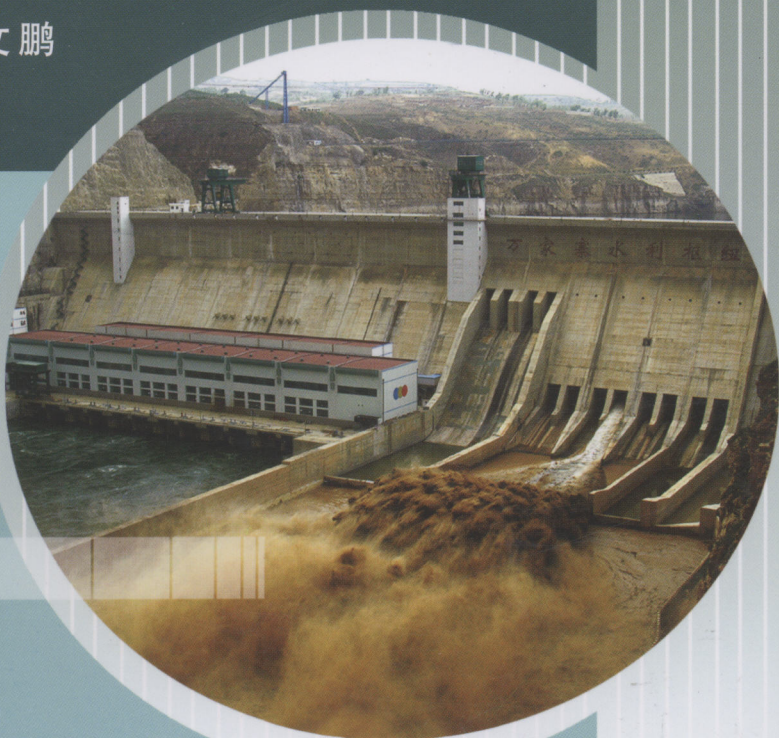


BAGONG SHIYONG JIANCE JISHU

坝工实用 检测技术

■ 主编 陈建东 黄文鹏



3.1



黄河水利出版社

坝工实用检测技术

主 编 陈建东 黄文鹏
副主编 赵永刚 刘中堂
杨纯松 袁建华

TV698.1
c402

黄 河 水 利 出 版 社
· 郑 州 ·

内 容 提 要

本书共分8章,讲述了坝工工程各类大坝的各种检测技术和方法。其主要内容包括:坝工工程建设强制性条文规定,坝基处理及连接结构,土坝实用检测技术,砌石坝实用检测技术,混凝土面板堆石坝实用检测技术,碾压混凝土坝实用检测技术,土石坝实用检测技术,大坝安全监测实用技术等。内容系统、全面、翔实、有普遍性,且具有先进性和可操作性,是从事坝工建设者进行质量检测和质量控制的一本实用性强的书。

本书可供从事水利水电工程的科技工作者、施工、监理、试验等各类人员使用和参考。

图书在版编目(CIP)数据

坝工实用检测技术/陈建东,黄文鹏主编. —郑州:黄河水利出版社,2009.12

ISBN 978-7-80734-752-1

I. ①坝… II. ①陈…②黄… III. ①坝工-检测
IV. ①TV698.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第209717号

出版社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市顺河路黄委会综合楼14层

邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940、66020550、66028024、66022620(传真)

E-mail: hhslebs@126.com

承印单位:黄河水利委员会印刷厂

开本:787 mm×1 092 mm 1/16

印张:14

字数:320千字

印数:1—1 000

版次:2009年12月第1版

印次:2009年12月第1次印刷

定价:36.00元

前 言

我国的坝工修建工作起步早,随着科学技术的进步,发展迅速,目前无论是从坝工类型、数量和规模上,还是从技术进展上,都处于国际领先水平。在建设实践过程中,从引进吸收国际先进技术开始,到结合国内各种坝型的具体情况,进行全面的技术创新和发展,积累了非常丰富的经验。为确保坝工建设质量,编者根据国内的有关标准、科研成果、经验资料对各类坝工的检测常见技术及新技术进行了汇编。本书以推动坝工质量控制与管理在水利水电工程中的广泛应用为目的,有较强的系统性、广泛性、实用性,可供从事坝工施工、监理、检测及管理等各类人员参考。

