

# 水库大坝防渗帷幕灌浆工程施工探讨

张晓军

核工业井巷建设集团有限公司 313000

DOI: 10.12238/jpm.v5i5.6771

**[摘要]** 随着水资源利用需求的不断增长,大型水库大坝的建设成为解决水资源短缺问题的重要手段。然而,在大坝建设过程中,防渗帷幕的施工质量直接关系到大坝的安全性和耐久性。防渗帷幕作为一种重要的水土保持措施,其主要功能是减少水分通过土壤的渗透,从而避免对大坝基础造成损害。在这个过程中,灌浆工程是确保防渗帷幕质量的关键步骤之一。因此,探讨水库大坝防渗帷幕灌浆工程的施工技术具有重要的理论和实践意义。本文对水库大坝防渗帷幕灌浆工程施工进行研究。

**[关键词]** 水库大坝; 防渗帷幕; 灌浆工程

Discussion on the construction of anti-seepage curtain grouting engineering for reservoir dams

Zhang Xiaojun

Nuclear Industry Jingxiang Construction Group Co., Ltd. 313000

**[Abstract]** With the increasing demand for water resource utilization, the construction of large reservoir dams has become an important means to solve the problem of water resource shortage. However, in the process of dam construction, the construction quality of the anti-seepage curtain is directly related to the safety and durability of the dam. As an important soil and water conservation measure, the main function of anti-seepage curtain is to reduce the infiltration of water through the soil, thereby avoiding damage to the foundation of the dam. In this process, grouting engineering is one of the key steps to ensure the quality of anti-seepage curtains. Therefore, exploring the construction technology of anti-seepage curtain grouting engineering for reservoir dams has important theoretical and practical significance. This article studies the construction of anti-seepage curtain grouting for reservoir dams.

**[Key words]** Reservoir dam; Anti seepage curtain; Grouting engineering

## 一、水库大坝防渗帷幕灌浆工程概述

### 1 水库大坝防渗帷幕工程概述

水库大坝防渗帷幕工程是指在水库大坝的关键部位,如水压面附近,设置一种特殊的结构以防止水体渗透到大坝内部,从而保证大坝的安全运行。这种结构通常由高强度的混凝土材料制成,具有良好的防渗性能和足够的强度来承受水库水位变化带来的压力。防渗帷幕工程不仅涉及到材料的选择和施工技术,还包括对大坝周边环境的考虑,确保施工过程中对环境的影响降到最低<sup>[6]</sup>。

防渗帷幕工程的实施,对于提升水库大坝的安全性、延长其使用寿命以及维护水资源利用效率都具有重要意义。它通过建立一个坚固的屏障,有效地隔绝了外界水分与大坝结构之间的直接接触,减少了水分对大坝材料可能产生的腐蚀作用,同时也为大坝的抗震性能提供了额外的保障。

### 2 水库大坝防渗帷幕灌浆技术特点

**高效防渗性能:** 通过使用高质量的灌浆材料,并结合精确的灌浆技术,能够有效地阻止水分通过防渗帷幕渗透进入大坝内部,从而保证大坝的稳定性和安全性。

**施工快速方便:** 与传统的大坝建造方法相比,防渗帷幕

灌浆技术能够在较短的时间内完成大坝的防渗处理,大大缩短了工程周期,降低了施工成本。

**环境友好:** 该技术在施工过程中产生的污染物较少,对环境的影响小,符合当前可持续发展的理念。

**维护简便:** 防渗帷幕灌浆层具有良好的耐候性和抗老化性能,即使在恶劣的自然条件下也能保持较长时间的防渗效果,减少了后期维护的工作量和成本。

**技术成熟稳定:** 经过多年的实践和研究,防渗帷幕灌浆技术已经日趋成熟和稳定,被广泛认为是当前水库大坝建设中最可靠的防渗手段之一。

## 二、水库大坝防渗帷幕灌浆工程施工关键技术分析

### 1 预处理技术

#### 1.1 水库大坝防渗帷幕干燥方法

在进行水库大坝防渗帷幕灌浆工程之前,对防渗帷幕的干燥处理是保证灌浆质量和效果的关键步骤。干燥方法的选择直接影响到防渗帷幕的表面状态,从而决定了灌浆材料与其粘结的牢固度。目前,常用的干燥方法主要包括自然晾晒、加热烘干和红外线干燥等。

