

水利工程碾压混凝土坝施工技术

史建航

中国水电建设集团十五工程局有限公司 陕西 西安 710116

摘要: 水利工程中, 碾压混凝土坝因其高施工效率与良好结构性能成为关键设施。本文全面探讨碾压混凝土坝的施工技术, 涵盖材料选择、配合比设计、运输浇筑、碾压工艺及养护措施。通过优化机械化施工、强化管理与组织、引入先进技术与材料, 旨在提升施工效率与质量, 确保坝体安全可靠。该研究对指导水利工程实践、推动技术进步具有重要意义。

关键词: 水利工程; 碾压混凝土坝; 施工技术

引言: 水利工程是国家基础设施建设的重要组成部分, 而碾压混凝土坝作为水利工程中的一种重要坝型, 因其施工速度快、成本低、强度高、耐久性好等优点, 在现代水利工程建设中得到了广泛应用。本文旨在探讨水利工程中碾压混凝土坝的施工技术, 包括材料选择、施工工艺、质量控制等方面, 以为相关工程提供技术参考, 推动水利工程技术的不断发展与进步。

1 碾压混凝土坝施工技术概述

1.1 碾压混凝土坝的基本原理

(1) 碾压混凝土坝的构成和主要功能。碾压混凝土坝主要由坝体、上游防渗层、下游排水设施和附属建筑物等构成。坝体是碾压混凝土坝的主体部分, 由碾压混凝土填筑而成。上游防渗层通常采用常态混凝土, 用于防止坝体内部混凝土因渗透而受损。下游排水设施则用于排除坝体后方的积水, 保持坝体的稳定。附属建筑物包括闸门、溢洪道等, 用于调节和控制水流。碾压混凝土坝的主要功能是蓄水、挡水和泄水。它能够有效地调节和分配水资源, 满足灌溉、发电、防洪等多种需求。

(2) 碾压混凝土坝的施工原理和工艺流程。碾压混凝土坝的施工原理是利用碾压机械对混凝土进行压实, 从而达到提高混凝土密实度和强度的目的。工艺流程主要包括混凝土拌制、运输、浇筑、碾压和养护等环节。首先, 将混凝土原材料按一定比例混合并拌制成碾压混凝土。然后, 通过汽车等运输工具将混凝土运至施工现场。接着, 利用平仓机等设备将混凝土均匀摊铺在仓面上。最后, 使用振动压实机对混凝土进行压实, 并通过振动切缝机切割横缝, 形成完整的坝体结构。在养护阶段, 需对坝体进行定期的检查和维护, 以确保其长期稳定运行。

1.2 碾压混凝土坝的施工特点

碾压混凝土坝施工具有采用干贫混凝土、大量掺加

粉煤灰、通仓薄层浇筑等主要特点。采用干贫混凝土能够降低混凝土的用水量, 提高混凝土的密实度和强度。大量掺加粉煤灰不仅可以减少水泥用量, 降低工程成本, 还能够减少混凝土的初期发热量, 增加后期强度, 简化温控措施。通仓薄层浇筑则能够加快施工进度, 提高施工效率。

2 水利工程碾压混凝土坝施工技术要点

2.1 施工材料选择与质量控制

(1) 施工材料的选择原则和方法。在水利工程碾压混凝土坝的施工中, 施工材料的选择至关重要, 直接关系到坝体的质量和长期稳定性。选择原则主要包括: 首先, 满足设计要求, 即所选材料应满足碾压混凝土坝的强度、抗渗性、耐久性等性能指标; 其次, 考虑经济性, 在保证质量的前提下, 尽可能降低材料成本; 最后, 注重环保, 优先选择对环境影响小的材料。具体选择方法包括: 对水泥、骨料(砂、石)、粉煤灰、外加剂等关键材料进行严格的供应商审核, 确保其资质和信誉; 进行现场试验, 通过对比不同材料的性能, 选定最优组合; 同时, 还需考虑材料的运输和储存条件, 确保材料在到达施工现场时仍保持良好的性能。(2) 施工材料质量控制的关键点和措施。施工材料质量控制的关键点在于原材料的质量检测、配合比的设计和现场使用过程的监控。质量检测包括对水泥的强度、凝结时间、细度等指标进行检验, 对骨料的级配、含泥量、针片状含量等进行筛分试验, 对粉煤灰的细度、烧失量等进行检测, 以及对外加剂的性能进行试验^[1]。控制措施包括: 建立严格的质量管理体系, 明确各岗位职责, 确保材料从采购、运输、储存到使用的每一个环节都得到有效的监控; 定期对原材料进行抽检, 一旦发现不合格品, 立即采取措施进行处理; 根据工程实际情况和设计要求, 科学合理地设计混凝土配合比, 确保混凝土的各项性能

