

水库大坝碾压混凝土施工技术研究

王超

哈密市水利建设与安全中心, 新疆 哈密 839000

[摘要]碾压混凝土施工机械化程度高、连续作业强度大、多工序交叉协同, 施工技术质量控制要求高。文章以哈密市伊吾县代尔昆代水库大坝工程为依托, 从碾压混凝土施工拌和运输、卸料平仓、碾压作业以及特殊气候条件下施工技术入手, 根据现场施工实践对主要技术控制环节进行分析, 提出包含关键施工环节的碾压混凝土施工技术措施和施工技术管理与质量保障体系, 为同类水利工程施工技术提供参考。

[关键词]碾压混凝土; 大坝施工; 施工技术; 技术措施; 质量控制

DOI: 10.33142/aem.v8i5.19932

中图分类号: TU745.2

文献标识码: A

Research on the Construction Technology of Roller Compacted Concrete for Reservoir Dams

WANG Chao

Hami Water Conservancy Construction and Safety Center, Hami, Xinjiang, 839000, China

Abstract: The mechanization level of roller compacted concrete construction is high, the continuous operation intensity is high, multiple processes are cross coordinated, and the construction technology quality control requirements are high. The article is based on the Daierkundai Reservoir Dam Project in Yiwu County, Hami City. Starting from the mixing and transportation of roller compacted concrete construction, unloading and leveling, rolling operations, and construction technology under special climatic conditions, the main technical control links are analyzed based on on-site construction practice. The article proposes roller compacted concrete construction technology measures, construction technology management, and quality assurance system that include key construction links, providing reference for similar water conservancy project construction technology.

Keywords: roller compacted concrete; dam construction; construction technology; technical measures; quality control

引言

碾压混凝土筑坝技术由于施工速度快、造价低、温控措施简单等优点, 在水利水电工程中得到了广泛的使用。碾压混凝土施工采用大仓面薄层连续铺筑、自卸汽车直接入仓、大型振动碾连续碾压等工艺, 仓面内各种重型机械和密集作业人员长时间共存, 施工组织复杂, 技术质量控制标准严格。哈密市伊吾县代尔昆代水库工程坝体碾压混凝土施工总量约为 15 万 m^3 , 分三期浇筑, 最大施工高差达 63m, 包含深基坑道路运输、悬臂翻升模板安拆、变态混凝土加浆振捣等高难度工序, 施工技术集成度较高。

1 碾压混凝土施工技术特点分析

碾压混凝土施工技术具有如下几个明显的特征。第一, 多工种、多设备交叉作业的协调难度大。仓面内同时存在自卸汽车运输、平仓机摊铺、振动碾碾压、切缝机成缝、变态混凝土人工加浆振捣等多种工序, 施工机械和作业人员在同一平面内高频交叉, 施工组织及机械调度技术要求

较高。第二, 连续作业时间长、夜间施工技术要求高。代尔昆代水库工程仓面实行 24h 连续作业, 人员按两班制配置, 长时间重复作业容易造成操作人员疲劳, 夜间照明条件差对施工质量和车辆调度提出更高的要求。第三, 临时道路、边坡稳定性影响施工运输。一期碾压混凝土施工依靠下基坑道路, 二期用左岸山体填筑道路, 三期用左岸坝后道路浇筑到坝顶, 施工道路随着浇筑进度不断转换, 路基条件、坡度、转弯半径等动态变化, 运输车辆行驶平稳性控制是施工技术要点。第四, 特殊气候对施工技术的影响很大。工程所在地昼夜温差大, 大风、降雨等恶劣天气影响仓面作业质量与效率, 混凝土表面湿滑影响人员设备作业, 雨季施工道路泥泞、边坡冲刷等不利因素, 需要采取相应的技术措施。

2 施工关键技术辨识与控制要点

2.1 主要技术控制点辨识

根据碾压混凝土施工工艺流程, 对施工全过程进行系

统的技术要点辨识,主要技术控制点分布如下。拌和系统有配料精度控制、设备运行稳定性等技术要求,运输环节自卸汽车下基坑道路行驶要控制车速、防离析,入仓前冲洗平台区域冲洗压力控制和脱水路段设置是保证混凝土质量的技术环节,仓面作业中平仓机和自卸汽车交叉作业需要精确配合,保证卸料平仓工艺质量,振动碾碾压参数控制(行走速度、搭接宽度)直接影响压实度,悬臂模板吊装需要保证安装精度和加固可靠性,变态混凝土人工打孔加浆需要控制加浆量和振捣工艺,成缝工序切缝机切缝时机和深度按照技术要求执行,雨季施工仓面积水防治和层面保护等技术措施,仓面喷雾养护要控制雾化程度以防止影响层面结合^[1]。

