

作者简介



李雪艳，女，出生于 1982 年 1 月 7 日，江苏扬州人，扬州大学，水利水电工程专业本科毕业，学士学位，水利工程师。从事 10 年的监理工作中主持或参与完成了水利枢纽、河道整治、防洪闸站、水环境治理、道路桥梁等各类型工程的施工监理任务，并在多个项目中担任合同档案管理及计量支付的负责人。2014 年任职江苏国源项目管理咨询有限公司总经理。



李喜艳，女，出生于 1984 年 11 月 6 日，江苏南京人，东南大学，土木工程专业本科毕业，水利工程师，水利工程建设监理工程师。从事 16 年的监理工作中主持或参与完成了水利枢纽、河道整治、防洪闸站、水环境治理、道路桥梁等各类型工程的施工监理任务，并在多个国家重点工程中担任总监，工程等级优良。2015 年在江苏国源项目管理咨询有限公司任总监理工程师，多次获得优秀总监、先进个人等奖状。

水利
工程
监
理
中
施
工
质
量
动
态
控
制
要
点
与
实
践
路
径
Key Points and Practical Paths of Dynamic Control of Construction Quality in Water Conservancy Project Supervision

曾
国
峰
李
雪
艳
李
喜
艳
主
编



PRICE: \$60. 00

Key Points and Practical Paths of Dynamic Control of Construction Quality in Water Conservancy Project Supervision

水利
工程
监
理
中
施
工
质
量
动
态
控
制
要
点
与
实
践
路
径

曾
国
峰
李
雪
艳
李
喜
艳
主
编



作者简介



曾国峰，男，出生于 1982 年 8 月 13 日，江苏扬州人，扬州大学，水利水电工程专业本科毕业，在职研究生在读，高级工程师，国家注册监理工程师，水利工程建设监理工程师。从事 20 年的监理工作中主持或参与完成了水利枢纽、河道整治、防洪闸站、水环境治理、道路桥梁、房屋建筑等各类型工程的施工监理任务，接触到了灌注桩、预制方桩、板桩、地下连续墙、深层水泥搅拌桩、粉喷桩、沉井等基础型式，掌握了直升门、升卧门、下卧门、横移门、弧型门等各种结构形式的水闸施工技术，掌握了立式轴流泵、平面“S”型卧式轴伸泵、潜水泵、潜水贯流泵等各种形式的泵站施工工艺流程和控制要点，掌握了 35m 预应力组合箱桥梁（后张法）的施工工艺和控制要点，掌握了一般厂房、办公楼和住宅的施工监理要点等等。2014 年成立江苏国源项目管理咨询有限公司，并担任公司技术负责人、总监理工程师。

**Key Points and Practical Paths of Dynamic Control of Construction
Quality in Water Conservancy Project Supervision**

水利工程监理中施工质量动态控制 要点与实践路径

曾国峰 李雪艳 李喜艳 主编



**International
Union of Scientific and
Technological Scholars**

CIP INFORMATION

Title: Key Points and Practical Paths of Dynamic Control of Construction Quality in Water Conservancy Project Supervision

题目：水利工程监理中施工质量动态控制要点与实践路径

Author: Guofeng Zeng, Xueyan Li, Xiyan Li

作者：曾国峰 李雪艳 李喜艳

ISBN: 979-8-90040-154-6

Publisher: CYPEDIA INTERNATIONAL UNION OF SCIENTIFIC AND
TECHNOLOGICAL SCHOLARS

Price: \$60.00

定价：60 美金



**International
Union of Scientific and
Technological Scholars**

**Key Points and Practical Paths of Dynamic Control of Construction Quality
in Water Conservancy Project Supervision**
水利工程监理中施工质量动态控制要点与实践路径

Address: 100 N Howard St Ste R, Spokane, Wa, 99201. United States

Tel: +888-754-5177

Email: contact@cypedia.net

Format: 170mmx240mm 1/16 Sheets: 15.75

Word Counts: 200.000

Edition: First edition in June 2026

Printing: First printing in June 2026

**CYPEDIA INTERNATIONAL UNION OF SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL
SCHOLARS**

非开放获取·电子版请联络出版社购买·版权归出版社所有·侵权必究

Not Open Access. For the electronic version, please contact the publisher for purchase. The copyright belongs to the publisher.
Infringement will be prosecuted.

内容简介

ABSTRACT

《水利工程监理中施工质量动态控制要点与实践路径》是一部系统阐述水利工程施工质量全过程、全要素、全方位动态控制理论与实践的专业著作。本书立足于当前我国水利工程建设高质量发展的新要求，紧密结合国家相关法律法规、技术标准及工程实践经验，深入剖析了监理单位在施工准备、施工过程、竣工验收及保修期等各阶段如何实施科学、高效、闭环的质量动态控制。

全书共分为三大核心部分：第一部分聚焦施工准备与过程阶段的动态监控要点，详细论述了对承包单位资质与质量管理体系的动态核查、施工组织设计与专项方案的技术审查、原材料及设备进场全过程管控等内容，并系统介绍了旁站监理、巡视检查、平行检测、跟踪监测及信息化监控等多种动态控制手段的适用场景与组合策略，尤其强调了现代信息技术如传感器、无人机、视频监控等在提升监理效率与精准度方面的应用价值。第二部分围绕质量评估方法与持续改进机制，引入模糊综合评价法、层次分析法、统计过程控制等现代工具，构建科学客观的质量评价体系，并以 PDCA 循环为核心，建立质量问题发现—分析—整改—验证—知识沉淀的闭环管理机制，推动质量管理从“被动纠偏”向“主动预控”转型。第三部分则系统梳理了竣工验收的标准流程、监理职责及保修期缺陷管理的实践路径，明确监理在工程收尾阶段的关键作用，确保工程质量成果得到全面检验和长期保障。

本书不仅理论体系完整、逻辑结构清晰，更注重实操性与前瞻性，配有大量图表、案例及制度模板，可作为水利工程项目监理人员、建设单位管理人员、施工单位技术人员以及高校相关专业师生的重要参考用书，亦可为行业主管部门制定政策、完善标准提供有益借鉴。

前言

PREFACE

随着我国生态文明建设和高质量发展战略的深入推进，水利工程建设已从传统的“重规模、赶工期”逐步转向“重质量、强管理、可持续”的新阶段。水利工程作为国家基础设施的重要组成部分，其质量直接关系到防洪安全、供水保障、生态修复乃至人民生命财产安全。在此背景下，工程监理作为保障水利工程质量的核心力量，其作用日益凸显。然而，面对复杂多变的施工环境、不断更新的技术工艺以及日益严格的监管要求，传统静态、滞后、碎片化的监理模式已难以满足现代水利工程建设的精细化管理需求。如何构建一套科学、系统、高效的施工质量动态控制体系，成为摆在每一位水利监理从业者面前的重要课题。

正是基于这一现实需求与时代使命，我们结合多年一线监理实践经验，融合现代项目管理理论、系统工程思想及数字化技术手段，撰写了《水利工程监理中施工质量动态控制要点与实践路径》一书。本书旨在为水利监理工作提供一套可操作、可复制、可推广的动态控制方法论，推动监理职能从“事后把关”向“事前预控、事中纠偏、全程闭环”转变。

本书的编写始终秉持三个核心理念：一是“系统思维”。我们将水利工程质量视为由“人、机、料、法、环”五大要素构成的复杂系统，强调各要素间的动态耦合与协同控制，避免孤立看待质量问题。二是“过程导向”。质量不是验出来的，而是干出来的，更是管出来的。因此，我们重点聚焦施工全过程的关键节点与风险环节，细化监理在每个阶段应关注什么、如何介入、怎样验证，形成覆盖全周期的动态控制链条。三是“持续改进”。质量管理不是一次性任务，而是一个螺旋上升的过程。本书特别强调建立基于数据驱动的质量评估与知识沉淀机制，通过 PDCA 循环不断优化监理策略，将每一个项目的教训转化为组织级资产，实现经验的代际传承与能力的持续

跃升。

在内容架构上，本书首先从系统论出发，阐明动态控制的理论基础；继而分阶段详解施工准备、过程实施中的具体控制要点与技术手段，尤其突出了信息化监控等新兴技术的应用前景；随后系统介绍现代质量评估方法与持续改进机制的设计与落地；最后，对竣工验收与保修期管理这一常被忽视但至关重要的阶段进行规范指引，确保工程质量责任无缝衔接、长效可控。

值得一提的是，本书并非纯理论探讨，而是源于实践、服务于实践。作者团队长期奋战在水利监理一线，主持或参与了包括水利枢纽、河道整治、泵闸工程、水环境治理等在内的数十项重大工程，积累了丰富的实战案例与管理心得。书中所提方法、流程、表格乃至编码规则，均经过多个项目验证，具有较强的实用性和适应性。

限于作者水平，书中难免存在疏漏及不妥之处，敬请读者批评指正。

作者

目录 CONTENTS

第一章 水利工程监理与施工质量动态控制概述	1
第一节 水利工程监理的基本概念与职责	1
第二节 施工质量动态控制的理论基础	5
第三节 水利工程质量控制的发展历程	10
第四节 动态控制在水利工程中的应用价值	14
第五节 本书结构与内容安排	18
第二章 水利工程施工质量动态控制的理论框架	23
第一节 动态控制的基本原理与方法	23
第二节 水利工程质量影响因素分析	27
第三节 动态控制指标体系构建	31
第四节 质量控制的信息反馈机制	35
第五节 风险预警与应急处理理论	39
第三章 水利工程施工准备阶段的质量动态控制	45
第一节 施工图纸审查与优化	45
第二节 施工组织设计审核要点	49
第三节 材料设备进场质量控制	53
第四节 施工方案技术交底管理	57
第五节 开工前质量预控措施	62
第四章 水利工程施工过程的质量动态监控	67
第一节 施工现场质量巡查制度	67
第二节 关键工序质量控制要点	71

第三节 质量检测与试验管理	76
第四节 施工质量数据采集与分析	80
第五节 质量问题实时处理流程	85
第五章 水利工程质量动态评估与改进	91
第一节 质量评估指标体系应用	91
第二节 质量问题统计分析	96
第三节 质量趋势预测方法	100
第四节 持续改进机制的建立	104
第五节 质量考核与奖惩制度	108
第六章 水利工程竣工验收阶段的质量控制	113
第一节 竣工验收标准与程序	113
第二节 工程质量评定方法	117
第三节 缺陷处理与整改验证	120
第四节 施工质量数据采集与分析	124
第五节 质量保修期管理要求	128
第七章 典型水利工程施工质量动态控制案例分析	133
第一节 水库工程施工质量控制实践	133
第二节 堤防工程施工质量监控	138
第三节 渠道工程质量动态管理	143
第四节 水闸工程施工质量控制	148
第五节 泵站工程质量监督案例	153
第八章 水利工程质量动态控制的创新技术应用	159
第一节 信息化监控系统建设	159
第二节 无人机巡检技术应用	163
第三节 智能传感器监测网络	168
第四节 大数据分析在质量控制中的应用	172

第五节 BIM 技术在质量动态控制中的实践	178
第九章 水利工程监理质量动态控制的组织管理	183
第一节 监理组织体系建设	183
第二节 监理人员职责与培训	188
第三节 质量监督协调机制	194
第四节 监理文档管理规范	199
第五节 监理绩效考核体系	204
第十章 水利工程施工质量动态控制的未来发展	211
第一节 智能化质量控制趋势	211
第二节 标准化体系建设展望	216
第三节 人才培养与技术创新	222
第四节 政策法规完善方向	229
第五节 水利工程质量控制发展路径	234
参考文献	239

第一章 水利工程监理与施工质量动态控制概述

第一节 水利工程监理的基本概念与职责

一、水利工程监理的核心定义

（一）监理单位的市场主体地位

市场经济体制下，水利工程监理单位为依法设立、自主经营、自负盈亏的独立法人实体。市场主体地位的确定，使监理行业由以往的行政依附关系中脱离出来，步入了专业化、社会化服务的新阶段。该地位意味着监理单位不再是政府部门的延伸或者附属单位，而是通过市场竞争获得服务合同，依靠自身的技术、人才、管理、信誉等综合实力在市场求生存、求发展。监理单位与项目法人（业主）之间是平等的委托与被委托关系，双方的权利义务由监理合同来明确。

监理单位作为市场主体，对自身的经营决策和监理行为要承担全部的经济和法律责任。因此监理单位也需要完善自身的管理、提高服务质量和技术能力，进而获得市场良好的信誉。监理服务的价值用市场价格来体现，其收费标准和服务内容在合同中都已明确。市场化的运作方式既可以激发监理单位内部的活力与创新，推动监理行业的发展，也可以给工程项目的投资效益、工期要求、质量标准三者统一提供制度保障。正是由于监理单位的市场主体地位才成为监理单位独立、公正、科学地开展工作的重要基础。

（二）“三控三管一协调”的监理内涵

“三控三管一协调”是水利工程监理工作的主要内容，也是对监理职责范围和目标的高度概括，是监理服务的完整体系。它覆盖了工程项目建设的主要管理领域，是监理工程师开展现场工作的基本依据和行动准则。水利工程监理的核心内容‘三控三管一协调’，其具体含义和目标如下表所示：

水利工程监理“三控三管一协调”要素表

类别	具体内容	目标
三控	投资控制	将工程实际投资控制在批准的概算限额内
	进度控制	确保工程项目按合同约定或调整后工期顺利完成
	质量控制	对工程实体质量进行全过程监督，确保符合设计规范和合同要求
三管	合同管理	监督合同履行，处理合同变更与索赔事宜
	信息管理	建立高效信息沟通机制，为项目决策提供依据，确保信息对称
	安全文明施工管理	监督施工方建立健全安全体系，消除隐患，营造文明环境
一协调	组织协调	协调建设各方关系，化解矛盾，统一认识，推动项目高效运转

由上表可知，三控是监理工作的核心，即投资控制、进度控制和质量控制。投资控制要求监理工程师在设计、施工阶段采取有效措施使工程实际投资控制在批准的概算限额之内，进度控制要求工程按合同约定的工期或者调整后的工期计划顺利进行，质量控制是监理工作的核心，要求监理方对工程实体质量进行全过程监督检查，保证其符合设计规范和合同要求。

“三管”是实现“三控”目标的重要管理支持，即合同管理、信息管理、安全文明施工管理。合同管理是监理工作的依据，监理工程师要熟悉并依照施工合同、设备采购合同等各种合同来监督合同履行情况，处理合同变更和索赔事宜。信息管理要求监理方创建起高效的工程信息沟通和处理体系，及时、准确地收集、整理、传递、存储各类工程信息，为项目决策提供依据，保证项目各方信息对称。安全文明施工管理要监理单位监督施工方建立健全安全生产责任制，消除施工现场安全隐患，营造文明有序的施工环境，防止安全事故的发生。

“一协调”，即组织协调，指协调建设各方（业主、承包商、设计单位、政府监督机构等）的关系。水利工程项目的参与方很多，利益诉求不一，在合作过程中很容易产生矛盾和分歧。监理单位作为业主的代表，凭借其独立公正的地位，在各方之间进行沟通、斡旋、化解矛盾、统一认识，营造和谐的工程建设环境，使项目作为一个有机整体高效运转，共同致力于工程建设总目标的实现。

（三）动态控制模式下的监理职能转变

伴随着信息技术的发展以及工程管理理念的深化，水利工程监理也由原来的静态、事后监督转变为主动、实时的动态控制方式。这就要求监理职能发生深刻的变化，更加重视过程控制和预控能力，力求把质量和安全风险消除在萌芽状态。

动态控制的核心在于一个“动”字，即监理工作要贯穿于施工活动的全过程，实时跟踪、监测、分析、调整。

在这种模式下，监理工程师的角色和工作方式均发生了显著变化：

1. 由监视者变为服务者、控制者的统一。监理工作不再只是发现问题、报告问题，而应该通过专业的判断，给施工方提供技术建议，使施工方优化施工方案，从而预防问题的发生。关键环节、关键工序，监理方应充分利用合同赋予的权力，对工程实施主动控制。

2. 由依靠“人治”转变为依靠“法治”和“技治”的结合。传统的监理工作很大程度上依靠监理工程师的个人经验与责任心。动态控制模式更加重视监理合同、技术规范、法律法规的标准化管管理，同时积极采用 BIM 技术、无人机巡检、传感器在线监测等现代化监测技术、信息化管理平台，对施工质量、施工进度、施工安全实行全方位实时数据采集、智能分析，使监理决策更加科学、准确、高效，极大地提高了控制的主动性、预见性。

二、水利工程监理的法律责任与义务

（一）监理合同的约定与法律责任

监理合同是监理单位和项目法人之间关于权利、义务和责任的根本法律文件，也是监理方开展一切工作的法律基础。合同对监理的服务范围、内容、期限、酬金及双方权利、义务都作了明确的规定。监理单位必须按照合同约定的要求，派遣具有相应资格的总监理工程师、监理工程师到现场，根据工程规模和复杂程度组建相应规模的项目监理机构，履行合同中赋予监理单位的全部职责。

监理单位法律责任的第一种就是合同责任。监理单位如果未按合同约定履行监督管理义务，对施工单位违反设计图纸、技术规范的施工行为没有及时发现、制止，或者工程计量、工程款支付审核出现重大失误，给项目法人造成经济损失或者工程出现质量缺陷的，项目法人有权根据合同条款追究监理单位的违约责任。责任包括不支付或者减少监理酬金、赔偿经济损失等。

监理责任还带有侵权责任的性质。根据我国建筑法及相关司法解释的规定，监理单位因自身过错导致工程质量事故或者人身、财产损害的，监理单位应在其过错范围内承担相应的赔偿责任。尤其是监理单位和施工单位合谋损害项目法人利益时，监理单位要承担连带赔偿责任。因此监理合同既是商业契约又是确定法

律责任边界的依据，监理单位必须以高度的法律意识来对待合同的签订和履行。

（二）工程质量终身责任制的落实

工程质量终身责任制，是国家为保证建设工程质量和安全而采取的一项法律制度。该制度规定勘察、设计、施工、监理单位的项目负责人及相关人员，在其负责的工程的设计使用年限内，应对工程质量负有相应的责任。对水利工程监理来说，即总监理工程师、专业监理工程师等重要岗位人员，对其签字确认的工程部位质量负终身法律责任。

该制度实行之后，明显加强了监理人员的责任感以及风险意识。它把工程质量同监理人员个人的终身职业、法律责任联系起来，形成了很强的外部约束力。在终身责任制下，监理人员在工作时要认真、严格地按照监理程序、验收标准进行，不能有任何松懈。任何形式的玩忽职守、弄虚作假等行为，一旦在工程项目后期的运营中被发现，相关责任人将依法承担相应的行政责任、经济赔偿甚至刑事责任。因此监理单位在内部建立一套完整的、科学的责任追溯制度。所有的监理文件、指令、会议纪要、影像资料等都要按要求做好存档备案工作，每一个工序、每一个环节的监理责任都有据可查，并附有签名确认，因为每一个签名背后都承担着重大的法律责任。终身责任制从根本上加强了监理作为工程质量守护人的作用。

（三）监理行为规范的职业道德要求

除了法律责任的刚性约束，崇高的职业道德才是监理工作独立、公正、科学开展的内在灵魂，是监理行业获得社会尊重与信任的基础。水利工程监理人员是工程质量的监管者和裁判员，必须遵守严格的职业道德规范。基本要求就是守法、诚信、公正、科学，是监理工程师的行为准则和价值取向。

守法是监理工作最基本的先决条件，要求监理人员掌握有关工程建设法律、法规、政策，并且能严格按照这些规定进行工作。诚信是监理行业的立业之本，要求监理人员在工作中实事求是、信守合同、言行一致，不出具虚假的监理报告和数据。公正是监理工作的核心原则，监理人员在处理业主和承包商之间利益关系时必须中立、客观，不能偏袒任何一方，以事实为依据、以合同和规范为准绳，公正合理地解决争端。科学是监理工作顺利进行的保证，要求监理人员具有扎实的理论基础以及丰富的实践经验，并能够按照科学的规律，使用先进的技术手段来得出经检验过专业判断。

具体的职业道德要求还有廉洁自律，不得利用职务之便谋取不正当利益，不得接受承包商的宴请、礼品、礼金或者任何形式的贿赂。同时监理人员有义务保守所监理工程的技术秘密和商务秘密。这些职业道德规范一起构成了监理人员的行为红线，是制约和规范监理行为、防止职业风险、保持整个监理行业声誉及健康发展的保障。

第二节 施工质量动态控制的理论基础

一、动态控制理论的基本原理

（一）控制论在工程管理中的应用

控制论是研究动态系统控制规律的科学，其基本思想就是利用信息的传递和处理来引导、调节系统运动。水利工程管理中控制论的应用把整个施工过程看成是复杂的受控系统。其主要目的就是产生符合设计和规范要求工程实体。监理单位作为控制主体，用制定质量标准、审查施工方案、发布指令等方式来行使控制职能；施工单位及其活动是控制对象。

控制论在工程领域起的作用，就是给出一套系统的方法来观察、解决工程技术问题。监理工程师应用控制论原理首先要准确地找出并建立工程系统的模型，确定输入量（设计图纸、材料、设备、人力）、受控量（混凝土强度、坝体压实度、尺寸偏差）以及各种干扰量（气候突变、地质异常）。分析施工过程中取得的质量数据，来判定工程状况偏离了设定的轨道没有。当出现偏差的时候，控制系统就会触发决策机制，监理工程师发出纠偏指令，调整施工工艺，更换不合格的材料或者采取其他的补救措施，把工程状态重新拉回受控范围，从而保证最终的质量目标得以实现。信息传递和反馈构成的闭环管理模式，就是控制论在工程监理中应用的精髓。

总结并提升工程实践中的设计原则和试验方法到科学理论层面，可以使得工程技术人员以更广阔的视野、系统的办法来解决实际工作中千差万别的难题。工程控制论的根本就是对工程系统进行严格的建模、分析和控制，使工程能更加高效、可靠、安全地完成预定的目标。该理论的应用把监理工作由原来的“事后把关”转变为“事中控制”甚至“事前预防”，大大提高了质量管理的预见性、

主动性，有效地促进了整个系统工程的健康发展。

（二）反馈机制与前馈控制理论

反馈机制和前馈控制是动态控制理论中相互依存、互为补充的两种主要的控制方式，两者一起构成了工程质量动态控制的完整逻辑闭环。从不同的途径和时间点对施工过程中出现的偏差进行识别和纠正，保证质量目标的实现。

1. 反馈控制：这是以事后信息为依据进行调节的一种控制方式。水利工程监理中，反馈控制的关键之处在于，对已经完成的工序或者工程部位的质量检测结果（实际值）同预先设定的质量标准（期望值）加以比较，从而找出偏差。一旦发现质量问题，监理工程师就要分析产生质量偏差的原因，下达整改令并要求施工单位改正或者调整之后的施工行为，防止同样的质量问题再次发生。对混凝土试块进行抗压强度试验，如果结果不符合设计要求，就必须对这一批次混凝土的生产、使用过程进行追溯分析，调整配合比或者更换原材料。反馈控制的优点是能消除所有未预料到的干扰因素对质量的影响，但它的主要缺点是有时滞性，即偏差被发现的时候已经损失了一部分。

2. 前馈控制与反馈控制相反，前馈控制是根据“事前”的信息进行的预见性控制。它不依靠偏差的发生，而是对那些可能导致质量波动的干扰因素进行预测和测量，在这些因素对工程质量造成影响之前，就主动采取补偿或者预防的措施。在水利工程中可以测量干扰因素有气温变化、原材料性能波动、设备运行参数等。以冬季大体积混凝土浇筑前为例，监理员可依据天气预报预测未来低温而提前要求施工单位增加保温、调整外加剂等措施来防止混凝土产生温度裂缝。前馈控制的优势在于及时性，可以将质量问题消灭在萌芽状态。但是有效性高度依赖于干扰因素影响模型的精确性以及测量的准确性，不能应对没有被识别的干扰。因此，一般将前馈与反馈控制结合起来使用，形成复合控制系统，以达到最好的控制效果。

（三）PDCA 循环在质量管理中的实践

PDCA 循环即计划、执行、检查、处理循环，是由美国质量专家戴明提出的持续改进模型，也是全面质量管理的主要工具。它给水利工程施工质量的动态控制提供了一个结构化、系统化并且不断螺旋上升的管理框架。监理工作可以很好地嵌入到这个循环的各个阶段，起到监督、控制的重要作用。

监理机构在计划阶段的主要任务就是审查、确认施工单位编制的质量计划、

施工组织设计和专项方案。对质量目标、控制标准、资源配置、工艺流程、检验试验计划等进行全面的审核,保证质量目标、控制标准、资源配置、工艺流程、检验试验计划的科学性、可行性、完备性。本阶段的主要任务是“谋定而后动”,依靠严密的预先规划,给之后的质量控制赋予稳固的基础,找出潜藏的质量风险并制订预防办法。

执行阶段就是施工计划付诸实施的过程。监理工程师对施工全过程实行巡视、旁站、见证,监督施工单位是否严格按照批准的方案、标准施工。监理人员对关键工序、隐蔽工程要重点监督,使施工过程中每一环节都在受控之中。做好详细的监理记录,给后续的检查和分析提供第一手资料。

检查阶段是为了看执行结果同计划目标之间存在的差距。监理机构用平行检验、抽样检测、现场实测等方法,对工程实体质量、原材料和中间产品进行系统的检验和验证。将收集到的数据同设计要求、规范标准做对比分析,准确找到存在的质量问题及严重程度。本环节的主要任务就是发现偏差、获得反馈信息。

处理阶段就是根据检查结果来采取纠正和改进措施的环节。发现质量问题时监理单位要下发整改通知书,督促施工方查清问题产生的原因,制订整改措施并予以执行。对成功的经验、有效的做法要及时总结、标准化,并列入下一轮的计划中。通过计划、执行、检查、处理这样一个循环往复的过程,每一次循环都会解决一部分问题,使工程质量在动态控制中不断得到提高,实现持续改进、螺旋式上升,最终使整个水利工程项目的质量达到高质量的标准。

二、水利工程质量控制的特点与难点

(一) 水文地质条件的不确定性影响

水利工程一般建在江河湖泊之上,施工区地质、水文环境复杂多变,固有的不确定性是质量控制面临的最严峻挑战之一。地下土层性质,例如黏性土的塑性指数、砂土的密实度等都会影响地基的稳定性和承载力。前期地质勘察精度不够或者对复杂的地质构造解释有误,施工过程中很容易遇到未预见的软弱夹层、溶洞、断裂带、地下水涌入等情况,这些情况都会对基础工程质量造成严重威胁,甚至造成工程方案的重大调整。

水文条件的不确定性也很大,河流流量、水位、流速、泥沙含量等都随季节、气候变化而波动,极端水情如洪水、枯水频繁发生。这些波动不但会对围堰、导

流等临时工程的安全造成直接的影响，还会对主体工程（大坝、水闸）的施工窗口期、施工工艺的选择、材料性能产生直接的影响。例如混凝土浇筑时突然下大雨，就会影响混凝土的水灰比，从而影响混凝土的强度和耐久性。

地下水位变化以及化学成分的侵蚀性也属于重要的不确定因素。复杂的地下水环境会引发基坑开挖失稳，地下结构也会遭受到长期的腐蚀，进而对工程的远期使用安全造成影响。监理工作要以充分认识水文地质条件为前提，加强现场监测，动态分析数据，预备应急预案，以应对突发状况，保证工程质量在不确定的自然条件下依然可靠。由于其本身所具有的隐蔽性、复杂性、动态性等特点，质量控制就必须具备很高的灵活性以及风险应对能力。

（二）工程规模庞大与施工复杂性

水利工程一般具有投资大、建设周期长、工程量大的特点。大型水库或水电站土石方开挖填筑量可达数百万立方米，混凝土浇筑量可达数十万乃至数百万立方米。如此大的工程量，就表示参与建设的人员、设备、单位等很多，组织协调和管理链条很长。任何一个环节出现的小小的失误，都会由于规模效应而被放大，变成严重的质量缺陷。

施工技术复杂性是水利工程质量控制的又一个难点。水利工程有土石坝、混凝土坝、水闸、隧洞、渠道等不同的结构形式，各种结构形式所采用的施工工艺和技术要求也不相同。高土石坝填筑压实要严格控制材料级配、含水率、碾压遍数等参数；大体积混凝土浇筑则要解决温度控制、裂缝防治等关键问题；长距离引水隧洞施工要面对围岩稳定、超前地质预报等挑战。

这些复杂的工艺常常互相影响，互相牵连。前序工序的质量好坏直接影响到后序工序的基础，隐蔽工程较多，一旦施工完成就很难检查和修复，给质量控制带来很大困难。因此，监理工程师必须具备渊博的专业知识以及丰富的实践经验，才能对大量的、繁杂的施工环节实施有效的监督，保证每一个环节的质量严格地符合规定，从而防止局部问题导致整个工程质量出现隐患。

（三）质量影响因素的多元关联性

水利工程的施工质量不是由某一个因素决定的，而是由人、机、料、法、环等多种因素相互交织、动态影响所形成的一个复杂体系。这些因素之间存在着非常复杂非线性的关系，因此质量问题的成因分析和控制也变得非常复杂。水利工程质量影响因素分类如表所示。

水利工程质量影响因素分类表

因素类别	核心内容	对质量的影响示例
人	施工 / 管理人员的技术水平、质量意识、责任心、决策能力	人员失误导致施工不规范、材料错用、安全事故
机	施工机械设备的性能、运行稳定性	设备故障导致施工中断、工艺缺陷、效率低下
料	原材料、半成品、构配件的质量	材料不合格导致结构强度不足、耐久性下降、工程返工
法	施工方案、工艺流程、技术规范的科学性与合理性	方案不当导致施工效率低、质量缺陷、资源浪费
环	施工现场的自然环境（水文地质、气候）、作业环境（管理秩序）	恶劣气候影响施工进度和质量、复杂地质增加施工风险

人是所有因素中最核心、最不确定的要素。施工人员技术水平、质量意识、责任心，管理人员决策能力的好坏，直接决定了各项技术规范、管理制度能否得到有效执行。“机”即施工机械设备，其性能好坏、运行是否稳定直接关系到施工效率和施工质量。料即原材料、半成品和构配件，其质量是构成工程实体的基础。水泥、钢筋、骨料等主要材料的质量出现任何波动都会直接传递到工程结构上。法指的是施工方案、工艺流程和技术规范，其科学性、合理性是保证质量的前提。环指的是施工现场的自然环境和作业环境，包括水文地质条件、气候条件、施工现场的管理秩序等。

这些因素不是孤立存在的，而是互相联系、互相制约的一个有机整体。恶劣的气候环境要求调整施工方法；施工人员的失误会导致材料的浪费或者错用；设备的故障会打乱正常的施工节奏。因此，监理工程师在开展质量控制时需要具备系统思维，不能采取头痛医头、脚痛医脚的方法，而应该从各个因素之间的内在联系入手，从源头上和系统层面来发现潜在的质量风险，并采取综合性的控制措施，从而有效应对各种质量问题，保证水利工程整体的质量。

第三节 水利工程质量控制的发展历程

一、传统质量控制阶段

（一）事后验收为主的早期模式

水利工程建设初期质量控制采取事后验收的方式。工程建设的重心被放在施工进度推进和实体工程的建成上,质量的评判主要依靠工程完工后的最后检验。在当时的科学技术水平和管理水平之下,过程监督的手段比较匮乏,监理、管理人员主要依靠个人经验对关键节点实施粗放的把关,没有系统的全过程记录和数据支撑。施工单位完成一个区段或者分项工程后,申请验收,验收工作通过观察、量测等方式对工程实体的最终形态、尺寸等表观指标做出评价。这样做把质量控制行为大大后置,使之成为一个孤立的、终点式的环节,而不是贯穿于施工全过程的持续性活动。

质量是否合格几乎完全取决于最后一次的“快照式”检查。对于大量的隐蔽工程,例如地基处理、坝体内部排水设施、混凝土内部钢筋构造等,一旦被后续工序所覆盖,其内在质量就很难通过事后检查来验证。因此,验收的重点大多放在了可见、可测的表层质量上,对深层次、结构性的质量状况则显得无能为力,给工程的长期安全运行埋下了隐患。以事后验收为主的控制方式本质上属于被动质量控制,认为只要最后的产品合格,过程中的偏差就可以忽略不计,这与现代质量管理理论有本质的区别。

（二）终端检验的局限性分析

终端检验作为传统质量控制的主要手段,在水利工程实践中暴露出的缺陷更为突出,它不能从根本上保证工程的整体质量和长久安全。

其最大的不足就是不可逆性。水利工程规模宏大、工序连贯,如果在末端检验的时候发现质量问题,那么已经成定了。大体积混凝土浇筑完成后如果出现温度裂缝或者基础防渗墙渗漏,返工或补救的成本非常高,技术难度极大,在某些情况下根本不能进行返工。不但会造成巨大的经济损失,而且会严重影响工程进度,从而影响工程的整体效益。末端检测滞后造成其只能事后补救,不能起到事前预防的作用,所以质量控制的成本效益非常低。

另一个明显的局限在于检验的“不全面性”。终端检验的覆盖范围较小,多

集中于工程实体的几何尺寸、外观平整度等表观项目。材料在施工过程中性能的变化、施工工艺参数的符合性、各个工序衔接的质量等动态过程信息，终端检测是无能为力的。例如，混凝土的拌合时间、振捣方式、养护条件等都会影响混凝土最终强度及耐久性，但是这些过程参数不能在最终实体中被直接检测出来。这样的检验方式只知问题的表象，不知问题的根源，质量控制也就失去了对问题根源的追溯能力，无法从根本上杜绝同类问题的再次出现。

（三）静态管理下的质量风险累积

传统质量控制的静态管理本质，是导致质量风险不断累积并最终爆发的根本原因。它将复杂的施工过程简化为若干个孤立的、静止的质量检查点，却忽略了各因素之间动态的、相互影响的关系。

在此种管理方式下，质量信息是割裂的、滞后的。施工过程中产生的大量数据，例如材料进场检验报告、工序自检记录、旁站监理记录等，大多以纸质形式存在，信息传递效率低，很难进行系统的关联分析。管理层不能对施工现场的质量动态实施实时、全面的掌控，其决策依靠的往往是不完整或者过时的信息。当某批次砂石料级配出现波动时，静态管理模式要等到该批次混凝土强度试验结果不合格才能发现问题，此时大量使用该批次材料的工程实体已经成型，风险已经形成并固化在工程结构中。因此质量早期预警和及时干预就变成了无意义的空谈，质量失控的风险随着施工的推进而不断累积。

静态管理缺少风险预警和反馈闭环。质量控制活动一般都只是被动地响应已经发生的问题，而不是主动预测、防范潜在风险。传统的周报、月报等形式只能总结过去一段时间的质量状况，对于瞬息万变的施工现场来说，其指导作用是有限的。整个管理体系缺少把过程监控数据转化为风险预警信号，指导后续施工进行动态调整的闭环。质量问题出现之后，处理措施一般只停留在对质量问题本身进行解决上，没有对产生质量问题的系统性原因进行深入分析，也没有对管理流程和技术方案进行改进，从而导致同类风险在其他部位、其他项目中反复出现。风险在静态管理体系中不能被有效消解或者传递，只能不断积累，最终很容易引发严重的质量事故。

为了更直观地展现水利工程质量控制从传统到现代的演进，其关键特征对比如下表所示：

水利工程质量控制演进对比表

核心理念	结果导向、事后弥补	过程导向、事前预防
管理重心	施工进度、最终验收	全生命周期、过程监测
主要手段	经验判断、抽样检查、人工记录	信息化技术（BIM、IoT、大数据）、传感器监测
质量信息	割裂、滞后、纸质化	实时、集成、数字化
风险处理	被动响应、亡羊补牢	主动预警、闭环管理、源头控制
控制粒度	粗放、以分部 / 单位工程为单位	精细、至工序 / 构件 / 操作动作
代表模式	事后验收、终端检验	全过程控制、零缺陷管理

二、现代动态控制阶段

（一）全过程控制理念的形成

全过程控制理念的产生，无疑成了现代水利工程质量管理的里程碑。它彻底抛弃了传统模式中把质量控制割裂于施工之外的错误思想，树立起质量产生于过程、控制于过程的科学认识。工程最终产品的质量是由生命周期中每一个环节的质量决定的，涵盖了勘察设计、材料采购、施工建造、竣工验收、后期运维的全链条。只有对影响质量的每一个因素和全过程进行连续有效的控制，才能真正保证工程质量。

在这样的理念之下，质量控制的关口被大大地前移，由“事后验尸”变成了“事前预防”和“事中控制”。勘察设计阶段就通过优化设计方案、规避地质风险来消除先天性的质量隐患。在施工准备阶段严格审查施工组织设计、技术方案和原材料供应，从源头上把好质量关。施工中则对人、机、料、法、环等主要因素进行动态的控制，保证每一个工序、每一个细节都处于受控的状态。这样的一种全过程管理模式，把质量责任分配到每一个参与方、每一个岗位上，形成环环相接、责权分明的一套质量保证系统，从而打破以往质量管理“头痛医头、脚痛医脚”的被动的局面。

（二）信息化手段在质量控制中的应用

信息化手段被大量使用，给全过程动态控制提供强大的技术支持。以建筑信息模型、物联网、大数据、云计算、移动互联网为代表的新一代信息技术，正在深刻地改变水利工程的质量控制方式。将上述技术应用到质量管理当中，可以达到信息实时采集、高效传递、智能分析、可视化展示的效果，从而大大提高质量

控制的准确性、及时性。

建筑信息模型技术在工程建设全过程中都有广泛的应用，以三维数字模型为依托，把工程几何信息、物理信息、管理信息有机结合起来，为所有参与者搭建起协同工作平台。设计阶段使用建筑信息模型进行碰撞检测、施工模拟，可在事前发现并纠正设计缺陷；施工阶段把质量标准、工艺要求等信息同模型关联起来，进行可视化的技术交底和质量验收。物联网技术通过在施工现场布置各种传感器来实现施工环境、设备状态、材料性能、结构应力应变等重要参数的实时、自动监测。在混凝土内部埋设温度传感器，可以准确地测量混凝土水化热的变化，根据测量结果及时采取养护措施，防止温度裂缝的产生。

实时采集的数据传到云平台之后，经过大数据分析技术处理、挖掘，可以及时发现质量异常波动，并发出风险预警。监理及管理人员可在任何时间、任意地点，通过移动终端查看现场影像、监测数据、质量报表等各类信息，从而可远程对工作下达指令并实施动态的质量监督。信息化手段打破了传统管理模式中信息孤岛的桎梏，创建起透明、协同、智能的质量控制环境，使质量控制真正实现“看得见、管得住、可追溯”。

（三）精细化质量管控体系的建立

在全过程控制理念和信息化技术双方面推动下，水利工程的质量管理越来越精细。精细化管理体系是质量控制单元的细化，把控制目标从单位工程、分部工程细化到每一个工序、每一个构件、甚至每一个操作动作。这就需要制定出详尽可操作的作业指导书与质量验收标准，对每一个微小环节所涉及的量化指标做出具体的约定，从而实现对质量的“像素级”掌控。

为了建立精细化管控体系，首先要依靠管理流程的再造与优化。这就需要以 PDCA 循环为依托建立持续改进机制，保证每一个质量问题可以被及时发现、准确分析、有效解决，处理经验可以有效反馈到管理体系里形成知识积累。建立并完善质量责任制、追溯制，给每一个工序、每件材料一个唯一的身份标识，实现从原材料到成品的全过程质量追溯。出现问题之后可以迅速找到责任环节和责任人。

精细化控制的最终目的，就是要实现工程质量零缺陷。一方面要求有先进的科技手段的支撑，另一方面也需要全体参建人员质量意识的提高以及工匠精神的养成。依靠标准化的作业流程、严格的考核制度和持续的专业培训，使质量是生

命的思想深入人心，让每一个员工都成为质量控制的参与者和守护者。精细化管理把宏大的质量目标拆解为具体的可以操作的行动，每一个环节都要做到精细、细致，从而构成宏伟工程的质量。

第四节 动态控制在水利工程中的应用价值

一、提升工程质量管理水平

（一）实现质量问题的实时预警

传统的水利工程质量监理模式信息获取具有明显的滞后性，监理人员依靠阶段性的现场巡查、平行检验和抽样检测来判定施工质量，这种方法不能把握施工过程中质量发生的变化。质量缺陷一旦被发现，就已成为事实，需要付出更多的时间和费用去改正，有的还会因为被下一道工序所掩盖而形成永久性的质量隐患。传统与动态质量控制模式在很多方面都存在着较大的差异，具体见传统和动态质量控制对比表。

传统与动态质量控制对比表

对比项	传统质量控制	动态质量控制
信息获取	滞后性，阶段性巡查、抽检	实时性，连续监测、自动化采集
问题发现	事后，问题已形成	事中 / 事前，萌芽状态即预警
处理方式	被动整改，成本高	主动纠偏，成本低
风险管理	事后弥补，易留隐患	事前预防，风险化解于无形
证据链条	纸质分散，易受质疑	数字化完整，不可篡改，可追溯

动态控制体系的构建，彻底改变了这一被动局面。通过在关键部位和关键工序部署传感器、引入自动化监测设备以及运用无人机巡检等技术，可以实现对混凝土浇筑温度、大体积混凝土内外温差、坝体沉降与位移、钢筋应力、土壤压实度等核心质量参数的 24 小时不间断监控。

这些实时采集的数据通过物联网技术汇集到信息化管理平台，平台内置的算法能够将实时数据与设计规范、技术标准进行毫秒级比对。一旦出现数据偏离预设阈值或呈现异常趋势，系统将立即触发预警机制，通过短信、APP 推送、声光报警等多种方式，第一时间通知相关监理工程师和项目管理人员。这种即时预警能力赋予了监理工作前所未有的主动性，使得质量偏差在萌芽状态即被精准识别

并定位。监理人员可以迅速响应，指导施工单位立即采取纠正措施，从而有效防止了微小瑕疵演变为严重的质量缺陷，实现了从“事后纠错”到“事中控制”乃至“事前预防”的质的飞跃，将质量风险化解于无形。

（二）优化资源配置与施工进度

施工质量、工程进度、资源投入这三个要素在项目管理中是相互联系、相互制约的。动态质量控制的应用给三者协同优化提供数据驱动的决策依据。高质量的施工过程减少了返工、修补，本身也就是对人力、物料、机械台班等资源的最大节约。当动态监测系统显示某道工序的质量指标连续达到优良等级的时候，管理者就可以对作业班组的效率和能力产生信心，根据此信息调整后续工作安排，在保证质量的基础上加快施工进度。

相反，某一区域或者环节频繁出现质量预警的时候，信息化平台可以直接显示出问题发生的位置和规律。不但可以提醒监理人员加强对这部分的监督，也可以为项目管理提供资源配置的方向。若某班组的技术不熟练就需要进行技术交底和培训；若某种材料的性能不稳定就更更换供应商或批次；若施工机械的性能参数需要调整也属于此列。对动态质量数据进行分析，管理层可以准确地找到问题产生的原因，把有限的优质资源，例如经验丰富的技术骨干、高性能的施工设备，精准地投入到最需要的地方，达到“好钢用在刀刃上”的效果，防止由于质量问题反复整改而造成的工期延误和资源浪费。

动态控制系统可以和以 BIM 为基础的进度管理系统融合在一起。构件质量状态可以和进度状态联系起来，在 BIM 模型中采用不同颜色来显示。构件只有质量经过动态监测确认合格之后，其在进度计划中的状态才能被更新为“完成”。可视化管理的方式使工程进度建立在质量合格的基础上，真正反映工程进度，避免虚假繁荣，保证施工计划的执行更加稳健、可靠。

（三）提高工程质量验收的通过率

水利工程的单位工程、分部工程直至项目竣工验收，都是对建设过程全部工作成果进行最终检验的过程，此过程复杂且标准严格。传统的验收模式下，验收资料准备的工作量很大，大部分是以纸质、分散的检验报告和施工记录的形式存在的，真实性、完整性、可追溯性有时会受到质疑。验收过程中一旦出现严重的质量问题，就会造成验收不能通过、项目不能按时移交，造成巨大的时间成本和经济压力。动态质量控制的应用从根本上改善了这种状况，为顺利通过质量验收

铺平了道路。

在整个施工过程中，动态控制系统已经构建了一个完整、闭环的数字质量档案。

1. 数据的全面性、客观性，系统自动、客观地记录了从原材料进场到构件成型的全过程、全要素质量数据，形成了工程全过程、全要素的质量信息链条。机器采集生成的一手数据比人工填写表格更有公信力，工程质量就有了最可靠的证据。

2. 具有很强的可追溯性，验收专家对某一部位质量有疑问时，监理、施工单位可以随时调取该部位从施工到养护全过程的监测数据、影像资料、预警记录和处置过程。强大的可追溯性使任何一个质量问题的产生原因一目了然，大大提高了验收工作的透明度和效率。

3. 缺陷闭环管理，在动态控制体系之下，每一个被发现的质量偏差以及纠正过程都会被记录下来，从而构成一个完整的“发现问题 - 分析原因 - 采取措施 - 验证效果”的管理闭环。这保证了所有曾经出现过的问题在最终验收的时候都已得到妥善解决，不会有任何隐患。因此，动态控制的工程项目质量验收的通过率得到提高，整个验收过程也变得更高效、更顺畅。

二、增强工程风险防范能力

（一）降低因质量事故造成的经济损失

水利工程领域质量事故的后果往往是灾难性的，它所造成的经济损失不单是直接的修复或者重建费用，更是由于工期延误而产生的巨额罚款、工程停摆所造成的间接损失、水患灾害所造成的损失等，其数额往往是工程直接投资的数倍甚至数十倍。动态质量控制依靠实时预警机制，当质量缺陷刚出现的时候就予以根除，这是防止重大质量事故、减少经济损失最有效的办法。对大体积混凝土内部温升的实时监测，可以防止由于温差过大而造成贯穿性裂缝，从而避免了由于坝体失稳而可能造成的巨大经济损失。

即使是非灾难性的质量问题，动态控制也可以大幅度地减少它的经济影响。传统的质量管理模式中，问题一般要到分项工程检验或者结构实体检测的时候才会被发现，这时进行返工处理，会造成已经完成部分工程的材料、人工的直接浪费，还会打乱后续工序的施工安排，造成连锁性的效率降低和成本增加。

动态控制把质量问题的发现和处理时间大大提前,实现了即时发现、即时处理。在当前工序还未完成、下一道工序还没有开始的时候进行纠偏,处理成本很低,对总体进度的影响也很小。系统通过对大量的质量数据进行积累和分析,可以发现施工工艺、材料配比、人员技能等各方面的质量规律,从而为改善施工工艺、优化材料配比、提升人员技能提供依据,从源头上减少质量问题的发生频率,实现更高层次的成本控制,把经济风险降到最低水平。

(二) 规避监理履职过程中的法律风险

按照有关法律法规,水利工程监理单位对工程质量有法定的监理责任。监理单位在质量事故发生之后是否履行了职责,直接影响到其是否应当承担法律责任以及经济赔偿责任。传统的监理工作记录大多依靠监理日志、旁站记录、检验批签发认等纸质文件,这些文件在证明监理行为的连续性、主动性、有效性方面存在不足,在责任追溯的时候容易出现“说不清、道不明”的被动局面,给监理单位带来极大的法律风险。

动态质量控制体系应用之后,给监理单位履职行为赋予了全面、客观、不能被篡改的数字化证据。系统实时采集各个检测点的数据,当出现报警信号的时候,会立刻向监理单位发出预警通知,通报时间、详情、监理单位收到预警通知后的反应、处理方案和后续检查跟踪的情况。完整的电子证据链条,完整地再现了监理人员在质量控制过程中所做的一切活动,证明监理方在当时的技术条件下已经尽最大努力来控制工程质量,并对发现的任何异常都做了积极的干预和处理。遭遇诉讼或者仲裁的时候,详细的、完整的数字化监理档案是证明自身没有责任的最有力的证据,有利于责任的认定,可以有效保护监理单位和监理工程师的合法权益,避免无辜受罚,最大限度地规避执业过程中的法律风险。

(三) 保障水利工程运行的安全稳定

水利工程的价值在于长期、安全、稳定的运行。堤防、水闸、大坝、渠道等工程在建成以后几十年甚至上百年的时间里要承受洪水、地震、冻融、渗流等各种内、外荷载的考验。施工阶段是决定工程先天体质的关键时期,任何一个微小的、没有被发现的施工缺陷,在长时间的应力作用下都会发展、扩大,最终变成危害整个工程安全的定时炸弹。动态质量控制就是保证工程先天优良的基础。

施工全过程精细化、透明化控制,动态控制技术保证工程每一个部位都严格按照设计标准、施工规范来施工,最大程度地消除了隐蔽工程中的质量缺陷和结

构弱点。可以保证土石坝压实度均匀达标，防止不均匀沉降；保证混凝土结构内部密实无孔隙，防止水流侵蚀；保证防渗墙连续无断点，充分发挥防渗作用。施工阶段对于内在品质的极致追求，使工程建成后更加安全，耐久。动态质量监控下建设的水利工程结构更加均匀，性能更加可靠，能够更好的应对运行期间的各种极端工况，为社会经济发展和人民生命财产安全提供长期、可靠的水安全保障，从而充分体现水利工程建设最终价值。

第五节 本书结构与内容安排

一、全书逻辑框架设计

（一）从理论基础到实践应用的递进式布局

本书按照从理论到实践的认知规律来构建知识体系，是层层递进的。第一部分先对水利工程施工质量动态控制基本概念、核心原则和重大意义做系统的论述，为全书做好铺垫。本部分内容主要回答“是什么”和“为什么”的问题，使读者对动态控制有宏观、深刻的认识。动态控制同传统静态管理有何区别，动态控制在水利工程高不确定性、复杂性等特征面前具有怎样的独特优势，结合相关法规、标准，明确其在现代工程管理中法定的地位和必要性。

理论基础的铺垫之后，本书接下来就要介绍方法和工具了。内容包含质量数据采集技术、风险识别和评价模型、过程能力分析的方法、以 BIM、物联网、大数据等为载体展开的智能化监控手段。本章节主要解决的是“怎样做”的问题，在讲解、比较各种方法工具的基础上，给读者建立一个科学的、系统的动态控制方法库。最后本书会回到实践中来，用大量的水利工程实例展示动态控制理论及方法在土石方工程、混凝土工程、机电金结安装等各种专业中的具体应用场合、操作流程和成功经验，使理论知识变成解决实际问题的能力，从而形成一个完整的“理论认知、方法掌握、实践验证”的知识闭环。

（二）全过程监理周期的章节结构划分

本书章节设置严格按照水利工程建设全生命周期的时间顺序，系统性地组织内容，保证知识点的覆盖全面，逻辑性强、时序性强。其目的是为了使读者在了解工程项目的实际进度的同时，对监理工作流程产生一个清晰的、和工程实践相

对应联想起来的结构化图形。全书像一份详细的工程监理路线图，带领读者从项目的起点走到终点。

全书章节将根据施工准备阶段、施工过程阶段、竣工验收和缺陷责任期这个主要线索来展开。施工准备阶段章节内容主要对施工组织设计审查、关键施工方案审批、监理规划和实施细则编制、承包单位质量保证体系核查等进行，保证工程开工前一切准备工作处于受控状态。进入施工过程阶段后，将分设若干章节，对原材料、中间产品、设备的质量控制进行详细的论述，对关键工序、重要部位的旁站监理进行论述，对巡视、平行检测等动态监控手段进行论述，并对施工过程中产生的质量问题进行闭环处理。

竣工验收及缺陷责任期阶段章节内容主要是竣工资料审核、分部工程及单位工程验收要点、工程甩项与尾工处理、缺陷责任期内对出现的质量缺陷进行检查、鉴定和督促修复的全过程。按照与工程建设周期完全一致的章节顺序，读者既可以学到孤立的知识点，又可以了解各项监理工作在项目全周期中的位置、作用以及相互之间衔接的关系，从而对水利工程质量监理工作有一个整体的认识。

（三）动态控制主线贯穿始终的编写思路

本书不同于传统质量管理教材的关键之处在于把“动态控制”当作一条主线，贯穿于每一章、每一知识点之中，从理论到实践、从准备到收尾。动态控制不是书中单独的一章，而是贯穿于整本书内容中的一种基本思维方式、工作方法论。编写思路要体现质量管理应该是循环、闭环的，依靠数据反馈、预测调节，而不是孤立、静态的检查。

全书论述任何阶段监理工作时都会突出动态的含义。施工准备阶段方案审查不应该只关注合法性，而应该对方案中可能存在的风险进行动态评估并事先设定预警阈值。书中详细介绍了在施工过程监控中，用图表分析法等控制图来发现质量波动的趋势，并在问题发生之前采取纠正或预防措施。书中详细论述了监理工作动态循环，即信息、反馈、决策、行动，材料进场检验、隐蔽工程验收、设计变更管理等都可以用 PDCA 循环来分析和讨论。使读者认识到水利工程的质量不是靠检测就能得出的，而是在动态的过程里通过不断的改进制造出来的，在工作中养成一种动态控制的职业习惯。

二、各章节核心内容导读

（一）施工准备与过程阶段的动态监控要点

施工准备及施工过程阶段是水利工程质量形成的关键时期，也是监理进行动态控制的重要环节。本章主要对监理工作中的关键控制点以及实践方法做详细的分析，内容丰富实用性强。本部分主要论述监理工程师怎样从源头上把控质量，使各项工作在受控状态下按部就班地进行。

在施工准备阶段，本书将重点导读以下内容：

1. 对承包单位的资质以及质量管理体系进行动态检查。一方面要对提交的体系文件进行审查，另一方面还要动态考查体系实际运行的效果和资源配置的情况。
2. 对施工组织设计和专项施工方案进行深入的审查。重点是对方案的技术可行性、安全可靠性和与设计文件、规范的符合性进行评价，用风险评价工具找出其中的关键风险点，提出相应的监理预控措施。
3. 原材料、构配件、设备进场控制策略。描述完整的过程为，报验，取样，送检，复核，利用供应商考核制度实时跟踪供应商履约能力并管控全过程的质量。

本书主要对施工过程阶段对于关键工序、隐蔽工程等进行动态监控的多种技术手段及管理方法进行导读。内容包括对混凝土浇筑、土石方填筑、金属结构安装等典型工序的旁站监理要点，明确监理人员在现场监什么、怎样监。同时对巡视检查、平行检测、跟踪监测等监控方式的适用场合及组合使用的方法进行介绍，突出高频率、多角度的检查可以及时发现施工过程中质量异常的信息。动态监控手段的分类及其特点如表 1 所示。

动态监控手段分类及特点表

监控手段	实施方式	优势	适用场景
旁站监理	监理人员现场监督关键工序	直观性强，实时纠偏	混凝土浇筑、土石方填筑、结构安装等关键工序
巡视检查	监理人员定期或不定期现场巡查	覆盖面广，发现隐患	施工现场全面质量管理，日常巡查
平行检测	监理方独立进行抽样检测	独立性强，验证施工质量	原材料、半成品、隐蔽工程质量验证
跟踪监测	利用传感器等设备连续监测	数据精准，趋势预警	高风险部位、重要结构变形、环境因素
信息化监控	传感器、无人机、视频等	自动化，效率高，数据可视化	大型复杂工程，全要素实时监控

本书记入信息化监控的理念，阐述利用传感器、无人机巡检、视频监控等技术手段对施工现场的人、机、料、法、环等要素进行实时、连续、自动化的监测，从而大幅度提高监理工作的效率和准确性。

（二）质量评估方法与持续改进机制的应用

动态控制闭环里，科学评价质量并及时改进，是促使质量螺旋式上升的重要动力。本部分主要介绍科学的评价质量状况的方法、驱动质量改进的方法，给读者提供一套科学、实用的评价与改进工具箱。这部分内容就是“监控”和“纠偏”之间的桥梁，也是监理工作由被动应对转变为主动预防的关键所在。

本书将对各种定性定量相结合的质量评价方法进行详细的介绍。在传统评价方法上，将介绍怎样规范使用经验评价法，并结合工程实例分析其主观性。重点要放在现代评估方法的介绍上，即系统说明用模糊综合评价法处理评估中遇到的多个因素、模糊性问题的方法，用层次分析法建立科学的质量评价指标体系的方法，使评估结果更加客观、可信。还会加入统计过程控制的思想，介绍用控制图、过程能力指数等工具来衡量施工过程的稳定性以及质量水平。

评估的最终目的就是为改进服务，本书记载了怎样创建并运用持续改进的长效机制。核心就是围绕 PDCA 循环理论，讲解怎样把日常监理工作发现的质量问题、数据分析得出的质量趋势，系统地转化为改进目标和行动计划。书中会用案例来展示典型质量问题的发现、原因分析（用鱼骨图）、纠正和预防措施的制作、效果验证、标准文件的纳入整个改进过程。同时强调知识管理在持续改进中的作用，论述怎样建立项目级的质量问题数据库和经验教训库，把每一个项目中解决质量问题的实践经验转化为企业级的知识财富，为未来项目的质量预控提供宝贵的借鉴，真正实现质量管理的螺旋式上升和可持续发展。

（三）竣工验收标准及保修期管理的实践路径

竣工验收和保修期管理属于水利工程监理工作最后一个阶段，它是项目建设成果最终的检查环节，也是监理服务价值得以延伸和体现的地方。本文依据现有的法规和技术标准，结合丰富的实践经验，对从工程完工到缺陷责任期满整个监理工作过程进行了详细的说明。

本书将对竣工验收的依据、标准、程序、监理方的主要工作进行详细的阐述。内容主要分析水利水电建设工程验收规程等主要标准的重要条款，分清分部工程、单位工程、合同工程完工验收和最终竣工验收各自的条件与要求。本部分主要说

明监理工程师在此过程中所承担的责任,即如何对承包人提交的资料进行审核(保证资料的完整性、准确性、可追溯性),在现场验收时根据设计文件和规范标准,对工程实体质量、外观质量进行详细的检查,在验收会议上客观、公正地发表监理意见,签署工程质量评定报告。还会针对验收时容易出现的甩项遗留问题,给出有效的管理对策及处理流程。

保修期(缺陷责任期)结束后,监理工作仍要继续。本书认为保修期内的监理工作属于合同赋予的重要职责,也是保证工程长期效益的重要保障。其核心内容就是缺陷的动态管理,对缺陷的报告和响应做出详细说明,在接到使用单位的缺陷报告后,立即组织现场调查、鉴定缺陷产生的原因及责任方,并按照合同督促原承包人限期完成修复工作。监理方还应对修复过程进行质量监督,保证修复方案合理、修复质量达标。本书还会探讨承包人推卸责任或者无法修复的情况下,业主怎样启动保修金进行维修,从而对保修期管理的各个实践层面进行全面覆盖,保证工程投入使用后质量的稳定性、可靠性能够得到持续保障。

第二章 水利工程施工质量动态控制的理论框架

第一节 动态控制的基本原理与方法

一、动态控制的系统论基础

（一）系统论视角下的工程质量系统

从系统论的角度来说，水利工程施工质量本身就是一个复杂的、庞大的系统。系统由人、机、料、法、环等子系统相互联系、相互影响构成。其中人是最重要的，包含管理人员、监理工程师、施工人员等各种参与者；机是施工过程中所用的全部机械设备；料指工程所用的全部原材料、半成品、构配件；法指施工所依据的工艺、工法、技术标准、操作规程；环指自然环境、地质条件、气象因素以及施工现场作业环境。子系统之间不是孤立的，彼此间有物质、能量、信息的交换。

构成水利工程质量系统的五大要素及其具体内涵与潜在风险，可见下表。

水利工程质量系统五大要素及其内涵

要素	内涵说明	典型示例	质量风险点
人	参与工程建设的所有人员	管理人员、监理工程师、施工人员	技术水平不足、责任心缺失、沟通不畅
机	施工过程中使用的机械设备	挖掘机、混凝土泵车、起重设备	设备故障、磨损老化、操作不当
料	工程所用的全部原材料、半成品	混凝土、钢筋、砂石骨料、水泥	原材料不合格、存储不当、以次充好
法	施工工艺、工法、技术标准、规程	施工方案、操作规程、验收标准	工艺不合理、操作流程不规范、技术标准滞后
环	自然环境与施工现场作业环境	地质条件、水文气候、周边社区	恶劣天气、地质变化、环境污染、安全隐患

水利工程质量系统的五个要素中任何一个发生改变，都会通过系统内部联系传递到其它要素上，最后体现在工程实体的质量上。施工人员技术水平或责任心发生变化，施工方法的执行效果就会受到影响；原材料质量的好坏直接影响工程结构基础强度的高低；先进的机械设备可以大大提高施工效率和精度；恶劣的气

候环境会对混凝土浇筑等关键工序造成不利影响。

因此，监理工程师进行质量控制的时候，不能只对某一个要素或者某一个工序进行孤立检查，而应该有系统的思维。质量控制应该被看作是一个整体过程，对各个子系统以及它们之间的关系进行全面的分析和把握，从而全面理解其对最终质量的影响。只有建立完善的评价指标体系，对各个子系统的状态及变化进行实时监测，才能从根本上解决质量问题，保证整个工程质量系统按照预设轨道稳定运行，从而达到整体最佳的质量目标。

（二）开放系统与外界环境的交互

水利工程质量系统属于开放系统，它同外部环境持续地进行着信息、物质和能量的交换。交互性是系统存在与发展的基础，同时也是质量动态控制必须面对的现实。外部环境变化多端，宏观上有政策法规、经济形势、社会舆论等各方面因素，微观上则有具体项目的地质水文、气候条件、周边社区关系等因素。外部因素的变化属于输入信号，直接或者间接地给工程质量系统造成干扰。

国家颁布新的环保法规，要求施工过程中使用更环保的材料和工艺时，会影响到料、法两个子系统；突发的极端天气事件（暴雨、高温）会直接影响施工现场的环要素，导致土方开挖、混凝土浇筑等活动受到严重影响。业主方提出的设计变更、社会公众对工程进度的关注等，都会产生信息输入，促使质量控制系统作出相应的调整。因此监理工作要充分认识到其开放性，建立畅通的信息获取渠道，及时发现外界环境的各种变化信号。

监理工程师要主动适应并且利用好这种相互作用。一方面要建立风险预警机制，对外部环境变化带来的影响进行识别、评估，提前做好应对措施；另一方面要积极争取有利的外部资源，比如引进先进管理经验、利用新的技术手段、协调好外部合作的关系等，把它们作为正向的输入，促进质量系统的升级优化。通过有效的内外部交互控制，在动态变化的环境下保证质量控制系统具有稳定性和适应性，从而抵御外部冲击，抓住发展的机遇，不断改善质量。

（三）系统动态性与可控性分析

水利工程质量系统具有动态性，主要表现在两个方面，一是系统内各个要素的状态会随时间的变化而变化，二是系统结构，即要素间的联系方式也会发生变化。施工人员熟练程度随着工程的进展而提高，机械设备会因为磨损而性能变差，地质条件在开挖过程中也会和勘察报告有出入。内部变化同上文所提到的外部环

境相互作用，共同造成整个质量系统具有非线性的、动态演化的复杂特性。

正因其具有动态性，质量才需要“控制”而不是“静观”。如果系统是静止不变的，那么一次性的检查验收就可以保证质量。动态控制的本质就是承认变化，并且积极地应对变化。监理工作的一项核心任务就是对系统动态行为进行连续的观察和分析，掌握变化规律，预见发展趋势。这就要求监理工作是连续的、全过程的，而不是间断的、点状的。

系统的可控性，就是通过采取一定的控制手段能否使系统状态落入期望的目标范围内。水利工程质量系统可控性是动态控制得以实现的前提。理论上，只要能准确找到影响质量的主要因素，并采取相应的技术和管理手段进行干预，质量就是可控的。加强混凝土原材料检验可以控制混凝土最终强度和耐久性，严格旁站监理可以保证关键工序施工质量。

分析系统可控性就是找到对质量起决定性作用、容易测量和干预的环节，即控制点。监理工程师需要对已经在现有的技术、资源和权限范围内被确定下来的控制点进行综合评价，考虑干预这些控制点是否可行、有效。对于可控性较好的环节加大投资并加强精细化管理；对于可控性差或者不确定的环节（由于地质风险等不可预见因素）加强检测、做好应急准备，运用灵活的反馈调整机制来弥补直接控制的不足，从而使整个质量系统在变化过程中始终受控制。

二、动态控制实施的方法体系

（一）目标分解与责任落实方法

目标分解与责任落实属于动态控制的开端，也是组织保障的重要部分。按照系统工程的逻辑，应该把工程项目总体质量目标，根据工程结构、分部分项工程、工序、具体活动逐级分解，形成一个层次分明、明确具体的体系。经过分解，宏观抽象的质量要求就转变为微观具体、可操作、可量化的技术指标和验收标准，给后续的检查、测量和评价提供清晰依据。

为确保目标的实现，必须同步进行责任的分解与落实。

1. 建立责任矩阵，把分解后的各项质量目标同各个责任单位、责任部门、责任人一一对应，形成清晰的质量责任矩阵。施工单位项目经理、技术负责人、班组长、操作工，监理机构总监、专业监理工程师、监理员等所有参与者都可在矩阵中清楚地知道自已的质量责任和权限，从而避免出现责任盲区、推卸责任的

情况。

2. 签订质量责任书: 用质量责任书等形式把责任固定下来, 使它具备契约性、严肃性。责任书中应当对各方在质量控制中所承担的任务、工作标准、检查频次、信息报告要求、未履行职责所要承担的后果等作出规定。既是约束责任人的一种方式, 又是对责任人开展质量管理工作的一种正式授权, 赋予其履职的明确依据。从而把总体目标转化为全员的共同行动, 真正达到“千斤重担人人挑, 人人头上有指标”的效果。

(二) 关键线路与节点的控制方法

工程网络中各种活动的重要性并不相等。关键线路法属于项目管理中的一种有效方法, 通过对工程各项活动时间逻辑关系的分析, 找出决定项目总工期的“关键线路”。该线路上的任何一个活动如果出现延误, 都会造成整个工程的延期。质量控制方面该方法被引申、拓展, 用来找出对整个工程质量起决定性作用的“关键工序”和“关键节点”。

关键工序指的是技术复杂, 施工难度大, 对后面工序影响大, 出现质量问题的修复难度大的工序, 例如大体积混凝土浇筑、高边坡开挖支护、重要隐蔽工程等。关键节点就是指不同的工序、专业或者施工阶段的转换点, 这些区域往往就是质量风险容易集中的地方。因此, 监理工作应该把有限的资源用在关键环节、关键节点、关键施工期上。

