

# 水库大坝加固工程护坡结构与施工

吴剑航

丽水市万源水利水电工程技术咨询有限公司 浙江 丽水 323000

**摘要:** 水库大坝加固工程中的护坡结构设计至关重要,直接关系到大坝的安全与稳定。本工程针对大坝现有护坡结构存在的问题,进行了详细的分析与设计,采用先进的护坡技术和材料,确保护坡结构的耐久性和抗冲能力。施工过程中,严格控制施工质量和安全,确保工程的顺利进行。护坡结构的加固有效提升了大坝的整体稳定性,为大坝的长期安全运行提供有力保障。

**关键词:** 水库大坝; 加固工程; 护坡结构设计; 施工

## 1 水库大坝护坡结构概述

### 1.1 护坡结构的功能与作用

水库大坝护坡结构是水库大坝工程的重要组成部分,水库大坝的坡面长期受到水流、风力等自然因素的侵蚀,护坡结构能够有效地防止坡面土壤被冲刷,减少水土流失,保持大坝的稳定性。护坡结构作为大坝的外层防护,能够抵御风浪、冰层、漂浮物等对大坝主体的冲击和磨损,延长大坝的使用寿命。通过合理的护坡结构设计,可以提高大坝的防洪标准,增强大坝在洪水期间的稳定性和安全性。护坡结构还可以与周围环境相协调,起到美化环境的作用,提升水库大坝的整体形象。

### 1.2 常见护坡结构类型

水库大坝护坡结构类型多样,根据材料、构造和适用条件的不同,可以分为以下几种常见类型:(1)干砌石护坡。将块石直接铺砌在坡面上,形成一层防护层。这种护坡结构施工简单,造价低廉,但抗冲能力相对较弱,适用于风浪较小、水流速度较慢的坝段;(2)浆砌石护坡。使用水泥砂浆将块石粘结在一起,形成更为坚固的防护层。浆砌石护坡抗冲能力强,耐久性好,但施工相对复杂,造价较高;(3)混凝土护坡。采用混凝土预制板或现浇混凝土进行护坡。混凝土护坡结构整体性好,抗冲能力强,且可以根据需要进行美化和装饰。但施工难度较大,造价也相对较高<sup>[1]</sup>;(4)草皮护坡。在坡面上种植草皮,利用植被的根系固土作用来防止水土流失。草皮护坡生态环保,美观自然,但抗冲能力较弱,适用于风浪较小、土质较好的坝段;(5)堆石护坡。将大块石料堆放在坡面上,形成一层防护层。堆石护坡结构稳定,抗冲能力强,且施工简单,造价低廉。但堆石护坡的外观较为粗糙,需要进行一定的美化处理。

## 2 水库大坝护坡结构设计

### 2.1 设计依据与原则

第一,安全性原则。护坡结构应能够抵御设计洪水、风浪等自然因素的侵蚀和破坏,确保大坝的整体稳定性。第二,经济性原则。在满足安全性要求的前提下,应尽可能降低工程造价,提高工程的经济效益。第三,耐久性原则。护坡结构应具有良好的耐久性能,能够长期抵御自然因素的侵蚀和破坏。第四,环保性原则。护坡结构的设计应充分考虑环保要求,尽可能减少对周围环境的影响和破坏。

### 2.2 护坡结构设计参数确定

护坡结构的设计参数包括坡比、护坡厚度、材料选择等。这些参数的确定应依据工程实际情况和相关规范、标准进行。坡比是指坡面的垂直高度与水平距离之比。坡比的选择应依据坝高、坝型、风浪条件等因素进行综合考虑。一般来说,坝高越高、风浪越大,坡比应越小,以增加护坡结构的稳定性和抗冲能力。护坡厚度是指护坡结构的垂直厚度。护坡厚度的确定应依据材料强度、风浪条件、坡比等因素进行综合考虑。一般来说,材料强度越高、风浪越大、坡比越小,护坡厚度应越大。护坡材料的选择应依据工程实际情况、材料性能、造价等因素进行综合考虑。常见的护坡材料包括块石、混凝土、草皮等。

### 2.3 护坡结构稳定性分析

护坡结构的稳定性分析是护坡结构设计的重要环节。稳定性分析主要包括静力稳定性和动力稳定性两个方面。静力稳定性分析是指对护坡结构在静力作用下的稳定性进行分析。静力作用主要包括坝体自重、水土压力等。在进行静力稳定性分析时,应依据相关规范、标准进行计算和分析,确保护坡结构在静力作用下的稳定性满足要求。动力稳定性分析是指对护坡结构在动力作用下的稳定性进行分析。动力作用主要包括风浪冲击、地震等。在进行动力稳定性分析时,应依据相关规范、

标准进行计算和分析,并考虑动力作用对护坡结构的影响和破坏程度。还应采取相应的加固措施来提高护坡结构的动力稳定性。在进行护坡结构稳定性分析时,还应充分考虑护坡结构与坝体、坝基之间的相互作用和影响。通过合理的护坡结构设计和稳定性分析,可确保水库大坝的整体稳定性和安全性。

