

抽水蓄能电站大坝填筑施工技术研究

汪 鹏

中国水利水电第四工程局有限公司 青海 西宁 810000

摘 要：本文聚焦抽水蓄能电站大坝填筑施工技术展开深入研究。通过对抽水蓄能电站大坝填筑工程特点的分析，详细阐述了施工前的各项准备工作，包括场地规划、材料选择与检验等。深入探讨了填筑施工过程中的关键技术，如分层填筑、压实控制等，并针对施工中可能出现的质量问题提出相应的控制措施。最后，结合实际工程案例对研究成果进行验证，旨在为抽水蓄能电站大坝填筑施工提供科学、有效的技术指导，保障大坝填筑质量与工程安全。

关键词：抽水蓄能电站；大坝填筑；施工技术；质量控制

1 抽水蓄能电站大坝填筑工程特点

1.1 地质条件复杂

抽水蓄能电站通常选址于山区，地形起伏较大，地质条件复杂多变。大坝基础可能存在软弱夹层、断层破碎带等不良地质构造，这给大坝填筑施工带来了极大的挑战。在施工过程中，需要对基础进行妥善处理，确保大坝填筑体与基础之间的良好结合，防止因基础不均匀沉降而导致大坝出现裂缝、渗漏等质量问题。

1.2 填筑材料要求高

为保证大坝的强度、稳定性和抗渗性，对填筑材料的质量要求极为严格。填筑材料不仅需要具备足够的颗粒级配、良好的压实性能，还应具有较低的压缩性和较高的抗剪强度。同时，由于抽水蓄能电站大坝的特殊工况，填筑材料还需满足一定的耐久性要求，以抵抗水流冲刷、冻融循环等外界因素的影响。

1.3 施工工期紧张

抽水蓄能电站建设通常具有明确的工期要求，大坝填筑作为工程建设的关键线路之一，其施工工期往往较为紧张。在有限的时间内完成大量填筑作业，需要合理安排施工顺序、优化施工方案，提高施工效率，确保工程按计划顺利推进。

1.4 环保要求严格

抽水蓄能电站大多位于生态环境较为敏感的区域，大坝填筑施工过程中不可避免地会对周边环境产生一定影响。因此，在施工过程中需要严格遵守环保法规，采取有效的环保措施，减少施工扬尘、废水排放和噪声污染，保护生态环境，实现工程建设与环境保护的协调发展。

2 施工前准备工作

2.1 场地规划与布置

合理的场地规划是大坝填筑施工顺利进行的基础。在施工前，应根据工程规模、施工工艺和运输要求，对

施工场地进行科学规划。这包括确定填筑材料的堆放场地、施工机械的停放与行驶路线、排水系统的布置以及临时设施的建设等。填筑材料堆放场地应选择在地势平坦、排水良好的区域，并设置合理的堆放高度和坡度，防止材料滑坡和流失。不同种类的填筑材料应分开堆放，并设置明显的标识，避免混淆使用。施工机械的停放与行驶路线应尽量缩短运输距离，提高运输效率，同时避免对已填筑区域造成破坏。在规划行驶路线时，应考虑机械的转弯半径和爬坡能力等因素。排水系统的布置应确保施工场地内的雨水和生活污水能够及时排出，防止积水影响施工进度和质量^[1]。排水系统可采用明沟、暗管等形式，根据地形和排水量进行合理设计。临时设施的建设应满足施工人员的生活和办公需求，同时要符合安全和环保要求。

2.2 材料选择与检验

填筑材料的质量直接影响大坝的填筑质量。在选择填筑材料时，应充分考虑材料的物理力学性质、开采条件和经济性等因素。常用的填筑材料包括土料、石料和砂砾料等。土料应选择黏性适中、含水量合适的土料，避免使用有机质含量过高、膨胀性较大的土料。有机质含量过高的土料在分解过程中会产生气体，导致大坝内部出现空洞，影响大坝的强度和稳定性。膨胀性较大的土料在吸水后会膨胀，失水后会收缩，容易引起大坝的开裂和变形。石料应具有足够的强度和耐久性，粒径应符合设计要求。石料的强度不足会导致大坝在承受水压力和其他荷载时发生破坏，粒径不符合要求会影响大坝的压实效果和稳定性。砂砾料应具有良好的级配，含泥量应控制在允许范围内。良好的级配能够使砂砾料在压实过程中形成紧密的结构，提高大坝的密实度和抗渗性。在材料进场前，应严格按照相关标准和规范对材料进行检验。检验内容包括材料的颗粒分析、含水量、密

度、强度等指标。只有检验合格的材料才能进入施工现场使用。同时,应建立材料追溯制度,对每一批次的材料进行详细记录,包括材料的来源、检验报告、使用部位等信息,以便在出现问题时能够及时追溯和处理。