对关键线路和节点的控制, 不能像监理工程师那样平均用力、一视同仁, 应该实行差异化的管理。施工前要进行专项审查, 保证施工方案的科学性、可行性。施工过程中必须实行全过程旁站监理, 对操作的每一个环节是否符合规范要求严格监督。对于地基验槽、钢筋绑扎验收等重要节点必须严格执行检查验收程序, 未经监理签字认可, 不得进入下一道工序。紧紧抓住这些“牛鼻子”, 就能起到纲举目张的作用, 用最小的管理成本获得最大的工程质量与安全保障。

(三) 比较分析与偏差纠正方法

比较分析和偏差纠正属于动态控制循环的关键环节, 也是实现动态调节的重要手段。该过程就构成了 PDCA 循环, 即计划、执行、检查、处理。其实质就是施工过程中实际质量状况同事先设定的质量目标持续比较, 找出偏差、分析原因并采取纠正措施。

首先是检查环节, 即用现场巡视、平行检验、抽样检测等方式收集能反映施

工质量实际状况的数据。这些数据是开展比较分析的前提，只有真正、准确地掌握数据，才能展开比较分析。数据获取之后就进入比较分析阶段。这时应该将实测数据同设计图纸、技术规范、施工方案规定的标准进行比较，来确定偏差的大小和性质。混凝土强度实测值小于设计值、土方填筑压实度不符合要求等。

发现偏差之后就要马上进入到处理阶段。处理的第一步就是找出偏差产生的原因。原因可能是人、机、料、法、环中任何一个环节，监理工程师需要运用自己的专业知识以及丰富的经验去现场追本溯源。原材料不合格还是施工工艺有问题？工人操作失误还是机器设备出现故障？只有找到根本原因，才能制订出有效的纠正措施。

纠正措施一般分为两类：第一类是对已经出现的不合格项采取返工、修补、降级使用等处理；第二类是针对管理制度、技术方案、人员培训等各方面采取的预防性措施。纠正措施的执行过程也要受到严密的监控，形成新的、更小的PDCA循环，直到偏差完全消除，系统才能回到受控的轨道上。不断比较、纠正、再比较的过程就是动态控制生命力的本质体现。

第二节 水利工程质量影响因素分析

一、人的因素动态分析

（一）管理人员素质与能力评估

水利工程监理中的管理人员，特别是项目总监理工程师、专业监理工程师等核心人员，是确保工程质量的关键。他们的综合素质与专业能力直接影响监理工作的成效。监理工作要求管理人员不仅要具备扎实的工程技术背景和丰富的实践经验，还需精通相关的法律法规、技术标准和合同管理知识。对管理人员的素质与能力评估，应贯穿于项目监理的全过程，而非仅仅停留在任职资格的审查阶段。

动态评估管理人员的履职能力至关重要。这包括对其在施工方案审查、关键工序旁站、隐蔽工程验收、质量问题处理以及与参建各方沟通协调等方面的表现进行持续跟踪与评价。监理单位应建立内部考核与激励机制，鼓励管理人员不断更新知识，学习新技术、新工艺，以适应水利工程建设的不不断发展。还需重点评估其职业道德和责任意识，确保他们能够公正、独立地行使监理职权，坚决抵制

各种违规行为，维护工程的整体利益。通过定期召开监理工作会议、审查监理日志与报告，以及现场随机抽查等方式，可以全面掌握管理人员的实际工作状态与能力水平，及时发现问题并采取纠正措施，例如进行岗位调整或加强针对性培训，从而保障监理团队始终保持高效的战斗力。

（二）特种作业人员技能稳定性

水利工程中包含焊接、起重、爆破、高空作业和水下作业等种种特种作业。作业技术要求高、危险性大，是工程质量、安全的重要控制点。特种作业人员技能水平及作业过程中是否稳定，直接影响到关键环节施工质量的好坏。因此，对特种作业人员技能稳定性实施动态监控并加以管理，是监理工作不可缺失的一部分。

监理人员应严格把关特种作业人员的资格证明，持证上岗并且在有效期内。更重要的是对它所学技能的实际运用情况做动态跟踪。持有合格证书的作业人员，由于缺少持续的练习、身体状况的改变、思想情绪的波动等原因，其技能水平也会出现高低起伏。监理应该采用现场观察、旁站监督等方式，主要对它的操作规范性、熟练程度、对突发情况的应变能力进行关注。对重要的焊接接头、重要的吊装作业等，施工单位必须做模拟操作或者工艺性试验来检验施工人员的稳定性。发现有操作不规范、技能不熟练或者状态不好的人员，要立刻责令施工单位停止作业，重新进行培训或者调换工作，保证技能水平得到认证后才能再次上岗。该过程中动态把关可以有效防止个人技能波动造成的质量隐患，使特种作业环节施工质量始终处于受控状态。

（三）施工班组协作效率与执行力

施工班组是工程建设的细胞，是各项技术规范、施工方案、质量指令的最终执行者。班组内部协作效率以及对上级指令的执行情况，会直接反映在工程实体的质量上。班组成员间配合是否默契、工序衔接是否顺畅、质量意识是否深入人心，共同构成班组的综合战斗力，对工程质量起决定作用。

监理不能把注意力仅仅集中在单个工人或某一道工序上，而应该把施工班组作为一个整体来考察。好的班组都有明确的分工、畅通的沟通渠道、良好的团队氛围，在施工遇到难题的时候能够齐心协力，共同克服困难。监理可以对班组现场组织、工序交接、成品保护和施工技术交底落实情况进行观察，来评价班组的合作效率与执行力。钢筋绑扎作业中，一个高效的班组可以保证钢筋间距、规格、

保护层厚度等一次性达到要求，协作不力的班组会出现返工、错漏等现象。监理应该激励施工单位建立优秀班组的奖励制度，利用评选明星班组的方式来营造良好的竞争环境，从而激发班组内部动力。对于组织混乱、执行力差、屡次出现质量问题的班组，监理应及时向施工单位发出书面通知，要求班组进行内部整顿、人员调整或者加强培训，从根本上提高基层作业单元的质量保证能力。

二、材料与设备的因素分析

（一）原材料性能波动的影响

水利工程所用的水泥、钢筋、砂石骨料、外加剂、土工材料等是构成工程实体的基本材料。原材料的性能在同一个厂家、同一批次中也会存在一定的波动。如果波动超过规范允许范围，就会对混凝土强度、抗渗性、耐久性等重要指标造成影响，构成严重的质量隐患。因此对原材料性能波动做动态监控是质量控制的源头。

1. 监理工作严格实行材料进场检验制度，所有进场材料必须经过见证取样和平行检测后才能使用。不能迷信供应商的出厂合格证，必须以独立的第三方检测数据为依据。

2. 动态控制不单指进场时的准入，也包括材料储存和使用过程中控制。水泥存放是否受潮结块、砂石骨料含泥量因堆场管理不善而增大、外加剂因存储不当而失效等都是监理日常巡视的重点。

3. 性能易变的材料如不同产地粉煤灰、矿渣粉等，监理要督促施工单位在使用前做好充分的试验验证工作，根据材料性能的变化对混凝土配合比进行调整。经过全过程、多环节动态跟踪把关之后，最大程度上降低原材料性能波动给工程质量带来的风险，保证工程结构稳定、耐久。

（二）施工机械设备的运行状态

大型土方机械、混凝土搅拌站、起重设备、振捣设备等施工机械是实现设计意图、保证施工质量的重要工具。机械设备运行状况的好坏、性能是否稳定直接关系到施工效率以及工程质量。搅拌设备计量不准会造成混凝土配合比错误，振捣设备故障会造成混凝土浇筑不密实。

施工机械设备动态控制首先要审查设备进场时合格证明、年检报告等资料，保证设备来源正规、性能达标。监理人员采用日常巡查、定期检查的方式对设备

的运行状况进行监督控制，查看设备有无异响、漏油漏水、仪表指针偏离正常位置、重要零件磨损等情况。还要重点审查施工单位设备维护保养记录，督促施工单位按规程、保养手册定修定期保养，使设备一直处于最佳工作状态。对大体积混凝土浇筑过程中所用的搅拌运输系统等重要设备，监理单位督促施工单位配备足够数量的备用设备，制定应急预案，防止一台设备出现故障造成施工中断，产生施工冷缝等质量问题。

（三）检测设备精度与校准管理

试验室是工程质量的“评判中心”，检测设备的精度就是作出准确评判的基础。用于原材料检测、混凝土试块抗压试验、土工试验等的仪器设备，其自身精确度和稳定性十分重要。如果检测设备本身存在误差或没有经过校准，那么试验数据就会失去真实性、可靠性，不能正确指导施工、评定质量，甚至会掩盖严重的质量问题。

检测设备管理关键要素表

管理要素	关键内容	监理要求	潜在风险
资格认证	设备计量检定、校准证书	确保在有效期内，由有资质机构检定	数据失真，无法指导施工
日常维护	设备清洁、润滑、功能检查	严格执行操作规程和保养手册	设备故障，检测结果波动
环境控制	恒温恒湿、防震、防尘	确保符合仪器使用环境要求	环境影响测试准确性
比对检验	平行检验、交叉比对测试	定期与独立第三方进行数据比对	系统性偏差，质量问题被掩盖
应急处理	故障停用、重新校准流程	建立设备故障处理机制	拖延检测，影响工程进度与质量

监理单位要对施工单位的检测设备进行动态管理，同时对监理自身的试验室检测设备进行动态管理。根据表中检测设备管理关键要素表可知，首先要核对所有的检测设备是否在规定的计量检定周期内，是否已经由有资质的机构进行了检定或者校准，证书和标识是否齐全有效。监理人员还要对试验室设备日常使用、维护、检验的情况进行监督。精密仪器还要考虑使用环境，比如恒温恒湿养护室的温湿度是否符合要求，天平是否放置在平稳的台面上等等，这些环境因素都会影响检测结果的准确性。监理时不定期进行平行检验和比对试验，可以有效地检验施工单位试验数据的准确性，反向检验施工单位检测设备是否存在系统性偏差。

一旦发现数据异常就立刻停止该试验工作，对该设备的校准记录、该期间内出具的所有检测报告都要追溯并评价它对工程质量的影响，直到问题彻底解决为止。

第三节 动态控制指标体系构建

一、指标体系构建原则

（一）科学性与实用性相结合原则

科学性原则要求指标的设置必须以国家及行业现行的技术标准、施工规范和质量检验评定标准为依据。指标的选取、计算方法和评判标准应具备充分的理论依据和工程实践验证，能够客观、准确地反映工程质量的内在属性。例如，混凝土强度评定指标直接关联结构安全，其检验方法和评判标准在规范中有明确规定，体现了严谨的科学性。指标体系的科学性是确保质量评价结果公正、可靠的前提，有效避免了主观判断带来的随意性和争议。

实用性原则就是要求指标能够适应水利工程施工现场的实际状况，具有很强的可操作性。获取指标数据要简便快捷，计算过程不能过于复杂，结果要直观易懂，便于现场监理人员掌握使用。若一个指标理论上虽然科学，但是现场获取数据的成本过高、耗时过长、需要复杂的专业设备与计算模型，那么在动态控制中它就失去了实用性。而旁站、巡视、见证取样等日常监理工作可以获得的数据指标，其应用价值比需要中断施工才能获得的指标要大得多。

科学性与实用性相结合，目的是建立一个既能“顶天”又能“立地”的指标体系。顶天指的是理论基础牢固，符合工程科学原理、管理规范；立地指的是紧密联系现场实际，能够被一线监理人员方便、高效地使用。只有科学性而没有实用性的体系就如同空中楼阁，只讲实用而不讲科学依据的体系就会造成质量判断偏差和失控。因此，在建立指标体系的时候，必须反复权衡，选择既能体现质量本质，又容易在监理实践中应用的指标，实现二者的有机统一。

（二）定性与定量指标互补原则

定量指标用具体数值来反映质量情况，具有客观、精确、可比性强的特点。水利工程质量控制过程中大量的技术参数是以定量指标的形式存在的，比如混凝土抗压强度值、钢筋间距的毫米级偏差、土方填筑的压实度百分比、闸门安装的

垂直度误差等。这些指标经由测量和试验得到，可以清楚地表现出质量状况同标准要求之间的差别，给监理工程师做出合格与否的判定赋予最直接的证据。对定量指标进行连续追踪可以形成质量变化趋势图，给预测质量动态、实施预控提供数据支持。

定性指标是对不能量化的，但同样对工程质量产生影响的因素进行描述性评价。一般以等级、评语或者状态描述的形式出现，施工队伍管理水平（优、良、中、差）、质量保证体系运行有效性（有效、基本有效、无效）、作业面文明施工状况（整洁、一般、混乱）等。这些因素对定量指标最后的结果有较大的影响。即使所有的定量指标都合格，但是施工单位质量意识淡薄、管理混乱（定性评价差），那么未来出现质量问题的风险就很高。定性指标可以弥补定量指标不能反映过程因素和管理因素的不足，使质量评价更加全面、深刻。二者的互补表现为，

1. 结合定量和定性分析，可以更加准确的找到质量问题的根本原因。当定量指标不合格时，结合定性指标（如操作人员技能、技术交底情况等），可以很快判断出问题出在人的因素、方法因素还是管理因素上。

2. 定性评价可以预警：监理人员发现施工单位质量管理体系运行不正常（定性指标恶化）的时候，即使定量检测结果还算合格，也应预判产品质量稳定性会下降，从而提前介入、加强监控。

（三）全过程覆盖与关键点突出原则

全过程覆盖原则即指标体系的设置要贯穿水利工程施工的全过程，即施工准备阶段、地基处理、主体结构施工、金结机电安装、竣工验收。质量形成于施工全过程，任何一个环节的疏漏都会对工程实体质量产生影响。因此指标体系要包含原材料进场、施工工艺执行、中间产品检验、工序交接等所有重要的节点，保证质量控制无盲区，形成完整的、环环相扣的控制链条。

全过程覆盖的原因就是工程质量具有累积和传递的特性。上一道工序的质量是下一道工序的基础，前期环节的缺陷如果不及时发现并纠正，就会在后续工序中被掩盖，最终造成重大的质量隐患，增大后期整改难度和成本。地基处理过程中压实度、承载力等指标的控制，其目的就是保证主体结构的安全稳定，这两个阶段的质量控制是紧密联系、不可分割的。

关键点突出原则是在全过程覆盖的基础上更加突显资源、力量的调配。水利工程规模宏大、工序繁杂，不可能、也不必要对所有环节投入相同的监控力量。

该原则是指监理单位要识别出对工程整体安全、功能、使用寿命起决定性作用的关键部位、关键工序，并对其设置更严格、更密集的控制指标。关键点一般是技术复杂、施工难度大、质量风险高的部分，比如大体积混凝土浇筑的温控、高边坡开挖支护的稳定性、重要金属结构的焊缝质量等。

突出关键点就是指在指标的权重、监控频率、控制标准等各个方面进行重点。对于关键工序，其核心指标的权重要远大于一般工序，监控频率也要由原来的定期改为实时或者高频，相应的控制标准也应该从原来的宽松转为严格。这样一种“点面结合、主次分明”的控制策略使监理工作可以将有限的资源投入到最需要的地方，在保证全面质量控制的同时有效扼制住重大质量风险的关口，达到监理效能最大化的目的。

二、核心控制指标的确立

按照上述构建原则，在水利工程监理的实践需要下，确定一组可以灵敏、准确反映施工质量动态的核心控制指标就显得十分重要。这些核心指标就组成了动态监控系统的骨架，也是实施风险预警和主动干预的主要手段。

水利工程核心控制指标

指标名称	计算公式	主要作用	预警机制
工序验收合格率	$(\text{周期内一次性验收合格的工序批次数} / \text{周期内总报验的工序批次数}) \times 100\%$	反映施工工艺水平、现场质量管理执行度、自检落实情况。	持续偏低或急剧下降为警报，需立即分析原因。
质量缺陷整改及时率	$(\text{规定期限内完成整改并复验合格的缺陷项数} / \text{同期内发出的总缺陷项数}) \times 100\%$	评估施工单位对质量问题的响应速度、执行能力和责任意识。	持续降低表明管理流程不畅、责任意识不强。
原材料进场检验合格率	$(\text{周期内检验合格的原材料批次数} / \text{周期内进场总检验批次数}) \times 100\%$	体现供应链质量、施工单位对进场材料的把关能力，是质量源头管控的关键。	某供应商材料合格率连续下降需立即预警。

工序验收合格率是衡量施工过程质量稳定的主要定量指标，其计算公式为， $(\text{周期内一次性验收合格的工序批次数} / \text{周期内总报验的工序批次数}) \times 100\%$ 。此指标体现的是施工单位施工工艺掌握状况、现场质量管理体系执行情况以及自检工作落实情况。高的合格率说明施工过程处于受控状态，产品质量稳定可靠，

反之，持续偏低或者急剧下降的合格率就是强烈的警报信号。

动态控制中监理工程师要连续追踪，分析此指标的趋势。可按周或按月统计主要分项工程工序验收合格率，并制成趋势图。连续两周没有达到预设的警戒值，就需要进行原因分析。监理方应当立刻召开专题会议，要求施工单位对造成不合格工序频发的原因进行分析，原因可能是原材料批次波动、施工机械故障、作业人员更换、施工方案变更或者技术交底不清等。对不合格工序类型进行归类分析，可以更准确地找到问题所在。

该指标的应用价值就在于它的前瞻性。它并不是等到最终的实体质量出现严重偏差时才发出警告，而是会在过程控制中就体现出质量下降的迹象。监理单位可按照合格率情况来决定检测监督的频率和重点。工序验收合格率持续走低的施工队伍或者工序，应立即升级为重要监控对象，加大旁站、巡视频次，必要时要求施工单位暂停该项作业，待通过试验段或首件验收合格后再行施工。如水利工程的核心控制指标所示，工序验收合格率与监理措施是直接关联的，从以前事后纠错转为现在的事前预控。

（二）质量缺陷整改及时率指标

质量缺陷整改及时率是用来评价施工单位对质量问题的响应速度、执行能力的指标，计算公式为： $(\text{规定期限内完成整改并复验合格的缺陷项数} / \text{同期内发出的总缺陷项数}) \times 100\%$ 。该指标可以衡量缺陷修复的速度，也可以体现施工单位的质量责任意识和管理闭环能力。及时发现缺陷是监理的主要责任，而保证缺陷的迅速、彻底整改才是工程实体质量最终的保证。

该指标对于监理方来说是一个强有力的动态控制的管理杠杆。持续高位整改及时率体现施工单位对质量缺陷不逃避，及时整改的意识，是质量管理体系正常运转的表现。此比率一直降低就说明施工单位存在管理流程不顺、资源调配困难、责任心不强或者处理质量问题时消极推脱。监理工程师应定期统计并公布此指标，将其作为评价施工单位履约的重要标准，也可以适当和工程进度款支付联系起来，形成有效的激励与约束机制。对未及时整改的缺陷进行分类统计，可以发现施工过程中出现的技术难题或者管理顽疾，为技术支持或者加强管理监督指明方向。

（三）原材料进场检验合格率指标

原材料、构配件以及工程设备是构成工程实体的物质基础，其质量的好坏直接影响着工程质量的好坏。原材料进场检验合格率指标为： (周期内检验合格的)

原材料批次数 / 周期内进场总检验批次数) $\times 100\%$ 。它是工程质量源头控制的第一道关口, 作用重大。该指标直接反映供应链质量的好坏, 也体现出施工单位对进场材料的把控水平。

动态控制时使用该指标要细致、系统。监理单位不能只看总合格率, 应该将总合格率按供应商、按材料种类(水泥、钢筋、土工材料、外加剂等)分开统计。根据各个供应商的合格率来区分优秀供应商和不合格供应商。当某个供应商的材料合格率出现连续下降趋势的时候, 监理方应当立刻发出预警, 要求施工单位增加对该供应商产品抽检的频率, 甚至考虑更换供应商, 从而达到对风险源的动态管理、精准清除的目的。

该指标可以有效地阻止质量风险在施工开始之前就发生, 防止因为材料不合格造成的后期返工损失以及安全隐患。以钢筋原材料力学性能检验合格率为例, 若某批次或者某供应商的合格率低于控制标准, 监理就要签发指令, 禁止该批次钢筋进入加工场, 追溯同源材料的使用情况, 采取补救措施, 避免不合格钢筋被用于结构实体上, 其动态控制的价值就得到了充分体现。

第四节 质量控制的信息反馈机制

一、信息采集与传递渠道

(一) 施工现场实时数据采集

施工现场是质量信息产生的源头, 及时、准确地采集施工现场数据, 是动态控制的首要环节。传统的依靠人工巡查、手写记录的方式, 主观性强、时效性差、容易疏漏的弊端, 已经不能满足现代化水利工程精细化管理的要求。因此大力推广自动化、智能化数据采集技术就显得尤为必要。在混凝土拌合物、大体积坝体、高边坡等关键部位设置温度、湿度、应力、应变、位移传感器, 用物联网技术进行 24 小时不间断监测和自动上传。由此得到的数据具有客观性和连续性, 给结构状态演变分析提供了一份重要的第一手资料。

移动互联网技术的发展给数据采集带来了极大的便利。监理人员可以配备带有专业应用程序的智能终端, 用拍照、录像、填写表格等方式, 把巡检发现的质量问题、隐蔽工程验收影像、材料取样见证等信息, 连同地理位置、时间戳等元

数据，实时上传到云端管理平台。无人机巡检技术很好地解决了大型工作面、高空作业区、危险区域人工巡查的难题，依靠高分辨率影像和智能识别算法，可以很快地发现宏观的质量缺陷，大大提高了监管的广度和深度。综合利用各种现代化手段，构建全方位、立体化的现场数据采集体系，保证信息的及时性、真实性。

（二）监理例会与专题会议制度

会议制度是信息交流、决策制定不可缺少的载体，在动态质量控制中也起着协调、仲裁的作用。监理例会与专题会议互相配合，一起构成信息传递、处理的中心手段。监理例会一般以周或月为周期定期召开，是项目业主、监理单位、施工单位、设计单位等参建各方进行常态化沟通的主要平台。施工单位在例会上汇报工程进展情况、质量自检情况，监理单位通报质量检查发现的问题、平行检测结果、上期问题整改落实情况，各方关注质量动态，协调解决日常施工中出现的、管理问题。

遇到重大、紧急或者技术复杂质量问题的时候，就要立即召开专题会议。专题会议的针对性较强，主要是集中各方智慧，就某一质量问题做进一步分析，探究产生问题的原因，提出具体的解决办法。当地质条件发生突变，重要工艺试验出现问题，或者出现重大质量隐患时，总监理工程师应当召集设计代表、施工技术专家等相关人员开会商议解决办法。会议形成的纪要和决议将会成为之后处理的直接依据，具有很高的权威性。例会和专题会议结合起来，使各种质量信息在合适的层面上得到充分讨论并妥善处理，从而避免信息滞后或者决策失误。

（三）信息化管理平台的搭建

信息化管理平台是水利工程质量动态控制的“大脑”和“神经系统”，把分散的数据、流程、人员有机整合起来，是信息高效流动的载体。功能完备的工程管理平台能有效地消除参建各方的信息孤岛，达到数据的集中存储、流程的网络化以及决策的协同高效。平台搭建要以 BIM 技术为依托，创建工程的数字化孪生体，把所有的质量信息同三维模型关联起来，从而实现可视化的质量管理。

平台应集成多个核心功能模块，以支撑质量控制的全过程闭环：

1. 数据和文档管理中心：作为所有工程资料的集中入口，对设计图纸、施工方案、技术规范、往来函件、检测报告等各类文件进行存储和管理，实行版本控制，保证使用者获得的是最新的有效文件。

2. 工作流程引擎：将施工方案报审、材料进场报验、工序交接检验、设计变

更、整改通知下发与回复等各项质量管理业务流程固化到线上作业流程中。系统按照事先设定的规则把任务推送给相应的责任人，全程记录处理痕迹，从而实现流程驱动、责任到人。

3. 实时监控预警中心是把各类传感器、视频监控、无人机采集的数据综合起来，采用数据可视化仪表盘的形式来直接呈现现场质量情况。平台可以设置质量指标阈值，对混凝土温度、坝体变形、设备运行异常等情况发出自动预警，把问题扼杀在萌芽之中。

4. 支持多终端使用，平台可以接入多种类型的终端，并且可以为现场监理人员、施工人员提供随时查询资料、处理流程、上报问题的功能，使办公室与现场的链接紧密无间，信息传输效率高，反应速度快。

二、信息处理与反馈流程

（一）质量数据的分类与统计分析

施工现场原始数据零散多样，只有经过系统的分类处理之后才能体现出它的内在质量规律。数据分类可以从不同的角度来划分。按数据性质可以分为计量值数据（混凝土强度、钢筋间距等）和计数值数据（焊缝合格点数、外观缺陷项数等）；按来源可以分为材料检验数据、工序自检数据、监理平行检测数据、第三方检测数据等；还可以按分部分项工程对应具体的施工部位。有效的数据分类为后面统计分析打下了基础。

统计分析就是把原始数据转变成有价值信息的过程。传统的质量管理大多集中于评判单个数据点是否合格，而动态控制则更加重视使用统计手段对数据集加以剖析，从而找出质量波动的规律以及发展的趋向。常用质量数据的统计分析方法见表。

常用质量数据统计分析方法

方法名称	主要目的	核心作用
直方图法	直观展示质量指标分布，判断正态性	评估施工工艺稳定性
排列图法	识别“关键少数”问题，优化资源配置	优先解决主要质量矛盾
因果分析图（鱼骨图）	系统分析质量问题根源	深入探究问题本质
控制图法	实时监控过程稳定性，预警异常	实现主动防错与纠正

综合使用以上各种统计分析方法后，监理工程师可以深入到施工过程的本质，

对施工过程的质量状况形成深刻的认识，由被动的查错转变为主动的防错，给科学决策提供有力的支持。

（二）异常信息的识别与上报程序

异常信息就是偏离设计要求、技术标准或者正常波动范围的任何质量迹象。及时、准确发现并上报这些信息，是纠偏的前提。识别异常信息的途径很多，既可以是自动化监测系统发出的预警信号，也可以是监理巡视、旁站、平行检测时发现的实体缺陷，还可以是从统计分析结果中发现的异常数据趋势。一旦发现异常就要立即启动相应的上报程序，保证信息可以迅速传达给有相应处置权限的管理层级。

上报程序要制度化、规范化，保证信息传递的严肃性、及时性。一般情况下实行分级上报程序。对于一般质量问题，现场监理人员发现之后，首先要对问题进行初步核实，确认问题存在后，通过信息化管理平台记录备案，然后口头或者工作联系单的形式通知施工单位项目部进行处理。对比较重要的或者施工单位不能及时处理的问题，监理人员应立即报告给专业监理工程师或总监理工程师。

对于严重影响工程结构安全、使用功能或者造成较大经济损失的重大质量隐患（地基出现异常沉降、主体结构开裂、施工单位使用不合格的关键材料等），现场人员必须立即采取措施，必要时可以口头命令暂停有关作业，并向总监理工程师报告。总监理工程师收到报告后应当立即到现场核实，情况属实应当立即签发《工程暂停令》，向项目业主和相关质量监督机构书面报告。上报过程中所有的信息都必须在信息化平台上进行详细的记录，形成可以追溯的电子档案，保证每一条异常信息都有源头可查、有据可依。

（三）整改指令的下发与跟踪落实

整改指令下达、整改措施落实情况属于信息反馈流程的最后一环，是质量控制闭环管理的重要一环。它把信息处理的结果转化为实际的纠偏行动，是承上启下的重要环节，执行效果的好坏直接影响动态质量控制的最终结果。此过程重视指令的权威性、流程的闭环性、结果的严肃性，目的是保证每一个质量问题都能被彻底根除。

整改指令的下发应该使用正式书面形式，以此保证它的严肃性以及法律效力。常用的工具有监理工程师通知单。通知单应使用信息化平台发布，内容要准确、具体、清晰，写出问题部位、现象、性质；引用违反的设计图纸、施工规范、合

同条款的具体条目；给出整改措施、质量标准、整改完成时间。对于严重质量问题，总监理工程师可以依据合同规定以及法律法规的授权，开具工程暂停令，使有关部位或者整个工程的施工暂停，直至问题得到解决。发出指令后，施工单位必须照办。

施工单位在收到整改指令之后，应当在规定的时间内提交详细的整改方案，整改方案中要包含原因分析、整改措施、技术负责人、完成时间等内容。复杂质量问题的整改方案要经过监理方审查批准之后才能执行。监理工程师的主要工作就是跟踪，即对施工单位整改过程进行持续的监督、检查和指导，保证施工单位的整改措施得到彻底的落实。现场检查整改情况、见证关键修复工序、抽检修复后的材料等均属于范围。所有的跟踪检查活动都必须详细地记录下来，作为以后复验的依据。

整改完毕后，施工单位应当向监理单位提交一份书面开工申请或者整改回复报告，申请复验。监理工程师收到申请后，会同相关人员依据原整改指令要求和有关验收标准，对整改结果实行检验验收。复验可以采用外观检查、实测实量、取样再检测等方法。只有复验合格，监理工程师才会将信息化平台上的问题关闭，开具一份复工令或者一份确认整改完成的书面文件。由此形成一个完整的发现问题、下达指令、执行整改、跟踪验证、销项闭环流程。对于复验不合格的，监理不予申请，施工单位必须整改，直至合格为止。闭环管理机制保证每一个质量问题都能得到解决，不漏掉任何一个，不重复发生，是工程质量持续改进的根本保证。

第五节 风险预警与应急处理理论

一、质量风险识别与评估

（一）基于历史数据的风险点排查

水利工程监理质量风险识别不是凭空产生的，是在充分经验和数据积累的基础上建立起来的。历史数据就是预测未来的“水晶球”，系统性地挖掘、梳理过去竣工验收资料、质量评定报告、监理日志、质量事故处理记录、设计变更文件等是识别潜在风险点最首要也是最可靠的方法。通过对海量信息的归纳、统计、分析，可以得出某类工程、某类地质条件、某类施工工艺下质量问题多发的环节、

常见的病害及内在规律，从而形成一份有实践指导意义的基础风险清单。

历史数据中反映出的不只是孤立的技术问题，更是管理流程、资源配置、人员技能、合同条款等各方面的系统性缺陷。通过对多个项目的混凝土裂缝情况进行分析可知，引起裂缝的原因并不只是材料配比，还与施工过程中使用的养护方案、模板支撑体系刚度不够或施工人员交底不到位有关。依靠数据的深入分析，风险识别就可以摆脱表面现象，直接到达问题的根源。

对从历史尘埃中发掘出的“知识”加以结构化，创建起水利工程质量风险数据库，就风险实施分类编码，标明其发生地点，表现形式，诱发因素以及可能引发的后果。数据库成了新开工项目监理规划阶段宝贵的财富。监理工程师可依据新项目具体特点，从数据库中检索匹配内容，快速生成一份初步但是针对性强的风险识别清单，使项目初期监控的焦点准确地指向那些已经被历史反复证明的“雷区”，从而实现从被动应对到主动防御的战略转变。

（二）风险发生概率与影响程度评级

识别潜在风险点只是第一步，并不是所有的风险都同等重要，也不必用同样的时间和精力去应对。为了达到资源的最佳配置目的，就必须对已经识别出的风险实施系统的量化评价和分级，以此来辨别出哪些风险应当予以重点防范，哪些风险只需常规监控。核心是从风险发生的可能性和一旦发生后的严重性两方面综合打分。风险发生的概率是在项目全生命周期内，某一质量风险出现的可能性大小；影响程度是指该风险一旦发生，会对工程结构安全、使用功能、工程成本、建设工期、社会和环境造成多大负面影响。

风险评级一般用定性加定量的方法。实践中一般用风险矩阵来把概率和影响分成五级。概率评定可以按照历史数据统计频率、专家调查、现场地质、水文等实际情况分析综合得出。影响程度的评级要综合考虑结构安全、经济损失、工期延误、法律责任、社会声誉等各方面的影响。对于关键部位（大坝坝基、溢洪道底板等），任何一点小的瑕疵影响等级都应该比较高。

将概率与影响程度评级结果交叉在矩阵上，即得各个风险点的综合风险等级，一般有重大风险（红色）、较大风险（橙色）、一般风险（黄色）、较小风险（蓝色）等。该评级结果可以对风险进行排序。对红色区域的重大风险应制订专项监控应急方案，用最优监理力量严密监视；橙色区域加大巡检频次及检测力度；黄、蓝色区域的风险可以纳入日常管理。风险分级和应对建议见表，从而使得监理工作

可以将资源集中在关键环节，达到风险管理的精细化和高效化。

风险等级与应对建议

风险等级	颜色标识	应对建议
重大风险	红色	制定专项监控与应急方案,投入最优监理力量严密监视。
较大风险	橙色	加大巡检频次和检测力度。
一般风险	黄色	纳入日常管理,定期检查。
较小风险	蓝色	常规监控,无需特殊干预。

（三）风险动态监控图谱的绘制

静态风险清单、评级对项目初期很重要，但是水利工程施工过程是动态变化的，风险等级和状况不是一成不变的。一些一开始就被定为低等级风险的，可能会因为环境的变化或者施工行为的影响而突然变坏；已经得到控制的也可能再次出现。因此建立一个可以反映出风险动态变化的动态监控系统，即绘制出风险动态的跟踪图是全过程动态控制的必然要求。该图谱本质上就是风险信息仪表盘的可视化，把抽象的风险管理同具体的现场监控数据联系起来。

绘制风险动态监控图谱，需要完成以下几个核心步骤：

1. 确定监控指标：每一个被识别出来的中高级风险点都要转换成 1 个或者多个可以量化的现场检测指标。大体积混凝土温度裂缝风险的监控指标有混凝土内部温升速率、内外温差、降温速率、应变计读数等。

2. 确定预警阈值：给每一个监控指标设置分级预警阈值，这是风险图谱预警功能实现的基础。一般设置有蓝线，黄线，红线三个阈值。当监测数据处在黄色区域的时候，说明风险有增大的趋势，需要引起高度关注并加以分析；一旦到达红色阈值，就说明风险即将或者已经发生，必须立即启动应急措施。

3. 信息集成和可视化，用 BIM 技术、物联网传感器、移动应用 APP 等信息化手段采集现场监控指标数据，并自动传送到中央管理平台。平台按照事先设定好的逻辑，用不同的颜色将各个风险点的实时状态在工程 BIM 模型或者总平面图上标出来，形成一张直观的风险地图。监理人员在办公室或者移动设备上，可以对整个工地的风险分布和变化趋势了如指掌，哪里出现黄色信号灯，哪里出现红色信号灯，一目了然。

动态监控图谱的价值就在于它的预见性以及直观性。它把海量、零散的现场数据转变成结构化的风险信息，使监理决策不再完全依靠个人经验，滞后的纸质

报告。它给监理工程师装上了一双“千里眼”，可以穿透施工现场的复杂表象，发现质量风险的萌芽状态，在问题发生之前就采取干预措施，真正把事后处理提升为事前预防和事中控制，实现质量管理的最高境界。

二、应急预案与处置机制

（一）突发质量问题的应急响应流程

突发质量问题的应急响应，关键是快、准。清晰流畅的响应流程为快速准确地处理打下基础。该流程对于问题发现、启动响应等各个环节每一个角色的职责、权限都做了具体规定，从而防止混乱中出现责任推诿或者决策迟滞的情况。

当现场监理人员或者施工单位质检员发现质量异常，并且该异常已经超出常规可控范围，或者会对结构安全以及人员的生命财产安全造成直接威胁的时候，必须立即启动应急响应。第一步就是即时报告、初步控制，有关人员有责任在第一时间用最快的通讯方式向项目总监、施工负责人报告，有权下达临时停工指令，隔离作业区，阻止事态扩大。

项目总监在短时间内对于情况做出初步判断，确定是否启动应急预案。预案启动之后，应急指挥小组就立即被激活。通常由项目法人、监理、设计、施工单位最高现场负责人组成一个统一的指挥中心。指挥小组的第一个任务就是立即到现场检查和评定出现的情况。

整个应急响应过程重视信息传递的扁平化、决策授权的前置化。预案中应该明确，当出现某种紧急情况时，现场最高级的监理工程师可以不请示上层所有的领导，直接调用必要的应急资源进行抢险，事后再进行补充报批。授权机制目的在于给抢救工程、防止灾难性后果争取时间，体现应急管理中“生命至上、安全第一”的重大制度设计原则。

（二）资源调配与止损措施预案

应急预案的实际效果很大程度上取决于资源配置方案的可行性。突发质量事件面前，时间就是生命，时间就是效益。应急资源只有在事后才去寻找和协调的话，就错过了最佳处置时机。因此应急预案中应当包含一份随时可以启动的、详细的资源调配及止损措施清单。

因此，应急预案应该先建立一个应急资源数据库。人员方面，应该事先组成一个岩土、结构、材料、水利等多专业人员组成的顾问小组，并明确每个顾问的

联系方式和响应时间。对设备、材料应事先同周边的供应商或者兄弟单位签订应急支援协议,保证大功率水泵、特种钻机、速凝水泥等重要物资设备在需要的时候能第一时间运到现场。项目还要留出一笔专项应急资金,对专项应急资金的审批和支付程序作出明确规定,保证抢险救灾工作不会因为资金问题而中断。

止损措施的预案化同样重要。预案要对各种不同的突发事件,预先设计出多种止损方案。对于基坑突然出现大范围渗水,应急预案中应该包括加大抽排水量、寻找并堵住漏点、必要时进行回填反压等一系列从优到劣的应对策略序列。这些预先的方案在生成的时候就被技术论证过,避免了现场临时决定造成的盲目性。它给应急指挥小组提供了一份经过深思熟虑的战术手册,使指挥小组在巨大的压力之下,根据现场实际情况迅速选择并执行最合适的止损行动,最大限度地控制损失范围,防止次生灾害的发生。

(三) 事后恢复与原因调查机制

应急处置成功控制住事态以后,工作并没有结束,而是转入事后恢复和原因调查两个并行而同样重要的阶段。事后恢复的目的就是尽快修复受损的部分,使工程回到正常的建设轨道上来;而原因调查则是为了从失败中学习,完善风险控制体系,避免类似问题的再次发生,真正实现管理闭环。

恢复工作要在专业技术评估的基础上开展。应由设计、监理、施工及有关专家共同制定详细的修复或加固方案。该方案不仅要保证修复后结构的安全性和功能满足设计要求,还要充分考虑对后续工序和总工期的影响。修复过程本身也应该被当作一项高风险的作业,要严格地进行质量控制和监理,以保证修复工作本身不引入新的质量隐患。

原因调查机制要符合独立、客观、深入的要求。为了保证公正性,调查组应该有多方代表,必要时可以邀请外部独立专家参加。调查的主要目的不是追究个人责任,而是查明事件发生的技术和管理深层次原因,即为什么会发生以及为什么不能事先发现。调查应该采用系统化的分析方式,比如鱼骨图分析法或五问法,逐步找出影响结果的各种因素,最终找到根本的系统性缺陷。调查报告不能只对直接原因进行描述,还应该从管理流程、技术标准、监理程序、人员培训等各方面分析存在的不足。

严肃处理,彻底整改,把一次惨痛的教训变成组织宝贵的智力资本,提高项目乃至整个行业的质量风险管理水平,这才是事后调查的根本意义所在。

第三章 水利工程施工准备阶段的质量动态控制

第一节 施工图纸审查与优化

一、图纸符合性与完整性审查

（一）强制性条文符合性专项检查

强制性条文属于工程建设中必须无条件遵守的技术法规，牵涉到人民生命财产安全、环境保护以及工程自身安全，是不可逾越的“红线”所在。监理工程师在图纸审查时要把强制性条文符合性的检查放在第一位。此项工作要对与工程有关的国家现行标准、行业规范进行系统的整理，例如《水利水电工程等级划分及洪水标准》、《水工混凝土结构设计规范》等，形成专项核查清单。检查内容应包含工程等级、主要水工建筑物（大坝、堤防、水闸等）的结构安全等级、抗震设防烈度、防洪标准、环境保护和水土保持等各方面具体规定，保证设计图纸中各项指标和技术要求不低于强制性条文最低限值。

监理单位要创建强制性条文审查台账，把每个条文是否符合的情况一一加以确认并做好记录。审查中发现的任何违反或者不符合强制性条文的设计内容，不论大小，都应当以书面形式向建设单位、设计单位提出，并限期改正。监理工程师要跟踪到整改全部符合所有相关的强制性条文为止，才可以重新履行审查确认手续。零容忍的态度、严格的程序是预防先天性质量缺陷、防止工程带病开工的根本保证。

（二）设计深度与施工可行性核对

设计深度审查的核心就是判断图纸所给出的信息是否足够指导施工，内容是否清楚、无歧义，能否满足施工单位进行详细的施工组织设计编制和现场作业的要求。水利工程常常处在野外环境，地质水文条件千变万化，设计图纸对关键部位和复杂工序必须有详细的说明。监理工程师应从业主最终使用功能、施工单位具体操作两个方面入手，对图纸进行类似预先施工的审阅。检查结构物的几何尺寸、高程、坐标是否标注准确；主体结构及次要结构的配筋图是否清晰，钢筋的

规格、数量、间距、弯钩、搭接长度等细节是否明确；地基处理、土石方开挖回填、混凝土浇筑、预制构件安装等主要工序的工艺要求和技术参数是否具体可行。对于大型土石坝工程，需要详细审查坝体填筑料的料源、物理力学指标、压实标准、铺层厚度、结合面处理等各项规定是否明确。对于复杂的交叉建筑物，比如渡槽和渠道的连接处节点构造是否细化，防水处理措施是否详尽都是审查的重点。监理工程师要对施工过程进行模拟预演，对施工过程中可能出现的难点、操作障碍进行预判，从而对图纸设计深度和施工可行性进行全方位的评价。

（三）各专业图纸之间的会审与协调

水利工程项目一般会牵涉到水工结构、地质、机电设备、金属结构、环境保护、施工临时工程等众多专业，各专业设计图纸之间必须实现无缝对接。错、漏、碰、缺等问题是专业之间图纸矛盾的集中体现，也是监理图纸会审工作的重点和难点。监理机构应组织各专业监理工程师召开会议进行审核，主要对不同图纸之间的内在联系以及可能存在的矛盾进行审核。

1. 高程和坐标的统一性，检查所有的专业图纸是否使用统一的坐标系统和高程基准，核对建筑物、设备基础、预埋管线等在平面位置及高程上是否一致，防止因基准不一致而造成现场施工混乱。

2.2) 机电设备（闸门、启闭机、水轮发电机组）的基础尺寸、预埋螺栓位置、荷载大小等参数是否与土建结构图纸完全一致；电气专业的电缆沟、桥架走向是否与结构梁、板、柱发生冲突。

3. 管线综合排布合理性，对厂房、泵站等建筑物内给排水、通风、消防、电气等各专业管线的空间布置进行综合检查，看是否存在相互交叉、碰撞或者安装空间不足的问题，从而保证管线排布紧凑合理，便于安装和后期维护。

会审过程中发现的专业之间矛盾问题，监理单位应该详细记录，及时召集设计单位、建设单位召开专题会议进行协调解决，形成书面会审纪要和设计变更文件。跨专业协同审查可以解决设计配合不到位造成的施工返工、工期延误的问题，也是提高工程项目施工质量和效率的重要途径。

二、设计优化与合理化建议

在图纸符合规范、满足施工要求的基础上，优秀的监理工作还要充分发挥技术参谋的作用，主动提出能提高工程质量、缩短工期、节约投资的设计优化和合

理化建议，以实现工程项目价值最大化。监理机构在提出建议时主要从以下几方面入手，具体内容见下表所示。

设计优化与合理化建议要点表

优化方向	具体建议	目的
基于现场实际的设计变更	1. 针对地质水文条件、交通运输等与勘察报告不符处提出变更。 2. 优化料场选址、弃渣场布置、施工便道等。	保证工程安全、提高质量、获得经济效益
新材料新工艺应用	1. 推荐新型土工合成材料（如复合土工膜、膨润土防水毯）替代传统衬砌。 2. 建议采用高性能混凝土、纤维混凝土或自密实混凝土。	提高性能、增强耐久性、方便施工、降低成本
节约投资与提升质量	1. 简化非关键性建筑或装饰、微调总图布局。 2. 优化结构计算、减少材料用量、选用经济材料。 3. 采用先进高效施工技术和机械设备，推广模板台车、预制拼装技术。	降低工程造价、提升功能与质量、缩短工期、节省管理成本

（一）基于现场实际的设计变更建议

监理工程师长期驻守施工现场，对现场地形地貌、地质水文条件、交通运输和周边环境等各方面的情况了解要比设计人员更直观、深入。当现场实际状况与设计依据的地勘资料、原始地形图存在较大差别的时候，监理工程师有权就设计变更提出建议。如基坑开挖时发现土质情况比地勘报告反映的更差，原有的支护方案存在安全风险，监理应立即建议暂停施工，会同勘察、设计单位到现场踏勘，共同研究提出更安全可靠的支持方案。

监理也可以就料场选址、弃渣场布置、施工便道布置等提出优化建议。若设计时取料场距离施工地点较远，造成运输成本高，监理经现场调查发现更近、质量合格的料源，就可以提出变更建议。所有基于现场实际的变更建议都必须以保证工程安全、提高工程质量、取得明显的经济效益为目的。同时这些建议要以严格的数据和充分的论证为依据，以监理通知单或者设计变更建议书的形式提交给建设单位、设计单位，并严格遵照规范的变更程序。

（二）新材料新工艺的可行性论证

随着科技的进步，建筑领域新材料、新工艺、新技术层出不穷，使用这些新技术能带来性能提高、耐久性增强、施工方便、成本降低等众多好处。监理工程师要有宽阔的技术视野、持续的学习能力，在图纸审查和施工准备阶段要积极向建设单位、设计单位推荐先进适用的技术。对于渠道防渗工程，可以研究用新型土工合成材料代替传统的混凝土衬砌，这样可以缩短工期，也能更好地适应地基变形。在混凝土工程中应采用高性能混凝土、纤维混凝土或自密实混凝土，以全面提高结构的抗裂、抗渗性能和耐久性。监理提出此建议时不能凭空想象，必须提供详细的可行性论证报告。论证报告中应列出新材料、新工艺的技术性能指标对比、成功的应用案例、主要供应商的信息、对现有设计的修改方案、详尽的成本效益分析以及对施工质量控制的新要求等。经过充分论证技术可靠性、经济合理性、管理可控性，为业主决策提供依据。

（三）节约投资与提升质量的优化方案

设计优化属于工程建设价值提升的重要环节，监理单位作为独立公正的第三方，所给出的优化意见更加客观。优化目标就是在保证或者提高工程功能、质量标准的基础上，通过技术、管理的创新来达到节约投资的目的。

1. 在保证使用功能的前提下，对非关键性、次要的建筑或装饰进行简化，或者对建筑物的总图布局进行微调，从而减少土方开挖量、缩短管线长度或者优化施工场地布置，直接降低工程造价。

2. 结构及材料优化，根据更精确的结构计算，对构件截面尺寸、配筋率等做进一步优化，减少混凝土、钢筋用量；在保证安全、耐久性的前提下，选择更经济的材料替代原有设计材料。在保证承载力的前提下，将部分挡土墙结构从悬臂式改为扶壁式会更加经济。

3. 施工方案的优化，采用更加先进高效的施工技术或者机械设备来提高生产效率，缩短关键线路的工期，从而节省与时间有关的管理成本和财务费用。推广模板台车、预制拼装技术等。

所有的优化方案在提出之前，都要经过严格的技术经济比较和全面的风险评价，保证方案的实施不会对工程的安全、质量、长期使用性能造成任何不利影响。监理工作在提供积极主动的增值服务之后，就从传统的“监督管理”向现代的“咨询服务”转变，给项目的成功建设带来更大的价值。

第二节 施工组织设计审核要点

一、质量管理体系审核

（一）质量管理组织架构的合理性

施工单位质量管理组织架构的审核，是保证质量管理指令得以下达、有效执行的基础。设计合理的组织架构可以明确各个层级的质量责任，有利于沟通协调，是工程质量的第一道防线。监理工程师对权责分配的科学性、独立性做进一步分析。

组织架构是否合理最直接的体现就是其完整性、清晰性。监理工程师应审查施工方是否建立以项目经理为第一责任人，项目技术负责人主管技术与质量，下设专门的质量管理部门或质量总监，并延伸到各施工队组的专职或兼职质检员完整的管理网络。网络中的每一个节点都应有明确的岗位说明，确定其在质量管理活动中的具体职责、权限和与其它岗位的关系，建立起权责对等、指令统一、信息畅通的垂直管理体系，避免出现多头指挥或者无人负责的质量管理真空区。

质量管理部门是否独立为审查的重点。质量管理部门要直接向项目经理或者技术负责人汇报，保证质量监督和否决权行使时不受到施工进度、成本等其它因素的干扰。如果质量部门隶属于生产部门，那么它所行使的监督的权威性、公正性就会大打折扣。监理工程师要评价该架构是否能够保证质检人员独立开展工作，对不合格的工序是否有权责令停工整改，对不合格的材料是否有权拒绝使用，这些权力的行使有制度化流程做支撑，保证质量拥有一票否决的权威。

（二）质量保证措施的针对性审查

水利工程项目类型繁多，地质水文条件各不相同，技术要求也千差万别，因此施工单位制定的质量保证措施必须有针对性，不能照搬通用模板。监理工程师对保证措施的审查，核心就是判断其是否根据对本工程特点及潜在风险的深刻认识来制定，是否具体、可操作，能否有效地应对工程的重点、难点。

审查工作要集中到保证措施与工程实际的吻合程度上。大体积混凝土浇筑的船闸工程，保证措施应详细说明原材料质量控制、配合比优化、水化热控制、温度控制手段（循环水冷却）、分层浇筑、表面保温保湿养护等防止温度裂缝产生。对有复杂地质条件的隧洞开挖工程，主要审查其围岩变形监测方案、超前地质预

报实施计划、初期支护和二次衬砌的质量保证措施。所有的措施都要符合设计文件中技术指标的要求，体现地质勘察报告反映的风险点，体现施工单位对工程的深入研究。

保证措施的系统性、可操作性也要进行审查。一套有效的保证措施应该包含从图纸会审、技术交底、材料采购、检验，到施工过程控制、工序交接检验、成品保护、最终验收的全过程。每一个措施都应当确定执行主体、操作规程、检查标准、频率以及相关记录表单。监理工程师要核对这些措施能否被现场施工人员及管理层执行，比如，“加强混凝土养护”过于抽象，而“混凝土浇筑完成后 12 小时内用土工布覆盖并洒水养护，表面湿润至少 14 天”就具体可行。

（三）人员资质与岗位配置的合规性

人在项目中最活跃、最重要的一个因素。施工单位的人员配置，尤其是技术负责人和管理人员的资质能力，直接影响质量管理体系是否可以运转起来，各项技术措施能否正确实行。监理工程师对人员进行审核，是质量控制中人这一要素的源头把控。

审核工作要从核心管理团队资质的审核开始，即项目经理、项目技术负责人、施工负责人、质量负责人等。监理工程师应当查验其职称证书、执业资格证书以及其他相关岗位证书是否齐全、有效，并与投标承诺一致。

更深层次的审查就是从从业经验的匹配度。高土石坝填筑项目技术负责人履历上应该有类似工程的成功经验，并熟悉大坝填筑过程中压实度、含水量控制等关键技术。即使有关人员具有相应资质条件，但是没有相应的经验，监理工程师也应该提出质疑、要求施工单位更换或者增加有经验的人员。

特殊工种作业人员资格属于另一项审查重点。水利工程中经常用到焊工、起重工、爆破工、电工以及各种精密测量和试验人员。监理工程师必须对上述人员的特种作业操作证是否在有效期内，准操项目是否与所从事的工作完全一致进行逐一核实。

监理工程师要从整体上评价人员配置是否充足。根据工程规模、施工强度、作业面分布情况来判断施工单位配置的专职质检员数量是否足够，能否对所有的关键部位、关键工序进行旁站监督。特别是在多班组轮流作业的时候，必须保证每一个班组都有相应的质检力量，不能出现质量监督的空白时段，保证质量管理的连续性、全覆盖性。

二、施工方案与技术措施审核

(一) 关键工序施工工艺的可行性

水利工程中的大坝基岩面处理、土石坝心墙或面板施工、大体积混凝土浇筑、高边坡支护处理、重要金属结构安装与焊接等关键工序，施工质量直接影响整个工程的安全性、功能性。因此，对其施工工艺可行性进行严格审查，是监理工程师动态控制中不可缺少的重要前期工作。

监理工程师要审核施工单位提出的工艺流程，看它是否符合国家、行业的现行技术规范、标准以及设计文件要求。可行性审查的基础，工艺流程描述要详尽、逻辑地体现从准备到最后验收每一个步骤的过程。审查时，要把方案中的工艺步骤与有关标准条文一一对照，以保证符合性。

可行性审查的主要内容就是对工艺参数的详细分析。施工方案不能仅停留在定性描述上，还应该给出定量的技术参数，说明其选取依据。监理工程师在审查土方碾压方案时应该注意压实机械的型号、吨位、填筑土料物理力学性质、铺土厚度、碾压遍数、碾压速度、最优含水率控制范围等。参数选取要有试验依据或者详实的计算过程作支撑。监理工程师要评判这些参数组合之后，是否可以高效地达到设计所规定的压实度标准。一个可行的方案应该包含如下要素，如表所示

施工方案关键要素表

要素类别	具体内容	备注
工艺流程	清晰的流程图和文字说明，阐明操作要点和衔接关系。	确保逻辑性与可操作性
技术参数	明确各项关键技术参数（如压力、温度、速度、配比等）。	附计算书或试验报告
设备配置	详细的设备和机具配置清单。	确保性能和数量满足要求
应急预案	针对设备故障、参数异常等技术问题的应急方案。	提高风险应对能力

从上表可以看出，这些要素共同构成了施工方案的完整性和有效性。

(二) 特殊季节施工专项方案评估

水利工程施工期长，会遇到严寒、酷热、大雨、大风等各种特殊的气象条件。这些不利因素都会对施工质量造成较大影响，因此施工单位必须编制专门的应对方案。监理工程师对特殊季节施工方案的审查，主要是看方案所采取的措施是否全面、预见性强、可操作性高，能否最大限度地减少不良天气对工程质量的不利

影响。

冬季施工方案的审查重点是防冻保温措施。低温对于混凝土工程和土方工程来说都是质量控制的重大难题。监理工程师要仔细核对方案中是否包含对原材料加热、混凝土配合比调整、运输、浇筑过程中的温度控制要求、浇筑完成后保温养护的方法等内容。方案中应规定使用塑料薄膜、岩棉被等何种材料覆盖、覆盖层数、保温养护时长、温度检测点的布置、测温频次等。土方工程需要确定冻土的界定标准、开挖方法、防冻胀的换填措施。

对雨季、汛期施工方案的审查重点是防雨、防洪和排水措施。监理工程师要检查施工现场临时排水系统的设计是否合理，过流能力能否满足当地多年平均暴雨强度。对于容易受到雨水侵蚀的深基坑、高边坡等部位，方案中要有临时支护加固和苦盖的措施。方案中还要包含一套完备的防汛应急预案，确定预警机制、应急组织机构、抢险物资和设备的储备情况、人员撤离路线，以保证在遭遇超标洪水时人员和工程设施的安全。对于高温季节施工，审查要点为混凝土降温措施、防止塑性开裂的措施、施工人员防暑降温措施等。

（三）质量通病防治措施的有效性

质量通病如混凝土裂缝、渗漏、麻面、蜂窝等，虽然不是结构性重大事故，但是普遍存在、顽固，严重影响工程的耐久性及观感质量。一份优秀的施工组织设计，必须体现预防为主的质量通病防治指导思想。监理工程师对于这类措施有效性的判断，主要是看它是不是抓住了病害产生的根本原因，是不是采取了系统、综合的防治措施。

防治混凝土温度裂缝的有效办法不是某一个环节的努力，而应是全过程的综合体系。监理工程师应该审查方案是否从不同角度进行布控。材料选用中是否首先考虑低水化热或者中水化热的水泥，骨料级配是否进行了优化。在配合比设计上，是否在保证强度的基础上，通过掺用高效减水剂、粉煤灰等掺合料来降低水泥用量和水胶比。在施工过程中大体积混凝土是否采取了预冷骨料、预埋冷却水管等措施来降低入仓温度和内部最高温升。浇筑及养护过程中是否规定了合理的浇筑层厚、间歇时间，采取了二次抹压工艺和严格的保温保湿养护措施来减小内外温差、表面收缩。只有方案体现出多环节联动的系统性防治理念，它的有效性才能得到认可。

水工建筑物渗漏问题审查重点放在施工缝、变形缝、穿墙管件等薄弱部位的

处理措施上。方案对施工缝凿毛的标准、清洗方法做了详细规定吗？是否对止水带的材质、规格、定位方式、搭接工序有明确的规定？安装完毕后有没有具体的检验验收标准？后浇带、变形缝等处方案中有关填充材料、施工工艺、养护周期的规定是否科学严谨？监理工程师应该判断其列出的措施具体否，在构造和施工工艺上能否最有效地切断渗水通道。

评价防治措施效果时还要考虑其是否包含过程检查和验证方法。一个完整的防治方案不但要说明“怎样做”，还要说明“怎样检查”和“合格标准是什么”。防治蜂窝麻面的措施中应明确模板清理、拼缝处理、隔离剂涂刷的标准，以及对混凝土振捣操作手技术交底和旁站监督的要求。方案的有效性不是由技术措施的先进性决定的，而是由施工现场的执行、可检查、可追溯来决定，从而保证每一个预防措施都能落实。

第三节 材料设备进场质量控制

一、源头把关与供应商管理

（一）供应商资质与履约能力评价

供应商的资质与履约能力是确保材料设备质量的第一道屏障。监理机构在介入项目初期，就应协助建设单位建立一套科学、严谨的供应商评价体系。此项工作并非简单的形式审查，而是涵盖了对供应商综合实力的深度考察。评价内容应包括但不限于：企业注册信息、生产许可、质量管理体系认证、以及相关的行业准入资格等法定资质文件的真实性与有效性。尤其对于提供钢筋、水泥、土工合成材料等重要结构材料的供应商，必须核实其是否具备相应生产或销售许可，并确保其产品已通过国家权威机构认证。

履约能力是重点，监理单位应审核潜在供应商以往的业务记录，主要查看其参加过哪些同类工程的供货情况。通过查阅以往的合同、用户反馈、履约评价等资料来评判其保证供货及时性、处理质量异议、提供技术支持等各方面实际表现。条件允许时，监理单位应联合业主、设计单位、施工单位的代表组成考察小组，对供应商的生产厂区、工艺流程、质量检测设备、原材料控制、成品库存管理等做现场考察。现场考察可以直接了解其生产能力、技术水平、质量保证体系的实

际运行状况，有利于发现潜在的质量风险。全面资质审查及履约能力评价，目的在于形成合格供应商名单并实行动态管理，给项目采购赋予可靠的决策依据。

（二）采购合同中的质量条款约定

采购合同是约束供求双方权利义务的法律文件，也是进行质量控制的依据。监理工程师的主要职责之一就是协助业主在采购合同中明确、具体且没有歧义地约定材料设备的质量要求。质量条款的严谨性、可操作性直接关系到之后进场验收、质量争议处理是否成功。合同中必须写明所引用的国家、行业或者地方现行技术标准，对没有相关标准的全新材料则应当以设计文件、技术规格书或经审定的技术指标为验收标准。

合同条款应对材料各项主要性能指标、规格型号、外观质量要求、允许偏差范围等作出具体规定。常见的建筑材料质量控制指标见表 1：

常见建筑材料主要质量控制指标表

材料名称	主要性能指标	关键检测项目
钢筋	牌号、直径、屈服强度、抗拉强度、伸长率	拉伸试验、弯曲试验、重量偏差
水泥	品种、强度等级、安定性、凝结时间	抗压强度、胶砂强度、标准稠度、凝结时间、安定性
混凝土外加剂	减水率、含气量、泌水率	净浆流动度、砂浆流动度、混凝土性能试验
土工布	抗拉强度、顶破强度、孔径	厚度、单位面积质量、抗拉强度、顶破强度、梯形撕裂强力
止水带	拉伸强度、扯断伸长率、硬度	硬度、拉伸强度、断裂伸长率、老化试验

除技术参数外，合同还要对质量验收程序、方法、抽样方案、判定规则作出规定。复试的约定尤为重要，应当写明复试的项目、执行标准、取样方法、送检单位资质要求和复试结果的最终裁决效力。合同中要明确违约责任条款，对材料设备质量不符合合同时，供应商应当承担的责任作出规定，即无条件退货、换货、承担返工损失、支付违约金等。这些条款给质量问题处理提供清晰的法律依据，保证监理工作有章可循，有效地约束供应商，促使其提供符合要求的产品。

（三）样品封存与进场验收标准

样品封存是联系合同约定和实物验收的纽带，是保证“货板一致”的重要措施。在与供应商签订采购合同之后或者大批量材料进场之前，监理机构应当监督

施工单位要求供应商提供具有代表性的样品。样品需要监理、建设、施工、供应四方共同确认并封存。封存样品上应贴有材料名称、规格、供应商、封样日期等信息的标签，同时需要有各方代表签字盖章的封样记录文件。封存样品一般分为两份，一份保留在施工现场，作为材料进场时外观比对和初步检验的依据；另一份可送至具有资质的检测机构做全面的性能测试，其测试结果将作为该批次材料的质量判定基准。

样品一旦封存，就成为最直接有效的验收标准之一。大批量材料运到现场后，监理人员首先要做的工作就是将其与封存的样品进行比对，查看其外观、色泽、质感、尺寸、标识等是否一致。直观的检查方法可以很快地发现明显的质量差别和不符合项，混凝土外加剂颜色异常、土工布厚度不均、止水带明显缺陷等都可以被直观的检查方式发现。样品封存制度把抽象的合同条款变成具体的实物标准，给现场验收赋予了明确的参照物，很好地防止了由于主观判断或者标准理解不一样而产生的争议。这一环节可以使得监理工程师更为客观、高效的将进场材料进行第一道筛选，把不符合基本要求的材料直接排除在施工工序之外，防止其流入施工工序。

二、进场检验与抽样复试

（一）材料外观与规格尺寸检查

进场材料初步验收首先要从外观、规格尺寸等方面入手，这是发现显性质量缺陷的第一步。监理工程师应督促施工单位专职材料员依据验收标准和封存样品，对每一批次进场材料全部进行检验。此项检查具有系统性、程序性，不是随意的浏览。

1. 外观质量检查，主要是对材料表面有无破损、锈蚀、污染、变形、色差等缺陷进行检查。钢筋检查表面有无裂纹、结疤、油污、严重锈蚀；袋装水泥检查包装是否完好，有无受潮结块；预制构件观察表面有无蜂窝、麻面、露筋、开裂等。所有的外在异常都可能暗示内在的质量隐患，因此要加以注意。

2. 规格尺寸及标识核对，使用校准过的测量工具（钢尺、游标卡尺、千分尺等）对材料的关键尺寸进行实测，再与设计图纸或者合同约定的规格进行对比。同时还要对产品标识进行核对，即生产厂家、产品名称、规格型号、生产日期、批号等是否齐全、清晰，与随货附带的质量证明文件（出厂合格证、质保书）中

的内容是否相符。实物与证明文件相符性的核对,属于质量责任追溯、材料来源合法性的确认工作。

经过仔细的外观、尺寸检查,可以及时发现并隔离出有明显质量问题或者“货不对板”的材料,防止其混入待检区或者合格品区,为后续的抽样复试打下基础,也大大提高了质量控制的效率。

(二) 见证取样送检流程的规范性

见证取样送检是判定材料质量的重要环节,取样的程序是否规范会直接影响检验结果是否准确。监理单位要严格监管整个过程,保证每一工序都按规办事,不得有弄虚作假的现象。规范性在很多方面都体现出来。随机取样是保证样品具有代表性最主要的因素。监理工程师在核查进场材料数量之后,根据相关规范或者合同约定的批量规则,监督施工单位取样人员在整批材料的不同部位随机抽取样品。散装材料如砂石骨料需要从料堆上、中、下三个不同深度随机取样;成件材料如钢筋、砖块则要从不同的捆或不同的垛中随机取样,以保证样品能够反映整批材料平均质量水平。

样品抽取后应立即在现场由监理人员、施工单位取样人共同进行标识封样。样品标识应唯一、醒目,标明工程名称、取样部位、材料名称、规格、批号、取样日期等信息,见证人和取样人共同签字确认。封样时要保证样品在运输途中不能被调换或者污染。送检过程要公正、独立,监理单位监督施工单位将封存好的样品送至有相应资质、业主认可的第三方检测机构进行试验。监理方有权对送检过程进行监督,保证样品直接从现场送到实验室,防止中间环节对样品造成影响。见证取样、送检全过程要形成完整的书面记录,即见证取样记录单、委托试验单等,所有文件都必须由相关人员签字并归档,作为工程质量档案的重要组成部分。严密规范的程序保证检测数据的公正可靠,给工程质量评定提供强有力的技术支持。

(三) 不合格材料的退场与处理机制

进场材料经外观检查、尺寸核对或者抽样复试判定为不合格的,监理单位必须立即启动不合格品处理程序,将不合格品完全隔离,迅速清退出场,防止不合格品被误用或者混用。建立反应迅速、执行坚决的不合格品处理机制,是动态质量控制闭环管理的重要一环,也是保证工程实体质量的最后一道防线。当监理工程师收到检测机构出具的不合格试验报告或者现场检查时,直接判定某批材料不合格的,应当立即向施工单位发出一份《监理通知单》并说明不合格材料名称、

批次及存在的问题和处理意见。最常见的处理意见就是“立即清退出场”。该通知单具有指令性，施工单位必须照章办事。

为了防止不合格材料在退场之前被挪用，监理单位监督施工单位将该批材料立即隔离。隔离措施为在材料堆放区设置围栏，并悬挂“不合格品，严禁使用”告示牌。标识牌上应注明材料名称、不合格原因、处理决定，保证现场所有人员都能清楚地识别。隔离之后，监理单位要确定出合理的退场时间，督促施工单位按限定的期限完成清场工作。材料清退时监理人员要到现场检查，保证不合格材料全部装车运离施工现场，并记录运输车辆信息。清退完毕后施工单位应向监理方提交退场证明或者运输单据，监理方核对无误后存档，形成闭环。性质严重或者多次出现不合格材料的供应商，监理单位应建议业主将其列入黑名单，并停止其供货资格，从源头上杜绝劣质材料再次进入施工现场。

第四节 施工方案技术交底管理

一、技术交底的层次与内容

技术交底属于一项系统的技术管理活动，具备明确的层次结构，并且有不同的内容侧重点。以监理单位为核心，以施工单位为主要责任方，形成自上而下、逐层细化、信息传递和责任落实的链条，保证技术要求层层落实到作业末端。水利工程中技术交底分为监理单位对施工单位，以及施工单位对作业班组两个主要层次，其特点如下表所示。