指标满足要求；在施工过程中，加强对混凝土拌制、运输、浇筑等环节的监控，确保施工质量。

2.2 施工运输与混凝土浇筑

(1) 施工运输过程中的关键问题和优化策略。施工运输过程中的关键问题主要包括运输效率、混凝土的质量保持以及运输成本的控制。优化策略包括：合理规划运输路线，减少运输距离和时间，提高运输效率；采用专用运输车辆，确保混凝土在运输过程中不发生离析、漏浆等现象，保持其质量；加强运输车辆的维护和保养，确保其始终处于良好状态，降低故障率；同时，还可以考虑采用自动化和智能化技术，如GPS定位、远程监控等，进一步提高运输管理的效率和准确性。(2) 混凝土浇筑的工艺流程和技术要点。混凝土浇筑的工艺流程包括混凝土拌制、运输、入仓、平仓、振捣、抹面和养护等环节。技术要点包括：在拌制过程中，严格控制原材料的计量和拌和时间，确保混凝土的质量均匀稳定；在运输过程中，保持混凝土的流动性，防止离析和泌水；在入仓过程中，采用合适的布料设备，确保混凝土均匀分布；在平仓过程中，使用刮平设备将混凝土表面刮平，消除高低不平现象；在振捣过程中，采用合适的振捣设备和振捣频率，确保混凝土内部密实无空洞；在抹面过程中，使用抹面工具将混凝土表面抹平，使其光滑平整；最后，在养护过程中，采取适当的保湿和保温措施，确保混凝土在硬化过程中不受外界环境的不良影响^[2]。

2.3 保温措施与养护技术

(1) 保温措施在碾压混凝土坝施工中的重要性。保温措施在碾压混凝土坝施工中具有至关重要的作用。碾压混凝土在浇筑完成后，需要进行一定时间的硬化过程。在这个过程中，如果外界环境温度过低或变化过大，会导致混凝土内部温度应力增大，甚至产生裂缝，严重影响坝体的质量和长期稳定性。因此，采取适当的保温措施，保持混凝土内部温度的稳定，对于确保碾压混凝土坝的施工质量至关重要。(2) 碾压混凝土坝的养护原理和技术要点。碾压混凝土坝的养护原理主要是通过控制混凝土内部和外部的水分、温度和湿度等条件，促进混凝土的硬化和强度的增长，同时防止混凝土因干缩、温度应力等因素产生裂缝。技术要点包括：在养护初期，采用覆盖保湿材料、喷洒养护剂等方法，保持混凝土表面的湿润；根据环境温度和湿度的变化，适时调整养护措施，确保混凝土内部和外部的温度和湿度处于适宜范围内；在养护过程中，定期对混凝土进行检查，及时发现并处理裂缝、剥落等缺陷；同时，还需注意控制养护时间，确保混凝土达到设计要求的强度和耐久性。

3 水利工程碾压混凝土坝施工质量控制

3.1 配合比设计与优化

(1) 混凝土配合比设计对碾压混凝土坝施工质量的影响。混凝土配合比设计是决定碾压混凝土坝施工质量的关键环节。不合理的配合比设计可能导致混凝土性能不达标，进而影响坝体的整体性能和耐久性。具体来说，配合比设计中的水泥用量、骨料级配、外加剂种类及掺量等关键参数，直接影响混凝土的强度、抗渗性、可泵性和凝结时间等特性。若水泥用量过高，不仅会增加成本，还可能导致混凝土早期收缩裂缝；骨料级配不合理，会影响混凝土的密实度和强度；外加剂使用不当，可能影响混凝土的工作性能和力学性能^[1]。(2) 提出配合比设计的优化策略和方法。优化配合比设计的策略应基于工程需求、材料性能和施工条件。首先，通过实验室试验确定原材料的最佳组合，评估不同配比下混凝土的各项性能指标。其次，结合工程实际需求，如强度要求、抗渗性要求等，对配合比进行针对性调整。此外，考虑到施工条件的影响，如温度、湿度等，需适当调整水灰比和外加剂掺量，以确保混凝土的施工性能。最后，利用现代信息技术，如大数据分析、人工智能等，对配合比进行智能化优化，提高设计的准确性和效率。

3.2 碾压过程质量控制

(1) 碾压过程中质量控制的关键点和措施。碾压过程的质量控制关键在于确保混凝土均匀压实，避免分层、剥落等现象。首先，需严格控制碾压设备的选型、碾压速度、碾压遍数和振动频率等参数，以适应不同混凝土性能的要求。其次，通过现场监测，如使用压实度仪、无核密度仪等设备，实时检测碾压层的压实度，确保满足设计要求。同时，加强施工人员的培训和管理，提高操作技能和质量意识，确保碾压过程的规范性和精确性。(2) 相对压实度等评价指标在碾压质量控制中的应用。相对压实度是衡量碾压质量的重要指标，反映了混凝土在碾压过程中的密实程度。通过测量相对压实度，可以直观地了解碾压效果，及时发现潜在的质量问题。在实际施工中，通常结合其他评价指标，如混凝土强度、抗渗性等，综合评估碾压质量。相对压实度的测量应选择在具有代表性的位置进行，且需定期重复测量，以确保数据的准确性和可靠性。

