

# 水利工程 隧洞衬砌混凝土 质量管理

SHUILI GONGCHENG  
SUIDONG CHENQI HUNNINGTU  
ZHILIANG GUANLI

王仁龙 安民 王建文 陈继斌 等 编著

非  
外  
借



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

# 水利工程 隧洞衬砌混凝土 质量管理

王仁龙 安民 王建文 陈继斌等 编著



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

· 北京 ·

## 内 容 提 要

本书是在多年水利工程隧洞衬砌混凝土质量管理实践的基础上编制完成。全书共6章,包括:质量管理基本内容,隧洞衬砌混凝土前验收主要事项,质量管理基本机理,质量管理存在问题的研究及主体条件,质量管理常见问题的防治,以及隧洞衬砌混凝土质量管理实例。本书理论联系实际,内容翔实,具有较高的实用价值。

本书可供水利工程隧洞衬砌混凝土质量管理、施工、监理、监督人员及有关工程技术人员使用,也可作为大中专院校相关专业学生的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

水利工程隧洞衬砌混凝土质量管理 / 王仁龙等编著  
— 北京:中国水利水电出版社,2022.3  
ISBN 978-7-5226-0461-9

I. ①水… II. ①王… III. ①水工隧洞—隧道衬砌—  
混凝土衬砌—混凝土质量—质量管理 IV. ①TV554

中国版本图书馆CIP数据核字(2022)第024368号

书 名	水利工程隧洞衬砌混凝土质量管理 SHUILI GONGCHENG SUIDONG CHENQI HUNNINGTU ZHILIANG GUANLI
作 者	王仁龙 安 民 王建文 陈继斌 等 编著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	天津嘉恒印务有限公司
规 格	170mm×240mm 16开本 8.25印张 119千字
版 次	2022年3月第1版 2022年3月第1次印刷
印 数	001—800册
定 价	48.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换  
版权所有·侵权必究

# 《水利工程隧洞衬砌混凝土质量管理》

## 编写人员名单

王仁龙	安 民	王建文	陈继斌
王建峰	闫海雷	李国博	王宇博
袁 飞	周慧琴	咎伯阳	陈 超
袁向宇	张永生	赵琦彦	栗献锋

## 主要编写单位

山西省水利水电勘测设计研究院有限公司

从南水北调工程、贵州六盘水阿珠电站工程，到山西省大水网工程的建设实践，水利工程隧洞衬砌混凝土质量管理的要求，提升到一个前所未有的高度。随着水利工程衬砌混凝土质量检验方法的多样化，采用设备的先进化，以及质量管理水平的要求不断提高，编制一本内容丰富、理论深刻、方法适用、指导意义深刻的水利工程隧洞衬砌混凝土质量管理书籍，意义深远，非常必要。孔子曰：“智者不惑，仁者不忧，勇者不惧。”水利工程隧洞衬砌混凝土质量管理，必须做到：智者不惑是发现问题，仁者不忧是直面问题，勇者不惧是解决问题。

在以往的水利工程隧洞衬砌混凝土质量管理过程中，认识的局限性、操作手段的落后，致使水利工程隧洞衬砌混凝土质量存在缺陷，甚至有时发生质量事故，导致工程无法按时验收和发挥正常效益。

山西省水利水电勘测设计研究院有限公司是我国首批具有甲级综合资质的大型设计、咨询单位，通过了质量管理体系认证，技术雄厚、专业齐备，先后承担了北京市、河北省、山西省、广西壮族自治区、贵州省、新疆维吾尔自治区、宁夏回族自治区等全国多个省（自治区、直辖市）的水利工程隧洞衬砌混凝土设计及施工监督工作，积累了丰富的实践经验和雄厚的理论基础，为水利工程隧洞衬砌混凝土质量管理奠定了坚实的基础。