技术交底主要层次对比表

特性	监理单位对施工单位	施工单位对作业班组
交底主体	总监理工程师或专业监理工程师	项目技术负责人或工长
交底对象	项目经理、技术负责人及管理人员	班组长及全体作业人员
目的 / 侧重	宏观技术指导、管理要求、关键点强调、统一认识、风险预警	战略部署落地、具体操作指令、行为准则明确、细节落实、安全防范
内容特点	质量目标、验收标准、审批方案关键参数、重大风险提示、监理程序要求	作业任务范围、工艺流程细节、质量样板、安全注意事项、应急措施
成果形式	会议纪要，作为监督检查和责任界定依据	书面、口头、可视化、模拟演练；班前会记录、签到表

（一）监理单位对施工单位的技术交底

该层次的交底在水利工程建设中起承上启下的作用，主要是从技术、管理、合同等宏观角度进行全面的指导和重点的强调。它不是替代或者简单地重述施工方案，而是监理方在充分理解设计文件、规范标准、合同条款之后，给即将开工的工程提供全面的技术预告和管理要求。交底一般在分部工程或者关键工序开工前，由总监理工程师或者授权的专业监理工程师主持，对象是施工单位的项目经理、技术负责人等相关管理人员。

交底内容以工程的质量目标、验收标准为主，重点突出水利工程的特殊性，即大坝防渗等级、渠道过水能力、混凝土抗冻抗冲刷标号等关键性能指标，保证施工单位对此有明确的认识。对已经审批的施工组织设计、专项施工方案中关键技术参数、施工顺序、重大风险源等予以重点提示，高边坡开挖的支护时机、大体积混凝土温控措施、围堰度汛标准等，要求施工单位高度重视并制定详细的应对预案。第三，确定监理工作的程序和要求，包括材料进场报验程序、工序报验及验收节点、旁站监理重要部位、平行检验抽样频率等，为后续的监理工作和双方协作提供规则。

该层次的交底目的是使施工、建设双方对工程技术难点、质量控制要点、安全风险点有统一的认识，建立有效的沟通协作机制。监理单位从源头上通过前置质量控制关口，使施工单位把重点放在核心技术要求上，防止由于理解偏差或者重视不够而产生方向性的错误，为之后动态质量控制打下基础。交底成果一般以会议纪要的形式进行记录，并作为以后监督检查和责任划分的依据。

（二）施工单位对作业班组的技术交底

这是整个交底体系中极为重要的一环，也是保证施工方案及技术要求真正落实到施工现场的最后一道防线。如果说监理对施工单位的交底是战略部署，那么此层次交底就是战术执行的直接指令。交底工作主体为施工单位的项目技术负责人或者工长，对象是直接进行施工作业的班组长和全体作业人员。其主要任务就是把复杂的图纸语言、抽象的规范条文转化为班组人员听得懂、记得住、做得到的具体操作步骤和行为规范。

交底内容要有很强的针对性、可操作性、形象性。它不是宏观要求的简单重复，而是对分项工程具体施工细节的详细分析。具体内容有作业任务范围、起止点、接口关系，施工工艺流程，如钢筋绑扎顺序、间距、搭接长度，模板安装垂

直度、平整度控制要求,混凝土浇筑振捣方法、移动间距及时长等。同时通过制作实体样板、张贴图示标牌或者播放教学视频等方式确定并展示质量标准,使工人能清楚地分出优劣。安全注意事项是交底的重点,要根据具体的作业环境明确存在的危险点,高空作业的临边防护、基坑作业的坍塌风险、临时用电的规范操作等,告知相应的防护措施和应急方法。

为了提高交底的效果,交底方式也要灵活多样。除了传统的书面交底、班前会口头讲解,还可以用 BIM 模型做三维可视化交底,使作业人员对复杂节点构造一目了然。对关键工序甚至可以现场演练,使每一个工人都掌握操作要领。精细化、场景化的交底能有效地解决管理层和作业层之间信息不通的问题,促使由要我做变为我要做,从而成为预防质量通病、杜绝安全事故的根本措施。

(三) 关键工序的安全质量交底重点

水利工程地基处理、大体积混凝土浇筑、高强度钢筋焊接、重要金属结构安装等关键工序,由于技术复杂、施工难度大、对整个工程质量和安全影响重大,所以对其安全质量交底必须要作为重点来对待。该种交底是对普通交底内容的细化,也是对潜在重大风险的有效预防。

主要在于对变与险进行细致的分析以及周密的安排。一方面需要找到工序中质量敏感点,即决定工序成败的工序中的技术参数和操作细节。

1. 把所有关键参数从区间范围细化到明确的执行值或者可以量化的标准。土方填筑碾压不能只说“控制最佳含水率”,而应明确为“含水率控制在 $18\% \pm 2\%$ 区间”;混凝土浇筑要明确指出“入模温度不高于 28°C ,温升峰值不超过 25°C ,内外温差小于 20°C ”。

2. 推行工法的步骤化、标准化,把复杂的施工方法拆解成一系列逻辑清晰、有顺序的标准化步骤。土工膜焊接要严格按照基面清理、铺设、对齐搭接、焊机预热、试焊、正式焊接、焊缝检测的流程进行,每个步骤都要配套相应的质量标准 and 检查方法。

3. 应急预案的细化和实化,根据本工序历史上或者同类工程中常出现的问题,事先制定详细的预防和纠正措施。针对混凝土浇筑时可能会出现的冷缝问题,在交底时就应明确,备用振捣棒不少于 2 支,一旦出现机械故障,必须在 30 分钟内启用备用设备,加强衔接部位的振捣。

另一方面,要对工序中的重大危险源进行系统的揭示,保证作业过程本质的

安全。交底内容不能只停留在常规安全提示上，而应该深入进行风险辨识和措施交底。深基坑开挖作业的交底要根据地质勘察报告、监测数据来确定土层稳定性的差异，确定每日的变形监测频次以及报警阈值，反复强调、演练紧急撤离路线和信号。大型设备吊装作业的交底内容应包含吊装路线、吊点设置、索具选用、风速控制、指挥信号等所有内容，使所有参加人员对整个过程了如指掌。

二、交底效果的监督检查

（一）交底记录的完整性与签字确认

交底记录是技术交底活动最直接的证据，也是以后追究责任、解决纠纷的重要依据。监理工程师对交底记录进行检查、监督属于实现规范化管理的基础工作。该项检查主要看记录的“完整”、“合规”。完整性要求检查交底记录是否包含工程名称、交底部位、交底日期、交底人和被交底人、交底内容、附图、相关规范标准索引等所有必要要素。一份合格的交底记录应该能单独、完整地反映一次交底活动的情况。

合规性就是签字确认。监理人员必须严格审核交底记录上签字人的身份和资格。交底方应由具有相应资格和权限的技术负责人或者专业工程师签字；接受方要求参加该项作业的班组长和每一位作业人员均须亲自签名，严禁代签、漏签。对班组交底的大规模实行可以采取附签到表的方式来保证全员参与。监理工程师在日常巡视或者工序报验时，应把施工单位持有相应工序且签字齐全的交底记录，作为施工准备工作是否到位的前置条件之一。

监理单位用严格的交底记录审查的方法，从程序上促使施工企业重视技术交底，防止其沦为形式。一份内容详实、签字齐全的交底记录不仅证明了交底活动已经发生，而且在法律和责任上把技术要求同现场作业人员紧密联系起来，为质量控制和管理打下了良好的文书和责任基础。

（二）现场作业人员对交底内容的掌握

检验技术交底效果的好坏，关键在于信息是否真正传递到现场作业人员的头脑中，并转化为实际的操作能力。书面记录的完善只是程序合规的体现，而作业人员对交底内容的实际掌握程度才是决定工程实体质量的关键。监理工程师必须深入施工现场，采用多种方法主动发现、检验工人对技术要求的理解、吸收情况，真正使技术要求由纸上的变成心中的。

检查方式要灵活，穿透力要强。最直接有效的方法就是现场提问。监理工程师在巡视时可以随机选取正在做关键工序的工人，就其正在进行的工序细节进行提问。可以询问正在绑扎钢筋的工人，设计图纸规定的搭接长度是多少？或者问正在操作振捣棒的工人，这根振捣棒的有效作用半径是多少？移动步距是多少？根据回答判断工人是否心中有数或凭感觉作业。

除口头提问之外，模拟操作考核也是一种有效的检查方式。对一些精细工作如精密仪器安装、特殊材料焊接等都要求工人在非工作面上进行模拟动作，看其动作是否规范，步骤是否正确。组织小范围的技术问答或者识图竞赛，在轻松的氛围中也能有效地检验班组的技术水平。以人为本的检查方式可以检验交底的效果，也可以及时发现技术传递过程中存在的障碍和薄弱环节，促使施工单位改进交底方法，使技术要求真正深入人心。

（三）交底执行情况的动态巡查

交底执行情况的动态巡查，就是将监督工作由静态的记录审查、人员抽查变为动态的施工过程验证，是保证技术交底要求最终成为合格实体质量的最后保障。监理人员要把技术交底文件当作日常巡视、旁站监理的依据，对照交底内容逐项核对现场实际施工行为，达到文实动态比对的目的。

检查的重点是细节是否符合要求，监理工程师可以手持交底记录或者其要点清单，按照图纸要求一个环节一个环节地检查，如同按图索骥。检查正在搭设的模板时，要核对其实测垂直度、平整度、拼缝严密性是否在交底要求的允许偏差范围内；观察正在进行的混凝土浇筑时，要关注其下料方式、振捣时间、分层厚度是否与交底内容完全一致。带着问题深入现场的巡查方式改变了以前漫无目的的巡视，使监督工作更具有针对性、威慑力。

巡查中发现偏差应立即纠正，对轻微的、无原则性的偏差，监理员可在现场口头纠正并做好记录。对于严重违反技术交底要求，已经造成质量缺陷或者安全隐患的行为，必须立即签发监理通知单或者工程暂停令，责令施工单位停工整改，追究有关责任人的责任。整改完成后还要组织复检验收。持续闭环的动态巡查与纠偏，可以有效地遏制交底一套、实干一套的现象，保证技术交底的权威性、严肃性，从而把动态质量控制的理念真正落实到工程建设的每一寸肌理之中。

第五节 开工前质量预控措施

一、现场施工准备条件检查

（一）测量控制网的复核与保护

测量控制网是水利工程施工中放样、定位、形态控制的基准，其精度直接决定工程结构物空间位置的准确性，是保证工程实体和设计图纸高度吻合的根本前提。监理工程师对施工单位建立的控制网进行严格的复核，被当作保证工程质量的第一道关卡。复核工作要以设计单位给出的原始控制点成果为参照，用更精确的仪器、更严密的计算方法。监理人员需要独立或者带领施工单位测量人员对主要控制点进行重测，重点检查平面坐标和高程是否准确。复核内容包括导线网、水准网的全面检测，将复测结果同原始成果进行对比分析，其较差必须在相关规范允许范围内。大型水利枢纽工程还要对施工区三维控制网进行整体平差计算，保证测区内各点精度的一致性。

复核无误之后，监理工程师还要督促施工单位对控制点采取有效的保护措施。水利工程施工现场环境复杂，大型机械设备往来频繁，土方开挖、材料堆放等活动很容易对测量标志造成扰动或者破坏。一旦控制点发生移动或者损坏，就会使后续的施工放样出现系统性的偏差，造成返工，给工程质量造成不可弥补的损失。因此监理要审查施工单位制定的控制点保护方案是否切实可行，亲临现场检查保护措施的落实情况。常规保护措施就是地面控制点周围修建牢固的混凝土或砖砌防护桩，设置明显的标志和围栏，防止车辆撞击或者人为破坏。对边坡等不稳定区控制点要定期复测，观测其稳定性。监理应要求施工单位建立测量控制点巡查制度，明确巡查人员、巡查频率、记录要求，保证所有的异常情况都能被及时发现、处理，保证测量控制网在整个施工过程中处于稳定可靠的状态。

（二）临时设施对质量环境的影响

水利工程施工中使用的临时设施有施工便道、材料堆场、混凝土拌合站、钢筋加工场、临时排水系统、生产生活营地等，临时设施的规划、建设、管理水平影响施工效率、安全生产，对工程实体质量、周边生态环境造成影响。监理工程师要从全局出发严格审查和监督临时设施建设、管理质量，防止因质量问题引发不良后果。临时设施审查主要是对布局是否合理进行审查。施工便道的选线、路

面强度设计要满足重型运输车辆通行的要求，防止道路损坏造成材料运输中断，进而影响混凝土浇筑等关键工序的连续进行。道路扬尘控制措施，定期洒水、路面硬化等，是监理重点检查的内容，防止扬尘污染新浇筑混凝土表面及周围环境。

材料堆场和加工场的选址十分重要。监理必须要求它设置在地势高、排水性能好的地方，不能设在主体工程基础附近，以防雨水浸湿后降低水泥、砂石等材料性能，甚至因为堆载影响造成地基不稳。水泥库、外加剂库防潮防雨措施是否到位；砂石料等散料是否分区堆放并采取隔间隔离和覆盖方式，防止混料和流失，都是监理的重点关注对象。混凝土拌合站是质量的源头，产生的废水、废浆、粉尘是主要的环境影响源。监理要审核沉淀池、过滤设施等废水处理系统的设计和运行情况，保证处理后的水质达到排放标准或者循环使用，严禁未经处理的浆液直接排入水体或者土壤。施工现场临时排水系统要检查其能否有效汇集、引导场地内雨水和施工废水，防止水土流失，对基坑、边坡等造成冲刷，危及工程的稳定。

（三）进场机械设备性能的调试

工程机械是水利工程施工的物质基础，工程机械性能、状态的好坏直接影响到施工效率和工程质量。监理工程师对于进场机械设备性能调试进行监督和确认，这是保证施工工艺准确执行、质量标准得以实现的重要环节。该项工作需要监理人员熟悉合同中关于设备型号、数量、性能的要求，还要具备一定的专业知识才能作出正确的判断。

1. 设备符合性审查，设备进场后，监理首先要对施工单位提交的设备报验单进行核对，核对内容包括机械名称、型号、规格、生产厂家、出厂日期等信息，保证与施工组织设计和合同约定一致。同时还要对设备的合格证、年检报告、操作人员资格证书等进行查验，禁止不合格、老旧淘汰设备进入工地。

2. 关键性能指标调试、核定。对影响工程质量的关键设备必须做现场性能调试和核定。监理要旁站监督混凝土拌合站计量系统标定过程，用砝码或者标准容器对水泥、水、砂石、外加剂等各种物料的称量精度进行多次测试，保证其误差在规范允许范围内。挖掘机、推土机、压路机等土石方施工机械要检查动力系统、传动系统、工作装置的运转情况，保证其满足设计要求的开挖、填筑、压实能力。

3. 试运行及工况检验，施工单位在正式投入运行前要对主要设备进行试运行，监理单位要进行监督。模拟真实的工况来检验设备在额定负荷下运行的稳定性、操作的灵敏度和安全保护装置的有效性。塔式起重机、门式启闭机等起重设备应

做静载、动载试验，检验其结构强度和起吊能力。试运行期间监理人员要仔细观察设备各项参数是否稳定，有无异常振动、噪声、温升等，并详细做好记录。

在经过严格的检验、调试、试运行，保证所有的机械设备都处在良好的技术状态之后，监理工程师才允许投入使用。该过程可以有效地避免设备故障造成的施工中断和工程质量的不稳定，是保证施工过程动态控制的重要手段。

二、质量预控图的编制与应用

（一）质量预控点的分析与设定

质量预控点的确定是编制预控图的重要步骤，关键是要找出水利工程施工过程中对最终质量起决定性影响的部位、工序和参数。监理工程师要组织项目法人、设计、施工单位的专业技术人员一起对施工全过程进行系统风险分析，科学合理地确定预控点。分析的依据有设计文件、施工方案、技术规范、类似工程的经验教训。预控点一般设在技术复杂、施工难度大、容易出现质量通病的部位。大体积混凝土施工时，原材料检验、配合比控制、测温、养护等为预控点，土方填筑时，填筑料含水率控制、分层厚度、碾压遍数、压实度检测等为预控点。

预控点的设置要全面考虑，突出重点，有可行性。全面性是指从原材料进场到最后验收每一个重要环节都要加以控制，形成一个无断层的控制链条。重点突出就是把有限的资源集中在高风险区域，以保证工程的安全性和使用功能。可行性指的是每一个预控点的控制目标要清楚，检查方法要明确，评定标准要量化，以便于现场人员执行和检查。钢筋绑扎预控点控制标准应具体到钢筋品种规格、间距、保护层厚度、搭接长度等，检查方法为现场尺量、观察，评定标准直接引用设计图纸及施工规范具体数值。经过这样的精细化设置之后，质量预控点把抽象的质量目标转变成一系列具体的操作指令，给创建过程精品赋予了清晰的路线图。

（二）预控措施的责任人落实

预控措施的有效执行，关键在于把责任落实到每一个具体的岗位、每一个人身上。编制质量预控图时，每一个预控点都必须有相应的责任体系，形成以施工单位自检系统、监理单位平行检测系统、项目法人抽检系统构成的多层次、立体化责任网络。建立这样的责任体系，可以保证质量控制指令的畅通传达，也可以保证质量信息的正确反馈，形成管理闭环。落实责任人并不仅仅是一个名字的问题。

题，其深层次的内涵是权责一致、授权明确。监理单位要对施工单位上报的质量管理体系文件进行审核，查看施工单位的项目经理、技术负责人、质检员、工班长等各级管理人员的岗位职责是否明确，是否与预控图上确定的责任一致。

对每一个预控点都要明确直接操作者、班组长、施工员、质检员的自检责任，以及监理工程师的旁站、巡视、抽检责任。以模板安装这一预控点为例，木工班组长是保证模板位置、尺寸、垂直度、稳定性的第一责任人；施工质检员在浇筑混凝土前对模板工程进行全面检查并形成记录；监理工程师通过巡视、平行测量等方式对质检员的检查结果进行复核，并对关键数据进行独立检测。同时建立严格的签字确认制度，每一道工序完成后，都必须由相应的责任人签字确认合格之后，才能进入下一道工序。签字确认的形式可以加强相关人员的责任感和敬畏感，使“质量是生产出来的而不是检查出来的”理念落到实处，有效避免由于职责不清、推诿扯皮造成质量失控的问题。

（三）预控失败后的应急预案准备

尽管开工前的质量预控是为了最大限度地减少问题的发生，但是水利工程的复杂性和不确定性决定了预控失败的风险一直存在。因此，在编制质量预控图的时候还必须制定出具有针对性、可操作性的应急预案，这是实现质量动态控制闭环管理的最后一道防线，也是体现监理风险管理能力的一个重要标志。应急预案的基本原则就是快速反应、科学处理、最小损失。监理工程师要督促、配合施工单位对各个重要的质量预控点进行预测，研究分析可能出故障的场景，并制订出相应的措施。以深基坑开挖预控点为例，需要准备的应急预案有，当边坡位移监测数据超过预警值时的支护加强方案，出现管涌、流沙等险情时的封堵、抢护措施，暴雨造成基坑积水时的应急排水方案。

应急预案的准备工作应包括以下几方面，第一，组织保障，必须成立以项目领导为组长、职能处室和技术单位参加的应急抢险小组，明确各成员职责分工，保证紧急情况下统一指挥、协调行动。其次是技术保障，即不同的故障情况下具体的维修方案、所需设备清单、备用的材料清单、专业的施工人员名单等。这些技术方案要经过专家论证来保证科学性、可靠性。其次是物资和通讯保障，应急所用的水泵、沙袋、备用电源等物资要提前备好并指定存放地点及负责人。建立畅通的通讯联络网，保证险情信息可以第一时间上传下达。最后就是演练机制，预案不能只放在纸上，监理应该定期督促施工单位进行应急演练，用模拟实战来

检验预案的有效性，锻炼队伍的应急反应能力，演练结束后要进行总结评价、不断改进完善预案的内容。周密的应急准备，即使预控失败，也能把质量缺陷、安全风险控制在最小范围内，从而保证工程整体的安全 and 质量。

质量预控点设置示例表

工程环节	预控点示例	控制标准	检查方法	责任人(自检)	责任人(监理)
大体积混凝土施工	原材料检验	水泥、砂石、外加剂等符合规范和设计要求	查验合格证、试验报告，现场抽检	质检员	巡视、平行检测
	配合比控制	配合比与试验室配合比报告一致，计量准确	旁站计量、核对配合比通知单	拌合站长、质检员	旁站、抽检
	测温、养护	混凝土内外温差、养护时间、方式符合规范	温度计测量、观察、记录	养护工、质检员	巡视、抽查
土方填筑	填筑料含水率	填筑料含水率在最佳含水率 $\pm 2\%$ 范围内	现场快速测定、取样送检	试验员、现场负责人	巡视、抽检、平行检测
	分层厚度	每层填筑厚度符合设计及规范要求	现场尺量、观察	班组长、现场负责人	巡视、抽查
	碾压遍数、压实度检测	碾压遍数达到要求，压实度达到设计标准	记录碾压遍数、环刀法或灌砂法测定压实度	压实工、试验员	旁站、抽检、平行检测
钢筋工程	钢筋绑扎	钢筋品种、规格、间距、保护层厚度、搭接长度符合设计	现场尺量、观察、核对图纸	班组长、质检员	巡视、抽检
模板工程	模板安装	模板位置、尺寸、垂直度、稳定性符合设计和规范	经纬仪、水准仪、钢尺测量，观察	木工班组长、施工员	旁站、巡视、复核

由表可见，质量预控图将管理要素细化，每一个环节的质量要求、检查方式、责任人等都清楚地显示出来，大大提高了项目的质量。

第四章 水利工程施工过程的质量动态监控

第一节 施工现场质量巡查制度

一、日常巡视与旁站监理

（一）巡视路线与重点部位的规划

高效的日常巡视要从科学的、合理的规划开始。监理单位应当在对设计图纸、施工组织设计及相关技术规范等进行研究的基础上，结合整个工程布局 and 施工进度计划来制订详细的巡视路线图。该路线要覆盖所有的作业面，根据工程的特点和风险评估结果确定重点巡检区、观察点。大型水库枢纽工程的大坝基槽开挖、填筑碾压区、混凝土浇筑仓面、钢筋加工场、重要临时设施等，都应成为巡视的重点。

巡视路线应根据施工的动态性，按照施工日志以及第二天的施工计划进行路线的调整，从而保障巡视工作所具有的针对性以及时效性。路线设计尽量形成闭合回路，用最短的时间巡视所有的作业点来提高工作效率。路线规划还要考虑到各个专业监理工程师的职责分工，土建监理工程师主要负责结构施工，金结、机电监理工程师主要负责预埋件安装、设备基础施工等。

除常规路线外，还要设置不定期的随机抽查路线，对施工单位在没有监理人员常规监督下的真实施工情况进行突击检查，防止施工单位产生松懈心理。巡视重点部位除了永久工程实体之外，施工机械运行情况、材料堆放保护、试验室运行等对工程质量有影响的因素也要列入巡视范围。采用系统化、动态化的巡视路线和重点部位的明确，保证监理人员对现场的情况了如指掌，保证质量动态控制无死角、无盲区。

（二）关键工序旁站监理的实施要点

旁站监理是指对工程关键部位或者对后续施工质量有重大影响的工序，由监理人员在现场进行全过程的跟班监督的一种监理方式。核心就是事前预控和过程控制，保证每一个关键环节都万无一失。水利工程中旁站监理的常见关键工序有

土石坝填筑碾压、大体积混凝土浇筑温控、基础防渗帷幕灌浆、重要金属结构安装、预应力筋张拉等。旁站监理应重点注意以下几点：

旁站监理成功的基础是有充分的准备工作。监理人员在旁站之前要审核施工单位提交的专项施工方案，看其技术措施、质量标准、安全保障措施是否齐全。同时核查施工单位现场质检人员、特种作业人员是否全部到岗并持证上岗，施工机械、原材料是否准备齐全且检验合格。在混凝土浇筑旁站之前，还需要核查混凝土配合比通知单、原材料合格证和开盘鉴定等有关资料。

旁站监督严格性就是对施工全过程进行严格的监督。监理人员应对施工的全过程进行现场监督，主要查看施工单位是否按照批准的方案和技术标准进行施工。包括对施工参数（如碾压遍数、振捣时间、张拉力等）进行核对，检查操作手法是否规范，监督取样送检过程的真实有效性等等。监理人员发现施工活动有危及工程质量的风险，应当立即停止施工并上报给总监理工程师，必要时可以下达局部暂停施工的指令。

最后就是记录和沟通闭环管理，它是保证旁站监理效果的关键。旁站监理人员应该对旁站的情况进行详实、准确的记录，工序名称、时间、天气、施工参数、出现问题及其处理结果等所有信息都应详细记载。这些记录将为以后工序的验收提供有力的依据，无旁站记录或者记录不完整的工序不得进入下一道施工环节。旁站结束后，监理人员要及时整理归档所有的原始资料，就旁站过程中发现的问题同施工、建设单位进行有效沟通，形成问题处理的闭环管理机制。

（三）巡视记录的真实性和规范性

巡视记录属于监理日常工作的主要文档之一，可以体现施工过程中的质量状况，也可以追踪质量责任，还可以评价监理工作成效。真实、规范是监理工作严肃有效的基本保证。为了保证记录的真实性，监理人员必须到现场，亲眼看到、亲耳听到，如实记录所见所闻，不得凭空想象、转述填写，更不得弄虚作假、报喜不报忧。记录内容要具体、客观，不能用基本符合要求、大体合格等模棱两可的词语。对于出现的质量问题或者安全隐患，应当对其具体的地点、表现形式、尺寸偏差等做出详细的描述，并可以通过拍照、录像等方式对其进行记录，形成影像资料作为确凿的证据。

规范性是保证巡视记录起作用的制度保障。项目监理机构要编制统一巡视记录表及填写规范，规定巡视记录基本要素包括日期、天气、巡视区、施工单位、

作业内容、检查情况、发现问题、处理意见和复查结果等。记录语言要专业、简洁、准确，必须使用工程术语来描述。巡视记录要按时上交，经巡视监理工程师签字确认之后，再由总监理工程师或者被授权的代表定时查阅。对巡视中发现的缺陷，监理工程师应当立刻开出一份监理工程师通知单，要求施工单位在规定时间内予以改正，并不断跟进整改情况直至问题得到解决为止，保证所有质量问题都能有据可查、有始有终。

二、平行检验与联合检查

（一）监理独立平行检验的频次确定

平行检验，就是监理单位在施工单位自检的基础上，根据合同和规范要求，独立对工程材料、构配件、设备和工序实体质量按一定比例进行的抽样检测活动。它是检验施工单位自检结果是否可靠，评价施工单位质量保证体系运行是否有效的手段。确定合适的平行检验频次，可以在成本效益和监督效果之间取得良好的平衡。

平行检验频次不是固定不变的，它要综合考虑很多因素才能确定。必须严格按照国家及水利行业相关技术规范、标准中规定的见证取样和抽检频率的最低要求，这是法定的底线。根据工程性质，工程规模，技术难度及质量风险等级来确定或修改检验标准。对结构安全要求高、施工难度大的关键部位，大坝防渗体、泄水建筑物等要提高检验频次。对技术成熟、质量稳定、不影响整体质量的非关键部位，在基本规范的前提下可以降低检验频次。

监理工程师应当依照施工单位质量管理工作状况及以往表现，适时改变检验频次。施工单位如果自检制度健全，数据可靠，前期质量状况基本正常的情况下，可以维持原来的检验频率不变。一旦施工单位自检数据出现异常或者质量波动，监理就应当增加平行检验次数和覆盖面，加强对施工的质量监管力度，促使施工单位及时进行整改。监理规划及实施细则中应事先确定平行检验的计划及基本频次，总监理工程师根据实际情况的变化及时对平行检验进行动态调整，保证平行检验的科学性、针对性和威慑力。

（二）与施工单位自检结果的对比分析

将监理平行检验结果同施工单位的自检结果做系统比较分析，是发挥监理平行检验作用、达到质量深层次控制的重要一环。既是对单批材料或者单个工序质

量的再次检验，又是对施工单位整个质量管理体系的检验和评价。对比分析后，施工单位质量控制的真实水平、存在的问题以及潜在的系统性风险就能一目了然。

对比分析的主要任务就是核实数据的一致性。当监理平行检验结果与施工单位自检结果在允许误差范围内基本一致时，可初步判断该检验批次质量可靠，也表明施工单位自检工作是有效且可信的。监理单位可以对施工单位的质量控制工作有信心，并继续保持正常的监督频率。这就为监理单位和施工单位之间建立信任、形成良性互动关系打下了基础。

当两种检测结果相差较大的时候，监理工程师要马上开始调查。差异原因分析要区分试验误差、取样代表性不足造成和施工单位数据造假、质保体系失灵引起。监理单位要求双方一同核实样品，也可以委托具有更高资质第三方机构终局检测。当施工单位自检工作出现问题时，监理不但要对本批次工程实体或材料作出处理决定，而且要从人员、设备、管理制度等各方面进行全方位的改进，防止类似问题再次发生。这样一种对比分析机制就迫使施工单位重视自检工作，从而提高其质量第一责任人的意识。

（三）多专业联合检查的组织实施

随着水利工程项目规模越来越大，技术越来越复杂，各个专业之间的交叉作业越来越频繁，单一专业的巡视检查已经不能全面覆盖所有的质量控制点。因此定期或者不定期开展多专业联合检查，已经成为动态质量控制中不可缺少的高效手段。此种检查方式由总监理工程师统筹组织，土建、金结、机电、安全监测、环境保护等各专业监理工程师一同参与，组成强大的合力，对某一区域或者复杂工序进行一次全方位、立体化的“会诊”。

联合检查的组织实施要周密策划。总监理工程师应按照工程进度和重要节点提前制定联合检查计划，确定检查时间、范围、重点、分工。水轮发电机组座环埋设阶段需要土建、金结、机电专业监理工程师共同检查，保证座环的几何尺寸、高程、中心位置、水平度、二次灌浆质量等各方面都符合设计要求。

检查时各专业监理工程师从本专业角度出发，对交叉界面、协同工作部位进行详细的查验，发现问题当场沟通，明确界定。检查完毕后应马上召开总结会，汇总各个专业所发现的问题，分析问题产生的根本原因，明确责任主体，制订具体的整改措施和完成时间。所有的检查内容、发现的问题和处理决定都应该形成联合检查纪要，分发给建设、施工等有关单位，作为以后督办、复查的依据。依

靠这样的系统联动机制，可以有效地解决由于专业壁垒所造成的监控盲区问题，提高对于复杂技术问题和综合性的质量缺陷的识别和处理能力，从而保证工程整体质量的一致性。

水利工程施工质量动态监控的各项主要方法及其特点，可见下表：

水利工程施工质量动态监控主要方法对比表

监控方法	核心目的	实施主体	关注点	实施时机 / 频次
日常巡视	普遍合规性检查，隐患早期发现	监理工程师	施工活动、现场管理、设备材料	持续、高频、日常性
旁站监理	关键工序全过程控制，预防重大质量问题	监理工程师	特定关键部位 / 工序的技术参数、操作规范	针对特定工序发生时
平行检验	验证施工单位自检结果，评估质量体系	监理单位（独立抽检）	材料、构配件、设备、工序实体质量	按规范要求和风险等级抽检
联合检查	跨专业协调，解决复杂 / 交叉问题	总监理工程师组织，多专业参与	交叉界面、复杂技术、综合质量缺陷	定期或针对关键节点

第二节 关键工序质量控制要点

一、基础处理与隐蔽工程控制

（一）地基承载力检测与验槽管理

地基是承受建筑物全部荷载的承载体，地基的承载能力是保证上部结构安全稳定的前提。监理工程师应将地基承载力检测及验槽工作严格地进行动态控制，保证地基实际承载力满足或者大于设计要求，为后续施工打下良好的基础。

监理方要仔细审查施工单位所提交的地基承载力检测方案，确认所用的检测方法（静载荷试验、动力触探、旁压试验等）是否合适，检测点布置的密度和代表性是否恰当。现场检测时监理人员要全程旁站监督试验操作的规范性，仔细核对荷载施加、沉降观测等关键数据的真实性、准确性，严禁出现数据造假的行为。监理单位要认真审核地基承载力检测报告，与勘察报告、设计文件对照分析，看地基承载力能否满足设计要求。

验槽管理就是地基处理的最后一道关卡。当基坑、基槽开挖至设计标高后，

监理工程师应会同建设、设计、勘察、施工单位一起进行现场验收。验收内容有基础的平面位置、尺寸、标高、土（岩）层性质、有无裂隙、软弱夹层及其他不良地质现象等。监理人员要核对基础岩土性质与地质勘察报告、设计图纸的描述是否一致，检查基础是否存在扰动、超挖或者欠挖现象，对清理出来的杂物、淤泥等进行严格检查，保证基础平整、干净。若发现与设计不符或者有安全隐患的，监理单位应及时发出整改通知书，不能施工单位未经问题解决就进入下一道工序。

（二）基坑开挖与支护稳定性监测

基坑工程属于动态的施工过程，稳定性同施工人员安全、周边环境安全息息相关。监理在基坑开挖、支护阶段的主要任务，就是依据监测数据的实时分析来判断基坑的稳定性、预警潜在的风险、监督支护措施的有效落实。

监理工程师应在基坑支护专项施工方案、监测方案上报前，对施工单位上报的方案进行审查，主要审查支护结构形式是否合理、开挖顺序是否科学、监测点位设置及监测频率是否足够。施工期间，监理工作要同动态监测数据相联系，这就意味着监理人员得拥有较强的数据分析水平。

1. 对施工过程巡检和监测数据进行复核。监理人员每天对基坑进行巡视，查看支护结构有无变形、开裂，坑壁有无掉块、渗水等异常。同时重点对监测单位提交的支护结构位移、周边建筑物沉降、地下水位变化等主要数据进行核查，并对各项指标的变化速率、累计值进行比对分析，判断其是否在预警值以内。

2. 创建风险预警、应急处理机制。当监测数据出现异常增长或者逼近报警值的时候，监理工程师应立即发出预警通知给施工单位、上报建设单位并召集相关方进行原因分析、风险等级判定。监理单位要及时监督施工单位停止相关作业，增加监测频率，调整开挖速度，采取加固支护体系等应急措施，直到风险解除为止。闭环管理使基坑一直处在受控的状态。

（三）隐蔽工程验收影像资料的留存

隐蔽工程的质量验收是监理工作的核心部分，因为这些工程被覆盖之后就无法直接对它的质量进行审查了。因此建立一套完整的、规范的影像资料档案，是实现隐蔽工程质量可追溯、明确责任、提供原始证据最有效的方式，它可以把监理的事中控制行为固化为永久性记录，成为工程质量评判的直观依据。

监理机构应于项目开始时就同建设单位、施工单位一起制定详细的影像资料留存计划，规定好拍摄的关键部位、角度、清晰度要求和标注标准。重点留存的

影像内容包括地基处理（换填、强夯）后基底的情况；钢筋工程中钢筋的规格、数量、间距、接头位置、焊接质量，特别是梁柱节点、墙体转角等钢筋密集处绑扎的情况；预埋件、预留孔洞的位置、规格和固定措施；各类防水层的铺设细节，特别是搭接宽度、收头处理等关键节点。

影像资料的采集要和施工进度同步。在每一道工序完成自检并准备报请监理验收之前，施工单位要拍摄，监理人员在旁站或者验收时进行核对并补充拍摄。影像文件应立即整理，按照分部分项工程、施工日期、具体桩号或部位进行系统命名、归档。文件名称应该包含足够的信息，便于查找，例如，“XX 大坝、坝段 3、EL125m、钢筋绑扎、20251220、监理确认”。

影像档案不但是竣工资料的重要部分，而且在整个工程的生命周期中都起着重要的作用。工程在出现质量问题时可以成为划分责任的客观依据，在后期运营维护中可以为修复、改造工作提供宝贵的内部结构信息，极端情况下如果工程发生安全事故，资料就是分析事故原因、进行技术鉴定的重要证据。因此，监理工程师必须重视并严格执行隐蔽工程影像资料留存制度，保证影像资料的真实性、完整性、系统性。

二、混凝土结构与防渗工程控制

（一）混凝土配合比与浇筑过程控制

混凝土质量的好坏，归根结底取决于配合比的科学性以及施工过程的规范性。监理对混凝土质量的控制，从严格审查配合比开始，继而在搅拌、运输、浇筑、振捣的各个环节，通过全过程的旁站和抽检，保证最终成型的混凝土实体质量完全符合设计要求。

监理工程师施工准备阶段的工作主要是审核混凝土配合比设计报告，由施工单位提供。即审查水泥、砂、石、外加剂、掺合料等原材料的质保书和进场复试报告，保证各项指标符合规范要求。监理应重点核查配合比是否全面考虑强度、抗渗、抗冻、耐久性、施工和易性等各方面的要求，并监督施工单位做好试配和开盘鉴定工作。只有各项性能指标全部达到设计要求后，该配合比才能被批准用于工程。监理人员还要根据施工过程中原材料产地和批次的变化动态观察，必要时要求重新做试配试验。

混凝土浇筑是质量形成的重要阶段，监理必须实行全过程旁站监督。从混凝

土搅拌站开始, 监理人员就应该抽查计量系统的准确性, 监督砂、石含水率的动态检测及用水量的实时调整。混凝土运到浇筑点后要按规定频率检测其坍落度, 严禁向罐车随意加水。在浇筑现场, 监理应监督施工人员严格按照方案分层下料, 控制分层厚度, 保证振捣过程中“快插慢拔”, 振点均匀, 防止出现漏振或者过振。尤其要加强钢筋密集区、结构转角处的振捣质量控制, 防止蜂窝、麻面、露筋等缺陷出现, 严格控制不同批次混凝土的浇筑间歇时间, 防止冷缝出现。

(二) 大体积混凝土温控措施落实

大体积混凝土因为水泥水化热效应很容易产生内外温差裂缝, 对结构安全性和耐久性造成严重危害。监理工作的重点在于对温控方案的周密性进行审查, 并对其所涉及的各个措施落实情况的监督要动态、细致, 确保混凝土温度的变化始终可以被控制。

监理工程师必须充分认识并严格把关施工单位提交的温控专项方案。方案应包括对混凝土原材料进行优选, 如低热或中热水泥、掺加粉煤灰等、降低混凝土入仓温度的方法, 骨料预冷、加冰屑水搅拌、内部降温方法, 预埋冷却水管、表面保温保湿养护措施等系统性的设计。监理应对方案中温度计算的准确性、测温点布置的代表性进行复核, 保证方案的科学性、可行性。

施工阶段监理的动态控制就是对温控措施执行全过程、全方位的监督。浇筑前监理检查骨料堆场喷淋降温或者遮阳措施, 核查拌合用水温度。浇筑混凝土时, 用冷却水管降温的工程要检查水管有无堵塞、破损, 并监督通水时机、水温、流量是否符合方案要求。浇筑结束后监理要马上检查保温材料覆盖是否及时、严密。监理人员在养护期间主要跟踪分析自动测温系统上传的温度数据, 主要关注混凝土内部最高温度、表层温度和中心温度差值、降温速率这四个控制指标。发现任何一个指标接近或者超过预警限值, 必须立即通知施工单位采取增加保温层厚度、调节冷却水流量等措施进行干预, 把裂缝风险降到最低。

(三) 防渗体施工缝与止水工艺管控

混凝土防渗体(面板坝的面板、闸室底板等)中的施工缝、止水带, 是整个防渗体系的薄弱环节, 也是渗漏问题的高发区。监理控制的好坏直接影响工程的防渗效果。监理工作要以施工缝处理质量、止水带安装精度为重心, 通过严格的工序验收, 保证施工缝处理质量、止水带安装精度, 最终形成一道可靠的防水屏障。

对于施工缝的处理, 监理控制的要点在于确保新旧混凝土的良好结合。

1. 在老混凝土浇筑并达到一定强度后，监理要监督施工单位对结合面进行凿毛处理，要求彻底清除表面水泥砂浆浮层和松动石子，形成粗糙、洁净、坚实的作业面。监理在浇筑新的混凝土之前应该检查接缝处是否已经清理干净、无积水并且保持湿润。

2. 对于水平施工缝，监理单位应检查施工单位是否按照要求，在浇筑新混凝土之前铺设了相同标号的水泥砂浆或减石子砂浆（即与主体混凝土配合比相同但石子用量减少的砂浆）来增强新旧混凝土的粘结。

止水带施工质量控制为防渗监理之重中之重。监理人员从材料进场开始对止水带的材质、尺寸是否符合设计要求，有无老化、裂纹等缺陷进行查验。安装时监理必须旁站检查止水带位置、埋深、固定方式，保证止水带中心线与施工缝中心线重合，定位准确、牢固，在浇筑混凝土时不得发生位移。在止水带两侧浇筑混凝土时，监理要监督振捣操作，用小型振捣棒对称、均匀振捣，既要保证止水带下方混凝土密实无空洞，又不能让振捣棒直接接触止水带，以免造成止水带被刺穿或者损坏。每一处止水带安装完成后并验收合格，方可进行下一步的混凝土浇筑。

水利工程关键工序质量控制要点

环节类别	主要控制工序	监理控制重点	核心目标
基础处理与隐蔽工程	地基承载力检测	方案审查、现场旁站、数据复核、报告审核	确保地基满足设计要求
	验槽管理	多方联验、核对地质、检查基底、发布整改	杜绝地基隐患、满足设计
	基坑开挖与支护	方案审查、巡视检查、监测数据分析、应急处理	确保基坑及周边安全稳定
	隐蔽工程影像资料留存	计划拟定、关键部位拍摄、信息标注、系统归档	实现质量可追溯、明确责任
混凝土结构与防渗工程	混凝土配合比与浇筑	配合比审查、原材料把关、搅拌运输浇筑振捣旁站	保证混凝土实体质量
	大体积混凝土温控	温控方案审查、原材料优选、施工过程监测、异常干预	防止温差裂缝、确保结构安全
	防渗体施工缝与止水带	施工缝凿毛、砂浆铺设、止水带进场检查、安装定位、浇筑保护	形成可靠防渗屏障

从表中可以看出，对工序进行严格控制是保证工程整体质量和安全的主要环节。

第三节 质量检测与试验管理

一、第三方检测机构管理

（一）检测机构资质与能力审核

对第三方检测机构的资质和能力进行严格的审核，是保证其检测服务质量的第一道防线，也是监理方必须履行的一项重要职责。此项工作应在签订检测合同之前完成，并在服务期间内一直进行。监理单位应仔细审查检测机构的法定资格文件，主要查看其是否具有有效的 CMA 认证，认证附表中所列的获准检测项目能否满足本工程全部检测要求。任何超范围的检测委托都是不合规的，其出具的报告也不具备法律效力。

能力审核不能只看书面文件，还要对其实际工作能力做出综合评定。即考察检测机构以往类似水利工程项目的业绩和行业信誉，了解其技术团队构成、主要技术负责人及授权签字人的从业经历和专业水平。监理方可以查阅资料、现场询问、走访其固定的试验场所等方式，对人员配置、设备状况、管理体系运行情况进行核实。对重要的检测岗位人员要强制要求具有相应的资格证书、上岗证，保证人员能力符合规范的要求。

审核的另一要点就是对检测机构硬件设施以及管理水平进行评定。监理方要关注其主要检测设备的型号、精度、完好率和检定校准情况。所有的设备都必须处于有效的检定周期内，并且有清楚的标识。同时还要审查其内部质量管理体系文件，即质量手册、程序文件等，以确定其管理体系是否健全并有效运行。管理规范、记录完备、重视质量控制的机构，提供可靠数据的可能性就越大。经过这样系统的审核，可以避免检测机构能力不足或者资质不符给工程质量带来的潜在风险。

（二）检测方案的审批与执行监督

检测方案是指导具体检测工作的纲领性文件，它的科学性、可操作性直接影响检测工作质量。监理单位必须严格审批施工单位委托检测机构编制的检测方案。审批的重点就是对方案的完整性、合规性、针对性进行审查。方案内容至少要包含检测项目、依据标准、检测批量、取样方法、试验流程、结果判定标准等内容。监理单位应核对方案中所引用的技术标准是否为最新有效版本，检测频率和数量

是否满足设计图纸、施工规范和合同要求，对规范中没有明确特殊检测项目的检测方法是否已经充分论证。

监理单位对方案执行的监督尤为重要，目的是保证检测工作按照已批准的方案进行，防止漏检、错检或者选择性检测。监理方的监督要点有以下几点。

1. 现场见证取样、送检：关键部位和重要材料的取样监理人员必须现场旁站监督，保证取样的代表性、随机性，在样品标识、封样记录上签字确认，从源头上杜绝样品被调换或者作假的可能性。

2. 过程巡查与并行检测，监理单位对检测机构的现场试验及室内试验过程实施不定期巡查，查看操作是否规范，环境条件是否满足要求。必要时，监理方可以抽取部分样品委托另一家有资质的检测机构进行平行检测，通过比对两家机构的检测结果来验证原检测机构数据的准确性。平行检测属于检验检测工作质量的一种有效的技术手段，可以发现系统性偏差或者数据造假行为。

（三）检测报告的真伪性与合规性核查

检测报告是质量控制资料的重要组成，也是工程验工计价和竣工验收的重要依据。监理工程师收到检测报告之后，要对报告的真伪性、合规性做仔细的核对，这是防止质量数据失真、保证工程实体质量的重要步骤。报告的合规性审核属于基础审核，主要是对报告的格式是否规范、信息是否全面进行审核。一份合格的报告必须包含工程名称、委托单位、检测单位、样品信息、检测依据、设备信息、检测结果和结论等要素，缺一不可。

真伪性核查是对检测工作真实性最后的确认，需要监理工程师有很强的责任心和敏锐的洞察力。核查的第一步是对报告本身进行检查，查看报告是否加盖了检测机构的检验检测专用章和 CMA 资质认定标志，有无检测人员、审核人员、批准人员的签名或签章。随着信息化技术的发展，许多报告都带有二维码，监理方应通过扫描二维码登录官方平台进行在线验证，这是目前鉴别报告真伪最直接有效的方法。

深入的核查要将报告的数据同工程实际联系起来。监理工程师应将报告中样品信息、取样日期、检测日期等和施工日志、监理日志的记录比对，看是否存在时间逻辑上的矛盾。送检的混凝土试块强度报告出具日期必须在其标准养护龄期之后，提前出具则存在数据造假的重大嫌疑。检测结果要进行趋势分析和合理性判断，数据出现无规律剧烈波动或者始终处于临界值附近，都应该引起注意。

监理方对检测报告的真实性的时候,应当立即采取措施。立即发出监理通知单,停止该批工程或者材料的使用,并正式通知检测机构,要求其报告内容作出书面澄清。同时可以启动复测程序,重新取样送检或者直接进行实体检测来验证。最后如果发现伪造检测报告的行为,监理单位应当立即向项目业主和质量监督部门通报情况,建议将该检测单位列入黑名单,对有关责任单位、责任人进行处罚。

二、现场试验室运行监督

(一) 现场试验室环境条件控制

试验环境对检测结果准确性的影响很大,土工、水泥、混凝土等对温度、湿度比较敏感的材料,稳定的试验环境是保证数据可比性、有效性的前提。监理单位应对现场试验室的环境条件进行监督,使其满足有关试验规程的要求。水泥混凝土试件标准养护室应能保持温度为 $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$,相对湿度不小于 95% 的稳定环境。监理方要每天检查养护室的温湿度计及记录,核对自动控制设备是否正常运转,保证试件在标准条件下达到规定龄期,强度数据才能反映混凝土的实际性能。

监督的内容还应该包括试验室的总体布局、清洁度、样品管理等。试验区功能分明,无交叉污染。水泥储存区应与骨料区分开,化学分析区要有良好的通风。试验台面要保持干净,废弃样品和试剂要及时清理。待检样品、在检样品和已检样品应分区存放,并标明标记,防止混淆。对已检测过的样品,尤其是不合格样品,应按有关规定保存一定期限,以备复查或核对之用,保证试验工作进行顺利,保证数据质量。

(二) 试验设备仪器校准与维护

试验设备和仪器是产生检测数据的工具,量值的准确性是数据质量的生命线。监理单位对现场试验室设备管理的监督,就是对现场试验室设备校准状态、日常维护情况进行审查。监理方在试验室进场验收时,应当对所有的在用设备建立台账,台账内容包括设备名称、型号、唯一性编号、检定周期、上次检定日期、下次检定日期等。日常监督时,一一核对设备上是否贴有法定计量机构出具的检定合格或者校准标识,保证所有设备都在有效期内使用。

对超过检定期限或新购入的设备,监理单位要督促施工单位及时送检。对检定不合格的设备应停用,监督其修理或更换,修复后经检定合格后方可重新使用。

监理方应审查试验室设备维护保养记录，检查试验人员是否按照操作规程对试验设备进行日常的维护、清洁、性能检查。压力试验机球头是否定期清理润滑、电子天平是否在使用前校准等看似很小的细节，都会对试验结果产生很大的影响。

对重要的设备监理还要核查其操作人员是否经过专门培训，是否具有相应的操作资格。完善的设备管理可以保证检测数据的准确可靠，可以延长设备的使用寿命，提高试验工作效率。监理用强有力的监督促使施工单位重视试验设备的管理工作，把被动应付检查转变为主动的质量保障行为。

（三）试验数据异常值的复测处理

在试验中偶尔会出现个别数据与其它数据相比偏离度较大，即数据异常值。正确处理异常值，对于保证试验结论客观公正有着重要的作用。监理方要监督和审查试验室处理异常值的程序和方法，防止试验人员随意或者主观地舍弃不利数据。科学的处理流程就是当出现异常值时不能直接剔除。

首先要找出原因，试验人员对产生异常数据的所有可能因素进行全面分析，检查试验操作有无失误，仪器设备有无突发故障，样品本身有无特殊缺陷或代表性问题，试验环境条件有无异常波动等。整个分析过程中要有详细的记录。如果异常是由上述非材料本身的原因造成的，则该数据可以作为无效值舍弃。若不能确定原因或者排除了其他因素之后，则应该将此数据作为可疑值处理，并启动复测程序。复测一般要在同一批样品中加倍取样做试验。复测结果如果和原可疑数据偏离方向一致，就说明该批材料存在质量缺陷；如果复测结果表明原可疑数据确实是小概率的离群点，就可以根据数理统计方法（格拉布斯准则、狄克逊准则等）进行处理。整个从发现异常，分析原因，复测到得出结论的过程都应有书面记录，经监理工程师审核后归档保存，以保证数据处理的每一个环节都是严格的、可追溯的。

试验室管理关键要素一览表

管理环节	主要内容	监理监督要点	目的与效果
资质与能力	机构资质、人员能力、设备配置、业绩信誉	审查CMA认证、检测范围；核实人员资历、设备完好率；考察过往业绩与信誉。	确保检测机构合法合规，具备承担工程检测的能力。
方案审批与执行	检测方案编制、取样送检、试验过程	审核方案完整性、合规性、针对性；见证取样、封样；不定期巡查、平行检测。	指导检测工作科学规范；防止漏检、错检、数据造假；保障数据代表性。
报告核查	报告格式、真实性、数据合理性	核查报告要素、CMA标识、签字签章；二维码验证；比对施工日志、趋势分析。	确保检测报告真实可靠，为工程质量评定提供准确依据。
环境条件	试验室布局、温湿度控制、样品管理	检查温湿度计、自动控制设备；分区存放样品、清晰标识；维持清洁、避免污染。	保障试验环境符合规程要求，提高检测数据可比性和有效性。
设备校准与维护	设备台账、检定校准、日常保养	建立设备台账、核查检定标识及有效期；督促送检、维修；审查维护保养记录。	保证量值准确性，延长设备寿命，提高试验效率。
异常数据处理	原因分析、复测程序、统计方法	监督异常原因分析过程；复测启动与执行；依据统计方法（如格拉布斯准则）处理。	确保试验结论客观公正，避免主观舍弃不利数据。

上表列出了试验室管理中各个关键环节的主要内容、监理监督要点及其目的和效果。

第四节 施工质量数据采集与分析

一、质量数据的实时采集技术

（一）物联网传感器在监测中的应用

物联网技术在工程的关键部位、重要工序中设置各种传感器，形成了一套自我感知、数据传输、远程监控的智能网络系统，给水利工程施工质量动态控制带来革命性的突破。这些传感器就相当于植入工程结构体内的神经末梢，可以 24 小时无间断监测各种物理、化学参数，给监理工程师带来了前所未有的洞察力。大体积混凝土浇筑过程中埋设温度传感器，可以实时监测混凝土的温度变化以及

混凝土内外温差，指导养护工作，有效防止温度裂缝造成的质量事故。高边坡、基坑、大坝等重要结构物的稳定性监测中，位移、应力、渗压传感器能测量出毫米级甚至更小的变形和应力变化，当数据超过预设阈值时，系统会立即发出警报，给应急措施的实施争取了时间。

水利工程中常用的物联网传感器及其应用可见下表。

水利工程常用物联网传感器及其应用表

传感器类型	监测对象 / 指标	典型应用场景	优势
温度传感器	混凝土内部温度、内外温差	大体积混凝土浇筑养护	实时掌握温变，预防温度裂缝
位移传感器	结构物形变、沉降	高边坡、基坑、大坝稳定性监测	毫米级监测，预警结构变形
应力传感器	结构物受力状态	关键结构承载力评估、应力分布分析	实时反映受力，保障结构安全
渗压传感器	孔隙水压力、渗流状态	大坝、堤防渗流监测，地下水位监测	掌握渗流变化，预警管涌等风险

传感器采集到的数据经过 LoRa 或者 NB-IoT 等低功耗广域网技术收集之后，再通过 4G、5G、北斗三者双保险的方式汇入云端数据中心。监理人员可以在远程监控室或者移动设备上实时查看曲线、历史趋势、空间分布，弥补了传统人工定时定点测量不能实现在线实时监控的缺点。依靠物联网开展监测工作，大大提升了数据的及时性与精确性，削减了人为干扰，可以对人力难以到达或者存在安全危险的地方展开监测。对大量的监测数据进行持续的积累与分析，可以发现工程质量变化深层次的规律，给施工工艺改进、技术规范修订、结构健康诊断提供可靠的数据支持，使质量控制的深度和广度迈向新的台阶。

（二）移动终端数据录入与管理

在现代水利工程监理实践当中，以智能手机、平板电脑等为载体的移动终端应用正在逐步取代传统的纸质记录、手工填报，成为一线监理人员进行质量数据录入、管理的核心工具。大大提高了现场数据采集的效率、规范性、即时性。监理工程师在施工现场进行旁站、巡视或者平行检验的时候，可以直接使用定制开发的移动应用程序，按照事先设定好的标准化表单和流程，快速录入检验批的实测实量数据、外观质量检查结果、材料取样信息、施工日志等。电子表单中嵌入了相应的评定标准和规范条文，可以对录入的数据做初步的逻辑校验和合格性判

断，有效地防止了由于手写不清、记录不规范、标准混淆等造成的各种人为错误。

移动终端集成了拍照、录像、录音、全球定位系统等功能，给质量信息记录提供丰富的可靠证据。当监理人员发现质量缺陷或者违规操作时，可以立即拍摄高清照片或者视频，把带有时间、地点信息的多媒体证据同具体的检验记录关联起来，形成不可篡改的影像档案。所有的移动终端数据都会实时上传到项目统一云端监理信息管理平台。该种云+端的架构使得项目管理者、业主单位、设计单位等各方面的相关人员几乎可以同时获取施工现场的质量动态，消除了信息孤岛现象，实现了跨地域、跨部门的高效协同。面对复杂质量问题多方会商时，通过移动终端搭建的协同工作平台可以立刻开始线上流程，把现场状况、检测数据以及图纸资料都传送过来，可以大大减少决策所用的时间，也保证质量问题得到及时回应并形成闭环管理。

（三）无人机巡检数据的集成利用

无人机技术依靠高机动性、广覆盖、多视角观测的特殊优势，给水利工程施工质量动态控制赋予了新的技术视角和数据维度，尤其在大范围、高空或者人力难以到达的区域，起着不可取代的作用。无人机搭载高分辨率可见光相机、激光雷达、红外热成像仪、多光谱等多种任务载荷，可以快速、准确的获取大量的工程实体、施工环境的宏观和微观空间及物理信息。

无人机倾斜摄影技术可以快速生成高精度三维实景模型、数字高程模型，监理工程师通过对比不同时期的模型，可以计算出填挖方量、边坡坡度、平台高程等重要参数，对土方作业进度和质量进行量化监控。对大坝、渡槽、闸墩等混凝土结构物来说，无人机可以近距离、多角度拍摄高清晰度影像，用图像识别算法自动识别、测量表面的裂缝、蜂窝麻面等缺陷，比传统的依靠“蜘蛛人”或高架车的人工检查方式快很多，安全得多。

无人机采集到的不只是静态影像，也可以作为整个项目生命周期管理中动态的数据流。利用无人机获得的点云数据同建筑信息模型叠加对比，可以清楚地看到施工实体同设计模型的偏差状况，进而实现毫米级的精度把控。红外热成像数据可以对大面积混凝土的温度场分布进行监测，也可以对输水隧洞渗漏水进行快速排查。多源异构数据经过专业软件整合之后，导入到统一的监理信息化平台当中，同物联网传感器以及移动终端的数据相互印证、深度融合，从而形成起“天-空-地”全方位立体的质量监督体系，给监理工程师开展科学、及时的决策赋予了史

无前例的全面、精确数据支撑。

二、质量数据的统计分析方法

（一）合格率与优良率的动态统计

合格率、优良率是反映施工质量总体水平最核心、最直观的两个宏观指标，对其进行动态统计分析，是掌握质量走势、评价施工单位管理水平、调整监理策略的重要依据。它把分散的单次检验结果综合起来形成反映整体质量状况的连续曲线，管理者可以清楚地看到质量水平是在不断改善、保持稳定还是在下滑，进而采取相应的管理措施。

动态统计合格率与优良率的实践路径通常包括以下关键步骤：

1. 首先要科学划分统计单元。统计单元可以是分项工程、施工标段、单位工程，也可以按照时间周期（周、月、季度）进行划分。确定统计单元是保证数据可比性的基本条件。

2. 依靠信息化管理平台，系统自动汇总某个统计单元内所有的检验批质量评定结果。平台按照内置的《水利水电工程施工质量检验和评定规程》，自动判断每一个检验批是否合格或者优良。

3. 系统依据运算的结果，用图表的方式展现合格率（合格检验批数量 / 总检验批数量 $\times 100\%$ ）和优良率（优良检验批数量 / 总检验批数量 $\times 100\%$ ）的变化。根据设置的目标值、预警线，当指标小于设定阈值的时候，系统就会自动发出预警信息给相关人员，促使他们去分析原因并采取纠正措施，形成质量管理闭环。

（二）质量波动趋势的图表分析

质量波动趋势的图表分析，特别是控制图的应用，是质量管理从“符合性”判断走向“稳定性”控制的重要一步，它为区分质量问题的偶然性波动和异常性波动提供了一种科学的方法。施工期间产生的质量特性数据，比如混凝土强度，钢筋保护层厚度等，总会存在一定的波动范围。波动可以分为两种类型，一种是生产过程中众多微小、不可避免的因素共同引起的随机波动，称为共同原因；另一种是由某个或者少数几个可以查明、可以消除的特殊原因引起的异常波动，称为特殊原因。动态控制的目标就是及时发现并消除特殊原因，持续减少共同原因的影响。

控制图就是达到此目的的有力工具。基本原理就是将按时间顺序抽取的样本

统计量（平均值、极差、标准差等）画在坐标图上，标出中心线、上控制限、下控制限这三条水平线。这三条线是在过程稳定状态下根据数据计算出来的，是共同原因下质量波动的合理范围。当所有的数据点都在上下控制限内，并且排列没有明显的规律性时，就可以判定生产过程处于统计稳定状态，质量可以预测、可控。

一旦数据点超出控制限或者点在控制限内但是排列出现特殊规律（连续多个点在中心线同一侧、连续多个点递增或者递减等），就说明可能存在特殊原因，过程处于失控状态。监理工程师与施工单位需立即展开调查，找出造成波动异常的原因，原材料批次出现变化、设备参数偏离正常范围、施工人员的工艺发生变化、操作人员能力不足等等，然后采取有效的措施处理不合格产品。利用控制图可以促使施工质量由被动检验变为主动预防，使质量水平不断提高。

（三）排列图法在质量问题主次分析中的应用

排列图法，又称帕累托分析或者主次因素分析法，是质量管理中一个简单而有效的统计工具，它的理论基础是二八定律，即关键的少数和次要的多数。在水利工程施工过程中产生质量问题的因素很多，但是真正起决定性作用的往往是少数几个。排列图法用图形直观地表示出关键的少数，使监理人员和施工单位能迅速找到主要矛盾，集中优势资源，优先解决主要矛盾，达到事半功倍的质量改进效果。

制作和使用排列图的过程清楚了。首先要确定分析对象，即某一分部工程在某一时期内出现过的所有质量问题类型。接着收集每种质量问题出现的频次或者其造成的损失数据，按从高到低的顺序排列。在图表上用矩形条来表示各种问题，条高表示出现次数；计算累计频率曲线，即从高到低累计的各问题占总问题数的百分比。从图表中可以看出对工程质量影响最大的问题。累计频率在 70% 到 80% 之间的问题就是主要的 A 类问题。以钢筋焊接接头质量问题为例，如果发现咬边、夹渣两项问题占总缺陷数量的 80%，那么这两项就是主要矛盾，后续的质量改进措施就应该集中于防止这两类缺陷的产生。不平均使用力量去处理所有的弊端，使有限的监理资源、整改投入获得最大的质量效益，这是实现质量持续改进的有效途径。

第五节 质量问题实时处理流程

一、一般质量问题的处理程序

（一）口头通知与书面整改单签发

监理工程师在日常巡视、旁站、检测过程中一旦发现施工现场出现材料外观不合格、操作工艺不规范、工序衔接有缺陷等质量问题，应立即口头通知施工单位现场负责人。口头通知具有及时、便捷的特点，可以迅速阻止不合格工序的继续，要求施工方立即采取纠正措施，防止问题扩大。当发现钢筋绑扎间距不符合设计要求的时候，监理人员应立即停止混凝土浇筑的准备工作，口头指挥施工班组进行调整。即时沟通是质量动态控制的第一道防线，也是监理工作预控、过程控制原则的体现。

发出口头指令之后，监理人员要对问题的性质、严重程度以及施工方初步的反应做出判断。对不能立即整改或者容易被忽略的问题，以及所有需要留有书面记录的质量缺陷，必须在 24 小时内发出书面形式的工程质量整改通知书。该通知单属于监理工作正式文书，应当指明问题存在的具体位置、具体情况，写明违反的规范条款或者设计要求，并给出明确的整改要求和完成时限。整改通知单必须由总监理工程师或者其授权的专业监理工程师签发，并正式交由施工单位项目经理签字收件，作为严格要求施工单位落实整改责任的法律凭证。

书面通知单的签发是施工单位正式的指令，也是监理方履行监督责任的证据。通知单内容必须事实清楚、依据充分、要求具体、时限合理。若发现某批次进场的水泥安定性试验不合格，整改单上应注明水泥的批号、数量，并附上不合格的试验报告编号，明确要求施工单位将该批次的水泥全部清退出场，在指定期限内重新报验合格的水泥。该程序保证质量问题的处理有据可查、有追溯，把口头的、非正式的指令变为规范的、标准化管理行为，大大提高了监理工作的严谨性、有效性。

（二）整改过程的跟踪与复查

施工单位在收到工程质量整改通知书之后，应当在监理单位规定的时间内组织人员进行整改拟定出整改方案。监理工程师的责任并没有因为发出通知单而终止，相反，在关键之处在于对整改过程的全过程进行跟踪。监理人员必须到现场

检查施工单位按照批准的方案、技术要求进行修复或者返工的情况。跟踪检查的内容有整改所用材料是否合格、施工工艺是否正确、技术措施是否到位等。对混凝土表面出现的蜂窝麻面问题，监理要监督施工单位是否彻底清除松散物，修补材料是否合格，修补工艺是否符合规范要求。

整改工作结束后，施工单位要出具一份整改回复书，申请复查。监理工程师在接到申请之后，应当与施工单位的相关责任人以及质量检查人员一同前往现场，严格地对整改的效果进行检查验收。复查不能只看问题表象是否消失，还要检查其内在质量是否达到设计及规范标准。必要时还要用检测工具和手段进行量化检验，比如用回弹仪检测修补后混凝土的强度，或者取芯试验来检验内部的密实度。只有复查结果表明质量缺陷已经全部消除，并且符合所有相关要求之后，监理工程师才可以在整改回复单上签字同意，关闭该质量问题处理流程。复查不合格时必须要求施工单位继续整改，直到合格为止。

（三）处理结果的记录与归档

所有的质量问题处理过程，从最初口头通知开始，经过工程质量整改通知单签发、施工单位的整改方案、整改回复报告，最后到复查验收记录，都必须系统、完整地记录并归档。这属于工程质量控制过程中的一部分，同时也是工程档案中不可忽略的技术性文件。归档工作要按照规范性、完整性、系统性的原则来进行，保证每一份文件都有据可查、信息准确无误。

这些档案资料有诸多意义。它们是评价施工单位质量管理体系运行有效性的依据，也是工程竣工验收必须审查的重要内容，更是工程日后维护、加固改造的重要参考。当质量责任纠纷出现的时候，详细的记录就会成为判定责任、解决争议的直接依据。因此监理机构要建立严格的资料管理制度，指定专人负责质量问题相关文件的收集、整理、编号、保管工作，保证所有文件的真实性、完整性，随着工程的进展同步归档，为实现工程质量的终身责任制打下坚实的基础。

二、重大质量事故的应急处理

重大质量事故是指造成人员伤亡、重大经济损失或者严重影响工程结构安全和正常使用功能的事件。此类事故处理应遵循应急、高效、科学、合规的基本原则，核心就是立即遏制事态的发展，保证人员的安全，查明事故的原因，及时采取恰当的恢复措施，力求将损失和不良影响降到最小。重大质量事故和一般质量

问题的主要区别以及处理重点见下表：

质量问题分类及处理特征对比表

特征 / 环节	一般质量问题	重大质量事故
定义	未明显影响结构安全及主要使用功能，通过常规手段可修复的缺陷。	造成人员伤亡、重大经济损失或严重影响工程结构安全及使用功能的突发事件。
处理原则	“早发现、快处理、严复查”，实行闭环管理。	应急、高效、科学、合规；核心是立即遏制事态、保障安全、查明原因、及时恢复、最小化损失。
初期响应	口头通知，必要时签发书面整改单。	立即签发工程暂停令，紧急停工，保护现场，疏散人员。
调查机制	监理工程师进行跟踪检查与复查。	成立跨单位事故调查组（含项目法人、设计、施工、监理、专家、监督机构等）。
最终处理	施工单位提交回复，监理复验合格后归档。	形成详细事故报告，明确责任，制定并实施加固补强方案。
责任主体	施工单位（整改），监理（监督、复查）。	多方参与（建设、勘察、设计、施工、监理，及行政主管部门）。