编 者

2009 年 10 月

目 录

前 言

第一章 坝工工程建设强制性条文规定	(1)
第一节 土坝工程的强制性条文规定	(1)
第二节 浆砌石坝的强制性条文要求	(3)
第三节 混凝土砌石坝体的砌筑强制性条文规定	(6)
第四节 混凝土面板堆石坝的强制性条文要求	(7)
第五节 碾压混凝土坝强制性条文规定	(8)
第二章 坝基处理及连接结构	(11)
第一节 坝基处理	(11)
第二节 坝体与基础和其他建筑物的接缝	(18)
第三节 坝基清理及防渗墙的施工检测	(21)
第三章 土坝实用检测技术	(27)
第一节 各类土坝选择土料的基本条件	(28)
第二节 土坝筑坝材料的选择原则	(29)
第三节 土的工程分级及分类	(31)
第四节 土壤的工程特性	(35)
第五节 坝料的各项试验要求	(37)
第四章 砌石坝实用检测技术	(63)
第一节 砌石坝对材料的基本要求	(63)
第二节 浆砌石坝与混凝土砌石坝的筑坝材料检测	(65)
第三节 坝体砌筑的质量检验	(75)
第五章 混凝土面板堆石坝实用检测技术	(80)
第一节 砌坝材料的质量要求与检测技术	(80)
第二节 堆石坝料工程的性质计算和检测方法	(83)
第三节 混凝土面板堆石坝填筑检测技术	(91)
第六章 碾压混凝土坝实用检测技术	(101)
第一节 碾压混凝土材料的基本要求	(101)
第二节 碾压混凝土原材料的试验方法与要求	(103)
第三节 碾压混凝土拌和物的试验方法	(109)
第四节 碾压混凝土试验	(116)
第五节 碾压混凝土坝现场碾压混凝土压实容重测定	(128)
第七章 土石坝实用检测技术	(152)
第一节 土料压实方法与机械选择	(152)

第二节	压实参数的选择与现场碾压试验	(156)
第三节	土石坝体填筑与压实的要求	(161)
第四节	土石坝施工质量控制与检查	(175)
第五节	土石坝填筑现场质量检测的方法与内容	(180)
第八章	大坝安全监测实用技术	(193)
第一节	安全监测的基本要求	(193)
第二节	安全监测工程的施工程序	(196)
第三节	安全检测仪器设备的安装埋设方法与要求	(197)
第四节	安全监测仪器现场检验与率定	(203)
第五节	安全监测仪器的安装埋设技术要求	(209)

第一章 坝工工程建设强制性条文规定

水利水电工程中的坝工工程主要包括土坝、石坝、面板堆石坝、碾压混凝土坝等。水坝工程具有挡水、防洪、灌溉、治涝、发电等水利水电工程的功效。

水利水电工程中的坝工工程按其规模、效益及在国民经济中的重要性分等,其永久建筑物一般是根据工程等级及其在工程中的重要性分级,临时建筑物根据被保护建筑物的级别及本身的规模、使用年限及重要性分级。水利水电工程坝工的等级关系到国计民生,应严格按标准确定,一旦确定后不得轻易改变。所以,自新中国成立以来,我国分别于1959年、1964年先后制定了《水利水电工程设计基本技术规范》、《水利水电工程等级划分及设计标准》(草案1)。1978年、1987年、1994年我国颁发了《水利水电工程等级划分及设计标准(山区、丘陵区部分)》(SDJ 12—78)(试行)、《水利水电工程等级划分及设计标准(平原、滨海部分)》(SDJ 217—87)(试行)、《防洪标准》(GB 50201—94),2000年又根据国民经济发展及水利水电工程建设技术要求颁布了《水利水电工程等级划分及洪水标准》(SL 252—2000)。

为确保坝工的工程建设质量,国务院在2006年1月30日又发布了《建设工程质量管理条例》。水利部为积极贯彻落实国务院《建设工程质量管理条例》,又发布了“关于加强《工程建设标准强制性条文》(水利工程部分)实施工作的通知”,为建立新的建设工程质量监督管理制度,保证水利水电工程建设质量,提供了有效的法律武器。

为贯彻实施《建设工程质量管理条例》,加强工程建设强制性标准的实施,确保工程质量,《工程建设标准强制性条文》(水利工程部分)对水利水电工程坝工施工的决定:土石坝、混凝土面板堆石坝、碾压混凝土坝等,共有强制性条文69条之多。

第一节 土坝工程的强制性条文规定

土坝是坝工中应用最为普遍的一种坝型,特别是在中小型工程中土坝被广泛采用,针对高土坝填筑技术的一些关键问题,目前,通过“六五”至“九五”的国家科研逐渐得到解决。为反映土坝技术的这些新进展,《碾压式土石坝施工规范》已修订出版,故《工程建设标准强制性条文》根据《碾压式土石坝施工规范》(SDJ 213—83)中有关规定,着重对土坝施工提出如下要求。

一、对料场复查作业的要求

(1)施工单位对勘测设计单位所提供的各类料场勘察报告和调查试验资料进行认真核查。对批准的设计性文件中选定的每个料场的储量与质量应辅以适量的坑探和钻孔取样复核,如发现勘察项目和精度与规定不符,应及时提出意见并会同勘测设计单位进行复查。

(2)施工单位进场以后,必须对筑坝材料的种类、数量、开采地点和地质、地形情况有充分了解,这是使工程顺利进行的基本条件。料场复查前由勘测设计部门做好技术交底,由施工单位做出料场检查方案,经监理工程师批准后进行,发现材料的质量和数量与勘测设计部门提供的存在较大差异时应及时提出意见,并会同勘测设计单位进行复查。