紧随着水利工程质量改革的足迹，工程建设出现了新的变

化，水利工程隧洞衬砌混凝土质量管理赋予了新的使命，未来质量发展前景光明。

水利工程隧洞衬砌混凝土质量的管控反映在水利工程整体质量方面，工程质量的竞争最终体现在管理体系的建立健全和管理能力提升等方面。

《水利工程隧洞衬砌混凝土质量管理》一书较为全面地总结了水利工程隧洞衬砌混凝土质量管理方面的科学研究和实践经验，建立了水利工程隧洞衬砌混凝土质量管理的科学体系。该书包括：质量管理基本内容，隧洞衬砌混凝土前验收主要事项，质量管理基本机理，质量管理存在问题的研究及主体条件，质量管理常见问题的防治，以及隧洞衬砌混凝土质量管理实例等内容。该书提出的水利工程隧洞衬砌混凝土质量管理理念和方法颇具新意、见解独特、先进实用，对提高水利工程隧洞衬砌混凝土质量管理水平具有较强的指导意义。

《水利工程隧洞衬砌混凝土质量管理》是一本内容全面、理论依据深刻、实践经验丰富的书籍。该书集理论与实际应用为一体，具有较高的理论价值和实用价值，使水利工程隧洞衬砌混凝土质量管理工作更加条理化、程序化、规范化，具有较强的实用性。该书结构清晰，层次分明，便于理解和掌握，针对性极强，为水利工程隧洞衬砌混凝土质量科学管理提供了富有价值的理论与实践经验，可广泛推广。



2021年2月



# 前言

专业化、程序化、规范化的水利工程隧洞衬砌混凝土质量管理工作，在施工、监理、管理、监督之间已形成一个有机体，该工作以条例、规程、规范、合同为依据，以设计要求为前提，以提高水利工程隧洞衬砌混凝土质量为保障，以增加水利工程建设效益为目的，对水利工程隧洞衬砌混凝土质量进行科学管理，形成相互协作、相互制约、相互促进的工作建设框架。实践证明，水利工程隧洞衬砌混凝土质量管理的规范化，可保证水利工程隧洞衬砌混凝土质量，使工程发挥巨大经济效益。

本书是在多年水利工程隧洞衬砌混凝土质量管理实践的基础上编制完成，对水利工程隧洞衬砌混凝土质量管理的基本概念、理论、工作原理进行了较为全面的阐述，特别对轴线复核、断面测量、超欠挖处理、钢筋制安、橡胶止水带安装、混凝土浇筑、拌和物振捣、模板脱模、混凝土外观质量检验等进行了较为详细的介绍，并编著了相关要求、常见问题分析、通病防治和实例。本书源于水利工程隧洞衬砌混凝土质量管理实践，内容具体、翔实、易懂、操作性极强，具有很高的实用价值。

本书共六章：第1章质量管理基本内容；第2章隧洞衬砌混凝土前验收主要事项；第3章质量管理基本机理；第4章质量管理存在问题的研究及主体条件；第5章质量管理常见问

题的防治；第6章隧洞衬砌混凝土质量管理实例等。

本书的编写得到了施工、设计、管理、质量监督机构和水利工程学者、专家及教授的指导和帮助，在此深表感谢。

在本书编写过程中，参考和引用了所列参考文献的部分内容，谨向这些文献的编著者致以谢意，向给予本书提出宝贵意见的学者及专家表示诚恳的感谢。

随着信息化、智能化的发展，水利工程隧洞衬砌混凝土质量管理从理论到实践，需要不断完善、提高并增加丰富的内涵。本书不妥之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

**作者**

2021年2月

# 目 录

## 序 前言

<b>第 1 章 质量管理基本内容</b> .....	1
1.1 目的、适用范围及主要依据 .....	1
1.2 名词术语 .....	1
1.3 工作内容 .....	3
1.4 质量管理的基本规定 .....	4
<b>第 2 章 隧洞衬砌混凝土前验收主要事项</b> .....	8
2.1 验收内容清单 .....	8
2.2 验收提供资料 .....	12
2.3 验收工作 .....	15
2.4 验收工作组意见 .....	17
2.5 验收鉴定书 .....	18
<b>第 3 章 质量管理基本机理</b> .....	28
3.1 特征、参数及功能 .....	28
3.2 基本知识与要求 .....	28
3.3 现场工作重点 .....	29
3.4 质量管理重点 .....	35
<b>第 4 章 质量管理存在问题的研究及主体条件</b> .....	37
4.1 质量管理存在问题的汇总、分析及对策 .....	37
4.2 质量管理主体应具备的条件 .....	39

