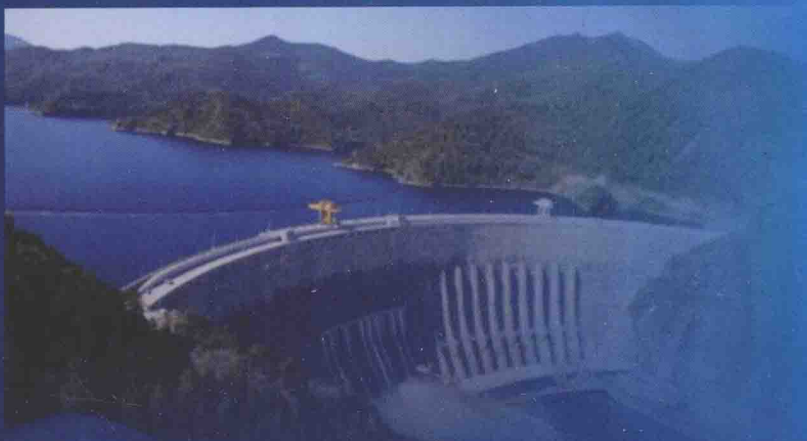


普通高等院校水利工程专业系列规划教材

水工建筑物安全检测

Shuigong Jianzhuwu
Anquan Jiance



主 编 倪福全 邓玉 曾赞



西南交通大学出版社

普通高等院校水利工程专业系列规划教材

水工建筑物安全检测

主 编	倪福全	邓 玉	曾 赞
副主编	张志亮	漆力健	梁 越
	韩智明	高 柱	
参 编	胡 建	唐科明	周 曼 康银红
	杨 敏	王丽峰	郑彩霞 田 奥
	谭燕平	李 清	马 菁
	杨 洋	衡 志	袁于平
	常留红	王建有	张礼兵
	冯未俊		



西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

水工建筑物安全检测 / 倪福全, 邓玉主编. —成都:
西南交通大学出版社, 2015.1
普通高等院校水利工程专业系列规划教材
ISBN 978-7-5643-3565-6

I. ①水… II. ①倪… ②邓… III. ①水工建筑物—
安全监测—高等学校—教材 IV. ①TV698.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 270793 号

普通高等院校水利工程专业系列规划教材

水工建筑物安全检测

主编 倪福全 邓玉

责任编辑	杨 勇
封面设计	米迦设计工作室
出版发行	西南交通大学出版社 (四川省成都市金牛区交大路 146 号)
发行部电话	028-87600564 028-87600533
邮政编码	610031
网 址	http://www.xnjdcbs.com
印 刷	四川森林印务有限责任公司
成品尺寸	185 mm × 260 mm
印 张	26.25
字 数	654 千
版 次	2015 年 1 月第 1 版
印 次	2015 年 1 月第 1 次
书 号	ISBN 978-7-5643-3565-6
定 价	54.00 元

