

水利工程大坝施工中碾压混凝土施工技术

陈福来

青田县水利局 浙江 丽水 323900

摘要: 水利工程大坝施工中, 碾压混凝土施工技术兼具混凝土高强度与土石坝施工高效经济优势。本文阐述其基础理论, 包括定义、材料组成、性能要求与核心原理; 介绍施工工艺, 涵盖前期准备、拌和运输、平仓碾压等环节; 探讨施工质量控制, 涉及体系构建、全过程控制要点及检测技术方法。旨在为水利工程大坝碾压混凝土施工提供理论与实践指导, 保障施工质量与工程效益。

关键词: 水利工程; 大坝施工; 碾压混凝土; 施工技术; 质量控制

引言: 在水利工程领域, 大坝作为关键建筑物, 其施工质量关乎工程安全与效益。传统混凝土施工方式在大坝建设中存在一定局限, 而碾压混凝土施工技术凭借独特优势, 逐渐成为大坝施工的主流选择。该技术不仅能有效缩短施工周期、降低造价, 还能满足水利工程对结构性能的严苛要求。深入研究水利工程大坝碾压混凝土施工技术, 对于提升工程质量、推动水利行业发展具有重要意义。

1 碾压混凝土施工技术的基础理论

1.1 碾压混凝土的定义

碾压混凝土是一种采用低水胶比、干硬性的混凝土拌合物, 通过振动碾压设备压实成型的特殊混凝土材料, 兼具混凝土高强度、高耐久性与土石坝施工高效、经济的双重优势。其核心特征表现为坍落度接近于零, 需借助外力碾压才能达到密实状态, 与常规塑性混凝土相比, 具有胶凝材料用量少、水化热低、收缩变形小等特点。在水利工程领域, 碾压混凝土被广泛应用于大坝主体结构, 可有效缩短施工周期、降低工程造价^[1]。从材料本质来看, 它是骨料、胶凝材料、水及外加剂等组分的优化组合体, 经碾压密实后形成连续、均匀的整体结构, 能够满足水利工程对结构承载力、抗渗性、抗冻性等核心性能的严苛要求, 是现代水利工程建设中极具代表性的新型建筑材料。

1.2 碾压混凝土的材料组成与性能要求

碾压混凝土的材料组成主要包括粗骨料、细骨料、胶凝材料、拌和水及外加剂五大核心组分。粗骨料优先选用质地坚硬、级配良好的岩石颗粒, 粒径需符合施工规范要求, 以保证混凝土的密实度和强度; 细骨料宜采用天然砂或人工砂, 含泥量需严格控制在规定范围内, 避免影响骨料与胶凝材料的粘结性能。胶凝材料通常由水泥、粉煤灰、矿渣粉等混合而成, 其中粉煤灰等掺合料的合理掺入可降低水化热、改善工作性。性能要求方

面, 工作性需满足碾压施工需求, 具备良好的可碾性和均匀性; 强度需根据工程等级确定, 确保结构承载安全; 抗渗性、抗冻性需适配水利工程长期涉水的工作环境, 防止渗漏和冻融破坏; 同时需具备较低的水化热温升和良好的体积稳定性, 减少温度裂缝和收缩裂缝的产生。

1.3 碾压混凝土施工的核心原理

碾压混凝土施工的核心原理是通过优化材料配合比形成干硬性拌合物, 借助振动碾压设备施加的动能, 使拌合物颗粒发生位移、重新排列, 排出内部空隙, 实现密实成型。其本质是利用机械碾压作用克服拌合物内部颗粒间的摩擦力和粘聚力, 让骨料紧密堆积, 胶凝材料浆体均匀包裹骨料表面, 形成结构致密、强度稳定的混凝土实体。在碾压过程中, 振动荷载可使拌合物处于暂时的液化状态, 进一步促进颗粒间的密实填充, 待振动停止后, 拌合物迅速恢复固态, 完成成型固化。核心理念还体现在“干硬密实、分层碾压、整体成型”的施工理念上, 通过分层铺筑、分层碾压, 确保各层面之间紧密结合, 形成连续的整体结构, 同时利用低水胶比特性降低水化热, 减少温度应力, 保障混凝土结构的长期稳定性和耐久性, 契合水利工程大坝等大型结构的施工需求。

2 水利工程大坝碾压混凝土施工工艺

2.1 施工前期准备

水利工程大坝碾压混凝土施工前期准备工作涵盖技术准备、场地准备、设备准备及材料准备四大核心环节, 是保障施工顺利开展的基础。技术准备需完成施工图纸会审、施工方案编制与审批、配合比优化试验、技术交底等工作, 明确施工参数、质量标准及安全要求。场地准备主要包括坝基开挖清理、基础处理、施工道路修建、料场平整与排水系统布设, 坝基需清理至设计高程, 确保基底坚实、平整, 无杂物和软弱夹层; 施工道路需满足运输车辆通行要求, 料场需划分不同区域, 实现材料