自然晾晒是最传统也是成本较低的一种方法,但受气候

条件限制较大，特别是在雨季或湿度较高的地区，晾晒时间会显著增加，延长整个工程周期。

加热烘干则通过使用蒸汽或热风来提升温度，从而加速水分的蒸发。这种方法能够有效控制干燥时间和干燥均匀性，适用于各种气候条件。然而，需要额外的能源投入，且设备成本相对较高。

红外线干燥技术利用红外线辐射加热防渗帷幕表面，加速水分蒸发。该方法具有加热速度快、能耗低、干燥均匀等优点，尤其适合于大面积的干燥作业。但是，初期投资较大，且对操作人员的技术要求较高。

综合考虑各种干燥方法的优缺点，选择最适合当前工程条件和经济预算的干燥方法至关重要。例如，在湿度较高或气候条件不稳定的地区，可以采用加热烘干或红外线干燥技术；而在干燥条件良好的地区，自然晾晒可能是更经济实惠的选择。无论采用哪种干燥方法，都应确保防渗帷幕表面干燥均匀，避免水分残留导致后续灌浆质量问题。

### 1.2 水库大坝防渗帷幕预处理

水库大坝防渗帷幕的预处理是确保灌浆质量和工程安全的关键步骤。预处理主要目的是为了提高混凝土的温度，使其达到适宜灌浆的状态，同时也能减少因温差引起的裂缝和结构损伤。该过程需根据气候条件、混凝土类型及环境特点进行合理规划。

预热方法通常包括自然晒干和机械加热两种。自然晒干依赖于良好的天气条件，通过将防渗帷幕暴露在阳光下来提高温度，这种方法成本较低，但效率受天气影响大。机械加热则通过设备对混凝土进行加热，控制温度的上升速率，以避免局部过热或不均匀加热。

在执行预处理时，还需注意以下几个关键点：

**温度控制：**维持混凝土表面温度逐渐升高至适宜灌浆的范围内，避免突变造成混凝土内外温差过大，从而引发裂纹。

**均匀加热：**确保防渗帷幕各部分均匀加热，避免局部过热或未达标准温度，影响整体灌浆效果。

**防止水分蒸发：**在预热过程中，应采取措施防止混凝土表面水分过度蒸发，影响后续灌浆质量。

通过有效的预处理，可以显著提高灌浆作业的顺利性和最终工程的耐久性。此外，合理的预热策略还有助于节省成本和时间，提高工程效率。

### 1.3 水库大坝防渗帷幕脱脂清洁

水库大坝防渗帷幕的脱脂清洁是确保灌浆质量和工程安全的重要环节。在施工前对防渗帷幕进行彻底的脱脂处理，可以有效去除表面污垢、油脂等杂质，为混凝土与护膜之间形成良好的粘结力提供保障。

脱脂清洁的具体步骤包括：首先，使用高压水枪对防渗帷幕表面进行冲洗，去除表面的松散污垢和部分油脂；其次，应用适当的化学溶剂对难以清除的污渍进行浸泡或喷涂，软化并分解这些污垢；接着，采用机械方式如刷洗或者砂轮机打磨，对残留的污垢进行物理去除；最后，再次使用高

压水枪彻底冲洗，确保所有的化学溶剂和机械作用下产生的细小颗粒都被清除干净。

在整个脱脂清洁过程中，需要注意的是选择合适的清洁剂和操作方法，避免对防渗帷幕材料造成损伤。同时，清洁过程中产生的废弃物需要按照环保要求进行处理，减少对环境的影响。

通过上述步骤的严格执行，可以显著提升防渗帷幕的表面质量，为后续的混凝土灌浆和大坝防渗工程的顺利进行奠定坚实基础。此外，良好的脱脂清洁不仅能够提高灌浆质量，还能延长大坝防渗帷幕的使用寿命，降低后期维护成本。

## 2 混凝土配制与运输

### 2.1 混凝土材料选择

水库大坝防渗帷幕灌浆工程的成功，在很大程度上依赖于混凝土材料的质量。合适的混凝土材料不仅能提高工程的耐久性和稳定性，还能确保防渗效果达到设计要求。在选择混凝土材料时，需考虑以下几个关键因素：