课件咨询电话: 028-87600533

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

《水工建筑物安全检测》

编 委 会

主 编 四川农业大学：倪福全 邓 玉 曾 贇

副主编 四川农业大学：张志亮 漆力健

重庆交通大学：梁 越

长沙理工大学：韩智明

三峡大学：高 柱

参 编 四川农业大学：

胡 建 唐科明 周 曼 康银红

杨 敏 王丽峰 郑彩霞 田 奥

谭燕平 李 清 马 菁 杨 萍

杨 洋 衡 志 袁于平 徐 航

冯未俊

长沙理工大学：常留红

郑州大学：王建有

合肥工业大学：张礼兵

中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司：茆大炜

前 * 言

新中国成立以来，我国兴建了大量的水利水电工程，它们在水力发电、防洪减灾、工农用水、航运、水产和环保旅游等方面，发挥了巨大的社会效益和经济效益。

水利水电枢纽工程一般位于大江大河之上、高山峡谷之中，自然条件极为复杂与恶劣。水工混凝土建筑物如大坝、水闸等均为混凝土表面无装饰保护的裸露工程，素面朝天、经风雨历寒暑，运行环境与一般市政工程、工业及民用建筑相比，要恶劣得多。因此，在荷载及恶劣环境的交变、持续作用下，更容易引起混凝土的衰变与老化，甚至产生众多的病害，严重的将威胁到水工混凝土建筑物的安全运行。同时，技术与认识的局限，规范不完善、设计欠妥、施工材料选择不当、施工质量不佳、结构基础和建筑物本身存在问题以及地震影响等，加之运行条件变化（如“5·12”汶川大地震、“4·20”芦山强烈地震等）、运行年限增加、运行管理存在问题等诸多不利因素的综合作用，致使为数不少的水工混凝土建筑物存在不同程度的病害，有些已严重影响工程安全运行。

水工建筑物安全检测的目的是认真贯彻“预防为主、安全第一”的方针，通过安全检测工作及早发现问题和隐患，及时补强加固，防患于未然，保证水工建筑物持久安全地运行。安全检测是水工建筑物管理工作的耳目，是水工建筑物管理工作中必不可少的重要组成部分。如果不对水工建筑物进行安全检测，不了解其工作情况和状态变化，盲目地进行运用是十分危险的。另一方面，水工建筑物的任何事故和破坏，都不是偶然发生的，均有一个量变至质变的发展过程。对其进行认真系统的检查观测，就能及时掌握其性态变化。发生不正常情况时，及时采取处理和加固措施，把事故消灭在萌芽状态中，就能确保水工建筑物的安全运行。

积极开展水工建筑物安全检测，提高水库防洪能力，发挥水库供水效益，既是水库安全运行，保护下游人民群众生命财产安全的需要，又是提高水库蓄水调节能力，实现水资源可持续开发利用的需要。水电站水工建筑物和金属结构安全检测技术及应用的把关和掌握都是监视安全的重要手段，对充分发挥工程效益、促进社会经济可持续发展、保障社会安定和人民生命财产安全、建立和谐社会具有极其重要的意义。

因此，水工建筑物安全检测，是一门很受欢迎的课程，每年都有很多本科生学习该课程。为帮助本科生学习掌握其一般原理、技术及应用方法，指导毕业生就业后更好地从事水利水电、工民建、铁路公路等行业建筑物安全检测实际工作、解决实际问题，特别编写了本教材。

全书内容主要包括：绪论、水工混凝土结构老化病害机理、水工混凝土结构的安全检测、水闸结构的安全检测、土石坝安全检测、水工建筑物的安全评估、水工混凝土病害防治及土石坝缺陷处理、震后水工建筑物等。

本书由四川农业大学倪福全、邓玉、曾赞担任主编；四川农业大学张志亮、漆力健，重庆交通大学梁越，长沙理工大学韩智明，三峡大学高柱担任副主编；参编人员包括四川农业大学胡建、唐科明、周曼、康银红、杨敏、王丽峰、郑彩霞、田奥、谭燕平、李清、马菁、杨萍、杨洋、衡志、袁于平、徐航、冯未俊，长沙理工大学常留红，郑州大学王建有，合肥工业大学张礼兵，中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司茆大炜。2008年参与本书资料收集整理的人员有四川农业大学 05 级徐彬、吴梁柱、管泉等，2009 年参与修改的人员有四川农业大学 06 级谭尧升、张招成、钟家铃等，2013—2014 年参与修改和图件绘制的人员有四川农业大学 11 级杨洋、衡志、袁于平、徐航等，在此深表谢忱！

在编写过程中引用、参考了很多相关专业教科书、著作、论文等，对列出和未列出的专业教科书、著作、论文等的作者，编者在此谨向他们一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，加之时间仓促，本书难免会有疏漏和不足之处，我们诚挚地欢迎广大读者予以批评指正，提出改进意见。