二、对施工试验的要求

土坝施工前的试验项目一般有土料、砂砾料的碾压试验,黏性土料含水量调整试验,以及基础灌浆等。

对于1、2级坝和高土坝工程必须在开工前完成有关试验项目。必须对坝料做碾压试验,确定控制标准和施工参数。如果这项工作拖到开工后进行,就会拖延工期。

三、对坝体填筑作业的要求

坝基处理是隐蔽工程,必须在覆盖前进行坝基处理隐蔽工程验收工作,必须在坝基处理验收合格后才能进行填筑,故坝体填筑必须在坝基处理及隐蔽工程验收合格后才能进行。

四、对坝筑压实作业的要求

压实参数是由碾压试验确定的,严格控制压实参数是保证压实质量的必要条件。但对坝壳料及土料除严格控制压实参数外,还必须按规定取试样检查合格后,才准铺筑上层材料,故强制性条文规定:必须严格控制压实参数;压实机具的类型、规格等符合施工规定;压实合格后才准铺筑上层新料。

五、对坝体心墙、斜墙填筑作业的要求

土坝的心墙、斜墙的填筑作业是确保土坝工程质量的关键工序,对其施工程序和方法的规定是在长期和大量的土坝工程的实践工程中逐步总结归纳出来的,是确保填筑质量的精典要求,在土坝施工中一定要严格执行。因此,条文中规定,心墙应同上下游反滤料及部分坝壳平起填筑,按顺序铺筑各种坝料。优先采用先填反滤料后填土料的平起填筑法。

斜墙也应同下游反滤料及坝壳平起填筑。斜墙也可滞后于坝体填筑,但需预留斜墙施工场地,且紧靠斜墙的坝体必须削坡至合格面,方允许填筑。

六、对反滤层排水设施施工的质量要求

反滤层排水设施是土坝中的重要结构和设施,其质量的好坏将直接影响到土坝是否能正常发挥其功能,故强制性条文规定:

(1)反滤层厚度、铺筑位置及反滤料的粒径、级配、不均匀系数,含泥量等,均应符合设计要求。

(2)对已铺筑好的反滤层应作必要的保护,禁止车辆、行人通行,抛掷石料以及其他物件,防止土料混杂,污水浸入。在反滤层上堆砌石料时,不得损坏反滤层,与反滤层接触的第一层堆石应仔细铺筑,其块径应符合设计要求,且应防止大块石集中。

(3)排水设施所用的石料必须质地坚硬,其抗水性、抗冻性、抗压强度、几何尺寸均应满足设计要求。目的是确保结构的排水通畅。

七、对填筑层面进行处理的质量要求

土坝施工时应应对填筑层面特殊部位进行处理,如果对填筑面上的干硬光面不加处理,就很容易形成填筑层之间的缝隙,对坝体质量不利。为了保证填筑层面之间的结合质量,应严格按照下面要求:填筑面进料运输线路上散落的松土、杂物以及车辆行驶、人工践踏形成的干硬光面,特别是汽车经常进入防渗体的道路,应在铺土前清除或彻底处理。

第二节 浆砌石坝的强制性条文要求

浆砌石坝的施工,必须按照《浆砌石坝施工技术规定》(SD 120—84)(试行)中的要求,严格执行。

一、对石料的质量控制要求

石料是砌石坝工程所用的主要材料,其质量的优劣将直接影响砌石工程的施工质量,特别是砌石坝的安全性和耐久性,所以要求如下:

(1)护坡石料须选用质地坚硬、不易风化的石料,其抗水性、抗压强度、几何尺寸等均应符合设计要求。

(2)砌坝石料必须质地坚硬、新鲜,不得有剥落层或裂纹,并注意以下几点:

①进场石料应进行检查验收并作为一项内部管理制度严格执行,以杜绝不合格材料进入施工现场。

②对石料质量的基本要求:

①粗料石一般为矩形,应棱角分明,六面基本平整,同一面高差应控制在石料长度的1%~3%。长度宜大于50 cm,宽、厚不小于25 cm,长厚比不宜大于3。异形石应经专门加工,且必须符合设计要求的特定形状和尺寸。

②用于砌石坝工程的石料,其石质应坚硬、密实、无裂纹、不易风化,遇水不易泥化和崩解,含水饱和极限抗压强度应符合设计要求,软化系数宜在0.75以上。

③块石应有两个基本的平行面,且大致平整,无尖角、薄边,厚度宜大于20 cm。

④毛石无一定规则形状,单块重宜大于25 kg,砌坝用的毛石(用于坝体腹石部位),其中部厚度不宜小于20 cm。

(3)自行爆破采石,必须严格执行安全生产法规和安全操作规程,每次爆破后应认真观察,分析了解爆后情况,及时处理瞎炮,清除危石,以确保人员安全。所爆破的石料必须符合设计要求。

二、对胶结材料的质量控制要求

胶结材料是砌石坝工程的重要材料之一,针对水利工程的特点,胶结材料的种类有水泥砂浆和小骨料混凝土两种,其质量的优劣直接影响砌石坝工程的质量。因此,对胶结材

料的质量控制,应作为对砌石坝工程的质量控制的重点。因此,对胶结材料的质量控制提出以下要求:

- (1)水泥强度等级不低于 32.5 级。
- (2)使用混合材料 and 外加剂,应通过试验确定,混合材料宜优先选用粉煤灰,其品质指标应参照有关规定及试验确定。
- (3)混凝土灌砌块石所用的石子粒径不宜大于 20 mm。
- (4)配置砌石用的水泥砂浆和小石子混凝土应按设计等级强度提高 15%,配合比应通过试验确定,同时应具有适宜的和易性。
- (5)砂浆和混凝土随用随拌,常温拌成后应在 3 ~ 4 h 内使用完毕,如果气温超过 30 ℃,则应在 2 h 内使用完毕,使用中如果发现泌水现象,应在砌筑前再次拌和,并在施工时重视和掌握以下几个问题:

①胶结材料使用时的配置强度 $f_{cu,o}$ 必须符合下列规定

$$f_{cu,o} = f_{cu,k} + 0.84\sigma \tag{1-1}$$

式中 $f_{cu,k}$ ——设计的胶结材料强度的标准值,MPa;
 σ ——施工单位的胶结材料强度标准差,MPa。

考虑到胶结材料的不均匀性,以使胶结材料的强度保证率能满足 80% 的最低标准要求,以上公式是保证胶结材料强度能通过合格评定所采取的最基本技术措施。

式(1-1)中胶结材料的标准差 σ 应由强度等级、配合比相同和施工工艺基本相同的抗压强度资料统计求得,试块统计组数宜大于或等于 25 组。或根据已建工程的经验,对强度等级小于 C20 的混凝土,其强度标准差 σ 可取用 4 MPa,对强度等级为 M7.5、M10、M15 等的水泥砂浆,其强度等级标准可依次分别取用 1.88 MPa、2.5 MPa 和 3.5 MPa。

②胶结材料的配合比设计与试验,应以胶结材料的施工配置强度为依据,通过优化对比试验,选择合理的配合比,并以质量表示。胶结材料各组分的计量允许偏差值见表 1-1。

表 1-1 胶结材料各组分的计量允许偏差

材料名称	允许偏差
水泥	± 2%
砂、砾(碎石)	± 3%
水、外加剂	± 1%

③在胶结材料中掺用外加剂,产品应有出厂合格证书、产品检验报告及使用说明,且外加剂的包装应说明名称、规格、型号、净重、产地及有效日期、出厂日期等,并对进入现场的各种外加剂质量进行抽检,进行外加剂的质量试验。

④胶结材料应采用机械拌制,且运输、存放时间不宜过长,应随用随拌,这是对胶结材料的基本要求。

三、对坝基处理的质量控制要求

根据《浆砌石坝施工技术规定》(SD 120—84)(试行)的要求,坝基清理后,必须按

“水利基本建设工程验收办法”进行验收,并掌握以下几点:

- (1) 岩基开挖邻近基石处必须根据岩基特性采用预留保护层的开挖措施。
- (2) 建基面的几何尺寸、高程应符合设计要求,无松动岩块和爆破产生的裂缝。
- (3) 坝基处理范围内的断层、裂缝密集带、软弱夹层、缓倾角夹泥裂缝地质缺陷处理,应符合设计要求。

(4) 坝基开挖处理完成后,地质勘探单位应及时提供坝基竣工地质图,并详细进行地质描述,施工单位应及时提供坝基竣工地形图,缺少该项资料,后续工序不得施工。

四、对坝体砌石的质量控制要求

对坝体砌石质量要严格控制,并着重注意以下要求:

- (1) 坝体砌筑应采用铺浆法。
- (2) 在胶结材料初凝前,允许一次连续砌筑两层石块,严格执行上下错缝、铺筑及填浆饱满密实的规定。
- (3) 溢流坝面的头部曲线及反弧段,宜用异形石及高标号砂浆砌筑。廊道顶拱宜用拱石砌筑,如用粗料石,可调整砌缝宽度,砌成拱形。
- (4) 拱坝、连拱坝内外弧面石,可以采用粗料砌缝宽度,砌成弧形,但同一砌缝两端宽度差,拱坝不宜超过 1 cm,连拱坝不宜超过 2 cm。
- (5) 当最低气温在 0 ~ 5 ℃ 时,砌筑作业应注意表面保护,最低气温在 0 ℃ 以下时应停止砌筑。
- (6) 无防雨棚的仓面在施工中遇大雨、暴雨时,应立即停止施工,妥善保护表面,雨后应先排除积水,并及时处理受雨水冲刷的部位,如表层混凝土或砂浆尚未初凝,应加铺水泥砂浆连续砌筑,否则应按工作缝处理。
- (7) 坝体面石与腹石砌筑,一般应同步上升。如不能同步砌筑,其相对高差不宜大于 1 m,结合面应作竖向工作缝处理,不得在面石底面垫塞片石。
- (8) 当坝体外表面为竖直平面时,其面石宜用粗石料,按丁顺交错排列。当为顺坡斜面时,宜用异形石砌筑。如倾斜面允许呈台阶状,可以采用粗料石水平砌筑。
- (9) 拱坝、连拱坝内外弧面石,可采用粗料石,调整竖缝宽度变成弧形,但同一砌缝两端缝宽度差,拱坝不宜超过 1 cm,连拱坝不宜超过 2 cm。
- (10) 拱坝砌筑应遵守下列规定:
 - ① 拱筒与支墩用混凝土连接时接触面按工作缝处理。
 - ② 诸拱筒砌筑应均衡上升,当不能均衡上升时,相邻两拱筒的允许高差必须按支墩稳定要求核算。
 - ③ 倾斜拱筒采用斜向砌筑时,宜先在基岩上浇筑具有倾斜面(与拱筒倾斜面垂直)的混凝土拱座,再在其上砌石,石块的砌筑面应保持与斜拱的倾斜面垂直。
- (11) 坝面倒悬施工,应遵循下列规定:
 - ① 采用异形石水平砌筑时,应按不同倒悬度逐块加工,编号对号砌筑。
 - ② 采用倒阶梯砌筑时,每层挑出方向的宽度不得超过该石块宽度的 1/5。
 - ③ 粗料石垂直倒悬面砌筑时,应及时砌筑腹石或浇筑混凝土。