（一）事故现场的保护与紧急停工

一旦发生重大质量事故（模板支撑系统坍塌、边坡大范围失稳、主体结构出现严重裂缝等），项目监理机构首先要立即签发工程暂停令，指令施工单位停止与事故有关的全部施工活动，根据危险程度疏散现场人员，设置警戒区，封锁事故现场。紧急停工是为了防止事故危害范围的扩大，避免出现次生灾害，给之后的抢险、调查创造条件。保护现场的原始状态十分重要，任何单位和个人不得擅自移动、清理现场的构件、设备和材料，以便调查组能够取得第一手资料来分析事故原因。

监理单位发出停工指令后应当及时向上一级单位和项目法人报告。报告内容要简明扼要，事故时间、地点、基本情况、人员伤亡初步情况、已采取的应急措施。这就形成了一条快速反应的渠道，有利于各级管理者及时了解情况，启动更高层次的应急预案，调动有关专家和资源参加事故处理。监理机构要配合项目法人维持现场秩序，禁止无关人员进入，对现场情况拍照、摄像，形成影像资料。

监理单位还要督促施工单位立即启动本单位应急预案，组织抢险救援力量。如果事故会危及周边环境或者公共安全，则应协助地方政府和相关部门做好人员疏散以及险情控制工作。整个过程里，监理人员必须保持冷静，做好自己本职的

工作，为之后的调查、处理工作打下基础，其根本目的在于控制事态、保障生命安全、保留追溯事故原因的证据链。

（二）事故调查组的成立与原因分析

重大质量事故发生后，应当依照有关法规和管理权限，由建设单位或者其上级主管部门牵头成立跨单位的事故调查组。调查组一般由项目法人、设计单位、施工单位、监理单位技术负责人、行业专家、质量监督机构代表等组成，保证调查的权威性、专业性、公正性。监理单位是工程质量的主要监督方，其负责人及专业工程师应作为主要成员参加调查工作，提供现场监理记录、检验报告等有关证据。

调查组第一项任务就是通过现场勘查、技术鉴定、资料核查、人员问询等手段，对事故发生的根本原因做全方位、深层次的调查。现场勘查是对被破坏构件的形态、位置、材质等做详细的观察和测量。技术鉴定可以委托第三方有资质的检测机构对混凝土强度、钢筋成分、地基承载力等做复核检测。资料核查包含设计图纸、地勘报告、施工记录、材料报验单、监理日志等所有有关技术文件，目的在于找出设计缺陷、施工违规或者管理疏漏等问题。对有关责任人进行询问也是不可缺少的环节，用谈话记录还原事故发生前后具体的操作、决策过程。

原因分析是一个严谨的科学过程，要综合所有的证据，从技术和管理两方面进行剖析。技术原因有设计计算失误、材料强度不够、施工工艺不妥等。管理方面的原因可以有质量保证体系失效、责任制不落实、安全技术交底不到位、监理旁站不到位等。调查组在此基础上，要科学、客观地分析各种因素在事故发生中所起的作用，确定造成事故的主要原因和次要原因。

调查组要写一份详细的事故调查报告。该报告要清楚地说明事故经过、原因，明确各单位、人员应承担的责任，包含建设、勘察、设计、施工、监理等各方面。根据调查结果对责任单位、责任人提出初步处理意见，为下一阶段加固补强方案的制定提供科学依据，坚持“四不放过”的原则：事故原因没有查清的不放过、责任人没有处理的放过、整改措施没有落实的不放过、有关人员没有受到教育的不放过。

（三）加固补强方案的审批与实施

在事故原因和责任认定明确之后，事故处理的重点就是制定并执行有效的加固补强方案。项目法人应当委托原设计单位或者具有相应资质的专业设计机构，

按照事故调查报告中所列出的原因以及结构受损情况来制定科学、可靠、经济的技术处理方案。该方案必须具有很强的针对性，通过修复、加固或者局部重建等方式彻底消除隐患，使工程结构恢复到或者超过原设计要求的安全状态和使用功能。方案内容要包含详细的计算书、施工图、施工工艺说明、质量检验标准、必要的安全监测措施。

加固补强方案在实施之前需要严格的审批。方案首先由监理单位进行初步审查，主要是审核它是否针对事故的原因，是否符合有关的技术规范。项目法人应组织行业内资深专家组成评审组，对方案进行技术论证和评审。专家组将对方案的技术可行性、安全性、耐用性、经济合理性等各方面进行全方位的评价，并提出改进意见。只有专家评审通过，并且得到项目上级主管部门或者质量监督机构的批准之后，该方案才能作为施工的依据。监理工程师在此环节的重要作用就是保证方案的科学性、严谨性，防止处理不当造成新的隐患。对处理过程中关键部位、关键工序，监理应进行旁站监理，保证方案不折不扣地执行。

第五章 水利工程质量动态评估与改进

第一节 质量评估指标体系应用

一、单元工程质量动态评估

（一）主控项目与一般项目的评分

水利工程单元工程质量评定的基础性工作就是项目划分。主控项目一般是结构安全、重要使用功能、耐久性等关键性能，是保证工程实体安全可靠的主要因素。对主控项目，监理方实行全数检查，其质量必须严格按照有关规范和设计要求执行，不得有任何妥协。评分机制上主控项目一般采用一票否决制，即任何一个主控项目不合格，则该单元工程的质量就不能评定为合格及以上等级。严格要求体现出工程安全和主要功能的重要性大于其他一切考虑，促使施工单位把最大的资源和精力投入到这些关键部分。

一般项目主要是外观质量、尺寸偏差等非关键性指标，虽然它们不直接影响工程的结构安全，但是也是工程整体品质的重要组成，反映的是施工单位的管理水平和工艺的精细程度。一般项目一般用计点扣分或者加权评分的方式评定。监理工程师按照事先设定的评分标准对查出的每一个瑕疵进行评分。一般项目得分加权后得出该部分综合得分。评分标准可以存在一定缺陷，但是总分控制缺陷的累积效应，促使施工单位在保证主要质量标准的基础上，追求工艺质量及外观效果。

主控项目和一般项目评分机制相结合，就形成了刚柔并济的评价体系。既保证了工程质量的安全底线，又给追求卓越品质留出了空间。主控项目与一般项目的对比见下表。

主控项目与一般项目质量评定对比表

项目类型	关注核心	检查要求
主控项目	结构安全、重要功能、耐久性	全数检查，严格符合
一般项目	外观质量、尺寸偏差、工艺细节	抽样检查，允许一定瑕疵

监理工程师可以对这两类项目的评分结果做动态分析,在施工过程中及时发现主要的矛盾和薄弱环节,即技术掌握不到位的问题或者是普遍存在的施工工艺粗糙的问题,从而为后续的质量控制指明方向。

（二）工序质量验收的量化评定

工序是单元工程中最小的环节,工序质量是保证单元工程乃至整个项目质量的基础。传统的工序验收大多依靠监理人员的主观判断,没有对质量波动情况做细致的说明。为了实现动态控制,就必须把工序质量验收引入量化评定轨道。量化评定就是将抽象的质量要求转化为具体的、可以测量的数值指标,用数据客观反映工序质量水平。就混凝土浇筑工序来说,除检查其强度是否达标外,还要记录平整度、垂直度、截面尺寸等实测数据,然后将其与设计允许偏差范围进行比对,得出偏离度或者相应的得分。

而量化评定的关键,就是创建起一套标准化的检验和评分程序。流程应该具体规定每一个工序的关键检测参数、需要的检测工具、具体的测量方法、数据记录的格式、最后评分的换算规则。监理单位应在工程开工前组织施工、建设等各方共同评定确定这套标准,使之成为各方的共同遵守的“度量衡”。把检测数据录入到信息化监理系统里,系统可以自动得到每道工序的质量评分,并即时产生质量状态趋势图。数据评定可以减少人为因素的干扰,使验收结果更加公正客观,也可以给不同的施工班组、不同时段的施工质量提供横向和纵向的可比性。当图表上某道工序的质量得分在合格线边缘徘徊或者呈下降趋势时,系统就会自动发出预警,使监理人员及项目管理方马上介入,分析原因,及时采取纠偏措施,把质量问题扼杀在萌芽之中。

（三）质量等级的实时确认流程

传统的质量管理模式,单元工程的质量等级是在全部工序完成之后,整理汇总资料之后一次性评定的。滞后性的评价方式会造成质量信息反馈周期过长,评定结果不理想的时候已经失去了最佳的整治时机,甚至要付出高昂的返工成本。动态控制就是建立质量等级实时确认程序,使质量评定工作贯穿于施工的全过程。该流程的核心就是信息技术的应用,创建施工进度同步的动态质量数据库。

流程的起始就是每道工序的量化验收。一道工序完成后并经过监理验收后,该工序的相关检测数据、量化得分、影像资料等应立即录入项目质量管理信息平台。平台会根据事先设定的算法,自动汇总本单元工程完成工序的总分。算法中

应包含各个工序得分，对主控项目是否达标作出判断。平台根据实时数据，更新该单元工程的质量等级为优良、合格、预警或者不合格，并用醒目的方式在系统界面显示。

这就产生了革命性的管理变革，即质量等级的实时确认。项目的所有参与方，不论是施工一线班组还是最高层决策者，都可以按照自身的权限，在任何时候、任何地点登录系统查阅任何一个单元工程的质量状况。当某一单元工程的质量等级由优良转为合格或者进入预警状态时，系统会立即向有关负责人发出通知。即时反馈机制就构建起一个强有力的闭环管理系统。

监理工程师根据实时等级变化立即找到引起等级下降的工序，做详细的分析和重点检查。施工单位可以在质量问题刚出现苗头的时候，马上组织技术人员进行整改优化，防止小问题积累成大问题。建设单位可以依靠实时的、透明的质量数据，对项目总体质量风险展开动态评价，从而对监理单位、施工单位实施有效监管并予以考核。这就使得质量控制由传统的事后补救，转变为事中干预、事前预防。

二、分部与单位工程质量评估

（一）外观质量评分的标准化

水利工程外观质量是水利工程内在品质的直接体现，也是评判水利工程“品相”的重要环节。长期以来，外观好坏评价带有强烈的主观色彩，不同的评价者标准不同，不能得到公正的结论。为了实现动态控制，必须实行外观质量评分标准化，把感性认识升华为理性判断。标准化就是创建出一套清楚、明确、可操作的视觉评判标准系统。该体系不能停留在表面平整、色泽一致等模糊的表述上，应该有更深一层的细化。

1. 建立视觉基准库，对工程中常见的混凝土表面、砌石体、金属结构涂装等制作标准“样板”，实体样板和高清照片图库。图库中应该包含优良、合格及各种不合格（蜂窝、麻面、裂缝、色差等）的典型案例，并配有文字说明，说明各种不合格情况可以接受的程度，例如气泡大小允许范围。

2. 对于平整度、垂直度等可以用工具测量的外观指标，应当规定具体的检测方法和允许偏差值。对裂缝要区分结构性裂缝和非结构性裂缝，并对非结构性裂缝的宽度、长度、分布密度等做出量化的限定。对色差可以采用色差仪等设备辅

助测量，给出具体的色差值范围。

监理工程师可以借助平板电脑，依照视觉基准库以及量化指标来对工程实体进行评分。此种“按图索骥”的检查方式，保证不同的监理人员面对同样的情况时，能够给出大体相同的评分，保证评价的公平性、一致性。评分结果实时上传到管理系统，系统计算各部位外观质量得分，可以和实体质量得分加权来得到一个更加完整的质量评价。对各部位的外观得分进行统计分析，可以发现施工中存在的系统性的工艺缺陷，为以后的施工工艺改进提供数据支持。

（二）质量保证资料的核查评分

质量保证资料是记录工程建设全过程质量控制活动的重要载体，也是证明工程质量符合要求的关键证据，其重要性同工程实体质量一样不可小视。质量保证资料核查不能只是清点数量、查看有无，而应作为一项严肃细致的技术工作，必须建立系统的评分机制。动态控制就是把资料核查从事后整理变为过程同步审查和评价。评分要从资料的及时性、完整性、准确性、同步性四个方面进行。

及时性，是指各项质量文件是否在相关工程活动结束后规定时限内形成并报审。隐蔽工程验收记录应在有关工程隐蔽前完成，试验报告应在取样后标准养护期满时立即出具。对于迟交的资料要按其延误天数分阶段扣减分值，不得允许施工方出现“先动工、后补齐材料”的倒行逆施行为。完整性是指核查资料是否齐全、签字盖章手续是否完备，附件是否齐全。任何缺项、漏项都被视为质量管理流程的断裂，必须扣分。

准确、同步是核查工作最重要的部分。准确性指的是资料记载的数据必须与实际情况完全一致，真实可靠。监理工程师应经常做文实对比，即将混凝土施工记录中的配合比、坍落度数据与试验室报告、现场实际情况相互印证。任何数据造假或者不符的情况都应当被认定为严重的违规行为，予以重罚或者一票否决。同步性指的是资料的形成要和工程的进度同步，监理日志、施工记录等应逐日填写，真实反映当日的活动，不能事后集中编造。通过建立评分模型，将四个维度的检查结果量化成具体的分数，并加入分部或者单位工程的综合质量评分中，从而有效促使施工单位将质量管理内化于心、外化于行，使工程建设过程的每一个脚印都有据可查、有源可溯。

（三）综合评估权重的动态调整

分部、单位工程综合质量评定时，一般会将单元工程质量得分、外观质量得

分、质量保证资料得分等各方面，按照事先确定的权重进行加权平均，得到最终的综合得分。科学的评价体系当中，权重系数不是固定不变的，应该能随工程各个阶段特点、风险、质量管理重点的变化而变化。动态调整是达到精准高效监管的保证。

权重调整的依据应该有多方面的，主要是根据风险评估和过程反馈来决定。工程初期基础开挖、处理阶段地质条件复杂、不确定性大，结构安全是主要矛盾。此时应该大幅度提高地基承载力、原材料质量、混凝土强度等主控项目所涉及单元工程得分在综合评价中的权重。进入上部结构施工阶段，如果监控数据显示模板安装变形、钢筋位移等问题频发，监理方应临时调整与该工序有关的单元工程和外观质量中线形、尺寸偏差等指标的权重，来引导施工单位集中力量解决该技术难题。待问题解决之后，权重就恢复成原来的状态。这就像给管理装上了“变焦镜头”，使管理者可以把注意力集中到目前最大的质量风险点上。

权重的动态调节也可以算是一种管理杠杆。前期资料不及时、不规范的现象比较普遍，监理单位可以增大中期质量保证资料的权重。此时资料得分对于综合评定结果的影响增大，更有利于促使施工单位完善内部管理程序，重视过程记录的规范化。权重调整决策过程要透明有据，由总监理工程师组织专题会议，根据详细的工程质量数据分析报告进行讨论、决策，并正式行文通知各参建方。依靠灵活而又严格地调整权重，把水利工程质量监理由静态的、按部就班的检查转变为一种动态的、主动的、以风险预判和过程优化为依据的智慧型管理。

第二节 质量问题统计分析

一、质量缺陷的分类统计

（一）按产生原因的分类统计

水利工程施工质量缺陷产生的原因错综复杂，只有分析根本原因才能有效杜绝类似问题的再次发生。一般缺陷原因可以归纳为设计、材料、施工、管理等几个方面。各类及其特点，请参考水利工程质量缺陷产生原因分类表。

分类	典型特征 / 影响	常见问题举例
设计	具有系统性和根本性，影响深远	设计标准不当、图纸深度不足、地质勘察精度不够
材料	不符合规范要求，埋下长期隐患	强度、稳定性、耐久性不合格；运输储存时变质破损
施工	最直接、普遍原因，与操作执行密切相关	混凝土振捣不实、土方压实度不够、钢筋绑扎不符合要求
管理	贯穿全过程，影响协调与执行效率	施工组织设计不周、技术交底不清、质量检查执行不力

设计原因造成的缺陷一般是系统性的、根本性的，比如设计标准选择不当、图纸深度不够、地质勘察精度不高。此类问题一旦出现，就很难进行修正，而且可能会对整个工程的安全造成威胁。

材料问题是指工程所用的原材料、中间产品或者设备不符合规定和设计要求，表现为材料强度、稳定性、耐久性等关键指标不符合要求或者运输、储存过程中变质破损。进场材料检验和抽查，是监理工作中防范此类缺陷的第一道防线，任何疏忽都会给工程埋下长期的质量隐患，加速其性能劣化。

施工是造成质量缺陷最直接、最普遍的原因，施工工艺、操作方法、技术措施等各个方面都属于施工。混凝土浇筑时振捣不实或者养护不当、土方填筑压实度不够、钢筋绑扎间距或保护层厚度不符合要求等。这些问题大多同施工人员的技术水平，责任心以及现场施工组织管理有着密切联系。管理原因存在于工程建设全过程，组织协调、资源配置、质量保证体系运行等都属于其中。施工组织设计不周、技术交底不清、质量检查制度执行不到位、监理指令落实不到位等都会直接或者间接地引起各种质量缺陷。

（二）按发生部位的分类统计

根据质量缺陷在工程实体中具体位置的统计，可以发现质量问题多发的区域以及关键的控制部位，进而指导监理资源向重点区域倾斜，加强管理。水利工程结构复杂，各个部位的施工环境、受力特点和功能要求不同，造成质量缺陷的形态和影响也大相径庭。

通过梳理大量工程实例数据，可将高频缺陷发生部位归纳如下：

1. 大坝、堤防工程作为水利工程的挡水结构，主要的缺陷集中在坝基处理、坝体填筑或浇筑、防渗体施工、坝顶及坝坡防护等环节上。坝基清基不彻底、填筑料含水率控制不严、混凝土温控措施不到位所造成的裂缝、防渗铺盖或者垂直防渗墙连续性和均匀性不够，都是影响大坝整体安全的重要缺陷。

2. 泄水建筑物、输水建筑物，即溢洪道、泄洪洞、输水管路、涵洞等。这些部位的缺陷主要是衬砌混凝土空洞、蜂窝麻面、裂缝、止水带安装不规范造成的接缝渗漏等。由于长期受到高速水流的冲刷、磨损，该部位对表面抗冲耐磨性及平整度要求极高，微小缺陷在水流的作用下会迅速扩大，严重影响结构的安全。

3. 水闸、泵站等建筑物：此种类型的建筑物质量问题多发生于地基处理、结构连接缝、金属结构安装、混凝土二次浇筑等环节。地基不均匀沉降会导致闸室或者厂房结构开裂，伸缩缝止水失效会造成渗漏，启闭机、闸门等金属结构的安装精度影响工程正常运行。

（三）按责任单位的分类统计

明确质量缺陷的责任主体，是实行质量终身负责制、健全市场信用体系、完善激励约束机制的重要方式。将缺陷按责任单位进行分类统计，一方面可以客观地评价各个参建单位的质量管理水平，另一方面也可以作为合同履约评价、奖惩措施、以后项目招投标资格审查的依据。责任单位一般为建设单位、勘察设计单位、施工单位、监理单位等。

施工单位是工程质量的直接创造者，在施工过程中，由于工艺不当、操作失误、材料使用错误等引起的绝大多数问题，其直接责任均由施工单位承担。统计分析时还可以细化到具体的劳务分包队伍或者班组，从而达到精细化管理的目的。这些数据可以用来衡量施工单位的履约情况，也可以督促施工单位健全内部质量管理体系建设。

勘察设计单位的责任主要在于由于勘察成果失真、设计文件深度不够、设计

错误或遗漏所造成的质量问题或者工程事故。虽然数量不多，但是后果往往非常严重。不良地质条件勘察不清晰就会造成地基处理方案失效，从而导致结构失稳。监理单位的责任主要看其质量控制工作是否到位。如果监理过程中没有及时发现并制止施工单位的违规操作，或者对不合格的工序、材料进行签认，造成质量缺陷，则监理单位要承担相应的监理责任。建设单位是工程的组织者、管理者，其责任主要在项目管理、协调、决策等方面体现出来。违背建设程序、不合理压缩工期、指定不合格材料供应商等行为都会导致质量问题。

二、典型水利工程质量案例剖析

（一）八一水库大坝防渗体开裂事故分析

八一水库大坝建成蓄水之后出现的严重防渗体开裂事故，是国内黏土心墙坝建设史上一个深刻的教训。该事故不是单一因素引起的，是多种不利因素叠加共振的结果。经调查分析，其主要原因是心墙土料性质及施工质量控制不到位。大坝心墙所用的黏土料塑性指数大，属于高塑性黏土。该类土料在湿度变化时会产生较大的干缩湿胀变形，给后期裂缝的产生埋下了物理根源。

施工时，心墙填筑含水量控制没有严格按照规范要求。部分坝段的填筑含水量低于规范要求的最优含水量加 2% 的控制标准，造成压实后的心墙土体处于偏干状态。此时土体内部的孔隙水压力较低，但是随着蓄水浸润，饱和度增大，土体会产生较大的湿化变形和沉降，与两侧透水性较差的坝壳材料之间产生不协调变形，在心墙内部形成巨大的拉应力。

施工过程中压实度的控制也存在偏差。虽然从表面看压实度达到设计要求，但是在偏干状态下，高塑性黏土即使压实达标，其内部结构也十分脆弱。当水库水位升降，特别是在第一次蓄水的时候，上游坝壳在水压的作用下向下游移动，心墙由于浸润软化、不均匀沉降不能和坝壳协调变形，在拉应力集中的区域，即大坝最大横断面及河床中部附近，出现了贯穿性的横向裂缝，造成严重的坝体渗漏。这起事故清楚地表明，在特殊的土质条件下，施工参数，特别是含水量的控制十分重要，对材料性质认识不足所带来的巨大风险。因此监理工程师要全面考虑设计中所用到的特殊材料工程特性，对重要的施工参数要进行连续、严格、动态地控制。

（二）三峡水电站地下厂房围岩坍塌处理复盘

三峡工程右岸地下电站拥有世界上罕见的大跨度地下厂房洞室群，施工期间

围岩稳定是工程成败的关键。主厂房开挖过程中出现局部围岩坍塌事故，给施工安全及进度造成严重影响。从复盘处理过程可知，这就是现代岩石力学理论和信息化施工方法相结合的成功实践。坍塌主要由于复杂的工程地质条件，厂房围岩体发育有节理、裂隙、缓倾角断层等结构面，在开挖卸荷后切割岩体形成了不稳定块体。

事故发生后立即启动应急预案，人员、设备迅速撤离，塌方区被隔离。工程技术人员和地质专家马上赶到现场，对塌方体形状、地质构造、支护情况等做了详细的检查。采用三维激光扫描、摄影测量技术快速获得塌方区的三维模型，和开挖前的地质模型比较，准确识别出引起坍塌的主要结构面和失稳块体边界。同时加强了对周围围岩变形的监测，布置多点位移计、声发射监测仪等设备，对围岩动态进行跟踪，判断围岩是否还会出现失稳。

处理方案的确定完全体现了科学决策的过程。根据现场调查和监测数据，专家用块体理论和数值模拟软件对失稳块体进行稳定性反演分析，揭示失稳破坏的力学机理。根据塌方体下方空洞的特点，用低标号混凝土进行充填，起到临时支撑的作用，防止事态扩大。在塌方区周围的稳定岩体中，设置高强度预应力锚索，通过施加主动预紧力提高围岩整体性、抗剪能力，把松动岩体“锁”在稳定岩层上。对于已经确定的不稳定块体，采用长锚杆进行系统加固。对开挖的轮廓线局部进行了修改，防止应力集中。快速响应、准确勘测、科学分析、有针对性加固等步骤环环相扣，最终解决了危机，也为大型地下洞室工程应对突发地质灾害积累了宝贵的经验。

（三）黄河下游河道治理工程护坡坍塌质量缺陷研究

黄河下游为二级悬河，河道冲淤变化剧烈，堤防、控导工程护坡稳定性直接关系到沿岸地区防洪安全。护坡坍塌为该河段常见的一种工程质量问题，其产生机理复杂，是水文、地质、结构、施工质量等多因素耦合作用而产生的。对这类缺陷做深入的研究，对于提高黄河治理工程的耐久性和可靠性有重大的意义。

护坡坍塌的直接原因就是水流的作用。黄河洪水，尤其是漫滩洪水，流速大、含沙量高，对护坡结构有很强的冲刷、淘蚀作用。水流冲刷淘蚀坡脚是造成坍塌的主要原因之一，坡脚被淘空后，在重力的作用下，上部坡体就会失稳坍塌。水位突然下降也是造成坍塌的另一个重要因素。高水位长期浸泡坡体后，水位突然下降，坡体内饱和土体来不及排水，就会产生超孔隙水压力，使土体的抗剪强度

大大降低，从而引发滑坡。对于采用透水性差的填土做护坡工程的，该现象更加明显。

施工缺陷是增大坍塌风险的主要因素，从工程质量角度看。例如护坡垫层施工质量差、滤层材料级配不合理或铺设厚度不够都不能起到反滤作用，细颗粒会随水流渗出被带走，造成内部侵蚀，逐渐架空面板，最终引发坍塌。砌石护坡中，块石尺寸、形状不符合设计要求，勾缝砂浆强度不够、饱满度不好，都会大大降低护坡的整体性及抗冲刷能力。对于采用土工合成材料的护坡，搭接长度不够、铺设时褶皱或者破损等都会成为破坏的薄弱环节。因此监理工作必须把坡脚防护、垫层和滤层施工、面板质量作为控制重点，保证每一个环节都符合设计及规范要求，才能抵御复杂的水流条件，防止护坡坍塌缺陷的发生。

第三节 质量趋势预测方法

一、基于历史数据的趋势分析

（一）时间序列分析法的应用

时间序列分析法属于统计方法的一种，它把某一质量指标在不同时间点上的观测值，依照时间先后顺序排列成一个数列，进而对这个数列的变化趋势及规律加以分析。水利工程监理过程中混凝土强度、坝体沉降、钢筋保护层厚度等重要的检测数据，都可以看作时间序列。通过对这些序列的分析，监理人员可以判断质量状况是在稳定、上升还是下降的通道里，也可以判断这种走向是长期的、季节的还是随机的。

该方法的关键就是把时间序列分成长期趋势、季节性变动、周期性变动、不规则变动等几个部分。长期趋势可以体现施工工艺的不断改进或者材料性能的稳步提高，季节性变动与气候条件（温度、湿度）对混凝土凝结、土方压实等工序的影响密切相关，周期性变动可能是施工队伍轮换或者大型设备阶段性使用造成的，而不规则变动则是各种偶然因素导致的。

采用时间序列分析，监理方可以建立预测模型，移动平均法或者指数平滑法，对未来的质量状况做出短期的预测。通过对连续多批次混凝土抗压强度数据进行分析，可以预估下一批混凝土强度的范围。如果预测结果偏离设计要求，监理人

员就能及时介入检查原材料配合比、搅拌工艺或者养护条件,把质量隐患扼杀在萌芽之中。依靠数据来进行预测,大大提高了监理工作的科学性、前瞻性。

（二）质量波动的周期性规律识别

水利工程施工周期很长,其工程质量的变化一般都会呈现出一定的周期性。找出这些周期性的规律,对认识质量变化背后深层次的原因,提出有针对性的控制措施有着非常重要的意义。质量波动同施工班组工作节律、设备保养周期、特定气候条件下循环作业方式、管理人员检查频率等诸多因素的周期性变化有着密切联系。

使用频谱分析、小波分析等更复杂的统计方法,可以从杂乱无章的质量数据里找到隐藏的周期信号。对大体积混凝土浇筑过程中温度监测数据进行分析,可以发现和昼夜温差有关的明显的周期性波动。当这个规律被发现之后,监理工程师就可以指导施工单位改变浇筑时间,或者改进内部冷却水管的流量来减少温度应力,从而防止裂缝产生。同样,对土石坝填筑压实度的检测数据进行周期性分析,可以发现各个施工区、各个作业队之间存在的系统性差异,给施工组织优化、统一作业标准提供依据。

（三）施工后期的质量风险预警

当水利工程进入施工后期,主体结构基本完工,隐蔽工程随之增多的时候,潜在的质量缺陷就会集中暴露出来,造成质量风险增大。结构应力重新分布会造成裂缝出现,长期荷载作用下会造成不均匀沉降。因此,以历史数据趋势为基础建立后期质量风险预警机制,对保证工程长期安全运行有非常大的意义。

预警机制的建立首先要依靠施工阶段质量数据的不断跟踪分析。通过对工程前期、中期各项监测指标(变形、渗流、应力等)的变化趋势进行对比分析来建立一个“健康”状态的基准模型。该模型给出了正常工况下各个指标随时间变化的合理范围以及变化率。

工程后期实时监测数据会不断地输入到该模型里进行比对。只要某个或者几个关联指标的当前变化率、累计值不在历史上确定的安全通道内,或者发展速度加快,预警系统就会启动。坝体某监测点沉降速率突然增大,明显超出时间序列模型预测的正常衰减趋势,系统就应发出警报。

警报发出之后,监理单位以及项目管理部门应当立即召集专家团队进行研判,根据工程地质情况、近期施工活动状况等各方面因素,对异常现象的成因进行分析,判定其是否构成重大质量缺陷的预警。根据数据趋势来预警,实现了从“事

后处理”到“事前预警”的转变，为采取加固、补强等主动干预措施争取了宝贵的时间，能够有效地避免或者减少后期质量事故的发生。

二、预测模型的建立与应用

（一）回归分析在质量预测中的应用

回归分析是研究自变量和因变量之间相关关系的统计方法，在质量预测中应用较多。水利工程中工程质量（因变量）受诸多因素（自变量）的影响，原材料的物理化学指标、配合比参数、施工环境的温度湿度、机械设备的工作参数等。建立回归模型可以量化的反映各个因素对最终质量的影响。

建立回归预测模型的步骤通常包括：

1. 确定变量并收集数据，根据机理分析、经验判断确定影响某一关键质量指标（混凝土抗渗等级、土体压实度等）的主要因素。之后收集过去施工中自变量和因变量的大量数据。

2. 根据变量间的关系形态（线性或者非线性）来选择回归模型，例如一元线性回归或者多元线性回归。根据收集的历史数据用最小二乘法等算法来估计模型参数，得到具体的回归方程。

3.3）对建立的模型做显著性检验和拟合优度检验，以保证模型的有效性以及预测精度。若模型效果不好，就要重新选择自变量或者采用更复杂的模型结构。

用预测碾压混凝土抗压强度为例，选取水灰比、骨料种类、压实遍数、养护温度等为自变量，建立多元回归分析预测方程。后续施工过程中只需要将计划使用的各种参数值代入方程中，就可以预估出混凝土可能达到的强度，据此进行方案比选和优化。

回归分析在质量预测中的关键步骤

步骤	内容	目的
1. 变量确定与数据收集	识别关键质量指标及影响因素，收集历史数据。	为模型构建提供基础数据。
2. 模型选择与建立	根据变量关系选择合适的回归模型，估算参数。	形成可量化关系的数学模型。
3. 模型检验与优化	进行显著性及拟合优度检验，调整模型。	确保模型的有效性与预测精度。

如上表所示，回归分析的每一步都至关重要，共同支撑起精确的质量预测。

（二）预测结果的置信区间评估

基于统计模型的预测总会存在不确定性，单个的预测值（点预测）不能完全反映未来真实的情况。因此对预测结果的置信区间进行评估就显得尤为重要。置信区间给出的是一个概率，比如说 95% 的预测范围，它体现了预测的不确定性，给决策者赋予了更多风险方面的信息。

置信区间的宽度受到数据离散程度、样本量大小、所要求的置信水平等许多因素的影响。数据波动越大、样本量越小、要求的置信水平越高，置信区间就越宽，预测的不确定性就越大。水利工程监理中给出预测值的置信区间，可以使管理者清楚地知道风险的大致范围。混凝土强度点预测值为 35 兆帕，95% 置信区间为 [32, 38] 兆帕，即最可能的结果是 35 兆帕，但是实际结果有 95% 的可能落在 32 ~ 38 兆帕之间。如果设计要求的最小强度是 31.5 兆帕，那么预测结果在统计学上就是可靠的。

通过置信区间来确定科学合理的控制阈值，就是监理工程师分析置信区间的主要目的。当预测区间下限接近或者低于质量标准时，即使点预测值合格也应视为警报信号，采取更加严格的监控措施或者调整施工方案，增加质量保证的冗余度，保证工程质量的可靠性。

（三）基于预测的施工参数调整

质量预测模型真正的价值就是对施工过程进行动态优化，并指导实践。当预测结果表明未来质量会偏离预期目标的时候，监理方就可以利用已经建立好的预测模型，反向推导并调整施工参数，从而主动引导质量走向期望的轨道。

这是一个依靠模型的闭环反馈控制过程。如果回归模型预测，在目前的配合比和养护条件下，某部位混凝土后期强度不能满足设计要求，监理工程师就可以用该模型进行模拟分析。在其它条件不变的情况下，模型可以指出要使预测强度及其置信区间的下限稳定地大于设计标准，水灰比应降低多少或者养护时间应延长多少。采用模型寻优参数的方法，比单纯依靠经验调整更量化、精确，避免了盲目试错造成的成本、工期损失。

也可以用于施工方案的经济技术比较。对多种可行的施工方案进行综合评估，将各方案参数代入预测模型，从质量、成本、工期三个方面综合评价各个方案的预期效果，选择出综合效益最好的方案。将预测模型嵌入日常监理决策之中，水利工程的质量控制就从过去只用“合格、不合格”来判定转变为一种能够主动塑

造和改善质量的精细化、智能化的管理模式。

第四节 持续改进机制的建立

一、质量改进计划的制定

（一）基于评估结果的改进目标设定

水利工程施工质量动态控制的持续改进首先要确定科学、明确的改进目标。目标的确定必须以前期客观、详实的质量评估结果为基础。监理单位要对日常巡视、旁站监理、平行检测、专项检查等活动中积累的数据进行系统整理，其中包括质量检验批验收记录、不合格项报告、材料进场复试数据、混凝土强度评定结果、实体质量检测报告、相关影像资料等。这些原始数据是认识质量状况、发现质量问题的根本依据，因此必须保证其真实、完整、系统。

在收集了足够的评估信息之后，就要用科学的统计分析方法来对问题进行归纳和剖析。例如可以采用排列图法找出造成大部分质量问题的主要因素，从而集中精力解决主要矛盾；也可以用因果分析图深入探究某一个典型质量缺陷背后人员、机械、材料、方法、环境等深层次的原因。经过上述分析，监理单位就可以剔除问题的表象，把主要精力放在主要问题上，使改进方向更加集中。

在此基础上设立的质量改进目标要符合 SMART 原则，即具体、可衡量、可实现、与总体目标相关联、有时间限制。目标不能是“提高施工质量”这样模糊的口号，而应该是一个具体的、可量化的指标。本标段碾压混凝土心墙的干密度合格率由现在的 95% 提高至 98% 以上或者在三个月内将渠道衬砌板的裂缝率降低 50%。这样的目标既给改进工作指明了具体的方向，又给后续效果的检验给出了明确的标准，保证整个改进活动闭环的严谨性、有效性。

（二）改进措施的资源配置与时间表

确定了具体的改进目标后，必须要制定出详细的、可行的改进措施，为其配置必要的资源、明确实施的时间表，这是把改进意图转化为实际行动的关键步骤。资源配置不单是资金的投入，它包含人力、物力、技术、信息等各个方面。监理单位要和项目法人、施工单位一起对实现改进目标所必需的各种资源进行全方位的评价。人力资源上，可以增派有经验的技术人员到现场指导，也可以组织专项技术培训来提高一线作业人员的技能水平。物力、技术资源上可以采购更精密的

检测仪器、采用新的施工工艺或材料、使用信息化管理软件加强过程控制等。所有这些资源需求都应该列成清单，对资源可用性、获取途径、成本进行评估，保证资源保障可以落实到位，避免因资源匮乏造成改进计划中途停止。

时间表的制定，是保证改进措施有序推进的基本保障。一份有效的时间表应该将启动、执行、监控、完成等各个阶段清晰地列出来。它要将宏观的改进目标拆解成一系列具体的、可执行的子任务，给每个子任务设定明确的开始时间和结束时间、关键节点和预期成果。以“提高混凝土浇筑质量”为例，时间表可以细化为第一周完成专项施工方案优化与评审，第二周组织全体作业人员进行技术交底和培训，第三周到第五周在某仓面开展试点施工并采集数据，第六周完成效果评价并修订作业指导书。时间表的制定应符合实际，充分考虑现场施工进度、工序衔接和天气等外在因素的影响，用甘特图等工具进行可视化管理，使各相关方对改进工作的节奏、进度有一个清晰的认识，便于动态跟踪与协调。

（三）责任部门与人员的任务分工

周密的计划、充足的资源，如果没有明确的责任承担者，就不能转化成高效的行动力。因此，制定质量改进计划时必须对每一项改进措施进行清晰、具体、无交叉、无空白的任务分工，把每项改进措施的责任落实到具体的部门、岗位乃至个人。这是保证计划执行力的前提，也是建立质量责任追溯体系的重要组成。

水利工程监理工作要打破参建单位的界限，合力合作。监理单位一般作为改进活动的发起者、协调者和监督者，在监理单位内部要明确总监理工程师、专业监理工程师、监理员在改进过程中各自的责任。专业监理工程师对方案的技术可行性进行审核，并对方案实施的过程进行监督，监理员对现场的数据进行收集并做初步的验证。

施工单位是改进措施的直接执行者，所以内部责任划分就显得尤为重要。项目经理部牵头负责，将任务分配给技术部门、质量部门、物资部门及各施工队组。技术部门主要负责施工工艺的改进和技术交底文件的编制，质量部门负责过程中的自检、数据记录和分析，物资部门负责改进所需的新材料、新设备按时到位且质量合格，施工队组负责人对一线作业标准化执行负直接责任。

为了保证任务分工的严肃性、权威性，所有的职责分配都要用正式文件来确定，编制出质量改进任务分解表和责任矩阵表，在专题会议上公布，交底给所有有关人员。书面化、公开化的沟通方式可以使每一个参与者清楚自己的责任范围、

任务内容、标准要求、完成时限，从而最大程度上避免职责不清、推诿扯皮的现象的发生，为改进计划的顺利实施提供组织保障。

质量改进任务分解及责任矩阵表

参与方	部门 / 岗位	主要职责
监理单位	总监理工程师	改进活动总体策划、决策、协调、监督
	专业监理工程师	审核方案技术可行性、监督实施过程、技术指导
	监理员	现场数据收集、初步验证、日常巡视检查
施工单位	项目经理部	牵头负责、任务分配、资源协调
	技术部门	施工工艺改进、技术交底文件编制、方案优化
	质量部门	过程自检、数据记录与分析、不合格项处理
	物资部门	新材料 / 设备采购、到场检验、供应保障
	施工队组	一线作业标准化执行、现场问题反馈
项目法人	相关部门	资源审批、重要决策支持、宏观指导与协调

二、改进效果的验证与反馈

（一）改进措施实施后的效果对比

质量改进效果的验证，核心就是通过科学、客观的量化对比，用数据来评价改进措施是否达到预期的目标。验证工作要围绕改进计划开始时确定的各项具体指标来开展，采用“改进前”和“改进后”的状态对比分析法，直接呈现效果。监理单位应组织有关人员，按照前期评价相同的标准、方法，对实施了改进措施的部位或者工序进行新一轮的质量数据采集。

数据采集方式要多样化，有针对性。实体质量可以采用现场复测、钻芯取样、无损检测等方法获得硬性指标，例如混凝土强度、钢筋保护层厚度、坝体压实度等。过程控制质量方面需要查看新的施工记录、质量检查表、工序交接单等，来判断过程参数是否稳定、规范。同时收集一线作业人员、质检员等直接参与者的意见也十分重要，他们的亲身感受可以作为量化数据之外的补充，有利于了解改进措施在实际操作中是否有效，是否存在操作性问题。

新数据收集完毕后，重要任务就是对新数据和改进前基准数据进行对比分析。如果数据显示改进目标的各项指标都达到了或者超过了预期值，比如某项质量缺陷发生率明显降低，那么就可以初步判定改进措施是有效的。反之，数据没有明显改善，甚至出现新的问题，则说明原来的改进措施有偏差或者不足。此时必须

对原因进行深入分析,探究是方案本身设计不合理、资源配置不足、执行过程走样还是由于一些没有预料到的外部因素造成的。根据数据的对比分析,给后续的决策提供最直接、最有力的证据,保证改进循环的科学性、严谨性。

（二）持续改进成果的固化与标准化

当某一个改进措施经过效果验证,被证明是成功的、有效的,那么接下来最重要的工作就是将成果固化、标准化,使之从临时的、个别的成功实践变成项目乃至企业范围的长效机制。成果固化是防止质量水平下降、保存组织知识资产的重要手段,也是实现管理水平整体跃升的必经之路。如果不进行标准化,成功的经验就会随着人员的流动或者时间的推移而消失,不能形成持续的价值。

成功的改进成果形成标准化的管理文件和作业流程,是固化工作的主要内容。需要监理单位同施工单位共同对现有管理规范文件进行系统性修改,使改进意见被正式吸收采纳。具体的实践途径一般包括以下几个方面:

1. 文件化:将经过验证的有效方法、技术参数、控制要点等文件化,写入相关的管理制度或技术标准中。这会牵涉到对监理规划及监理实施细则局部的修改、施工单位施工组织设计和专项施工方案的改进、质量检验评定标准具体条款的补充、作业指导书和质量控制图表的更新。文件化过程给新的标准赋予了新的权威性以及可操作性。

2. 培训宣贯,标准化文件只是开始,核心是使所有的有关工作人员理解新的标准、流程。项目部应根据工程具体情况,对管理人员、技术人员、一线操作工人进行有针对性的培训,详细交待新标准的要求、操作要点及其背后的原理。通过理论学习、现场演示、实际操作演练相结合的方式保证新标准准确执行,使员工把新标准内化为自己的工作习惯。

3. 监督考核是为了新标准得以持续,必须将新标准纳入质量监管体系、绩效考核体系之中。监理工程师在巡视、检查时要将新标准执行情况作为重点检验内容。项目管理层应当将新标准的遵守情况同班组或者个人绩效评定挂钩,用正向激励和反向约束来加强执行力,使改进成果长期、稳定地发挥作用。

（三）未解决问题的转入下一循环

质量管理的持续改进是无止境、螺旋式上升的。在任何一个管理循环中,彻底解决所有的预定问题是理想状态,但是水利工程实践复杂多变,有些问题不能完全解决,改进的目标也可能只部分实现,甚至在改进的过程中又会产生新的问题。

对遗留问题不能忽视或者搁置，而应该把它们看作新一轮改进循环的起点和输入。

首先要对本轮循环中没有解决或者没有完全解决的问题进行系统的、详细的梳理和分析。监理单位同施工单位对整个改进过程进行总结，分析问题没解决的原因。可能是由于最初分析问题时没有剖析出问题产生的根本原因，所采取的改进方法治标不治本；也可能是所采用的技术、方法存在缺陷，没有达到预期的效果；或者是在实施过程中出现了新的阻力、限制因素。清楚地认识到并记录下这些原因，对于下一轮改进时不出现类似的问题非常重要。如发现某项新工艺因为现场工人技能不熟练而不能成功实施，那么在下一轮计划中就必须把加强针对性技能培训作为核心前置任务。

在分析总结之后，被明确识别出来的遗留问题以及相关的分析资料，将被正式、系统地转入到下一个管理循环的计划阶段。它们是新一轮质量改进计划分析的对象，也是拟定目标的主要内容。转入的过程表明质量改进工作具有连续性、动态性，保证管理体系始终有发现问题、分析问题、解决问题的能动性。经过这样周而复始、循环往复，把复杂的大问题拆解成各个阶段可以逐步解决的小问题，使工程质量在循环中不断、稳定地提高到一个更高水平，真正体现了动态控制与持续改进的内涵。

第五节 质量考核与奖惩制度

一、施工单位的质量考核

（一）质量目标责任状的兑现考核

质量目标责任状兑现考核是对施工单位履约能力的检验，过程要动态化，结果要权威、严肃。监理单位要把责任状中各项质量承诺变成可以量化的阶段性目标，并嵌入到日常的监理工作中。将主体工程一次验收合格率、关键工序优良率、新材料新工艺应用成功率等设为硬性指标，定时进行数据采集与对比分析。考核不能只停留在竣工时的最终评定上，而应该贯穿于施工的全过程。月度或者季度考核会议中，监理方应当将考核结果告知施工单位，对施工单位在质量控制方面取得的成果以及不足之处进行点评。不符合要求的地方应当写出详细的整改措施及预防办法，经过总监理工程师批准。在不断的压力传导和闭环管理之下，可以

避免施工单位前期懈怠、后期赶工的混乱。

兑现考核要与工程款支付紧密结合，这是保证考核有效性的最直接的方法。监理单位应按照合同约定的方式审核工程进度款支付申请，将责任状目标完成情况作为一项重要的审核依据。超额完成的部分按协议约定比例提前支付或上浮支付额度；未按时完成任务的，则扣减或者暂停部分款项的支付，待整改达标后恢复支付。将质量表现同经济收益直接挂钩的做法，可以有效地触动施工单位的管理层，促使他们把质量意识真正落实到行动上。同时所有的考核记录、奖惩凭证都要规范归档，作为综合评价、合同结算的法律依据，保证考核过程的公正透明、可追溯，从而保证监理工作的权威性。

考核过程本身就是一种信息交流、管理改善的过程。通过分析数据、评价反馈的结果，监理单位能得到施工质量动态变化信息，也能发现施工单位在组织管理、技术能力、资源调配等几个方面存在问题。监理单位可以借此机会向施工单位提出建设性的管理建议，从根本上提高其质量保证能力。把“监督者”角色适当转变为“协助改进者”，有利于保持良好的合作关系，从而达到工程整体质量目标。责任状兑现考核结果一方面会影响施工单位的当期收益，另一方面也会成为施工单位企业信用评价的一部分，进而对施工单位未来的市场准入、招投标资格产生影响。

（二）违规行为的罚款与违约处理

在水利工程监理过程中，对施工单位的违规行为进行及时公正的处理，是保证工程质量、施工规范性的重要保障。监理单位对施工单位违反设计图纸、施工规范、技术标准或合同条款的行为，应当按照规定程序处理。从发出监理工程师通知单或者工程暂停令之日起，在通知单上要明确写出违规事实、整改要求、整改期限，同时附上影像资料、检测报告等客观证据。这是监理职责的体现，也是以后进行罚款或者违约处理时的法律依据。监理方对违规行为的性质、严重程度作出准确判断，判断其属于一般质量缺陷还是结构安全、使用功能的重大问题，在合同范围内采取相应措施。

施工单位在规定时间内未完成整改、整改结果不符合要求、屡教不改时，监理单位可以按照工程承包合同中约定的罚则条款，启动经济处罚程序。罚款数额应当与违规行为的严重程度、造成的损失大小、合同约定相适应，防止处罚过重或者过轻。所有的罚款决定都应当以书面形式通知施工单位，并抄送项目法人，保证程序合法。对偷工减料、使用不合格材料、关键工序野蛮施工等严重违规行为

为，在经济处罚的基础上还要启动合同违约处理程序。可能要求施工单位更换项目负责人，对相关班组进行清退，在极端情况下，则会由项目法人按照合同规定解除部分或者全部合同。整个处理过程必须严格按照法规制度来执行，保证监理工作的公正、规范，对潜在的违规意图起到震慑的作用。

（三）优秀分包商的评选与激励

施工总承包模式下，为了调动各个专业分包单位的积极性，建立优秀分包商评选和激励机制就显得尤为重要。不仅可以促使总包单位加强对分包队伍的管理，还可以在项目范围内形成一种“比、学、赶、超”的质量氛围。评选工作要由监理单位、施工总包单位共同完成，保证评选过程的公平公正。

评选优秀分包商的标准应该有多个方面、量化的特点，用以全方位反映分包商的综合履约能力。其主要考察的维度与内容见下表：

优秀分包商评选标准

维度	主要考察内容
工程质量表现	单元工程合格率、关键工序质量控制、质量通病发生率、一次性验收通过率、技术资料完整性与准确性
安全文明施工	安全管理体系有效性、现场防护措施、文明施工及环保措施执行、安全事故发生率
进度履约能力	总进度计划执行、关键节点工期完成、进度偏差协调与资源调配能力
配合与协调能力	与总包 / 监理 / 其他单位沟通配合顺畅度、交叉作业矛盾解决的积极性与有效性

激励措施的制定要物质和荣誉兼顾，以取得最好的激励效果。对评选为优秀分包商单位的，可以采取不同的奖励形式。物质上可以给予超出合同约定的专项奖金，在工程款支付、结算等各方面提供便利。荣誉由项目法人或者总监理机构颁发荣誉证书或者奖牌，在项目宣传、工地观摩等活动中公开表彰。更为长远的激励就是将其列入优质分包商资源库，在以后的工程项目中得到优先推荐或者议价的机会。一方面可以有效地提高分包单位的质量责任感、荣誉感，另一方面也可以为总包单位、项目法人选择和培养长期、可靠的合作伙伴提供科学的依据。

二、监理人员的内部考核

（一）监理绩效评价指标体系

创建科学、全面、完整的监理绩效评价指标体系，是实行监理人员内部精细

化管理与激励的前提。体系设计不能只停留在考勤式的管理上，应该转变为以履职效果为评价导向的综合性评价。指标包含工作态度、专业能力、工作实绩、廉洁自律这四个部分，以保证评价的全面性、客观性。工作态度可以考察其主动性、责任心、服务意识，专业能力可以考察其对规范标准的熟悉程度、解决复杂技术问题的能力、书面和口头表达的清晰表达能力。

工作实绩是绩效评价的重点，它的指标应该尽可能量化的减少主观判断造成的偏差。可设置的量化指标有旁站、巡视、见证取样的次数和质量，签发监理通知单、报告的数量和准确性，发现并处置质量安全隐患的次数，所负责分项工程的质量验收合格率，监理日志、月报等内业资料的规范性和及时性。数据可以反映监理人员工作量的多少以及其工作效率，成为评定监理人员工作绩效的根据。

除了量化的指标，定性的评价也不可缺少。对于沟通协调能力、团队合作精神等很难量化的素质，定性评价就显得尤为重要。定性评价可以采取多源反馈的形式，总监理工程师、项目法人代表、施工单位对应项目负责人根据日常接触情况，匿名或者实名打分。360度评价法可以全方位体现监理人员在项目团队中所起的作用及影响，从而弥补单纯依靠数据考核的不足。

绩效考核结果要和监理人员的自身利益相结合，才能起到应有的导向作用。评价周期可以分为月度、季度、年度，短期评价结果和月度绩效工资挂钩，年度综合评价结果作为评优评先、岗位调整、职务晋升、续签劳动合同的重要依据。创建这样一种责权利清晰、奖惩分明的绩效评价指标体系，可以调动每一个监理人员的积极性，促使他们不断提高业务水平和履职能力，从而给整个监理团队注入源源不断的活力和战斗力。

（二）失职行为的责任追究办法

为了保证监理工作的严肃性、公正性，必须要建立失职行为责任追究办法。该方法主要内容包括界定失职行为，规范调查程序，依据行为的严重程度和造成的后果来分别实行不同的处理办法。失职行为包括：不按规定进行旁站监理或者巡视检查，使关键工序出现严重质量缺陷；对施工单位的明显违规行为视而不见，不及时制止或者上报；材料、设备进场验收把关不严，不合格产品被使用到工程中；伪造或者篡改监理记录、检测数据等。

责任追究程序要规范化。监理人员出现失职时，监理单位应当立即组成由上级领导、技术负责人、人力资源部门三人组成的调查小组进行调查。调查应当采

用查阅监理资料、询问相关人员、现场勘查等方式取得全面的证据，查明事实。在调查过程中应该给予当事人陈述申辩的权利，保证程序的公正公平。调查结束后应当形成书面报告，明确责任认定。根据失职行为情节的轻重，可采取以下不同的处罚方式：情节较轻、没有造成实质性损失的，可以采取内部通报批评、扣减绩效奖金或者强制参加培训；情节较重、造成一定经济损失或安全隐患的，可以采取降职、待岗或者调离项目等方式予以处罚；因严重失职而造成重大质量安全事故或者涉及违法犯罪行为（受贿）的，在解除劳动合同的同时，依法将涉事人员移交司法机关追究其法律责任。

（三）优秀监理人员的奖励机制

与责任追究相对应的应该建立一套正向的优秀监理人员奖励机制，这对塑造积极向上的团队文化、稳定核心骨干队伍起到的作用是不可替代的。奖励机制应该把精神奖励和物质奖励结合起来，短期激励和长期发展结合起来，全方位地肯定和回报在平凡岗位上做出不平凡贡献的员工。奖励评定要以前面所述的监理绩效评价指标体系为依据，保证评选过程的公开、公平、公正，使获奖者名副其实，其他员工心服口服。

物质奖励是最直接的激励手段，可以设立各种奖项来表彰不同的突出表现。月度绩效之星授予当月综合评分最高的人员，质量安全卫士授予成功避免重大质量安全隐患的人员，技术攻关奖授予解决复杂技术难题起关键作用的人员。这些奖项应该有可观的奖金或者实物奖励，并且要及时兑现，以达到激励的效果。年度评选出的优秀总监、优秀专业监理工程师等荣誉要和年度奖金、薪酬等级晋升等直接挂钩，给予更有分量的回报。

精神激励、职业发展机会属于更为长久、更为有效的激励方式。对于评选出的优秀监理人员除公开表彰颁发荣誉证书之外，还要提供更多的成长空间。即：优先推荐高层次的专业技术、学术研究培训来开拓视野；将员工确定为后备干部或者技术专家培养对象，为其制定职业发展路线；当有新的重大工程或难度大的工作出现时，给予其优先选择权和晋升机会。使优秀的员工在得到即时的物质满足感的同时，也能看到清晰的职业发展通道和广阔的发展前景，从而增强员工对企业的归属感和忠诚度，形成人才与企业共同成长的良性循环。

第六章 水利工程竣工验收阶段的质量控制

第一节 竣工验收标准与程序

一、验收依据与标准规范

（一）国家现行验收规程的适用

水利工程竣工验收应依照国家以及水利行业现行颁布的有关法律、法规和强制性技术标准进行。这些规程是经过长期工程实践总结提炼出来的成果，有普遍的指导性、权威性。如《水利工程项目验收管理规定》、《水利水电建设工程验收规程》等，都对竣工验收的条件、分类、程序、内容、组织形式等做了系统的明确的规定。监理工程师要对这些规定有深刻的认识并加以执行，保证验收工作每一个环节都符合国家宏观管理的要求。

监理单位需要审核工程是否符合规程中列出的各项竣工验收条件，即工程是否按照批准设计全部完成，历次验收发现的问题是否已经处理完毕，竣工财务决算是否已经编制完成并经过审计，环境保护、水土保持、移民安置等专项验收是否已经完成并且合格。这些规程给验收工作赋予了统一的标准，有效地防止了由于标准不同所引发的质量评定偏差。规程中对于政府验收、法人验收的划分也明确了各个层次的验收职责和定位，监理单位应根据此部分的规定，协助项目法人履行其在法人验收中应负的主体责任，并积极配合政府验收工作的顺利开展。

正确地使用国家现行规程，是保证竣工验收合法合规的根本条件。监理单位应当将它作为质量控制的最高标准，在宏观上把握验收工作方向与重点，保证工程项目在程序和实体上都符合国家和行业统一规定。这既是对自己所代表的项目法人负责，也是对社会公众、对历史负责，为工程的长治久安打下了牢固的制度基础。

（二）设计文件与合同约定的条款

经批准的设计文件，即初步设计、技术设计、施工图纸，是工程建设的直接蓝图，也是竣工验收时评判工程实体是否符合功能与质量要求的主要技术依据。

监理工程师对照最终版设计文件及所有重大设计变更文件,对工程物理参数、结构尺寸、材料规格、设备性能等进行核实。工程实体质量验收时,对建筑物外观、混凝土强度、金属结构防腐等必须按照设计图纸和技术说明书的要求进行。

施工合同是项目法人和施工单位之间建立起来的法律关系,它对工程质量、进度、安全、造价等各方面作出了具体的约定。竣工验收阶段,施工合同是法人验收的依据,也是解决争议、明确责任的文件。监理单位应根据合同的规定,对合同约定的工作内容是否全部完成、工程质量是否达到约定标准、工程质量缺陷是否按要求处理完毕、工程完工结算是否符合约定进行审查。合同中有关工程保修期起算时间、期限等条款,在验收时也应加以确定,从而保证工程交工后的正常运行与维护。

设计文件、合同条款共同构成项目级的验收标准,将宏观规范要求具体化、项目化。监理工程师在竣工验收时要把二者结合起来,既保证工程的建设符合原设计意图,又保证所有建设活动都履行了合同中的承诺。双重约束下的质量控制能很好地结合技术要求和法律责任,保证验收结论的准确性、公正性,真正保护参建各方的合法权益。

(三) 行业专项质量标准的执行

除通用验收规程之外,水利工程建设又牵涉很多专业,每一个专业领域都对应着相应的行业技术标准以及质量评定规范。专项标准具有很强的针对性,技术要求更加细致,是评定某一个工程部位或者环节施工质量的重要依据。以水利水电工程单元工程施工质量验收评定标准系列(SL 631至SL 637等)为例,对土石方、混凝土、地基处理等不同的工程单元质量评定作出了详细的规定。

竣工验收阶段,监理工程师除了要对各个分部工程、单位工程的质量评定结果是否合格进行审查之外,还要审查各个评定过程是否按照相应的专项标准进行。这包括:它包括以下方面:

1. 检验质量的方法是否合规。专项标准一般会规定必须使用的检测仪器、检测方法和评定计算规则。监理方要确认施工单位自检、监理抽检和第三方检测所用的方法均符合标准要求,保证检测数据可靠有效。

2. 对审查质量评定记录是否完整进行审查。从最基本的工序(检验批)质量评定,到单元工程、分部工程,直至单位工程,每一层级的质量评定都必须以完整的、规范的记录文件为依据。监理单位应审查质量评定结论的逻辑性、一致性,

保证质量评定结论有完整的追溯链条。

3. 对特殊工程部位的专项要求予以关注。防渗墙、高压闸门、大型水泵机组等技术复杂、对安全运行影响大的部件的专项标准一般都会提出更加严格的要求。监理工程师要重视对重要部位的验收工作，保证达到或者超过专项标准的要求。

行业专项标准是对通用规程的深化补充，它们和通用规程一起构成水利工程质量验收完整的技术体系。监理工程师在竣工验收中所起的作用，就是保证这一技术体系不折不扣地执行，通过对专项标准执行情况的严格把关，将质量控制真正落实到工程的每一个“细胞”里，从而保证整个工程的“健康”和“强壮”。

二、竣工验收的组织与流程

（一）竣工验收工作组的职责分工

水利工程的竣工验收通常由验收主持单位组织成立验收委员会或验收工作组来具体实施。该工作组为临时性、综合性的组织，成员由项目主管部门、项目法人、设计、监理、施工、设备供应、运行管理单位代表以及有关领域专家组成。明确各个成员的职责分工，是做好验收工作的前提。竣工验收工作组成员详细职责分工如下表所示：

竣工验收工作组成员职责分工表

成员角色	主要职责	关键作用
项目法人	组织协调，全面汇报工程建设管理情况，提供资料并保证真实性	工程建设责任主体，负责整体组织与信息提供
设计单位	解答设计问题，确认工程实体符合设计意图	确保工程符合原始设计理念与技术要求
施工单位	汇报施工及质量自检情况	对工程实体施工质量负责
监理单位	提交工程质量评估报告，对质量等级作出独立评价	独立、客观地评估工程质量，为验收结论提供重要参考
运行管理单位	从使用者角度提出意见（可操作性、维护便捷性、运行条件）	确保工程未来运行、维护的便捷性和有效性
特邀专家	剖析关键技术问题，提供专业判断	为验收结论的科学性、技术深度提供智力支持

清晰的分工使得验收工作各司其职、责任明确、协同合作，确保工程质量评价的全面性和深入性。

（二）现场查验程序与内容

现场查验是竣工验收过程中最为直观、核心的环节，也是检验工程实体质量、核实工程建设成果的主战场。基本程序一般遵循先看全局、再看局部，先看外观、再测内在的原则。验收工作组先对工程整体面貌、周边环境协调性做宏观检查，再对各个关键建筑物、重要部位做详细勘查。

现场查验内容很多，主要是从实体质量、功能实现两方面进行。实体质量方面主要是对大坝、堤防、厂房等主要建筑物的结构外观进行检查，看有无裂缝、渗漏、不均匀沉降等质量缺陷；金属结构方面检查闸门、压力钢管等的安装质量、焊缝外观及防腐涂层；机电设备方面核查水泵、发电机组等的安装精度和接线规范。功能实现部分主要用动态测试来验证。对闸门做全行程启闭试验，检验其运行的平稳性及密封性；对水泵或水轮发电机组做试运行，检验其振动、温升、出力等性能指标是否符合设计要求；对自动化监控系统做联合调试，检验其数据采集、传输、控制功能是否可靠。对于隐蔽工程主要是查阅详尽的影像资料和验收记录来核实。现场检查时会进行质询与回答。验收组成员可以随时对施工、监理单位提出的问题进行质询，要求施工、监理单位作出解释和说明。

（三）验收会议的议程与结论形成

验收会议是竣工验收工作最后做出决定性的环节。议程的设计目的在于保证所有的信息都能够得到充分的展示，所有的意见都能够得到充分的阐述，最后得出科学、公正的验收结论。会议一般由验收委员会主任委员主持，议程有条理、有秩序。

会议先由项目法人、设计、施工、监理、运行管理单位依次作工作报告。项目法人的建设管理工作报告宏观地介绍了整个项目的总体情况，施工单位汇报工程实施和自检情况，监理单位提交的质量评估报告则是从第三方的角度给出独立的评价。随后，竣工技术预验收工作组或者相关专家小组，就技术检查或者鉴定的情况进行汇报并提供技术支持。报告汇报结束之后就是讨论审议阶段。验收委员会成员根据之前的现场查验情况和审阅的档案资料，对工程建设各方面进行评议，对遗留问题集中讨论，提出处理意见和责任方。

会议的主要任务就是通过《竣工验收鉴定书》。充分讨论修改之后形成的鉴定书草稿，再由验收委员会进行表决。验收结论必须经过三分之二以上的成员同意才有效。持有不同意见的成员的保留意见也要在鉴定书中予以说明。鉴定书将

作出通过验收、限期整改复核或不予验收的结论，对工程质量进行总体评价。这份所有委员签字的鉴定书，是工程进入正常运转或者资产交接的基础文件，意味着工程已经圆满地结束了。

第二节 工程质量评定方法

一、外观质量评定

（一）外观检查的项目划分

水利工程外观检查项目划分要按照工程具体类型及结构特点来实施，从而保证评定的全面性、针对性。一般项目划分包含水工建筑物、大坝工程、堤防工程、渠道工程等。对混凝土结构主要检查表面平整度、色泽均匀性、有无裂缝、蜂窝麻面、露筋等常见缺陷。砌石工程主要是检查砌体的平整度、灰缝的饱满程度以及是否有松动脱落。金属结构物的检查主要是焊缝质量、防腐涂层的完好性、色泽均匀度。建筑物轮廓线顺直度、曲线段圆滑度、排水设施通畅性、栏杆、扶手等附属设施安装牢固性及美观性，都是不能忽视的检查项目。

精细化的项目划分可以保证工程每一个细节都能被质量检查覆盖，从而有效防止由于检查不到位造成的质量隐患。项目划分一般由项目法人单位牵头，组织监理、设计、施工等各方一起参与。在主体工程开工之初，各方会按照工程特点及有关技术标准制订详细的划分方案，报工程质量监督机构确认，保证划分方案的科学性、权威性。

（二）评分标准与打分方法

外观质量评定的评分标准以及打分方法都是保证评价结果公正、客观的重要条件。一般用百分制评定，根据各个评价项目的权重分配总分 100 分。大体积混凝土的表面质量、关键受力构件的暴露部分等重要部位会得到更高的分值权重。具体的评分工作由评定小组来完成，评定小组由项目法人组织，成员为监理、设计、施工和运行管理单位等具有相应职称的专业人员。

打分方法以定性观察和定量检测为主。评定小组会根据事先制定的评定标准对评定对象进行全面的考核。对于平整度、垂直度、轮廓线偏差等可以量化的指标，使用专业的仪器进行测量，根据实际测量的数据计算合格率。评分时会按照

一定的得分率换算规则。按照水利水电工程施工质量检查、评定标准，检测结果可以分等级。关于具体的得分率划分，可以参考下面外观质量评定得分率参考表。当合格率是 100% 的时候，得分为 100%；当合格率在 90% 到 99.9% 之间的时候，得分为 90%；其它等级依此类推。最后该分用其标准分乘以对应的得分率得出。对不能完全量化的项目如色泽均匀度、观感协调性等，评定小组会根据经验和标准对每个项目打分，然后取算术平均值作为该项目的最终得分。

外观质量评定得分率参考表

检查结果合格率	对应得分率	评定等级
100%	100%	优良
90% - 99.9%	90%	良好
70% - 89.9%	70%	合格
< 70%	0%	不合格

（三）外观缺陷的处理与扣分

外观质量评定过程中一旦发现外观缺陷，必须严肃、规范地进行处理，根据缺陷的严重程度相应扣分，这就是质量控制闭环管理的具体体现。监理机构在日常巡视或者专项检查过程中发现外观缺陷之后，首先要对缺陷的性质、范围、严重程度做出准确的界定，深入分析缺陷产生的原因，判断该缺陷是否会对结构安全或者正常使用功能造成影响。对一般性、不危及结构安全、不影响功能的小缺陷，如小范围麻面、少量影响排水的小积水等，监理工程师可要求施工单位在规定期限内修补处理，经处理合格后予以销项。

但是对超出规范允许范围或者影响工程安全、功能的严重缺陷，监理单位必须签发书面整改通知，要求施工单位制定专项处理方案。该处理方案必须得到监理单位与设计单位的共同确认之后才能执行。处理完毕后，必须重新组织检查验收，保证缺陷已经妥善处理，完全符合设计及规范要求。在扣分方面，评定标准中一般会规定各种缺陷的扣分标准。扣分值的大小同缺陷的严重程度、出现部位、修复难易程度有密切关系。结构关键部位的裂缝，扣分权重要比非承重部位的表面缺陷大得多。如果缺陷经处理后仍不能达到优良标准，或者存在无法修复的情况，即使不影响结构安全，也应该在评定时扣分，并在最终的质量评定报告中予以说明。

