

水利水电施工中灌浆施工

张怀德 孙冬琳

封丘县水利局 河南 新乡 453300

摘要: 水利水电施工中, 灌浆施工至关重要。本文阐述其定义、原理, 介绍多种分类与应用场景。详细说明核心流程, 涵盖施工准备、钻孔、裂隙冲洗等环节。探讨关键技术要点, 包括浆液材料、压力流量控制及特殊地质处理。同时建立质量控制体系, 提出安全管理措施, 为保障水利水电工程灌浆施工质量与安全提供参考。

关键词: 水利水电施工; 灌浆施工; 核心流程; 关键技术; 质量控制

引言: 在水利水电工程建设里, 工程结构的安全性与稳定性是重中之重。灌浆施工作为保障这一特性的关键工程技术, 在土木、水利等诸多领域广泛应用。通过将特定浆液注入地基等部位, 实现填充、胶结、防渗等目的。深入探究灌浆施工的基础理论、核心流程、关键技术要点以及质量控制与安全管理, 对提升水利水电工程整体质量, 推动行业健康发展意义重大。

1 灌浆施工基础理论

1.1 灌浆施工的定义与原理

灌浆施工是一种将具备流动特性与凝胶特性的浆液, 借助压力作用注入地基、缝隙或者接缝等部位, 以此达成填充、胶结、防渗或者固化目的的工程技术过程^[1]。这一过程在土木工程、水利工程等诸多领域都有着极为广泛的应用, 对于保障工程结构的安全性与稳定性意义重大。灌浆施工的原理主要基于浆液的物理化学性质。当浆液在压力驱动下, 会渗透进入目标介质内部, 并随着压力的持续作用不断扩散。在扩散过程中, 浆液与周围介质发生相互作用, 逐渐固化形成稳定的结构体。这种结构体不仅能够填充缝隙、增强地基或岩体的强度, 还能有效阻止水分渗透, 起到防渗的作用。

1.2 灌浆施工的分类与应用场景

从功能角度划分, 灌浆施工可分为多种类型。帷幕灌浆主要用于防渗, 通过在地基中形成一道连续的防渗帷幕, 阻止地下水渗透, 保障工程安全。固结灌浆则侧重于增强岩体的强度, 通过注入浆液使岩体内部颗粒胶结在一起, 提高整体稳定性。接触灌浆用于处理混凝土与基岩的结合面, 确保两者紧密连接, 避免出现松动或滑移。回填灌浆则针对混凝土未密实区域进行填充, 提高混凝土的密实度和整体性能。从施工方式来看, 纯压式灌浆是直接浆液注入目标部位, 操作相对简单。循环式灌浆则让浆液在系统中循环流动, 有助于提高灌注效果, 确保浆液充分填充缝隙。高压喷射灌浆则是利用

高压水流破坏土体结构后, 再注入浆液进行固化, 适用于处理较为复杂的土体条件。

2 灌浆施工核心流程

2.1 施工准备阶段

在开展灌浆施工前, 细致的现场勘察与地质分析必不可少。这一环节需要全面了解施工区域的地质条件, 包括岩石的种类、硬度, 裂隙的发育程度, 以及地下水的分布状况等。这些信息为后续施工方案的制定提供了关键依据。基于现场勘察结果, 结合工程的具体需求, 精心设计施工方案。方案中需明确灌浆孔的布置方式、钻孔深度、孔间距, 以及灌浆过程中所需的关键参数, 如浆液类型、灌浆压力等。这些参数的合理设定, 直接关系到灌浆施工的效果与质量。材料与设备的准备同样不容忽视。根据施工方案, 选择适宜的浆液材料, 如水泥浆液、化学浆液等, 并确保材料质量符合标准。同时准备好搅拌设备, 用于均匀搅拌浆液, 以及灌浆泵, 用于将浆液准确注入孔内。此外, 还需配备监测仪器, 用于实时监测施工过程中的各项参数, 确保施工安全与质量。

2.2 钻孔施工

钻孔施工是灌浆施工的关键环节之一, 钻孔设备的选择需充分考虑地质条件。在坚硬岩石地层中, 金刚石钻头凭借其高硬度与耐磨性, 能够高效破碎岩石, 保证钻孔进度; 而在软弱地层或土层中, 回转钻机则更为适用, 通过旋转钻头实现钻孔, 操作灵活且适应性强。

钻孔精度控制是确保施工质量的核心要素。严格控制孔位偏差, 确保每个灌浆孔的位置与设计位置偏差在允许范围内, 避免因孔位偏差导致灌浆范围重叠或遗漏; 精确控制孔深误差, 保证钻孔深度达到设计要求, 使浆液能够灌注到目标层位; 确保孔径符合设计标准, 为浆液的顺利灌注创造良好条件^[2]。在钻孔过程中, 实时监测与记录至关重要。详细记录钻孔进度, 掌握每个钻孔的施工时间与深度变化; 关注岩芯采取率, 通过分