3.3 施工缺陷与预防措施

(1) 总结碾压混凝土坝施工中常见的缺陷类型及成因。碾压混凝土坝施工中常见的缺陷包括裂缝、剥落、分层、渗漏等。裂缝的成因主要包括混凝土内外温差过大、原材料质量不佳、施工工艺不当等；剥落和分层则

与碾压不实、混凝土性能不佳有关；渗漏则可能是混凝土抗渗性不足或施工缝处理不当导致的。（2）提出预防施工缺陷的措施和方法。预防施工缺陷的关键在于加强施工前、中、后的质量控制。施工前，应确保原材料质量合格，配合比设计合理；施工中，应严格控制施工工艺，加强现场监测和质量控制；施工后，应加强养护和检查，及时发现并处理潜在的质量问题。同时，采用新技术、新工艺和新材料，提高施工质量和效率，降低施工缺陷的发生率。

4 水利工程碾压混凝土坝施工技术的优化策略

4.1 提高机械化水平

（1）机械化水平对碾压混凝土坝施工效率和质量的影响。机械化水平是衡量现代工程施工效率与质量的关键因素之一。在碾压混凝土坝施工中，机械化水平的提升直接关系到施工速度和质量的双重提升。机械化作业不仅能够大幅缩短工期，减少人力需求，还能显著提升混凝土拌合、运输、摊铺及碾压的均匀性和密实度，从而确保坝体的整体强度和耐久性。此外，机械化施工还能有效降低施工过程中的安全风险，提升工地整体的作业效率。（2）提高机械化水平的途径和方法。提升机械化水平的途径主要包括：一是引进国际先进的施工机械设备，如全自动化混凝土搅拌站、高效混凝土输送泵车、智能碾压机械等，以替代传统低效或人工密集型作业；二是对现有机械设备进行智能化升级，利用物联网、传感器等技术实现设备状态远程监控与维护，提高设备使用效率；三是加强机械操作人员的专业技能培训，确保其能够熟练操作新设备，发挥设备最大效能^[4]。

4.2 加强施工管理与组织

（1）施工管理与组织在碾压混凝土坝施工中的重要作用。施工管理与组织是确保工程顺利进行、提高施工效率与质量的基石。在碾压混凝土坝施工中，良好的施工管理与组织能够有效整合人力、物力资源，优化施工流程，避免资源浪费和工期延误。同时，通过严格的施工质量控制和安全管理，能够显著降低施工事故风险，保障工程质量和施工人员安全。（2）加强施工管理与组织的建议和措施。加强施工管理与组织的措施包括：一是

建立健全施工管理体系，明确各级管理人员职责，确保施工过程的规范化和标准化；二是采用项目管理软件进行施工计划的编制与监控，实现施工进度的动态调整；三是加强施工现场的协调与沟通，建立高效的信息传递机制，确保施工信息的准确传递；四是强化施工人员安全教育与培训，提高全员安全意识与应急处理能力。

4.3 引入新技术与新材料

（1）新技术与新材料在碾压混凝土坝施工中的应用前景。随着科技的进步，新技术与新材料在工程施工领域的应用日益广泛。在碾压混凝土坝施工中，引入如智能化施工技术、环保型混凝土材料等新技术与新材料，将极大地提升施工效率与工程质量，同时促进工程建设的可持续发展。（2）引入新技术与新材料的途径和方法。引入新技术与新材料的途径主要包括：一是加强与高校、科研机构等单位的合作，共同研发适用于碾压混凝土坝施工的新技术与新材料；二是积极参加国内外工程施工技术交流会，了解并掌握行业前沿技术动态；三是在工程中逐步试点应用新技术与新材料，通过实践检验其可行性和效果，再逐步推广至整个项目。

结束语

综上所述，水利工程碾压混凝土坝施工技术是一项复杂而系统的工程，涉及材料、工艺、设备与管理等多个层面。通过不断的技术创新与实践探索，我们已取得了显著进展。未来，我们应继续致力于提高施工效率与质量控制水平，推动智能化、绿色化施工技术的应用，以确保水利工程碾压混凝土坝的安全性与耐久性，为水利事业的可持续发展贡献力量。

参考文献

- [1]刘阳.碾压混凝土大坝施工技术分析[J].工程技术研究,2020,(14):107-108.
- [2]王志芳.碾压混凝土大坝工程施工质量管理[J].新型工业化,2020,(15):143-145.
- [3]范文静,王亮宏.水利工程水库大坝碾压混凝土施工技术[J].工程技术研究,2020,(07):115-116.
- [4]蒋勇.水利工程大坝施工中碾压混凝土施工技术分析[J].低碳世界,2023,(06):46-48.