

水利水电工程中碾压混凝土大坝的施工技术

宋力德

中国葛洲坝集团第三工程有限公司 陕西西安 710000

摘要: 碾压混凝土大坝施工技术凭借施工效率高、成本投入低、结构整体性强等优势,在水利水电工程领域得到广泛推广与应用。该技术融合了混凝土坝结构稳定与土石坝快速施工的特点,能够有效适配大体积混凝土坝体的建设需求。本文从碾压混凝土大坝施工的材料配置、施工准备、核心工序操作以及质量管控等方面展开论述,系统梳理该技术的应用要点,为水利水电工程中碾压混凝土大坝的建设提供技术参考。

关键词: 水利水电工程; 碾压混凝土大坝; 施工技术

引言

在水利水电工程建设进程中,大坝作为核心枢纽构筑物,其施工质量直接决定着工程的防洪、发电、灌溉等综合效益。传统常态混凝土大坝施工存在工序繁琐、养护周期长、施工强度大等弊端,难以满足大规模、高效率的工程建设需求。碾压混凝土大坝施工技术于20世纪60年代兴起,经过数十年的发展与完善,已成为国内外水利水电工程建设的主流技术之一。碾压混凝土大坝是将级配良好的骨料、胶凝材料、水以及外加剂等原料混合拌制,形成干硬性混凝土混合料,通过自卸车运输、平仓机摊铺、振动碾压实等工序筑坝而成的坝型。该技术简化了传统混凝土坝的施工流程,大幅缩短了建设工期,同时降低了工程造价,尤其适用于大跨度、高坝体的水利水电工程建设。随着我国水利水电事业的快速发展,碾压混凝土大坝的建设规模不断扩大,施工技术也在实践中持续优化升级。深入研究碾压混凝土大坝施工技术的应用要点,对于提升工程建设质量、保障大坝运行安全具有重要的现实意义。

一、碾压混凝土大坝施工的材料配置技术

1. 胶凝材料的选择与配比设计

胶凝材料是决定碾压混凝土强度、耐久性和工作性能的核心组分,通常选用硅酸盐水泥、粉煤灰、矿渣粉等材料复配使用。其中,粉煤灰作为活性掺合料,能够有效改善混凝土的和易性,降低水化热,减少坝体温度裂缝的产生,是碾压混凝土的重要组成部分。在配比设计过程中,需根据大坝的结构部位、受力特点以及施工环境,确定胶凝材料的掺量比例。对于坝体基础等受力

较大的部位,需提高水泥的掺量,保证混凝土的早期强度;对于坝体上部等非关键部位,可适当增加粉煤灰掺量,降低工程成本。同时,需通过试验确定最佳胶凝材料总量,兼顾混凝土的工作性能与力学性能,确保混合料满足摊铺、碾压的施工要求。

2. 骨料的级配控制

骨料在碾压混凝土中占据70%以上的体积比例,其级配情况直接影响混凝土的密实度和强度。骨料分为粗骨料和细骨料两类,粗骨料宜选用质地坚硬、级配连续的花岗岩、玄武岩等碎石,粒径需控制在5-80mm范围内,且需按粒径大小分级堆放,避免混杂。细骨料宜选用天然河砂,细度模数应在2.4-2.8之间,含泥量需严格控制,控制在3%以下,若含泥量过高,会降低混凝土的粘结强度,影响坝体质量。在骨料级配设计时,需通过筛分试验确定各粒径骨料的掺配比例,使混合料的空隙率降至最低,从而提高碾压后的密实度。同时,需根据施工季节调整骨料的含水率,避免因含水率过高导致混合料出现离析、结块等问题。

3. 外加剂的合理选用

碾压混凝土通常需要掺入外加剂来优化其工作性能,常用的外加剂包括减水剂、缓凝剂、引气剂等。减水剂能够在不增加用水量的前提下,提高混凝土的流动性,改善摊铺效果;缓凝剂可延长混凝土的初凝时间,避免因施工工序衔接不畅导致的冷缝问题,尤其适用于高温季节施工;引气剂能够在混凝土内部形成微小的封闭气泡,提高混凝土的抗冻性和抗渗性,适用于寒冷地区的大坝工程。外加剂的掺量需通过试验确定,严禁超量掺入,否则会对混凝土的力学性能产生负面影响。不同类