(1) **强度等级：**根据大坝防渗帷幕的承载力要求，选择相应强度等级的混凝土材料。一般而言，高强度混凝土有助于提升结构的整体稳定性和抗压能力。

(2) **耐久性：**选用耐酸碱、耐冻融循环的混凝土材料，可以有效延长大坝防渗帷幕的使用寿命，减少维修和更换的频率。

(3) **流动性与可泵送性：**优良的混凝土流动性有利于灌浆过程中的均匀填充，避免出现气泡或孔洞。同时，混凝土应具备良好的可泵送性，以便于运输和施工。

(4) **环境适应性：**根据施工地点的环境特点（如温度、湿度、海拔等），选择适应性强的混凝土材料，确保其在各种环境条件下都能保持良好的性能。

(5) **添加剂的使用：**通过合理使用外加剂，如减水剂、引气剂、早强剂等，可以调整混凝土的工作性能，提高其综合性能。但需注意添加剂的使用比例和方式，避免影响最终混凝土的性能。

### 2.2 混凝土搅拌工艺

混凝土搅拌的首要任务是均匀分布所有材料，包括水泥、砂、石子和必要时添加的外加剂。这一过程中，充分搅拌可以确保每个成分都能与其他材料充分反应，形成高强度、良好流动性的混凝土体系。为此，采用专业的搅拌设备进行机械搅拌是必须的。

在混凝土搅拌过程中，控制搅拌时间至关重要。搅拌时间过短会导致材料混合不均匀，影响混凝土的整体性能；而搅拌时间过长则可能造成水泥过度水化，降低混凝土的抗压强度。因此，根据混凝土的具体配比和施工环境，科学确定搅拌时间是提升混凝土质量的关键。

除了搅拌时间，搅拌速度也是一个不容忽视的参数。搅拌速度过快或过慢都会影响混凝土的均匀性和工作性。通常，搅拌速度需要在保证混合效果的前提下，尽可能地减少能耗和提高生产效率。

最后, 搅拌完成后的混凝土应进行充分振捣, 以排除混凝土中的空气泡和未混合的颗粒, 确保混凝土密实度。振捣时应注意控制力度和时间, 避免对混凝土结构造成损伤。

### 2.3 混凝土运输与储存

混凝土作为水库大坝防渗帷幕灌浆工程的关键材料, 其运输与储存过程对工程质量和进度具有重要影响。混凝土的运输与储存需遵循严格的技术规范和操作流程, 以确保混凝土的性能不受损害。

混凝土的运输应采用封闭式车辆, 并在运输途中避免剧烈震动和长时间停留, 以防止混凝土分离和凝固。对于远距离运输, 建议使用搅拌站或者配合设立临时搅拌站, 保证混凝土新鲜度。同时, 运输路线应尽可能直接, 减少转弯次数, 避免因绕行导致混凝土凝固。

混凝土的储存也需注意环境条件。储存场地应选择阴凉、干燥且通风良好的地方, 避免雨水侵入。对于超过两小时无法使用的混凝土, 应涂抹一层塑料布覆盖, 防止水分蒸发。此外, 储存位置应保持一定的坡度, 以利于混凝土的均匀凝固。

在储存期间, 还需定期检查混凝土的状态, 包括温度、湿度和稠度等指标。如发现混凝土出现异常, 应立即采取措施, 比如添加外加剂调整性能或更换混凝土。此外, 混凝土的储存容器应保持清洁, 避免污染。

## 3 灌浆工艺

### 3.1 灌浆泵送系统

水库大坝防渗帷幕灌浆工程的泵送系统是确保混凝土高效、均匀输送至施工点的关键技术之一。该系统通常包括泵送设备、管道及其连接件等部分, 能够根据实际需要调整泵送压力和流量, 以适应不同的施工条件和要求。在选择泵送系统时, 需考虑其泵送能力、可靠性、操作便捷性以及维护方便性等因素。

