

水利工程施工中土方填筑施工技术

杨松宝

内蒙古自治区红山水库管理中心，内蒙古赤峰市，024511；

摘要：水利工程施工中的土方填筑技术是确保工程质量的关键环节，其核心流程包括试验段设置、压实参数选择、质量控制及接头处理等。水利工程作为现代社会不可或缺的基础设施，承担着防洪、保护地下水资源等多重任务，在提高人民生活质量、保障公共安全方面发挥着至关重要的作用。随着科学技术的进步和各种先进施工技术的出现，中国水利工程建设正朝着更高质量、更高效率的方向稳步发展。在此背景下，土方填筑技术作为水利工程建设的关键组成部分，日益突出。土方填筑不仅影响工程的整体稳定性和耐久性，而且直接影响其运行效率和安全性。

关键词：水利工程；土方填筑；施工原则；堤防

DOI：10.69979/3060-8767.25.12.073

在水利工程建设中，土方填筑是极其重要的施工环节，能够集中修筑堤防、土石围堰等建筑物，直接关乎着工程的整体质量。然而，在工程建设的实践中，土方填筑施工具有一定的复杂性，为充分保证整体施工质量达标。

1 试验段设置与压实参数

1.1 试验段目的

在水利工程施工中，设置土方填筑试验段是确保工程质量的关键环节，其主要目的包括以下方面：确定施工参数，通过试验段确定压路机型号、松铺厚度、压实厚度、碾压遍数等关键参数，为大规模施工提供科学依据。例如，需验证不同含水率下的压实工艺，确保土料在最优含水率下达到最大干密度。检验施工方案与设备，试验段可检验施工组织管理、机械配合的合理性，并评估施工人员的技术水平，避免后续施工中出现偏差^[1]。同时需通过击实试验确定土料的最大干密度和最优含水率，作为填筑控制指标。优化填筑材料与工艺，试验段需检测土样的物理力学性质（如颗粒分析、液塑限、CBR强度等），评估填料适用性，并优化碾压工艺。对于料源不均的土料，需分类进行击实试验，确保压实度达标。验证设计标准，通过碾压试验核实设计填筑标准的合理性，如黏性土、砂砾石等材料的压实度要求（如1级坝压实度需 $\geq 98\%$ ），并调整超百的压实度数据。压实参数确定，试验段需明确机械参数（如压路机型号）和施工参数（如松铺厚度、碾压遍数）。例如，砂砾石相对密度应 ≥ 0.75 ，反滤料宜 ≥ 0.70 。检测方法包括灌

砂法、环刀法等，取样需按规范（如每100-400 m²取一点）。通过试验段可全面掌握土体特性，减少施工风险，提升工程安全性与耐久性。

1.2 参数选择

水利工程施工中土方填筑施工技术试验段设置与压实参数选择是确保工程质量的关键环节，试验段设置目的，通过现场碾压试验确定经济合理的压实参数，包括铺土厚度、碾压遍数、最优含水量等，并验证设计填筑标准的合理性。试验需在填筑施工前一个月完成，采用逐步收敛法（淘汰法）进行参数组合。压实参数选择，核心参数，铺土厚度：通过试验测定不同厚度下的干密度，确定经济合理的厚度。碾压遍数：根据土料性质、含水量及机械类型确定，一般需5-8遍以上。含水量：黏性土料需控制最优含水量，非黏性土料需充分加水。机械参数：包括碾压机具重量、振动频率（振动碾）、行走速率等。参数确定方法，通过试验绘制铺土厚度、碾压遍数与最大干密度的关系曲线，结合最优含水量综合确定。对于非黏性土料，需通过击实试验确定压实功与含水量的关系。试验段实施步骤，场地准备：平整碾压场地，表面平整度 $\leq 10\text{cm}$ ，基层密度与待测试铺层一致。填筑与测量：按设计厚度铺料，布置网格测点，测量初始厚度与高程。碾压与检测：按拟定参数洒水碾压，测量沉降量，取样检测压实密度、孔隙率等。注意事项，黏性土料压实后需刨毛以保证层间结合。两种施工方法均需处理边角未压实区域。压实参数需根据土料类型（黏性/非黏性）和坝体等级调整。通过系统试验与参数优化，可有效提升土方填筑的压实质量与施工效

