官路水库围坝压实度质量控制要点与施工对策探析

余学林

中国水利水电第九工程局有限公司 贵州 贵阳 550081

【摘　要】：青岛市官路水库工程为山东省重点供水水利工程，围坝作为水库挡水核心构筑物，坝体填筑压实度是决定坝体防渗、抗滑稳定与长期沉降安全的关键指标。本文以青岛市官路水库工程围坝工程 3 标段工程实例为依托，结合均质土坝填筑施工工艺，分析围坝填筑压实度的影响因素，总结土料开采、摊铺、碾压、检测全过程质量控制要点，针对现场施工常见压实度不足、含水率超标、层间结合差等质量问题提出施工对策，配套现场试验检测数据，可为同类平原型水库围坝土方填筑施工提供借鉴。

【关键词】：官路水库；围坝；均质土坝；压实度；土方填筑；质量控制

DOI:10.12417/2705-0998.26.14.009

引言

青岛市官路水库工程围坝轴线总长 12.689km，坝顶高程 31.70m，最大坝高 24.4m，坝顶宽度 12m，为大型均质土围坝，是青岛城市供水的重要调蓄工程。青岛市官路水库工程围坝工程 3 标段承担该段围坝土方填筑、坝体碾压、基础处理等施工任务，本段坝体填筑土方量大，施工战线长，受青岛地区降雨、库内土料天然含水率波动影响显著，压实度控制难度高。

围坝属于挡水建筑物，一旦坝体压实度不满足设计要求，会产生坝体不均匀沉降、内部渗流通道、坝体裂缝等病害，严重威胁水库运行安全。本工程设计要求坝体填筑土料压实度≥98%，填筑土料取自库盆开挖土料，土方就地平衡，减少外借土源。在本标段施工过程中，通过碾压试验确定施工参数，全过程管控土料、摊铺、碾压、检测各环节，有效保障围坝填筑压实质量。本文结合 3 标段现场施工实践，对围坝压实度质量控制要点与施工对策进行分析。

1 工程概况

（1）项目概况：青岛市官路水库工程围坝工程 3 标段围坝为均质土坝，本段围坝最大坝高 24.4m，坝体填筑采用库盆开挖黏性土料，总填筑工程量约 126 万 m^3 。设计要求坝体填筑压实度≥98%，土料击实试验最大干密度 1.93g/cm^3 ，最优含水率 12.6%，施工含水率控制区间为 12.5%～16.0%。

施工依据《碾压式土石坝施工规范》SL/T848-2025、《土工试验方法标准》GB/T50123-2019、《水利水电工程单元工程施工质量验收评定标准》SL/T631.1-2025。施工工序：基础清理→土料开采运输→土料翻晒/洒水增湿→摊铺整平→振动碾压→压实度检测→上一层填筑。

（2）试验碾压参数

表 1 现场碾压试验参数表

试验组号	1	2	3	4	5
松铺厚度（cm）	30	30	35	30	30
碾压设备	26t 振动	26t 振动	26t 振动	26t 振动	26t 振动
	压路机	压路机	压路机	压路机	压路机
碾压遍数	8 遍	10 遍	10 遍	10 遍	10 遍
碾压速度（km/h）	2.5	2.5	2.5	3.5	4.0
检测平均压实度（%）	97.3	98.5	97.8	98.2	97.4
评价	不满足	合格	不满足	合格	不满足

（注：续表 1）

由碾压试验结果确本标段施工控制参数：松铺厚度控制 30cm，选用 26t 振动压路机，碾压遍数 10 遍（静压 2 遍+振动 8 遍），碾压行驶速度控制 2.5～3.5km/h。



图 1 围坝填筑断面示意图

2 围坝压实度主要影响因素分析

2.1 土料含水率

含水率是影响压实度最核心因素。土料含水率低于最优含水率，土颗粒之间摩擦力大，碾压难以挤密，压实度偏低；含水率高于最优含水率，土体内部孔隙水压力无法消散，碾压产生弹簧土，土体发生塑性变形，压实度不达标。

本标段库内土料天然含水率波动较大，雨季土料天然含水率最高可达 22.5%，超过最优含水率上限；旱季土料含水率低至 12.2%，低于控制下限，两种情况均造成压实度检测不合格。

2.2 松铺厚度

松铺厚度过大，压路机荷载无法传递至下层土体，表层压实达标，但下层土体压实不足，出现“上实下虚”。松铺厚度过小，降低施工效率，增加工程成本。本标段前期试铺阶段，曾采用 35cm 松铺厚度，在相同碾压遍数条件下，平均压实度仅 97.8%，达不到设计 98%要求。