型外加剂复配使用时,需验证其兼容性,避免发生化学反应影响混凝土质量。

二、碾压混凝土大坝施工的前期准备工作

1. 施工场地平整与排水系统布置

碾压混凝土大坝施工对场地平整度要求较高,施工前需对坝基及周边施工区域进行平整处理,清除杂草、淤泥、碎石等杂物,对松软土层进行夯实加固,确保施工机械能够顺利通行。同时,需结合场地地形布置完善的排水系统,在坝基周边开挖排水沟,在低洼处设置集水井,及时排除雨水和施工废水,防止场地积水影响混凝土摊铺和碾压作业。对于坝基岩石地基,需进行清理和冲洗,去除表面的风化层和松动石块,确保混凝土与坝基紧密结合。

2. 施工机械的选型与调试

碾压混凝土大坝施工依赖于大型机械设备的协同作业,主要施工机械包括混凝土搅拌站、自卸运输车、平仓机收、振动压路机各等。搅拌站需根据工程施工强度选型,确保能够连续供应高质量的混凝土混合料;自卸运输车的载重量需与搅拌站的出料能力和施工现场的运输距离相匹配,车厢需采取防粘措施,避免混合料粘附;平仓机用于混凝土摊铺后的平整作业,需具备良好的机动性和整平效果;振动压路机是压实作业的核心设备,通常选用自重10t以上的重型振动碾,以保证碾压深度和密实度。所有施工机械进场后,需进行全面的调试和保养,检查机械的运行状态,及时更换磨损部件,确保施工过程中机械稳定运行,避免因机械故障导致施工中断。

3. 施工技术交底与人员培训

碾压混凝土大坝施工工序衔接紧密,对施工人员的技术水平和操作规范性要求较高。施工前,项目技术负责人需组织全体施工人员进行技术交底,详细讲解施工方案、材料配比、工序流程、质量标准以及安全注意事项。针对不同岗位的施工人员,需开展专项培训,例如,对搅拌站操作人员,需培训其掌握混合料的搅拌时间、出料质量控制要点;对摊铺和碾压作业人员,需培训其掌握摊铺厚度、碾压遍数、碾压速度等关键参数。同时,需强调各工序之间的协同配合要求,确保施工过程有序推进。所有施工人员需经考核合格后方可上岗作业,严禁无证操作。

三、碾压混凝土大坝施工的核心工序操作技术

1. 混凝土混合料的搅拌与运输

混凝土混合料的搅拌质量直接决定碾压混凝土的性

能,搅拌时需严格按照配比设计的原料用量进行投料,遵循“骨料→胶凝材料→外加剂→水”的投料顺序。搅拌时间需根据搅拌设备的类型和混合料的工作性能确定,通常不少于90s,确保原料混合均匀。搅拌过程中,需安排专人实时监测混合料的坍落度和含水率,坍落度一般控制在1-3cm,若坍落度不符合要求,需及时调整用水量或外加剂掺量。混合料的运输需选用密封性能良好的自卸运输车,运输过程中需保持车厢平稳,避免急刹车和急转弯,防止混合料离析。运输距离较远时,需对车厢进行覆盖,防止水分蒸发和杂物混入。混合料运抵施工现场后,需及时卸料,卸料时应分层、均匀卸料,避免集中卸料造成的堆积和离析。

2. 混凝土的摊铺作业

摊铺是碾压混凝土大坝施工的关键工序,直接影响碾压效果和坝体平整度。摊铺作业需遵循“薄层、均匀、连续”的原则,摊铺厚度需根据碾压机械的压实能力确定,通常控制在20-30cm,且需保持每层厚度一致。摊铺时,自卸运输车将混合料卸至坝面后,由平仓机进行摊铺整平,平仓机的行走速度需控制在1-2km/h,确保混合料摊铺均匀,无明显的骨料集中或砂浆富集现象。对于坝体的边角部位,平仓机难以作业的区域,需采用人工摊铺整平,避免出现漏铺或不平整的情况。相邻摊铺层之间的施工间隔时间需严格控制,不得超过混凝土的初凝时间,防止出现冷缝,影响坝体的整体性。

3. 混凝土的碾压作业

碾压是提升碾压混凝土密实度的核心环节,需在混凝土摊铺整平后及时进行。碾压作业需选用重型振动压路机,碾压顺序遵循“先轻后重、先慢后快、先边后中”的原则。首先采用低频低振幅碾压,使混合料初步密实,然后采用高频高振幅碾压,增强压实效果。碾压遍数需通过现场试验确定,通常先静压2遍,再振动碾压6-8遍,最后静压1-2遍收光,确保混凝土表面无明显轮迹。碾压速度需控制在2-3km/h,速度过快会降低压实效果,过慢则会影响施工效率。对于坝体的上下游边坡、廊道周边等特殊部位,大型压路机难以作业的区域,需采用小型振动碾或平板振动器进行补压,确保压实度达到设计要求。碾压过程中,需安排专人检查碾压质量,若发现局部漏压或压实度不足的情况,需及时补压。