率。

2 压实标准与质量控制

2.1 压实标准

水利工程施工中土方填筑的压实标准与质量控制是确保工程安全稳定的关键环节，其核心在于根据不同填筑材料、工程等级及环境条件制定相应的技术指标，并通过科学的施工工艺和检测手段实现有效控制。压实标准，黏性土，以压实度和最优含水率为控制指标。根据《碾压式土石坝设计规范》(DL/T5395—2007)，1级、2级坝和高坝的压实度应不小于98%~100%，3级及以下坝（高坝除外）不小于96%~98%。高塑性土、膨胀土等特殊土料需根据工程实际论证确定。砂砾石和砂，以相对密度为控制指标，砂砾石相对密度不应低于0.75，砂不低于0.70。反滤料宜在0.70以上，若粗粒料含量小于50%，需保证细料相对密度达标。堆石料，以孔隙率为控制指标，通常选取20%~28%。施工参数（如碾压设备型号、振动频率、铺筑厚度等）需与干密度结合控制。质量控制要点，压实参数：包括碾压机具重量、含水量、碾压遍数、铺土厚度等，需通过试验段确定最优组合。施工工艺：分层填筑，每层虚铺厚度不宜大于60cm；碾压前需平料均匀，防止欠压或漏压；气候干燥时需洒水调节含水量^[2]。检测方法：黏性土采用环刀法或灌砂法检测干密度；非黏性土通过相对密度换算为干密度控制；堆石料需结合施工参数与干密度综合评估。特殊要求，地震高发区：压实度需按上限取值，如1级、2级坝宜达100%。设备选择：振动碾自重不小于12t，振动频率1100~1600r/min；坡面压实需使用专用夯具。

2.2 料场检查

根据水利工程施工规范，土方填筑的压实标准与质量控制需从料场检查、填筑参数、压实过程等多方面进行严格把控。料场检查，土料选择标准，优先选用黏性土（粘粒含量15%~30%）或粉质粘土，砂性土需配合防渗措施；严禁使用淤泥、膨胀土等不良土料。土料天然含水率应接近最优含水率（偏差±2%），过高需翻晒，过低需洒水。杂质含量需≤5%，且不得含草根、树根、大石块（粒径>50mm）。料场勘察要点，土料储量需满足工程总填筑量的1.2~1.5倍，确保土层均匀性，并靠近施工区（运距≤5km）。填筑参数确定，试验段验证，通过100~200m试验段确定最优铺土厚度（粘性土25~3

0cm）、碾压遍数（振动碾6~8遍）及行车速度（2~3km/h）。控制指标，粘性土压实度≥0.92，砂性土≥0.90；渗透系数需≤ 1×10^{-4} cm/s。压实过程控制，机械选择，粘性土宜采用振动碾，无粘性土需以相对密度控制。施工要求，铺土厚度误差≤10%，碾压需错距（错距宽度=碾轮宽度/碾压遍数）。结合部位（如岸坡、混凝土面）需清理杂物并涂刷黏土浆，搭接宽度≥1m。检测方法，粘性土常用环刀法、核子水分密度仪法；无粘性土采用灌水法或相对密度检测。堆石料以孔隙率（20%~28%）为控制指标，结合施工参数（铺筑厚度、碾压遍数）综合评估。质量控制要点，不合格压实度值不得低于设计值的96%，且需均匀取样，避免随意挑选。防渗体与岸坡结合处1.5~2m范围内禁用重型机具，需薄层压实。通过上述措施，可确保土方填筑的稳定性与防渗性能，满足水利工程设计要求。

3 施工工艺与接头处理

3.1 铺填与压实

水利工程施工中土方填筑施工工艺与接头处理是确保工程质量和安全的关键环节。铺填工艺，铺料方法，防渗体土料宜采用进占法铺料，自卸汽车在已平好的松土层上行驶卸料，避免在已压实土料面行驶。非黏性土料铺料方向应沿轴线进行，采用进退错距法或搭接法作业。反滤层填筑需按“先粗后细”顺序卸料，并采用小型反铲或推土机摊铺。铺料厚度控制，黏性土料需通过试验确定最优铺土厚度，通常与压实遍数、含水量结合分析。土石混合料最后一层压实厚度应小于300mm，最大粒径小于150mm。压实技术，压实机械选择，黏性土：静压碾压（如羊脚碾、气胎碾）或夯击。非黏性土：优先选用振动平碾，压实遍数4~8遍。土石路堤需使用自重不小于18吨的振动压路机。压实参数，关键参数包括碾压机具重量、含水量、遍数、铺土厚度（振动碾还需控制频率和行走速率）。黏性土试验含水量可取塑限 ω_p 的±2%范围（ $\omega_p+2\%$ 、 ω_p 、 $\omega_p-2\%$ ）。结合部位处理，坝壳与岸坡接合部2m范围内宜沿坡向碾压，避免大块石集中。分段碾压时，垂直方向搭接宽度≥0.3~0.5m，顺向≥1.0~1.5m。反滤层与土料界面需清除超径石，保证“犬牙交错”带宽度≤30cm。特殊要求，含水量控制：黏性土需洒水或晾晒至最优含水量，非黏性土可适量加水以提高压实效果。边坡处理：靠近边坡铺料需预留0.5m富裕宽度，压实后削坡。防渗体施工：需分段