析岩芯的岩性、结构等信息,进一步了解地层情况,为后续施工调整提供参考;及时记录孔内异常情况,如卡钻、掉块、涌水等,以便迅速采取应对措施,保障钻孔施工的顺利进行。

2.3 裂隙冲洗与压水试验

裂隙冲洗是提高灌浆质量的重要步骤。采用高压水对孔内进行冲洗,利用高压水流强大的冲击力,清除孔内残留的岩粉、杂质以及松散的岩石碎块,使裂隙表面清洁,增强浆液与岩石之间的胶结度,提高灌浆体的整体强度与稳定性。对于一些特殊地质条件或顽固污渍,可适当使用化学清洗剂辅助清洗,但需注意清洗剂的环保性与对岩石的腐蚀性。压水试验旨在测定地层的渗透特性。通过向孔内注入一定压力的水,观察单位时间内水的渗透量,计算地层的渗透系数,准确掌握地层的透水性。试验结果为灌浆参数的设计提供重要依据,根据渗透系数的大小,合理调整灌浆压力、浆液浓度等参数,确保灌浆施工能够达到预期的防渗或加固效果。

2.4 灌浆施工

灌浆方法的选择需综合考量地质条件、灌浆目的以及施工条件。若地层裂隙较大且分布均匀,可采用纯压式灌浆,浆液单向注入,操作简单,适用于吸浆量较小的区域;若地层复杂、裂隙不均匀,循环式灌浆更为合适,浆液在孔内循环流动,通过进浆与回浆的比重差判断吸浆情况。对于深孔或质量要求较高的工程,分段式灌浆可有效控制质量,自上而下或自下而上分段钻灌,每段长度一般控制在3米至5米。浆液配制与调整是关键环节。根据吸浆量变化及时调整浆液浓度:初期吸浆量较大,可采用较稀浆液提高流动性,扩大扩散范围,水灰比可设为1至1.5;随着吸浆量减小,逐步增加浆液浓度,保证填充密实,后期水灰比可调为0.5至0.8。通过动态调整实现效果优化。灌浆压力控制直接关系到施工质量与安全。根据地层特性与灌浆阶段逐步提升压力:初期采用较低压力使浆液顺利进入裂隙;随后逐渐增加压力提高填充能力,但需严格控制上限,避免因压力过高导致地面抬动或破坏周边结构。

2.5 封孔与质量检查

封孔是最后一道工序,旨在封闭孔口、防止浆液流失,保证灌浆体完整。可采用纯压式灌浆封孔法,注入较浓浆液,利用自重与压力封闭孔口,压力一般设为0.5至1兆帕,时间不少于10分钟;也可采用机械封孔法严密堵口。无论何种方法,均需确保封孔质量,避免渗漏。质量检查是验证施工效果的重要手段:通过钻孔取芯直观观察灌浆体内部结构、填充情况及胶结程度;进行压

水试验检测地层渗透系数,判断防渗效果,试验压力一般为0.1至0.2兆帕;采用声波检测评估灌浆体密实度与均匀性,声波频率一般设为20至100千赫。综合多种检测结果,全面准确评价施工质量,为工程长期稳定运行提供保障。

3 灌浆施工关键技术要点

3.1 浆液材料选择与配比

在灌浆施工中,浆液材料选择与配比决定工程质量。水泥基浆液凭借自身优势,成为大多数地质条件下的首选。这类浆液成本相对较低,固化后强度较高,能满足一般工程对结构稳定性的要求。无论是岩石地基加固,还是土坝防渗处理,水泥基浆液都能发挥良好作用。化学浆液适用于特殊情况^[3]。当地层存在细小裂隙,普通水泥基浆液难以深入填充时,化学浆液能展现独特价值。其渗透性极强,能顺着细小裂隙渗透至较深部位,有效提高地层整体性。而且,化学浆液固化时间可依实际需求调整,为施工安排提供更大灵活性。浆液配比优化是提升灌浆效果的关键。需依据具体地质条件及灌浆目的,精准调整水灰比。若地层透水性强,可适当降低水灰比,增加浆液浓度,提高防渗性能;若地层松散,可适当增大水灰比,增强浆液流动性,便于扩散填充。合理选择添加剂种类并确定掺量也至关重要。例如,添加减水剂可减少用水量,提高浆液强度;添加早强剂可缩短固化时间,加快施工进度。