<b>第5章 质量管理常见问题的防治</b> .....	41
5.1 常见问题的发生及主要表现方面 .....	41
5.2 常见质量问题分析及防治 .....	41
<b>第6章 隧洞衬砌混凝土质量管理实例</b> .....	61
6.1 基本情况 .....	61
6.2 隧洞衬砌混凝土前验收具体内容 .....	61
6.3 质量管理基本工作内容 .....	90
6.4 质量管理中存在问题的汇总、分析及对策 .....	113
6.5 质量管理主体检查 .....	117
<b>参考文献</b> .....	121

## 质量管理基本内容

### 1.1 目的、适用范围及主要依据

#### 1.1.1 目的

为提高水利工程隧洞衬砌混凝土质量，规范现场施工、监理、管理、监督行为，阻止和减少质量问题的发生，满足水利工程正常施工需求。

#### 1.1.2 适用范围

本书适用于新建、改建、扩建、除险加固、改造维修等水利工程隧洞衬砌混凝土质量管理。

#### 1.1.3 主要依据

水利工程隧洞衬砌混凝土质量管理的主要依据为：法律法规、规程、规范；水利工程建设标准强制性条文；建设工程勘察设计文件；建设工程合同及其他文件；同类型工程施工经验等。

### 1.2 名词术语

(1) 水利工程：指防洪、除涝、灌溉、发电、供水、围垦、水

水土保持、移民、水资源保护等工程（包括新建、扩建、改建、加固、修复）及其配套和附属工程的统称。

(2) 隧洞工程：是修建在地下或水下或者在山体中，引水、输水、供水、发电的建筑物。根据其所在位置可分为山岭隧洞和 underwater 隧洞两大类。为缩短距离和避免大坡道从山岭或丘陵下穿越的隧洞称为山岭隧洞；为穿越河流或海峡从河下或海底通过的隧洞称为水下隧洞。

(3) 混凝土衬砌：混凝土，简称为“砼”：是指由胶凝材料将集料胶结成整体的工程复合材料的统称。通常讲的混凝土一词是指用水泥作胶凝材料，砂、石作集料与水（可含外加剂和掺合料）按一定比例配合，经搅拌而得的水泥混凝土，也称普通混凝土，它广泛应用于水利工程。

衬砌，是指为防止围岩变形或坍塌，沿隧洞洞身周边用钢筋混凝土等材料修建的永久性支护结构。衬砌技术通常是应用于引水或输水隧洞工程中。衬砌简单说，就是内衬，由混凝土浇筑而成。混凝土衬砌完成后，为回填岩体与衬砌面的空隙，通常需进行回填灌浆。

(4) 钢模台车：钢模台车是一种为提高隧洞衬砌表面光洁度和衬砌速度，并降低劳动强度而设计、制造的专用设备，有边顶拱式、直墙变截面顶拱式、全圆针梁式、全圆穿行式、马蹄形整体针梁式等。采用钢模台车浇筑功效比传统模板提高 350%，装模、脱模速度快 3~5 倍，所用的人力是传统模板的 1/6。

(5) 质量管理：就是使用科学的工作方法，实现最理想的目标。隧洞衬砌混凝土质量管理，是推行精细化管理，本着“精细化管理，科学发展”的原则，进一步提升水利工程隧洞衬砌混凝土工作水平，强化执行力，推进水利工程隧洞衬砌混凝土质量提升，实现高质量管理能力。

(6) 水利工程隧洞混凝土衬砌是隧洞工程的重要组成部分，主要由水泥、钢筋、掺合料、外加剂、橡胶止水带等组成。

## 1.3 工作内容

水利工程隧洞混凝土衬砌主要内容包括基础面处理、施工缝处理、模板制作及安装、钢筋制作及安装、预埋件（橡胶止水带、伸缩缝等）制作及安装、混凝土浇筑（含养护、脱模）、混凝土外观质量检验等项目