### 3 水库大坝护坡结构施工技术

#### 3.1 施工前准备工作

施工前准备工作是护坡结构施工的基础,直接关系到后续施工的顺利进行和工程质量。在施工开始前,必须进行详细的现场勘察。这包括对大坝坡面的地形、地质条件、水文情况等进行全面了解。通过现场勘察,可以掌握坡面的坡度、土壤性质、地下水位等关键信息,为后续的施工设计提供准确依据。根据现场勘察结果和设计要求,制定详细的施工方案。施工方案应明确施工流程、施工方法、材料选择、人员组织、设备配置等各个方面。还要制定应急预案,以应对可能出现的各种突发情况。进行施工队伍的组织和培训,护坡结构施工需要专业的施工队伍,施工人员应具备相应的技术水平和施工经验<sup>[2]</sup>。在施工前,要对施工人员进行技术培训,使他们熟悉施工方案、施工方法和操作规程,确保施工质量。还要做好施工材料的准备工作,根据施工方案,提前采购所需的施工材料,如混凝土、石材、土工织物等。并对材料进行质量检查,确保材料符合设计要求和相关标准。护坡结构施工需要使用各种施工设备,如挖掘机、搅拌机、吊装设备等。在施工前,要对这些设备进行全面检查,确保设备性能良好,能够正常运行。

#### 3.2 混凝土护坡施工技术

混凝土护坡是水库大坝护坡结构中常见的一种类型,其具有整体性好、抗冲能力强、耐久性好等优点。在进行混凝土护坡施工前,首先要进行模板的制作和安装。模板应根据设计要求进行制作,确保尺寸准确、形状规范。模板安装时要牢固稳定,防止在浇筑混凝土过程中发生位移或变形。混凝土的配制是混凝土护坡施工的关键环节,混凝土应由水泥、砂、石等材料按一定比例配制而成。配制时要严格控制材料的用量和比例,确保混凝土的质量和性能符合设计要求,还要控制好混凝土的搅拌时间和搅拌速度,使混凝土充分搅拌均匀。在浇筑混凝土前,要对坡面进行清理和湿润,清理坡面上的杂物和尘土,确保坡面干净平整。湿润坡面可以使混凝土与坡面更好地粘结在一起,提高护坡结构的整体性。浇筑混凝土时要分层进行,每层浇筑的厚度不宜过大,一般控制在20-30厘米左右。浇筑时要控制好混凝土

的浇筑速度和振捣力度,确保混凝土密实均匀。振捣时要使用专业的振捣设备,按照规定的振捣时间和方式进行操作。养护是混凝土硬化的重要过程,对混凝土的强度和耐久性有着重要影响。养护时要采用覆盖保湿、洒水养护等方法,保持混凝土表面的湿润状态。养护时间一般不少于7天,具体根据混凝土强度和气候条件来确定。

#### 3.3 浆砌石护坡施工技术

浆砌石护坡是另一种常见的护坡结构类型,其具有抗冲能力强、耐久性好、施工相对简单等优点。在进行浆砌石护坡施工前,要准备好所需的石材和砂浆材料,石材应选择质地坚硬、无裂纹、无风化的块石或片石。砂浆应由水泥、砂等材料按一定比例配制而成,确保砂浆的质量和性能符合设计要求。砌石时要按照设计要求进行分层砌筑,每层砌筑前要先铺设一层砂浆作为粘结层,然后放置石材并调整其位置和高度。石材之间要留有一定的缝隙,以便砂浆能够充分填充并粘结石材。砌筑过程中要注意石材的排列方式和咬合情况,石材应排列整齐、咬合紧密,避免出现松动或错位现象。同时还要控制好砂浆的用量和厚度,确保砂浆能够充分包裹石材并发挥其粘结作用。砌石完成后,要及时进行勾缝处理,勾缝是为了防止雨水或风沙侵入石材缝隙内,影响护坡结构的稳定性和耐久性。勾缝时要使用专业的勾缝工具和方法,确保勾缝平整、密实。最后对浆砌石护坡进行养护,养护期间要保持护坡表面的湿润状态,避免石材因干燥而开裂或脱落。养护时间一般不少于7天,具体根据石材类型和气候条件来确定。