2.2 技术控制等级划分

施工技术要点评估使用重要性分级法,从对工程质量、施工效率影响程度等角度出发,对辨识出的技术控制点进行分级。根据评价结果可知,自卸汽车深基坑临时道路运输防离析和平稳性控制、平仓机和自卸汽车交叉作业的协同工艺、悬臂模板吊装定位和加固技术属于关键工序;振动碾碾压参数控制、切缝机成缝工艺、雨季仓面层面保护技术属于重要工序;冲洗平台区域脱水控制、人工加浆振捣操作等属于一般控制工序。根据不同的等级采取不同的技术管理措施,关键工序实行专项施工方案和技术交底,重要工序执行工艺确认程序,一般工序依靠标准化作业指导书进行管理。

3 关键施工环节技术措施

3.1 拌和与运输技术控制

拌和站生产技术控制的重点是配料精度、搅拌均匀性、卸料门动作准确性。每班开机前要对搅拌主机传动系统、称量系统、卸料闸门限位装置做空载试运转,保证计量误差在允许范围内。混凝土运输时,自卸汽车是保证混凝土质量的关键环节^[2]。车辆进入仓库前必须经过冲洗平台冲洗轮胎,冲洗时设专人指挥车辆缓慢通过,冲洗水压力控制在 0.3~0.5MPa,既能保证冲洗效果又不影响混凝土含水率。轮胎冲洗后车辆必须经过碎石脱水路段行驶不少于 15m 才能进入仓面,防止轮底泥水污染仓面。下基坑道路最大纵坡控制在 12%以内,保证运输平稳减少骨料分离,弯道处设凸面镜、防撞墩,车速不得大于 15km/h。入仓车辆行驶速度不超过 1km/h,防止急刹车造成混凝土离析,行车路线避开已经铺设好的砂浆区域。车辆需在车厢上悬挂标识牌注明混凝土种类及级配,卸料时按仓面指挥人员的指令进行,倒车卸料时需有专人指挥,指挥信号统一,保证卸料位置准确,实现两点叠压式卸料。运输车辆实行

强制性维护制度,每辆运输车辆出车前都应进行全面的检查,包括制动系统、转向系统、灯光信号等,以保证运行安全。

3.2 卸料与平仓作业技术

卸料工序采用自卸汽车“退铺法”两点叠压式卸料,卸料点设在已碾压和未碾压混凝土结合部位的台阶上,实现软着陆,减小骨料分离,降低卸料冲击力对模板、止水设施的破坏。卸料时车尾与模板、止水的距离不小于 2~3m,料堆边缘距模板、止水不小于 1~2m,卸料高度控制在 1.5m 以内,防止骨料滚落集中。卸料作业区设置明显的警戒线,非指挥人员和作业人员不得进入卸料车辆后方、侧方 3m 内。

平仓采用推土机串链摊铺作业法,严格按照“一堆三推、先两侧后中间”的平仓顺序进行,保证摊铺均匀。平仓机两侧加装挡板,减小粗骨料飞溅造成骨料分离。平仓时,推土机从料堆底部插刀把料堆全部推走,不得从料堆半腰插刀,防止料堆突然塌落造成骨料集中。平仓机作业半径内不得有人站立或通行,平仓完毕后立即驶离到指定的停放区。模板周边、止水处等部位平仓机不能作业时,用人工辅助铺料,人工铺料时与平仓机保持协调,待平仓机完全停稳并发出信号后方可进入作业区,保证铺料平整密实。

3.3 碾压施工技术

碾压施工采用双缸轮振动碾,行走速度控制在 1.0~1.5km/h,保证压实效果。振动碾进仓前必须在场外起振,待达到正常运转状态后再进入仓面作业,严禁在仓面内启动振动装置,防止冲击损坏已碾压层面。碾压方向要求上游迎水面 3m 范围内防渗区垂直水流方向碾压,提高层面结合和防渗效果;其余部位碾压方向同卸料平仓方向,用逐条带搭接法碾压,条带间搭接宽度 10~20cm,接头部位重叠碾压宽度 1.0~3.0m。碾压条带边缘留出 20~30cm 宽,下一条带铺料时同步碾压,防止边缘碾压不密实造成薄弱面。振动碾作业时,在振动碾作业区内设置警示带,无关人员不得进入正在碾压的条带内。两条碾压条带之间的高差用无振慢速碾压 1~2 遍来压平,碾压过程中要仔细观察碾压面的变化,防止过度碾压造成表面起皮开裂。振动碾不能到达的模板边缘、基岩接触带等部位,用变态混凝土人工振捣密实,振捣器操作应避免电缆拖地并架空布设,防止漏电和机械损伤。

