

《水利水电施工》

丛 书

混凝土施工质量管理

袁荣涛 编



《水利水电施工》丛书

混凝土施工质量管理

袁荣涛 编



水利电力出版社

《水利水电施工》丛书
混凝土施工质量管理
袁荣涛 编

*

水利电力出版社出版、发行
(北京三里河路6号)
各地新华书店经售
水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 32开本 6.375印张 139千字
1988年4月第一版 1988年4月北京第一次印刷
印数0001—9750册 定价 1.50元
ISBN 7-120-00031-4/TV·13

序

水是人类生存和社会生产必不可少的物质资源。水利工作的基本任务是除水害、兴水利，开发、利用和保护水资源，为工农业生产和人们的物质、文化生活创造必要的条件。普及水利科学技术知识，让更多的人了解和掌握水利科学技术，也是两个文明建设的内容之一。为此，针对水利战线职工和社会上不同文化程度读者的需要，分层次地编写出版水利科普读物是十分必要的。

为了帮助水利科技人员的知识更新，掌握一些现代科技知识，并使水利科技成果更广泛地得到推广应用，尽快地形成生产力；为了使广大农村水利工作人员，掌握一些实用的水利基础知识，并应用于生产实际；为了总结和宣传我国水利建设的伟大成就和悠久历史，介绍水利在四化建设和人民生活等方面的重要作用，激发广大人民群众和青少年热爱祖国江河、关心水利事业，我们组织编写了七套水利科普丛书，包括：《现代科技》丛书、《水利科技成果》丛书、《水利水电施工》丛书、《小水电技术》丛书、《农村水利技术》丛书、《中国水利史》小丛书、《水与人类》丛书。这些科普丛书将由水利电力出版社陆续出版。

编写和审定这些丛书时，力求做到以思想性和科学性为前提，同时注意通俗性、适用性和趣味性。由于我们工作经验不足，书中可能存在某些不妥和错误之处，敬请广大读者给予批评指正。

中国水利学会科普工作委员会

一九八四年七月

水利科普丛书编审委员会名单

主任委员 史梦熊

副主任委员 董其林

委员(以姓氏笔划为序)

丁联臻	王万治	史梦熊
田 园	李文治	邵凤山
杨启声	张宏全	张林祥
沈埝卿	陈祖安	陈春槐
汪景琦	郑连第	郭之章
赵珂经	茹 智	陶芳轩
谈国良	徐曾衍	蒋元驹
曹述五	曹松润	董其林
颜振元		

前 言

为提高科学管理水平，施工企业推行了全面质量管理。全面质量管理是以提高经济效益为中心的经营管理。混凝土是水利水电建设工程中的主要建筑材料。因此，研究混凝土的施工质量管理是一项十分重要的任务。混凝土的施工质量管理是力求降低劳动力、物质消耗，生产优质产品，以达到缩短建设周期、降低造价和提高工程质量的目的。

本书的主要内容是介绍混凝土施工质量管理的一些基本原理和方法，而重点在于说明方法的应用。对于所介绍的每一种方法，都力求说清它们的基本概念、具体步骤和使用范围等。至于有关理论上的证明与推导，则不多占篇幅。

在混凝土施工质量管理方面，国外已广泛应用数理统计原理，国内也已开始应用，但尚不够普遍。为提高混凝土工程的管理水平和技术水平，本书拟在这一方面作比较系统的介绍。

本书可供从事水利水电工程施工的技术人员、工人和管理干部参考。

本书承王足献、蒋元驹、朱云祥同志仔细地审阅，并提出了宝贵的修改意见，在此，编者表示衷心的感谢。

编 者

1985年1月

主 要 符 号

N ——总体的单位数	强度、标号)
n ——样本的单位数	R_E ——混凝土配置强度
$x_{\text{最大}}$ ——最大值	W/C ——混凝土水灰比
$x_{\text{最小}}$ ——最小值	$F \cdot M$ ——砂子细度模数
R ——极差	t ——概率度
$\bar{R}$ ——平均极差	UCL ——控制上界
h ——分组的组距	LCL ——控制下界
μ ——总体平均值	CL ——控制中心线
σ ——总体标准离差	P ——概率、混凝土强度保证率或混凝土成熟度
$\bar{x}$ ——样本平均值	f ——自由度
S ——偏差平方和	S_1 ——组间偏差平方和
s ——样本标准离差	S_2 ——组内偏差平方和
$S_{\text{余}}$ ——剩余标准差	S_e ——试验误差偏差平方和
σ_R ——极差 R 的频率曲线的标准离差	α ——显著性水平(信度)
C_v ——离差系数	$R_{\text{早}}$ ——混凝土早期强度
σ_1 ——试验内的标准离差	R_f ——沸水法测定的混凝土抗压强度
V_1 ——试验内的离差系数	R_w ——温水法测定的混凝土抗压强度
L_{xx} —— x 的偏差平方和	R_r ——热水法测定的混凝土抗压强度
L_{yy} —— y 的偏差平方和	$R_{1h}(R_{1.5h})$ ——1小时(1.5小时)推定混凝土抗压强度
L_{xy} —— x 偏差与 y 偏差乘积之和	
r ——相关系数	
r_0 ——临界相关系数	
R' ——相关指数	
$R_{\text{标}}$ ——混凝土设计强度(标准	