第三节 混凝土砌石坝体的砌筑强制性条文规定

在浆砌石坝中,混凝土砌石宜用于坝体腹石部位,经多年的实践证明,坝体腹石用混凝土砌筑,不仅经济合理,技术上可行,而且砌缝胶结材料可以采用振捣器振捣,对提高砌缝体密实度和施工质量有重要意义。因此,对混凝土砌石有关规定如下:

(1)坝体腹石用混凝土砌筑时,面石应用砂浆砌筑,用砂浆砌筑面石,除有利于控制坝体外形尺寸、外观质量和坝面勾缝防渗外,同时对腹石砌缝混凝土振捣起模板作用,有助于砌体施工质量的提高。

(2)腹石用混凝土砌筑时,为有利于整体性和密实性,应执行以下规定:

①粗料石砌筑,同层和上下层应整齐有序错缝排列。

②毛石、块石砌筑,同层和上下层应错缝,砌缝宽度应符合规定,石块间不得出现线面接触。

③竖缝混凝土振捣应有序进行,不得漏振。

(3)坝体特殊部位的砌筑要求:

①拱坝、连拱坝内外弧的面石,可选用粗料石,调整其径向宽度砌成弧形。径向竖缝两端面的高度差,拱坝不宜大于1 cm,连拱坝不宜大于2 cm。以矩形粗料石代替加工费用较高的扇形石,用控制竖缝两端面的宽度差,对扇形灰缝进行径向的调整,达到砌筑弧面的目的。

②连拱坝拱筒砌筑应掌握以下几个环节:

连拱坝拱筒砌筑应均衡上升,当不能均衡上升时,相邻两拱筒的砌筑高差必须按支墩稳定要求进行核算,以确保砌筑中拱筒能保持自身安全和稳定。

倾斜拱筒斜砌筑时,宜在基岩面上浇筑与拱筒倾斜面垂直的混凝土拱座,再在拱座面上坐浆砌石,保持砌石底面始终与倾斜拱筒的倾斜面垂直。这一规定不仅方便斜拱砌筑,也有利于砌体结构的安全。

③拱石砌筑:必须两端对称进行,各排拱石互相交替错缝,距离不小于10 cm。当拱跨在5 m以下时,一般可采用块石砌拱,用缝宽度调整拱度,要求下缝宽度不得超过1 cm,水泥砂浆强度不低于M7.5。拱跨在10 m以下,可按拱的全宽和全厚,自拱脚同时对称、连续地向拱顶砌筑。拱跨在10 m以上时,应作施工设计,明确拱圈加荷次序,并按次序施工。另外,还应注意砌石拱圈的拱座面应为径向,同时应根据设计要求以及拱圈跨径、矢高、厚度及支撑拱架情况确定拱圈的砌筑程序,砌筑时应随时观测拱架变形,防止拱架失稳。

(4)坝体倒悬面砌石应注意以下问题:

①采用异形石水平砌筑坝体倒悬面时,应事先按不同倒悬度逐块加工异形石,并编号和对号进行砌筑。

②采用矩形粗料石倒阶梯水平砌筑时,每层粗石料挑出的悬长不得超过该石长度的1/5。

③采用粗料石垂直坝体倒悬石砌筑时,应用可靠措施确保悬石砌石体的稳定和安全。

值得注意的是,上述①、②两点施工中较易控制。第③点必须十分精心施工方能确保

安全。一般为防止面石失稳,开始两层宜采用较长丁石伸入坝内,并及时砌筑腹石,浇筑腹石与丁石之间的混凝土,上层面石砌筑时,底层胶结材料必须有足够的强度,至少达到 2.5 MPa 以上。当坝面倒悬度大于 0.3 时,设计应有措施,一般设有紧贴上游坝面的与坝体隔离的独立隔离刚体支承。