3.4 特殊气候与季节施工技术

代尔昆代水库工程所在地气候条件复杂,必须制定出一套完整的特殊气候施工技术措施。降雨条件下施工技术

控制采取分级响应办法,降雨量小且不影响混凝土品质时,加大出机口 VC 值,加快摊铺碾压速度,缩短层面暴露时间,仓面搭设彩条布等应急遮盖物,随摊铺随覆盖,防止雨水侵入;降雨量大于规定强度时,立即停止拌和,将已入仓的混凝土迅速摊铺碾压完毕,对新碾压面和未碾压面用防雨材料全部遮盖,同时组织仓面引排水工作,防止积水浸泡已碾压的层面。仓面内设排水沟、集水坑,潜水泵随时抽排。大风天气时,重点对悬臂模板吊装作业进行控制,风速达到六级以上时停止所有吊装作业,已经吊装就位的模板立即进行加固连接,防止模板位移。低温季节施工时,每层碾压完成后立即铺 2~3cm 厚的保温材料覆盖保护,防止混凝土表面冻害;加强道路防滑,下基坑道路撒布防滑砂或煤渣,运输车辆装防滑链^[3]。高温季节仓面喷雾机降温 and 层面湿润养护,作业人员实行轮换作业制,单次连续作业时间不超过 2h,仓面设遮阳棚、饮水点,配防暑降温药品,保证人员健康以保证连续施工。

4 施工技术管理与质量保障

4.1 施工技术责任体系

碾压混凝土施工期间创建起以仓面总指挥为领导核心的现场施工技术责任体系,完整的结构图如下所示。总指挥对施工质量、进度、技术负全部责任。仓面组织管理体系中对质检部门、试验室、施工班组等各层次的技术责任作出规定,实行“一岗双责”,技术与生产同部署、同检查、同考核。质检及试验现场值班人员必须佩戴袖标上岗,在施工过程中同步开展工艺纪律检查,按要求做好记录。所有参加施工的人员必须遵守现场交接班制度,交接内容中技术工艺参数、设备运行情况、注意事项为必交内容。除总指挥、现场指挥员外的人员不得在仓面上直接指挥技术工艺,保证技术指令统一、畅通。总指挥遇到不能解决的技术问题时,应当立即报告有关主管部门,不得推诿或者隐瞒。