流水作业，工作面宽度应满足机械操作要求（一般 >40 m）。通过上述工艺与接头处理措施，可有效保障土方填筑的密实度、整体性和长期稳定性。

3.2 接头处理

(1) 全层接头：土方填筑施工通常包括以下主要步骤：施工准备：包括工程勘察与设计、土料选择与检测、施工机械与设备准备以及施工现场布置。填筑方法：常用的填筑方法有水平分层填筑、纵向分层填筑、横向填筑和联合填筑。水平分层填筑是最常用的方式，按照横断面全宽分成水平层次，逐层向上填筑。施工规定：性质不同的填料应水平分层、分段填筑、分层压实。同一水平层路基的全宽应采用同一种填料，不得混合填筑。每种填料的填筑层压实后的连续厚度不宜小于 500mm 。压实要求：压实机械碾压时，一般以慢速效果最好，压实速度以 $2\sim 4\text{km/h}$ 为宜。碾压一段结束时，宜采取机械纵向退行方式碾压第二遍。全层接头处理，全层接头是土方填筑中常见的接头形式，其处理要点如下：直接连接构成接头：施工时单元槽段挖成后，立即浇注混凝土，混凝土与未开挖土体直接接触。在开挖下一单元槽段时，用铁刷钻具或抓斗斗齿将与土体相接触的混凝土面打毛，形成凹凸不平的表面，然后再浇混凝土，形成“直接接头”。这种接头方式粘附在连接面上的沉碴与土块难于清除干净，防渗性能较差，故永久性工程很少采用。使用接头管作成接头：施工时，在一期单元槽段挖成后，于槽段的端头吊放入接头管，然后浇注混凝土，再拔出接头管，形成两相邻单元槽段的凹形接头。这种方法施工简单、准确，是当前使用最多的一种方法。搭接型接头：施工时每隔一槽先造一期单元槽，在一期单元槽浇注混凝土后，开挖二期槽孔，将一期槽削去一部份，互相搭接而成。这种连接形式在我国一些工程上采用较多，并对接缝处的防渗性能进行了研究。质量控制与检验，施工前应检验进场的钢材、电焊条。已完工的导墙应检查其净尺寸，墙面平整度与垂直度。施工接头通常应满足不能妨碍下一槽段的开挖、混凝土不能从接头件两侧及底部渗入到下一单元槽段等条件。通过合理的施工工艺和接头处理，可以确保水利工程中土方填筑

的质量和稳定性。(2) 土砂接头：土方填筑施工工艺，土方填筑施工主要包括准备作业、基本作业、辅助作业和附加作业。其中，基本作业是核心，涵盖料场土石料开采、运输、卸料、坝面铺平、压实及质量检查等工序。施工时需按流水作业组织，主要分为铺料、整平、压实三个工序。铺料与整平：铺料宜平行坝轴线进行，进入防渗体时宜用进占法倒退铺土，避免超压。压实参数：需通过试验确定碾压机具重量、含水量、碾压遍数、铺土厚度等参数，振动碾压还需考虑振动频率和行走速率。黏性土料试验时，压实含水量可取塑限 (ω_p) 的 $\pm 2\%$ 范围（即 $\omega_{p+2\%}$ 、 ω_p 、 $\omega_{p-2\%}$ ）。接头处理技术，接头处理是防止坝体渗漏和结构不均的关键，分段接头错开：层与层之间的分段接头应错开一定距离，分段条带宜顺坝轴线方向布置，避免形成过大的高差。接坡处理：接缝坡面不应陡于 $1:3$ （或缓于 $1:2$ ），对黏性土需进行削坡、刨毛处理。土砂接头施工：土砂结合部（如土料与反滤料交界处）宜采用气胎碾进行压实。施工顺序应遵循“先土后砂”或“先砂后土”原则，即先压实土料一侧，待合格后再压实反滤料侧，避免交替夯实导致质量不均。反滤料应铺成阶梯状接头，确保过渡平顺。质量控制要点，含水量控制：黏性土料场需检查含水量，偏低时可在料场加水，非黏性土可在坝面喷洒加水。压实度检测：黏性土常用环刀法，砂砾料用灌水法或灌砂法，压实度实测值需不低于设计要求（如 $\geq 95\%$ ）。

总之，在水利工程施工过程中，必须高度重视土方填筑作业。需全面掌握该施工技术的关键要点，严格遵循各施工阶段的标准要求，切实落实施工方案。同时应及时开展质量检查工作，确保填筑工程的稳定性和安全性。

参考文献

- [1]张利. 水利工程施工中土方填筑施工技术研究[J]. 商品与质量, 2023(38): 221-224.
- [2]陈亮. 水利工程施工中土方填筑施工技术研究[J]. 工程研究与实用, 2024, 5(10). DOI: 10.37155/2717-5316-0510-23.