编 者

2014 年 12 月

目 * 录

第一章 绪 论	1
第一节 我国水工建筑物的现状	1
第二节 水工建筑物安全检测的必要性与重要意义	2
第三节 水工建筑物安全检测的主要任务与要求	3
第四节 本课程的内容和学习方法	5
课外知识	5
课后思考题	7
参考文献	7
第二章 水工混凝土结构老化病害机理	9
第一节 水工混凝土结构的裂缝	9
第二节 混凝土的冲磨与空蚀破坏	15
第三节 混凝土的冻融破坏	20
第四节 混凝土的碳化破坏	30
第五节 混凝土化学侵蚀与碱骨料反应的破坏	35
第六节 水工混凝土冻融破坏典型工程实例	45
课外知识	47
课后思考题	49
参考文献	49
第三章 水工混凝土结构的安全检测	51
第一节 水工混凝土结构的主要问题与缺陷	52
第二节 水工混凝土结构的强度检测	54
第三节 混凝土的裂缝与内部缺陷检测	68
第四节 水工建筑物其他项目的检测技术	84
第五节 引滦入津输水隧洞混凝土质量检测实例	103
课外知识	117

课后思考题	120
参考文献	120
第四章 水闸结构的安全检测	121
第一节 水闸概述及病险水闸的主要问题	121
第二节 水闸的安全鉴定	133
第三节 水闸混凝土部分的检测方法	143
第四节 闸门及启闭机安全检测	152
第五节 水下缺陷的检测技术	171
第六节 瑞安下埠水闸的安全检测与评估分析实例	179
课外知识	188
课后思考题	190
参考文献	190
第五章 土石坝安全检测	192
第一节 土石坝存在的问题及缺陷	192
第二节 土石坝的位移变形检测	193
第三节 土石坝的裂缝检测	206
第四节 土石坝的渗漏检测	216
第五节 土石坝滑坡检测	246
课外知识	254
课后思考题	256
参考文献	257
第六章 水工建筑物的安全评估	258
第一节 大坝坝体的安全评估	258
第二节 溢洪道的安全评估	261
第三节 水闸及钢结构的安全评估	264
第四节 其他典型水工建筑物的安全评估	270
第五节 安全评估实例	275
课外知识	287
课后思考题	290
参考文献	290
第七章 水工混凝土病害防治及土石坝缺陷处理	291
第一节 水工混凝土病害防治	291
第二节 土石坝缺陷处理与加固技术	331
第三节 震损水工建筑物应急处理与修复技术	372
课外知识	389

课后思考题	395
参考文献	396
第八章 震后水工建筑物	397
第一节 地震知识	397
第二节 地震对水工建筑物的影响	400
第三节 震后水工建筑物应急处理技术	401
课外知识	407
课后思考题	410
参考文献	410

第一章

绪 论

第一节 我国水工建筑物的现状

我国是世界上水电资源最丰富的国家,理论蕴藏量 6.76 亿 kW,可开发的水电资源 3.78 亿 kW,位于世界之首。到 20 世纪末期,已开发的水电资源为 7 680 万 kW,为可开发总量的 20.3%,还有近 80% 的水电资源尚未开发。目前国家已把“西电东送”“南水北调”作为一个战略性目标进行实施,国家规划要求 2001—2015 年水电装机容量将达到 1.5 亿 kW,比 20 世纪总发电量要增加 1 倍。因此可以说水利水电事业是一个可持续发展的朝阳产业。

新中国成立以来,我国兴建了众多的大坝工程。在高坝工程中,近 90% 为混凝土坝,其原因是混凝土坝相对于当地材料坝,具有更可靠的安全性。我国混凝土高坝工程的建设发展很快,20 世纪 50 年代兴建了 100 m 级的高坝,如新安江水电站、广东新丰江水电站、湖南拓溪水电站等;60 年代以刘家峡水电站为代表的混凝土高坝已达 147 m (150 m 级);70 年代乌江渡水电站大坝高 165 m,龙羊峡水电站大坝(黄河第一坝龙头电站)高 178 m,高坝建设进入了 180 m 级;80 年代以二滩水电站为代表,大坝高度已达 240 m (混凝土双曲拱坝),达到了 250 m 级;90 年代开始设计,目前已开始施工的云南小湾水电站拱坝高 292 m;正在兴建的溪洛渡大坝高 283 m,向家坝高 300 m,锦屏一级大坝高 300 m。21 世纪初我国已开始兴建 300 m 级的高坝,从而使得我国成为当今世界上的筑坝大国。