2.3 施工机械选型与配套

施工机械的选型与配套直接影响施工效率和质量。根据大坝填筑的工程量 and 施工工艺要求,应选择合适的施工机械。常用的填筑施工机械包括挖掘机、装载机、自卸汽车、推土机、振动碾等。挖掘机和装载机用于材料的开挖和装载,应根据材料的性质和开挖深度选择合适型号的挖掘机和装载机。自卸汽车用于材料的运输,其载重量和数量应根据运输距离和填筑强度进行合理确定。运输距离较远时,应选择载重量较大的自卸汽车,以减少运输次数,提高运输效率。推土机用于材料的平整和摊铺,应选择功率适中、操作灵活的推土机。振动碾用于材料的压实,应根据填筑材料的性质和压实要求选择合适型号的振动碾。对于土料填筑,一般采用振动凸块碾;对于石料填筑,可采用拖式振动碾或自行式振动碾。在选型时,应考虑机械的性能参数、工作效率和可靠性等因素^[2]。同时,应根据施工进度要求,合理确定机械的数量和配套关系,确保各施工环节能够紧密衔接,提高施工效率。此外,还应定期对施工机械进行维护和保养,保证机械的正常运行,减少因机械故障导致的施工延误。建立完善的机械维护管理制度,定期对机械进行检查、保养和维修,及时更换磨损的零部件。

3 填筑施工关键技术

3.1 分层填筑技术

分层填筑是大坝填筑施工的基本方法。根据设计要求和填筑材料的性质,将大坝填筑区域划分为若干个填筑层,每层填筑厚度应根据压实设备的性能和填筑材料的特性确定。一般来说,土料填筑层厚度宜控制在20-30cm,石料填筑层厚度宜控制在80-100cm。在分层填筑过程中,应严格按照设计边坡坡度进行填筑,确保大坝的几何尺寸符合设计要求。每层填筑前,应对下层表面进行清理和处理,去除杂物和松散土石,保证上下层之间的良好结合。如果下层表面存在坑洼不平的情况,应进行平整处理,避免在填筑过程中出现架空现象。填筑时,应采用进占法或后退法进行卸料,避免汽车直接在已填筑层上行驶,减少对已填筑层的破坏。进占法是指汽车从填筑区的一端开始,边卸料边向前行驶,将材料逐渐推进填筑区;后退法是指汽车从填筑区的边缘开始,卸料后向后倒退行驶,再进行下一次卸料。在实际施工中,可根据现场情况选择合适的卸料方法。

3.2 压实控制技术

压实是大坝填筑施工的关键环节,直接影响大坝的密实度和强度。在压实过程中,应根据填筑材料的性质和压实设备的性能,选择合适的压实参数,包括压实遍数、压实速度和振动频率等。对于土料填筑,一般采用振动碾进行压实。在压实过程中,应先静压1-2遍,使填筑层表面平整,减少表面的凹凸不平,然后再进行振动压实。振动压实遍数应根据现场试验确定,一般不少于6-8遍。压实速度应控制在2-3km/h,振动频率应根据填筑材料的性质进行调整。如果压实速度过快,会导致压实不均匀,影响压实效果;如果振动频率不合适,可能无法达到良好的压实效果。对于石料填筑,可采用振动凸块碾或拖式振动碾进行压实。压实过程中,应采用错距法进行碾压,确保每个部位都能得到充分压实。石料填筑的压实遍数应根据填筑层的厚度和石料的性质确定,一般不少于8-10遍。错距法是指碾压设备在碾压过程中,每次碾压的重叠宽度为一定值,通过多次碾压使整个填筑层都能得到压实。在压实过程中,应定期对填筑层的压实度进行检测。常用的检测方法有灌砂法、环刀法和核子密度仪法等。灌砂法是通过将标准砂灌入试坑中,根据标准砂的质量和密度计算出试坑的体积,进而得到填筑层的干密度和压实度;环刀法是用环刀取样,测定填筑层的湿密度和含水量,再计算出干密度和压实度;核子密度仪法是利用放射性元素测量填筑层的密度和含水量,具有快速、准确等优点。通过检测结果及时调整压实参数,确保填筑层的压实度达到设计要求。

3.3 结合面处理技术

大坝填筑过程中会存在多种结合面,如新老填筑层结合面、不同材料填筑层结合面等。结合面的处理质量直接影响大坝的整体性和稳定性。对于新老填筑层结合面,在填筑新层前,应对老层表面进行刨毛处理,刨毛深度不宜小于3-5cm,并清除表面的浮土和杂物。刨毛处理可以增加新老层之间的摩擦力,提高结合面的粘结强度。然后洒水湿润,使老层表面含水量达到适宜状态,再进行新层的填筑和压实。洒水湿润的目的是防止老层吸收新层填筑材料中的水分,影响新层的压实效果。对于不同材料填筑层结合面,应在结合面处设置过渡层。过渡层的材料应选用级配良好的混合料,其厚度应根据两种材料的性质和设计要求确定。过渡层的填筑应与上下层填筑同步进行,确保结合面的良好过渡和整体稳定性。例如,在土料和石料填筑层之间设置过渡层,过渡层可以采用由细到粗的砂砾料,以减少两种材料之间的应力集中,提高结合面的抗剪强度。