### 1.3.1 基础面

水利工程隧洞衬砌混凝土基础面，主要是检查岩基、软岩、地表水和地下水、岩面清理等项目是否满足规范及设计要求、是否符合相关规定。

### 1.3.2 模板制作及安装

水利工程隧洞衬砌混凝土使用的模板，应满足一定的稳定性、刚性和强度要求；符合承重模板底面高程要求；达到结构断面尺寸、轴线位置、垂直度的要求；满足结构物边线与设计边线的吻合；相邻两断面应保持一致；局部平整度应符合要求；模板表面接缝的缝隙应满足要求；结构物水平断面内部尺寸应符合要求；按规定涂刷脱模剂；模板整体应符合要求等。

### 1.3.3 钢筋制作及安装

水利工程隧洞衬砌混凝土钢筋的数量、规格尺寸、安装位置应符合设计要求；钢筋的力学性能应满足要求；焊接接头和焊接外观满足规范要求；钢筋连接满足要求；钢筋间距满足设计要求；保护层厚度符合要求；钢筋长度满足要求；钢筋排距应符合设计要求等。

### 1.3.4 预埋件制作及安装

水利工程隧洞衬砌混凝土橡胶止水带制作与安装应符合要求；

伸缩缝填充材料应满足要求；排水系统按设计要求设置；冷却及灌浆管路布设满足设计要求；铁件应按规定设置等。

### 1.3.5 混凝土浇筑

水利工程隧洞衬砌混凝土入仓混凝土料应满足要求；拌和料平仓分层应符合要求；混凝土振捣按规定设置；拌和料铺筑间隙时间应符合要求；混凝土浇筑温度应满足要求；混凝土养护到位；水泥砂浆铺筑符合要求；仓面积水或泌水按要求处理；钢筋、管路等预埋件以及模板的保护符合要求；混凝土表面保护满足要求；模板脱模应符合要求等。

### 1.3.6 混凝土外观质量

水利工程隧洞衬砌混凝土表面平整度应满足要求；隧洞洞壁形体尺寸应符合设计要求；隧洞初期支护主要部位缺陷应按规定处理；隧洞混凝土麻面、蜂窝、孔洞、错台按要求处理；隧洞混凝土跑模、偏模、掉角、表面裂缝应按规定处理并验收合格等。

## 1.4 质量管理的基本规定

### 1.4.1 质量管理的基本要求

水利工程隧洞衬砌混凝土质量管理，应满足如下要求。

(1) 水利工程隧洞衬砌混凝土表面平整、曲线圆顺，高强度、耐久性、使用功能强等，应符合相关要求。

(2) 水利工程隧洞衬砌混凝土前对水泥、细骨料、粗骨料、拌制和养护用水、外加剂、掺和料等原材料进行检验，各项技术指标应满足规范的相关要求。

(3) 根据现场的具体情况，适当增加水利工程隧洞衬砌混凝土的外放值（施工正误差），以免侵限。

(4) 水利工程隧洞衬砌混凝土拱部及侧墙超挖部分，应采用与

衬砌混凝土同强度等级混凝土回填。

(5) 水利工程隧洞衬砌混凝土的顺序为：仰拱底板、边墙、顶拱整体浇筑。边墙基础高度的位置（水平施工缝）应避免剪力最大的截面，并按设计要求做防水处理。

(6) 水利工程隧洞衬砌混凝土，主要包括配置自动计量装置的拌和站、拌和输送罐车、混凝土输送泵、插入式与附着式组合振捣器、钢筋制安、混凝土浇筑、养护等事项。

(7) 水利工程隧洞衬砌混凝土质量管理，按原材料的检验和选用、混凝土的试验配合比、混凝土的现场拌制、混凝土浇筑温度的控制、混凝土拌和物振捣、混凝土成品养护等工序管理，规范操作。

#### 1.4.2 质量管理的主要内容

水利工程隧洞衬砌混凝土质量管理主要内容包括施工准备、混凝土拌制、混凝土运输、混凝土浇筑、混凝土养护、隧洞混凝土衬砌拱圈背部回填、模板脱模等主要工序。必要时增加不良地质区域回填灌浆及固结灌浆等工序。