4. 坝体层面处理技术

碾压混凝土大坝是分层填筑碾压而成的,层面处理质量直接影响坝体的整体性和抗渗性。相邻两层混凝土

施工间隔时间若超过初凝时间，需对上层混凝土表面进行凿毛处理，去除表面的浮浆和松散层，露出新鲜的混凝土骨料，然后铺设一层厚度为1-2cm的砂浆或水泥浆，再进行下层混凝土的摊铺和碾压，确保层间结合紧密。层面处理时需注意，凿毛深度需控制在5-10mm，凿毛后需将表面的碎屑清理干净，砂浆或水泥浆的铺设需均匀，避免出现空鼓现象。对于坝体的横向施工缝，需设置止水设施，如止水铜片、止水带等，防止渗水。

四、碾压混凝土大坝施工的质量管控措施

1. 施工过程中的质量检测

碾压混凝土大坝施工过程中需建立完善的质量检测体系，实时监测各工序的施工质量。原材料进场时，需进行抽样检测，检验水泥的强度等级、粉煤灰的活性、骨料的级配和含泥量等指标，不合格的原材料严禁投入使用。混凝土混合料搅拌过程中，需定期检测坍落度、含水率和含气量，确保混合料性能符合要求。混凝土摊铺碾压完成后，需采用钻芯取样法或核子密度仪法检测压实度，压实度需达到98%以上；同时，需制作混凝土试块，标准养护后检测其抗压强度和抗渗性能，确保满足设计要求。对于坝体的层面结合质量，需通过钻孔压水试验检测其渗透性，渗透系数需符合规范标准。

2. 温度控制措施

大体积碾压混凝土在水化过程中会释放大量的水化热，导致坝体内部温度升高，若内外温差过大，易产生温度裂缝，影响坝体的耐久性和安全性。因此，施工过程中需采取有效的温度控制措施。首先，优化混凝土配比设计，通过掺入粉煤灰等掺合料，降低水泥用量，减少水化热的产生；其次，采用低热水泥拌制混凝土，进一步降低水化热峰值；再次，在高温季节施工时，可对骨料进行预冷，如洒水降温、覆盖遮阳等，或在混凝土中掺入冰屑，降低混合料的入仓温度；最后，坝体填筑完成后，需及时进行保温养护，如覆盖保温膜、洒水保湿等，减缓坝体表面的温度下降速度，减小内外温差。

3. 安全管控措施

碾压混凝土大坝施工涉及大型机械设备作业、高空作业等，安全风险较高，需落实严格的安全管控措施。施工现场需设置明显的安全警示标志，划分危险作业区域，严禁无关人员进入。施工人员需佩戴安全帽、安全带等防护用品，高空作业时需搭设安全防护平台，确保作业安全。大型机械设备作业时，需保持安全距离，严禁违规操作和交叉作业。同时，需建立健全安全生产管理制度，配备专职安全员进行现场巡查，及时排查和消除安全隐患。定期组织施工人员开展安全培训和应急演练，提高施工人员的安全意识和应急处置能力。

结束语

碾压混凝土大坝施工技术是水利水电工程领域的一项重要技术创新，其高效、经济、环保的特点契合现代工程建设的发展需求。在实际施工过程中，需精准把材料配置、前期准备、核心工序操作等关键环节，落实严格的质量与安全管控措施，才能确保大坝的施工质量和运行安全。随着新材料、新设备、新工艺的不断涌现，碾压混凝土大坝施工技术也将不断完善和升级，需进一步加强碾压混凝土性能的研究，优化施工工艺，推动碾压混凝土大坝施工技术向更高质量、更高效的方向发展，为我国水利水电事业的可持续发展提供坚实的技术支撑。

参考文献

- [1] 赵宇江, 高岳, 孙君, 等. 水利工程混凝土质量检测技术方法探析[J]. 东北水利水电, 2024, 42(4): 64-67.
- [2] 赵风海. 基于水利水电工程中混凝土检测及质量控制的要点分析[J]. 科技与创新, 2023(8): 95-97.
- [3] 吴明. 水利水电工程中混凝土质量检测及控制措施[J]. 石材, 2023(4): 72-74.
- [4] 王雪. 水利水电工程中混凝土质量检测及控制分析[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2023(6): 43-45.