二、质量保证资料核查

（一）资料的完整性与真实性核查

资料的完整性、真实性是核查工作最基本的条件。完整性即工程各个环节，从原材料进场、工序施工到单元工程、分部工程验收的过程都应该有相应的质量记录文件，从而形成完整的证据链。监理工程师应根据工程进度及有关规范，检查有无资料不齐全现象，隐蔽工程验收记录、重要的材料复试报告、设计变更单等重要资料是否缺少。核查内容一般为监理规划、实施细则、质量检查记录、验收报告、整改通知、会议纪要等各类文件。

真实性核查是保证资料内容同工程实际情况一致，防止质量数据造假的重要环节。监理人员要采取现场比对、抽查复核等手段予以证实。将混凝土试块制作记录与实际使用部位进行核对，核对钢筋进场批号、质量保证书与实际使用情况是否一致，审查所有文件的签字是否齐全、规范，分包单位的资料需由其自行盖章，经总包单位审核确认。对于出现的数据矛盾或者记录疑点，必须追查到底，查明原因。任何数据修改都必须按照划改原则，保留原始记录以便追溯，严禁涂改或者伪造。

（二）检测数据的逻辑性与闭合性

核查检测数据不能只看其是否真实，还要分析检测数据内在的逻辑性以及时间的闭合性。逻辑性审查就是看各个数据之间是否存在着合理的联系和相互支撑。混凝土强度评定所依据的试块抗压强度报告，其报告日期必须晚于试块的制作和养护日期；地基处理后的承载力检测数据，应与设计要求的数值进行对比分析；隐蔽工程的验收记录时间点，则必须在其被下一道工序覆盖之前。

闭合性审查主要是检验质量控制流程是否形成了完整的闭环。一项质量问题的发现、整改通知书的发出、施工单位的整改、结果反馈到监理的复核确认全过程必须形成闭环。监理审核时要保证每份整改通知都有对应的整改答复和复查记录。同样一份材料的进场报验也必须有合格检验报告和准许使用监理指令。双重审核数据逻辑链和 workflow 链可以找到管理漏洞、质量风险，保证工程资料的严谨性、可靠性。

（三）竣工图的编制质量审核

竣工图是反映工程竣工时实际情况的图样，是工程运维、改扩建的重要依据。监理单位对竣工图进行审核，是保证竣工图质量的重要环节。审核的第一个内容

就是竣工图的真实性、准确性，即图纸内容是否与工程实体完全一致。监理工程师根据施工过程中所有的设计变更通知单、工程洽商记录、现场签证等文件，逐项核对竣工图的修改内容是否全部、准确地反映在图纸上。

对竣工图的完整性、规范性进行检查。完整性要求所有的专业（建筑、结构、水电等）的图纸齐全，不得缺少。规范性是指竣工图的绘制要符合国家制图标准，图面整洁、字迹清楚、按照规定的形式盖好竣工图章。竣工图章的内容要包括施工单位、编制人、审核人、技术负责人和监理单位的现场监理、总监理工程师签字等，以保证责任主体明确。监理单位在审核时主要看图与图之间是否做了相应的修改，目录是否与实际图纸内容一致，所有修改依据文件手续是否齐全有效。

第三节 缺陷处理与整改验证

一、遗留问题的梳理与确认

（一）不影响运行安全的一般缺陷

不影响运行安全的一般缺陷，一般是指不会对工程结构安全、基本使用功能和耐久性造成实质性影响的质量问题。这类缺陷主要是外观瑕疵或者尺寸的轻微偏离，比如混凝土表面少量蜂窝、麻面、局部平整度、垂直度轻微超标、非承重部位构件尺寸细微差别等。虽然定性为“一般”，但并不表示可以忽视或者随意处理，监理单位仍然要执行严格的管理程序。监理工程师在现场检查时一旦发现此类问题，应该立即拍摄现场照片，详细记录具体位置和有关参数，并规范填写到《工程质量缺陷备案表》里，形成书面记录。

监理单位的主要职责就是判定其影响程度，监督施工单位选择最合适的修补措施。其处理方法较简单，一般采用表面打磨、专用砂浆抹平、环氧树脂修补等。对于修补后仍不满足要求的缺陷，经充分论证并取得设计单位、项目法人书面同意后，可以作为观感质量进行一般性验收，但必须是个别现象，不能成为普遍现象。整个处理过程所有的资料，包括业主、监理、施工单位共同认可的文件，以及修补前后的影像资料，都要完整的归档，保证质量缺陷处理形成闭环管理，给工程的最终评价和长期维护提供准确的依据。

各类缺陷的特征及其监理单位的主要职责，详见下表：

缺陷类型与处理策略

缺陷类型	主要特征	潜在影响
一般缺陷	外观瑕疵，尺寸轻微偏离；不影响结构安全、基本功能及耐久性。	不会构成实质性威胁。
重大缺陷	影响结构安全、运行稳定、防渗效果或设计功能；如贯穿裂缝、不均匀沉降等。	导致工程事故，造成巨大经济损失和安全风险。
监督机构提出的整改意见	违反国家法律法规、强制性标准；具备法定权威性。	法律合规性风险；影响工程验收。

（二）需要限期处理的重大缺陷

限期处理的重大缺陷指的是会对工程结构的安全性、运行稳定性、防渗效果或者设计功能造成严重影响的质量问题。如果不及时彻底解决，就会造成工程事故，造成巨大的经济损失和安全风险。典型的重大缺陷有：大坝、堤防等主体建筑物出现贯穿性裂缝、不均匀沉降；重要水工建筑物钢筋错位、严重露筋；防渗墙（体）出现集中渗漏通道；关键设备基础强度不足。此类缺陷出现的时候，常常体现出施工管理、技术方案、材料品质等各方面的深层次问题。

监理单位在发现重大质量问题的时候应该立即作出决定，停止工程。应立即发出工程暂停令，要求施工单位停止该部位或者整个工程的后续施工，防止缺陷影响范围扩大或者被后续工序掩盖。同时监理单位应立即把缺陷的严重程度以及初步判断告知项目法人、质量监督机构。总监理工程师应该马上组织项目法人、设计单位的技术负责人以及本行业专家召开专题会议，到现场去分析缺陷产生原因的本质是什么，是设计、材料还是施工工艺造成的结果。

根据准确的成因分析，监理机构要督促并审查施工单位和设计单位共同拟定的专项处理方案。该方案在技术上要可靠，措施具体，责任明确，具有很强的操作性。监理机构在审查通过之后，会对处理过程进行全程旁站监理，保证方案的每一项措施都得到落实。与重大缺陷有关的所有的指令文件、会议纪要、分析报告、处理方案、实施记录等都应当作为重要的技术档案予以妥善保存，便于对重大质量风险处置全过程进行追溯。

（三）质量监督机构提出的整改意见

质量监督机构是政府对工程质量进行强制监督的第三方力量，其提出的整改意见具有法定权威性，是监理工作必须无条件执行的指令。意见一般来自于质量

监督机构开展的飞行检查、专项巡查或者阶段性质量核查活动，体现了工程执行国家法律法规、强制性标准等的合规情况，视角更宏观、更权威。因此，监理机构在收到质量监督机构发出的正式质量问题整改通知书之后，必须把质量问题整改通知书放在所有待处理问题的最高优先级上。

监理机构在此类整改处理中，扮演承上启下、监督落实的关键角色。具体工作路径如下：

1. 监理单位收到整改通知单后，应当登记、编号，由总监理工程师牵头，在24小时内以书面形式转达给项目法人和施工单位，保证信息的准确性、严肃性、紧迫性。
2. 召开专题会议，监理单位要组织相关人员召开专题会议逐条学习整改意见，深刻领会监督机构问题的实质和整改要求，统一认识，不能轻视或者推诿。
3. 督促制定专项方案。监理单位应该严格要求施工单位为每一条整改意见，都制订出详细的、可行的专项方案，明确整改目标、方法、负责人、时限及资源保障。监理机构应对方案的科学性、彻底性做严格的审查。
4. 加强对整改过程的监督和复核。监理工程师要加强现场监督检查，对重要工序实行旁站监督，保证整改工作严格按照批准方案执行。整改完成以后，监理单位应当组织复核验收，保证问题彻底消除，无新的缺陷产生，最后出具书面的复核报告，报送质量监督机构销号。

二、整改实施与复查验收

（一）整改方案的审批与实施监督

整改方案是缺陷处理工作的主要技术文件，其好坏直接关系到整改工作的成败。监理机构在审批环节中起着非常重要的作用，起到技术把关的作用。总监理工程师收到施工单位的整改方案后，应该组织专业的监理工程师来审查，必要时可以请设计单位的代表参加。审查的重点不能只是处理方法的技术合理性以及是否会引发次生影响，还应该包括材料的选择、施工工艺、作业人员的资质、安全保障措施、详细的进度安排等各个方面。对重大复杂缺陷的整改方案监理单位应该坚持要求设计单位书面确认。只有经过严格审查并且得到批准的方案，才可以作为施工的依据。

方案批准之后，监理监督工作就进入到实时动态管理阶段。监理人员应按照方案中的重点工序、控制节点，制定旁站监理计划。整改过程中新材料进场时，必须严格按照进场检验程序，查验质量证明文件，见证取样送检，严禁不合格材

料进入工程实体。监理工程师必须进行旁站监督，并且对于隐蔽工程中出现的修补、堵漏等工程要详细记录各个施工参数并保存影像资料。监督是为了保证施工单位每一步操作严格按照方案进行，防止因为整改的随意性或者疏忽，造成整改失败，甚至产生新的质量问题。

监理单位在此阶段还要承担信息沟通的工作。监理例会上要定时公布整改状况、现场情形，及时解决实施期间碰到的技术难题和资源冲突。严密的过程监管可以保证整改工作在受控的状态下有条不紊地进行，为最终验收打下良好的基础。

（二）整改完成情况的现场复核

施工单位在完成整改工作之后，应当把质量缺陷处理完毕报告报送至监理单位，监理单位随即组织现场复检验收。这是检验整改效果，判定缺陷是否彻底消除的重要环节，不能流于表面检查。复检验收工作要以客观数据为依据，严格按照原始设计要求、有关规范标准和已经审批的整改方案来开展。复核的内容和深度应该与缺陷的性质、重要程度相适应。

一般外观缺陷的整改复核工作主要从观感检查、几何尺寸复测两方面入手，保证修补后表面平整度、色泽协调一致，尺寸偏差在允许范围内。而对结构性能的重大缺陷进行复检验收就复杂得多。处理过的混凝土裂缝用超声波探伤等无损检测方法检测内部密实度，防渗体漏水处可采用局部或者整体蓄水试验检验封堵效果。所有的复核检测应在整改前相同或者更严格条件下进行，保证结果客观、可比。监理工程师需要对复核的全过程做详细的记录，生成包含复测数据、检测报告和现场照片的质量缺陷整改复核记录。记录应由各方面的代表签字确认，成为评定整改是否合格的直接证据。

（三）整改报告的编写与确认

整改报告是质量缺陷处理工作最后的结果文件，是工程档案的一部分，是对事件的总结和归档。监理单位在这一环节的主要职责就是指导、审核施工单位编写的整改报告，保证其内容的完整性、准确性、规范性，最后予以确认。一份好的整改报告应该能形成完整的证据链，全方位地体现缺陷从发现到最终处理的全过程。

报告内容应包括：缺陷原始状况描述（附照片、图纸、原始数据）；缺陷成因分析结论；所采用的整改方案（作为附件）；详细整改实施过程记录（含日期、天气、操作人员、施工参数等）；整改前后对比影像资料；复检验收记录及相关检测报告。监理单位在审核时，一项项地对比报告内容同实际监理记录的一致性，

查看数据、结论支撑材料是否齐全有效。重大缺陷报告还要附上设计单位、项目法人和专家审查意见。经监理单位审核无误以后，由总监理工程师签署审核意见，并加盖监理单位公章。审核通过之后，该报告就正式确定本次技术、管理质量问题整改工作完成，有关文件作为竣工资料存档。

第四节 施工质量数据采集与分析

一、技术档案资料的审核

（一）施工日志与监理日志的核对

施工日志、监理日志是水利工程项目现场管理的两个主要动态记录。前者是施工单位填写的，记录每天的施工活动、资源投入、现场情况，后者是监理工程师独立编制的，主要记录关键工序旁站、质量检查、问题指令、整改复查等内容。对这两类日志进行核对审核，是保证施工过程信息真实性的基本手段，其核心就是比对验证，实现信息的闭环管理。

审核时监理人员主要看两方面的重要信息是否一致。大体积混凝土浇筑、重要设备安装、截流合龙等重大施工活动的两本日志记载的起止时间、天气状况、投入人员及机械设备型号数量、现场指挥人员等信息应能相互印证。如果施工日志中记载某日进行了土方回填压实作业，那么监理日志中就必须有对应的旁站监督或者平行检验记录，包括对压实度、含水率等关键指标的检测数据。出现信息不符或者单方记录缺失的情况，如施工日志上记载了材料进场，但是监理日志中没有相应的取样送检记录，就构成疑点，需要相关单位给出合理解释并提供旁证材料，查明事实真相。

通过对施工日志与监理日志逐日、逐项比对，能较好地辨别记录是否真实，防止施工单位应付检查而补造、伪造记录。双向印证的审核机制，不但可以保证施工过程的可追溯性，还可以为之后的质量争议、安全事故调查、工程量计量支付提供最直接、最可靠的第一手证据，是竣工资料审核中不可缺少的一环，其严谨程度直接反映了项目过程管理规范化水平。

（二）图纸会审与变更记录的整理

图纸会审和设计变更都是水利工程建设过程中动态调整设计、解决现场问题

的必然产物。图纸会审与设计变更记录的完整性、规范性直接影响着竣工图的准确性以及工程造价的合理性。图纸会审记录了施工前各参建方对设计文件的理解、疑问和优化建议，是预防施工错误、进行源头控制的重要环节。而设计变更记录则真实地记载着工程在实施过程中出现的任何与原始设计不同的变动和修正。

审核的重点就是保证这两部分资料形成一个完整的、闭环的管理链条。每一份设计变更都必须有明确的变更原因、变更内容和详细的图纸说明，并且必须经过严格的审批程序，即设计单位开具正式变更通知单，建设方、监理方、施工方会签确认后才能执行。审核时必须仔细核查所有变更文件的手续是否齐全，签章是否有效，时间逻辑是否合理。结构钢筋调整变更的实施日期不能早于变更文件的签发日期，施工及监理日志中应该有相关证据。监理工程师要按照时间或者专业的顺序，将所有的图纸会审纪要、设计变更单、洽商记录等整理归档，保证其与施工合同、招标文件、原始设计图纸一一对应，不存在任何遗漏或者断链的情况。所有的变更内容最后都要准确地反映到竣工图上，保证竣工图的“所绘即所建”，为工程最终验收以及以后的运维提供最准确的技术蓝图。

（三）隐蔽工程验收记录的完整性

隐蔽工程指的是在施工过程中被后续工序所遮盖，完工之后不能直接检查测量的部分，例如地基处理、基础工程、混凝土结构中的钢筋、预埋管线、止水带等。这些部分的质量好坏直接影响整个工程的安全性和耐久性，因此验收记录是竣工资料审查中最重要的内容之一，也是证明隐蔽部位质量合格的唯一法律凭证。

审核隐蔽工程验收记录时首先要查看它的内容是否全面、规范。一份合格的隐蔽工程验收记录应该包含如下要素。

隐蔽工程验收记录要素

要素	说明
报验申请	施工单位自检合格后，报验单上须注明报验部位、报验时间及依据。
验收内容	详细记录验收时对各项技术指标进行检查和实测的数据（如钢筋规格、数量、间距、保护层厚度，地基承载力检测报告，土方回填压实度试验数据等）。
影像资料	应当包含能反映隐蔽部位真实状况的现场照片或视频，尤其是关键节点的影像，文字记录作为补充。
验收结论	必须有明确的“合格”或“同意覆盖”的结论，并由监理工程师、施工单位质检员和建设单位代表等多方共同签字确认，注明验收日期。

审核时监理人员应认真检查记录的程序是否符合规定，时效性是否满足要求。

检查验收活动是否按照先报验、后验收、再隐蔽的程序进行，有无先施工后补签记录的情况。核对施工日志、监理日志，看验收记录上签署的日期是否与实际施工进度相符。对重大或者复杂的隐蔽工程，还应检查有无设计单位代表参加共同验收。任何一个记录的缺失、数据的不全、签章的遗漏、程序的颠倒，都会给质量带来隐患。监理人员必须坚持原则，要求施工单位补充完善或进行必要的工程实体检测，直到所有疑点都消除为止，保证每一处隐蔽工程的质量都有据可查、有责可追。

二、竣工结算与审计资料

（一）工程量计量资料的准确性

工程量是工程计价的基础，工程量计量的准确性直接影响竣工结算的公正性、合理性。水利工程监理在审核竣工结算资料的时候，工程量计量资料的复核是重中之重。该项工作要求监理人员按照施工合同、招标文件、施工图纸、设计变更、现场签证等有关资料，对承包商提交的最终工程量进行审查。

审核工作要落实到每一个计量细节。监理人员要将承包商申报的“已完工程量清单”与监理机构在过程中签认的历次中期支付证书进行总量核对，保证最终汇总量与过程累计量一致。每一个子目的工程量都要追溯到计算依据。土石方开挖工程量，依据竣工图所示的开挖轮廓线及原始地形图数据进行复核计算；混凝土工程量，根据结构竣工图的几何尺寸精确计算，并对设计变更所引起的增减量单独核算和确认。监理人员在核对时要注意是否有重复计算、超范围计算、混用计价规则的情况。交叉施工界面的工程量是否被不同的合同段承包商重复申报。

所有作为工程量计算原始资料的文件，例如测量记录、断面图、计算稿等，都需要作为附件一起审查，保证数据真实、计算正确。监理工程师采用层层追溯、环环相扣的审核方式，剔除不实的、错误的计量数据，保证最后结算的工程量是经过严格核实的，准确地反映了工程实体的完成情况，为建设单位把好最后一道资金支付关口，有效防止国有资产流失。

（二）质量与造价关联资料的审核

工程造价和工程质量是一个不可分割的整体，合格的质量是全额支付工程款的前提。在竣工资料审核时，监理单位应树立质量与价格联动审查的思想，把质量验收记录和工程结算资料联系起来进行审查，保证每一笔支付都对应质量合格

的工程实体。

审核实践要重视对审核实践资料内在联系的核对，保证这些资料所包含的信息之间可以相互印证，形成一个闭环的证据链条。

1. 单元工程、分部工程验收记录：所有列入结算清单的工程项目都必须进行质量验收，取得相应的验收签证。对未通过验收或者有质量缺陷的工程，其工程款应暂停支付或者扣除，直到整改合格为止。

2. 质量问题是施工过程中出现的，所有的质量问题、质量事故必须有完整的处理报告，包含原因分析、处理方案、返工或修复记录、最终重新验收记录。审核时要确定，由于承包商原因造成的返工、修复费用没有计入最终结算总价中。

3. 材料、构配件及设备合格证、检验报告：对结算中所用主要材料、设备的质量证明文件是否齐全、有效进行审核。若发现所用材料与合同约定的品牌、规格、等级不符或者材料质量不合格，监理应当根据合同的约定，核减相应的工程价款或者要求承包商承担违约责任。

4. 合同中规定的奖罚条款记录，即施工期间所有关于工程质量、安全、进度的奖惩通知单是否已经正确地体现在结算中。合同约定优良工程有奖励的，需要核对分部工程质量评定结果，计算应该得到的奖励金额；反之，因为质量问题受到处罚的，需要确认罚款是否在结算中已经足额扣除。

（三）竣工决算报告的编制质量

竣工决算报告是工程项目全部经济活动的综合总结和最终概括，是向有关主管部门和审计机构提交的核心文件，竣工决算报告的编制质量影响项目审计效率及最终资产核定。监理单位是项目管理的技术和经济双重把关人，对承包商编制的竣工决算报告进行最后审核，并出具独立的审核意见，是监理单位法定职责的一部分。

审核竣工决算报告的编制质量，首先要从内容是否全面、格式是否规范入手。一份高质量的竣工决算报告应当包含编制说明、竣工决算总表、单位工程决算表、主要技术经济指标分析、全套附件。报告结构要逻辑严密，数据翔实，严格按照国家或者行业公布的工程竣工决算编制规程编写，以确保从项目筹备到竣工全流程的费用被全面客观地反映出来。

监理人员要核实报告中各项数据的准确性，保证它和之前审核过的所有的技术经济资料完全一致。将决算总价同合同总价、历次变更及签证增减额、最终核

定的工程量清单计价结果进行比对,保证算术勾稽关系的准确无误。审查报告中待摊投资、建设单位管理费等其他费用列支是否合规,有无超标准、超范围支出的情况。监理工程师审核完毕后,应出具一份详细的竣工结算审核报告,对审核依据、审核过程、主要核增或核减项目及原因进行说明,给出最终审定的工程造价。审核报告是建设单位向审计部门上报的,也是监理单位对项目投资控制最终责任的成果。

第五节 质量保修期管理要求

一、保修期责任范围的界定

(一) 质量保修书的条款约定

质量保修书是施工单位就工程保修向项目法人作出的法律承诺,也是监理单位在保修期内开展工作的依据。建设工程质量管理条例等相关法规明确规定,施工单位在提交竣工验收报告的时候,必须向项目法人出具该文件。保修书为保修责任提供了一个基本的框架,保修书内容是否全面、准确、可操作,直接影响保修工作的效果。监理单位有义务对其内容进行严格的审查,以保证保修书的内容同主合同和国家的规定保持一致,防止因约定不明而产生后续的纠纷。

监理对质量保修书的审核要从多个方面着手。保修范围应包含合同范围内所有的工程内容,即地基、主体结构、防水工程、电气管线、机电设备、金属结构等。需要审查保修期限的合法性,保证各部分保修期满足国家规定的最低年限标准。主体结构为设计文件规定的合理使用年限,屋面防水工程为五年等。合同可以约定比法定标准的保修期更长,但是不能低于法定标准。监理还要对保修责任的具体内容进行审查,即保修工作响应时间、修复标准、费用承担原则、因保修不及时造成的扩大损失赔偿责任等,保证条款具有实质性的约束力。

监理单位对质量保修书条款的严格把关,可以给项目法人构筑一道坚实的法律保障。一份措辞准确、权利义务清楚的保修书不仅可以有效地约束施工单位履行保修义务,也可以给监理人员在保修期内的监督、协调、问题处理等提供明确的行动指引。既是对项目建设法人资产的有效保护,又是监理单位在后期阶段专业价值与责任担当的体现,使工程质量控制全流程管理更加严谨。

（二）正常使用条件下的保修责任

保修责任的产生需要工程在正常使用条件下出现质量缺陷为条件。该定义可以区分施工单位的保修责任和使用单位的维护、管理责任。水利工程的正常使用条件一般指按照设计文件规定的运行工况、按照操作规程进行设备启闭、在设计标准内的水文、气候条件下运行。保修期内监理单位要对项目法人反映的质量问题作出准确的判定，这是保修程序合法进行的重要依据。

施工单位的保修责任主要是由于勘察、设计、施工等造成工程质量缺陷所引起的保修责任。在保修期内，工程任何部位、构件、设备，若排除使用不当、不可抗力等外部因素后出现功能性障碍、性能指标降低或安全隐患，一般都属于施工单位的保修范围。大坝坡面出现非正常沉陷或裂缝、输水隧洞出现超标渗漏、启闭机运行卡顿或无法到位、混凝土结构出现影响耐久性的剥落等，均属于典型的保修项目。监理工程师依靠自身专业知识和现场调查，分析问题产生原因，判断问题是由施工质量、建筑材料或设备缺陷造成的，从而给项目法人提供专业的责任界定的意见。

（三）第三方原因造成的损坏处理

工程保修期内，并不是所有的质量问题都由原施工单位负责。对于由于第三方原因造成的工程损坏，需要独立的责任认定和处理。第三方原因一般指项目法人（或其委托的运行管理单位）自身管理、操作失误，或者由其他无关实体、不可预见的自然灾害等非施工质量因素造成的损坏。监理单位将会成为事件中客观公正的调查者以及技术顾问。

当工程出现损坏的时候，监理单位应当立即介入，组织或者协助项目法人进行现场勘查、证据固定等工作。调查的核心就是查明损坏的直接原因及其相关因素。水库泄洪闸门因为运行单位没有按照规程清除漂浮物而受到损坏，那么责任主体就是运行单位。若工程周边其他项目施工因爆破振动造成工程结构开裂，那么该施工单位就应当承担侵权责任。对于超出设计标准的特大洪水、地震等不可抗力造成的损坏，其责任划分及修复资金来源应依据合同的不可抗力条款及有法律规定处理。监理单位应当出具准确的技术鉴定报告，协助项目法人确定责任方，按照事实和合同约定启动相应的索赔或者修复程序，不能简单地将其归入原施工单位的保修范围。

二、保修期内的质量回访

（一）定期回访制度的建立

建立一套系统化、规范化的定期回访制度，是保修期监理工作的一项主要任务，其目的就是将事后被动的维修转变为事前主动的预防。监理单位应主动与项目法人一起制订一份详细的回访工作计划，把回访活动由随机行为变为制度化管理。该制度应该规定回访的目的、周期、内容、参与者、结果运用等，从而形成一个完整的管理链条。

该制度的构建应包含以下几个关键环节，以确保其系统性和可操作性：

1. 根据水利工程的特点及季节性运行规律来科学地安排回访的频率。首次蓄水、经历第一个汛期或者冰冻期之后，应该重点回访，之后可以转为年度或者半年度的常规回访。计划里要确定每次回访的时间、重点检查部位和期望目标。

2. 回访团队的组成，回访工作应由专业团队完成，一般由项目总监或者其授权代表牵头，成员为相关专业的监理工程师、项目法人代表，必要时可邀请设计单位、施工单位的技术人员参加，以便现场协同诊断问题。

3. 为了保证每次回访的完整性、一致性，必须要编制出标准化的检查表。清单内容应该包含工程各方面的情况，即主体结构的宏观变形、渗漏、开裂情况，金属结构、机电设备的运行状态、防腐状况，各项安全监测数据的变化趋势等等。

4. 回访记录和报告，每次回访都要有详细的书面记录，载明检查时间、地点、参加人员、检查情况、发现的问题和处理意见。回访结束之后，监理要在规定时限内向项目法人提交正式的回访报告，对工程总体质量状况作出评定，对发现的问题提出具体的处理意见。

这样一套严格的制度，可以保证保修期内的质量监督工作不遗漏任何细节，并且有据可查。既有利于及时发现和消除质量隐患，保证工程安全，又有利于工程长期维护管理，积累第一手资料，体现了监理服务的专业性、前瞻性。

（二）运行状况的监测与记录

质量回访之后就是工程运行状况的持续监测和记录，这是对动态质量控制的一种深化。这不仅是视觉检查的有效补充，也是用数据量化的方式科学评价工程状况的重要方法。水利工程特别是大中型水利枢纽工程的安全性、稳定性一般用一整套专业性的监测指标来衡量。监理单位在保修期内应指导、监督运行管理单

位做好各种检测工作，对所采集的各种数据实施系统的、科学的管理及分析。

监测的重点内容要根据工程类型有所不同。水库大坝工程、水闸工程、泵站工程的监测项目各有特点，见下表。

水利工程主要运行监测项目

工程类型	典型监测项目
水库大坝	坝体水平 / 垂直位移、坝基渗流压力、绕坝渗漏量、关键部位应力应变
水闸、泵站	闸门启闭设备运行电流、振动、温升、机组效率、水泵流量扬程

监理工程师要保证所用的方法、仪器符合技术规范，数据采集的频率、精度满足设计要求。所有的监测数据都必须被完整、准确地记录下来，并且要建立起电子和纸质双重档案。

记录工作不能是简单的数据堆积，更应该建立动态数据库和科学的分析机制。监理单位应协助项目法人将保修期内得到的监测数据同设计预测值、施工期末初始值进行对比分析。从时间历程曲线中可以看出各项指标是保持稳定、逐渐收敛，还是出现异常波动或者增长的趋势。一旦监测数据超出了正常的范围或者发生突然的改变，监理就应该立即组织技术力量进行分析，探究深层次的原因，判断是否预示着质量缺陷的萌芽，为之后的检查或者保修工作提供科学依据。

（三）质量投诉的受理与处理流程

保修期里建立一个高效、透明的质量投诉受理处理流程十分必要，它是项目法人维权、检验工程质量的直接渠道。监理单位处于项目法人和施工单位之间，起着组织协调和技术裁定的作用。规范的流程能够保证每一个质量问题申诉都能得到及时响应、公正处理、有效解决，从而避免因沟通不畅或者责任推卸造成的损失。

流程的起点在于建立畅通的投诉受理渠道。项目法人或运行管理单位在日常巡查或运行中发现任何疑似质量问题，都应能通过预先设定的正式途径，如书面函件、电子邮件或指定的联系人，向监理单位和施工单位提出。监理在接到投诉后，应立即进行登记，记录投诉的时间、具体内容、问题部位等信息，并初步评估其紧急程度。对于可能危及工程或人身安全的紧急缺陷，必须立即启动应急预案，同时通知施工单位在合同约定的最短时间内到达现场抢修。对于一般性质量投诉，监理单位则应在规定时限内组织现场核查。核查过程中，监理工程师需进行细致的勘察、测量或检测，结合设计文件、施工记录和相关规范，对问题的性

质和成因做出专业判断，明确其是否属于保修范围。如果确认属于保修责任，监理单位应正式向施工单位签发书面的保修通知，明确修复要求和期限。此后，监理需全程跟踪施工单位的修复工作，对其修复方案、使用的材料和施工工艺进行审查和监督，确保修复质量达到设计和规范要求。修复完成后，由监理单位组织项目法人共同进行验收，确认缺陷已妥善解决。最终，将整个处理过程的记录完整归档，实现全流程的闭环管理。

第七章 典型水利工程施工质量动态控制案例分析

第一节 水库工程施工质量控制实践

一、土石坝填筑质量动态监控

（一）糯扎渡水电站心墙堆石坝填筑碾压监控

糯扎渡水电站建有我国最高的黏土心墙堆石坝，对心墙、堆石体的填筑质量要求很高。为了对碾压过程进行精细化控制，在工程中使用了 GPS 碾压监控系统。该系统在碾压机械上装设高精度 GPS 接收机及数据处理终端，可随时取得碾压机所在之处、行进速率、行驶轨迹等信息。监控中心大屏幕上填筑仓面以网格状形式显示，不同颜色的轨迹直观地表现出碾压遍数。监理工程师用画面来监管各个区域碾压的情况。一旦发现漏压、欠压或者超速行驶等不规范操作，系统就会立即发出报警，并且通过无线通信系统向现场施工人员发出指令，要求及时补压或者纠正。

该种数字大坝建设模式把监理工作由现场“点控”提升为全面“面控”。通过碾压遍数、速度、行走路线等参数的综合控制，使碾压能量的分布更加均匀，从根本上杜绝了由于人为因素造成的压实质量不均匀。系统自动生成的详细的碾压记录，为以后的质量评定、追溯提供可靠的数字化依据，大大提高监理工作的科学性和效率，给高土石坝施工质量提供有力的保障。

（二）长河坝水电站高心墙料含水率动态检测

长河坝水电站心墙堆石坝所处的高海拔、气候多变的施工环境，心墙料含水率的准确控制，是保证其良好的防渗性能和压实效果的重要难题。传统的烘干法检测周期长，不能满足快速填筑施工的即时反馈需要。因此本工程监理使用微波法等快速含水率检测方式，建立动态反馈调整机制。拌合系统出口、运输车辆、摊铺现场等关键节点处，监理人员用便携式快速含水率测定仪进行高频次抽检，

数分钟内就可以得到结果。

检测数据用无线网络实时传送到中心控制室，和设计的最佳含水率区间做对比。当检测结果出现偏差的时候，监理工程师就会马上启动已经设定好的反馈程序。一方面根据现场情况动态调整拌合站加水量；另一方面摊铺后含水率不合格的铺层及时晾晒或补水，保证每一层填筑料在最佳含水状态下进行碾压。快速检测加动态反馈的闭环控制路径，很好地克服了高原地区气候变化给心墙料含水率造成的干扰，保证了心墙体施工质量。

（三）猴子岩水电站堆石体压实度实时分析

堆石体压实度是反映堆石体密实程度和承载能力的指标，直接影响大坝的沉降变形。猴子岩水电站工程首次将堆石体填筑监理中，填筑体沉降为依据的压实度实时分析方法应用到施工当中。核心思想就是，在相同的碾压功下，压实度高的地方产生的沉降量比较小。在碾压机械上装设高精度 GPS、加速度传感器，系统不但可以记录碾压遍数，而且可以实时监测并计算出每碾压一遍后填筑层表面微小沉降的变化。

监理工程师可以通过控制中心的压实度（以沉降量稳定趋势来反映）分布云图实时看到各个区域密实度的深浅。当某一区域的沉降量在连续碾压后不再有明显变化的时候，系统就认为该区域已经密实。此方法把压实质量控制从以往过程指标（遍数）和结果指标（抽样干密度）的割裂，变成过程与结果相结合的实时分析，实现了对压实度这个最终质量目标的动态追踪。提高了检测的全面性、时效性，给不同岩性、不同级配堆石料的碾压工艺优化提供现场数据支持。

二、混凝土面板堆石坝质量控制

（一）水布垭水电站面板混凝土温度控制

水布垭水电站曾拥有当时世界上最高的混凝土面板堆石坝，大面积、大体积的面板混凝土施工面临严重的温度裂缝控制问题。为防止温度裂缝产生，监理人员要对混凝土温升进行全过程监控。

1. 监理对混凝土生产过程中骨料预冷、加冰屑等降温措施的执行情况进行严格监督，保证混凝土出机口温度、入仓温度符合温控要求。在混凝土中预埋了大量的分布式光纤温度传感器和传统温度计，从浇筑开始就对混凝土内部各个位置的温度数据进行连续采集。

2. 数据经过自动化采集系统汇集到监理控制中心,就形成了整个面板的温度场分布图。监理工程师根据温度变化速率、内外温差、环境温度等各个参数来采取保温和养护措施。根据实时监测到的降温速度来确定覆盖保温被的层数及时间;依据内、外温差来控制通水冷却系统的开关,并精细调节冷却水的流量与温度,使混凝土各项温度指标始终处于安全范围之内。以实时数据反馈为基础的温度控制,是保证面板混凝土不产生开裂的重要因素。

(二) 公伯峡水电站挤压边墙施工偏差调整

挤压边墙是面板和岸坡趾板之间过渡的连接结构,其线形及位置的好坏直接影响到后面面板的铺设以及整体止水效果。公伯峡水电站挤压边墙采用液压滑模施工,滑模施工时平面和高程偏差怎样动态控制,是监理工作中的难题。为此现场使用了全站仪、激光准直仪等组成的自动化变形监测系统。测量机器人在固定点上自动、周期性地照准滑模模板上布置的多个棱镜,实时解算出模板的三维坐标。

测量结果同设计坐标相比较,若偏差超出预警值,监测系统就会马上发出警报。现场监理人员和施工技术人员根据警报信息、偏差数据快速分析偏差原因,模板两侧顶升力不均、滑模与下方混凝土摩阻力变化均可能导致偏差。之后根据监测系统给出的准确位置以及线形误差信息,调节相应位置液压千斤顶的行程,对滑模姿态进行微调,使滑模的位置和线形恢复到允许的偏差范围内。由此形成一个实时检测、偏差预警、动态调节的闭环控制系统,保证了挤压边墙的施工精度。

(三) 天生桥一级水电站面板接缝止水安装检测

面板接缝是混凝土面板防渗体系中最薄弱的部分,止水安装质量的好坏直接影响到防渗体系的质量。天生桥一级水电站面板垂直缝、周边缝采用复杂的铜止水、塑料止水复合止水结构。监理工作核心就是保证止水带安装和混凝土浇筑时位置正确、不被损坏。监理人员用定制卡具、测量工具对止水带中心线位置、埋深、鼻子方向进行检查,保证止水带几何尺寸及位置符合设计要求。

在混凝土浇筑时,由于振捣的作用,止水带很容易发生位移、扭曲或者被击穿。为了对此过程进行动态监管,监理采取了分区、分层浇筑的方法,加强了对振捣操作的旁站监督。在混凝土初凝之后、终凝之前,监理人员创新性地使用了高灵敏度金属探测器和便携式超声波检测设备,对已覆盖的止水带进行扫描检测。通过对信号反馈的分析,大致可以判断止水带是否存在断裂、严重变形或者位置

偏移。利用无损检测手段可以对隐蔽工程进行质量检查，实现了从事前控制向事中、事后验证的动态监理的延伸。

三、水库基础防渗处理质量控制

（一）锦屏一级水电站坝基帷幕灌浆压力监控

锦屏一级水电站地质条件十分复杂，覆盖层深厚，岩体裂隙发育，要求建一道高标准的防渗帷幕。帷幕灌浆质量的好坏关键在于灌浆压力的控制，压力过低，浆液不能充填裂隙；压力过高，会造成岩体抬动或者劈裂。工程监理用的是全过程的灌浆监控信息化管理系统。每个灌浆孔口均安装有压力、流量、密度、抬动量自动记录传感器。

所有数据实时传送到中央监控室的服务器，系统按照事先设定的 GIN 法（灌浆强度数）或者其它控制标准自动绘制出压力时间曲线。监理工程师不再用人工读表、手动记录的方法来控制几十个灌浆孔的动态曲线。当压力出现异常波动或者抬动变形达到警戒值时，系统就会发出警报。监理人员可以随时查阅任何一个孔段的灌浆数据，根据浆液扩散情况以及裂隙充填效果下达调整压力、改变浆液配比或者结束灌浆的指令。此系统把帷幕灌浆从经验施工转成科学施工，使控制精度大大提高。

（二）溪洛渡水电站混凝土防渗墙槽孔监测

溪洛渡水电站建有世界上最深的地下连续墙作为主要防渗结构，槽孔垂直度和槽壁稳定性是保证墙体质量的前提。在厚覆盖层中开挖百米深槽，不能直接观测到槽孔的形状。为了解决这个问题，监理工作使用了先进的槽孔质量检测仪器，即声呐测井仪。在每一段开挖完毕、混凝土浇筑前，将声呐探头匀速下放至槽底。探头发射的声波信号碰到槽壁后会反射回来，被接收器接收。

系统对不同深度回波时间进行处理后，就可以得到槽孔在两个互相垂直方向上的剖面图，并自动计算出槽孔的宽度、垂直度、是否有局部塌方、缩颈、沉渣厚度等情况。监理工程师可以在地面就得到槽孔内部的“三维 CT 扫描图”，再和设计图纸作对比分析。一旦出现孔斜超限、塌方等严重缺陷，应立即要求施工单位采取回填重挖或者扩孔等方法处理，严禁不合格槽段进入下一道工序，从根本上保证混凝土防渗墙的内在质量及几何精度。

（三）小湾水电站坝基高压喷射灌浆质量检测

小湾水电站坝基处理时大量使用了高压喷射灌浆法，以形成防渗置换桩或者加固地基。旋喷桩的质量（桩径、强度）由施工过程中所用的钻机提升速度、旋转速度、浆液压力、流量等各个工艺参数来决定。工程上采用旋喷桩施工过程记录仪对这些动态参数进行有效监测。该设备安装在钻机操作台上，可以自动、连续地采集记录旋喷时所有重要的参数，并且这些参数可以与钻杆的深度信息一一对应。

监理人员随时可以利用记录仪显示屏查看施工参数，也可以在每天工作结束时导出完整的施工数据报表。分析后可以得到每根旋喷桩的成长历程。若某个深度段提升速度过快或者浆液压力不足，就说明该处桩体有缩颈或者强度不够的风险。监理会把这个桩列为重点检验对象，用钻孔取芯或者声波透射法检验。全面数字化的控制工程进度，使监理工作摆脱了施工人员的自觉性所牵制的束缚，从而达到高压旋喷灌浆质量的量化控制和可追溯。

旋喷灌浆关键参数及其影响与检测方式表

参数名称	影响	风险提示	主要检测方式
提升速度	桩径、桩体均匀性	过快导致桩径小、不连续	施工过程记录仪
旋转速度	浆液切割土体均匀性	过慢导致切割不充分	施工过程记录仪
浆液压力	浆液扩散范围、置换效果	过低影响桩径，过高可能劈裂地层	施工过程记录仪
浆液流量	浆液消耗量、充填密实度	不足影响充填，过量造成浪费	施工过程记录仪
桩径	桩体有效防渗、加固范围	偏小影响防渗效果	钻孔取芯、声波透射
强度	桩体承载力、耐久性	不达标影响结构安全	钻孔取芯、无损检测

由表可知旋喷灌浆的关键参数对桩体的质量有直接的影响，而施工过程记录仪可以做到对其参数的实时检测，从而保证工程的质量。

第二节 堤防工程施工质量监控

一、堤身填筑与压实度控制

（一）荆江大堤加固工程土质变化动态应对

荆江大堤是长江中下游防洪的重要屏障，对筑堤土料有严格要求。监理工作对于土质变化的动态调整属于质量控制的重点内容之一。由于取土的来源比较复杂，各批次土料的物理性质存在较大的差异，含水量、塑性指数、颗粒级配等都可能会出现明显的变化。因此监理工程师必须建立快速、准确的现场土工试验机制，对每一批进场土料都做严格抽检，及时掌握土料的特性参数。

当监测数据表明土料性质出现变化的时候，监理方就要马上启动动态应对预案。指令施工单位调整施工参数，对含水量过高的黏性土采取翻晒、晾干等措施，或者掺入适量干土进行调和；对含水量过低的砂性土均匀洒水增湿，使其达到最佳含水率范围。同时根据土质变化动态调整碾压机械的组合方式、碾压遍数和振动频率，用现场碾压试验区的数据反馈来确定最优化的压实工艺。

监理工程师还要加强对填筑过程的旁站监督，主要检查土料摊铺的均匀性以及分层厚度是否符合规范。对不同性质土料的过渡段或者接合部，要采用特别的处理方法，设置过渡层、加大结合面刨毛深度等，保证土体结合紧密，防止由于土质不同产生滑动面或渗流通道，使整个堤身结构的均匀性、整体稳定性得到保证。

（二）黄河下游堤防压实度指标实时检测

黄河下游堤防长期处于严峻的防洪形势之下，堤身压实度是保证堤防抗冲刷和稳定的根本。传统的环刀法等压实度检测方法存在取样扰动大、检测周期长、代表性不足等缺点，已经不能满足现代精细化施工质量控制的要求。因此，采用压实度指标的实时检测技术，就成为监理动态控制的重要途径。

目前基于全球导航卫星系统的压路机压实质量智能监控系统已经被广泛应用。在压路机上加装高精度定位模块和振动传感器，可以对碾压轨迹、碾压遍数、振动频率、振幅、压实速度等主要参数进行实时采集和记录。监理工程师可以远程观测到碾压工作全景图，并用不同的颜色来显示各个区域碾压遍数、压实情况，实现压实过程“透明化”管理。

监理单位要参加系统质量评定标准的制定。工程开工前,建立试段,用智能监控系统测得的压实参数(如压实仪值CMV)与传统检测方法(如灌砂法、环刀法)测得的压实度建立相关关系曲线。因此,监理人员就可以利用CMV值的变化来实时判断填筑区压实度是否合格。一旦发现欠压或者漏压区,系统就会自动报警,监理人员可立即通知施工方进行补压,直至整个作业面的压实质量均匀达标。实时、全方位的监测手段,提高了检测的效率和准确性,保证堤身压实质量均匀。

(三) 同马大堤新旧堤结合部位质量监控

同马大堤等堤防工程在进行加高培厚的时候,新旧堤结合部位的处理既是技术难点,又是质量控制的重点。若此部位处理不当,则易造成渗透通道或者结构薄弱面,严重影响大堤安全。因此监理工作必须对新老堤结合部的处理进行最严格的把关。

施工准备阶段监理工程师要严格审查施工单位提交的专项施工方案,保证方案中详细包含结合面处理工艺。重点检查旧堤坡面清理要求,清除杂草、树根、腐植土、各种杂物,坡面要经过削坡处理到符合设计要求。监理方必须到现场检查清理工作是否彻底,削坡后坡面是否平整、无局部凹凸。

施工中结合面刨毛、开挖台阶的质量控制尤其重要。监理人员需要现场测量台阶的宽度、高度、反坡坡度是否与设计图一致。对刨毛处理的堤坡,应检查刨毛深度和拉毛效果,保证新旧土体咬合。铺设新土前要充分湿润旧堤坡面,但不能过多洒水造成坡面泥泞。

填筑作业期间,监理方应进行全过程旁站监理。监督施工单位必须采用水平分层的方式进行填筑,严禁平行于旧堤坡面斜向铺土。靠近结合部位的土料应优先采用透水性小的黏性土,压实标准适当提高。监理人员应增加结合部位压实度检测的频率,用加密布点的方式进行检测,使结合部的压实度达到或者超过设计标准,从而有效消除新老堤结合部存在的质量缺陷。

二、护坡与护脚工程施工控制

(一) 长江干堤预制混凝土块护坡平整度控制

长江干堤护坡工程大量使用预制混凝土块,预制混凝土块铺设的平整度不仅关系到工程外观,而且直接影响整个护坡的整体性、水流的平顺性,从而影响护坡的抗冲刷能力。监理工作应该把平整度当作一项重要的质量控制标准,在预制、

运输、铺设、验收全过程加以控制。

1. 预制块生产质量控制：监理要严格控制混凝土预制块的生产过程。审查并批准生产厂家的模具，保证模具的尺寸精度及无变形。生产过程中，对预制块的外观尺寸、表面平整度、边角完整性等做随机抽查，保证单块预制块的几何形状满足设计要求。尺寸超标的预制块一律不得出厂，从源头上为后续铺设的平整度打下基础。

2. 坡面处理、垫层铺设监控，护坡基础平整度决定面层平整度。监理人员必须严格控制坡面削坡后平整度，不得有较大凹凸不平。碎石、砂砾石垫层应重点检测其铺设厚度是否均匀，压实后的密实度如何。采用设置高程控制桩、拉线检查等方法，保证垫层表面平整、高程准确，为上层预制块提供标准的作业基面。铺设时必须由下向上进行，保证块体之间紧密结合，不出现通缝现象。

（二）鄱阳湖区抛石护脚位移与沉降监测

鄱阳湖区护脚一般用抛石结构抵御风浪侵蚀和水流淘刷。但是由于湖区地质条件复杂，软土地基普遍存在，在抛石护脚施工期间和运行期容易出现不均匀位移和沉降，对堤防的稳定性产生不良影响。因此，建立一个系统的、长期的位移和沉降监测体系，就成为监理工作的任务。

监测工作应该在抛石施工前开始，在堤脚附近布置基准点，形成稳定的监测控制网。抛石作业时监理人员要随同监督，保证抛投方量、厚度符合设计要求。施工结束后应立即在抛石体表面按设计要求布设沉降、位移观测点。观测点可以采用预埋带有测量标志的混凝土块，也可以直接在特征明显的块石上做标记。

监理单位要制定出详细的检测方案并规定好检测的周期。施工刚结束的时候，由于固结沉降、结构调整等原因，变形速率一般较大，此时需要高频次的监测，即每天或者每两天监测一次。随着时间的推移，当沉降速度逐渐减小并趋于稳定的时候，可以适当降低监测频率，每周一次或者每月一次，在汛期或者高水位期间则要加密观测。通过数据分析监理工程师可以知道护脚变形的规律、趋势，并能判断它是否稳定。一旦出现沉降速率急剧增大或者水平位移持续上升，且超过预警值的时候，应该立即通知业主、设计方，组织专家分析问题，及时采取抛石补强、调整坡比等加固措施，防患于未然。

（三）松花江堤防生态格网护垫安装检查

在松花江流域堤防治理中，生态格网护垫的使用越来越多，生态格网护垫既

有防护作用又有生态效益。监理的重点就是对格网护垫的原材料质量、安装工艺和填充料饱满度进行控制，保证其防护效果和长期使用寿命。

监理工程师首先要对进场的格网、石料进行严格的检验。检查格网材质、丝径、网孔尺寸、镀层质量等是否满足设计要求和有关标准，尤其是对防腐性能证明文件进行复核。填充用的石料要检查粒径、级配、形状、强度，保证其既能满足填充密实度的要求，又不会刺破格网。不合格的材料不得使用。

监理人员只检查格网护垫的铺设位置以及锚固措施。护垫应平整地铺在已经处理过的坡面上，与坡面紧密结合，不能有悬空处。护垫单元之间连接必须监督施工人员严格按照规范施工，保证连接牢固。对坡顶、坡脚、侧向锚固要检查锚固沟的尺寸和回填土的压实质量，使护垫具有足够的抗滑移能力。监理应旁站监督填充石料工作，保证填充均匀、饱满，边角、隔板处必须人工码放整齐，不得出现空洞。填充完毕后，顶盖应平整地盖下并与箱体、隔板牢固绑扎。

三、堤防防渗与加固质量控制

（一）淮河干流深层搅拌桩防渗墙连续性监控

深层搅拌桩水泥土防渗墙在淮河干流堤防防渗处理中被广泛应用。防渗效果的好坏取决于墙体的连续性以及均匀性。监理工作要实现全方位、全过程的监督，不能出现墙体“天窗”或者薄弱环节，保证形成一道完整的地下防渗帷幕。

施工前监理要严格审核桩位放样成果，保证桩位布置准确无误，这是保证桩体搭接质量的前提。施工过程中主要的手段就是实时监控。监理人员依靠钻机监控系统可以实时获取每根桩的钻进深度、钻进速度、提升速度、注浆压力、注浆流量等主要参数。必须保证每根桩的桩底高程达到设计要求，防止深度不够造成防渗墙底部渗漏。

桩与桩之间搭接的质量是连续性控制的重点。监理要监督施工单位用“后插法”施工，即后一根桩套接在前一根已经施工但未初凝的桩体上。对桩机的垂直度实行实时监控、实时控制，使桩机的误差值处于规定允许范围之内，防止因为桩身倾斜而造成深部搭接失效。监理人员要记录每道墙体的施工时间，严格控制相邻墙体施工间隔，在水泥土初凝前完成套接。

施工结束后质量检测是检验连续性的最后一步。监理应监督并见证施工单位对开挖部位进行检查，墙体顶部开挖一定深度后，观察墙体外观质量、宽度、搭

接情况。深部墙体连续性需要用钻孔取芯或者声波透射等无损检测手段抽检。通过芯样观察、检测，声波传播时间分析等方式对墙体完整性、均匀性做评价，从各方面掌握防渗墙施工质量情况。

（二）洞庭湖堤防锥探灌浆密实度检测

洞庭湖区部分堤防基础为砂基或者松散土层，容易出现渗透破坏。采用锥探灌浆技术进行加固防渗，是一种有效的处理方法。监理控制的重点就是保证灌浆效果，即保证被加固土体的密实度符合设计要求。灌浆密实度的有效检测就成为质量评定中的重要环节。

灌浆施工过程中监理人员要对灌浆压力、浆液配比、灌浆量等参数实施实时监测，保证施工过程符合设计规范。但是灌浆效果的最终评定不能只依靠过程参数。用静力触探或者动力锥探技术进行前后对比检测，是评价密实度的主要方法。监理在施工区域内选取有代表性的位置做锥探试验，得到原始土层的锥尖阻力、侧壁摩阻力等指标，作为评价标准。

灌浆结束并且达到设计龄期后，在原来相同的区域、灌浆孔之间选择新的检测点进行复测。比较灌浆前后同一深度处的锥探指标，便能直接看出土体密实度提高的程度。复测的锥尖阻力值明显增大，达到或者超过设计规定的标准时，可判定该区域灌浆质量合格。

监理工程师根据地质条件的复杂性、堤防的重要性来布置检测点位，保证检测结果具有充分的代表性。检测结果不符合要求的地方，必须责令施工单位采取补充灌浆或其他补救措施，重新检测，直到土体密实度满足设计要求为止。以前后对比测试为量化评价依据，给灌浆质量控制提供可靠的技术依据。

（三）海河重要堤防堤顶道路结构层验收

海河重要堤防堤顶道路除了具有交通功能外，还是防汛抢险的重要通道，结构层施工质量的好坏直接影响到道路的承载能力及耐久性。监理验收工作一定要严格把关，保证每个结构层的材料、厚度、压实度等都符合设计要求。

海河堤顶道路结构层验收要点

1. 基层与底基层验收	材料检查：监理对进场材料的种类、规格及质量证明文件进行检查，并按规定频率取样做筛分、液塑限等试验，确保材料本身合格。 压实度及厚度检测： 每层铺设并碾压完毕后，监理人员采用灌砂法或核子密度仪检测压实度，并通过开挖检查点检测该层实际厚度，压实度及厚度两项指标均不得小于设计值。检测点的布置应具有随机性和代表性。
2. 面层验收	沥青面层： 监理在摊铺过程中实时检测沥青混合料温度，摊铺后的平整度和厚度是验收重点。应使用 3 米直尺检测平整度，钻孔取芯测量厚度，并检测芯样密度。 混凝土面层： 重点验收混凝土的强度、平整度、板厚。采用钻取芯样做抗压强度试验，用 3 米直尺测量平整度，并测量芯样长度确定板厚。同时，还需对伸缩缝的设置、宽度、深度、切缝平直度做详细检查。所有检测结果需归档，作为竣工验收的重要依据。

海河堤顶道路结构层验收要点如上表所示。基层、底基层是道路结构的重要承重层，其验收属于关键环节。面层，不管是沥青还是混凝土，都直接承受着行车荷载和环境作用。监理工作要保证每一道工序都达到高标准，保证堤防道路长期安全稳定。

第三节 渠道工程质量动态管理

一、渠道开挖与边坡整形控制

（一）南水北调中线总干渠轴线测量复核

南水北调中线总干渠为超长距离的线性输水工程，其渠道轴线精确度是保证水流平顺、减少水头损失、达到设计输水能力的前提。在施工质量动态控制中，监理工程师对于总干渠轴线测量的复核工作起着非常重要的作用。这项工作并不是一次性、静态地进行的审核，而是在开挖的过程中不断地、循环地进行。监理人员要使用全站仪、全球定位系统等高精度测量设备，定期复核施工单位布设的控制网、中线桩、边线桩等。重点检查控制桩由于施工扰动、环境变化等因素造成偏移，核对控制桩的牢固性、点位精度。

开挖过程中动态控制的重点是对开挖轮廓线实施实时跟踪测量。监理工程师随机抽检断面，用测量工具对渠底高程、开挖宽度、边坡转角点等关键部位进行测量，并与设计图纸进行比较分析。一旦出现超挖或者欠挖的情况，特别是轴线

位置出现偏差的时候,就应立即发出监理指令,要求施工单位停止施工,调整开挖机械的定位参数以及施工工艺。监理对大型走航式开挖设备要检查其导航系统是否准确,保证其行进轨迹与设计轴线完全重合。

高频、多层次动态测量复核,可以有效地防止误差的累积扩散,使干渠轴线长达上千公里的范围都在精确控制之内。既可以保证渠道线型的流畅,避免局部弯曲或者偏移造成水流的紊动和冲刷,也可以给土工膜铺设、混凝土衬砌等后续工序提供准确的操作基准,从根本上保证工程整体施工质量及长期运行安全。

(二) 引汉济渭工程边坡开挖坡比稳定性监测

引汉济渭工程穿越秦岭山区,地质条件复杂多变,渠道段边坡的稳定性直接关系到工程的安全以及生态环境。因此,在边坡开挖整形过程中,对坡比稳定性实施动态监测并加以控制,成为监理工作的重要内容。监理控制的重点不再只是几何尺寸是否符合标准,而是边坡开挖扰动之下,对变形趋势以及内在稳定状态做出即时判断。监理工程师要督促、核查施工单位是否按照设计分级放坡,对不同岩土性质的坡段采取相应的支护措施。

动态监测中,监理单位会布设覆盖关键坡体的立体监测网络。该网络综合运用多种监测手段,构建动态数据采集系统。在边坡表面布设位移监测点,利用高精度全站仪定期观测水平位移和垂直位移;在坡体内埋设测斜管、孔隙水压力计,以便掌握深层土体的变形趋势和地下水位变化。对于地质风险较高的段落,还会运用地质雷达和高密度电法等物探手段,探测坡体内潜在的软弱夹层和裂隙。所有监测数据实时上传至监理信息中心,利用专业软件进行处理分析,生成边坡的变形速率、位移云图以及稳定性系数变化曲线,从而实现对边坡状况的可视化监测和风险预警。一旦监测数据表明边坡变形速率突然增大,或者稳定性系数小于预警阈值,监理应立即启动应急预案,要求施工单位停止作业,组织专家分析原因,监督施工方采取削坡减载、增设锚杆或抗滑桩等加固措施,直至边坡重新恢复稳定。这种根据实时数据实施的动态反馈控制,有效防止了由于盲目施工造成的边坡失稳、塌方事故,保障了施工过程的本质安全。

(三) 滇中引水工程渠道基础承载力动态检测

滇中引水工程线路全长,沿线地质情况复杂多变,渠道段落的地基土种类繁多,地基承载力的均匀性、稳定性好坏,直接关系到衬砌结构的安全。渠道开挖之后,基础承载力动态检测与评价就成为监理控制的重要环节。这项工作核心就

是采用快速连续的检测手段，掌握渠底地基强度分布情况，及时发现软弱下卧层、欠压实区等质量缺陷，指导地基处理措施，实现基础质量的闭环动态管理。

施工中监理工程师不再使用效率低、方法单一的静止点式试验方法，转而采用了效率高、动态性强的检测方法。轻型动力触探仪、手持式动力贯入仪由于方便、快速，常被用于普查性检测。监理人员沿渠道中线和两侧，按一定间距连续测量，根据锤击数来快速绘制渠底基础承载力分布图。可在短时间内完成大面积的作业面，快速找到承载力异常区域。对初步筛查出的疑似软弱地基或者承载力不均匀地段，监理会立即要求施工单位用静力触探、标准贯入试验或者平板载荷试验等更加精确的方法进行重点复核，准确定量地基的各项力学参数，查明缺陷的范围和深度。不同的检测方法的特点和应用场景见下表。

渠道基础承载力检测方法对比表

检测方法	速度 / 效率	精度	适用场景	主要输出	备注
轻型动力触探仪	快，高效	中	大面积普查，初步筛查软弱区域	锤击数，相对承载力	简单易操作，相对成本低
手持式动力贯入仪	快，高效	中	大面积普查，初步筛查软弱区域	贯入深度，相对承载力	适用于浅层地基，便于携带
静力触探试验	中	高	疑点区域详查，定量力学参数	锥尖阻力，侧壁摩擦力	可获得连续的土层物理力学指标
标准贯入试验	中	高	疑点区域详查，地基承载力确定	击数 (N 值)	广泛用于粘性土和砂土，可间接推算参数
平板载荷试验	慢	高，直接评估	疑点区域详查，直接测定承载力	沉降量 - 荷载曲线，变形模量	最接近实际荷载状态，但耗时费力，成本高

动态检测结果可以正确、科学地指导监理工程师进行以后的地基处理工作。对于检测出的软弱土层，监理工程师监督施工单位采用换填、强夯、桩基等方法加固；压实度不够的填方区，增加碾压遍数或者改变压实工艺，再次做动态检测，直到整个渠底基础承载力达到设计要求且分布均匀。这样一种动态检测和反馈控制的“普查、详查、处理、复核”的流程，保证了渠道基础质量的一致性、可靠性，避免了地基不均匀沉降造成的衬砌开裂、渗漏等工程病害，为渠道结构的长期稳定运行打下了坚实的基础。

二、渠道衬砌施工质量控制

（一）南水北调东线衬砌混凝土厚度均匀性控制

南水北调东线工程利用京杭大运河及其沿线河道输水，渠道衬砌多为现浇混凝土结构，衬砌板厚度的均匀性直接影响防渗效果、结构强度和工程造价。监理在这一阶段动态控制的主要目的，就是保证大面积衬砌板实际厚度在设计允许误差范围内，防止局部过薄或者过厚现象的发生，达到混凝土方量的精细化管理和结构质量均一化的目的。

为实现这一目标，监理工程师采取了事前、事中、事后相结合的全过程动态控制策略。

1. 事前控制主要是对模板系统、混凝土布料设备等进行严格的检查。监理应对衬砌用滑模或者固定模板的刚度、平整度和安装精度进行检查，防止混凝土浇筑时模板变形。同时对布料机或泵管出口的移动速度、下料均匀性进行控制，保证初始铺设的混凝土量在单位面积上基本一致。

2. 事中动态监测对控制厚度均匀性十分重要。在混凝土初凝前，监理人员用探针或专用厚度检测仪在浇筑面上随机、密集地插测。实时测量可以立即反馈出混凝土铺设厚度。发现某区域厚度与设计值不符时，监理人员会立刻用现场对讲机通知施工人员，指挥其对该区域局部进行补料或者刮除多余料，精细找平。即时反馈、快速调整的动态过程把厚度偏差控制在最小范围。

3. 事后检验是最后的质量检验方法。混凝土达到一定强度后，监理工程师采用冲击回波法或者高精度地质雷达对衬砌板进行扫描，得到直观的厚度分布图。既可以检验事中控制的有效性，又可以准确找到局部厚度不达标的地方。对查出的问题严重部分，监理将根据问题程度发出整改通知，要求施工单位进行局部加固或者重新浇筑等处理。用这样的闭环控制，南水北调东线工程衬砌混凝土厚度得到有效控制，保证结构耐久性、安全性。

（二）引江济淮工程伸缩缝嵌缝材料质量检查

引江济淮工程是又一项大型跨流域调水工程，输水渠道线路长、工程体量大，混凝土衬砌的伸缩缝数量众多。伸缩缝是为适应温度变化、地基沉降而设置的构造缝，嵌缝材料质量的好坏直接影响到渠道整体的防渗性能。监理对于伸缩缝嵌缝材料质量的检查，是从材料进场到施工结束的全过程动态跟踪检查，目的是保

证每一个伸缩缝都能够起到止水、变形适应的作用。

监理的动态检查从源头上就开始了，即材料进场验收。监理工程师应对嵌缝材料品牌、规格、出厂合格证、第三方检测报告做详细的核对。监理应对进场的每一批次材料按规定的频率进行见证取样，并送有资质的实验室平行检验。检测项目主要是对材料的拉伸强度、断裂伸长率、耐老化性、耐水性等主要的物理力学性能指标进行检测。只有当样品检验结果完全符合规范、设计要求的时候，监理单位才批准此批材料可以投入到工程中。这样的一种批批检验的动态准入制度，在源头上阻止了不合格材料进入到施工现场。

施工过程中，监理的动态控制主要体现在施工工艺的旁站监督。需检查缝槽是否已清理干净，槽内有无混凝土残渣、灰尘、积水，槽壁是否干燥，这些是嵌缝材料与混凝土良好粘结的必要前提。对止水带的安装，需检查其位置是否居中、固定是否牢固、有无扭曲破损。对于密封胶的嵌填，监理应监督其配制过程的准确性，以及嵌填是否饱满、连续，有无气泡混入。监理人员随身携带深度尺、卡尺等工具，随时检测嵌填深度和宽度是否达到设计要求。

嵌缝施工完毕后，养护期间的动态检查同样不容忽视。监理应确保密封胶在固化时得到保护，避免受到污染、冲刷或机械损伤。条件具备后，监理会组织局部或整体的蓄水试验，通过观测伸缩缝处水位的变化及渗漏情况，以直观方式评估嵌缝的止水效果。对检查中发现的材料不合格、施工工艺不当、成品有缺陷等问题，监理会立即发出指令，要求返工处理，并通过首件制认可、样板引路等方式，将正确的施工标准传递给所有作业班组，从而实现对整个工程伸缩缝施工质量的动态、有效控制。这种精细化全过程监控，是确保引江济淮工程滴水不漏的重要保障。

（三）新疆北疆供水工程衬砌表面平整度评价

新疆北疆供水工程所在地区属于干旱区，输水渠道水力条件的改善，对于减少水量蒸发和输送损失有着十分重要的作用。渠道衬砌混凝土表面平整度的好坏，是决定水流摩阻系数的重要因素，影响输水效率。因此，衬砌表面平整度的动态评价与控制，是本工程监理工作的特点和重点。其主要目的就是利用先进的检测手段和科学的评价体系，对表面质量进行量化评价，进而指导施工工艺的不断改进。

监理对本项工作的动态控制，主要是评价方法的与时俱进和评价结果的及时

反馈。传统的靠尺、塞尺检查法虽然直观，但是效率低、代表性差，不能全面准确地反映大面积衬砌的实际状况。因此监理单位采用三维激光扫描技术来评价平整度。混凝土终凝之后，技术人员对新浇筑的衬砌段进行快速、高精度的扫描，得到数百万个点的三维坐标数据，建立渠道表面的数字模型。把数字模型同设计理论平面比较之后，就可以得到整个区域平整度的标准差、最大凹陷、最大凸起等一系列量化指标。专业软件可以产生表面平整度云图，用不同的颜色显示凹凸不平的区域及严重程度。

依靠三维激光扫描所形成的动态评价，给施工质量控制赋予了史无前例的精确数据支撑。监理工程师不再仅仅依靠经验去评定施工质量的好坏，而是用精确的量化报告做评价。每天监理都会将前一日施工段的平整度评价报告发给施工单位项目部，报告中除了具体的超差位置外，还会对产生原因做出初步分析，比如振捣不均、收面过早、模板接缝错台等。施工单位根据该数据可以立即对滑模摊铺机的行进速度、振捣频率或者人工收面工艺进行针对性的调整，从而实现工艺的快速迭代优化。这样一种“前日施工、今日扫描、当日反馈、次日改进”的闭环动态管理方式，使施工质量不断得到改善，保证北疆供水工程渠道衬砌表面平整光滑，为实现高效、低耗的输水目标打下了良好的水力学基础。

第四节 水闸工程施工质量控制

一、水闸地基与基础工程控制

（一）淮河入海水道滨海枢纽软基处理检测

淮河入海水道二期工程中的滨海枢纽处在沿海地带，地质情况繁杂，软土地基改良关乎工程成败。监理工作中对地基处理效果进行全面、及时、准确的检测，并反馈给有关方，是动态控制的第一项工作。传统单一的、低频率检测方式已经不能满足现代大型工程的需要了，必须要依靠信息化、智能化技术。滨海枢纽施工时密集布置了超过 700 个渗压计、土压力计、位移计等各种传感器，形成了一个覆盖面很广的工程感知网络。传感器就像地基的神经末梢，可以在地基处理的过程中对地基产生应力、应变、沉降、孔隙水压力等关键数据进行实时的采集。