#### 3.4 土工织物复合护坡施工技术

土工织物复合护坡是一种新型的护坡结构类型,其具有重量轻、施工方便、适应性强等优点。在进行土工织物复合护坡施工前,要准备好所需的土工织物材料。土工织物应选择具有良好抗拉强度、耐磨损性、抗老化性等性能的材料。同时还要对土工织物进行质量检查,确保其符合设计要求和相关标准。铺设时要将土工织物平整地铺设在坡面上,避免出现褶皱或空鼓现象。固定时要使用专业的固定方法和设备,确保土工织物牢固地贴合在坡面上。在土工织物上铺设保护层或植被层,保护层可以选择砂土、碎石等材料进行铺设,以保护土工织物免受外界因素的损害。植被层则可以选择适合当地气候条件的草种进行种植,以增加护坡结构的生态效果和美观性<sup>[3]</sup>。施工完成后,要对土工织物复合护坡进行检查和验收,检查时要仔细观察土工织物的铺设情况、固定情况以及保护层或植被层的生长情况。验收时要按照设计要求和相关标准进行评定,确保护坡结构的质量

和性能符合要求。维护时要及时清理坡面上的杂物和尘土,保持坡面的干净整洁。保养时要对植被层进行修剪和施肥等管理工作,确保植被的健康生长和良好状态。

#### 4 水库大坝护坡结构施工质量控制与安全管理

##### 4.1 质量控制体系建立

建立完善的质量控制体系是护坡结构施工质量控制的基础。首先,要明确质量控制的目标和原则,质量控制的目标是确保护坡结构施工质量符合设计要求和相关标准,达到预期的使用功能和耐久性。质量控制的原则包括预防为主、过程控制、全员参与等,强调在施工过程中通过预防措施和过程控制来确保施工质量。其次,要制定详细的质量控制计划和程序,质量控制计划应包括施工前的准备阶段、施工过程中的控制阶段以及施工后的验收阶段。在每个阶段都要明确质量控制的具体内容、方法、责任人和时间节点。质量控制程序则规定了质量控制的流程和要求,确保质量控制工作的有序进行。同时要建立质量控制的组织机构,组织机构应包括质量控制领导小组、质量控制部门以及现场质量控制人员等。领导小组负责整体的质量控制工作,制定质量控制政策和方针;质量控制部门负责具体的质量控制计划的实施和监督;现场质量控制人员则负责施工现场的质量控制工作,及时发现和解决质量问题。最后,要建立健全的质量管理制度,质量管理制度应包括质量责任制、质量检查制度、质量验收制度、质量奖惩制度等。通过这些制度的建立和执行,可以确保质量控制工作的有效实施,提高施工质量和效率。

##### 4.2 施工过程质量控制措施

在施工过程中,要对施工材料进行严格控制,施工材料是护坡结构施工的基础,其质量直接影响施工质量。因此要对施工材料进行严格的检验和筛选,确保材料符合设计要求和相关标准。同时加强对材料储存和管理,防止材料受潮、变质或损坏。施工过程中,要安排专人对施工现场进行监督和检查,及时发现和解决施工过程中的质量问题。特别是对于关键工序和隐蔽工程,要进行严格的旁站监督和检查,确保施工质量符合要求。施工记录是施工过程的重要依据,可以反映施工过程中的质量情况和问题。因此要认真做好施工记录,确

保记录的准确性和完整性。质量验收是施工过程的最后一道关口,要严格按照设计要求和相关标准进行验收,确保施工质量达到预期目标。

##### 4.3 安全管理措施

在护坡结构施工过程中,安全管理制度应包括安全生产责任制、安全教育培训制度、安全检查制度、事故隐患排查治理制度等。通过这些制度的建立和执行,可以确保施工过程中的安全工作得到有效实施。要对施工人员进行定期的安全教育培训,提高他们的安全意识和操作技能。特别是对于新入职的员工和临时工,要进行严格的安全教育培训和考核,确保他们具备基本的安全知识和操作技能。同时要做好施工现场的安全防护措施,施工现场应设置明显的安全警示标志和防护设施,如安全网、防护栏、警示灯等<sup>[4]</sup>。加强对施工现场的安全巡查和监控,及时发现和消除安全隐患。在施工过程中,可能会发生各种突发事件和事故,因此要建立完善的应急预案和救援机制。应急预案应包括应急组织机构、应急物资储备、应急疏散路线等内容。救援机制则应明确救援流程、救援责任人和救援方式等,确保在突发事件和事故发生时能够迅速有效地进行救援和处理。

##### 结束语

水库大坝加固工程护坡结构的设计与施工已圆满完成。通过本次工程,不仅提升了大坝的安全性能,还积累了宝贵的工程经验。未来,将继续致力于水库大坝的安全加固工作,不断探索新技术、新材料,为大坝的安全运行贡献更多力量。

##### 参考文献

- [1]程曦,刘肖凡,陈林,等.喷射型多孔混凝土在水库消落区护坡中的喷射性能及施工工艺研究[J].水利水电快报,2023,44(12):54-58.
- [2]戴羽.北方寒区机织模袋混凝土护坡技术在红旗水库中的应用[J].黑龙江水利科技,2022,50(5):202-204.
- [3]夏波.试析水利水电工程大坝护坡施工方法[J].四川水泥,2020(12):89-90.
- [4]冯龙龙.兰州新区庙儿沟水库工程主要结构设计计算分析[J].陕西水利,2024(3):165-167.