大坝工程规模宏大,对我国的国民经济建设、城乡人民用水及防洪度汛等方面,具有巨大的经济效益和社会效益。因此要求大坝工程能有较长的安全运行寿命,即要求有良好的耐久性。一般认为,高坝工程其安全运行寿命(即满足设计功能要求,安全运行而不大修的使用年限)至少要达 80~100 年(不修不足以满足设计功能的修补加固工作为大修)。但是半个世纪来的实践说明,我国 20 世纪 80 年代以前建设的混凝土大坝,由于设计标准偏低、施工质量不良、管理不善等原因,大坝混凝土过早地出现了老化和病害,不少大坝工程运行不到 30 年就需大修,耗资巨大。这降低了水利水电工程的经济效益,有些工程甚至直接威胁到大江大河的防洪度汛安全。因此,积极开展大坝混凝土耐久性的研究和应用,延长混凝土大坝的安全运行寿命,充分发挥巨大的经济和社会效益,已成为我国水利水电事业中迫切需要解决的重大问题。

部属的水电站大坝,迄今虽未发生垮坝事故,但影响大坝安全运行的缺陷和隐患却普遍存在,严重的事故已多次发生。安徽梅山连拱坝曾因坝基问题被迫放空水库进行加固;湖南柘溪大头坝则因支墩裂缝被迫降低水位紧急加固;贵州的修文和窄巷子、安徽的佛子岭和磨子潭、浙江的黄坛口、福建的华安、江西的上犹江水电站大坝皆因一些人为因素和客观原因而发生洪水漫过坝顶或门顶,或突然加大泄量造成下游水灾的情况。可见,我国的大坝安全现状并不理想。根据电力部大坝安全监察中心初期普查统计,问题较少、安全系数较高的大坝仅占部属大坝总数的 20% 左右;大多数大坝虽能正常运行,但尚需进行必要的加固才能确保长期运行安全;还有十余座大坝问题比较严重。但是,经过“七五”“八五”(1993 年年底止)期间的加固改造,以及根据大坝安全定检要求进行的补充勘探、设计复核和调查分析研究所作的评价情况,水电站大坝安全状况目前有了很大改观,初步统计至少有 50% 的大坝安全度是比较高的。自 1987 年开展大坝安全定期检查以来,截至 1993 年年底已完成定检的大坝有 41 座。尚在进行的有 29 座。

第二节 水工建筑物安全检测的必要性与重要意义

水工建筑物安全检测就是收集检测、观测数据和解释这些数据,并分析其安全性。随着社会经济的日益发展,水工建筑物在能源贡献方面表现突出,其安全并长时间运行至关重要,所以就目前而言,水工建筑物的安全检测不在仅仅针对其安全性,而更应延伸至水工建筑物的耐久性以及可靠性。也就是将水工建筑物的隐患在没有造成损失前解决,确保不造成较大危害。同时,安全检测与安全监测共同作用,为水工建筑物的安全运行提供保障。

水工建筑物的主要组成部分包括:大坝、水闸、隧洞、溢洪道以及渠系建筑物。而“大坝”一词,在水利界有时也具有“水库”“水利枢纽”“拦河坝”等综合性含义。所以水工建筑物安全检测也就是所谓的大坝安全检测,实际上可以理解为以大坝为中心的各种水工建筑物的安全检测。

我国目前已建成 8.5 万多座大坝,由于历史原因和当时的经济、技术条件,一些水工建筑物的安全度较低或者设计标准偏低等,以及多年运行,年久失修,约有 33% 存在较多的隐患和老化病害,尤其是中小型水库病害更为严重,影响着这些工程效益的发挥,甚至威胁下游人民的生命财产安全。另外,随着水能资源的深入开发,一些新建或待建的水利枢纽的地质条件越来越复杂,规模也越来越大,增加了大坝出事的风险因素。如近些年来我国已建坝高在 150 m 以上的工程,有二滩、龙羊峡、乌江渡、白山、三峡等,正在建设和准备建设的如小湾、拉西瓦、锦屏一级、溪洛渡等高拱坝均为 300 m 级的超高坝。因此,水工建筑物的安全已引起人们的普遍关注。