监理工程师使用物联网云平台对大量的监测数据进行整合分析，用图表的形

式直观地将分析结果可视化地表现出来。这样管理者能直观地看到地基健康状况,判断墙后填土上升速度是否合理、温度突然降低时混凝土的应力变化情况等,以此来指导施工单位及时调整施工参数或者采取养护措施。采用数字孪生技术建立的智慧大脑可以对施工方案进行预演、优化,可以预测出潜在的风险。当监测数据出现异常或者偏离预警阈值的时候,系统就会发出预警,监理人员可以立即介入,指示施工单位暂停作业、查明原因并采取补救措施,从而实现了由被动验收到主动预控的转变,大大提高了软基处理的质量和安全性。

(二) 太湖流域望亭水利枢纽底板温控措施

望亭水利枢纽位于太湖流域,闸室底板属于大体积混凝土结构,施工过程中主要的难题是如何控制水泥水化热导致的温度裂缝。温度裂缝会降低结构的抗渗性、耐久性,给水闸的长期安全运行造成严重的威胁。监理工作必须对混凝土施工的全过程实行精细化管理,做好温度控制。

监理控制的关键就是综合利用各种温控手段,形成系统的防裂体系。在原材料的选择阶段,监理方对低热或者中热的水泥进行审核批准,并要求掺加粉煤灰等掺合料,从源头减少水化热总量。监理方还对混凝土浇筑过程中分层分区、间歇浇筑方案的执行情况进行监督,保证每层浇筑厚度、浇筑块的长度、浇筑的先后顺序符合温控设计。同时强制要求施工单位在拌合时加冰或者使用冷却骨料,严格控制混凝土出机温度和入仓温度。浇筑完毕后,监理工作重心就转移到保温养护和内部降温上。一方面加强监督施工单位对混凝土表面及时、有效地覆盖和保湿养护,减小内外温差和表面温度梯度;另一方面预埋在混凝土内部的冷却水管通水循环冷却,加快混凝土内部热量散发,使混凝土降温速率与弹性模量增长相适应,控制温度应力,防止有害裂缝产生。

(三) 湘江长沙枢纽基础锚杆抗拔力试验评估

湘江长沙枢纽工程中闸底板和基岩的有效连接是抵抗上游水压力、保证结构抗滑稳定的保证,基础锚杆就是实现这种连接的构件。监理工作要对锚杆施工质量,特别是最终的抗拔承载力进行严格的试验和评定,保证达到设计要求。锚杆抗拔力试验既可以检验单个锚杆的施工质量,也可以检验整个锚固工艺的可靠性。

监理工程师在锚杆施工前会对施工单位提交的专项施工方案进行审查,即钻孔工艺、锚杆制作、清孔质量标准、注浆材料配合比等内容。监理人员在施工过程中旁站监督锚杆的安装情况,对孔深、孔径、孔斜、孔内清洁度等进行检查,

保证锚杆安装位置、角度正确。注浆过程需要取样检测，对砂浆的流动度和强度进行检验，监督注浆过程中密实程度是否达到要求，保证锚杆与孔壁和基岩之间粘结牢固。

锚杆施工完成后达到规定龄期时，监理方会按规范要求对一定比例的锚杆做现场原位抗拔试验。试验用专业的千斤顶、锚具分级加载，测量各级荷载下锚杆的位移量，直到达到设计荷载或者破坏荷载。监理工程师全程记录试验数据、绘制荷载位移曲线、用曲线形状和极限承载力来判定锚杆锚固效果。如果试验结果不符合设计要求，监理单位有权要求施工单位分析原因，采取钻孔补浆、增加锚杆等补救措施，直到所有的锚杆质量都得到可靠的保证为止。

二、闸室段结构施工精度控制

（一）秦淮河船闸闸墩垂直度与尺寸监测

秦淮河船闸闸墩是高耸的混凝土结构，其垂直度、截面尺寸是否准确是保证闸门安装和运行的前提。浇筑、固化时模板变形、混凝土自重、不均匀收缩徐变、外部环境温度变化等都会造成闸墩偏位或者变形。监理工作要创建起一套有效的监测体系，对施工偏差实施动态追踪并及时加以修正。

控制闸墩垂直度的关键就是施工全过程中实时的测量和反馈。监理工程师在模板安装阶段用全站仪对模板中线、高程、垂直度进行复核，保证模板的形状和位置正确。混凝土浇筑时，由于液态混凝土侧压力大，模板很容易发生涨模或移位，监理人员在浇筑过程中及浇筑完成后，对模板外侧关键控制点进行不间断的激光铅直仪或者全站仪观测，发现变形超差立即通知施工方加固调整。对已拆模的混凝土结构，监理人员会定时对其垂直度及重要尺寸实施复核测量，再将实测数值同设计值加以对比分析。建立三维动态模型可以让我们对闸墩的整体形态有一个直观的认识，预测出其长期的变形趋势，给后面工序的精度调整提供科学依据，保证闸墩最终的垂直度偏差控制在规范允许的范围内。

（二）京杭运河施桥船闸预埋件安装精度调整

京杭运河施桥船闸等工程中的闸门轨道、支铰、侧轮行走轨道、止水橡皮压板等均为重要的预埋件。预埋件安装精度，尤其是其空间位置、相对高程、表面平整度直接关系到闸门能否平稳启闭，有无渗漏。监理工作在施工过程中所进行的动态控制，就是事前、事中、事后的全过程精度管理。

1. 事前审核与交底, 监理工程师要深入研究设计图纸, 与设计、施工单位一起做好技术交底, 确定预埋件安装精度要求及允许偏差。审查施工单位预埋件安装方案, 测量放线方法、固定措施、防止混凝土浇筑时预埋件移位、变形的技术措施。

2. 事中测量与调整, 监理人员全程旁站, 在预埋件安装过程中, 用高精度全站仪、水平仪等设备对每一个预埋件的空间坐标和高程进行多次测量和校核。对于较大的预埋板还要检测其平整度和扭曲度。一旦发现偏差就立即指导施工人员调整, 直到所有的指标都达到设计要求为止。混凝土浇筑前必须进行最后复测, 形成监理书面确认记录, 未经确认不得浇筑混凝土。

3. 事后跟踪和保护, 混凝土浇筑过程中监理人员应关注预埋件周围振捣情况, 既不能过度振捣造成预埋件移位, 也不能振捣不足产生空洞。浇筑完毕后, 监督施工单位对预埋件采取有效的成品保护措施, 防止后续施工对预埋件造成撞击或者污染, 保证闸门安装时预埋件仍能保持高精度的完好状态。

(三) 长江南京段闸室二期混凝土质量控制

长江南京段闸室二期混凝土施工一般指在二期混凝土浇筑完成后, 继续浇筑上部结构的施工。该类施工质量控制要点除了常规混凝土施工要求外, 还要重点处理好新旧混凝土结合面质量以及两者之间协同工作问题, 防止出现冷缝等结构薄弱环节。

动态控制的关键就是做好结合面的处理工作, 对浇筑过程进行严格的监督。在二期混凝土浇筑完成并达到一定强度之后, 监理方要严格检查其接缝面的凿毛处理情况。施工单位使用高压水枪、风镐等工具, 将表面的浮浆、松散石子和杂物清除干净, 露出坚实的、粗糙的骨料, 为新旧混凝土机械咬合提供良好的界面。监理人员在浇筑二期混凝土前要检查接缝面是否充分湿润, 但不能有积水, 并监督施工单位均匀涂刷一层水泥净浆或界面处理剂, 以提高新旧混凝土的化学粘结力。

二期混凝土浇筑时, 监理人员要一直观察混凝土的和易性、坍落度, 保证其能充分填充模板的各个角落, 与二期混凝土紧密结合。特别是在接缝处, 施工单位要加大振捣力度, 将界面上的空气排出, 使新旧混凝土紧密连接。浇筑完成后, 二期混凝土的养护也不能忽略。监理要监督施工单位采用和二期混凝土相协调的养护措施, 防止收缩不均造成裂缝, 最终使整个闸室成为一个无缝、均质的整体

来共同承受外部荷载。

三、闸门与启闭机安装质量控制

（一）葛洲坝水利枢纽闸门焊缝无损检测

葛洲坝水利枢纽闸门体型巨大、承受水压力高，结构是用大量钢板、型钢焊接而成的。焊缝是整个钢结构的连接点，也是最容易出现缺陷的薄弱部位。任何一点焊接缺陷，如裂纹、未焊透、夹渣等等，在长期动水压力和疲劳荷载的作用下，都会逐渐扩大，最终酿成灾难性的后果。因此，对焊缝做严格的无损检测是闸门制造、安装阶段质量控制的重中之重。

监理工程师的任务就是监督无损检测工作的有效性以及覆盖面。闸门制造前，监理单位要审查制造单位的焊接工艺评定报告及无损检测方案，保证无损检测的方法、标准、人员资质符合设计和规范的要求。监理人员对制造过程中重要的焊缝（一般为一级、二级全熔透焊缝）的无损检测进行见证或者平行检测。

监理方要保证施工单位按照焊缝部位、厚度和重要性来选择合适的检测方法组合。通常，内部缺陷检测一般用超声波和射线探伤；表面及近表面的开口缺陷多用磁粉或者渗透探伤。监理方对每一份探伤报告都必须认真审阅，对报告中出现的任何超标缺陷，都必须要求制造单位进行返修，并对返修后的部位重新检测，直到所有的焊缝质量合格为止。用闭环管理动态控制来保证每一道焊缝都是可靠的安全防线。

（二）黄河小浪底水利枢纽闸门静平衡试验

黄河小浪底水利枢纽闸门尺寸大、重量重，对其进行静平衡试验，是启闭机安装前不可缺少的一环。静平衡试验的主要目的就是准确测定闸门的实际重量和重心位置，再与设计值进行比较。核心的意义在于检验闸门配重设计的合理性，使闸门自重与配重块达到或者接近平衡状态。一个平衡好的闸门，在启闭过程中会十分顺畅，启闭机只需要克服水流和摩擦阻力，耗能少，传动部件磨损小，从而大大提高整个启闭系统运行可靠性和使用寿命。监理的动态控制就是对试验全过程进行监督，复核数据。

监理工程师要在试验前审查试验方案，查看所用千斤顶、压力传感器等计量设备的标定证书。试验时需要精确控制千斤顶的顶升、回落，同步读取压力传感器数值，从而得到闸门的实际重量和重心。监理方把实测数据同设计值相对照，

偏差大于允许范围的就要找原因，责令施工单位调整配重，直至达到理想的平衡状态为止。

（三）三峡水利枢纽启闭机电气系统稳定性测试

三峡水利枢纽是世界上规模最大的工程之一，它的启闭机系统可靠性要求很高。电气控制系统是启闭机的“大脑”和“神经”，它的好坏直接影响到启闭机在关键时刻能否准确、可靠地操作闸门。监理对于电气系统稳定性测试的动态控制，是贯穿于设备进场、安装接线、系统联调、负载试运行的全过程。

监理工程师在设备进场后要仔细检查所有电气元件，即 PLC 控制器、变频器、接触器、断路器、各种传感器等的合格证、规格型号、技术参数等是否符合设计要求。在安装阶段，监理方主要检查电缆敷设路径、固定方式、弯曲半径、线缆连接工艺，尤其是接线端子的压接质量、力矩，保证所有连接牢固可靠、接地系统符合规范，避免由于安装质量问题造成的接触不良或者信号干扰。

系统调试属于稳定性测试的主要部分。监理工程师要全程参加空载、负载、全行程的联动调试工作。测试内容有：手动、自动控制逻辑正确性，开度、力矩限制等保护功能灵敏度，主备电源切换无缝衔接，紧急停机功能可靠性，控制系统与中央控制室通信稳定性。经过多次模拟操作、极限工况试验可以充分暴露出并解决存在的软硬件问题。任何在测试中发现的任何不稳定现象或者逻辑错误，监理单位都必须要求施工单位彻底整改，重新测试，直到整个电气系统能在各种预设条件下稳定、无误地工作为止，才能签发验收合格证。

第五节 泵站工程质量监督案例

一、泵房主体结构施工控制

（一）景泰川电力提灌工程泵房大体积混凝土温控

景泰川电力提灌工程泵房的基础、墙体结构大都是用大体积混凝土浇筑而成。水泥水化热容易造成内外温差，产生温度裂缝。监理工作主要是对温控方案进行审查和实施。浇筑前，监理单位对施工单位提交的专项温控方案进行仔细的审查，保证其中包含合理的原材料选用、配合比设计、降低混凝土入模温度、内部循环水冷却等综合措施。

施工过程中,监理工程师对混凝土出机口温度、运输过程中的保温情况、入模温度等都做了连续抽查工作,各项指标都在控制范围之内。同时对埋设在混凝土内的冷却水管系统工作状态进行实时监测,通过调节通水流量和水温,使混凝土芯部与表面温差、混凝土表面与环境大气温差均控制在设计要求的 20 到 25 摄氏度范围内。

浇筑结束后养护阶段的质量控制也不能忽视。监理方要求施工单位采用塑料薄膜和岩棉被加保温、保湿的养护方式,即定时洒水保持湿润并加盖。在混凝土的不同深度、位置上设置温度传感器,监理人员可以获得连续的温度监测数据,然后据此对温度变化趋势做动态分析,及时预警、指导施工方调整养护方法,最终防止温度裂缝的产生,保证泵房主体结构完整性、耐久性。

(二) 引滦入津工程泵站流道层模板安装精度控制

引滦入津工程大型泵站流道层的几何尺寸、表面光洁度等都会对水流形态、过流效率造成影响。因此流道层模板安装精度的控制就是监理工作的重中之重。监理方对模板选型、加工制作、现场安装全过程进行质量控制,保证流道最终成型面完全符合水力学设计要求。

监理工程师应对进场的模板系统进行验收,主要检查模板的刚度、平整度和拼缝密封情况。对形状复杂、非标准的异形模板要施工单位提供三维模型进行预拼装,检验拼接精度。监理方安装时用全站仪、激光准直仪等高精度测量设备对模板中线、高程、断面尺寸、曲面平顺度进行多次校核。对检查中发现的所有的偏差,监理方要及时发出监理通知单,要求施工单位在混凝土浇筑前进行整改,经复检合格后方可进行浇筑作业。极致追求安装精度,明显减小了水流在流道里的能量损耗,给泵站高效运转打下了坚实的基础。

(三) 东深供水工程泵房上部结构吊装质量监控

东深供水工程部分泵房上部结构采用预制构件吊装法施工,该类吊装作业精度、安全性要求很高。监理方在此类施工中主要的工作就是保证吊装方案的科学性、吊装过程的平稳性、安装就位的准确性。

吊装作业开始前,监理单位组织建设、设计、施工等单位参加的吊装方案审查会,主要对吊装设备选型、索具计算、吊点布置、作业环境和应急预案的完善性、可靠性进行审查。方案一旦得到批准,监理单位就要立即对现场的起重设备、钢丝绳、吊具等进行专项检测,并确认它们是否符合安全要求。

吊装时监理人员旁站监督,用对讲机同吊装指挥、操作人员保持不间断的联系。关键监控点有构件起吊时的平稳性,在空中的运动路线是否安全,以及预定位置对准的情况。构件就位前,监理工程师用测量仪器实时引导,使构件的就位位置、高程、垂直度误差控制在毫米级范围内。

构件安装就位后,监理方立即对连接节点的焊接或者螺栓紧固质量进行检查,对构件最终姿态进行全方位复核测量。所有的数据都应当被记录下用作质量验收的依据。全方位动态监控可以保证泵房上部结构吊装的安全、质量,加快施工进度,还可以保证结构体系整体稳定。

二、主机泵与设备安装控制

(一) 江都水利枢纽水泵轴线摆度与同心度调整

江都水利枢纽属于大型调水工程,其中主要设备即大型立式水泵的安装精度要求很高。水泵及电机轴线摆度、同心度是决定机组能否正常运转,减小振动、磨损的重要因素。监理工程师在此环节的控制重点就是监督施工单位的精密调整过程。

监理方在设备基础混凝土强度达到设计要求之后,对设备基础的平整度和预埋螺栓的位置做最后的复核。水泵及电机吊装就位后,监督施工单位根据设备技术文件的要求进行初步找平找正。核心监理工作就是对精调过程进行旁站监督和数据核实。

1. 施工单位用千分表或者激光对中仪等精密仪器,分别测量水泵轴和电机轴在不同径向、轴向位置上的相对偏差。监理工程师要独立检查测量仪器的校准证书和安装方式,并对测量数据进行同步记录或者抽查复核。

2. 根据测量结果,指导施工单位用改变地脚螺栓下垫片厚度的方法,系统、对称地进行微调。每次调整后都要测量轴线径向位移和角向位移,直到两者都小于允许的极小值(一般为 $0.02 \sim 0.05\text{mm}$)为止。该调整过程要反复进行,难度较大,因此监理人员的耐心与专业性就成为保证安装质量的关键因素。

(二) 引黄济青工程电机气隙与绝缘性能检测

引黄济青工程泵站建设中主驱动电机的安装质量为机电监理的重点。电机气隙的均匀性、定子绕组的绝缘情况是电机运行效率、出力稳定性、电气安全性的两项主要检测项目。

电机定子和转子之间气隙需保持均匀,若气隙偏差过大,将产生不平衡的电磁力,进而引发振动、扫膛等故障。监理工程师监督施工单位在电机组装时,使用塞尺在圆周方向至少八个点测量气隙值。监理方除核对测量记录的真实性外,还需审查其平均值、最小值、最大偏差是否同时满足设备制造商与设计规范双重标准。对不合格的测量结果,必须要求施工单位重新调整定子或转子位置,直至达到合格标准。

绝缘性能的检测目的是防止电机运行时产生短路或者漏电的事故。监理方监督施工单位对电机安装的各个阶段(出厂、就位后、接线前),用高阻计(兆欧表)测量定子绕组的相间绝缘电阻和对地绝缘电阻。监理工程师必须严格审核试验电压选择是否正确,试验时应记录环境温度、湿度等试验环境条件,根据相关标准换算绝缘电阻值,保证绝缘电阻值大于规范要求的最小值,保证电机安全可靠运行。

(三) 太湖流域泵站进出水流道气密性试验

太湖流域新建泵站采用虹吸式或者半虹吸式出水流道,其完整性、气密性对建立、维持虹吸、防止气蚀、保证泵组高效运行起着重要的作用。因此,在结构施工完成,设备投入使用之前必须进行严格的气密性试验。监理方的职责是监督试验的全过程,保证试验的方法正确、结果可靠。

试验前,监理工程师会同各方一起检查试验段的隔离措施,保证与试验段连通的所有闸门、阀门和管道都已可靠封堵。试验一般用气体做介质。监理方监督施工单位按照方案要求缓慢向封闭流道内充入压缩空气,使压力达到试验压力值(一般为设计水头的几倍)。

当压力稳定之后就进入保压观测阶段。监理工程师与施工单位技术人员一起记录开始压力、开始时间,在规定观测时间内(24小时)定时测量压力表读数变化。对流道外表面,特别是施工缝、伸缩缝等薄弱处涂刷肥皂水做发泡检查,用目视法找漏气点。试验结束以后,监理方根据压力降以及漏气点检查情况,对流道气密性是否合格作出综合评定,完整的试验记录归档为工程档案的重要部分。

三、辅助设施与金属结构安装

(一) 刘家峡水电站压力钢管焊接质量无损检测

刘家峡水电站压力钢管要承受巨大的内部水压,焊缝质量就是结构安全的生

命线。监理工作主要是发现并消除所有可能造成重大破坏的内部缺陷，用百分之百无损检测来实现。

监理单位对施工单位提交的焊接工艺评定、焊工资格证书等严格审查，从源头上把好焊接能力关。监理工程师对钢管制作、现场安装焊接过程进行焊接环境、预热措施、焊接电流、电压等参数的巡视检查。

焊接完毕后，监理单位立即督促、监督有相应资质的第三方检测机构进场做无损检测。按照设计要求及规范，主要采用超声波检测和射线检测结合的方式。超声波检测可以对焊缝内部的裂纹、未熔合、夹渣等缺陷进行快速筛查，对于所有的丁字接头以及超声波检测出疑似缺陷部位，用射线照相复核，得到更加直观的影像证据。

监理工程师会对检测报告中缺陷的位置、尺寸、性质等做详细的检查，按照相关的标准（《水工金属结构焊接通用技术条件》）对焊缝等级做出评定。不合格焊缝必须要求施工单位进行返修，返修部位需要再次进行无损检测，直到合格为止。严格控制焊缝质量不留死角，是保证压力钢管长期安全运行的最基本条件。

（二）万家寨水利枢纽清污机与拦污栅运行调试

万家寨水利枢纽进水口设置有大型拦污栅和回转式清污机，其作用就是拦截并清除水流中夹带的污物，保护下游水轮机和泵组不受损坏。监理方的控制重点就是对设备安装精度和运行调试效果进行监督，保证设备能可靠、高效地完成清污工作。

安装阶段监理方控制拦污栅栅体垂直度、栅条间距，清污机固定导轨平行度、直线度。精度指标影响清污耙斗运行的平稳性以及清污效率。调试阶段的监理工作更加系统、复杂，一般分为以下几个步骤进行

1. 无负荷试运行：在无水无渣的情况下，清污机需要完成耙斗下降、抓取、提升、卸料等全部动作循环。监理工程师在此时对设备的运行平稳性进行检查，查看设备运行时有无异常振动、噪声，查看各个限位开关及安全保护装置是否灵敏可靠。

2. 有负荷试运行即在拦污栅前人为地投放一些模拟污物（木块、杂草等），启动清污机进行实际清捞工作。监理方主要观察耙斗与栅条啮合情况、清捞效率、卸料是否彻底、整机结构及动力系统在负载下工作状况。经过反复的负载调试，以检验清污机是否能够达到设计所需的清污能力。

（三）大亚湾供水工程辅机系统设备联动试车

大亚湾供水工程泵站自动化程度高，内部供排水系统、润滑油系统、冷却水系统、通风系统等各种辅助设备一起构成一个复杂的联动网络。单台设备的正常运转不能保证整个系统的可靠性，因此，辅机系统联动试车成了竣工验收前的关键环节。监理方的任务是审查试车方案、监督试车过程、检验各子系统之间、辅机与主机之间协调匹配性及自动控制逻辑的正确性。

联动试车前，监理方对施工单位编制的详细试车大纲进行审查，保证试车大纲包含所有设计工况，即正常启停、紧急停机、故障切换等。试车时，监理工程师会同业主、设计、施工方技术人员组成试车组，严格按照试车大纲逐项进行。

在模拟主机启动时试车组要检查冷却水系统是否先于主机自动开启，润滑油站的压力是否在主机启动前已经建立。另外还要检验当主管压力异常时，排水系统能否自动启动。联动试车是对泵站中枢神经、循环系统做一次全面的检查。监理单位对详尽的试车记录和观察结果进行剖析，以判定所有的连锁保护及自动控制系统均达到了设计要求，为泵站投入商业运行奠定质量基础。

第八章 水利工程质量动态控制的创新技术应用

第一节 信息化监控系统建设

一、视频监控系统在监理中的应用

（一）施工现场全方位视频监控布设

水利工程监理实践当中，构建一个无盲区、多层次的视频监控网络，是达成有效监管的首要环节。这就要求按照工程总体布局、作业面分布、关键建筑物特点来进行科学合理的点位规划以及设备选择。大坝、厂房、溢洪道等核心建筑物的制高点一般设置高清球型摄像机，利用 360 度旋转、高倍变焦功能，对广阔区域进行宏观掌控，对重点部位进行细节观察。对混凝土拌合站、钢筋加工场、材料堆放区等质量源头环节，采用固定式枪型摄像机进行定点、不间断的监控，确保原材料的质量、配比、加工工艺符合规范。对于传统监控很难覆盖的复杂隧洞内部、高耸的坝坡、临水作业面等地方，可以采用无人机挂载高清摄像头做动态巡检，有效消除监控死角。

固定和移动相结合、宏观和微观相补充的立体化布防方式，保证监理工程师可以随时掌握施工现场的全貌。所有的视频信号经过高速网络汇聚到中心监控室，在大屏幕上拼接成一幅动态的施工全景图。监理人员可以在监控中心远程调度查看任意一路监控画面，也可以通过授权的电脑或移动设备随时访问，真正实现了运筹帷幄之中、决胜千里之外的监管效果，为质量问题的早期发现和及时处理提供了最直观的影像依据。视频监控系统全方位的覆盖给现场作业人员带来了持续、无形的监督压力，有效地杜绝了不规范施工的行为，从源头上保证工程质量。

全方位视频监控网络的建设除了可以服务于质量控制，还可以在安全文明施工、进度管理等方面起到很大的作用。通过视频画面可以监督施工人员是否按要求佩戴安全防护用具、现场“三通一平”及警示标识的设置情况、施工机械的运行状况等。当发现安全隐患的时候，可以通过对讲系统立即通知现场管理人员进行整改。同时调取历史录像可以对某道工序的施工过程进行准确追溯，给工程计

量、进度款支付、质量争议等提供可靠的视频证据,使监理工作更加科学、公正。

（二）关键工序可视化远程监管

水利工程质量好坏在很大程度上取决于大体积混凝土浇筑、高填方土石坝碾压、基础灌浆、金属结构安装等关键工序的施工效果。传统的监理方式对这些工序的旁站监督要耗费大量的劳动力,受到监理人员个人经验、精力的限制,不能达到全程不间断的监督。可视化远程监管依靠高清视频技术,从根本上改变了监理工程师对核心作业过程只能粗略地、断续地监督的状况,使监理工程师可以对核心作业过程进行细致的、连续的监控。混凝土浇筑时,用摄像头对准浇筑仓面、振捣区域,可以清楚地看到混凝土入仓方式、分层厚度、振捣是否充分、有无漏振或过振现象,保证混凝土的密实度和均匀性。对于土石坝的填筑碾压,通过在填筑区及碾压设备上布置摄像机,可对上料的均匀性、碾压轨迹、遍数进行实时监测,保证压实度达到设计要求。

远程可视化的监管方式打破了空间上的限制,也扩大了监理人员的感知范围。通过与物联网传感器的数据融合,监管的维度会更加丰富。混凝土浇筑监控的视频画面上可叠加嵌入式温度传感器的实时数据,监理人员可以同时获得混凝土的内部温升情况,判断混凝土水化热过高是否有温度裂缝的风险,为温度控制措施的实施提供决策依据。灌浆作业中视频可以清楚地反映出现场的注浆过程,屏幕上还会同步显示自动化记录仪的压力、流量、浆液密度等参数,实现“过程”和“数据”的双重监控。如此信息融合后展现出来的远程监管不再只是粗略地“看热闹”,而是在工艺的关键工序上实现精准的“把脉问诊”。

（三）违规操作智能抓拍与预警

随着人工智能技术特别是图像识别算法的发展,视频监控系统也由原来的被动地“看见”变为主动地“看懂”。智能视频分析技术应用之后,监控系统就具备了自动识别违规行为、发出预警的能力,从原来的事后追溯变为事中干预。这项技术将监理人员从看屏幕的劳役中解放出来,系统可以充当不知疲倦的电子哨兵,自动完成一部分监督工作。

智能抓拍与预警系统的应用场景十分广泛,主要体现在以下几个方面:

1. 安全防护识别,系统可以自动识别进入工区的各种人员是否按规定佩戴安全帽、反光衣等个人防护用品。系统一旦发现没有佩戴或者佩戴不规范的人员,就会立刻抓拍图像并保存为证据,并通过现场的声光报警器或者定向语音提示器

发出警告，提醒当事人改正。预警信息会及时推送给有关管理人员所持的移动设备上，方便处理。

2. 区域入侵检测：在基坑边坡、高压配电室、爆破警戒区等危险区域中，可以在系统中划定虚拟电子围栏。当系统检测到有人或者车辆在非授权时间闯入这些区域的时候，就会立即触发高级别的警报，通知安保人员和现场负责人，有效地防止意外事故的发生。

3. 对某一种具体的作业行为进行规范性分析。在吊装作业区可以检测到吊臂下方是否有人；高空作业时可以判断作业人员是否正确佩戴了安全带。对动火作业，系统可以判断作业区周围有无易燃易爆物品。依靠深度学习算法来进行行为分析，把安全监控的触角伸进了变化的作业流程中，使风险防控更加精准。

智能分析加入到视频监控系统中，视频监控就不再只是影像的记录者，而成了风险的吹哨人。它把大量的简单重复性的识别工作自动化，使监理人员把更多的精力用在质量判断和技术决策上。智能抓拍的图像、视频片段带有时间、地点等信息，是无法推翻的违规证据，为监理工程师开具整改通知、处罚、安全教育提供了有力的依据，大大提高了现场管理的执行力以及威慑力。

二、移动监理终端的普及应用

（一）现场巡查数据的移动端录入

传统水利工程现场巡查中，监理人员要携带大量的纸质图纸、检验批表格、记录本；巡查结束后必须回办公室将手写记录誊抄到电脑上，流程繁琐、效率低，而且容易在转录过程中出现错漏。移动监理终端的普及使原有的模式发生了根本性的改变。监理工程师使用平板电脑或者专用智能手机，可以随时在现场查阅电子化的设计图纸、施工方案、验收规范。巡查过程中发现的质量或安全问题可以直接用 App 记录下来，文字描述、拍照、录像、录音等多种形式都可以使用，将问题信息与具体的部位、图纸位置准确关联起来。

这就保证了原始信息真实、准确。照片、视频自带的时间、GPS 位置水印，给问题发生提供不可辩驳的时空证据。结构化的表单对问题描述方式进行统一规定，避免手写记录潦草不清或者有歧义。现场录入的数据会通过无线网络实时上传到中心服务器和云平台，项目各个参建单位（建设单位、总包单位、分包单位）的管理人员按权限可即时得到最新的巡查情况，极大缩短了信息传递的时间。监

理日志、旁站记录、巡视记录等工作内容可以无纸化填写和提交，减轻了监理人员内业的工作量，也形成了一个实时、动态、可追溯的工程质量信息数据库，为以后的质量评价、数据分析、责任认定打下了基础。

（二）整改通知单的即时下发与闭环

传统的流程是监理人员手写整改通知单，经过审批后送至施工单位，施工单位整改完毕之后再书面回复，监理复查确认，整个过程周期长、环节多，容易造成信息脱节，导致问题不能及时整改或者不了了之。移动监理终端使用创建出高效的、透明的整改闭环管理系统。监理工程师在施工现场发现问题后完成数据录入，可以直接在移动终端上创建电子整改通知单，系统会自动填写问题描述、影像证据、关联部位等各个方面的信息。监理工程师只需要选责任单位、定整改期限就可以一键下发。

通知单通过系统即时推送到施工单位项目经理及有关负责人移动 App 或者短信上，省去了纸质单据的流转时间。施工单位接到通知之后，在规定时限内组织整改，并在 App 中上传整改后的照片或者说明作为回复。监理工程师收到回复之后可以现场复核，确认合格就将移动端的“关闭”，形成发现问题、下达指令、执行整改、反馈、复核销项的数字化闭环。系统会针对每一个节点，也就是下发、接收、回复、关闭的时间、操作人员进行记录，实现了整改全过程留痕、状态可追溯。逾期不整改或者整改不到位的问题会自动被系统标记，同时会向上级管理人员发送预警，保证问题得到彻底解决，从而提高监理工作的执行力和管理效率。

（三）现场影像资料的云端存储与管理

水利工程建设周期长，产生的影像资料数量非常大，有各个阶段的施工照片、关键工序的录像、验收记录视频等。传统的本地存储方式存在硬盘易损、数据易失、查找困难、共享不便等弊端。云存储技术的使用，为大量的工程影像资料提供了安全、高效、便捷的管理方式。所有经由移动监理终端或者固定摄像头采集的影像数据，都能够被自动上传至云端服务器之中加以集中保存并管理。

云端存储具有高可靠、高可用的特点，用多副本备份、异地容灾等方式保证数据不会因为单点硬件故障而丢失，给工程项目留下了一份永久的、完整的数字档案。更重要的是云平台有很强的检索和管理功能。影像资料上传时系统根据项目名称、单位工程、施工部位、工序类型、拍摄时间等各方面内容自动打签，结构化分类。当需要查找某一资料时，监理人员只要输入关键词“2号墩台承台钢

筋绑扎”，系统就可以在一秒内检索出所有的相关照片、视频，极大地提高了资料的检索效率。经过精细化权限设置，就能够很方便地进行项目各参与方资料安全共享。建设单位可以远程查看工程形象进度，设计单位可以调阅隐蔽工程影像进行复核，审计部门可以追溯特定支付节点对应的工程实体状况。以云为基础的影像管理模式，既解决了存储问题，又盘活了数据资产，使数据资产在项目协同、进度展示、质量追溯、竣工交付等各个阶段都发挥最大的作用。

水利工程信息化监管系统功能对比表

特性 / 系统	视频监控系统	移动监理终端
核心功能	全方位实时监控、智能识别与预警	现场数据采集、问题反馈与整改
主要应用	施工现场监管、关键工序可视化、安全违规抓拍	移动巡查记录、电子整改通知、云端资料管理
技术支撑	高清摄像头、AI 图像识别、高速网络	智能移动设备、专业 App、云存储与协同平台
实现价值	提升监管广度与深度、强化主动干预能力、震慑不规范行为	提高工作效率与数据真实性、实现流程闭环管理、确保信息可追溯
信息载体	视频流、图片、智能分析报告	文字、图片、视频、语音、结构化表单

从水利工程信息化监管系统功能对比表中可以发现，两者互相补充、互相促进地构成起一个现代的水利工程质量动态控制技术架构，明显提高了水利工程管理的智能化水平和效率。

第二节 无人机巡检技术应用

伴随着信息技术和智能装备的迅速发展，无人机技术因为具有高效、灵活、安全、数据精准等优势，在水利工程监理中得到了广泛的应用，使传统的施工质量动态控制方式发生了根本性的改变。无人机巡检技术冲破地形、空间、恶劣环境的束缚，给监理工作赋予了前所未有的宏观视角和微观洞察力。

为更好理解无人机在水利工程监理中的具体作用，下方表格概述了其常用传感器及其主要应用领域。

无人机常用传感器及其水利工程应用概览表

传感器类型	主要功能	水利工程应用示例
高清可见光相机	采集高分辨率影像、视频	土方工程量计算、边坡裂缝识别、道路巡查、水利设施外观检查
激光雷达	生成高精度三维点云数据、数字高程模型	高边坡变形监测、土方工程量计算、水下地形测绘（蓝绿激光）
红外热像仪	探测物体表面温度分布、异常区	堤防渗漏隐患排查、混凝土结构缺陷温度异常检测
多光谱 / 高光谱传感器	采集不同波段反射数据、植被健康状况	边坡植被异常变化监测、水体富营养化监测
测深仪（配合无人船）	测量水下深度、生成水下地形	河道冲淤分析、水库库容测量、航道维护

一、土石方工程量与边坡监测

（一）土方开挖方量快速计算

传统的土石方计算依靠人工现场测量，效率低、劳动强度大，受天气地形的影响大。无人机倾斜摄影测量技术彻底改变了这一局面。无人机按预定的航线，高效率获取施工区域的高分辨率影像数据。经过专业软件处理后，很快得到高精度三维数字高程模型和数字表面模型。监理工程师根据各个施工阶段的三维模型计算出土方开挖量、回填量、堆方量，精度满足工程要求。不仅可以大大降低计算效率、减少外业工作量，而且可以为土方平衡调度、施工进度款的支付提供客观可视的数据支撑，防止计量争议的发生。

无人机测绘技术可以让监理单位对土石方作业全过程动态跟踪。大型水库或者引水工程渠道开挖过程中，定期进行航测可以及时掌握开挖进度，将实际断面与设计断面对比分析，发现超挖、欠挖问题。数据具有可追溯性、高精度，给施工质量动态控制提供坚实的技术保证，促进土石方工程管理精细化、智能化。

（二）高边坡稳定性监测与预警

水利工程高边坡（库岸、坝肩）的稳定性对于工程安全来说非常重要。无人机技术给高精度、非接触式边坡变形监测提供了一种有效的方法。无人机搭载高清相机、激光雷达或者多光谱传感器，定时采集边坡数据，得到高密度点云和高清正射影像。对比分析多期点云数据可以识别出边坡表面位移、沉降、隆起等微小变形，定量掌握整体变形情况。

该种动态监测可以及时发现潜藏的滑坡危险。分析影像数据可以清楚地反映边坡表面裂缝产生、扩展的过程,坡面植被异常变化以及渗水点分布。依靠边坡稳定性监测预警系统,当监测数据超过预设的阈值的时候,立刻发出报警,为应急措施以及人员撤离争取时间,实现从被动应对向主动预防转变。这对保证施工人员的生命财产安全,防止地质灾害的发生有重大意义。无人机获取的三维模型可以给边坡稳定性分析、加固方案设计提供直观、精确的地形地质资料。

（三）施工道路与临时便道巡查

施工道路是水利工程建设的生命线,施工道路的好坏直接影响物料运输效率以及施工安全。无人机可以很快、全面的对长距离、地形复杂路段施工道路和临时便道进行检测。监理人员利用航拍得到的高清视频、图像,就能在办公室里清楚地看到路基、路面的完好状况,比如不均匀沉降、坑洼、塌陷、严重积水等。

无人机巡查克服了传统人工巡查在空间、时间上的限制,对于车辆不能通行或者存在安全隐患的路段,无人机可以很容易到达,获取重要的区域影像资料。监理工程师对不同时期的影像数据加以分析,可以对道路服役状况展开动态评价,及时察觉由于暴雨冲刷,重载车辆通行等引发的道路损坏情况,促使施工单位加以维护修复,保证施工交通的顺畅与安全。高效的巡查模式使监理工作覆盖面、响应速度大大提高。

二、混凝土施工外观质量检查

（一）大坝混凝土表面裂缝识别

混凝土坝体表面裂缝检测对于大坝的健康状况起着决定性的作用。传统的“蜘蛛人”作业或者搭设脚手架人工检测效率低、成本高、危险性大。无人机携带高分辨率相机,可以在很近的距离内对大坝表面进行高清拍摄,哪怕是在几百米高的地方,也能发现几毫米大小的细小裂缝。

通过预设航线,无人机可以实现坝面网格化、全覆盖扫描,保证不遗漏任何地方。用人工智能的图像识别技术,可以自动、高效地自动识别、定位和测量裂缝的长度、宽度、走向。监理工程师通过这些量化的数据可以建立详细的裂缝档案,也可以对裂缝的发展变化进行追踪,给大坝的安全评价以及维修决策提供科学依据。该种智能化的检测方式使定性观察变成定量分析,提高了精度并且加快了检测速度。

（二）高空建筑物外观缺陷检测

对于水电站厂房、进水塔、升船机等高空建筑物进行外观质量的检测会遇到许多困难。无人机技术可以很好地解决传统检测方式不能克服的问题。

1. 无人机携带高清变焦相机，可以安全地对建筑物外墙、屋顶等进行详细的检查，清楚地发现混凝土剥落、露筋、蜂窝麻面、渗漏水渍等外观缺陷。非接触式检测方式既可以避免高空作业危险，又可以保证检查人员的安全。

2. 用倾斜摄影和三维建模技术可以生成建筑物高精度的实景三维模型。监理人员可以直接在模型上量测缺陷的尺寸和空间位置，在模型上标注并归档缺陷信息形成可视化的数字病历。为以后维修工作提供准确的指导，也便于工程质量全生命周期的管理。

（三）地形复杂区域的安全巡查

水利工程建设中的许多作业区处在深山峡谷、陡峭岸坡或者河流中央等复杂的地形当中，人员巡查难度大、风险高。无人机对这样的区域安全巡查起着不可替代的作用。对于需要跨越河流或者峡谷的渡槽、管道支墩等结构物，无人机可以飞到结构物上方，对结构物的支座连接、结构外观等进行全方位的观察。无人机还可以快速检测施工现场脚手架、高空作业平台、临边防护等安全设施搭设情况，及时发现并处理防护栏缺失、安全网破损等隐患，从而提高施工现场安全管理水平，将安全风险从事后追溯转变为事中控制。

三、河道与堤防工程巡检

（一）长距离堤防隐患智能排查

堤防是防洪的重要屏障，无人机巡检绵延几十甚至上百公里的堤防，效率远远高于人工徒步或者乘车巡查。无人机按事先设定的航线自主飞行，搭载高清可见光相机、红外热像仪和激光雷达等设备，可以对堤防进行全方位的信息采集。可见光影像主要是用来观测堤坡有无滑塌、冲沟、裂缝、违章建筑等明显的病害。

红外热像仪可以很好地发现隐蔽的渗漏隐患。水在蒸发或者渗透的时候会带来局部温度的改变，通过对堤防表面温度异常的地方加以分析，可以大致判定是否存在渗漏通道或者管涌险情。根据无人机获取的高精度地形数据，监理工程师可以对堤防整体状况进行全方位的评价，从点上巡查变为面上监控，大幅度提高堤防隐患排查智能化水平和预警能力。

（二）河道疏浚工程进度与质量监测

河道疏浚属于改善河道行洪能力、提高航运等级的关键举措。无人机在疏浚工程监理中起到重要的作用。定期对疏浚作业区航拍可以快速得到正射影像图和三维模型，直接反映出工程进度。监理人员可以依据不同的影像资料来确定疏浚区与未疏浚区的边界，也可以对疏浚土方的堆积地点和数量开展持续监管，进而做好施工现场的管控工作。

无人机巡检还可以对施工质量进行监督。如检查疏浚船作业范围是否符合设计要求，有无超挖、漏挖。无人机可以对疏浚土方进行跟踪拍摄，保证疏浚土方符合环保、水土保持等相关规章制度。高效巡检方式给监理方提供全面可视的管理工具，保证疏浚工程按计划高质量进行。

（三）水下地形测绘与冲淤分析

掌握水下地形变化规律，对水库库容管理、河道演变分析、航道维护等都具有重要意义。无人机技术同水下探测设备相融合，就产生了水下地形测绘的新途径。

1. 浅水区可以采用搭载蓝绿激光雷达的无人机直接测量。蓝绿激光可以穿透水体，获取水底高程数据，快速生成大范围的水下地形图。

2. 在较深水域一般用“无人机+无人船”协同作业方式。无人机提供高精度实时动态差分定位信号，为搭载单波束或多波束测深仪的无人船提供精确平面位置和高程基准。无人船按照规划好的路径自主航行，采集水下地形数据。这样的组合方式可以明显提高传统水下测量的自动化水平和作业效率。通过比较不同时期的水下地形数据，监理工程师能准确计算出某一个区域内的冲刷量或者淤积量，为评价河床的稳定性、预测河道变化趋势以及水库调度、清淤工程提供重要的数据支撑。

第三节 智能传感器监测网络

一、大坝安全监测传感器应用

大坝是水利工程的中枢，施工期和运行期的安全十分重要。利用先进的传感器技术，对大坝的关键指标进行实时的监测，这是保证大坝结构安全、避免灾害发生，实现大坝全生命周期质量动态控制的主要技术手段。

大坝安全监测主要传感器应用概览

监测指标	典型传感器类型	监测位置	监测目的
渗流压力 / 浸润线	振弦式渗压计、压阻式渗压计	坝体、坝基内部	评估渗流状态，预警失稳风险
外部变形	全球导航卫星系统接收机、自动全站仪、激光准直系统	坝顶、坝坡等关键点	监测三维位移，评估整体稳定性
内部变形	多点位移计、固定式测斜仪	坝体混凝土 / 土石料内部	测量相对位移和倾斜
内部应力 / 应变	振弦式应变计组、钢筋计	坝体混凝土 / 土石料内部	获取应力应变状态、钢筋受力
环境温湿度	温湿度传感器	施工仓面、迎背水面	监测微气候，控制温度裂缝

上表展示了在大坝安全监测中主要传感器的应用。

（一）渗流压力与浸润线实时监测

大坝渗流情况同它的整体稳定性有关。渗流压力过大或者浸润线异常抬高，都是坝体失稳的危险信号。在监理工作中，将振弦式或者压阻式渗压计预先埋设在坝体和坝基内部，可以对孔隙水压力进行连续监测。这些传感器可以准确地测量出各个高程、各个位置的压力变化，并把数据无线传送到监控中心。

系统对大量的渗压数据进行整合分析之后，可以自动生成整个坝体横截面的等水压线图，准确地勾画出浸润线的实时位置和形状。监测到浸润线超出安全界限或者某处渗流压力突然增大，系统会立刻发出警报，提醒监理工程师注意该处防渗措施是否出现问题，排水系统是否堵塞，从而给加固、修复措施留出宝贵时间，有效避免因渗流问题而造成管涌、坍塌等重大事故的发生。

（二）坝体变形与应力应变数据采集

坝体在自重、水压力、温度变化等荷载作用下会产生变形、应力。这些参数

变化可以用来判断大坝结构好坏。因此需要建立一个由各种传感器组成的多维监测系统。外部变形监测一般用全球导航卫星系统接收机、自动全站仪、激光准直系统,对坝顶、坝坡等关键点的三维位移做毫米级的自动化、连续观测。

内部变形、应力监测依靠埋设在坝体混凝土或者土石料内部的各类传感器。采用多点位移计、固定式测斜仪测量坝体内部不同深度的相对位移和倾斜;布设振弦式应变计组、钢筋计,实时获取混凝土的应力应变状态和钢筋的受力情况。所有采集到的数据被传送到中央处理系统之后,经过模型的计算分析,就可以直接得到大坝整体变形趋势以及内部应力分布图。监理工程师依照上述数据就可以判别坝体的变形收敛,并据此作出大坝结构性状受施工品质影响程度的动态评价。

(三) 环境温度与湿度场分布监测

环境温度、湿度,尤其是温度剧烈变化,对大体积混凝土坝的施工质量有直接且明显的影响,是造成混凝土产生温度裂缝的主要原因。环境条件也影响着土石坝填筑材料含水率控制。因此,监理工作要对施工区的微气候环境进行严密的控制。

在施工现场的混凝土浇筑仓面、坝体迎水面、背水面等重要部位布置高精度的温湿度传感器,可以实时采集空气温度、相对湿度、风速、太阳辐射强度等数据。将这些数据同混凝土内部温度监测数据结合起来,监理工程师就可以准确地计算并分析出混凝土内外的温度梯度。当温差接近临界值时,系统就会发出预警,提醒现场立即采取保温保湿养护措施,即增大覆盖层厚度、开启喷淋或者洒水系统,有效地控制温度裂缝的产生和发展,保证混凝土结构的整体性与耐久性。

二、混凝土内部状态监测

(一) 混凝土内部温度场实时监控

大体积混凝土在水化热的作用下,内部温度会急剧升高,与表面存在较大温差,很容易产生温度裂缝。为了有效地控制温裂,必须对混凝土内部温度场实行实时、准确的监测。传统的手工测温方式效率低、时效性差,已经不能满足现代工程监理的要求。现代监理实践中,一般在混凝土中预埋分布光纤温度传感器或者多点数字式温度传感器。

这些传感器从混凝土浇筑开始就一直工作,以分钟级的速度采集并传输结构内部各个深度、各个位置的温度数据。监理平台用温度云图和各测点温度历时曲

线的形式来表现数据，清楚地显示出混凝土从升温到降温的全过程。监理工程师根据这些实时数据可以判断目前采取的温控措施（循环水冷却、保温保湿养护等）是否有效，也可以预测未来温度变化的趋势。系统一旦发现升温速率过快，峰值温度过高或内外温差超出控制指标时就会发出警报，施工单位据此可以对温控措施做出即时修改，达到精准防裂、主动控制的效果。

（二）自生体积变形与徐变监测

混凝土硬化时，即使没有外部荷载和温度变化，也会因为水泥水化和自干燥而产生自生体积变形（多为收缩）。在长期恒载的作用下还会产生徐变变形。两种变形都会造成混凝土结构长期性能变差、出现裂缝和应力重新分布。准确掌握它的变化规律，对保证水利工程长期安全十分重要。

在监理实践中，一般在混凝土结构的重要部位埋设应力监测传感器和无应力计（又叫应变计补偿计）。无应力计被隔离开，不受外荷载影响，测量的变形只有温度变形和自生体积变形。把同一位置应变计总变形减去无应力计测得的温度变形、自生体积变形和通过弹性模量计算出的弹性变形，就可以得到徐变变形。该种组合监测方法给监理工程师对混凝土材料的长期性能进行评估、对设计参数进行检验以及对结构未来的状态进行预测提供可靠的依据。

（三）钢筋锈蚀与耐久性指标监测

钢筋锈蚀是造成钢筋混凝土结构耐久性降低的主要因素。水工环境里，结构长久处在高湿度或者水下状况，钢筋的防腐蚀工作遇到严峻挑战。传统的破损检测方法存在滞后性，不能做到早期预警。所以监理工作使用的是基于电化学原理的嵌入式钢筋锈蚀监测传感器。传感器一般集成了参比电极、工作电极等探头，预埋在钢筋附近。

1. 通过对钢筋腐蚀电位、混凝土电阻率、氯离子浓度、pH 值等主要参数进行长期检测，来评价钢筋所处的腐蚀环境。

2. 当氯离子渗透到钢筋表面或者混凝土碳化深度接近保护层厚度的时候，监测数据就会出现明显的变化，在钢筋锈蚀之前给出早期预警。

形成结构耐久性风险的主动预警能力，使业主能及时采取预防性措施（表面涂装保护、电化学修复等）来提高结构耐久性，把质量控制工作由施工阶段延伸到整个服役期，使工程使用年限得到最大限度的延长。

三、施工机械设备智能监控

（一）碾压机械行走轨迹与振动监测

土石坝、心墙、堆石混凝土等需要分层填筑压实的结构物，压实质量是工程安全的重要保证。传统的旁站监理依靠人工观察、抽检，不能实现全面、无死角的监督。在压路机上安装高精度的全球导航卫星系统定位天线、振动传感器、数据采集终端，从根本上解决了这个问题。

系统可以对碾压机械行走轨迹、碾压速度、振动频率、振幅、各个区域碾压遍数进行实时记录并显示。监理监控室的大屏幕上，填筑区被划分成若干个网格，不同的碾压遍数区域用不同的颜色实时渲染出来，形成一目了然的碾压热力图。监理人员可以清楚地看出有无漏压、欠压、过压区。系统可以自动检测碾压速度、振动参数不符合规范要求的段落，给出详细的作业报表。使用数字、可视化的监控手段，从源头上保证压实作业的每一环都在严格控制之下，从而保证填筑体的均匀性、密实度。

（二）拌合站配料误差动态监控

混凝土、稳定土等拌合物配合比是保证其最终强度和性能的基础，配料环节的微小误差都会造成质量缺陷。智能拌合站监控系统在配料系统的骨料仓、水泥仓、水箱、外加剂罐等处装设高精度称重传感器和流量计，与拌合站的 PLC 控制系统进行数据对接，从而实现生产过程的全自动、高精度控制。

系统实时采集每盘拌合物各种原材料的实际投料量，并同理论配合比进行即时的对比分析。当发现某一种材料的用量超过允许误差范围的时候，系统就会立即锁住该盘不合格的产品，防止其出站，并且会发出声光报警和短信通知。监理人员可以随时查看任意时间段内的生产数据、误差统计、报警记录，实现拌合物生产质量的事前预控、事中纠偏，保证每方出厂材料均符合设计要求。

（三）特种设备运行状态安全监测

水利工程中使用大量的塔式起重机、门式起重机、施工升降机等特种设备，这些设备的运行安全直接关系到人员生命安全，也和工程进度、质量密切相关。为防止安全事故发生，监理工作要严格控制高风险设备的运转情况。在各种设备上加装载荷传感器、力矩限制器、风速仪、倾角传感器、行程限位器等传感装置，就可以建立特种设备安全监控系统。

系统实时采集起吊重量、起重力矩、作业幅度、吊钩高度、运行速度、设备倾角、现场风速等各项数据。所有的数据都是经由无线网络传送到监控平台的。当任意一个参数接近或者超过设定的安全阈值的时候,系统会自动发出声光报警,按照预先设定好的逻辑执行危险方向的自动切断操作,使设备停止运转。监理人员和安全管理人員随时可以查看特种设备的实时状态、历史报警记录,从而由被动检查变为主动预防,大大提高了施工现场本质安全水平。

第四节 大数据分析在质量控制中的应用

一、质量数据的深度挖掘与分析

(一) 历史工程质量数据统计分析

历史工程质量数据统计分析为大数据质量控制模型的创建打下了基础。系统地收集、整理出已完工或者正在施工的水利工程项目各个阶段产生的大量数据,即原材料检测报告、混凝土抗压强度数据、土石方压实度记录、焊接工艺评定结果、隐蔽工程验收影像资料、历次质量巡检和抽检记录等,形成一个完整的历史质量数据库。数据库不但是数据的简单堆积,更是工程实践的数字化积累。

采用统计学的方法对数据实施描述性分析,能够明确各类工程、施工部位、施工条件等各方面质量的分布情况。可以计算出不同养护条件下某混凝土强度增长曲线的平均值、标准差,以此作为质量控制的基准线和正常波动范围。通过回归分析历史数据,可以确定各个关键工艺参数对最终质量指标的影响程度,给以后的施工提供经验参数。

经过大量的历史数据整理之后,会发现质量问题多发环节以及常见缺陷。通过统计分析可以看出,在某种地质条件下基坑渗漏问题出现的频率高,或者某种钢筋连接工艺合格率低。依据历史数据统计得出的结论,有利于监理工程师在新的工程项目中,事先预见到可能存在的质量风险点,从而把监管资源优先配置到这些关键部位,实现从被动应对到主动预防的根本性转变,大大提高质量管理的针对性和前瞻性。

(二) 质量缺陷与影响因素关联分析

在水利工程复杂的施工环境中,质量缺陷的出现不是单一因素造成的,而是

多种因素相互交织、相互作用而产生的。质量缺陷和影响因素的关联分析,就是利用大数据挖掘技术,从大量的施工过程数据中挖掘出造成混凝土裂缝、渗漏、不均匀沉降等质量问题的深层次原因以及组合规律,从而实现对质量问题的根源性治理。这项工作已经不单纯是因果关系的推断,转而变成了复杂系统中关联性的研究。

有效的关联分析首先要有一个多维的数据集。该数据集除了直接的质量检测结果之外,还应该包含与施工过程有关的各种间接数据,即施工期间的温度、湿度、风速等气象数据;原材料的产地、批次、供应商等信息;施工机械的型号、运行参数、维修记录;施工班组的技术水平、作业时长等。将这些看似不相关的数据同质量缺陷记录进行时空对齐,就为寻找两者之间的联系打下了基础。用 Apriori、FP-Growth 等关联规则挖掘算法可以自动地发现类似 A 和 B 一起发生有较高概率导致 C 发生的隐藏模式。分析表明,在“某批次水泥的特定供应商”和“低温大风天气下浇筑”这两个因素同时出现的时候,混凝土表面产生微裂纹的概率就会大大增加。该发现可以给监理工程师提供准确预警,促使他们在类似条件组合出现的时候及时加强覆盖保温等针对性措施。

(三) 施工质量趋势的预测模型构建

施工质量趋势预测模型的建立,是大数据分析从解释过去走向预测未来的一步。其主要目的就是利用历史和实时数据,预测未来某个时间点或者施工阶段的质量状态,或者存在何种质量波动趋势。前瞻性使监理工作由被动地在问题发生之后进行反应,转变为在问题发生之前主动干预,从而大大提高了质量控制的主动性、有效性。

模型的建立需要依靠连续的质量监测数据的收集,大体积混凝土内部温度实时监测数据、高边坡位移和沉降自动化监测数据、关键设备运行状态传感器数据等。这些数据将会形成带有时间序列特征的数据集,为训练预测模型打下基础。采用 ARIMA 等时间序列分析方法可以分析数据随时间的变化规律和周期性,也可以预测数据的未来走向。

随着机器学习的发展,循环神经网络、长短期记忆网络和门控循环单元等更复杂的变体也被广泛使用。该类模型适合处理时间序列数据,可以学习到数据中长期存在的依赖关系。将历史的混凝土温度、环境温度、养护措施等数据序列输入 LSTM 模型,可以预测未来数小时到数天内混凝土内部温度的变化趋势。当

预测结果偏离理想的温控曲线的时候，系统就会发出警报，提醒监理人员及时调整养护方案，防止温差过大造成裂缝。上述大数据分析需要依靠各种算法来实现，常用的一些算法及其应用见下表。

质量控制中常用大数据分析算法表

算法类型	具体算法	主要应用	示例场景
关联规则挖掘	Apriori, FP-Growth	质量缺陷与影响因素 关联分析	发现特定材料与施工条 件组合下的质量问题
时间序列分析	ARIMA	施工质量趋势预测	预测未来混凝土内部温 度变化趋势
深度学习网络	循环神经网络,长短期记 忆网络,门控循环单元	复杂时间序列预测	预测高边坡位移,预警 潜在风险
异常检测	3 σ 原则,孤立森林, DBSCAN	异常数据自动识别与 报警	监测大坝渗流量异常, 及时发现隐患
分类预测	朴素贝叶斯,决策树,随 机森林	质量通病发生概率 预测	评估特定条件下混凝土 裂缝的发生概率
优化算法	遗传算法,粒子群算法	施工参数优化	寻找混凝土配合比、浇 筑温度等最优组合

建立成功的预测模型要不断进行验证和优化。模型投入使用以后，就要用新的真实数据来检验模型预测的准确性，根据误差反馈对模型参数进行迭代调整。这样就保证了预测模型可以适应施工现场条件的变化，保证预测的可靠性、准确性，真正成为监理工程师进行动态质量控制的有力工具，把质量风险化解在无形之中。

二、质量风险的智能评估与预警

（一）基于大数据的施工风险等级评估

传统的施工风险评价大多依靠专家的经验以及定性的分析，主观性大，不能及时更新。大数据背景下的施工风险等级评定，依靠多源异构数据融合来创建起量化、动态的评估模型，可以对水利工程各个施工环节、各个工作面以及不同时段的质量风险实施客观、准确的等级划分，给监理资源的合理调配赋予科学的依据。

1. 评估模型首先要创建起完整的风险因子数据库。静态设计资料、地质勘察报告、施工组织设计方案属于静态部分，实时施工进度、气象预报数据、人员设

备到位情况、邻近工程影响等属于动态部分。对历史工程风险事件数据加以分析，就可为各个风险因子赋予不同的权重，从而创建起风险因子同风险发生概率之间的数学联系。

2. 利用机器学习算法，逻辑回归、支持向量机或者神经网络等，可以训练出风险等级评价模型。根据实时数据计算施工活动综合风险指数，然后将施工活动综合风险指数分为高、中、低三级。以即将开始的深基坑开挖为例，模型会把土体力学参数、降雨预报、支护结构监测数据等综合起来，对基坑失稳风险等级做出动态的判断。评估结果以可视化的方式（风险地图）在监理信息平台上展示出来，使管理者对整个工程区域的风险分布一目了然。

（二）异常数据的自动识别与报警

水利工程监理过程中施工质量恶化一般都会伴随着监测数据异常波动。异常数据的自动识别与报警系统，采用大数据分析技术，对大量的实时监测数据进行不间断的分析，当出现偏离正常模式的数据点或者数据序列时，就会立即触发报警，通知监理人员去核查并加以处理，在质量问题萌芽的时候实现及时的干预。

该系统的关键之处在于异常检测算法的应用。对于单方面的监测数据如某一传感器测得的应力值，用“ 3σ 法则”判断：当数据点超出均值三倍标准差时就为异常。该方法简单有效，但是对复杂模式的识别能力较弱。对多维、互相联系的监测数据，就需要使用更高级的机器学习算法。

孤立森林算法用随机决策树来孤立异常点，适合高维数据；基于聚类的 DBSCAN 算法通过识别不属于任何数据簇的离群点来发现异常。算法能够学习正常的数据模式，不符合该模式的数据就会被迅速识别出来。典型的使用场景是对大坝的渗流量、上游水位、降雨量进行持续监测，在渗流量增长速度明显超过利用水位、降雨量预测正常范围的时候，虽然数值仍在安全限值之内，系统也会判断为异常并发出警报，提示可能存在局部渗漏通道加速形成的危险，实现了从超限报警到趋势异常报警的智能化升级。

（三）质量通病发生的概率预测

质量通病，例如混凝土表面裂缝、施工缝渗漏等，在水利工程中是经常出现的、难以根治的问题。大数据技术对大量的历史案例进行深度学习，可以建立概率预测模型，在一定的条件下，对某种质量通病发生可能性做出评价，从而指导监理工作采取更有针对性的预防措施，降低质量通病的发生率。

此项实践的重点就是创建详尽的质量通病案例库，其中既包含通病发生的结果信息，也包含通病发生时各项内外因数据，例如环境条件、材料特性、施工工艺参数等。基于该数据库可以使用分类算法（朴素贝叶斯、决策树、随机森林等）来训练预测模型。可以学习各种因素组合和质量通病发生之间概率关系的模型。当监理系统得到当前的施工环境以及将要采用的技术方案时，就可以将预测模型输入进去。模型会给出一个具体的概率值，例如，在当前的气温、风速以及混凝土配合比下，未来 72 小时内该位置出现温度裂缝的概率是 75%。用量化的概率值来替代“风险较大”等模糊的定性判断，给决策提供更加直观有力的依据。监理工程师根据此可以决定是否调整施工方案、加强养护措施或者增加检查的频率，从而把预防工作落实到实处。

三、决策支持与优化建议

（一）施工参数优化的数据支撑

水利工程施工中所涉及的重要工艺参数有混凝土配合比、浇筑温度和速度、土石方压实遍数和含水率等。传统的参数确定依靠的是规范标准以及施工人员的经验。大数据分析给它赋予了更加科学、细致的优化途径。通过对大量成功和失败案例的参数组合及质量结果进行收集，可以得到参数和质量的映射关系，从而给找到最佳施工参数提供数据支撑。

对于大坝混凝土的温控防裂，系统能够把历史上各个配合比、骨料温控措施、浇筑方案、养护方式与最终产生裂缝情况的数据汇总起来。采用遗传算法或者粒子群算法对多维数据空间进行搜索，可以得到一组既能满足强度、耐久性要求，又能使成本最低、裂缝风险最小的最优参数组合。当新的工程项目遇到相同的施工条件时，系统就可以给出经过数据验证的优化参数，供监理工程师审查施工单位所提交的方案，保证方案的科学性、经济性，将质量控制从事中把关提高到事前优化。

（二）资源配置效率的统计分析

水利工程项目一般包含大量人员、机械设备、材料等投入，投入效率的好坏直接关系到工程成本、工期、质量。大数据分析对资源使用全过程数据进行记录、统计，可以发现资源配置存在的瓶颈、浪费、不均衡等问题，给监理方审核资源投入计划、监督资源使用效率提供客观依据。

系统可以对施工日志、设备运行监控数据、材料领用及库存记录、人员考勤及工效数据进行自动汇总。经过统计分析后可以产生多维的资源效率报告。报告会显示某种型号的挖掘机在某种土质条件下工作效率最高，某个施工队伍钢筋绑扎作业人均效率比其他队伍高很多。分析还会找到设备闲置率高、材料损耗超正常范围等问题。

分析结果可以直接用于改进设备调配、优化材料管理、推广高效作业方式等，监理工程师可以依据分析结果向施工单位提出相应的改进措施。同时通过不同标段、不同时段资源配置效率的对比形成效率基准，促使各个参建单位之间良性竞争，使整个项目资源利用水平不断提高，在保证质量的前提下实现对投资的有效控制。

（三）监理重点环节的智能推荐

庞大的工程现场给监理人员的时间、精力都是有限的。怎样把有限的监理资源用在最需要的地方，是提高监理效能的关键。智能推荐系统就是为了解决这个问题而生的，它综合运用大数据分析的各项成果，给监理工作动态地“划重点”指明方向。

1. 该系统作为一个智能决策中枢，实时采集各个子系统的信息，即前面所提到的风险等级评估结果、异常数据报警信息、质量通病概率预测、施工计划和实际进度的对比情况等。它可以理解各个信息点的重要性以及信息点之间存在的联系。

2. 系统利用推荐算法，为每一位监理工程师生成当天或者当周的工作重点清单。系统将显示：三号坝段今天下午三点有高等级混凝土浇筑，通病预测模型认为裂缝可能性大，需要现场重点旁站；五号隧洞掌子面围岩监测数据略有异常，虽然不会触发报警但是已经和预测趋势有所偏差了，增加巡检频率。智能推荐使监理人员可以在需要的时候出现在需要的地方，把原来的全面覆盖变为精准打击，使监理工作更具敏锐性、高效性、实效性。

第五节 BIM 技术在质量动态控制中的实践

一、BIM 模型在图纸会审中的应用

（一）设计碰撞检查与图纸优化

水利工程结构复杂，内部管线、预埋件、钢筋排布密集。二维图纸上不同专业之间空间上的冲突很难发现，容易造成施工阶段返工修改，对结构安全、工程质量造成威胁。利用 BIM 模型的自动碰撞检查功能，监理单位可以在施工前就发现硬碰撞、软碰撞等问题，比如水工建筑物内部泄洪管路与加强钢筋位置发生冲突、监测仪器埋设路径和结构主筋发生矛盾等等。

BIM 软件生成的碰撞报告可以清楚地显示出每一个冲突点，用三维视图的方式展示。监理工程师根据此组织设计、施工单位召开专题协调会，对管线路排布方案、钢筋排布、预埋件位置等进行讨论。前置的审查方式把问题解决在设计阶段，有效地避免了施工现场出现“错、漏、碰、缺”，保证施工顺利进行。

多方确认的优化方案直接在 BIM 模型上体现出来，形成统一的数据源。这既可以保证图纸的准确性、可施工性，又可以给质量控制提供可靠的根据。监理工程师根据优化后的模型对施工单位的深化设计图纸进行复核，保证所有的设计变更都被正确执行，从根本上提高工程质量。

（二）复杂节点三维可视化交底

水利工程中存在许多结构复杂、施工难度大的节点，大体积混凝土浇筑块的划分、坝体廊道与闸室的交叉部位、金属结构安装的精确就位等。传统交底多用几张剖面图、工程技术人员口头讲解，容易使施工人员产生偏差，造成施工工艺不符合设计要求。

BIM 模型可视化特点给技术交底赋予了新的解决途径。监理工程师可以利用 BIM 模型，对复杂的节点做任意角度的剖切、缩放，得到三维轴测图、动画漫游等可视化资料。交底会上施工方案、关键工序、质量控制要点可以和三维模型一起演示，使一线作业人员能直观地理解设计意图、施工工艺要求，掌握操作细节、质量标准。沉浸式的交底方式大大降低了信息传递过程中衰减、误解的现象，保证技术方案能够被准确无误的执行，避免因理解不到位而造成的质量问题。

（三）工程量精确计算与偏差分析

工程量是进行成本控制、进度管理的基础，工程量的准确也会影响到质量管理的资源配置。传统的手工计算或者基于 CAD 图纸的计算方法效率低、易出错。BIM 模型是包含完整的几何和非几何信息的数据库，可以快速、准确地统计出工程所需要各种材料用量。