内 容 提 要

本书主要内容是介绍混凝土施工质量管理的一些基本原理和方法。对于所介绍的每一种方法，都力求说清它们的基本概念、应用的具体步骤和适用范围。应用这些原理和方法，可改善混凝土工程的质量管理以保证产品质量、降低成本和提高经济效益。

本书包括：数理统计的应用、统计检验、方差分析、回归分析、正交试验设计、混凝土质量的快速检测和附录等基本内容。

本书可供从事水利水电工程施工的技术人员、工人和管理干部参考。

24.8/61

目 录

序

前 言

主要符号

第一章 混凝土施工质量管理概说	1
第一节 概述	1
第二节 质量的表示方法	2
第三节 现场质量管理	4
第四节 质量检验	6
第五节 全面质量管理	9
第二章 数理统计的应用	11
第一节 概述	11
第二节 质量的波动及其原因	12
第三节 总体、个体和样本	13
第四节 频数、频率直方图	15
第五节 正态分布和样本统计量的表示方法	21
第六节 求和符号 Σ 及简便算法	32
第七节 现场混凝土强度评定标准	39
第八节 混凝土施工配置强度	46
第三章 管理图法	53
第一节 管理图的原理	53
第二节 $\bar{x} \sim R$ 管理图	55
第三节 两种错误和 3σ 方式	60
第四节 $\bar{x}$ 管理图	61
第五节 管理图的观察分析	65
第六节 分层法和分层排列图	67
第七节 因果分析图	69
第四章 统计检验	72

第一节	统计检验的概念	72
第二节	大样本平均值的检验 (u 检验)	75
第三节	小样本平均值的检验 (t 检验)	79
第四节	两个方差的检验 (F 检验)	82
第五章	方差分析	85
第一节	方差分析的意义	85
第二节	单因素方差分析	86
第三节	双因素方差分析	94
第六章	回归分析	106
第一节	回归分析的意义	106
第二节	一元线性回归	107
第三节	一元非线性回归	121
第七章	正交试验设计	132
第一节	正交试验设计的意义	132
第二节	正交设计的基本方法	134
第三节	试验结果的分析	137
第四节	水平数不等的试验	141
第八章	混凝土质量的快速检测	150
第一节	混凝土强度的快速检验	150
第二节	新拌混凝土的水灰比快速测定	163
第三节	砂子含水率的快速测定	165
附录		169
附表 1	累积标准正态分布	169
附表 2	t 的定性限值	171
附表 3	F 分布表	172
附表 4	χ^2 的定性限值	178
附表 5	相关系数值表	179
附表 6	部分常用正交表	180
主要参考资料		193

第一章 混凝土施工质量管理概说

第一节 概 述

混凝土施工质量管理，是使各生产环节按各自的质量控制标准，生产出组合成份合格的混凝土，以满足拌制工程需要的优质混凝土。

过去对产品质量的检验，主要是根据产品质量标准，把不合格品拣出，以保证产品质量。这种方法，称为事后检查。单有这种检查，还不能预防废品的产生。因此，不但要检查产品质量，还须事先采取各种措施，防止废品的发生。为提高产品质量，控制各生产环节产生废品的因素，这就是混凝土施工质量管理的主要目的。

质量控制是质量管理的主要内容之一，质量管理还包括产品质量的提高、协调以及质量服务等内容。

质量控制采用的统计方法与通常的技术检查方法相比较，其显著特点有：①它不是对一批产品进行全数检查，而是采用抽样检查，因此在大批量生产和自动化作业的情况下，可以减少检查的工作量，节约检查费用，降低生产成本；②它不是事后检查，而是伴随着生产过程进行的抽样检查，因而可预先防止废品的产生，控制和提高产品质量；③它与产品生产同时进行，因而可节约时间，缩短生产周期；④可系统地整理和分析测定的数据，作为提高产品质量和制定合理的公差、工艺规程的依据。由于这些特点，质量控制可保证产品质量，降低成本和提高经济效益^[1]。