3.2 灌浆压力与流量控制

灌浆压力与流量控制是确保灌浆施工安全与质量的核心要素。压力控制需遵循循序渐进的原则。在灌浆初期,地层尚未完全适应浆液的注入,此时应采用较低压力,使浆液缓慢渗透,避免压力突变对地层造成破坏。随着灌浆的推进,地层逐渐被浆液填充,可逐步提升压力,提高浆液的填充能力。流量监测与调整同样不容忽视。实时监测灌浆流量,能够及时掌握地层的吸浆情况。若吸浆量较大,说明地层空隙较多,可适当增加流量,加快灌浆速度;若吸浆量较小,则需减少流量,避免浆液在孔内积聚,造成压力过大。通过动态调整灌浆参数,实现灌浆过程的精准控制。一般灌浆流量控制在5升每秒至20升每秒,根据吸浆量情况在2升每秒至30升每秒范围内调整。

3.3 特殊地质条件下的灌浆技术

面对特殊地质条件,需采用针对性的灌浆技术。在岩溶地区,溶洞的存在给灌浆施工带来极大挑战。模袋灌浆技术可将浆液注入模袋中,利用模袋的约束作用,使浆液在溶洞内形成稳定的填充体;填充级配料技术

则是向溶洞内填充不同粒径的骨料,再注入浆液进行胶结,有效处理溶洞问题。填充级配料中,骨料粒径一般分为5毫米至20毫米、20毫米至50毫米、50毫米至100毫米等不同规格。破碎带地层稳定性差,易发生坍塌。采用速凝浆液护壁技术,可使浆液迅速凝固,在孔壁形成一层保护壳,防止孔壁坍塌;短进尺多循环灌浆法通过缩短每次钻孔深度,增加灌浆次数,确保破碎带地层的加固效果。短进尺多循环灌浆法中,每次钻孔深度控制在1米至2米。高渗透地层浆液流失严重。高压喷射灌浆技术利用高压射流冲击地层,破坏土体结构,同时注入浆液,形成防渗固结体,有效解决高渗透地层的灌浆难题。

4 灌浆施工质量控制与安全管理

4.1 质量控制体系建立

在灌浆施工中,建立完善的质量控制体系是保障工程质量的关键。首先要制定科学合理的质量控制标准。明确灌浆材料的质量要求,包括水泥的强度等级、化学浆液的各项性能指标等,确保材料符合工程需求。对施工工艺进行详细规范,从钻孔的精度到灌浆的压力、流量控制,每个环节都设定明确的标准。同时制定严格的质量检查标准,涵盖施工过程中的各项检测指标以及完工后的验收标准^[4]。实施全过程监控是质量控制的重要手段。借助智能灌浆记录仪、高精度监测仪器等先进设备,对施工参数进行实时监测。智能灌浆记录仪能够准确记录灌浆压力、流量、时间等关键数据,监测仪器可实时反馈地层的变化情况。通过这些设备,及时发现施工过程中的偏差,以便迅速调整施工参数,保证施工质量始终处于可控状态。建立质量追溯机制同样不可或缺。对施工过程进行全面、详细的记录,包括每个环节的操作人员、施工时间、使用的材料及设备等信息。一旦出现质量问题,能够迅速追溯到具体环节,分析问题产生的原因,为后续的整改和预防提供依据,避免类似问题再次发生。

4.2 安全管理措施

安全管理是灌浆施工顺利进行的保障。开展施工安全教育是提升安全意识的基础。对所有施工人员进行安全操作规程培训,使其熟悉施工过程中可能存在的危险因素及应对方法,掌握正确的操作技能,从思想上重视安全,从行动上遵守安全规定。加强现场安全管理是营造安全施工环境的关键。在施工现场设置明显的安全警示标志,提醒施工人员注意安全。配备齐全的安全防护设备,如安全帽、安全带、防护手套等,并确保施工人员正确佩戴使用。定期对施工设备进行检查维护,保证设备的安全运行。制定应急预案是应对突发事件的有效措施。针对灌浆过程中可能发生的灌浆中断、串浆、冒浆等事故,提前制定详细的应急预案。明确应急处理流程、责任分工以及所需的应急物资和设备,确保在事故发生时能够迅速、有序地进行处理,将事故损失降到最低。

结束语

水利水电施工中的灌浆施工,涉及多方面知识与技术。从基础理论到核心流程,从关键技术要点到质量控制与安全管理,每个环节都紧密相连、相互影响。只有全面掌握并精准运用这些内容,严格把控施工各环节,才能确保灌浆施工质量达标、安全可靠,为水利水电工程的长期稳定运行筑牢坚实基础,推动行业持续进步。

参考文献

- [1]杜翔宇.水利水电施工中的高压喷射灌浆技术解析[J].智能城市,2021,7(06):45-46.
- [2]苑广会.高压喷射灌浆技术在水利水电施工中的应用[J].云南水力发电,2022,38(10):234-236.
- [3]李星星.水利水电工程隧洞回填灌浆和固结灌浆施工技术与管理探讨[J].工程设计与设计,2025,(10):149-151.
- [4]庞婧婧.水利水电工程施工中帷幕灌浆施工技术的探讨[J].中国住宅设施,2025,(03):146-148.