4 施工质量控制措施

4.1 建立质量管理体系

建立完善的质量管理体系是保障大坝填筑施工质量的重要基础。施工单位应按照相关标准和规范的要求,制定详细的质量管理制度和质量计划,明确各部门和人员的质量职责,将质量管理工作落实到每一个施工环节。质量管理制度应包括质量目标管理、质量检查制度、质量奖惩制度等内容。质量目标管理应明确大坝填筑施工的质量目标,如压实度、强度等指标的要求。质量检查制度应规定质量检查的频率、方法和标准,确保施工过程中的质量问题能够及时发现和处理。质量奖惩制度应激励施工人员积极参与质量管理工作,对质量工作表现优秀的部门和个人进行奖励,对出现质量问题的部门和个人进行处罚。同时,应加强对施工人员的质量培训,提高施工人员的质量意识和操作技能。培训内容应包括填筑材料的质量要求、施工工艺的操作要点、质量检验的方法等方面。

4.2 加强施工过程质量检查

在施工过程中,应加强对各施工环节的质量检查。质量检查应包括原材料检验、施工工艺检查和成品质量检验等。原材料检验应严格按照检验批次进行,确保进场材料的质量合格。对于每一批次的填筑材料,都应进行颗粒分析、含水量、密度、强度等指标的检测,只有检测合格的材料才能进入施工现场使用。施工工艺检查应重点检查分层填筑厚度、压实参数、结合面处理等是否符合设计要求和施工规范。在分层填筑过程中,应使用测量工具定期检查填筑厚度,确保每层填筑厚度符合设计要求。在压实过程中,应检查压实设备的运行参数,如压实遍数、压实速度、振动频率等,确保压实参数符合规定。对于结合面处理,应检查刨毛深度、洒水湿润情况、过渡层设置等是否符合要求^[1]。成品质量检验应在每层填筑完成后进行,通过检测压实度、密度、强度等指标,评估填筑层的质量是否达标。对于检测不合格的填筑层,应及时分析原因,采取有效的整改措施进行处理,如重新压实、补充填筑材料等,确保施工质量始终处于受控状态。

4.3 应对特殊情况的质量控制

在大坝填筑施工过程中,可能会遇到一些特殊情

况,如降雨、低温等。针对这些特殊情况,应制定相应的质量控制措施。在降雨天气,应暂停填筑施工,并对已填筑层采取覆盖防护措施,防止雨水冲刷导致填筑层质量下降。覆盖材料可以采用塑料薄膜、防雨布等,确保已填筑层不被雨水浸泡。雨后复工前,应对填筑层表面进行检查,如发现积水、松散等情况,应及时进行处理。对于积水,应采用排水设备将水排出;对于松散层,应进行清除和重新填筑压实,待填筑层含水量符合要求后,方可继续施工。在低温环境下施工时,应采取保温措施,防止填筑材料冻结。对于土料填筑,可在填筑前对土料进行预热处理,提高土料的温度。预热方法可以采用在土料堆上覆盖保温材料、使用加热设备等。在压实过程中,应适当增加压实遍数,确保填筑层的压实质量。由于低温环境下土料的塑性降低,需要增加压实遍数才能使土料达到足够的密实度。同时,应加强对低温施工过程的质量监测,及时调整施工工艺和参数,保障施工质量。例如,定期检测填筑层的温度和压实度,根据检测结果调整预热措施和压实参数。

结束语

随着抽水蓄能电站建设的不断发展,大坝填筑施工技术也将不断创新和完善。未来的研究可以进一步关注以下几个方面:新型填筑材料的研发与应用,探索更加环保、高性能的填筑材料,提高大坝的耐久性和安全性。智能化施工技术的应用,利用物联网、大数据、人工智能等技术手段,实现对大坝填筑施工过程的实时监测和智能控制,提高施工效率和质量。绿色施工理念的深入推广,在施工过程中更加注重生态环境保护,减少施工对周边环境的影响,实现工程建设与环境保护的和谐共生。

参考文献

- [1]张利荣,严匡柠,张孟军.大型抽水蓄能电站渗控工程施工关键技术[C]//中国水力发电工程学会.中国水力发电工程学会,2015.
- [2]文多志.浅谈水电站大坝帷幕灌浆施工技术[J].低碳世界,2016(17):53-54.
- [3]周强.帷幕灌浆施工技术在水工建筑工程施工中的运用[J].建材发展导向(下),2020,018(005):178.