BIM 模型自带的工程量计算模块可以自动提取混凝土、钢筋、模板、土方等各种工程量。监理方可以利用此功能，在项目初期获得一份高精度的工程量清单，用来复核招标工程量或者编制监理规划。监理工程师还可以根据施工进度，分阶段、分部位从模型中提取实际完成的工程量并与计划工程量进行对比。

1. 监理方通过偏差分析可以对资源消耗情况做动态的监控。如果实际用量和模型计算量相差较大，应立即进行调查，确定是由于设计变更、施工浪费还是计量错误造成的，并采取相应的措施加以纠正，防止出现材料超耗或者短缺的情况，影响到工程质量。

2. 精确的工程量数据给质量验收提供有力的支持。钢筋隐蔽工程验收时将现场绑扎完成的钢筋数量、规格同 BIM 模型提供的数据做比对，可以判断是否存在偷工减料现象，提高监理检查的客观性、准确性。

二、施工过程的 BIM 可视化管控

（一）施工进度与质量状态的模拟展示

将施工进度计划与 BIM 模型关联起来，就能创建出 4D 施工模拟动画。监理工程师可以借此动画进行施工全过程模拟演练，从而判断施工布置方案是否合理、不同工序之间在空间和时间上是否存在冲突的可能性。施工中，根据实际进度数据及时更新 4D 模型，可以形象地反映工程实际进度与计划进度的差别，找出进度提前或者滞后的部位。

更进一步地，可以把质量验收信息集成到 BIM 模型里，用不同的颜色来标识构件的质量状态。绿色为验收合格，黄色为待验收，红色为质量问题需要整改。监理工程师在巡视现场或者审查资料时只需在 BIM 平台上浏览就可以对整个工地的质量状况一目了然，快速定位需要重点关注的区域和构件，实现了从宏观到微观的质量状态穿透式管理，大大提高了监理工作的针对性和效率。

（二）关键工序工艺模拟与预控

水利工程中大型设备吊装、高边坡开挖支护、碾压混凝土连续铺筑等重要工序，工艺复杂，风险高，属于质量控制的重点。工序开始前，利用 BIM 技术进行施工工艺模拟，对预控质量风险有重要意义。

监理方可以要求施工单位用 BIM 模型创建详细的工艺模拟方案。使用大型闸门吊装模拟法确定吊车站位、起吊半径、吊装路线和周围环境的关系，分析吊装过程有无碰撞情况，判断吊装方案是否可行。

在大体积混凝土浇筑时，利用温度场变化模拟分析不同的浇筑方案，预测裂缝产生的可能性，进而指导施工单位优化浇筑层次、间歇时间、冷却水管布置等温控措施。这就使得监理的审查工作不再只是对书面方案进行审查。

监理工程师可以利用虚拟建造，在施工之前与施工方一起发现潜在的工艺难题和安全质量隐患，完善施工组织设计。以模拟为手段预先进行的控制措施把质量管理关口提前了很多，对关键工序进行了细致的科学指导，有效地防止了施工过程中的重大质量事故。

（三）隐蔽工程 BIM 模型信息录入

水利工程的质量控制存在一个盲区，即隐蔽工程，一旦被后面的工序遮盖了，内部的质量情况就很难检查了。传统的隐蔽工程验收主要是用照片、影像、纸质记录等方式来完成的，信息分散，很难追溯。BIM 技术为此提供了一个系统的解决办法，可以把隐蔽工程的质量信息永久地固化到数字模型里。

在进行地基处理、坝体排水管铺设、钢筋绑扎等隐蔽工程验收时，监理工程师到现场检查确认合格后，可以使用移动终端设备将相关的验收记录、影像资料、检测试验报告等信息上传并关联到 BIM 模型中的相应构件上。因此每一个隐蔽工程都成了一个信息载体，材料规格、施工工艺、操作人员、验收日期、监理意见等重要信息都被完整、准确地记录下来。附有丰富信息的竣工 BIM 模型，创建起可视化、可追溯的数字档案，给工程全生命周期运维管理打下了坚实的数据基础。

三、BIM 与监理管理的融合

BIM 技术价值的最大化就在于 BIM 技术深度融入监理工作流程中，从而引起管理手段发生系统性的变化。以 BIM 平台为监理工作的数据中枢，能够有效

地打破信息孤岛，实现多方协同，将监理工作由被动监督转变为主动服务，推进项目管理现代化、智能化。

BIM 与传统监理管理对比

特性	传统监理管理方式	BIM 赋能监理管理方式
图纸会审	二维图纸，易漏碰缺，沟通不直观	三维可视化，自动碰撞检查，前置解决问题
技术交底	二维图纸 + 口头讲解，理解偏差大	三维模型 + 动态演示，直观易懂，减少误解
工程量计算	手工 /CAD 计算，效率低，易出错	模型自动提取，精确高效，辅助偏差分析
施工过程管控	现场巡查 + 纸质记录，信息滞后，难以追溯	4D 模拟，质量状态可视化，实时掌握，精准干预
隐蔽工程	照片 / 记录，信息分散，追溯难	信息模型关联，数据固化，可视可追溯
资料管理	纸质档案，查找困难，易丢失	数字化归档，模型关联，快速检索，流程线上流转
质量验收	抽样检查 + 记录，依赖经验，信息孤立	构件“质量身份证”，信息闭环，责任追溯清晰
竣工交付	纸质竣工图，信息脱节，运维困难	数字化竣工模型，全生命周期数据，智慧运维基础

从上表中可以看出，BIM 技术对监理管理方式带来了革命性的提升。

（一）基于 BIM 的监理资料集成管理

传统的水利工程监理工作会产生大量的纸质文件，比如监理规划、实施细则、旁站记录、巡视报告、质量验收单、指令文件等等，这些资料的管理起来比较麻烦，查阅不方便，而且容易丢失。建立以 BIM 为依托的协同管理平台，将所有的监理文件进行数字化归档，同时将监理文件同模型中的构件或者工序关联起来。

当监理工程师需要查阅某坝块混凝土浇筑的旁站记录时，不再需要翻阅成堆的文件柜，只需要在 BIM 模型中点击该坝块，就可以弹出所有的相关资料列表。以模型为索引的资料管理方式实现信息结构化存储和快速检索。

协同平台可以实现工作的线上流转。施工单位在线提交报验申请，附上自检报告和有关资料，系统自动通知相应的监理工程师。监理工程师可以在现场用移动端进行审查、记录，在线完成审批，整个过程都被系统记录下来。不仅可以提高工作效率，而且可以保证监理工作规范性、资料完整性、可追溯性。

（二）质量验收信息与模型构件关联

将质量验收信息同 BIM 模型里的构件做双向关联，这是实现精细化质量控制的重要步骤。这就使抽象的质量数据有了具体的物理载体，每一个构件都有了“质量身份证”。

1. 监理人员在现场验收时可以使用带有 BIM 应用的移动设备扫描构件上的二维码或者直接在模型中选择构件，即可调出构件的设计参数和质量标准。验收完成之后，将现场拍摄的照片、验收结果（合格、不合格、整改后复验）、实测实量的数据等录入系统，与该构件进行绑定。

2. 形成了设计、施工、验收完整的闭环信息。项目管理者通过 BIM 平台可以查询到任一构件全部的质量信息，即该构件所用的原材料报告、施工记录、历次验收记录等。出现质量问题时，可以快速找到有关责任环节和责任人，为质量问题的处理以及责任认定提供强有力的证据。

（三）竣工模型交付与数字化归档

水利工程服务年限长、维护要求高。一个完整的竣工 BIM 模型，就是交付给运营单位最有价值的数字资产。该模型不但是工程实体的三维镜像，也是建筑、结构、设备、管线以及所有质量、进度、成本等信息的大数据平台。

监理方在竣工验收阶段要严格审核施工单位提交的竣工 BIM 模型，保证模型信息与工程实体完全一致，所有的设计变更、现场洽商、材料替换等信息都已经准确无误地更新到模型中。经监理单位审核通过后的竣工模型会以数字化的形式提交给各方，作重要的工程档案。

包含完整的基因信息的竣工模型，为后续的智慧化运维管理打下了坚实的基础。运营维护人员可以依据模型迅速找到设备的位置、查阅设备的参数和以往的维修记录，从而制订出科学合理的维护计划。改扩建时，设计人员可以在竣工模型的基础上进行二次开发，不会对现有的设施造成破坏。BIM 技术的应用使监理工作的价值从建设阶段扩展到工程全生命周期，可以对水利工程的资产实行数字化的管理。

第九章 水利工程监理质量动态控制的组织管理

第一节 监理组织体系建设

一、监理机构设置原则

(一) 适应工程项目特点的机构设计

水利工程项目一般都具有规模宏大、技术复杂、建设周期长、涉及专业领域广等特点。监理机构的设计要体现出对这些特点的适应性。大型枢纽工程的监理机构一般会设立土建、金属结构、机电、测量、试验等专业处室，以全面覆盖所有的主要专业。对于战线长、分布广的引调水或堤防工程，要设立分部监理机构，实行总监理工程师办公室与分部相结合的监理方式，对广阔的作业面进行有效的监管。

机构设计的好坏主要看匹配性、适用性。项目前期要对工程的地质条件、施工工艺、关键技术难点、合同结构等做深入分析，据此来完成顶层设计。若工程中存在大量的高边坡开挖、深基坑处理、大体积混凝土浇筑等高风险作业，监理机构中就应该加强安全、质量监督部门的力量，并配备有经验的专职监理工程师。机构设计并不是一成不变的，应该留有调整余地，以应对设计变更、地质突变等无法预见的情况，保证组织能根据现场实际需要做出相应的改变。

监理机构内部层级的设置应该简化、高效。过多的管理层级会造成信息传递链条变长，决策变得迟缓，不能满足动态控制对于快速反应的要求。理想的机构设计应该趋向于扁平化，明确总监理工程师、副总监理工程师、专业监理工程师、监理员等各个层次的职责权限，保证信息流自下而上反馈及时，指令自上而下传达无误，从而形成一个反应灵敏、运转协调的有机整体，为质量动态控制的实施提供坚实的组织保障。

(二) 管理层与执行层的职能划分

监理组织体系里，管理层同执行层的职能分明是保证工作有条不紊、高效开展的重要环节。管理层一般为总监理工程师、副总监理工程师和各专业部室主管，

管理层的主要任务就是决策、指挥、协调、控制。他们制定监理规划和实施细则，审批施工组织设计和专项方案，处理重大质量问题，协调业主、设计、施工单位之间的关系，对整个项目质量、进度、投资目标负责。管理层的决策必须要有对全局的把握和对未来的预判。

执行层主要是专业的监理工程师、监理员组成，是现场质量动态控制的具体执行人。其职责主要是“旁站、巡视、平行检验”，到施工一线对关键工序、重点部位实行全程跟踪。他们对进场的材料、构配件、设备的质量进行检查，验收检验批、分项工程，记录监理日志，发现并报告质量隐患。执行层工作及时、准确、专业的程度，直接决定动态控制能否真正实行，是连接监理决策和施工现场的桥梁。明确职能划分可以避免出现职能交叉管理混乱的局面，从而使管理层进行宏观调控、执行层实施微观监督这两方面力量融合在一起，产生合力。监理组织主要岗位及其核心职责可由下表看出：

监理组织主要岗位职责概述表

岗位名称	核心职责	职能层级
总监理工程师	决策、指挥、协调、宏观控制；对项目质量、进度、投资目标负总责。	管理层
副总监理工程师 / 总监代表	协助总监理工程师，负责特定领域或分项工程的决策、指挥与协调。	管理层
专业监理工程师	审核专项方案、进行技术指导与协调；监督关键工序与处理专业技术问题。	管理层 / 执行层
监理员	现场旁站、巡视、平行检验；记录监理日志；发现并报告质量隐患。	执行层

从上表可以看出监理组织各个岗位职责明晰，管理层制订大方向并把控大局，执行层侧重现场的微观监督和问题发现，上下结合共同保证监理工作正常运转。

（三）动态控制下的弹性组织架构

水利工程施工过程具有不确定性，刚性的、一成不变的组织架构不能很好地应对。监理组织要具有弹性，能随实际情况的变化而自我调整、优化。弹性组织结构是实现动态控制的有效保障，它要求组织对环境变化有很强的适应能力，并能灵活地调配内部资源。

构建弹性组织架构，可以从以下几个方面入手：

1. 核心与机动相结合，以核心骨干人员为核心建立稳定的管理团队，在工程

推进、工作重点转移时，可以临时组成跨部门的攻关小组或者专项巡查组。以大坝填筑、泄洪闸门安装等重要节点施工为节点，根据需从各部门抽调精干力量组成专项监理小组，集中精力对重点环节实施监视控制，任务结束即行解散，人员返回原岗位。

2. 矩阵式管理结构：在传统的直线职能制上增加矩阵式管理，即专业监理工程师既对其所在职能部门负责，又对其所负责的项目任务负责，从而形成纵横交错的管理网络。该种管理结构有利于横向沟通与协作，便于对某一质量问题迅速调动各专业技术人员进行综合分析处理，从而大大提高了问题解决的效率。

二、岗位职责动态调整机制

（一）根据施工阶段调整人员配置

水利工程施工一般分为准备期、高峰期、收尾期等阶段，各个阶段工作重点、资源投入、质量控制要点也大相径庭。因此，监理人员的配备要符合施工阶段的特点。施工准备阶段工作重点是图纸会审、施工方案审查、测量控制网复核和临建工程的建设。此时应重点配置有设计、施工组织经验的监理工程师，加强对前期工作的审核把关，为后续施工奠定良好的基础。

进入施工高峰期，多工作面同时开工，交叉作业频繁，混凝土浇筑、土石方填筑等主要工序量大面广。本阶段监理工作重点是现场旁站、巡视、平行检验。必须相应增加一线监理人员、专业监理工程师的数量，加强对夜班监理人员的管理，所有关键部位、工序均实行 24 小时全程监督。人员配置要向大坝、厂房、溢洪道等主体结构物倾斜，保证核心工程的质量。

施工收尾和竣工验收阶段的主要工作就转变为剩余工程的处理、缺陷修复、资料整理归档和各项专项验收。此时应该适当减少一线旁站人员，增加有丰富验收经验和档案管理能力的监理工程师。要对整个工程质量进行全面的回顾和评价，检查所有的质量证明文件的完整性、合规性，保证工程档案的真实、准确、完整，为竣工验收顺利通过做好充分的准备。随时间而变的人员配置，保证监理资源的最佳使用。

（二）关键岗位人员资格的合规性审查

总监理工程师、总监代表、专业监理工程师等关键岗位人员是监理工作的“领头雁”，也是技术的核心，其专业能力、职业素养、从业资格决定着整个监理工

作的好坏。因此对这些人员的资格进行严格的合规性审查,是保证监理服务质量的第一道关卡,也是实现有效动态质量控制的前提。

合规性审查是一个贯穿于项目周期的持续过程,而不是一次性的行为。监理投标和合同签署阶段,业主需要对监理单位承诺投入的关键岗位人员进行预审,核查注册执业证书、职称证书、类似工程业绩、信用记录等。监理人员进场前要再次进行详细的核验,保证人证相符。工程实施中要建立动态核查制度,发现关键岗位人员擅自离开工作岗位、履职能力差或有违规行为时,立即启动更换程序,按照合同约定追究相关责任。严格的准入和清出机制保证了关键岗位一直由合格的、胜任的人员担任。审查内容不能只考察专业资格,还要考察其对水利工程相关法规、规范、标准的熟悉程度,以及其组织协调能力、职业道德水平等。

(三) 监理人员进场的计划管理

监理人员进场不是随意的,应该纳入严格的计划管理之中。科学的进场计划是保证监理人员与施工进度相匹配的前提,可以有效地防止人力资源的浪费或者短缺,保证在必要的时候、关键的岗位上都有合适的监理人员在岗。此计划应当在监理单位对施工总进度计划进行充分研究后编制,报业主批准。

进场计划要明确每一个监理人员,包括各个专业监理工程师、监理员的进场时间、服务期限、岗位。计划的制定要有前瞻性,充分预估各个分项工程开工的时间、持续的时间、资源的需求。基础开挖工程开始前,地质、测量、土建的监理工程师要提前到岗;金属结构设备安装前,机电、金属结构专业监理工程师要提前进场。精细化的计划管理可以达到监理人力资源即插即用的效果,保证各个专业监理工作顺利衔接,给施工质量连续动态控制提供坚实的人员保障。计划还要具有一定的弹性,以应对天气、地质等造成的施工进度调整。

三、监理设施与环境保障

(一) 检测设备与仪器的配置与管理

平行检验、独立抽检为监理实施质量控制的主要方式,需要精良、准确的检测设备和仪器做支撑。监理单位必须根据工程的特点和合同的要求配置必要的试验检测设备。一般由中心试验室和若干现场工作站组成,配备一整套水泥、钢筋、骨料、土工、混凝土等原材料及成品物理力学性能检测的专业设备。对无损探伤、大坝安全监测等特殊的检验项目要配备专门的精密仪器。

设备配置只是开始,更重要的是之后的精细化管控。所有的检测设备都要建立台账,台账中详细记录检测设备的名称、型号、精度、购置日期等信息。投入使用前必须经过有法定资质的机构检定或校准,并贴上合格标识。使用时应制定严格的操作规程,专人负责,定时维护保养期间核查,保证一直处在良好的工作状态以及精度范围内。对于检测数据要建立完善的记录、复核、审批程序,保证数据的真实性、可靠性,使它真正成为评判工程质量的客观依据。不合格的、超期未检的仪器设备,严禁使用于监理检测工作。

随着技术的发展,水利工程中自动化、智能化监测设备的应用也越来越广泛。采用自动化监测系统对高边坡位移、大坝变形、渗流等进行实时、连续的监测,可以大大提高动态控制的及时性、预见性。监理单位要积极引进、使用这些先进技术手段,把传统的现场巡查与现代的自动监测结合起来,建立更加立体、高效的工程质量信息采集网络,从而提高对工程安全 and 质量状况的感知能力以及管控水平。

(二) 现场办公与生活条件保障

良好的办公生活环境,是保证监理队伍稳定的重要条件,也是调动监理队伍工作积极性的关键因素。水利工程现场多处于偏远的便利地区,给监理人员提供必要的物质保障,是合同的要求,也是对人文关怀的一种表现形式,它直接影响到监理队伍的凝聚力与战斗力。

现场保障应满足以下基本要求:

1. 充足的办公空间与设施,必须给监理单位提供足够的办公场所及满足工作需求的办公室、会议室、资料室。办公室要配备计算机、打印机、复印机等现代办公设备,网络要畅通无阻。为监理指令的起草下达、内业资料的整理分析、与各方信息沟通打下基础。

2. 安全卫生的生活环境,即提供安全卫生的生活环境,即提供坚固、安全、能抵御恶劣天气的住宿用房,并配备必要的生活设施。食堂应保证食物卫生安全,供应可口的食物。基本生活保障能使监理人员没有后顾之忧,把全部精力投入到工作中。

3. 便交通、通讯便捷由于监理工作需要经常到工地、办公室之间往返,所以必须有足够的数量、性能良好的车辆。施工区域内的移动通信信号要覆盖全面,以使现场监理人员随时可以联系汇报。

（三）信息网络与通信设施建设

现代水利工程监理中，信息已经和人员、设备一起成为同等重要的生产要素。高效的信网络和通畅的通信设施，就形成了质量动态控制的神经网络。建立全域覆盖、各方相联的信息平台，让数据得以高速传输、信息即刻传递、信息可以实时共享从而达到互相协作做决策的目的。

信息化建设的主要内容就是监理管理信息系统有效运用。该系统应该具有工程资料管理、进度控制、质量检验、投资控制、合同管理、安全监控等模块，把复杂的监理业务流程化、标准化、电子化。现场监理人员通过手持终端即时上传巡查记录、旁站照片、检测数据等，这些信息会即时上传到系统数据库中，管理层可以获得第一手资料，达到运筹帷幄之中、决胜千里之外的效果。打破时空限制，质量控制由事后补救变为事中控制、事前预控。系统可以自动生成各种报表，对质量趋势进行深层次的分析，从而达到动态控制的目的。

第二节 监理人员职责与培训

一、总监理工程师负责制落实

（一）总监的全面质量领导责任

总监理工程师是监理单位在工程项目中总负责人，对施工质量有全面的领导和监理责任。他不但是监理团队的组织者、管理者，也是工程质量最终的把关者。其责任是从项目开始时就产生的，即建立专业结构合理的项目监理机构，确定所有监理人员的质量责任分工，主持编制具有前瞻性、可操作性的监理规划，从宏观上确定工程质量的总目标、控制重点、关键措施。

总监要发挥领导核心作用，在施工全过程组织监理组对工程质量实行系统化、全方位的动态控制。包含审批施工技术方案的决策权，对重大或者复杂质量问题的最终决定权，在发现系统性质量风险或者重大质量隐患时，果断签发工程暂停令，要求施工单位停工整改的权力。总监的领导责任不是简单的签批，而是在于总监对于工程质量动态变化的敏锐度、对于质量潜在风险的科学预判力、对于质量突发问题的果断处置力，从而保证动态质量控制体系在任何时候都能起到约束、纠偏的作用。

总监全面质量领导责任也包括对监理工作质量内部监控、持续改进。他必须定期对项目监理机构内部工作质量、工作效率进行检查和评价,保证每一位监理人员都按照规范、监理规划的要求履行自己的职责。当工程发生质量事故时,总监理工程师作为第一责任人要承担相应的法律、合同、岗位责任。终身责任制使总监把质量意识贯穿到履职的每一个环节,从制度设计到现场执行,都保持高度的严谨性、责任感。

(二) 总监授权范围内的决策机制

总监理工程师负责制并不表示总监亲自出马,独揽一切决策权。科学高效的管理要依靠合理的授权和分工。总监根据项目规模、复杂程度以及专业监理工程师能力、经验等各方面的需要来授权。授权的内容一般包括分项工程的质量验收、处理一般技术问题、施工单位报审文件的审批和签发一般性的监理通知等日常的监理工作。授权机制为项目监理机构高效运转、施工现场快速响应和精细化管理打下基础。

授权范围内,专业监理工程师可以对现场出现的一般问题做出判断和处理,避免事事上报、层层审批造成效率低下,保证施工质量问题及时得到解决。但是授权并不意味着责任的转移。总监对所有经过授权,由专业监理工程师做出的决策及后果负有最终的领导责任。为了保证授权决策的科学性、准确性,必须有一套严密的内部沟通和报告制度。专业监理工程师在行使授权决策的时候,应当定时向总监汇报工作状况;对于超出授权范围或者会对工程质量、安全、投资、进度造成重大影响的特殊问题,必须立即向总监请示报告,由总监亲自决策或者组织研究决策。该种“授权不弃责、分工不分家”的决策机制,可以调动专业监理工程师的积极性和主动性,又可以保证项目总监对整个项目的质量控制权,从而形成一个收放自如、运转协调的动态管理决策体系。

(三) 总监巡视与指令下达规范

总监理工程师的现场巡视是总监理工程师行使全面质量领导权、实行动态控制的主要方式。巡视不能只是定期的、计划性的检查,还应该包含大量的突击性的不定期检查,从而对施工现场实际情况的质量状况、资源分配情况、施工单位管理水平有一个全面的掌握。总监深入工程实体,可以直接发现设计图纸、施工方案在实际执行中出现的偏差,检验专业监理工程师旁站、巡视记录的真实性,敏锐地发现潜在的、系统性的质量风险苗头。

巡视过程中发现的问题，其指令下达要严格按照规定执行。监理指令是监理机构进行质量控制最核心、最正式的法律手段，有很强的权威性和严肃性。

1. 重要的监理指令，特别是涉及工程停工、关键部位返工、重大设计变更建议、否定已完成工序质量的指令，都必须由总监理工程师本人签署或者其书面授权的副总监签发。指令应以书面形式发出，统一编号，内容具体明确，清楚地说明存在的问题、违反的规范或者合同条款、具体的整改要求和完成时限。

2. 监理指令发出之后，并不表示工作就结束。项目监理机构要创建起一套完整的指令跟踪、闭合管理流程。应由专人跟踪指令落实情况，检查施工单位整改措施是否到位，整改结果是否达到要求。总监不能按时完成或者整改不到位时应采取进一步措施，直到问题完全解决为止，形成发现问题、下达指令、跟踪整改、验证闭合的完整管理循环，保证监理指令的执行力。

总监理工程师负责制属于核心制度，其职责范围广、责任重大。为了更好的对总监理工程师、专业监理工程师的工程监理核心工作差异进行认识，见下表。

监理人员核心职责对比表

职责主体	总监理工程师	专业监理工程师
核心定位	项目监理机构最高决策者、全面质量领导者、第一责任人	施工现场一线执行者、信息反馈者、特定专业领域专家
主要任务	建立健全管理体系、宏观把控、风险预判、最终决策、领导与协调	严格工序验收、旁站监理、现场问题处理、方案审查、监理细则编制
决策权限	全面决策权、重大问题最终决定权、签发停工令、授权管理	授权范围内一般性技术问题处理、报审文件审批、一般监理通知签发
责任类型	领导责任、法律责任、终身责任	执行责任、专业技术责任、配合协调责任
工作重点	战略规划、体系运行、重大风险控制、人员管理	战术实施、过程控制、细节把关、技术支撑、信息反馈

二、专业监理工程师的执行职责

（一）专业工序质量验收的职责

专业工序质量验收属于专业监理工程师最基本、最重要的工作。水利工程是由成千上万道工序组成的，每一道工序的质量都是下一道工序乃至整个工程质量的基础。专业监理工程师的职责就是严把每一道工序关口，不合格的工序产品不流入下一道工序。履行此职责的专业监理工程师，要精通所管专业施工工艺、技术标准、验收规范。

施工单位完成自检、报验之后，专业监理工程师立即对自检、报验进行独立检查、验收。验收工作不是简单的签字确认，而是一个核查的过程。专业监理工程师应核对所用的原材料、半成品、构配件是否经检验合格，施工机械、工艺方法是否和已批准的施工方案一致，现场操作人员是否具备相应的资格。

对关键部位、隐蔽工程，专业监理工程师必须实行旁站监理，全过程见证施工，对操作的每一步是否符合设计要求、规范规定进行监督。大体积混凝土浇筑时，模板安装、钢筋绑扎、混凝土拌合、运输、浇筑、振捣、养护等各个环节都必须在监理的监督之下。

验收合格后，专业监理工程师根据客观的检查、试验数据做出明确的合格或者不合格结论，并签署相应的验收记录。不合格工序必须书面指明问题，施工单位限期整改，复验合格后方可继续施工。工序质量上铁面无私，是切断质量缺陷传递链条、实现施工过程动态纠偏的根本保证。

（二）现场技术问题的处理与协调

水利工程施工现场变化莫测，各种预想不到的技术问题不断出现。专业监理工程师属于常驻现场的技术专家，是发现问题、分析问题、初步处理问题的第一责任人。他们要具有深厚的专业知识和丰富的实践经验，能很快地判断出问题的性质和严重程度。对于施工过程中出现的图纸尺寸小的误差、非关键部位材料的合理代换申请、施工工艺局部优化建议等一般性技术问题，在总监授权范围内，专业监理工程师可以按照专业判断，与施工单位技术人员协商，快速提出解决办法并指导实施，保证施工的连续性。

对复杂的或者会引起设计变更、增加投资、拖延工期的重大技术问题，专业监理工程师应当立即、准确地向总监报告。汇报不能只描述问题现象，更应该给出经过现场调查和初步分析得出的专业意见，即问题可能产生的原因、潜在影响和几种备选方案的初步比较，为总监最终决策提供可靠的技术支持。协调工作也属于其职责范围，专业监理工程师要充当技术沟通的桥梁，在施工单位、设计单位代表以及其他有关方面之间进行有效的协调，共同解决技术问题，保证信息畅通，避免由于技术争议而造成工程停滞。

（三）监理细则与方案的编制

如果说监理规划是项目监理工作的战略蓝图，那么专业监理工程师编制的监理实施细则就是针对每一个专业、每一个分项工程的战术执行手册。监理细则将

监理规划的原则性、纲领性内容具体化、精细化、本土化，成为专业监理工程师日常工作的直接指导文件。编制监理细则要求专业监理工程师认真研读设计文件、技术规范、承包合同，结合工程实际及潜在风险，详细编制。

监理细则内容必须有很强的针对性、可操作性。在质量控制目标的设定中应明确具体的分项工程质量控制目标，列出关键工序和重要的隐蔽工程控制点（停止点、见证点），针对每一个控制点提出具体的监理工作内容、方法、程序、验收标准。土石坝填筑压实工程的细则中，应规定填筑料的料源、质量标准、含水率控制范围、铺料厚度、碾压遍数、压实度检测频率和方法等具体参数和控制手段。

监理细则编制完毕之后，专业监理工程师还要对施工单位提出的施工方案进行审查。审查重点在于方案技术上是否可行、安全是否有保障、质量保证措施是否到位、与设计文件、规范标准是否相符。对施工方案进行严格的审查，可以在源头上防止由于施工方法不当而产生的质量问题，把动态质量控制的关口前移到施工准备阶段。对方案中不足之处提出具体的修改意见，在得到批准之后才能作为施工指导文件。

三、监理人员持续教育培训

（一）动态控制理论与方法培训

动态控制的核心思想是预防为主、过程控制、持续改进，这就需要监理人员不仅要会验收，还要会预测、预防。因此对监理人员开展系统的动态控制理论和方法培训就显得十分必要。培训内容不能只是规范条文的解读，还要重点引入现代质量管理的科学理论和工具。例如可以组织学习统计过程控制的方法，使监理人员学会如何用日常检测数据画出控制图，通过数据分析来预判质量可能会出现的问题，在缺陷发生之前采取纠正措施。

除此之外还要加强风险管理理论的学习，使监理人员能够系统地识别、评价和应对质量风险，在项目施工全过程实行系统化管理，从而把以前的被动响应转变为积极防范。利用 PDCA（计划、执行、检查、处理）等质量改进工具对监理人员进行培训，可培养其用系统化的思维处理质量问题的能力，促进施工质量螺旋式上升。经过这样的培训，监理队伍的宏观视角和系统思维能力将会得到很大的提高，监理工作才能真正发挥出动态控制的作用，而不能仅仅是静态的检查员。

（二）新技术与新标准的应用培训

水利工程技术更新换代快，监理人员要跟上行业的发展。在持续教育培训体系当中，新技术、新标准的应用培训应当居于核心地位。

1. 新技术、新材料、新工艺的培训。近几年来，BIM 技术、无人机巡检、智能化监测设备、高性能混凝土、新型土工合成材料等在水利工程中得到广泛的应用。监理单位应当定期组织专题培训，邀请行业专家或者设备厂商技术员授课，使监理人员充分掌握这些新技术的原理、应用要点、质量控制重点，在监理过程中对新技术的运用情况进行有效的监督、正确的评价。

2. 新规范、新标准的学习。国家及行业的技术标准，是监理工作最根本的准绳。新的法律规范及强制性的条文应该传达给监理人员。培训可以采取集中学习、案例研讨、考试认证等多种形式，保证每一个监理人员都能准确掌握新标准的内容，防止由于标准知识的滞后造成监理判断失误，进而引起工程质量风险或者合同纠纷。

（三）职业道德与廉洁从业教育

监理工作本质就是对承包商的监督，代表业主实现公正、独立、科学是监理工作的生命线。因此职业道德、廉洁从业教育属于监理人员培训中不可缺少的一部分。此项教育应不断进行，并且要贯穿于监理人员职业生涯的始终。培训内容要以监理工程师的职业道德准则为核心，加强监理人员的“守法、诚信、公正、科学”的执业意识，教育监理人员在工作中始终保持客观中立的立场，严格按照事实、数据、标准来判断，不受任何外部因素的影响。

廉洁从业教育是重中之重，应该用案例警示、法规学习、签订廉洁承诺书等多种方式来加强监理工作中的廉洁纪律建设。监理人员不得同被监理单位、材料设备供应单位有任何不正当经济往来，严禁索取或接受任何形式的不正当利益。还要健全内部监督和举报制度，对违反职业道德、廉洁纪律的行为实行“零容忍”，严肃处理，以儆效尤。

通过长期职业道德和廉洁从业教育来筑牢思想防线，在复杂工程环境里使监理人员能够做到清正廉洁，保证监理工作公信力。只有这样，监理工程师发出的每一份指令、签署的每一份文件才具有真正的权威性，动态质量控制体系才能在公平公正的环境里有效运转，从而最大程度地保证整个工程建设整体利益。

第三节 质量监督协调机制

一、监理与建设单位的沟通机制

监理单位和建设单位之间属于委托和被委托的关系，双方密切联系是达到工程质量目标的前提条件。良好的沟通机制能保证信息对称、决策科学、问题处理及时，从而给工程质量控制的方向、建设单位投资效益提供有力保障。

监理与建设单位沟通机制要点

沟通类型	主要目的	关键文件 / 产出	频率 / 触发条件
定期监理报告	全面反映工程进展与质量状况，预警风险	监理月报、季报、年报	定期（月、季、年）
重大问题汇报	及时处理重大质量 / 安全隐患，控制影响	监理工程师通知单、专题报告	问题发生时立即
质量诉求响应	及时有效回应建设单位质量关切	监理指令、书面评估意见、跟踪反馈	建设单位提出诉求时
工程变更与费用审核	确保变更合理性，控制投资	变更方案审查意见、变更预算审核报告	发生变更时

从上表可知，监理和建设单位之间就质量及风险控制方面进行的沟通包含诸多内容。

（一）定期监理报告与重大问题汇报

定期监理报告是监理单位对建设单位进行全面、系统的工程进度及工程质量情况汇报的文件。监理单位应根据合同约定的时间编制详实、准确、内容完整的监理月报、季报、年报。报告内容除了工程进度、质量抽检数据、已完成投资额度等常规信息之外，还要包含对质量动态的深入分析，对可能存在的质量波动趋势、质量风险做出及时预警。报告要采用数据对比、现场照片等直观的方式展示工程实际状况，给建设单位科学决策提供可靠的依据。

施工过程中出现重大质量问题或者安全隐患时，监理单位必须立即启动重大问题汇报程序。这不仅仅是口头通知，发现问题后应该在极短时间内用书面形式，以监理工程师通知单或专题报告的形式正式报建设单位。报告内容要清楚地说明问题的性质、严重程度、可能造成的后果，附上初步的调查分析及建议处理方法。可保证建设单位第一时间了解紧急情况，调动必要的资源，同监理方一起商议对策，把问题影响降到最小，防止事态扩大。及时汇报制度是对定期报告的补充，

它和定期报告一起组成动静结合的信息反馈系统。

（二）建设单位质量诉求的响应流程

建设单位是工程的所有者，也是工程的最终受益人，因此建设单位提出的要求对于监理工作具有重要的指导意义。监理单位要建立一套规范高效的响应机制，对建设单位质量方面的每一个问题都做出及时有效的回应。该流程的第一步就是确定接收渠道和责任人。总监理工程师是主要接口人，接受建设单位提出的口头或书面质量要求，指定专业监理工程师跟踪落实，确保事事有人管、件件有回音。

监理机构在接到诉求后要立即组织内部研判，对诉求的合理性、可行性进行分析。对合理的质量改善要求，监理工程师应当立即进行研究，并转化成具体的监理指令，用发出监理工程师通知单等方式，责令施工单位改进工艺、加强检验或者采取其他必要措施。同时监理方也要对执行过程进行全程跟踪监督，保证诉求内容得到不折不扣的执行，将落实情况和最终效果及时反馈给建设单位，形成闭环管理。

建设单位变更原设计标准或者合同内容的，监理单位要更加严格的实施评估。监理方应从技术、经济、合同等各方面入手，对变更给工程总体质量、安全、工期、投资等方面带来的影响进行全方位的评价，并出具书面的评估意见。在此基础上协助建设单位与设计、施工等各方进行沟通协商，寻找最好的解决办法。整个响应过程应该快速、专业、有章可循，充分体现出监理服务的专业性以及对于业主利益的负责态度。

（三）工程变更与费用审核的协调

工程变更在水利工程建设中频繁出现，无法完全避免，随之产生的费用调整也成为监理和建设单位协调的重点和难点。监理单位在这个过程中要起到技术参谋和经济卫士的双重作用。当工程变更的要求出现时，不论是由建设单位、施工方或者设计方提出，监理方都应该对质量、安全、技术可行性、经济合理性等各方面进行独立客观的审查。

变更方案审核时，监理工程师要严格把关，保证所有的变更都必须有利于提高工程品质、改善功能或者解决实际问题，杜绝一切不必要的、可能降低质量或者导致投资失控的变更。对于确需变更的情况，监理单位要积极协助建设单位完善变更程序，督促设计单位出具正式变更设计文件，在设计文件出来之后，依据合同约定的计价原则严格审核施工单位报送的变更预算。

费用审核属于协调工作。监理人员要核对工程量计算是否准确,对单价是否合理做出评价。合同中没有适用的单价的项目,应当遵循公平公正的原则,采用市场询价、参照类似工程等方法,与建设单位、施工单位商定合理的价格。审核结果要以书面形式上报给建设单位,对费用增减原因及依据说明清楚。经过严格的透明审核协调,监理单位可以协助建设单位有效地控制工程投资,防止由于变更管理不当造成的造价失控,保证每一分钱都花在刀刃上。

二、监理与施工单位的监管关系

(一) 开复工指令的审批与管理

开复工审批属于监理单位实施事前控制、从源头上保证工程质量的一种重要手段。单位工程或者关键分项工程开工前,监理方要严格审查施工单位提交的工程开工报审表及附件。

1. 审查内容有施工单位的资质、现场管理人员资格、施工组织设计、专项施工方案的合理性、可行性、施工机械、材料的准备情况等。特别是深基坑、高边坡、大体积混凝土浇筑等危险性较大的工程,其专项方案要经过严格的论证。

2. 审批流程规定,只有当所有的开工条件都已满足,各项准备工作已经就绪,且符合有关法规和标准的时候,总监理工程师才能签发开工令。监理单位对因故停工后复工的申请也要复核现场条件,确认造成停工的问题已经彻底整改,不会影响后续工程质量后才予以批准复工。严格的审批管理,防止了由于准备工作不彻底、盲目施工所造成的质量隐患。

(二) 施工组织设计与方案审查流程

施工组织设计及专项施工方案是施工全过程的指导性文件,它的科学性、合理性直接关系到工程质量的优劣。监理单位对这些文件进行审查,是实现主动控制、预防为主步骤。审查流程从程序性方面入手,首先要保证文件是由有相应资质的人员编制,并经过施工单位内部技术负责人审批。

监理工程师对施工方法的选择要考虑是否具有针对性、先进性、可靠性;质量保证体系和安全技术措施是否健全有效;是否符合工程建设的强制性标准;资源配置计划(劳动力、材料、机械设备投入)能否满足施工进度要求;施工总平面布置是否科学合理;是否符合文明施工、环境保护要求。对于审查中发现的问题或者不足,监理单位应该以书面形式提出明确的修改意见,要求施工单位予以

完善。经总监理工程师审核签字的方案才能作为施工的依据。施工过程中监理要监督方案执行情况，保证各项技术措施落实到位。

（三）违规施工行为的制止与报告

动态巡视、旁站属于监理日常工作内容，主要目的就是及时发现并制止违规施工行为。监理人员在施工过程中发现施工单位没有按照设计图纸、施工规范或者已经批准的施工方案施工，或者使用不合格的材料、设备时，必须立即采取措施。首先要口头制止，要求施工方立即停止违规行为。

若口头指令无效，则监理工程师应及时发出《监理工程师通知单》或《工程暂停令》，对违规事实和可能造成的后果进行说明，在规定期限内进行改正或者停止施工。书面指令是监理执行职责的重要凭证，也是以后处理的依据。发出指令之后，监理方要对整改落实情况展开跟踪检查，对整改结果实施检查验收，只有合格之后才能准许其继续施工。

对情节严重或者施工单位拒不整改、不停止施工的极端情况，监理单位有责任和义务立即向建设单位报告。同时按照建设工程安全生产管理条例等法规，必须立即报告政府质量安全监督主管部门。该报告机制是监理单位借助行政力量加强监管权威性，保证监理指令严肃、强制性，对工程质量不重视的行为起到强有力的震慑作用。

三、监理与设计及相关方协调

（一）设计技术交底与图纸答疑

设计技术交底是保证设计意图得到正确理解、图纸信息全面传达给施工方和监理方的必要过程。工程开工前，监理单位要组织建设单位、设计单位和施工单位一起参加技术交底会议。监理工程师引导设计人员对工程的设计理念、结构特点、关键部位施工要求、新技术新材料应用要点进行详细的说明。

会议期间监理单位、施工单位应及时把图纸上存在的疑问、矛盾之处以及施工中可能出现的有关技术问题向设计单位提出。监理工程师要收集各方的问题，组织讨论，保证每一个问题都有具体的解答。会后监理单位要整理形成正式的图纸会审纪要，各方签字确认后作为重要的技术文件和施工依据。不仅可以消除信息传递的障碍，在施工前也能集中解决大量的技术问题，为施工顺利进行、质量控制奠定了良好的技术基础。

（二）设计变更的审核与流转

设计变更属于对原设计文件的修改和补充，会对工程的质量、投资、工期产生影响。监理单位在设计变更的审核、流转程序中起着审核、协调的枢纽作用。不论变更由哪一方提出，都必须先报监理机构。监理工程师收到变更申请后，应该从技术、经济、合同三方面对它进行专业的慎重评估：判断它是否必要、可行，是否会带来新的质量、安全风险；经济上是否合理，是否会造成投资大幅增加；合同上是否符合约定，责任划分是否清楚。

经过审核同意的变更意向，监理单位会督促和协调设计单位开具正式的《设计变更通知单》及有关的图纸。监理方收到正式变更文件后，再次复核内容与之之前协商的结果是否一致，确认一致后，履行签发程序，下发给施工单位执行。监理要将变更信息及时传递给建设单位，做好变更洽商和费用审核的准备工作。监理单位以规范化的审核、流转方式使每一个变更都在受控的状态下进行，避免随意变更或者程序混乱造成的质量问题、经济纠纷的发生，保证工程建设的顺利进行。

（三）政府质量监督部门的配合

政府质量监督部门是代表国家对工程质量进行强制性监督的权威机构。监理单位作为项目现场质量控制的执行者，应该积极主动配合政府质量监督部门的工作，共同构筑起一道质量防线。配合体现在各方面，监理单位应在工程开工前协助建设单位办理质量监督注册手续，按要求提交监理规划等文件。在监督过程中，监理方应给质监工程师的现场巡查、抽测提供便利，如实反映工程质量情况，提供真实完整的监理资料供查验。

质量监督部门给出的整改意见应当作为重要的指示，由监理单位督促施工单位落实，把整改情况及时反馈给质量监督部门，实现管理闭环。监理单位在地基基础、主体结构等关键节点验收时要提前通知质量监督机构到现场进行监督。通过同政府监督部门的紧密配合，监理工作得到了有力的支持与指导，也保证工程建设各项活动都在国家法律法规的范围内开展，从而全方位提高工程质量保障水平。

第四节 监理文档管理规范

一、监理资料分类与编码

（一）质量控制资料的分类标准

质量控制资料的分类要符合系统性、规范性、实用性的原则，使质量控制资料覆盖水利工程施工质量控制的整个过程。分类标准一般可以从项目建设阶段、专业属性、资料性质等几个方面来建立。根据工程建设程序可以分为工程准备阶段资料、施工阶段资料、阶段验收与竣工验收资料等。按照专业属性可以分为地基与基础工程、主体结构工程、金属结构及机电设备安装工程、水土保持和环境保护工程等专业资料。

最核心的分类要以资料性质为主，直接对应质量控制的主要环节。具体的分类及示例，请见下文质量控制资料分类与示例表：

质量控制资料分类与示例表

资料类别	举例说明
技术文件类	监理规划、实施细则、关键工序旁站方案、技术复核文件
合同管理类	合同、协议、变更文件
质量验收类	材料进场报验、构配件验收、检验批、分项及分部工程验收记录
监理工作记录类	监理日志、旁站记录、会议纪要、监理通知
施工单位报审报验类	施工组织设计、专项方案、开复工申请、各类试验报告

这样一种分类方式有利于建立一个结构分明、逻辑严密的资料体系，保证任何一份文件都能被准确归类，为之后的管理、应用工作打下良好的基础。

在制定分类标准的时候，应当参照国家以及水利行业所发布的有关档案管理的规定和标准，例如《水利工程项目档案管理规定》等来保证分类体系的权威性、合规性。项目监理机构应在工程开工初期，根据工程实际情况编制详细的监理资料分类与组卷目录，并作为指导项目所有参与方进行文件管理的统一依据，从源头上实现资料管理的规范化。

（二）文件资料的统一编码规则

明确分类标准后，建立一套严格、统一的文件资料编码规则，是做好文档精确管理的重要保证。编码规则是对每一个文件给予一个唯一的“身份证”，保证该文件在整个项目生命周期内可以被识别、唯一、追溯。一套有效的编码是由若

千个字段组成的，每一个字段代表一个信息维度，一起构成了文件全部的标识。

编码结构一般由项目代号、参建单位代号、文件类别码、专业码、顺序号和年份等组成。例如编码可以是“项目代号-单位代号-文件类别码-顺序号-年份”。项目代号用以区分不同的工程；单位代号用来确定文件的来源或者去向；文件类别码和前面的分类标准相吻合，是编码的核心；顺序号则保证同一类文件的时间序列性。这样的编码结构清楚地揭示出文件的基本属性，大大方便了文件的识别、排序、检索、统计工作。

为了保证编码规则的执行，项目监理机构要编制详细的文件编码实施细则，对编码各个字段的含义、长度、取值规则做出明确的规定，并以书面形式下发到各参建单位，组织相关人员进行培训交底。执行时应指定专人对所有进出的文件进行编码审核、登记，保证编码的准确性、一致性。严格执行统一的编码规则可以避免由于文件命名混乱造成的查找困难、版本混乱等问题的出现，为电子化与纸质化的同步管理提供技术上的保障。

（三）电子文档与纸质文档同步管理

信息化时代，对监理文档实行电子文档和纸质文档同步管理，是保证法定效力和提高工作效率的最佳途径。纸质文档为具备法律效力的原始资料，具有规范性、完整性的特点，它为档案管理工作打下了基础。电子文档由于具有存储、检索、共享、分析等特点，使监理工作现代化管理水平大大提高。二者互相补充，不能偏废。

同步管理的第一步就是保证两种载体的信息一致。所有审批通过的纸质文件，比如监理通知单、验收记录、会议纪要等，要及时用扫描或者拍照的方式转换为高质量的电子影像。电子文件的命名要严格按照已定文件编码规则，使文件名与文件内容、编码一一对应，利于计算机系统自动识别和排序。这些电子文件应该存放在服务器或者云平台中设置的指定目录里，目录结构要与资料的分类体系相适应，形成层次分明、条理清晰的电子资料库。

版本控制是电子文档管理的重要部分。对于监理规划、施工方案等需要多次修改的文件要建立严格的版本控制制度，文件上应标明草案、报审稿、批准稿和修订版次，保证所有人员使用的都是最新有效的版本。健全完善数据备份与恢复机制，定时开展电子档案数据本地和异地备份工作，防止由于硬件故障、网络攻击、人为误操作等原因造成数据丢失。

权限管理属于保证文档安全的手段。无论是纸质文档的借阅，还是电子文档的访问，都应该实行以角色为基础的权限管理。根据不同的岗位人员的职责设置不同的读取、修改、下载、打印等权限，并对所有的操作行为进行记录，保证文档流转过程可控、可查。把纸质文档的严谨性与电子文档的高效性结合起来，创建一个安全、可靠、方便的文档管理环境。

二、监理记录与表式填写

（一）监理日志与旁站记录规范

监理日志是监理工程师对施工现场情况和监理工作的综合记录，也是反映项目动态、履行监理职责最直接、最原始的凭证。监理日志内容要全面，要素要齐全。其内容应包含日期、气象条件、施工单位投入的劳动力及设备情况、各部位施工进度、重要工序作业情况等。同时还要记录当天巡视、见证取样、平行检验的活动情况，发现的质量、安全问题及处理过程，签发的监理文件（通知单、联系单）摘要，参加的各种会议要点等。填写时要力求客观、真实、语言简练、字迹清楚，不能主观臆断、模糊不清。

旁站记录是对混凝土浇筑、土方回填、钢结构吊装等关键部位或者关键工序进行全过程监督的专项记录。旁站记录和监理日志不一样，它更多地关注于某项施工活动的工艺流程、关键参数、操作行为的记录。记录内容要包含旁站开始与结束时间、施工部位、操作人员资质、机械设备状况、材料使用情况（混凝土配合比、塌落度）、施工环境条件、各个环节的检查数据、异常情况处理措施等。旁站监理人员必须在施工现场对记录内容的真实性进行签字确认，保证每一份旁站记录都能够真实地反映关键工序的施工全过程。

监理日志、旁站记录具有时效性，当天完成的事项不得事后补记或者追溯。总监理工程师或者其授权的专业监理工程师要定期审阅日志、旁站记录，掌握工程动态，发现问题及时纠正，监督和指导记录的规范性。

（二）检验批与分项工程验收记录

检验批、分项工程验收是工程质量逐级确认的重要环节，验收记录是构成竣工档案、评定工程质量等级的重要依据。规范填写这两类记录是保证质量验收程序合法、结论有效的基础。

1. 检验批是工程质量验收的最小单位，检验批验收记录是质量评定的基本数

据。检验批质量验收记录的填写流程以施工单位自检开始。施工单位自检合格后填写报验申请表,连同自检记录一并报监理机构。专业监理工程师收到申请之后,应组织施工单位项目专业质量检查员等有关人员,按照设计图纸、施工规范、验收标准,采用现场检查、实测实量等方式进行核查验收。记录表上应注明检验批的部位、容量、主控项目、一般项目检查结果、抽样检测数据和验收结论(合格或者不合格)。所有参加验收的人要在记录上签字确认,以确定责任。

2. 分项工程是若干检验批验收合格后,进行的上一级的质量认定。验收记录是对包含的各检验批质量情况做综合评价。验收程序一般由专业监理工程师组织,施工单位项目技术负责人汇总该分项工程包含的所有检验批验收记录,经监理审查无误后,在分项工程质量验收记录上共同签字确认。该记录表除了分项工程名称、验收结论外,还要附带该分项工程所含所有检验批的验收记录清单,保证验收资料的完整性、可追溯性。分项工程验收时检验批的结论若有异议,必须到现场进行复核。

(三) 监理通知单与回复单的闭环

监理通知单、回复单是监理工程师对施工偏差进行纠正、质量问题予以处理、安全隐患加以消除的法定书面文件,是实现问题从发现到解决全过程追踪管理的重要载体。保证通知与回复形成闭环管理流程,是体现监理履职到位、保证问题得到根本解决的重要环节。

监理通知单的签发要达到事实清楚、依据充分、指令明确的目的。通知单的内容应当准确地写出存在问题的部位、现象、性质以及不符合设计要求、施工规范规定或者合同约定的地方,并提出整改措施和完成期限。为了增加说服力以及证据效力,可以附上现场照片、测量数据等影像或者文字资料。通知单发出后,施工单位项目负责人或者其授权代表应予以签收,签收时间应当精确到小时,以确定指令的生效时间。

施工单位在收到监理通知单后,应当在规定的组织力量进行整改。整改完成后应填写监理通知回复单,对通知单上所列问题、整改措施、完成情况、自检结果进行详细的说明,并承诺采取措施防止类似问题的发生。回复单经项目负责人签字盖章后才能正式报送监理机构申请复查。

闭环管理的最后一环,也是最重要的环节就是监理复查并关闭。监理工程师收到回复单后,要到现场对整改情况一一核实。只有所有质量问题都符合要求整改完毕、达到有关标准之后,监理工程师才能在回复单上签署同意关闭或者复查

合格的意见，并注明复查日期。至此，从发现问题、签发通知、督促整改、收到回复、现场复查确认，一个完整的闭环工作过程才算是结束，保证每一个质量安全问题都能得到及时的处理并有记录。

三、档案整理与归档移交

（一）过程资料的同步整理与立卷

监理档案管理应该遵循同步整理、动态管理的原则，不能平时疏于管理，导致竣工前仓促补救。过程资料同步整理和立卷，即在施工各阶段随监理工作同步开展，及时将形成的各种文件资料收集、鉴别、分类、初步组卷。可以有效避免资料随着时间推移而消失、遗忘或者损坏，减轻项目后期集中归档的压力，保证档案的完整性、准确性。

监理机构应确定专职或者兼职资料管理员，对每日收到的、登记的、分发的、初步整理的各种文件进行管理。一份检验批验收记录完成签批流程之后，应立即复印或者扫描，原件放入待归档文件盒，复印件或电子版用于日常查阅。资料管理员应定期（每周或者每月）对收集到的文件进行整理，按照事先制定好的分类编码规则对文件进行排序、编目，然后装入临时卷皮，形成预立卷。总监理工程师应该把过程资料整理情况纳入到日常检查之中，定期对预立卷的规范性、完整性进行抽查，发现问题及时改正。

（二）竣工档案的验收与移交流程

竣工档案的验收和移交是项目收尾阶段一项很重要的工作，也是监理文档管理责任转接的关键环节。该过程程序严格，必须按照国家及地方有关建设工程档案管理规定执行。

工程竣工之后，监理机构要依照监理服务期间形成的全部档案资料展开系统总整理。即对所有预立卷宗进行最后的审核，保证卷内文件齐全、排列有序、编码准确，按要求编制卷内目录和案卷目录。整理完毕后形成完整的监理单位工程档案，然后进行内部自检。自检合格之后，监理单位将监理档案专项审核报告上交到项目法人。

档案移交属于一种法律行为。监理单位应按照合同约定和档案管理规定，将整理好的监理档案系统、完整地移交项目法人。移交时双方按照档案移交清单逐卷逐项清点核对，保证实物和目录一致。核对无误后，双方代表在移交清单上签字盖章，交接手续才算完成。本部分监理档案属于本项目竣工档案的主要组成，

由项目法人单位向所在地城建档案管理机构移交，承担归档责任。

（三）档案安全与保密管理措施

档案安全、保密是档案管理工作的生命线，也是工程信息安全、有关方权益的保障。监理单位要建立档案安全、保密管理制度，采取切实有效的技术、管理手段，保证档案在保管、利用、移交过程中物理安全、信息安全。

物理安全要求存放纸质档案的库房或者文件柜必须具备防火、防潮、防虫、防鼠、防盗、防光照的基本条件。必须设置消防器材、温湿度控制设备，建立健全进出库制度，非工作人员未经许可不得进入。重要的图纸、报告应放在专门的档案柜里，由专人保管。档案借阅必须严格按照审批、登记的程序进行，明确借阅人、借阅时间、归还时间，保证档案不被损坏、丢失。

信息安全、保密管理更关键，所有档案资料按内容的敏感程度分“内部”、“秘密”等密级。对于包含商业秘密、技术机密、未公开数据的工程文件，应严格控制其知悉范围。所有接触涉密档案的监理人员，必须签订保密协议，明确各方的责任、义务。电子档案的安全管理尤为重要，要设置复杂的密码、分级的访问权限，对核心数据进行加密处理，定时进行病毒查杀和系统漏洞扫描。严禁使用连接互联网的计算机处理涉密电子文件。采用内外网物理隔离、移动存储介质专项管理等方法，创建起强大的信息安全防线。

第五节 监理绩效考核体系

一、监理工作质量评价指标

（一）质量控制目标的完成情况

质量控制目标的完成情况是衡量监理工作绩效最直接、最重要的指标。该指标可以体现监理工作是否达到了合同、规范所要求的目标。评价该指标既是结果的检验，又是监理过程有效性的一种综合评价。它要求监理单位从项目开始就深度参与质量目标的确定，把质量目标分解为施工全过程的控制点，保证每一个环节的监理工作都服务于最终的质量目标。

在具体的考核中要准确统计水利工程中单位工程、分部工程、单元工程的质量验收合格率，重点是关键部位、重要隐蔽工程的质量优良率。合格率是质量底线，优良率是监理提高工程质量的附加价值。评价过程要联系工程规模、技术复

杂程度、地质水文条件等客观因素，对质量目标实现的难易程度做出综合分析。对采用新材料、新工艺的复杂工程，即使最终合格率与常规工程相当，但所付出的监理努力和技术把控能力也应当得到更高的认可。

考核还应该查看质量问题的发生率及整改闭环率。优秀的监理队伍不单要保证工程合格，更要有效地预防质量问题的发生，在质量问题出现之后能迅速有效地推动整改。对监理方主动发现并成功处置的重大质量隐患，应该予以加分奖励，以充分调动监理人员的主观能动性，实现从被动检查到主动预防的转变。反之，对于上级部门或者业主方发现，本应由监理控制而没有发现或制止的质量问题，则作为重要的扣分项来加强监理的质量“守门人”职责。整个评价过程要依靠详实的监理记录、工程验收资料来保证评价的客观公正。

（二）监理发现问题的能力与深度

监理发现问题的能力与深度，就是评价监理人员专业素质、责任心和预见性的重要标准。它不但要考察工程实体质量的最终结果，还要考察监理过程性履职质量的好坏。高水平监理队伍的价值不是只体现在保证工程合格，而是能提前发现隐患、察觉深层次的质量隐患，采取“治未病”的质量控制手段，从根本上防止质量事故的发生。

评价监理发现问题的能力，首先要考察它的主动性。即监理人员是否可以超出现行巡检范围，以施工方案深度审查、施工工艺动态跟踪、检测数据趋势分析等角度去主动发现设计图纸可能存在的缺陷、施工组织的不合理安排和材料性能的潜在变化。考核时统计监理方首次提出并被证实的技术方案优化建议、重大设计变更建议等，都是监理方发现深层次问题最直接的体现。对于复杂地质条件下基坑开挖来说，根据监测数据的变化提前预警边坡失稳的危险，比事后处理坍塌事故的价值大得多。

考察其发现问题的深度，即是否能透过现象看到本质。当混凝土表面出现裂缝时，低层次的监理只会督促施工方做表面修补工作，高层次的监理会从根源上分析裂缝成因，是混凝土配合比不合适、养护不到位还是结构应力所致，从而改进工艺或者方案。考核时可以设置重大隐患发现和处置专项评分，对监理单位成功预防、处理有可能造成严重后果的质量问题给予高度评价。

评价问题是否具有系统性，优秀的监理不仅能发现孤立的点状质量问题，而且可以发现规律的、由于管理体系、资源分配、工序衔接等引起的系统性风险。

归纳分析多发性、重复性问题，给施工单位乃至建设单位提出管理改进建议，从而促进项目质量保证体系的完善。对分项工程普遍存在的资料记录不规范现象加以分析，可以有效地提高施工单位全员的质量意识和档案管理素质。系统的观察与推动能力是评判监理工作深浅、宽窄的标准，也是监理工作专业价值更高层次的体现。

（三）监理资料的真实性与完整性

监理资料是水利工程建设全过程影像化的记录，是质量评定、责任追溯、竣工验收的重要依据，也是工程后期运行维护的技术档案。因此监理资料的真实性、完整性是评价监理工作质量的标准，也是保证监理工作规范、可信的基础。保证资料客观、准确、全面是监理法定职责的内在要求。

真实性是监理资料的生命线。真实性考核主要是看其是否与工程实际情况相符。考核人员要到施工现场，对监理日志、旁站记录、检测试验报告、影像资料等与工程实体进行抽样比对。

1. 一致性，即试验报告中数据与现场取样、送检记录（如混凝土试块编号、成型日期）是否一致，有无伪造、篡改现象。混凝土抗压强度试验报告中的试块编号、成型日期要与施工日志、旁站记录中对应的信息完全一致。

2. 过程同步性，即监理通知单、工作联系单等文件的签发时间、内容是否与实际施工进度、质量问题发生时间一致。隐蔽工程验收记录要检查其签认手续是否在覆盖前完成，影像资料是否能清楚地反映隐蔽部位的实际状况。任何时间倒签或者虚构内容的行为，都属于严重的失职行为。

监理资料的真实性与完整性，其具体考核要点可见下表。

监理资料真实性与完整性考核要点

真实性	考核内容
一致性	试验报告数据与现场取样、送检记录(如混凝土试块编号、成型日期)是否吻合，有无伪造或篡改迹象。
过程同步性	监理通知单、工作联系单签发时间与内容是否与实际施工进度、质量问题发生时间一致；隐蔽工程验收记录是否覆盖前完成签认，影像资料是否清晰。
完整性	考核内容
资料涵盖范围	从准备阶段到竣工验收的全过程资料（监理规划、实施细则、材料报验 / 抽检、过程巡视 / 旁站 / 平行检验、指令回复与整改、质量评估报告）是否齐全。
归档与查阅	资料是否系统化归档，分类清晰、编目准确，便于随时查阅。
信息化应用	是否使用数字化管理平台提升资料管理的即时性、共享性、安全性。

保证监理资料的系统性、可追溯性。一套完整的监理资料应该包含从准备阶段到竣工验收的全过程，实现质量控制闭环管理。考核其完整性主要看监理规划和实施细则是否齐全有效，进场材料、构配件、设备报验、抽检资料有无遗漏，施工过程中的巡视、旁站、平行检验记录是否覆盖所有关键工序和重要部位，发出的监理指令有无回复及整改闭环记录，最终质量评价报告是否依据充分、结论明确。资料管理要实现系统化归档，分类清楚、编目准确，随时查阅。在信息化时代，还应该鼓励和考核监理单位使用数字化管理平台，提高资料管理的即时性、共享性、安全性，保证所有监理行为有迹可循、有据可查。

二、监理人员行为考核

（一）出勤率与现场巡查频率考核

出勤率、现场巡查频率属于衡量监理人员是否尽责的基础性指标，同时也是保证动态控制顺利实施的前提。监理工作核心的价值就是“监”和“理”，而这一切都以监理人员“在场”为基础。只有保障了足够的时间和全方位的巡视，才能发现施工过程中出现的偏离设计、规范的苗头性问题，从而把质量隐患扼杀在萌芽之中。因此，对这两个指标严格考核，就是杜绝挂名监理、遥控监理等现象，加强监理责任的有效途径。

考核出勤率不能只是统计监理人员在岗的总时长，还应该关注其在关键时间节点的在岗情况。是否严格按照项目规定的工作时间履职，重要工序施工、关键部位验收、夜间连续作业等，总监、专业监理工程师、监理员是否都到岗到位。现代考核方式可以利用工地信息化管理平台，用人脸识别、定位打卡等方式来达到监理人员出勤记录客观化，可以实现自我取证、自查数据，从而大大提高考核的公正性和效率。

现场巡查频率考核的重点就是监理工作过程质量。考核内容为监理人员是否按照监理规划、实施细则所确定的巡查路线和频次进行巡查，对施工作业面是否实现全覆盖、无死角巡查，巡查过程中是否认真记录，形成内容详实、问题明确的巡查日志。可以将监理日志上记录的巡查点位和时间与施工日志、现场监控视频做交叉比对来验证巡查工作的真实性。

考核还要体现差异化、重点化的原则。对于技术复杂、质量风险大、工序重要的大体积混凝土浇筑、重要结构焊接等工序要提高监理人员巡查和旁站的频率，

将此项作为考核加分项。对总监理工程师除了考核其个人巡查情况外，还要对其带班检查、组织专项巡查、整个监理团队现场工作部署和监督情况进行考核，以保证监理团队整体联动，发挥出最大的现场管控效能。采用量化和质化相结合的方式进行考核，促使监理人员做到身到心到。

（二）工作态度与责任心评价

工作态度、责任心属于反映监理人员职业素养与内在驱动力的重要的“软指标”，直接关乎监理工作实际成效。积极的工作态度是主动作为、勤于思考、乐于沟通，强烈的责任心是质量高度负责、敢于坚持、勇于承担责任。两者一起构成了监理人员履职的“内功”，是任何制度和手段都无法完全替代的关键素质，应该在绩效考核中占据核心地位。

员工的工作态度可以从几个方面来考察，首先看主动性，优秀的监理人员不会坐等问题的发生，而是主动研究图纸、规范，参加施工方案讨论，提前预判风险点并提出防范措施。其次就是学习精神，在水利工程领域不断涌现新的技术、新的工艺，能否保持持续学习的兴趣，不断更新知识储备，满足工程建设需要。最后是沟通协调能力，能否同建设、施工、设计等各方建立良好的沟通渠道，既能很好地传达监理指令，又能巧妙地化解矛盾，共同解决问题。

责任感在关键时刻就表现出来。施工单位出现违反规范的“三违”行为时，监理人员能否勇于指出并加以纠正，面对各方压力要求放松标准、违规签认时，能否坚持职业道德和法律底线，工程出现质量问题时，能否第一时间赶到现场，组织调查分析，勇于承担属于监理方的责任。这些都是监理责任心最直接的体现，就是监理所具有的“硬骨头”精神。

对主观性较强的指标进行评价的时候，应当使用多源反馈和事实佐证相结合的方式。定期开展建设单位、施工方代表、监理方内部 360 度互评活动，从不同角度对监理员工作进行评价。还要将评价同具体的工作实例联系起来，要求评价人给出具体的案例作为评分的依据，比如某监理工程师由于坚持原则而避免了重大质量隐患，某总监由于良好的协调能力而解决了长期存在的工序矛盾。由此便可以把抽象的态度和责任感转化为具体可感知的行为，使评价结果更客观公正，真正激励监理人员把高度的责任感内化于心、外化于行。

（三）违规违纪行为的处罚规定

监理绩效考核体系当中，对监理人员违规违纪行为制定出明确、严厉的处罚

规定,是保证监理人员廉洁自律、公正履职的“高压线”和“防火墙”。监理工作控制工程质量的主要权利,其特殊性决定了必须对它的权力运行实施强有力的监督和约束。处罚规定的主要目的在于划定行为底线,用负面清单形式明确告知监理人员禁止从事的事项,用严厉的惩罚措施来形成震慑,从根本上杜绝腐败、失职渎职现象的发生。

处罚规定首先要对违规违纪行为的范围做出全面的界定。这不仅包括直接的经济腐败行为,还应包括影响公正履职的各类非经济行为,可分为以下几类

1. 廉洁自律类违规,明确禁止监理人员利用执业便利,以任何形式向项目法人、被监理单位、材料设备供应单位索要或者收受财物;禁止与上述单位串通,通过虚报工程量、降低质量标准等方式谋取不正当利益;禁止参加可能影响公正执行公务的宴请、旅游或者娱乐活动。

2. 执业失职类违规:不按照法律法规、技术标准、监理合同要求履行职责的行为。例如对不合格的工程、材料、构配件、设备签发合格证;发现重大质量安全隐患不及时报告或者处置不力;伪造、篡改监理文件及数据;无故缺席关键旁站、验收等。