第四节 混凝土面板堆石坝的强制性条文要求

随着混凝土面板堆石坝应用现代工程技术和机械设备的发展,混凝土面板堆石坝技术形成了系列配套的筑坝技术,故强制性条文根据《混凝土面板堆石坝施工规范》中的有关规定着重对以下几点提出具体要求。

一、对施工时挡水度汛的要求

在施工期间,混凝土面板堆石坝允许利用坝体进行挡水度汛,甚至可以适量允许过水,为工程的导流度汛带来极大的便利和经济优势。但当确定未浇筑混凝土面板的坝体挡水时,必须对上游坡面进行碾压砂浆、喷射混凝土或喷洒阳离子乳化沥青等防渗固坡处理。

(1) 碾压砂浆固坡。在垫层面进行斜坡碾压后摊铺 5~8 cm 厚的水泥砂浆,用振动碾压实,以形成坚固的表层,能取得良好的挡水效果。

(2) 喷射混凝土固坡。在碾压后的垫层表面喷 5~8 cm 厚的混凝土,以起到防渗固坡的作用。

(3) 喷洒阳离子乳化沥青固坡。在碾压后的垫层表面喷洒 2~3 层乳化沥青,各层间并撒以河沙,进行碾压,形成坚实表层。

二、对混凝土面板堆石坝碾压试验的要求

混凝土面板堆石坝进行碾压填筑开始前,应进行填料碾压试验,优化相应的填筑压实参数。碾压试验的压实参数,主要为铺料厚度、碾压遍数、加水量等。

三、对混凝土面板堆石坝填筑的质量要求

施工中应严格控制填筑压实参数,并进行抽样检查,对规定的铺料厚度应经过仪器检查。依靠严格掌握压实参数来保证填筑质量,以减少施工干扰,提高施工效率。

四、对混凝土面板堆石坝碾压的质量要求

坝料碾压必须用振动碾,并按材料分区分段进行,碾压过程中应保证振动碾的规定工作参数。

垫层区的水平碾压,振动碾距上游边缘的距离不宜大于 40 cm。面板堆石坝主要的设计原则是控制堆石坝体的变形,尽量使堆石坝料碾压密实。因此,堆石坝填筑与碾压是控制工程质量的最关键工序,也是保证工程进度的重要环节。

由于堆石填筑包括卸料、铺料、洒水、压实等多道工序,所以规定坝面填筑分区、分段进行,适当划分工作面,在各填筑块上依次完成各道工序。

五、对混凝土面板堆石坝防渗体系的要求

混凝土面板是混凝土面板堆石坝的唯一防渗设施。混凝土面板、趾板、止水系统及坝下防渗体构成一个完整的防渗体系,是防止坝体渗漏和保证工程发挥蓄水效益的关键。因此,强制性条文对防渗体系的施工质量做出了如下规定:

(1) 面板混凝土配合比除满足面板设计性能外,尚应满足施工工艺要求:

- ① 水灰比应通过试验确定,一般宜为 0.45 ~ 0.55。
- ② 掺用减水、引气、调凝等外加剂及适量的掺合料时,其掺量应通过试验确定。
- ③ 坍落度应根据混凝土的运输、浇筑方法和气温条件决定。

(2) 在混凝土中掺用适量的外加剂能显著改善混凝土的和易性,减少离析和泌水,提高密实性和抗裂性,并明显改善抗冻融性能。

六、对趾板混凝土浇筑的质量要求

趾板位于上游堆石坝体的前下部,是面板的基础,按程序应按隐蔽工程验收,并在相邻区堆石填筑前进行浇筑混凝土,故着重对混凝土面板堆石坝趾板浇筑的质量提出以下要求:趾板混凝土浇筑应在基岩开挖处理完毕,并按隐蔽工程质量要求验收合格后方可进行;趾板混凝土浇筑应在相邻区堆石填筑前完成。

七、对止水片施工的质量控制要求

要求保证金属止水片准确就位,精心施工,防止在施工过程中止水片遭到破坏,产生位移,并对聚氯乙烯垫片接触的缝隙作防止混凝土砂浆浸入其间的密封处理。因此,强制性条文规定:金属止水片就位后,与聚氯乙烯垫片接触的缝隙必须作防止混凝土砂浆浸入其间的封闭处理。金属止水片中心线与设计线的最大偏移量不得超过 5 mm。浇筑混凝土时,应防止止水片产生形变、变位或遭到破坏。

第五节 碾压混凝土坝强制性条文规定

碾压混凝土筑坝技术是基于土石坝施工方法的一种干硬性混凝土坝施工方法,采用振动碾对坍落度为 0 的干硬性混凝土,通过在坝体的铺筑、碾压而成型的工艺,具有温控简单、施工速度快等优点。其主要特点是高掺粉煤灰、富胶凝材料、低水泥用量、不设或少设横缝。采用单设防渗或采用二级配碾压混凝土防渗,达到简化坝体结构和温控措施,全断面连续施工的条件,使碾压混凝土技术得到快速发展,成为重点推广坝型之一。为确保其工程质量,根据《水工碾压混凝土施工规范》(SL 53—94)中的有关规定提出了以下的要求。