泵送系统中, 泵的选型尤为重要, 泵的功率、流量和扬程应与工程需求相匹配。同时, 泵的运行速度和管路的直径也会影响到混凝土的输送效率和质量。此外, 泵送管道的布置应尽量减少弯曲和长距离传输, 避免混凝土在输送过程中的分层或离析。

泵送系统还需具备良好的密封性能, 防止混凝土泄漏, 确保施工现场的安全。泵送过程中的监控系统也不容忽视, 实时监测泵送压力、流量和温度等参数, 有助于及时调整施工参数, 保证灌浆质量。

### 3.2 灌浆设备与操作

在水库大坝防渗帷幕灌浆工程中, 选择合适的灌浆设备和掌握正确的操作方法是保证灌浆质量和效率的关键。灌浆设备主要包括混凝土搅拌机、输送泵、灌浆泵等, 而操作则涉及到设备的安装、调试以及灌浆过程的监控。

(1) 设备选择: 根据工程规模和特点选择合适的灌浆设备。例如, 对于较小的工程项目, 可以使用便携式混凝土搅拌机; 而对于大型工程, 则需要选用高效能的大型搅拌机和专业的灌浆泵。

(2) 设备安装与调试: 确保所有设备按照厂家的指导手

册进行安装, 并进行充分的调试, 确保设备运行稳定。对于灌浆泵, 还需要确保泵体的位置和高度符合设计要求, 以避免灌浆时出现死角或漏浆现象。

(3) 灌浆操作流程: 灌浆前应进行严格的检查, 包括设备的功能检测、管道的通畅性检查以及预先的试灌。在灌浆过程中, 应根据实际情况调整灌浆速度和压力, 同时注意观察坍落度, 以保证灌浆材料的均匀性和密实性。

(4) 质量控制: 灌浆过程中, 需要定期抽取样品进行质量检测, 包括坍落度、密实度等指标。对于发现的问题, 应立即采取措施进行调整和修正, 确保灌浆质量达到设计要求。

(5) 安全措施: 在操作过程中, 必须严格遵守安全规程, 佩戴相应的安全防护装备, 并做好应急准备, 以防止事故的发生。

通过以上步骤, 可以有效地提升水库大坝防渗帷幕灌浆工程的施工质量和效率, 确保工程的安全性和耐久性。

### 3.3 灌浆质量控制

水库大坝防渗帷幕灌浆工程的质量控制是确保工程安全和延长大坝寿命的关键环节。灌浆质量的好坏直接影响到防渗帷幕的密封性能和耐久性。因此, 在施工过程中应严格按照标准操作程序执行, 并采用先进的检测手段对灌浆质量进行实时监控。

为了确保灌浆材料的均匀性和稳定性, 需要精确配制混凝土, 严格控制水灰比、掺合料比例等参数。在灌浆过程中, 通过使用高效的泵送系统和精确的流量控制设备来保证灌浆速度和压力的一致性, 避免由于操作不当造成的质量问题。

灌浆后, 必须及时进行养护处理, 以防止表面过早干燥导致裂缝的产生。同时, 定期对已完成的防渗帷幕进行检查和评估, 包括裂缝、孔洞等缺陷的检测, 以及对防渗效果的评价。这些检测可以采用超声波探伤、电阻率测试等非破坏性检测方法, 有助于及时发现问题并采取相应的修复措施。

最后, 对所有施工人员进行专业培训, 确保他们熟悉灌浆技术和质量控制流程, 能够正确理解和执行施工标准, 是保障灌浆质量的重要环节。通过上述措施的综合运用, 可以有效地控制水库大坝防渗帷幕灌浆工程的质量, 确保工程的长期稳定性和安全性。

## 总结

本文研究围绕水库大坝防渗帷幕灌浆工程施工的关键技术进行探讨, 旨在为水库大坝建设提供科学合理的技术支持, 促进水库大坝建设的健康发展, 具有较高的理论研究和应用价值。

### [参考文献]

- [1]黄景星.大坝帷幕灌浆施工工艺[J].河南水利与南水北调, 2019(10).
- [2]王飞虎.水利水库工程帷幕灌浆施工技术分析[J].江西建材, 2021(07).
- [3]罗林, 蒋聪.水电站大坝基础帷幕灌浆施工分析[J].价值工程, 2020(11).