3. 保密规定及其他,即泄露执业中应保密的商业秘密或技术秘密,在多个单位同时注册执业等违反行业管理规定的行为。

处罚措施应该有等级,并且是强制性的。针对性质不同、情节不同的违规违纪行为,应当建立警告、通报批评、经济处罚、降级、暂停执业、吊销注册证书、解除劳动合同的阶梯式处罚体系。触犯法律的人必须无条件移交司法机关追究刑事责任。处罚决定要和监理人员绩效考核、薪酬待遇、评优评先、职业发展等紧密联系,从而形成“一处违规,处处受限”的效果。处罚程序的制定也十分重要,应该保证调查取证的客观公正、当事人的申辩权利得到充分保障、处罚决定的公开透明,力求事实清楚、证据确凿、定性准确、处理恰当、手续完备,使受罚者心悦诚服,全体人员受教。

第十章 水利工程施工质量动态控制的未来发展

第一节 智能化质量控制趋势

智能化是未来水利工程质量控制的主要推动力，依靠人工智能、大数据、物联网等先进技术，把质量管理的触角伸进施工的每一个细节，使质量管理由被动应对变为主动预见，由事后检验变为过程控制，从而全面提升其科学性和前瞻性。水利工程智能化质量控制的各项技术特点及应用如下表所示：

智能化质量控制技术概览

技术类型	核心应用	主要优势
AI 图像识别	裂缝、平整度、钢筋等外观检测	高效、准确、客观、非接触
智能巡检机器人	危险区域巡检、三维扫描、环境监测	提高安全性、扩展检测范围、实时反馈
机器学习预测	质量缺陷预警、参数优化	事前预控、精细化管理、减少隐患

一、人工智能技术的深度融合

人工智能技术模仿、延伸并扩展了人的智能，可以对施工质量实现自动识别、分析、预测，使监理工作的效率和质量得到极大提高，正在把质量控制推向更高的智能化水平。其深度融合体现为如下几点：

（一）AI 图像识别在质量检测中的应用

传统的水利工程质量检测，特别是对混凝土结构物表面裂缝、平整度、瑕疵和钢筋布置规格的检查，主要依靠监理人员肉眼观察和经验判断，不但劳动强度大、效率低，而且容易受到主观因素的影响，造成检测结果出现偏差。人工智能图像识别技术可以对此加以改变。在施工现场安装高清工业相机或者使用无人机搭载高清摄像头，可以对重要部位进行高频次、全覆盖的图像采集。

收集到图像数据之后即刻上传至云端服务器，再使用深度学习算法进行分析。经过大量样本数据训练的 AI 模型能自动检测混凝土表面的细小裂缝，并能自动测量出裂缝的长度、宽度、走向，产生结构健康情况报告。该技术可以对大面积

的混凝土表面平整度进行快速检测，及时发现麻面、露筋等外观缺陷。用 AI 图像识别技术来快速核对钢筋的数量、间距、直径等是否符合设计要求，可以防止因人而异的质量隐患。

非接触式、自动化的检测方式把监理人员从繁重的机械工作中解放出来，使他们的工作重心转向质量问题产生原因的分析及对策的处理。同时所有的检测过程及结果都被数字化保存，形成可追溯的质量档案，给工程全生命周期管理打下良好的数据基础，极大地提高了质量检测的客观性和公正性。

（二）智能机器人辅助监理作业

水利工程施工环境复杂，大坝、隧洞、深基坑等作业区经常伴随着高空、高边坡、狭窄空间、有毒有害气体等危险因素，传统的人工巡检风险高、效率低、覆盖面小。智能巡检机器人出现以后，就为解决这个问题提供了一种有效的方法。这些机器人一般采用履带式或者四足式底盘，地形适应性很强，可以代替监理人员去危险或者人迹罕至的地方执行巡检任务。

智能机器人作为移动检测平台可以集成各种传感器设备。搭载高清可见光、红外热成像摄像机，全天候对结构物表面状况以及温度场分布情况进行监测，及时发现异常温升和渗漏。使用激光雷达可以对隧洞、边坡进行高精度的三维扫描，将扫描得到的模型和设计模型对比，准确找到变形、位移等变化。还可以根据需要加入气体传感器、声音采集器等，对环境气体成分和设备运行异响进行监测。

监理人员在远程控制中心可以通过高清视频实时了解现场情况，也可以给机器人发出指令完成人机协作。机器人采集到的数据通过 5G 等无线网络即时回传到控制中心，和 BIM 模型、数字孪生平台等融合分析之后，可以快速地发现并定位问题。不但可以极大提高监理人员的安全性，而且可以扩大和加深监理工作的范围和深度，从而达到对工程质量全方位、无死角的控制。

（三）基于机器学习的质量预测

传统的质量控制是事后控制，即当出现质量问题之后再进行检测整改。基于机器学习的质量预测技术侧重于事前预控，通过对历史数据进行分析，找到质量影响因素之间的复杂关系，在质量缺陷出现之前发出预警。水利工程施工是多变量、强耦合的复杂系统，水利工程施工质量受材料性质、施工工艺、机械参数、环境温湿度、人员操作等诸多因素的综合影响。

神经网络、随机森林等机器学习模型可以处理高维非线性数据之间的关系。

通过对大量历史施工数据进行收集、整理,包括混凝土配合比、浇筑温度、振捣时间、土石方压实遍数、含水率、碾压速度、质量检测结果等,可以建立庞大的质量数据库。用该数据库训练机器学习模型,使机器学习模型掌握过程参数和最终质量之间的内在规律。

模型训练好之后就可以用在实际施工过程的实时监控上了。现场传感器采集到的施工参数输入到预测模型中,模型即刻会给出未来质量状况的预测结果。例如根据当前混凝土拌合物温度、环境湿度预测 28 天后混凝土强度的可能取值;或者根据碾压设备实时振动参数预测填筑体最终压实度。当预测结果超出目标范围的时候,系统就会发出警报,提醒管理人员及时对施工参数进行调整,把质量隐患消灭在萌芽之中,从而达到主动式、精细化的质量控制。

二、数字孪生技术的应用前景

数字孪生技术是对于物理工程的一种数字化复制,可以达成现实世界和虚拟空间的实时交互以及深度融合。水利工程领域里冲破传统 BIM 可视化的局限,给施工品质动态把控,模拟推演以及科学决策赋予了前所未有的强大平台。

(一) 水利工程全生命周期数字孪生

数字孪生水利工程不是静态的三维模型,是和物理工程实体同步演进的动态虚拟体。它以 BIM 模型为依托,把物联网传感器采集到的实时数据、无人机倾斜摄影得到的实景地理信息、施工管理信息、水文地质等多源异构数据融合起来,创建出高度仿真的数字化副本。

这个孪生体贯穿于水利工程的规划、设计、施工、运维直至报废的全生命周期。

1. 设计阶段:利用数字孪生平台对多种设计方案进行仿真比选,优化结构设计及功能布局。

2. 施工阶段:它作为虚实融合的管控中心,实时映射施工进度、资源状态及质量信息。

3. 运行阶段孪生模型接收到结构安全监测、水情测报等系统数据,模拟工程不同工况下运行状况,为调度决策、维护保养提供依据。

全生命周期数字孪生冲破各个时期的信息壁垒,促使数据持续流动并且不断挖掘价值,给工程质量的长期跟踪与评价赋予坚实的基础。

（二）施工过程的虚拟仿真与监控

数字孪生给施工过程精细化管理赋予了强大的虚拟预演能力。施工前，可以在数字孪生环境中对施工方案全过程进行虚拟建造。可以模拟大型设备运行轨迹，检查碰撞风险；可以仿真大体积混凝土浇筑顺序和分层厚度，预估温度场和应力场变化，进而改良温控手段；也可以模拟土石坝填筑过程，规划碾压机械最佳行驶路线及遍数。虚拟仿真之后可以提前发现方案中存在的问题，优化施工组织，规避质量及安全风险。

施工阶段，数字孪生平台起到的作用是虚拟的监理。将现场传感器、移动终端、无人机等采集的施工实际数据实时传送到平台，与虚拟模型中的计划数据进行对比，可以立即发现进度、成本、质量等各方面的偏差。系统可以自动比对钢筋实际绑扎位置与 BIM 模型中设计位置，偏差超标部分高亮显示。可以跟踪每车混凝土从拌合站到浇筑点全过程的信息，保证其在规定时间内使用。用虚拟现实、实时纠偏的监控方式，使质量控制响应速度和精确度实现了质的飞跃。

（三）数字孪生驱动的质量决策

数字孪生技术价值不在于看见，在于预见和优选，给质量决策提供科学依据。施工过程中出现质量偏差或者潜在风险的时候，管理者不再依靠经验来做出判断，而是可以借助数字孪生平台进行科学的模拟分析。平台可以依据当前的状态来推测出各种纠偏措施或者应急预案的效果、成本以及工期的影响。

当监测数据表明大坝某处渗流出现异常的时候，在数字孪生模型里模拟不同的灌浆方案，观察各个方案对于渗流场影响的范围和效果，从而选择最合适的处置办法。预测混凝土内部由于水化热过高可能会产生温度裂缝，可以模拟不同的降温方法，比较其降温效果，最后选择最经济有效的温控方案。以数据、模型为依据的决策方式，使质量问题处理更加科学有效，减少盲目施工、返工的现象，从而达到对工程质量精准把控和优化的目的。

三、无人化施工质量控制

伴随着自动化、高精度定位、智能传感器技术的不断发展，水利工程施工也由原来的机械化发展为无人化、智能化。无人化施工可以大幅度降低人力成本、提高作业效率、改善施工安全环境，也可以通过程序化精准控制，从源头上保证施工质量的均一性、稳定性。

（一）无人驾驶摊铺与碾压质量控制

在土石坝、堤防等大面积填筑工程中，摊铺平整度、碾压密实度是决定工程质量好坏的因素。传统的施工作业大多依靠司机个人的技术和经验来完成，很难保证大面积作业的质量一致。无人驾驶摊铺和碾压技术的使用，从根本上改变了这种状况。由无人摊铺机、压路机组成的智能机群，集成了北斗高精度定位系统、惯性导航、多种传感器，按照预设的数字化施工模型，可实现厘米级的路径跟踪和作业控制。

无人摊铺机可以准确控制摊铺厚度、高程，保证铺料均匀平整。紧随其后的无人压路机集群按照最佳碾压路线、搭接宽度进行协同作业，可以有效地防止人工漏压、过压。智能压路机装有振动传感器、密度检测装置，可以随时检测填筑材料的压实情况，并把数据传给中央控制系统。系统根据实时获取到的压实度来动态调整碾压遍数、振动参数，形成规划、执行、反馈、调整的闭环质量控制体系，保证各个区域的压实质量都能达到设计要求。

（二）自动化钢筋加工与安装监测

钢筋是混凝土结构不可缺少的组成部分，钢筋加工精度和安装质量影响结构的安全性和耐久性。传统的钢筋加工大多是分散在各个现场进行的，质量参差不齐。现代水利工程越来越依赖于自动化钢筋加工厂，对钢筋实行集中、高效、精确的预制。自动化加工生产线从原材料定尺、剪切、弯曲、成型，全部由计算机程序控制设备完成，大大提高了加工尺寸精度和一致性。

施工现场钢筋安装质量监控开始走向自动化。通过钢筋上预先绑上标签或者使用计算机视觉技术，可以对现场钢筋的安装情况实施快速的无接触核验。监理人员手持终端扫描标签，就可以得到该钢筋的规格、加工信息，并且可以与 BIM 模型的设计信息进行对比。基于图像识别的检测系统可以利用拍摄的照片自动分析钢筋布设间距、排距、保护层厚度等是否满足要求，把检测结果标注在 BIM 模型上形成质量检查报告。

（三）智能浇筑系统的质量控制

混凝土浇筑是水利工程的重要工序，混凝土浇筑质量控制要贯穿拌合、运输、入仓、振捣、养护全过程。借助物联网、自动化技术把各个环节联系起来，从而实现全过程的质量控制。

1. 拌合环节智能拌合站按照指令自动、准确地控制原材料配比，用传感器检

测拌合物的坍落度、温度等指标，保证每盘混凝土性能符合要求。

2. 运输环节：混凝土运输车装载 GPS 和状态传感器，全程记录车辆位置、运输时间、罐体转速等，防止混凝土中途出现离析或者超时。

3. 浇筑时现场使用智能布料机或者混凝土泵送机器人，保证混凝土均匀平稳入仓，不得有冲击、离析。浇筑时嵌入式无线传感器可以对混凝土内部温度、湿度、应变发展状况实行实时监测，给养护方案制定、修改赋予数据支撑，防止出现温度裂缝。

第二节 标准化体系建设展望

水利工程监理的发展方向就是创建全面、协调、高效的标准化体系。既是工程质量动态控制水平不断提高的内在要求，又是行业转型升级、高质量发展必然要求。就未来发展趋势而言，标准化体系的创建会在国际接轨、监理工作规范化、评价体系科学化等地方出现新的发展图景与实践途径。

一、质量控制标准的国际化接轨

随着全球化进程的不断深入以及“一带一路”倡议的持续推进，我国水利工程监理质量控制标准正在逐步向国际先进水平看齐。这就要求我们从标准的引入、融合、互认三个方面做前瞻性布局，从而提高我国水利工程的国际竞争力。

（一）国际质量管理体系标准的引入

系统地引进以 ISO9000 族标准为代表的国际公认的质量管理体系标准到水利工程监理工作中，是提高其管理内涵和国际化水平的关键一步。这不是简单的标准移植，而是在结合我国水利工程复杂性、特殊性的基础上进行本土化解读、消化、再创造。采用这些先进的标准可以给监理企业提供系统的管理框架，使监理企业从组织架构、资源配置、过程控制、持续改进等各方面建立起以质量为核心运作逻辑。顾客为导向、全员参与、过程方法为特点，利于打破监理工作中部门间的壁垒和流程的阻拦，形成有效的合作管理机制。

将质量管理体系与国际标准比对，可以发现监理企业存在的质量管理体系的不足与缺陷，进而制定相应的改进办法。这会促使监理工作由依靠个人经验的传统方式，转变为依靠标准化、程序化的现代方式。同时，获得国际标准的认证不

但是企业管理水平的有力证明，也是参与国际工程项目竞标、开拓海外市场的重要通行证，对提高整个行业的国际形象和话语权有深远的战略意义。

（二）国内外技术标准的融合应用

在全球化大背景之下，水利工程建设越来越频繁地出现国际合作和技术交流的情况，仅仅依靠国内标准已经不能满足所有的工程实践需求。因此推动国内外技术标准的融合应用成为必然。融合不是简单的取长补短，而是深层次的整合与创新，目的是形成符合中国国情又具有国际先进性的水利工程技术标准体系。可以参考欧洲规范等国际先进标准中有关结构设计、耐久性评价、风险分析的思想和方法来完善我国目前标准的不足。

融合应用的实践途径就是创建起一个开放的、动态更新的标准采纳和转化机制。需要组织专业人员对国际上最新的标准进行系统的翻译、研究、比对，分析它同国内标准的不同之处以及适合的条件以及优势。对典型工程项目开展试点应用，考察国际标准在我国工程环境下的适应性、有效性，收集、分析应用数据，为标准的本土化修订提供实证依据。最终目的就是逐步将国际标准中的先进技术指标、计算方法、检验规则有机地融入到我国国家标准或者行业标准中，甚至主导或者参与制定新的国际标准，实现从“跟跑”到“并跑”乃至“领跑”的跨越。

BIM、GIS 等数字化技术的广泛使用，给国内外标准的融合提供有力的技术支持。利用这些技术，可以把不同标准体系下的设计参数、材料规格、施工要求等数字化表达出来并进行模拟分析，清楚地表明各个标准下工程性能的不同，使工程师做出正确的决策，有效地解决了由于标准不统一而造成的水利工程技术合作难题，使水利工程建设向更加精细化、智能化方向发展。

（三）“一带一路”工程的质量标准互认

在“一带一路”倡议框架之下，水利工程属于基础设施互联互通的重要组成部分，质量标准互认对于项目的顺利实施以及可持续运营起到决定性的作用。标准互认不但是技术上的对接，更是规则上的对接、制度上的互信，它是消除贸易壁垒、促进技术和服务输出的重要环节。标准互认使我国水利工程技术、装备、材料和服务能更加顺畅地进入沿线国家市场，也给我国企业参与国际竞争创造了公平的环境。

推进标准互认要依靠政府、行业协会、企业三方共同努力。政府层面要主动参加多边或者双边的标准化合作谈判，创建高层级的标准对接协调机构，达成标

准互认协议，为企业“走出去”铺路搭桥。行业协会可以组织力量将我国有优势、有特色的水利技术标准翻译成多种语言，在国际标准化组织上提案，提高中国标准在国际上的影响力和认可度。企业作为标准的应用主体，在海外项目中推广使用中国标准，用高质量的工程实例来展示中国标准的先进性、可靠性，用事实赢得项目所在国监管部门和业主的信任与认可。

建立“一带一路”水利工程质量标准信息平台，对中国的标准和技术标准进行收录、比对、展示，给沿线国家提供标准咨询和符合性评估服务，将会成为推动互认的有力工具。可以参照一些区域经济合作组织的经验，探索出一个以中国标准为主，融合各方合理关切的区域性水利工程技术标准体系。不仅可以服务于“一带一路”建设，而且从长远看，可以提高我国在全球水利工程领域规则制定的话语权和影响力，实现从产品输出到标准输出的战略升级。

二、监理工作标准的规范化

监理工作最大的价值就是它的专业性和公正性，而规范化的标准正是保证这种价值得以实现的基石。健全动态控制作业指导、量化服务考核、统一行业标准，可有效提升监理工作的透明度、一致性、权威性，保证工程质量。

（一）动态控制作业指导书的完善

动态控制是水利工程监理的精髓，一份好的动态控制作业指导书是进行有效控制的操作手册。传统的监理规划、实施细则大多偏向宏观、静态的规定，不能很好地适应施工现场千变万化的具体状况。因此未来的作业指导书应该更加细致、动态、可操作。

1. 指导书要依照风险管理理念来编制，对工程各个阶段、各个部位、各个工序存在的质量风险点展开系统识别，依照不同的风险等级来确定监控频率、检查方法以及控制标准。高风险环节如大坝基岩处理、水下混凝土浇筑等要编制专项旁站监理方案，确定关键控制参数和应急处置预案。

2. 指导书要体现“过程控制”的思想，把质量控制要求分解到施工的每一个具体的步骤里。钢筋工程指导书除了规定最终的验收标准外，还要明确钢筋进场、加工、绑扎、安装全过程的检查要点和记录要求，保证每一个环节都处于受控状态。

3. 信息化手段下作业指导书的完善是十分重要的。开发移动监理 APP，把作业指导书、技术标准、设计图纸等集成到移动终端里，监理人员在现场可以查阅

电子化表单，依据电子化表单进行检查、记录、拍照上传。既方便工作又保证检查内容全面、检查记录真实、可追溯。

（二）监理服务标准的量化考核

长久以来，监理服务的评价主要依靠定性的描述和主观的判断，缺少客观、统一的衡量标准，不能够激励先进、鞭策落后。创建一套科学合理的监理服务标准量化考核体系，对于监理行业的健康发展来说意义重大。该体系应该以监理工作核心职责为依托，从质量、进度、投资、安全、合同管理等几个方面设置具体的、可测量的考核指标。质量控制方面可以设定关键工序一次验收合格率、质量问题整改通知单闭合率等指标，进度控制方面可以设定月度计划完成率偏差等指标。

监理服务量化考核常见指标

考核维度	关键指标示例	描述
质量控制	关键工序一次验收合格率	关键施工环节一次性验收通过的比例
	质量问题整改通知单闭合率	发出的质量问题整改通知单按期闭合的比例
	重大质量事故发生次数	统计项目周期内重大质量事故数量
进度控制	月度计划完成率偏差	实际完成进度与计划进度的偏离程度
	关键路径节点按期完成率	项目关键里程碑节点按计划完成的比例
投资控制	计量支付审核准确率	监理审核计量支付的准确性及合理性
	工程变更控制有效性	因监理介入有效减少不必要变更的程度
安全管理	安全隐患排查整改率	发现的安全隐患被及时整改的比例
	安全事故发生频率	项目周期内安全事故发生的频率
合同管理	合同条款执行合规性	监理对合同条款执行的监督合规性
	资料归档完整及时性	监理资料及报告归档的完整性和及时性

从表中可以看出，实行量化考核需要信息化平台来完成数据的采集与分析。项目法人、施工单位可以对监理工作进行实时评价，监管部门可以定期或者不定期地进行抽查。考核结果要直接同监理费的支付、监理单位信用评价以及监理人员执业资格联系起来，以此来形成有效的激励约束机制。量化考核可以使模糊的服务要求转变为具体的数字指标，让监理单位清楚地认识自身存在的优势和不足，进而有针对性地进行改善，使服务质量不断提高。

（三）水利监理行业标准的统一

目前水利监理行业标准体系仍然存在标准内容陈旧、不同地区或不同种类工程执行标准不统一等问题，对监理工作规范性、权威性造成一定的影响。因此，推进水利监理行业标准的统一，建立一个覆盖面广、层次分明、协调统一的国家

级标准体系就显得十分迫切和重要。

标准的统一要从顶层设计开始，由国家水行政主管部门牵头，组织行业内专家、学者、一线资深监理工程师对已有的法律法规、部门规章、技术规范进行系统梳理和整合。在此基础上加快修订以水利工程施工监理规范为主的各项核心标准，使标准内容更贴近当前工程建设实际，体现新技术、新工艺、新材料的应用要求，提高标准的可操作性。

标准的统一还应体现在监理人员资格管理、行为规范、工作文档格式等各方面。统一注册管理制度、统一执业道德规范、标准化监理文档，如监理日志、旁站记录、验收报告等，可以保证全国范围内监理工作遵循相同的基本程序，减少由于个人习惯或者地区差异造成的执行偏差。

还要积极鼓励和支持行业协会、龙头企业参与团体标准、企业标准的制定，作为国家标准、行业标准的有效补充。这些标准可以更灵活、更快地适应市场和技术的变化，在经过实践检验之后，其中具有先进性的内容会进入更高层次的标准之中，形成从下至上、不断更新的良性循环，从而持续改善和提高整个水利监理行业标准的水平。

三、质量评价体系的科学化

建立科学的质量评价体系是动态控制的落脚点，是评价工程质量好坏、指导后续工作的重要依据。未来发展方向就是建立多维指标，推动定量化，建立信用评价体系，使质量评价更加全面、准确、有导向。

（一）多维度质量评价指标构建

传统的工程质量评价大多重视结构强度、尺寸偏差这些物理指标，对于工程的功能性、耐久性、环境协调性、社会效益等各方面考虑不够。建立多维度的质量评价指标体系，目的在于摆脱单纯工程实体质量视角，建立起更宽泛、立体的评价体系。该体系至少应该包括技术、经济、环境、社会这四个方面。技术维度除了传统的结构安全指标之外，还要把新材料的应用效果、智能化设施的运行效率等考虑进去。

经济方面要对工程全生命周期成本进行评价，不能只看建造成本，还要考虑后期的运行维护费用、节能降耗效益等。环境维度主要研究的是工程施工及运行对周边生态系统产生的影响，水土保持效果、水质变化、生物多样性等都属于环

境维度的研究内容。从社会层面评价工程在防洪减灾、供水保障、促进地方就业等方面的贡献。创建起这样的一个多层次指标体系，可全方位地体现出水利工程所具有的综合价值，促使水利工程由单纯地看重技术先进性转变为注重最大化的综合效益。

（二）定性评价向定量评价的转变

长期以来，水利工程质量评价中存在着大量依靠专家经验的定性描述，如“基本满足要求”、“存在一定缺陷”等，这类评价语言主观性太强，不能准确地发现问题，也不利于横向比较。从定性向定量评价的转变，是提高评价科学性的根本。这就需把评价指标尽可能量化为数字，建立科学的评分模型。外观质量可以用图像识别技术、标准色卡，将混凝土表面平整度、色差、气泡数等转化为具体的数值来打分。

权重体系的确定属于定量评价的过程。可以采用层次分析法、专家调查法等科学的方法，根据各个指标对工程总体质量的影响程度，确定各个指标在评价体系中的权重。最终通过加权计算得到一个综合的质量评分，直观、清晰地反映工程质量的好坏，并对各个项目、各个标段的质量水平进行排序和比较。因此评价结果更加客观公正，也为之后奖优罚劣、改进措施的制定提供明确的数据支撑。

（三）质量信用评价体系的建立

将工程质量同市场主体的信用直接挂钩，是加强质量责任、净化市场环境的有效途径。建立以项目法人、勘察单位、设计单位、施工单位、监理单位等所有参建单位为对象的质量信用评价体系，是促进行业自律、实现优胜劣汰的制度保障。该体系的核心就是对各个市场主体在工程建设过程中质量行为，即优良行为和不良行为，进行全方位、及时、准确的记录。获得优质工程奖、推广应用新技术取得明显成效等属于良好信用信息加分；发生质量事故、违反强制性标准、不执行监理指令等属于不良行为记录在案并扣分。

信用评价结果要和市场准入、招投标、资质管理、金融信贷等环节挂钩，建立一处失信、处处受限的联合惩戒机制。信用等级高的企业在投标时可以获得加分或者优先，融资时也可以享受到更便利的服务；信用等级低的企业则会面临投标资格受限、资质降级甚至被清退出市场的惩罚。依靠全国统一的水利建设市场监管服务平台公开共享信用信息，可以使失信行为无处藏身。以信用为基础的新型监管模式，会极大地增加失信成本，使各个市场主体自觉把质量作为生存和发

展的生命线，从根本上提高水利工程建设整体质量水平。

第三节 人才培养与技术创新

人才是水利工程监理事业发展的关键因素，技术革新则是水利工程监理事业不断向前发展的动力。面对新时期工程建设的新要求，必须把人才培养、技术创新提升到战略高度，建立系统化、多层次的培养体系和激励机制，给施工质量的动态控制提供强有力的智力支持和技术保障。

一、复合型监理人才培养

随着水利工程项目规模不断增大，技术难度越来越高，对监理人员综合素质的要求也越来越高。单一的工程技术背景已经不能胜任现代监理工作了。因此培养出具有技术、管理、经济、法律、信息化等各方面能力的复合型监理人才，是行业发展的当务之急，也是保证监理服务质量的关键所在。

（一）工程技术与管理能力的融合培养

水利工程监理人员除了要具备工程技术和管理能力，准确判断施工工艺的合规性、工程质量的好坏之外，还要具备很强的组织协调能力、信息处理能力和沟通能力，才能对项目实施全方位的动态控制。工程技术是监理工作的立足之本，是判断质量好坏的硬核基础，管理能力是实现监理目标、协调各方关系、有效控制成本和进度的重要软实力。如果两者相脱离，就会造成监理工作被动的局面，要么过于注重微观的技术细节而忽略宏观的项目管理目标，要么由于缺少技术支撑而使管理决策成为形式。

实现工程技术与管理能力的深度融合，就要对人才培养的全过程进行系统的设计。对在职的监理工程师采用定期专题培训、案例研讨会等形式，对合同管理、风险评估、投资控制、法律法规、沟通协调等各方面知识进行系统的补充。另外鼓励监理人员参加工程管理方面的职业资格认证考试，例如注册造价工程师、一级建造师等，从跨领域知识的学习来完善自身的结构。对于新入职的员工而言，应当把管理能力的培养纳入到岗前培训以及导师带徒之中，在项目开始之初就培养起一种整体性、系统性的思维，并掌握技术决策所包含的管理逻辑和经济效益的考量，最终成长为既具备技术又精通管理的高素质人才。

融合培养模式就是使监理工程师从项目整体的角度出发,用管理思维去预见、分析技术问题,用技术手段去解决、优化管理难题。当现场出现质量问题的时候,他们既可以从技术角度分析原因并提出解决办法,也可以从合同、成本、进度等多个方面考虑影响,提出综合解决方案,使施工质量由事后把关向事前预防、事中控制转变,充分发挥监理工作的价值。

（二）信息化技术应用能力提升

当前,以建筑信息模型、物联网、大数据、无人机、云计算等为代表的信息化技术正深刻改变着传统水利工程建设与管理的格局。这些技术的应用给施工质量的动态、精准、高效控制提供前所未有的技术手段。监理人员不能及时掌握、充分利用这些新工具的话,未来的监理工作将寸步难行,其专业价值也将大打折扣。因此全面提高监理人员的信息化应用能力,是行业顺应技术变革、实现转型升级的必然要求。

提高信息化应用能力要坚持理论与实践相结合的原则。企业应当定期开展系统化的信息化技术培训,培训内容包含 BIM 软件操作、无人机巡检数据处理、物联网监测数据分析、智慧工地管理平台使用等。培训不能只停留在软件功能介绍上,而应该突出其在监理工作中的具体应用,例如 BIM 模型图纸会审、设计碰撞检测、无人机倾斜摄影获取地形地貌信息、土方量计算复核,以及在关键结构中布设物联网传感器实现应力、变形、温度数据实时监测等。另一方面要鼓励、要求监理人员在项目中主动使用。将信息化技术应用水平纳入项目考核和个人绩效评价体系,通过示范项目、推广典型应用案例等方式营造学技术、用技术的良好氛围。在实践中探索出一条将信息化工具融入日常工作、用数据代替人力、依靠科学决策加强智慧化、数字化管理的路子,从而提高质量动态控制的速度和精度。

（三）国际工程管理人才培养

伴随着“一带一路”倡议的不断深入,越来越多的中国水利企业走出去,参加海外水利工程建设。给我国工程监理行业带来新的发展机遇的同时,也提出了严峻的挑战。国际工程项目普遍使用不同于国内的合同范本(FIDIC 合同条款)、技术标准、管理惯例,还要面对复杂的跨文化沟通、法律环境、政治经济风险。目前缺乏有国际视野和跨文化管理能力的监理人才,已经成为制约我国监理企业走出去的主要因素。

培养国际工程管理人才需要采取多种途径。国内培养要增设有针对性的国际工程管理理论,增加 FIDIC 合同条款、海外工程项目风险管理、国际项目索赔、争端解决等方面的内容。邀请拥有丰富海外项目的专家来授课,用典型案例的分析使监理人员在参加国际工程之前就了解掌握其规则。对有培养潜力的中青年骨干,应该积极外派到海外项目中锻炼,在真实的工程环境里学习成长,通过联合监理、短期交流等方式,在工程现场中学习。沉浸式学习对认识不同文化背景下工作方式、思维模式、提高解决复杂问题能力起着不可替代的作用。企业内部要建立国际工程知识库,对海外项目技术标准、法律法规、市场准入条件、文化习俗等系统收集、整理,总结以往项目成功经验和失败教训,形成可以传承、借鉴的知识资产。经过上述的努力,逐步培养出一批了解国际惯例、精通外语、具有较强的跨文化适应能力和风险应对能力的国际化监理人才队伍,为中国水利监理品牌的国际化发展提供有力的支撑。

二、产教融合与实训基地建设

人才培养是否有效,关键看理论知识与实践技能结合得好不好。水利工程监理属于实践性很强的专业,单靠课堂教学不能达到岗位要求。因此,深化产教融合、让高校与企业的实训基地联营成为解决人才培养同市场需求相脱节,缩短人才成长的周期、提高监理队伍整体实战能力的关键方法。

(一) 高校与企业的联合培养模式

高校为企业培养人才,企业为高校提供人才使用平台,两者紧密合作是产教深度融合的前提。传统的订单式培养方式存在弊端,应该转变为共同参与、共同分享成果、共同承担风险的合作模式。其主要目的就是使企业由人才培养的客户转变成参与者,在教学全过程中深度地融入进来。

高校和监理企业一起制订人才培养方案与课程体系。将企业对监理人员最新的知识和能力要求,即 BIM 技术、智慧工地管理、新法规标准等,及时融入高校教学内容,保证教学内容的前沿性、实用性。双方还可以共建“双师型”教师队伍,高校专业教师到企业挂职锻炼、担任项目监理助理,企业内有经验的总监理工程师、专业监理工程师作为产业教授或兼职导师,定期到校授课,给学生开展讲座,指导课程设计和毕业设计。

建立稳定的校外实习实践基地也十分重要。企业要为学生提供真实的监理岗

位,由资深工程师一对一地进行指导教学,让学生通过参与实际项目中的招标投标、图纸会审、现场巡视、平行检测和资料归档等工作掌握监理工作的流程以及核心技能。采用课堂学习和工程实践交替进行的方式,学生可以很快地把在校所学的理论知识转化为解决实际问题的能力,毕业后更快适应岗位要求,为企业节省大量的二次培训成本,并输送高质量的“即战型”人才。

（二）虚拟仿真实训平台的应用

水利工程项目,尤其是大型枢纽工程,具有建设周期长、施工环境复杂、很多关键工序和部位(大体积混凝土内部、水下基础等)无法直接观测、部分施工环节(爆破、高空作业等)存在高风险等特点。这些因素给监理人员实践技能的培训带来了诸多不便和限制。虚拟仿真(VR、AR)技术出现和运用的提出,对于解决上述的难题具有革命性意义。

虚拟仿真实训平台依靠计算机技术,创建出与实际工程几乎相同的三维数字环境,从而对施工过程以及监理行为进行逼真的模拟。应用价值主要表现在以下几个方面:

1. 安全高效的技能训练,在完全没有危险的环境下反复进行高风险、高难度的监理过程,比如深基坑开挖变形监测、高边坡失稳应急处置、水下构件无损检测等。没有实际的风险,成本也很低,可以反复练习直到受训者熟练掌握相关技能。

2. 对大坝混凝土浇筑的内部温控、坝体渗流、钢筋绑扎的复杂节点等肉眼无法直接观察到的隐蔽工程,虚拟仿真平台可以进行三维可视化、可剖切的展示。受训者可以进入结构物内部,直接认识结构物的构造和工艺流程,充分领会质量控制的重点,这是任何书本、二维图纸都无法比拟的教学效果。

3. 典型质量缺陷或者事故的模拟再现,平台可以设置混凝土裂缝、钢筋位移、模板变形、基坑坍塌等各种典型的工程质量缺陷或者安全事故场景。受训者在模拟情景中快速发现问题,分析原因之后再决定上报的方式,从而形成应急响应能力以及解决复杂问题的能力。

借助虚拟仿真实训平台,原本要在工地上花费几年时间才能积累起来的经验,可以在短期内的集中培训中压缩出来,大大缩短了监理人才的成长周期,极大地提高了培训的质量和效率。

（三）技能竞赛与技术交流机制

常态化的技能竞赛和技术交流机制,是形成“比、学、赶、帮、超”积极氛

围、促使监理人员主动学习、钻研技术、共同提高的有效方式。它是人才教育成果的标准，又是知识传播的媒介，也是经验交流的手段。

技能竞赛要以监理工作核心能力为设计依据，实现多样化、层次化。企业内部可以定期组织面向所有监理人员的岗位练兵和技术比武，竞赛内容可以是工程图纸审查、技术规范知识问答、监理规划与细则编制、现场实操（回弹仪、水准仪操作）、信息化软件应用、典型案例分析等。对优胜者进行精神上和物质上的奖励，把他们作为后备干部重点培养对象。同时应参加行业协会或者地方主管部门组织的区域性、全国性的监理技能大赛，与行业高水平同行竞技，开阔眼界，发现自身的不足，激发持续学习的动力。

创建技术交流机制主要是为了达到经验积累和交流的目的。定期开展内部技术交流会或专题研讨会，资深总监或者项目负责人就大型复杂项目的监理经验、重大质量问题处理典型案例、新技术新工艺应用体会等进行分享。鼓励一线监理人员在工作之余整理自己所思、所想、所见、所遇的问题和解决方案，通过内部刊物、知识管理平台等方式进行分享。创建线上技术交流群，使监理人员不受时间、地点的限制，遇到技术问题时可以向其他项目的监理人员请教、讨论，消除项目之间的信息壁垒。依靠竞赛与交流的“双轮驱动”，可以调动起企业乃至整个行业的各类人才资源，促进知识的流动与更新，进而引发个体成长和团队进步的良性循环。

三、技术创新激励机制

技术创新是监理行业内涵式发展、提高核心竞争力的不竭动力。只依靠人的经验、责任心来应对日益复杂的工程难题，是远远不够的。因此必须建立一套行之有效的激励机制，点燃广大监理人员的创新热情，把他们从日常工作的执行者转变为技术进步的推动者，从而培育出更多的优秀创新成果。

监理技术创新奖励政策要素表

政策要素	具体内容	目的
制度化承诺	制定明确、具有约束力的《技术创新奖励办法》。	代替口头表扬，确保奖励公正透明。
全面性导向	奖励重大突破性创新，也鼓励微创新、合理化建议。	激发各层面人员的创新潜能。
奖励多样化	高额现金、命名奖励基金、职业发展挂钩。	满足不同需求，提升创新吸引力。
职业发展关联	创新成果作为岗位晋升、职称评定、核心人才选拔依据。	给予创新者更大发展空间，形成正向激励。
及时表彰	对新技术应用、高质量作业指导书、QC活动突出者及时奖励。	认可日常工作中的创新贡献。
明确价值信号	传递“创新有价值，创新受尊重”的文化。	最大限度调动基层创新潜能。

从以上监理技术创新奖励政策要素中可以得出，一套科学公正有吸引力的奖励政策是激发创新活力的基础。监理企业应当制订出明确的、有约束力的技术创新奖励办法，用制度化的刚性承诺代替模糊的口头表扬。奖励政策的设计要体现全面性、导向性，既要重大的、突破性的发明创造给予奖励，也要对日常监理工作中的微创新、合理化建议等加以鼓励。

奖励的形式应多样化来满足不同的需要。对取得重大经济效益或者社会效益的创新成果，例如开发出具有自主知识产权的检测设备、提出并被采纳的重大技术方案建议等，应给予重奖，可以采取高额现金奖励、专门设立的命名奖励基金等形式。更重要的是要把技术创新成果同员工职业发展通道联系起来，把技术创新成果作为岗位晋升、职称评定、核心人才选拔的重要依据，使敢于创新、善于创新的员工得到更大的发展空间。对使用新技术、新工艺取得良好效果、编写高质量作业指导书、在QC小组活动中表现突出的人和团队也要给予及时的表彰和奖励。创建起一个全面的、有层次的、导向明确的奖励体系，能够向全体员工发出一个明确的信号，即创新是有价值的、受尊重的，从而最大限度地调动起基层蕴藏的创新潜能。

（二）QC小组活动的深入开展

质量控制小组活动是以一线为依托、服务一线的群众性质量管理活动，是推进全员参与技术创新的极好载体。在水利工程监理领域开展QC小组活动，对发现并解决现场质量管理难题、培养员工分析和解决问题的能力、积累基层智慧起

着不可替代的作用。

使 QC 小组活动真正扎根、产生实效,就必须抛弃形式主义,重视过程的规范性和成果的实用性。首先要加强 QC 小组成员的培训,使其熟练掌握 PDCA 循环、头脑风暴、因果图、排列图、调查表等质量管理工具和方法,使小组活动由凭经验、拍脑袋的讨论转变为以数据为基础、以科学方法为指导的系统性攻关。企业管理层要给小组活动提供必要的时空等物质条件的保证,并建立一套完整的流程,包含课题的选择、活动的开展以及成果的公布。课题选择要紧密联系项目监理工作中的难点、痛点,比如提高混凝土外观质量合格率、降低测量数据误差、优化旁站监理记录效率等,保证研究结果具有直接的应用价值。

建立成果评价与推广体系,对于 QC 小组取得的优秀成果,不能只停留在内部表彰奖励上,还应积极将成果推荐参加国家、行业、地区优秀 QC 小组成果发表会,争取更高的荣誉。对具有普遍适用性、能在公司内部推广应用、能转化为企业整体技术能力提升的操作规程、检测方法改进、软件小程序编制等成果,要大力推广。经过 QC 小组活动的开展,可以把创新的触角延伸到监理工作的最底层,产生自下而上的技术改进、管理优化之风,为施工质量的持续提高提供源源不断的微观动力。

(三) 技术专利与工法的推广应用

将监理实践中产生的技术创新成果,通过申请技术专利、编写工法等方式固定、提炼并加以保护,然后推广应用,是实现创新价值最大化的途径,也是建立企业核心技术壁垒的重要手段。技术专利属于被法律认可的无形资产,是企业的独创性技术能力;省部级或者国家级工法则是经过实践检验的先进、可靠、效益显著的系统性施工或管理技术,是企业技术成熟度的标志。

因此监理企业要建立健全知识产权管理体系,将创新成果转化为专利、工法。这可以从以下几个方面着手:

1. 建立专利、工法培育机制,设立专门的部门或者岗位,发现内部具有潜力的新技术,为一线监理人员提供专业的专利申请、工法编写指导服务,将他们实践中的好点子、好做法转化为符合申报要求的规范化文本和技术资料,解决有想法但不会写的问题。

2. 加强激励和考核导向,把成功获得授权的专利数量、被评为各级别工法的数量作为部门和个人年度绩效的重要指标,并实行专项奖励。这样可以促使监理

人员不满足于解决眼前的问题，而有动力去总结、提炼，追求更高的技术成果。

3. 推动成果的内部转化和外部推广：创建企业的专利与工法库，利用技术交底会、线上知识平台等方式，把已有的成果应用到所有项目中，把个别工程师的先进技术转化为企业所有人的标准化能力。充分利用行业会议、技术期刊、示范工程等途径宣传企业的专利技术及特色工法，提高企业的品牌知名度和市场竞争力。经过这一系列措施之后，会形成实践、创新、固化、推广、再实践的良性循环，使技术创新真正成为监理企业高质量发展的核心动力。

第四节 政策法规完善方向

水利工程监理质量控制的长效机制，核心就是政策法规体系健全、完善。成熟的监管环境可以给监理工作提供清晰的行为准则和法律依据，也可以用市场化手段激发行业的活力，从而提高服务水平。本节从工程质量监管法制化和市场化监理机制优化入手，给政策法规的改进提出方向和实施路径。核心完善方向及其主要措施，见表下。

水利工程监理政策法规完善方向概述

方向	核心目标	主要措施与预期效果
工程质量保险制度	风险转移与社会监督	引入第三方风控，减轻政府负担，提升 监理专业性。
监理责任细化	明确权责边界	细化监理义务、履职标准及责任分配， 避免推诿。
信用体系与黑名单	奖优惩劣，净化市场	建立“守信激励、失信惩戒”机制，提 高失信成本。
价格形成机制完善	体现价值，遏制低价	市场化定价，反映服务成本和技术价值， 激励创新。
全过程工程咨询	提升管理，优化资源	整合全生命周期服务，前移质控关口， 提高效率。
招标投标制度改革	公平竞争，择优选聘	从“评价格”转向“评能力、评信用”， 遏制恶性竞争。

一、工程质量监管法制化

工程质量监管法制化，是提高水利工程建设水平、保证公共利益的基础。加

强法律法规的刚性约束力,创建全方位的责任体系,是保证监理行业健康有序发展的关键保证。这就需要从顶层设计入手,对相关法律制度进行系统性地创建和革新,使质量监管的每一个环节都有法可依、有章可循,构建起权责分明、追溯有力、惩戒到位的监管闭环。

(一) 工程质量保险制度的推行

工程质量保险制度是现代工程建设领域质量保障体系的重要组成部分,是市场化的风险管理手段。该制度用保险机构作为第三方力量来评价、分担工程项目存在的质量缺陷风险,从而建立起独立于建设、施工、监理等各方之外的质量防线。水利工程投资大、技术复杂、社会影响大,推行工程质量保险制度尤为重要。它既可以将工程重大质量风险转移和分散,减轻政府及各参建方的财务负担,又能借助保险机构前置性的专业监督力量来提高工程质量管控效果。

目前,在水利工程中推行质量保险制度,要从政策上加以引导和规范。应当确定该制度的法律地位,将其定位为强制性或者半强制性的制度安排,在大型、特大型和复杂技术的水利枢纽工程中先行先试。保险合同的具体内容、承保范围、费率、理赔标准和流程等都应制定出具体的实施细则来加以规定。保险范围要包含设计、材料、施工工艺等造成的工程结构缺陷、功能性失效,还要设定合理的保险期限,保证工程使用后一段时间内可能出现的潜在问题都能被涵盖在内。

推行该项制度,也有利于监理行业自身专业化的发展。保险公司为了控制自身的赔付风险,会对接入的监理单位的履职能力、人员配置、现场管控措施等进行更加严格、专业的审核。来自市场的监督压力会使监理单位不断提高自身水平和素质,从被动接受管理转变为主动提升服务质量,从而获得更好的保险条件及更低的保险费率。保险赔付记录也将成为评定监理单位服务质量、信誉度的依据,与市场准入、招投标环节直接挂钩,形成有效的优胜劣汰机制,净化监理行业市场环境,促进整个监理行业的良性竞争、健康发展。

(二) 监理责任法律界定的细化

目前我国《建筑法》、《建设工程质量管理条例》等法规对监理单位责任作出了原则性规定,明确了监理单位对施工质量负监理责任。但是在司法实践中,监理责任的界限却往往不清楚,尤其在发生质量问题以后,监理单位要承担责任的具体情形、责任比例如何划分、以及和建设单位、施工单位之间连带责任的界定等仍模糊不清。法律上的不确定性,一方面会使监理单位在履职时因为担心承

担无限责任而犹豫不决，另一方面当出现问题时因为缺少明确的追责依据而使责任不能落实，影响到法律的严肃性和权威性。

细化监理责任的法律界定，首先要确定监理义务具体范围和标准。法律条文应该对监理工程师对施工组织设计的审查、进场材料设备的检查、关键工序的旁站监理、发出指令、处理质量问题等各个环节的具体职责和履职标准作出进一步细化。可以具体列举出监理发现安全事故隐患或者质量问题时，从要求施工单位整改、签发停工令到向主管部门报告的全部程序和时限要求。应该建立和过错程度相匹配的责任分配方式。法律应当对监理人员因主观故意、重大过失、一般过失、无过错等不同情形所负的责任性质和程度作出区分。对监理单位与承包单位或者建设单位串通舞弊、弄虚作假，谋取非法利益造成质量损失的，应规定监理单位承担连带赔偿责任，并依法从重处罚。

（三）信用体系建设与黑名单制度

健全水利工程建设全领域的信用体系，成为规范市场秩序、提升监管效能的根本方法。核心就是通过系统地采集、评价、应用市场主体的信用信息，营造出“守信激励、失信惩戒”的市场环境，把信用变成监理单位等市场主体核心的无形资产。该体系要对监理单位及监理人员基本情况、业绩信息、良好行为记录、不良行为记录进行记录，并向社会公布。

在此基础上，建立并严格执行黑名单制度就显得十分重要。将资质、资格申报中弄虚作假，发生重大质量安全责任事故，串通招标投标方或者违法转包、分包监理业务的单位和个人，依据法律法规和职业道德规定，纳入黑名单管理。黑名单所造成的后果应该具有实质性、威慑力。

1. 市场准入限制：在一定时期内，禁止或者限制被列入黑名单的监理单位、个人参加新的水利工程项目投标，暂停其资质升级申请，降低或者吊销其从业资质。

2. 联合惩戒机制即把信用信息同工商、税务、金融等有关部门共享，实行跨部门、跨领域联合惩戒。对失信主体在政府采购、银行贷款、荣誉评定等各方面进行限制，使失信主体“一处失信、处处受限”，大幅提高失信成本。

3. 动态管理与信用修复，信用管理应当是动态的。对在规定期限内主动改正失信行为、消除不良影响的主体，按照程序将其从黑名单中移出。既体现惩戒的严肃性，又给市场主体改过自新留有余地，有利于形成正向激励机制。

构建起全方位、多层次的信用监管体系,可以弥补传统行政监管的不足,促使监理单位自觉规范从业行为,珍惜商业信誉,把对工程质量负责内化为企业生存发展的根本要求。水利部等主管部门已经启动了相关工作,定期公布资质状态异常的监理单位名单并实施相应的监管措施,为全面推进信用体系建设打下了良好的基础。

二、市场化监理机制的优化

推进水利工程监理行业健康发展的关键在于依靠法、市、成、约这四种手段的综合应用来改善。健全价格形成机制、推广先进服务模式、改革招标投标制度,最大限度地激发市场活力,实现资源的合理配置,促使监理行业由低价竞争走向价值创造,达到高质量可持续发展的目的。

(一) 监理服务价格形成机制完善

长期以来,水利工程监理服务费的取费在一定程度上受到政府指导价的影响,部分项目甚至把不合理低价作为中标的主要原因,使监理企业为了生存而压缩成本、减少人员投入、简化管理程序,从而影响了监理服务质量。随着国家发改委全面放开建设项目专业服务价格,监理服务收费也已经全部进入市场调节。在这种情况下,健全市场化的价格形成机制,保证监理服务的价值得到合理的体现,就显得十分重要。

完善价格形成机制,重点就是建立能够真实反映监理服务成本、体现监理工作技术含量和管理价值的定价依据。应该大力推行以服务成本、服务质量、市场供求情况为依据,由委托双方协商来确定价格的机制。行业协会及主管部门可以研究并发布不同种类、不同规模水利工程监理服务成本要素构成及参考指标,为业主与监理单位议价提供科学参照,有效遏制严重偏离成本的恶意低价竞争。另外在合同中应该规定,当工程规模、标准、内容发生重大改变或者由于非监理方的原因造成监理服务时间延长时,监理费用要相应调整的机制,保证监理单位的合理权益。积极探索将监理服务同工程投资节约、工期优化、质量提升等成果挂钩的激励性收费方式,激励监理单位用技术和管理创新为项目创造更大的价值。

(二) 全过程工程咨询服务模式的推广

传统工程模式中,勘察、设计、监理、造价、招标代理等各个阶段之间互相隔离,使得各方面的信息不能自由流通,协调难度增大,出现推诿责任的情况,

项目总体效果受影响。全过程工程咨询服务模式，就是为解决上述问题而产生的集成化、系统化的新型服务业态。它包含项目决策、准备、实施、运营维护全生命周期的各项咨询服务，是由一个咨询单位提供的一体化解决方案。在水利工程领域推行该模式，对于提高项目管理的系统性、科学性，优化资源配置，控制投资，保证工程质量有重大意义。

推广全过程工程咨询，首先要依靠政策层面的大力引导和支持。政府投资的重大水利工程应当率先采用该模式，起到示范引领的作用。主管部门应尽快制定出水利工程全过程工程咨询服务的标准、合同示范文本、计费参考指南等技术规范，给市场实践提供规范指引。应该支持监理企业朝着综合咨询企业的发展。具有监理、设计、造价等多项资质的复合型企业开展全过程咨询具有天然优势。支持企业通过业务扩展、人才引进、兼并重组等途径来提高提供一体化服务的能力。对暂时不具备全部能力的企业，可以联合起来组成联合体，承接全过程咨询业务，实现优势互补。推广该模式以后，监理单位不再只是施工阶段的监督者，还会参与到项目前期的决策、设计优化之中，将质量控制关口前移，对工程质量进行更深层次、全方位的把控。

（三）监理招标投标制度的改革

招标投标是监理单位进入市场的重要环节，招标投标制度的好坏直接影响到监理行业的竞争状况和发展方向。传统的监理招标过于把价格作为决定性因素，甚至采用最低价中标的办法，严重背离了监理作为智力型技术服务的本质，是造成劣币驱逐良币现象、监理服务质量下滑的重要原因。因此深化监理招标投标制度改革，用信用和能力作为主要的竞争标准才是改善市场环境最根本的方法。

改革的主要方向就是由“评价格”向“评技术、评信用、评履约能力”转变。招标文件中应明确技术标、商务标的合理权重，大幅提高监理大纲的技术先进性、方案可行性、项目团队配置的专业性、企业历史业绩、信用评价等级等非价格因素的评分比重。积极推行评定分离制，即评标委员会对投标方案进行专业技术评审，向招标人推荐合格的候选人，最后的中标决定权归招标人。有利于加强招标人（业主）的首要责任，使招标人（业主）可以按照项目实际需求，从技术实力、行业信誉、以往业绩等多方面综合评价候选单位，择优选定最合适的监理单位，而不仅仅是选择报价最低者。

还要依法严惩招标投标过程中出现的违法违规行为。加大对围标、串标、出

借资质、恶意低价竞标等违法违规行为的查处力度，一经查实，除了取消中标资格外，更应该将其列入信用“黑名单”，实行联合惩戒。提高招标文件的透明度，提前向社会进行公示接受监督。经过以上一系列的改革措施，可以有效地遏制恶性价格竞争，促使监理企业把经营重心从压低报价转移到提高技术水平、团队能力、企业信誉上来，为水利工程监理市场的发展、质量控制水平的提高创造一个公平、有序、高效的制度环境。

第五节 水利工程质量控制发展路径

一、全生命周期质量管理

（一）设计施工运维一体化质量控制

设计、施工、运维一体化，是打破传统分段式管理壁垒，达到水利工程质量无缝衔接的重要途径。传统模式下，设计、施工、运维各环节相互割裂，造成信息传递受阻，设计意图不能完全在施工中体现，运维阶段发现的质量缺陷也很难反馈到前端，不能形成良性闭环。因此，一体化质量控制要从项目初期开始创建协同工作平台。监理工程师应从设计阶段就参与进来，对设计方案的可实施性、未来运维的方便程度做前瞻性的检查，使设计方案在经济性、安全性、实用性三方面达到高度统一。

监理工作不应该只做合规性检查。在施工过程中还要动态监督施工活动是否严格按照设计要求进行。同时采用信息化手段对重要的工序、隐蔽工程施工数据做详细的记录。施工阶段积累起来的详尽数据，将会给运维阶段精准维护打下坚实的基础。

运维阶段质量控制主要是对工程健康状况实施实时监测与评定，对沉降、渗流、结构应力等重要指标实施长期观测，分析工程实际运行状况。利用运维数据可以及时发现潜在的质量隐患，为以后类似工程的设计施工提供宝贵的经验反馈，形成实践到理论再到实践的良性循环，系统提高水利工程的整体质量与耐久性。

（二）基于建筑信息模型的信息传递与共享

建筑信息模型，创建三维数字模型，可以有效地整合和管理水利工程项目全生命周期内各种信息，给质量动态控制提供强有力的技术支持。建筑信息模型的

使用，把传统的施工经验转化为依靠三维视觉建模的全过程模拟，直到实体工程的建成。监理工程师可以利用可视性来提前完成图纸会审、设计深化及碰撞检查等工作，发现设计方面存在的问题与冲突，在问题产生之前就将潜在的质量隐患消除掉。

施工阶段建筑信息模型同物联网、移动通信等技术深入融合，一起创建起智慧工地管理系统。施工进度、材料检验、现场监测等各类数据同建筑信息模型紧密相连，从而达到施工全过程的智慧化控制和信息共享的目的。监理人员随时可以调用模型中有关质量监督的构件详情、材料规格、验收记录等信息。以统一数据平台为依托的协同工作模式，很好地打破了各个参建方之间存在的信息壁垒，保证了质量控制指令和反馈的及时性、准确性，从而大大提高了整个管理效率。

（三）质量溯源与追溯体系建设

建立一个包含材料、设备、施工工艺、责任主体等各方面质量追溯体系，是准确界定质量责任、实现持续改进的根本保证。该体系用二维码、射频识别、区块链等先进技术给每一个构件、每一批材料赋予唯一的“数字身份”，从而实现从源头采购、进场检验、加工安装到最终验收的全过程信息记录与追踪。一旦工程在运维过程中出现质量问题，监管人员就可以很快、准确地查找到与材料批次、施工班组、检测人员以及当时施工环境参数有关的资料，进而准确地找到问题的根源。

水利工程全生命周期质量控制关键技术

技术名称	应用阶段	核心功能	质量控制价值
建筑信息模型	设计、施工、运维	三维可视化、信息集成	早期发现设计冲突，施工指导，运维数据管理
物联网	施工、运维	实时数据采集与监测	施工进度、环境参数、结构健康动态监控
移动通信	施工、运维	现场数据传输、指令下达	协同作业、信息即时共享、指令快速响应
二维码 / 射频识别	施工、运维	唯一数字身份标识	材料溯源、构件追踪、责任精准定位
区块链	全生命周期	不可篡改信息记录	确保数据真实性、责任主体透明化

质量追溯体系可以给质量事故的责任认定提供确凿的证据，更重要的它凭借数据的积累和深入的分析，可以发现质量问题的共同原因，从而给施工工艺的改

进、管理制度的完善以及有效避免同类问题再次发生提供科学的决策依据。用数据为基础的闭环管理模式,把质量控制从事后补救提升为事前预防和过程严控,大大提高所有参建人员的质量责任感,营造出人人关心质量、人人保证质量的良好氛围。

二、绿色建造与质量控制融合

将绿色建造的理念深入到水利工程质量控制的全过程,既是在保证工程安全、基本功能的基础上实现资源节约、环境保护、可持续发展的一种必然要求,也是对工程质量内涵进行时代性拓展和升华的一种体现。

(一) 绿色施工技术的质量评价

由于绿色施工技术在水利工程中应用越来越广泛,因此对其进行科学的质量评价,是保证其达到预期效果和工程质量标准的前提。绿色施工不是单一技术的简单叠加,而是复杂的系统工程,其执行质量的好坏直接影响节能、节地、节水、节材、环境保护等各项目标的最终实现。

1. 监理工程师要对绿色施工方案进行专项审查,主要从技术可行性、经济合理性、与主体工程质量的协调性三个方面进行审查。使用节水型喷淋养护技术时,不能只看重其节水效果,更应该在现场检测混凝土的养护质量,保证其满足强度和耐久性的要求。

2. 在评价过程中要建立量化指标体系,对施工期间消耗的资源、产生的污染进行动态监测和科学评价。对于采用新技术、新工艺的环节,必须设置试验段或者进行首件质量验收,充分验证其工艺参数和实际质量效果,合格后方可全面推广应用。通过系统性质量评价,才能保证绿色施工技术取得明显环保效益的同时,不使工程结构安全、使用功能受到任何影响。

(二) 环保材料应用的质量控制

伴随着新材料技术的发展,再生骨料混凝土、土工合成材料、生态护坡构件等环保材料在水利工程中的应用越来越广泛。但是新材料的性能以及施工工艺与传统材料存在较大差别,给质量控制带来了新的难题。因此监理单位必须建立并完善环保材料的专项质量控制程序。材料供应商资质严格把关,保证生产工艺稳定、质量体系健全。在材料进场验收环节,除常规的外观、尺寸检查外,还要根据有关标准和设计要求,委托具有相应资质的检测单位对材料的关键性能指标进

行抽样检验,再生骨料的杂质含量和强度、生态袋的抗拉强度和抗紫外线性能等。

施工期间监理人员应对环保材料储存、搬运、使用全过程进行监督,防止因操作不当造成材料性能下降。对有特殊施工工艺要求的材料,应监督施工单位严格按照专项方案施工,并对关键工序实行旁站监理。从源头到应用全过程层层把关,才能保证环保材料的各项性能指标达到设计要求,为工程质量提供有力的保障。

（三）可持续发展理念的质量实践

可持续发展理念给水利工程质量增添了更深一层的内涵。高质量的工程,不能只注重坚固耐用,还应该与自然环境和谐共生,具有长期的社会和生态效益。因此监理工作必须把这一理念深入到整个质量控制过程之中。设计审查阶段就要考虑工程布局是否充分考虑了自然地形,是否尽可能地减少了对生态环境的干扰。

施工管理中质量控制还要监督施工区域的水土保持、生物多样性保护等具体措施。监督施工单位做好开挖弃渣的管理,防止弃渣造成水土流失,检查施工废水是否经过处理并达标排放,保护下游水质。工程竣工之后,对生态修复工程的质量验收就成为非常重要的环节,护坡植被的成活率、鱼道的通畅性等都是评价生态质量的主要指标。把工程质量同生态效益、社会效益结合起来控制的方式,促使水利工程由单纯的追求功能的合格工程,向有利于人与自然和谐共处的优质工程转型。

三、精细化管理与品质工程提升

精细化管理是提高工程内在品质,打造精品工程必须走的路。需要将质量控制之手伸进每一个细微之处,依靠大力弘扬工匠精神,把工程质量由单纯符合标准提高到更高追求的卓越。

（一）工程质量通病的专项治理

混凝土裂缝、渠道渗漏、外观缺陷等质量通病一直困扰着水利工程建设,给工程的耐久性、安全性造成严重威胁。因此实行精细化管理就必须对这些通病进行专项治理。专项治理首先要对通病产生机理进行深入分析,从材料、设计、施工、环境等方面对通病的产生原因进行系统梳理。根据原因分析结果,制定出标准化的防治技术导则和作业指导书,并确定出关键工序的控制要点和量化标准。导则中应对防治混凝土温度裂缝的技术措施做出具体的规定,包含原材料优选、配合

比优化、浇筑、温控、养护等全过程的技术要求。监理单位要将通病防治措施纳入监理规划及施工实施细则中,在施工过程中实行重点检查及专项验收。另外建立问题清单和整改销号台账,对出现的通病问题实行闭环管理,保证各项整改措施落实到位。还需对治理效果进行总结评价,不断改进防治方案,逐步形成长效机制,从而系统性地降低质量通病的发生率,明显提高工程整体观感和内在质量。

（二）精品工程与优质工程的创建

创建精品工程、优质工程,其目的就是全面超越现有的工程质量标准,力求使工程在技术、管理、质量、社会效益等方面达到国内或国际领先水平。创建过程要从项目策划阶段开始,以确立高远的质量目标为起点,再把质量目标层层分解为覆盖全过程的、可以量化的具体指标。监理工作要以精品工程创建为标准,提高监理标准和验收程序。在施工过程中要监督施工单位积极采用先进技术工艺,精益求精地做好每一个细节、每个外观的效果,最终达到功能和艺术的完美统一。

精品工程创建活动要配以完备的资料管理体系,对能充分体现工程高质量水平的各种记录、报告、影像资料进行系统收集整理,给评优申报提供有力支撑。监理机构在这个过程中起着非常重要的组织者、推动者的作用,一方面把好质量关,另一方面也积极引导各参建方共同追求卓越。创建精品工程,不仅可以打造一批行业标杆项目,还可以以此为引领,带动整个水利行业质量管理水平和技术建造水平的整体提升。

（三）水利工匠精神的培育与弘扬

水利工程的质量好坏,最终还是要靠一线建设者的精心雕琢、敬业奉献来完成。因此培育和弘扬水利工匠精神是提高工程品质的根本保证。工匠精神的主要内涵就是敬业、精益、专注和创新,它是追求极致、崇尚卓越的一种职业态度。监理单位应该和业主、施工单位一起形成尊重劳动、崇尚技能的氛围。可以采取组织技能竞赛、推行师徒制、评选“质量之星”等多种形式,充分调动一线作业人员的工作积极性。

在日常的监理工作中重视和表扬有良好技术、作风严的班组和个人,并鼓励他们发扬精湛的技术,敢于面对难点。大力推行样板引路制度,用精湛工艺树立后续施工参照标杆,让工匠精神得以具体化、可学习。当追求卓越成为每一位建设者自觉行动的时候,水利工程品质就将发生质的飞跃,从而创造出更多的经得起历史和人民检验的传世佳作。

参考文献

- [1] 孙昊. 水利工程项目施工监理要点与质量控制措施分析[J]. 人民黄河, 2024, (7): 1-5.
- [2] 丁玮豪. 水利工程施工监理质量与进度控制[J]. Water Conservancy & Electric Power Technology & Application, 2024, 6(9): 23-28.
- [3] 张琴. 水利工程施工阶段的监理质量控制措施[J]. 前卫, 2023, (10): 0192-0194.
- [4] 袁吉柱. 水利工程监理施工阶段的质量控制策略研究[J]. 水上安全, 2024, (20): 133-135.
- [5] 周兴. 水利工程施工监理中平行检测技术运用分析[J]. 中国科技期刊数据库 工业A, 2024, (003): 10-15.
- [6] 李建平. 水利工程施工阶段监理的质控策略研究[J]. 中国科技期刊数据库 工业A, 2023, 4(4): 20-25.
- [7] 穆华晓, 赵紫兵. 水利工程建设施工监理的现场控制与管理[C]//贵州煤炭经济 2024年论文选编. 2024: 30-35.
- [8] 王超. 农田水利施工阶段的监理控制探究[J]. 《现代农业研究》, 2025, 31(1): 50-53.
- [9] 万强, 朱. 水利工程施工阶段的监理质量控制措施[J]. 水电科技, 2024, 7(1): 4-8.
- [10] 梁健康. 水利工程施工监理质量和进度控制对策[J]. 工程建设与设计, 2025, (15): 100-103.
- [11] 陈欣. 水利工程施工监理中的质量通病与防治对策[J]. Water Conservancy & Electric Power Technology & Application, 2025, 7(1): 58-60.
- [12] 王博爱. 水利工程施工阶段的监理质量控制措施分析[J]. 水上安全, 2024, (8): 149-151.
- [13] 孟炳忠. 分析水利工程施工阶段的监理质量控制措施[J]. 中国科技期刊数据库 工业A, 2023, 4(4): 15-20.

- [14] 祝欢欢. 水利工程施工过程中的质量监理方法探讨[J]. 葡萄酒, 2023(9): 94-96.
- [15] 肖任远. 水利工程建设施工监理现场控制与管理的措施[J]. 中国科技期刊数据库 工业A, 2023, 5(3): 22-27.
- [16] 张蓉蓉. 实例探析水利工程监理质量控制措施[J]. 治淮, 2023, (2): 43-45.
- [17] 潘敏. 水利工程施工中的质量控制与安全隐患管理[J]. 中文科技期刊数据库 (全文版) 工程技术, 2024, (002): 50-55.
- [18] 汤文豪, 薄贤波, 肖宁. 常州市农业水利工程质量存在的问题及其对策[J]. 农业水资源管理杂志, 2024, 21(4): 60-65.
- [19] 陈延顺. 智能化技术在水利工程监理管理中的应用研究[C]//新质生产力驱动第二产业发展与招标采购创新论坛论文集(四). 2025: 100-105.
- [20] 黄霜, 黄冰. 水利工程施工监理质量和进度控制方法——以广西某水利工程为例[J]. 奥秘, 2024, (11): 20-24.
- [21] 赵清春. 水利工程施工阶段监理“四控”要点研究[J]. 工程技术研究, 2024, 9(17): 131-133.
- [22] 陈欣. 水利工程施工监理中的质量通病与防治对策[J]. 水利电力技术与应用, 2025, 7(1): 58-60.
- [23] 许亮. 水利工程施工项目的监理质量控制与安全隐患管理[J]. 电脑采购, 2024, (15): 10-15.
- [24] 王世-. 水利工程施工监理质量和进度控制对策研究[J]. Water Conservancy & Electric Power Technology & Application, 2023, 5(12): 30-35.