分类堆放^[2]。设备准备需配备拌和设备、运输车辆、平仓设备、碾压设备及检测设备,并完成设备调试与维护,确保设备性能稳定。材料准备需提前储备骨料、胶凝材料、外加剂等,完成材料进场检验,确保材料质量符合要求。

2.2 碾压混凝土拌和与运输

碾压混凝土拌和与运输是保障施工质量的关键环节,直接影响拌合物的工作性和均匀性。拌和环节需采用强制式拌和机,严格按照经试验确定的配合比精准计量各种原材料,拌和顺序通常为骨料→胶凝材料→水及外加剂,拌和时间需控制在合理范围,确保拌合物均匀一致,无离析、泌水现象。拌和过程中需实时监测拌合物的含水率、工作性等指标,根据环境温度和材料含水率变化及时调整用水量。运输环节需选用密闭式运输车辆,防止拌合物在运输过程中发生离析、失水或混入杂物,运输道路需平整、通畅,减少颠簸,运输时间需严格控制,避免拌合物在运输过程中初凝。运输车辆进场后,需对拌合物进行二次检测,合格后方可卸料,同时需做好运输车辆的清洗与维护工作,保障运输效率和拌合物质量。

2.3 碾压混凝土平仓与碾压

平仓与碾压是碾压混凝土成型的核心工序,直接决定混凝土的密实度和结构强度。平仓工作需在拌合物卸料后及时开展,通常采用平仓机或推土机进行,平仓厚度需严格按照施工方案执行,一般控制在20~30cm,平仓过程中需确保铺筑均匀,无堆积、凹陷现象,同时及时清除拌合物中的杂物和超大粒径骨料,避免影响碾压效果。碾压环节需选用高频振动压路机,碾压顺序遵循“先轻后重、先慢后快、先边后中、先低后高”的原则,采用错距碾压方式,确保碾压无死角。碾压遍数需根据试验确定,一般包括初压、复压和终压,初压主要平整表面,复压确保密实度,终压消除碾压痕迹。碾压过程中需实时监测碾压效果,通过检查压实度、表观质量等指标判断是否达到设计要求,若出现局部压实不足,需及时补压,确保混凝土整体密实均匀。

2.4 施工缝与层面处理

施工缝与层面处理是保障碾压混凝土大坝整体性的关键技术举措。由于碾压混凝土采用分层铺筑的方式进行施工,层面结合质量的好坏会直接对大坝的抗渗性和结构稳定性产生影响。若层面处理不当,大坝就可能出现渗漏问题,甚至危及结构安全。施工缝处理有着严格的要求,必须在混凝土初凝前完成层面清扫工作。要仔细清除表面浮浆、松散颗粒以及各类杂物,保证层面干净整洁。之后,采用高压水冲毛或机械凿毛的方式,让层面形成粗糙面,这样能显著增强新旧混凝土之间的粘

结力,使它们更好地融合在一起。在层面铺筑前,需在层面上均匀涂刷一层水泥净浆或水泥粉煤灰净浆,净浆厚度要精准控制在合理范围内,以此确保新旧混凝土紧密结合,形成一个整体。对于横向施工缝,要设置止水设施,像止水铜片、止水带等,这些设施能有效防止渗漏现象的发生。施工过程中,要严格控制层面铺筑间隔时间^[3]。必须避免在前一层混凝土初凝后再铺筑后一层,一旦超过初凝时间,就要严格按照施工缝规范要求进行处理。只有这样,才能确保各层面之间形成连续、密实的整体结构,切实保障大坝的防渗性能和结构安全,让大坝能够长期稳定地运行。

2.5 特殊部位施工技术

水利工程大坝碾压混凝土施工中的特殊部位主要包括坝肩、坝底、泄洪孔周边、廊道周边及止水结构部位等,这些部位施工条件复杂,对施工技术要求更高。坝肩与坝基结合部位,需确保混凝土与基岩紧密贴合,施工前需对基岩进行清理、凿毛处理,铺筑混凝土时需采用小型平仓设备辅助作业,确保边角部位填充密实,碾压时选用小型压路机或振动夯进行补压。泄洪孔、廊道等孔洞周边,需控制混凝土铺筑厚度,采用人工辅助平仓,避免孔洞周边出现架空现象,碾压时需避开孔洞边缘,防止对孔洞结构造成破坏。止水结构部位施工需严格按照设计要求布设止水材料,确保止水材料安装牢固、位置准确,周边混凝土需细致平仓、精准碾压,保障止水结构的防渗效果,避免出现渗漏隐患。