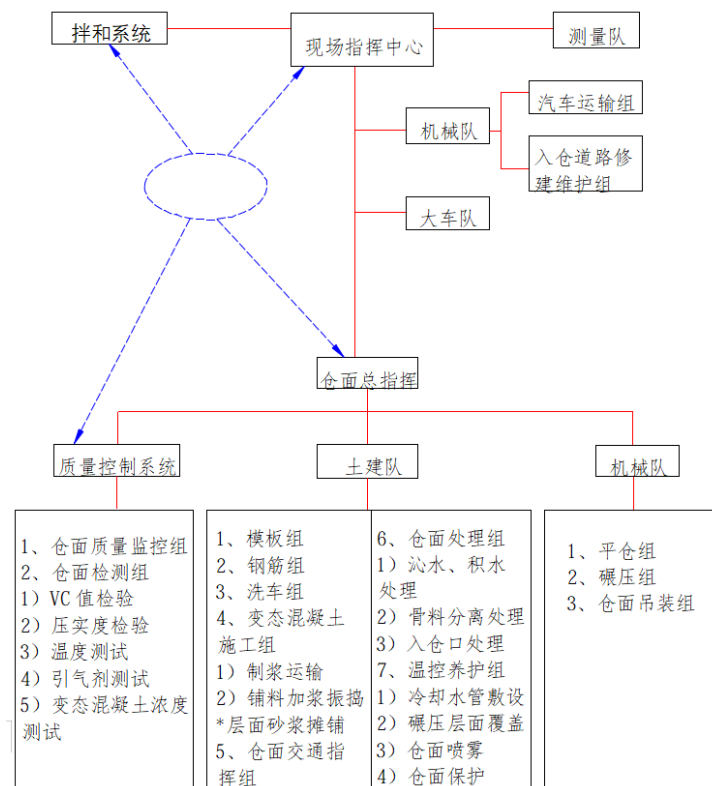


图 1 仓面组织管理体系图

4.2 现场技术监控与质量预警

仓面施工全过程开展技术参数的实时观测。在拌和楼出机口、下基坑道路关键弯道、仓面出入口、悬臂模板吊装作业区等处设置视频监控设备,对关键部位实施可视化实时监测。仓面内设专职质检员进行巡查,主要对车辆卸

料位置、人员工艺操作、模板加固精度、切缝机运行参数等进行检查。发现工艺偏差立即改正,并做好记录。建立机械操作手与检测人员之间的信号联系,检测作业时机械停止通过检测区^[4]。通信保障方面,保证仓面与拌和楼、指挥中心之间无线通信畅通,停止拌和或改变供料速度时,

由总指挥统一通知拌和楼值班人员。

4.3 技术培训与技能考核

入场碾压混凝土施工人员必须经过三级技术教育和本工种专项施工技术交底后才能上岗。培训内容有碾压混凝土施工工艺特点、仓面施工技术规范、各工种操作规程、异常工况处理等。运输车辆驾驶员除常规培训外,还要进行仓面内低速行驶规范、卸料指挥信号识别、夜间行车注意事项等专项训练,考核合格后持证上岗。建立技能考核档案,把工艺执行准确性考核、技术创新建议同作业人员绩效联系起来,创建起正向激励和反向约束交织的技术管理闭环。定期对工艺技术进行专项培训和实操演练,将骨料分离控制、压实度均匀性、模板变形等主要技术要点作为训练的重点,提高作业人员的技术操作水平。施工现场应设置明显的技术指示标志和工艺宣传栏,做好班前技术交底。对新进场人员、转岗人员和特殊工种人员实行重点技术指导,保证技术责任落实到岗、落实到人,不断提高施工现场施工技术水平。

4.4 应急预案编制与技术演练

就碾压混凝土施工过程中出现的设备故障、运输中断、极端天气造成的仓面损坏等突发状况,制订专项技术处置方案。应急预案对应急组织机构、应急响应程序、技术补救措施等做出规定。仓面设应急物资储备点,配备快速修补材料、备用振动碾、排水设备等物品,定期检查保证完好有效。每期碾压混凝土正式施工前要开展一次应急技术演练,演练场景应包含连续降雨造成层面浸水应急处理和大风造成模板位移纠正这两种典型情况。演练结束后进行总结评价,对响应时间、处置手段、物资调配等各方面的

不足之处进行修改完善,改进技术应对流程。另外同当地气象部门、设备厂商建立联系,当出现严重故障时可以立刻赶到现场。

5 结束语

碾压混凝土施工技术是包含人、机、环、管等诸多因素的一个系统工程技术。文章结合代尔昆代水库工程实践,系统分析了该施工方法特有的技术特点,对主要技术控制环节进行辨识和分级,从拌和运输、卸料平仓、碾压施工、特殊气候应对等环节提出具体的施工技术措施,建立以仓面总指挥为核心、动态技术监控和应急技术演练为保障的技术管理体系。该技术方案根据施工流程,措施可行,在实际工程中已经应用,对碾压混凝土高质量、高效率施工具有一定的借鉴意义。伴随着仓面自动化监控技术以及智能质量控制系统的不断发展,碾压混凝土施工技术管理工作会越来越细致、越来越智能化。

[参考文献]

- [1]李建波,刘宏杰,张栋.高寒地区碾压混凝土坝施工安全风险动态评估研究[J].水利水电技术,2023,54(10):78-85.
- [2]王振宇,陈少峰.大坝碾压混凝土仓面多机协同作业安全控制技术[J].施工技术,2024,53(3):42-48.
- [3]周宏伟,蒋林,何涛.碾压混凝土施工运输车辆入仓安全管控技术研究[J].中国农村水利水电,2023(12):133-138.
- [4]马俊,杨春雷.基于数字孪生的碾压混凝土坝施工安全预警系统研究[J].水力发电,2025,51(1):56-62.

作者简介:王超(1982—),男,新疆农业大学水利水电工程专业本科毕业,目前就职于哈密市水利建设与安全中心,副主任,副高级工程师。