第二节 质量的表示方法

质量是衡量产品使用价值的标准。混凝土用于不同用途时，必须使混凝土具有适应不同用途的性质。例如，水位变化区的外部混凝土，应具有较高的抗冻性能；大坝溢流面和经常受水流冲刷部位的混凝土，应具有良好的抗冲耐磨性能；泵送混凝土要有良好的流动性；喷射混凝土应具有速凝、早强性能等。

一般混凝土结构中，混凝土的主要作用之一是抵抗压应力。因此，抗压强度成为混凝土的一个最基本的指标。混凝土的其他物理力学性能与其抗压强度有着密切的关系。混凝土的抗拉强度是其抗压强度的 $1/8 \sim 1/15$ ，这个比例随混凝土标号的增高和粗骨料粒径的增大而变小。混凝土的抗弯强度是其抗压强度的 $1/5 \sim 1/7$ ；抗剪强度是其抗压强度的 $1/4 \sim 1/6$ 。水泥标号、灰水比与混凝土抗压强度之间的关系可表示为：

$$R_{28} = AK_c R_c^b \left(\frac{C}{W} - B \right) \quad (1-1)$$

式中 R_{28} ——混凝土28天龄期抗压强度， N/mm^2 （牛顿/毫米²）；

$\frac{C}{W}$ ——灰水比；

R_c^b ——水泥标号；

K_c ——水泥标号富裕系数，根据具体使用水泥的统计资料定出，我国的平均水平 $K_c = 1.13$ ；

A 、 B ——常数，由试验确定，一般 $A = 0.444 \sim 0.525$ ，

原材料及其产品的质量好坏应尽量用数字表示。因而，要仔细地研究计量工具和计算方法。这种方法应使现场工作人员易于掌握，计算速度快、误差小。

在表示质量时，不仅要考虑平均值，而且要考虑散差。例如，甲、乙两拌和楼同时生产200号混凝土，甲拌和楼生产的混凝土实测抗压强度为 $10.2\sim 30.4\text{N/mm}^2$ ①；乙拌和楼生产的混凝土为 $15.3\sim 24.9\text{N/mm}^2$ 。如采用甲拌和楼的混凝土，最高抗压强度可达 30.4N/mm^2 ，但存在着抗压强度仅为 10.2N/mm^2 的危险。乙拌和楼的混凝土抗压强度虽没有甲的那么高，但至少可达 15.3N/mm^2 。如价格相同，当然要选用质量均匀，散差小的产品。

第三节 现场质量管理

加强混凝土(包括原材料)生产过程的质量管理，是保证和提高混凝土质量的关键。生产过程质量管理的任务是：建立能够稳定生产合格品和优质品的生产系统；抓好每个生产环节的质量管理；保证产品质量全面达到技术标准的要求，努力生产优质品，尽量减少不合格品。在生产过程中影响产品质量的因素很多，概括起来有五个方面：人、原材料、设备、操作方法和环境。这五大因素称质量因素。尽管影响产品质量的具体因素错综复杂，但这些因素与产品质量波动的

① 在国际单位制(Le Systeme International d' Unites, 简称SI)中，质量与力的单位是截然分开的。质量的单位是千克(公斤)，符号是kg；力的单位是牛顿，符号是N。
 $1\text{kgf}=9.80665\text{N}\approx 10\text{N}$ ； $1\text{千克力/厘米}^2(\text{kgf/cm}^2)=9.80665\text{牛顿/厘米}^2(\text{N/cm}^2)\approx 10\text{牛顿/厘米}^2(\text{N/cm}^2)\approx 0.1\text{牛顿/毫米}^2(\text{N/mm}^2)$ ； $1\text{N/m}^2=1\text{Pa}$ ， $1\text{kgf/cm}^2\approx 10^5\text{Pa}$ 。

内在联系是有规律的。生产过程的质量管理就是研究、掌握和运用这个规律,根据技术标准,对各项工序进行调查。如不符合标准的要求,则须加以改正。为调查各项工序是否符合标准,需要确定一些管理特征。管理特征可以用产品质量、生产效率、成品合格率等表示。例如,水工混凝土用砂的细度模数宜控制在2.4~2.8范围内;各级粗骨料的超、逊径含量的控制标准为:超径 $< 5\%$,逊径 $< 10\%$ (以原孔筛检验);素混凝土的强度保证率为80%,钢筋混凝土的强度保证率为90%等等。