水工建筑物的特点,不仅表现在投资大、效益大,设计施工复杂,也表现在其失事后果严重。大坝建成后,随着水工建筑物结构老化以及其他原因(如地震),出现事故也难于完全避免。但是可以采取的措施减免事故发生,或将事故发生所造成的损失减至最小,特别是减少人员

伤亡还是能够做到的。可以采取的措施包括：①改进设计方法；②加强安全检测；③重视工程的规划和勘探，特别是水文分析和地质、地基工作；④严格运行管理、除险加固。

水工建筑物由于材料老化，混凝土受冷热交替、气候变化影响，地下水浸蚀，泥沙作用，逐步丧失强度和稳定，同时附属设施等也会出现老化现象。

大坝最严重的失事就是垮坝。水库垮坝是一种特殊的灾种，一旦发生，后果十分严重。水库垮坝悲剧，如同阴影，伴随着人类自进入“工业革命”时代以来的水库兴建史，一再重演。

大坝失事的原因虽然多种多样，但在大多数情况下，总与不能及时掌握建筑物及其基础的实际运行状况有关。事实上，绝大多数建筑物的破坏过程都不是突然发生的，一般都有一个缓慢的从量变到质变的发生过程。即使建筑物存在一定的缺陷，或在设计理论和施工技术上有一些未确定因素，运行中也有一定的风险，但只要在建筑物施工和运行中通过认真仔细的检测、监查、分析，就能了解和掌握建筑物及相关岩体的性状变化和出现的异常症状，及时发现事故前兆，防患于未然。

水工建筑物安全检测最初是为验证大坝设计，由设计部门提出的。然而，一系列重大水工事故使人们认识到，水工建筑物检测工作对于其安全稳定运行来说是必不可少的。这是因为人类对客观规律的认识有局限性，水工建设中的地质勘探、设计施工难以做到完美无缺、万无一失。况且近几年在地质条件复杂的条件下兴建的大库高坝越来越多，使水工建设中的各个环节包含着一定的风险因素，虽然可以精心设计、精心施工，提高大坝的安全度，把失事的概率降低到最小限度，但检测水工建筑物安全仍是不可缺少的。

第三节 水工建筑物安全检测的主要任务与要求

一、病害检测的目的

运行中的水工建筑物受到各种荷载和自然因素的作用，工作情况随时都在变化，甚至状态也会发生变化。这种由正常状态转化为病害状态或由病害状态转化为危险状态的变化，是一个建筑物病害发展由量变到质变的过程，随着时间的推移，必然会出现一些异常的现象。所以加强病害检测工作，能及时发现问题，采取有效措施，把隐患消灭在萌芽状态，以确保建筑物的安全。例如我国丰满水库是坝高为 91 m 的混凝土重力坝，为新中国成立前修建，工程质量很差。1950 年观测成果表明，坝体渗漏严重，坝基扬压力和坝身的水平位移都很大，据观测资料分析，在百年一遇洪水到来时，大坝将会有倾覆的危险。据此进行了紧急加固，降低了坝基扬压力和渗流量，提高了大坝的稳定性，保证了大坝的安全。反之，若忽视检测工作，不能及时发现问题，一旦险情发展，措手不及，往往导致事故的发生。

从施工至整个运行阶段对水工建筑物进行全面系统的观测，不仅可以验证其安全状况作为鉴定工程质量的依据，而且可以为提高设计水平提供第一手资料。如刘家峡水库大坝的扬压力分析是按通常的设计假定计算的，但观测资料表明实际的扬压力较小，这不仅对坝身稳

定有利,也为同类工程提供了宝贵的经验。

水利工程管理的目标是既能安全可靠地运行,又能发挥最大效益,而这两者常常是矛盾的,片面追求某一个方面必然忽视另一方面。水工建筑物病害检测能了解工程的工作情况和状态变化,掌握工程变化规律,再结合水情预报,可为管理单位负责人分析和制定正确的运行方案提供科学依据。

综上所述,病害检测工作的目的主要在于:

(1)及时发现异常现象,分析原因,指导维修工作,防止事故发生,保证工程安全。

(2)通过原型观测,对建筑物的设计理论、计算方法和计算指标进行验证,有利于设计理论水平的提高。

(3)监视水情和状态、工程状态和工程情况,掌握水情和工程变化规律,为科学管理提供依据。

(4)根据水质变化动态与演变规律,做出水环境质量预测,以便于有关部门及时采取措施,控制和消除对建筑物有侵蚀破坏、对水体有污染的水质,便于早期做好防治工作,以延长建筑物使用寿命和保证安全运用。

(5)通过分析施工期观测资料,控制施工进度,保证工程质量。

二、病害检测的内容

1. 病害检测的项目

(1)水工建筑物的巡视检查。主要检查的内容有外观、变形、渗漏、损坏等。

(2)变形监测。变形监测的内容包括建筑物的垂直位移、水平位移、裂缝、混凝土建筑物的挠度、伸缩缝监测等。

(3)应力应变监测。水工建筑物的应力监测内容包括土压力、孔隙水压力监测。混凝土和砌石建筑物的应力监测内容包括应力、应变、温度应力、钢筋应力等。应力、温度监测通常又称为内部监测,因此,也有将变形监测称为外部监测的。

(4)渗流监测。水工建筑物的渗透监测包括扬压力、浸润线、渗流量、渗透水质、导渗效果及绕坝渗流等监测。

(5)环境量监测。包括水位、气温和水温、降水量、水质和地震监测等。

(6)专项监测。包括结构动力性状、建筑物老化、水力学特性以及爆破影响监测等。

(7)现场检测。包括裂缝、滑坡、渗漏、淤积、冲刷、空蚀以及动物危害等的检测。

检测工作的步骤包括:监测系统的设计、监测设备的安装和埋设、现场监测、成果的分析 and 研究、资料的整编刊印等。

2. 检查监测工作的基本要求

(1)水库工程必须严格按照规定的测次和时间进行全面、系统和连续的观测。各种相互联系的观测项目,应配合进行。

(2)掌握特征测值和有代表性的测值,研究工程运用情况是否正常,了解工程重要部位和薄弱环节的变化情况。

(3) 保证观测成果的真实性和准确性。

(4) 对观测成果应及时进行整理分析, 绘制图表, 并做好观测资料的整编工作。如发现观测对象的变化不符合一般变化规律或有突变现象时, 应进行复测, 并根据复测结果, 分析原因, 进行检查, 研究处理。

所有检查工作都要认真进行, 详细记载。发现问题, 应暂时保持现场, 迅速研究处理。如情况严重, 应采取紧急措施, 及时报告上级主管部门。

第四节 本课程的内容和学习方法

本课程的主要内容是介绍水工建筑物的主要组成部分, 即水工混凝土结构和水工钢结构的检测方法、技术及检测设备等, 并对结构存在的缺陷问题介绍了相关改造与修护措施, 还对工程复核及安全评估的方法、程序、原则等做了介绍, 也提及了汶川大地震对现有水利水电设施的相关影响等。

本课程是一门理论性和实践性很强的专业选修课。课程涉及的知识面很广, 在学习过程中, 要注重思考, 积极运用所学的理论知识, 并通过作业、实验、实习和设计等环节的锻炼, 逐步掌握水工建筑物安全检测的理论方法及针对水工建筑物存在的各种缺陷问题所采用的工程技术措施, 以及安全评估与工程复核等相关方面的知识。