2.3 碾压设备、碾压遍数与行驶速度

压路机吨位不足、碾压遍数不够，土体压实不足；碾压速度过快，振动作用时间短，土体得不到充分压实；行驶速度过低，施工效率低下。碾压遍数不足，土体颗粒不能充分重新排列；碾压遍数过多，土体出现剪切破坏，反而降低压实效果。

2.4 层间结合处理

坝体分层填筑，新旧土层结合面如果不刨毛、清理浮土，上下层土体形成软弱夹层，层间接触面压实度不足，后期易产生渗流、剪切破坏。本标段初期施工，局部区域未刨毛，取样检测层间位置压实度仅 96.1%。

2.5 基础与岸坡处理

坝基表层腐殖土、淤泥、杂草、软弱土层未清除干净，基础土体本身承载力不足，上部填筑层碾压时发生沉降变形，造成整体压实度不合格。

3 围坝压实度质量控制要点

3.1 料场土料质量管控要点

（1）料场复查：施工前对库盆料场开展土工试验，检测土料颗粒级配、天然含水率、击实参数，禁止含有树根、杂草、淤泥、大块石块的土料上坝。（2）含水率调控：土料含水率偏高时，在料场进行翻晒，采用推土机分层翻拌晾晒；含水率偏低，在料场洒水预湿，充分拌和均匀，确保运至坝面时含水率处于 12.5%～16.0%区间。（3）土料运输：密闭或覆盖运输，减少运输途中水分蒸发或雨水淋入，土料进场前现场快速检测含水率，不合格土料禁止上坝。

3.2 坝面摊铺整平控制要点

（1）严格控制松铺厚度：按照试验确定的松铺厚度 30cm 施工，采用挂线法控制摊铺厚度，推土机摊铺，平地机精平，厚度误差控制±2cm 以内。（2）摊铺顺序：分段分层摊铺，从坝体低处向高处填筑，分段接缝位置设置台阶，台阶宽度≥2m，避免纵向通缝。（3）坝面排水：填筑坝面设置 2%横向排水坡度，雨后及时排除坝面积水，禁止在稀泥、弹簧土坝面上直接摊铺新土。

3.3 碾压施工控制要点

（1）碾压设备：采用 26t 自行式振动压路机，碾压方式：先静压 2 遍，再振动碾压 8 遍，共计 10 遍。碾压轮迹重叠宽度≥1/3 轮宽，不漏压、不欠压。（2）碾压速度：行驶速度控制 2.5～3.5km/h，专人现场监控压路机行驶速度，采用车载连续压实监测系统，实时监控碾压参数，超参数自动报警。（3）边角部位处理：坝体靠近岸坡、防浪墙基础、构筑物周边，大型压路机无法碾压区域，采用小型蛙式打夯机、振动夯补夯，补夯区域增加取样检测频次。

3.4 层间结合质量控制要点

每层碾压完成，检测合格后，采用机械刨毛，刨毛深度≥2cm，清除表面浮土、松散土粒；下一层土料摊铺前，洒水湿润刨毛面，保证上下层土体紧密结合，杜绝软弱夹层。

3.5 压实度检测控制要点

本工程采用环刀法检测黏性土压实度，执行《土工试验方法标准》GB/T50123-2019。

单元工程检测频次：每填筑 100m³ 取样不少于 1 组；在坝体中部、坝肩、接缝、岸坡边角等薄弱位置增加取样点。

检测流程：碾压完成，静置待土体稳定后取样；监理、施工、第三方检测三方联合取样，检测合格并经监理签字确认，方可开展下一层填筑；压实度不合格区域，划定范围，挖除或补压后重新检测。


贵州弘波质量检测有限公司
现场试验检测报告（压实度）

图 2 第 1 批次检测报告


贵州弘波质量检测有限公司
现场试验检测报告（压实度）

图 3 第 4 批次检测报告

表 2 本标段单元工程压实度抽检统计

检测批次	第 1 批次	第 2 批次	第 3 批次	第 4 批次
取样组数	12	12	12	12
合格组数	8	10	11	12
合格率	66.7%	83.3%	91.7%	100%
平均压实度（%）	97.96	98.48	98.76	99.04
不合格原因	含水率偏高，弹簧土	局部松铺厚度超标	边角漏压	全部合格