施工前应通过现场碾压试验验证碾压混凝土配合比的适应性,并确定其施工工艺参数,解决碾压混凝土施工中的具体问题,为此必须做到以下几点:

(1) 验证碾压混凝土配合比的合理性。由于水利水电工程处于不同的工程环境,相应每个工程所选用的原材料都不同,虽然在配合比设计的室内试验成果方面有一些规律

可以借鉴,但与现场大批量的实施情况相比,代表性相对较差,通过现场试验可以验证配合比的可拌性、可碾性、和易性、抗分离性,并可现场取样加工试件,验证各种力学指标是否满足要求。

(2) 检验原材料生产系统、生产工艺是否合理,开采、加工、倒运、仓储等环节是否满足要求;检验该系统的生产能力是否满足施工组织设计、浇筑计划和工程总体进度的需要;检验原材料产品质量是否达到有关规定和配合比设计的要求,粗细骨料质量指标应符合《水工混凝土施工规范》(SDJ 207—82)的规定。砂料宜质地坚硬,级配良好,人工砂的细度模数宜为 2.2 ~ 2.9,石粉($D < 0.16 \text{ mm}$)含量宜控制在 10% ~ 20%,人工粗骨料的石粉包裹情况现场应给予特别关注,天然砂细度模数宜为 2.0 ~ 3.0,含泥($D \leq 0.08 \text{ mm}$)量应小于 5%。

(3) 检验混凝土制备系统运转,包括称量设备和含水率测定装置的检定,混凝土拌和及成品混凝土质量,特别是搅拌顺序、拌和时间、拌和均匀性、拌和机的灰浆黏附情况及拌和能力,来验证混凝土生产系统在保证质量的情况下的生产能力,有利于调整生产计划,合理布置施工仓面,配置运输车辆,以及大坝整体的施工计划及进度安排。

(4) 验证混凝土的运输系统、平仓方法、平仓机具、碾压设备等运行的可靠性及配套性。根据国内经验,碾压混凝土运输系统采用自卸汽车、皮带运输机、负压溜槽已经比较成熟,缆机、门机、塔机作为辅助工具。验证现场运输道路平整度,入仓前车辆携带泥水情况,适合入仓口结构和封堵要求的施工工艺;皮带运输时的灰浆损失率应控制在 0.2% 之内,其转运次数、骨料分离、清扫装置、储料斗容积、转料斗起拱情况等也需现场验证;负压溜槽的坡度和拟定的防分离措施需要通过现场试验进行调整确定。

平仓的方法。一般有平层通仓法、斜层平摊法和台阶法。一般多采用平层通仓的方法。为防止骨料分离,保持层厚均匀是卸料和平仓工序现场试验研究的重点。

总之,现场试验应根据具体工程的特点、仓面的大小、生产能力的大小,对碾压混凝土的运输、摊铺、碾压进行配套性检验,并根据实际情况进行调整,使其互相匹配,达到最佳功效。

(5) 通过现场试验,确定适合本工程的合理施工工艺参数,如碾压厚度、碾压遍数等。碾实遍数与碾压机具直接相关,如振动碾的自重、激振力、振频、振幅、碾压速度等。在配合比一定时,振动碾的激振力增大或始终使混凝土接近共振状态的碾压,则振实能量会增高,振实时间会减少。因此,设备确定、振频和碾压速度一定时,振实混凝土所需要的减压遍数是 VC 值的函数,该函数是一个分段连续的非线性函数。VC 值可分 8 s 以下、8 ~ 25 s、26 s 以上三个阶段,在 8 ~ 25 s 时,碾压遍数与 VC 值之间接近线性函数关系。

所以,对具体的工程特点和气候条件,VC 值和碾压厚度、碾压遍数在现场试验时均需调整确定。

(6) 层间结合问题一直是碾压混凝土施工质量的关键,现场试验时应选择不同的试验块区域,分别对不同层面处理方法进行试验研究,主要有下面几点:

- ① 层面允许直接铺筑的情况要特别注意表面的风干现象;
- ② 加垫层拌和物后的允许直接铺筑情况;
- ③ 形成冷缝经处理后再铺筑的情况。

试验块达到龄期后,应现场取样进行外观检查和室内力学试验,确定层间结合是否满

足设计要求。

总之,现场试验关系到碾压混凝土工程施工各个环节的检验和各道工艺、各项参数的选定。正式铺筑前进行现场试验是必要的。

(7)对碾压层间允许间隔时间的控制要求。为了确保混凝土层间更好地结合,使碾压混凝土工程形成一个整体结构,必须控制施工层间间隔时间,间隔时间的控制标准直接关系到层间结合质量的好坏。为此,要注意以下几点:

①混凝土初凝时间。水泥与水拌和后即为水泥浆,初凝前水泥浆的结构为凝聚结构。施工现场由于受不同气候条件的环境温度、湿度的变化和水分蒸发等因素的影响,所以一般先进行不同配合比室内初凝时间测定和用现场测定的不同情况下的初凝时间,作为施工时控制指标。

②现场初凝时间的测定,一般利用现场初凝时间测定仪进行,具体步骤如下:

①在拌制混凝土的同时,按混凝土中的砂浆配合比材料,拌制砂浆试样 50 L(其中砂要事先筛除大于 5 mm 的石子)。

②在现场平仓后的碾压混凝土某一预定位置,挖一面积不小于 40 cm × 40 cm,深度 25 ~ 90 cm 的坑,将砂浆试样倒入坑内,此时试样表面应略高于混凝土面。

③在砂浆试样周围设置标记,在砂浆试样表面覆盖一层尼龙编织袋,让砂浆试样与混凝土拌和物同时承受碾压并一起保护,注意防止碾压过程中将石子带进砂浆试样中,碾压完毕,除去尼龙编织袋。

④预先根据室内初凝时间测定结果,计算初凝时间对应的贯入压力,减去测定仪滑杆质量后为现场实施时的附加压重。

⑤现场施测时,每次布置 3 个点,以施加附加压重的贯入深度平均值为测试结果。

⑥从混凝土拌和加水至贯入深度为 25 mm 所经历的时间即为混凝土拌和物的初凝时间。当现场初凝时间测定仪贯入深度小于 25 mm 时,说明混凝土已超过初凝。相反,贯入深度大于 25 mm 时,说明混凝土拌和物未初凝。

(8)对施工缝进行处理的质量控制要求。施工缝是根据施工要求而设置的缝,包括水平缝和垂直缝。冷缝是由于停工或不能连续施工而造成的缝,连续上升铺筑的混凝土层面超过允许铺筑时间时,其层面也按冷缝处理。缝面在间隔期间应保证湿润,并做好养护。所以,规定施工缝及冷缝必须进行层面处理,合格后方能连续施工。具体的要求是施工缝和冷缝要认真处理,工艺正确,层面混凝土不受损坏。

(9)对相对压实度控制的质量要求。碾压混凝土经过振动压实后的容重与设计理论容重之比称为相对压实度,在一定范围内随着碾压遍数的增加而增加,直到接近理论容重,其后再增加碾压遍数会起到相反的作用。

碾压混凝土必须达到一定的密实程度,才能具备其力学性能,才能达到工程结构设计所要求的抗压、抗拉、抗剪、抗渗、弹模等方面的基本要求。因此,规定相对压实度属评价碾压混凝土压实质量的指标,对于建筑物的外部混凝土,相对压实度不得小于 98%,对于内部混凝土,相对压实度不得小于 97%。

第二章 坝基处理及连接结构

坝基处理概括起来大致有开挖、加固及坝基面的加固等三方面的工作,三者是互相联系的,在设计中应统一考虑。坝基的处理即为坝体与地基的连接处理。

第一节 坝基处理

一、碾压式土石坝坝基处理

(一) 一般要求

坝基(包括坝头)处理应满足渗流控制(包括渗流稳定和控制渗流量)、静力和动力稳定、容许沉降和平均沉降等方面的要求,保证坝的安全性和经济效益。

(1)对于现代土石坝,在正常设计和施工的前提下,工程运行中坝基(包括坝体与地基接触面)出现渗漏和渗透破坏等问题的几率远大于坝体,有些坝体的裂缝也是坝基沉降和不均匀沉降过大所引起的。

坝基的处理对渗流控制、稳定和变形三方面的要求,针对不同的地质条件,侧重点可能有所差别,故在实际的施工中应根据当时的具体情况分别采取相应的措施。

(2)对于砂砾石坝基,应先查明砂砾石的平面和空间分布情况,以及级配、密度、渗透系数、允许渗透比降等物理力学指标。在地震区,还应了解标准贯入击数、剪切波速、动力特性指标等。

(3)当岩石坝基有较大透水性软弱夹层、风化破碎或有机化学溶蚀,以致通过地层的渗漏量影响水库效益,影响坝体及坝基的稳定及渗透稳定时,对坝基应进行处理。

(二) 坝基处理研究应特别注意的事项

对下列八种地基的处理研究事项分述如下:

(1)对于深厚砂砾石坝基的渗漏处理:①国内外均以采用混凝土防渗墙的较多,并具有较丰富的经验;②采用造孔机械和浇筑混凝土方法,建造防渗墙即钻孔灌注桩法,质量也有良好保证;③因目前混凝土防渗墙施工机械和施工工艺已逐步成熟,常采用帷幕灌浆处理。

(2)对于软土地基的处理,应首先考虑挖除,当厚度较大、分布较广难以挖除时,可以采取打砂井、插塑料排水带、加荷预压、真空预压、振冲置换及调整施工速率等措施。采取这些措施进行处理的目的是使大量沉降在大坝施工的填筑以前完成,并通过预压以提高坝基的强度和承载力,控制填筑速率,使荷载的增长与坝基软黏土强度的增长相适应,以保证坝基的稳定。

(3)湿陷性黄土主要由粉粒组成,是棕黄色或黄褐色,具有大孔隙或垂直节理等特性,湿陷性黄土作坝基时,需论证其沉降、湿陷和溶滤对土石坝的危害。湿陷性黄土坝基