..... 课外知识

水工混凝土建筑物的病害检测与修补技术进展

我国对大坝的安全评价结论, 分为正常坝、病坝和险坝。我国目前有水库 8.5 万多座, 由于各种原因, 其中约有 40% 存在事故隐患, 部分大坝成为病坝、险坝, 有的甚至出现溃坝、决口等安全事故。大坝的安全状况在其运行寿命期内处于动态变化的过程中, 为了确保大坝实现其设定的安全经济运行的目标, 必须对水工混凝土建筑物的健康状态进行实时监测与评估, 提供有效、及时的防护与修补。水工混凝土是人造材料, 从拌和制备、浇筑成型、养护到投入服役使用为抗力发育成长期, 在成长期内混凝土的各项性能应达到设计指标。在随后服役期内混凝土在环境因素(如冻融、冻胀、温度和湿度变化、水流冲刷等)、化学介质(如水质侵蚀、溶蚀、氯离子侵蚀、碳化、钢筋锈蚀、碱骨料反应等)和交变荷载(周期性荷载作用等)作用下, 其性能会逐渐发生变化, 抗力随时间而衰减, 直到不能满足安全运行要求。混凝土大坝安全运行与寿命的评价, 要搞清服役期内在环境因素、化学介质和交变荷载等多因素作用下大坝混凝土的状况, 以评价混凝土大坝的安全状况。然后, 针对存在的问题, 进行及时修补与加固, 使建筑物的安全使用期限大大延长。

近几年,我国在水工混凝土建筑物的病害检测、评估与修补、加固方面,做了大量的、卓有成效的工作。现将有关方面的新进展综合介绍如下。

1. 病害检测与评估

水工混凝土建筑物的各种病害、缺陷,大多始发于或显露于结构表面,如裂缝、破损、磨蚀、渗漏、钢筋锈蚀以及结构外观变形等。有些病害的成因比较简单,仅根据现场仔细检查病害的形态、范围和程度就可以分析清楚。实际上,许多严重病害可以目测发现,但目测必须系统化,由经验丰富的技术人员进行。但有一些病害情况却很复杂,病因也很多,需要结合具体工程进行多方面检测试验或调查设计、施工资料,经过综合分析后,才能得出比较清楚的认识和恰当的评估。

对建筑物的病害做出正确评估,一方面应重视原型观测资料的分析,如位移、变形、渗水量、扬压力、裂缝扩展等,主要根据它们的变化趋势来评价建筑物的安全与否,这种方法简单易行,但更需要有经验的专业人员和专家相结合进行现场观察检测,以及对实测资料进行全面综合分析并做出安全评价。对建筑物的安全评价,现在还没有统一规范,也不可能有不变的统一标准,所以主要还是靠有丰富经验的工程技术人员,凭他们的实践经验,对各种资料做出正确的解释,并依靠从类似工程或处理类似工程得来的经验审慎地做出安全评估。

裂缝是混凝土建筑物最常见的病害之一,可以说,所有混凝土建筑物都有裂缝存在,只是裂缝数量的多少及危害程度有所不同而已。裂缝大体上可分为两类:一是施工期出现的裂缝,主要是湿度、干缩引起的;二是运行期出现的裂缝,其原因比较复杂,包括荷载、温度、地震、基础变形及化学反应等。有些裂缝仅从外观形态、工程特征及环境条件上就可找到原因。若从混凝土密实度、保护层厚度、碳化深度等方面进行检测,将有助于深入认识并制定合理处理方案。近年来在采用面波仪、探地雷达进行缺陷检测方面有较大发展。

总之,各种类型的病害缺陷需要有与之相应的检查诊断手段,需要有经验的专业人员进行检测评估。大多数病害检测仍需要检测混凝土现实强度,同时可检查内部缺陷,如渗水路径、裂缝、孔洞、疏松夹层、混凝土与基岩接合情况等。当怀疑有碱骨料反应时,对芯样进行膨胀试验、切面观察、含碱量测定等,有助于综合分析和做出合理评价。

2. 新技术及工艺

(1) 水下修补材料及水下修补技术

“九五”期间结合水利部科技重点攻关项目研究,中国水利水电科学研究院及南京水利科学研究院分别研制出适于水下修补施工的嵌缝材料 GBW 遇水膨胀止水条、水下快凝堵漏材料、PU/EP、IPN 水下灌浆材料、水下伸缩缝弹性灌浆材料、水下弹性快速封堵材料等。这些材料大多采用先进的高分子互穿网络技术,根据水下修补施工的特点,材料的固化时间可调。曾在安徽陈村水电站坝上游面水下伸缩缝修补和引滦入津隧洞水下底板裂缝修补工程中进行了现场应用试验,效果良好。水下修补施工的机具设备亦有很大发展,一些大坝水下工程公司具有液压泵、液压潜孔钻、液压梯形开槽机、液压打磨机等一系列先进施工设备,已形成水下裂缝及伸缩缝修补的成套技术。