#### 1.4.3 隧洞衬砌混凝土的基本条件

(1) 水利工程隧洞衬砌混凝土，通常在围岩和初期支护变形趋于稳定后进行。

(2) 水利工程隧洞衬砌混凝土时，在隧洞洞口段、浅埋段、围岩松散破碎段应加快混凝土的衬砌工作，增强衬砌结构（周围岩体）的稳定性。

(3) 水利工程隧洞衬砌混凝土作业区段，应满足：隧洞洞挖初期支护工作已完成、防水层已设置、环向排水和纵向排水系统已建立、需要衬砌的表面浮尘和杂物已清理干净。

(4) 为使隧洞衬砌混凝土工作进行顺利，防水系统铺设与安装应超出隧洞混凝土衬砌断面适当距离。

(5) 水利工程隧洞衬砌混凝土前，重点检查隧洞洞挖轴线、洞

底和洞顶高程及开挖隧洞断面尺寸等，与设计相应值的吻合程度进行比较，确保符合设计要求。

(6) 水利工程隧洞衬砌混凝土前，应检查：城门洞形断面仰拱以上的填充层是否完成、洞底找平层是否完成、地下水和洞内渗水抽排设置是否完备、施工缝是否按规定凿毛及处理完成、基底杂物和积水是否按要求处理等，各项内容均应满足相关要求。

(7) 水利工程隧洞衬砌混凝土作业区域的照明、供电、供水、排水系统等应满足隧洞混凝土正常施工要求，隧洞内通风条件良好。

(8) 水利工程隧洞衬砌混凝土门洞形断面，其衬砌仰拱和底板处理应符合以下基本要求。

1) 隧洞衬砌混凝土前，隧洞基底石渣、杂物、泥浆、积水等清理完毕后，仓面使用高压水枪吹洗干净；隧洞洞挖时，超挖部分采用同等级标号混凝土回填密实。

2) 隧洞城门洞形断面混凝土仰拱施工时，为避免工序之间作业时干扰，采用栈桥方式施工。栈桥方式为架空作业施工，可预防混凝土踩踏及损坏。

3) 隧洞洞挖完成后，及时进行仰拱及找平层施工；底部开挖完成后，及时进行仰拱及找平层作业；底板与仰拱整体混凝土浇筑时，应在试验的基础上，合理把握底板混凝土初凝时间，同时采取措施，确保后续混凝土施工连续进行。

4) 在隧洞衬砌混凝土过程中，仰拱施工缝应进行凿毛处理；变形缝应进行防水处理。

#### 1.4.4 隧洞衬砌混凝土特性及常用的规程规范

(1) 水利工程隧洞衬砌混凝土的基本特性。水利工程隧洞衬砌混凝土为水工建筑物，要求在经常性或周期性受水作用下能够长期正常发挥作用。

水工建筑物在特殊的条件下，能够长期正常使用的混凝土，统称为水工混凝土。水工混凝土可分为大体积混凝土和一般混凝土。

水利工程隧洞衬砌混凝土的基本特性为：常与环境水接触，一般要求具有较好的抗渗性；在寒冷地区、特别是在水位变动区使用时，要求具有较高的抗冻性；与侵蚀性的水相接触时，要求具有良好的耐蚀性；在输水构筑物中应用时，为防止温度裂缝的发生，要求具有抵热性和低收缩性；在受高速水流冲刷的部位使用时，要求具有抗冲刷、耐磨及抗气蚀性等。

(2) 水利工程隧洞衬砌混凝土施工常用的规范。水利工程隧洞衬砌混凝土施工使用的规范很多，涉及的面也很广，为了对水利工程隧洞衬砌混凝土施工有所了解，熟练掌握施工要求。现简述常用施工规范，以便重点掌握及应用。

水利工程隧洞衬砌混凝土常用的规范如下：

- 1) 《水工混凝土施工规范》(SL 677—2014)。
- 2) 《水工混凝土试验规程》(SL/T 352—2020)。
- 3) 《水工混凝土砂石骨料试验规程》(DL/T 5151—2014)。
- 4) 《水工混凝土结构设计规范》(SL 191—2008)。
- 5) 《水工混凝土钢筋施工规范》(DL/T 5144—2015)。
- 6) 《水工混凝土掺用粉煤灰技术规范》(DL/T 5055—2007)。
- 7) 《水工碾压混凝土施工规范》(DL/T 5112—2009)。
- 8) 《水利工程建设标准强制性条文》(2020年版)。