2.6 养护与温控措施

碾压混凝土养护与温控是防止混凝土产生裂缝、保障结构耐久性的重要环节。养护工作需在混凝土碾压完成、表面初凝后及时开展,主要采用洒水养护、覆盖保湿材料(如土工布、麻袋)或喷涂养护剂等方式,确保混凝土表面始终处于湿润状态,养护时间不少于28天。养护过程中需根据环境温度变化调整养护频率,高温天气增加洒水次数,低温天气采取保温措施,防止混凝土表面失水过快或受冻。温控措施需贯穿施工全过程,首先通过优化配合比,掺入粉煤灰等掺合料降低水化热;其次采用预冷骨料、加冰拌和等方式降低混凝土出机温度;施工过程中合理安排铺筑节奏,控制分层铺筑厚度和间隔时间,避免水化热集中释放;同时布设冷却水管,通过循环冷却水降低混凝土内部温度,控制内外温差在允许范围,防止温度裂缝产生。

3 水利工程大坝碾压混凝土施工质量控制

3.1 质量控制体系构建

水利工程大坝碾压混凝土施工质量控制体系的构建

至关重要,需严格遵循“全员参与、全过程控制、全方位覆盖”的原则。以此为基础,形成以项目负责人为核心、技术负责人为主导、质量管理人员为监督、施工班组为实施主体的四级质量控制体系。首先,要建立健全质量管理制度,涵盖材料进场检验制度、施工工序交接检验制度、质量检测制度、质量责任追究制度等,明确各岗位在质量控制中的具体职责,做到责任到人。其次,搭建技术保障体系,组建专业技术团队,负责施工方案的优化、技术交底、现场技术指导以及质量问题的处理,为施工提供有力的技术支持。同时,建立质量监督机制,配备专职质量监督员,对施工全过程进行实时监督检查,一旦发现质量隐患,及时督促整改,将质量问题消灭在萌芽状态。另外,还需建立质量信息反馈体系,及时收集、整理施工过程中的质量检测数据,通过数据分析质量趋势,为质量控制决策提供科学依据,确保质量控制体系高效运行,保障施工质量符合设计和规范要求。

3.2 施工全过程质量控制要点

施工全过程质量控制需全面覆盖碾压混凝土施工的各个环节,尤其要重点把控材料进场、拌和、运输、平仓、碾压、养护及特殊部位施工等关键节点。在材料进场环节,要严格检验骨料的级配、含泥量、强度,胶凝材料的强度、安定性,外加剂的性能等指标,只有各项指标均合格的材料才能进场使用,从源头上保证工程质量。拌和环节要精确控制原材料计量精度、拌和时间以及拌合物工作性,同时实时监测并调整拌合物含水率,确保拌和出的混凝土质量稳定。运输环节要保证运输车辆密闭、运输道路通畅,严格控制运输时间,防止拌合物在运输过程中出现离析、失水现象。平仓碾压环节要严格控制铺筑厚度、平仓均匀性及碾压参数,确保压实度符合要求。养护环节要保障养护的及时性和养护质量,严格控制养护时间。加强工序交接检验,上道工序不合格不得进入下道工序,对施工过程中出现的质量问题及时整改并跟踪验证,确保全过程质量处于受控状态。

3.3 质量检测技术与方法

碾压混凝土施工质量检测技术与方法需紧密结合施工各环节特点,采用现场检测与实验室检测相结合、定性检测与定量检测相结合的方式,以确保检测结果精准可靠。现场检测内容丰富,主要包括拌合物工作性检测,如采用维勃稠度测试来评估拌合物的稠度;压实度检测,可运用环刀法、核子密度仪法等准确测定压实度;表观质量检测,通过观察表面平整度、有无裂缝、离析等现象来初步判断混凝土质量^[4]。对于混凝土强度检测,可采用回弹法、超声回弹综合法进行现场无损检测,快速获取混凝土强度信息,同时需按规范要求制作混凝土试块,送至实验室进行抗压强度试验,以获取更准确的强度数据。抗渗性检测可通过现场钻芯取样进行渗透试验,直观判断混凝土的抗渗性能是否符合设计要求。另外,对于特殊部位还需采用钻芯取样、超声波检测等方法检查内部密实度和整体性,及时发现内部缺陷并采取补救措施。检测过程中要认真做好检测记录,确保检测数据完整、真实,为质量评估和验收提供有力依据。

结束语

水利工程大坝碾压混凝土施工技术,凭借其多方面优势,在大坝建设中发挥着关键作用。从基础理论到施工工艺,再到质量控制,每个环节都紧密相连、缺一不可。通过构建完善的质量控制体系,严格把控施工全过程质量要点,运用科学合理的质量检测技术方法,可有效保障碾压混凝土施工质量。未来,随着技术不断创新与发展,该技术将在大坝建设中得到更广泛应用与优化。

参考文献

- [1]杨猛,余超.水利工程中碾压混凝土大坝施工技术的应用[J].水上安全,2023(4):182-184.
- [2]王永嘉,陈璐.水利水电工程碾压混凝土大坝施工技术[J].工程建设(维泽科技),2023,6(8):143-145.
- [3]马亚军.水利工程水库大坝混凝土施工技术[J].水上安全,2023(12):157-159.
- [4]石硕.水利工程中碾压混凝土施工技术探讨[J].江西建材,2022(8):216-217,220.