水下不分散混凝土在众多工程中得到应用,近年来先后研制出 UWB、NNDC、NCD、CP、SCR 等多种水下不分散剂,可以配制出适用于水工薄层修补的水下不分散混凝土,在五

强溪、葛洲坝等工程中已成功应用。随着应用领域的不断扩大,对这种材料的需求也会不断增长。此外,一种适于海水中施工的水下不分散混凝土材料,已在天津海堤施工中得到应用。

(2) 混凝土裂缝注浆技术

自从环氧树脂类高分子材料被用于混凝土建筑物裂缝修补工程后,至今它已成为仅次于钢材和水泥的第三种建筑材料被广泛应用。传统方法是靠人工控制用泵将树脂浆液注入裂缝内。由日本引入的“壁可”注浆技术,可通过橡胶管的弹性收缩压力自动完成注浆,缓慢均匀的灌浆压力可将缝隙中的空气压入混凝土毛细管中,并通过混凝土的自然呼吸作用排出,有效地避免了气阻现象,从而保证了灌浆质量。在无人看管的情况下,注浆管靠内部压力可以持续很长时间的自动注浆,需要人工操作的只是用泵将浆液压入到注射管内。尽管采用低压、低速注浆,却节省了大量人力和时间。

(3) 碳纤维补强加固新技术

碳纤维补强加固技术是利用高强度(强度可达 3 500 MPa)或高弹性模量(弹性模量 $2.35 \times 10^5 \sim 4.30 \times 10^5$ MPa)的连续碳纤维,单向排列成束,用环氧树脂浸渍形成碳纤维增强复合材料片材,将片材用专用环氧树脂胶粘贴在结构外表面受拉或有裂缝部位,固化后与原结构形成整体,碳纤维即可与原结构共同受力。碳纤维分担了部分荷载,降低了钢筋混凝土的结构应力,从而使结构得到补强加固。该材料具有耐久性好,施工简便,不增大截面,不增加重量,不改变外形等优点,日渐受到国内外工程界重视。碳纤维复合材料用于混凝土结构的补强加固技术从 1997 年由日本引进,在我国只有几年的历史,但发展迅速。近几年主要用于钢筋混凝土建筑物的梁、板、柱等构件的补强加固。在水工混凝土建筑物补强加固方面,已在山东和新疆的工程中采用了这项新技术。目前国内虽能少量生产碳纤维片,但在材质均匀及预浸树脂含量等关键技术方面与国外相比,尚有较大差距。黏结用的环氧树脂材料,对不同部位的使用功能和使用条件需选用不同型号,不同的性能指标。

课后思考题

1. 在我国,为什么混凝土坝得到了广泛的应用?
2. 我国水工建筑物的安全现状是什么?
3. 水工建筑物进行安全检测的必要性是什么?
4. 对建筑物的病害做出正确评估,应着力重视哪些方面的内容?
5. 我国在水工建筑物病害修补技术方面有哪些进展?

参考文献

- [1] 孙志恒,鲁一晖,岳跃真.水工混凝土建筑物的检测、评估与缺陷修补工程应用[U].北京:中国水利水电出版社,2003.

-
- [2] 吴中如. 水工建筑物安全监控理论及其应用[U]. 北京: 高等教育出版社, 2003.
- [3] 徐国宾. 水工建筑物安全监测与健康诊断.
- [4] 张严明. 全国病险水库与水闸除险加固专业技术论文集[C]. 北京: 中国水利水电出版社, 2001.
- [5] 邢林生. 我国水电站大坝安全状况及修补处理综述[J]. 大坝与安全, 2001.
- [6] 林宝玉. 水工混凝土建筑物老化、病害及修补[A]. 全国第三届大坝安全学术讨论会论文集[C]. 南京: 河海大学出版社, 1996.
- [7] ICOLD.69th ANNUAL MEETING[R].DRESDEN, 2001.