现场质量管理须不断地进行下列工作:①确定标准;②按标准进行作业;③调查作业情况及结果;④根据调查结果采取措施。①~④阶段称为管理周期。周期不断地循环,便能逐渐提高现场管理的水平(图1-2) [1]。

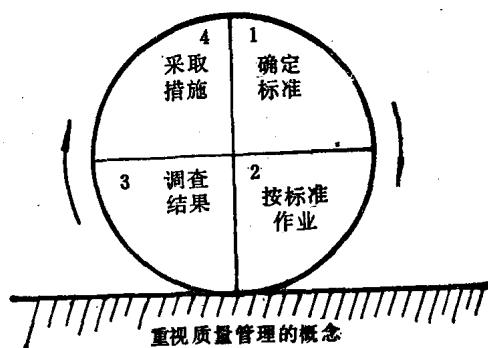


图 1-2 管理周期

质量管理是由预防性质量管理和成品质量管理两个部分组成。预防性质量管理是通过生产现场的产品抽样检查,通常利用质量管理图进行。质量管理图又称控制图,是进行抽样检查时所用的图表。管理图是统计方法应用于工业产品质

量研究和测量技术发展的结果。它的特点是按照一定的时间序列得到控制特征值的对应变化情况，同时通过判断基准线（即控制界限）检查异常，经分析研究消除异常影响并使生产正常进行。管理图是判断产品质量状态的一种工具。计量管理图有：平均值管理图，又称 $\bar{x}$ 管理图；极差管理图，又称 R 管理图；中位数管理图，又称 $\tilde{x}$ 管理图，以及每个测量值的管理，又称 x 管理。成批成品质量管理也是通过抽样检查进行，又称验收性抽样检查。根据抽取一小部分产品进行质量检查所得的不合格品百分率来科学地推断整批产品的不合格品百分率。成批成品抽样检查包括两类方案：①有关计数的方案，即质量特征的抽样方案；②有关计量的方案，即数量特征的抽样方案^[2, 3]。

第四节 质 量 检 验

检验工作是质量管理中不可缺少的组成部分。为了保证质量，必须根据技术标准，对生产混凝土的原材料（如水泥、砂石料、外加剂和混合材）、半成品（混凝土拌合物的水灰比、含气量、坍落度）、产品（已硬化的混凝土）以及工艺过程中的质量（如混凝土温度控制、振捣、养护）进行检验。检验的目的，不仅在于挑出废品，还在于收集和积累大量反映质量状况的数据资料，为改进质量提供信息。

水泥的质量，一般由它的比重、细度、凝结时间、安定性及强度等物理性质和水化热等化学性质来体现。现行水工混凝土施工规范规定，每200~400t同品种、同标号水泥为一取样单位，如不足200t也作为一取样单位；可从20个不同部位水泥中等量取样，混合均匀后作为样品，其总数量至少10kg。

由于大体积混凝土散热量比率较低,热量在内部积存,内外温差较大,可能引起裂缝,因而水工混凝土多选用发热量较小的大坝水泥。粗骨料应严格控制其超、逊径含量,检验其力学性能和含泥量。砂料应检验其细度模数、含水量、含泥量和坚固性等。水利水电工程中常采用粉煤灰作为混凝土的活性混合材。粉煤灰的检验项目主要有:烧失量、含水量、三氧化硫含量和细度等。外加剂主要检验其各种成分的准确用量以及与水混合成溶液后的浓度。混凝土拌合物的检验项目主要有:混凝土各组成部分的称量偏差,纯拌和时间,含气量,坍落度,出机温度,浇筑温度以及运输过程中的分离、漏浆、严重泌水和坍落度损失等。混凝土浇筑现场(仓面)应检查浇筑层厚度,平仓振捣质量以及混凝土养护和工作缝处理情况等^[4]。

现场混凝土质量检验以抗压强度为主,混凝土试件应在机口随机取样成型。同时,在浇筑地点取一定数量的试件,以资比较。混凝土施工质量的控制是以标准条件(温度 $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$,相对湿度95%以上)下养护28天的试件抗压强度为准。现场混凝土试件28天龄期的强度,是按月按标号以配合比相同的一批混凝土作为一个统计单位。已浇筑的混凝土质量,可用无损试验法(如超声波、回弹仪等)检验。

为了搞好技术检验工作,必须:

(一) 正确规定技术检验范围、设置专职检验员、合理组织检验工作

即从“事后把关”进而做到“层层把关”。使检验本身能起到一定程度的预防作用。按照工艺过程设立检验工序并由专业检验人员进行检验(称专职检验),亦即工序检验。它的任务是及时控制与剔除生产过程中发生的废、次品,以