数据分析：前期施工合格率偏低，主要为土料含水率控制不到位；完善料场翻晒、坝面参数管控后，后期批次合格率达到 100%，平均压实度稳定在 98.48%以上。

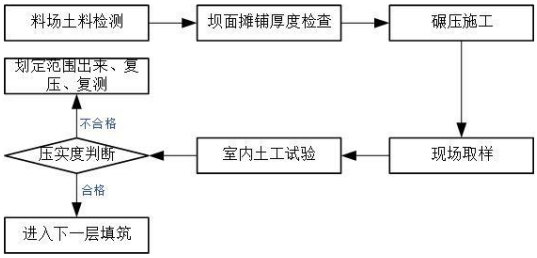

图 5 压实度检测流程图

4 常见质量问题及施工对策

4.1 压实度不足，整体偏低

现象：取样检测压实度低于设计 98%。

原因：土料含水率偏离最优区间；松铺厚度超标；碾压遍数不足、碾压速度过快；土料含有杂质。

对策：（1）料场提前调控含水率，雨季增加翻晒作业；（2）严格挂线控制松铺厚度，禁止超厚摊铺；（3）落实碾压参数，安排专人旁站记录碾压遍数、行驶速度；（4）不合格区域划定边界，全部挖除重新摊铺碾压，严禁直接在表面补土。

4.2 弹簧土（土体起鼓、弹性变形）

现象：碾压后土体发软，压路机碾压发生弹跳，取样干密度偏低。

原因：土料含水率过高；坝面积水未排干；下层土体未固结。

对策：土料含水率超标，运回料场翻晒；坝面积水及时抽排，弹簧土区域全部挖除，换填含水率合格土料；雨后暂停填筑施工，待坝面土体晾晒达标后方复工。

4.3 层间结合面压实不达标

现象：层间取样压实度偏低，层面存在浮土。

对策：碾压完成后强制刨毛；摊铺前洒水湿润；填筑间歇时间较长、坝面风干结壳，必须重新刨毛处理；监理验收刨毛质量，方可摊铺下一层土。

4.4 边角、岸坡位置漏压，压实度薄弱

现象：大型压路机碾压不到位，边角压实不足。

对策：岸坡预留 50cm 宽工作面，后期削坡补压；边角部位采用小型振动夯分层夯实，增加取样点位，重点检测；岸坡结合面清理干净，逐层搭接填筑。

4.5 季节性施工对策

青岛地区夏季多雨，土料含水率极易超标。雨季施工制定专项措施：料场设置排水盲沟，降低料场地下水位；缩短坝面填筑区段，随铺随压；遇中到大雨立即停止填筑，覆盖保护已摊铺土料；雨后复工前，全面检测坝面含水率，不合格土体全部清除。冬季低温时段，气温低于-2℃停止填筑，防止冻土上坝，冻土融化后产生沉降。

5 质量保障体系措施

（1）建立三级质量管控体系：项目部自检、监理抽检、第三方检测平行检测，青岛市官路水库工程围坝工程 3 标段落实班组、工区、项目部三级自检，每道工序验收合格后方可进入下道工序。（2）技术交底：开工前对管理人员、压路机司机、试验人员开展专项技术交底，明确松铺厚度、含水率、碾压遍数、取样要求，关键工序旁站。（3）数字化监控：碾压设备安装连续压实监测系统，实时记录碾压轨迹、速度、振动参数，后台自动存储碾压数据，实现碾压过程可追溯。（4）试验检测管理：试验人员持证上岗，土工试验仪器定期检定；取样点位随机布设，保证样品代表性，试验数据及时整理归档。

6 结论

本文依托青岛市官路水库工程围坝工程 3 标段均质土围坝填筑施工，通过现场碾压试验确定最优施工参数，围坝填筑压实度受土料含水率、松铺厚度、碾压参数、层间处理、坝基条件共同控制。施工全过程中，从料场土料管控、坝面摊铺、碾压作业、现场检测各环节建立压实度质量控制要点，针对弹簧土、压实度不足、层间薄弱、边角漏压等病害制定专项施工对策。

本标段在优化施工管控措施后，填筑单元压实度合格率稳定达到 98%以上，坝体沉降观测数据稳定，未出现坝体裂缝、渗流等质量缺陷，验证了这套压实度控制方案的有效性。平原地区大型均质土围坝施工，必须优先开展现场碾压试验，严控土料含水率，落实分层填筑、分层检测，做好层间结合处理，利用数字化碾压监测手段，全过程管控压实质量，保障围坝长期安全稳定运行。

参考文献：

[1] SL/T848-2025,碾压式土石坝施工规范[S].北京:中国水利水电出版社,2025.

[2] GB/T50123-2019,土工试验方法标准[S].北京:中国计划出版社,2019.

[3] SL/T631.1-2025,水利水电工程单元工程施工质量验收评定标准-土石方工程[S].

[4] 张军.均质土坝土方填筑压实度质量控制技术研究[J].水利技术监督,2023(06):112-115.

[5] 杜振东。青岛官路水库围坝填筑施工技术要点[J].山东水利,2024(05):45-47.