

水利施工中土石坝施工技术运用

李 威

河南水建集团有限公司 河南 郑州 450000

摘 要：本文探讨水利施工中土石坝施工技术运用。土石坝施工技术优势显著，能利用当地土石料降低成本，适应复杂地质条件，且技术成熟易推广。施工技术运用要点涵盖多方面，包括合理规划料场，依据勘察结果遵循特定原则并做好保护管理；对建筑材料进行加工及合理运输；科学开展坝基挖掘、填料铺筑、加水、岸坡处理、防渗体结合面制作以及填筑和压实等工作，各环节紧密相扣，通过严格把控施工技术要点，可有效保障土石坝工程质量，推动水利工程建设顺利进行。

关键词：水利施工；土石坝施工技术；运用要点

引言

水利工程作为国家基础设施建设的关键部分，对水资源合理利用、防洪减灾意义重大。土石坝作为常见坝型，其施工技术运用直接关乎工程质量与效益。当下水利工程建设持续推进，深入探究土石坝施工技术极为必要。土石坝施工技术凭借成本效益高、适应复杂地质、技术成熟易掌握等优势，在众多水利工程中广泛应用。因此，全面掌握土石坝施工技术运用要点，是确保水利工程质量与安全的核心。

1 水利施工中土石坝施工技术优势

（1）土石坝施工可充分利用当地的土石料资源，减少了材料远距离运输的成本。相比混凝土坝等其他坝型，其对水泥、钢材等高价材料的依赖程度较低。同时，土石坝施工工艺相对简单，施工设备要求相对不高，降低了设备购置与维护成本。此外，土石坝施工过程中劳动力投入相对灵活，在一定程度上也能降低人力成本，总体上具有显著的成本效益优势。（2）土石坝由于自身材料特性，具有较好的柔性。它能够适应一定程度的地基变形，对地质条件的要求不像混凝土坝那样苛刻。在一些地质条件较为复杂，如存在软弱地基、断层等情况的区域，土石坝能够通过合理的地基处理措施以及自身的结构特点，有效保证坝体的稳定性，拓宽了水利工程的选址范围。（3）土石坝施工技术经过长期发展，已经较为成熟。其施工过程主要涉及土石料的开采、运输、填筑和压实等环节，这些技术对于施工人员的专业技能要求相对易于掌握。与一些复杂的混凝土坝施工技术，如大体积混凝土浇筑、预应力锚索施工等相比，土石坝施工技术更容易在不同规模的水利工程中推广应用，降低了施工技术难度和管理难度。

2 水利工程中的土石坝施工技术运用要点

2.1 合理规划料场技术

（1）在施工前，需对潜在料场进行详细勘察。通过地质勘探、土工试验等手段，全面了解料场土石料的分布范围、储量、物理力学性质等。确定土石料的颗粒级配、含水量、抗剪强度等参数，为后续料场规划和施工方案制定提供科学依据。例如，对于粘性土料场，要重点关注其粘粒含量、塑性指数等指标，以判断其是否满足防渗体填筑要求。（2）根据勘察结果，遵循就近取材、质量优先、便于开采运输的原则进行料场规划。优先选择距离坝址较近的料场，以减少运输成本和时间。同时，确保料场土石料质量符合设计要求，对于不同质量的土石料，应分区开采，避免混杂。此外，要考虑料场的地形条件，规划合理的开采方式和运输路线，保证开采效率和运输安全^[1]。（3）在施工过程中，要注重对料场的保护与管理。合理控制开采深度和范围，避免过度开采造成水土流失和生态破坏。建立料场巡查制度，及时发现和处理料场滑坡、坍塌等安全隐患。同时，对料场开采后的场地进行及时平整和生态恢复，为后续土地利用创造条件。

2.2 建筑材料加工及运输技术

（1）对于开采出的土石料，根据施工要求进行必要的加工处理。对于粘性土料，若含水量过高，可采用翻晒、掺加外加剂等方法降低含水量；若含水量过低，可进行加水闷料处理。对于石料，要进行破碎、筛分等加工，使其颗粒级配符合设计要求。（2）选择合适的运输设备和运输路线至关重要。根据土石料的性质、运输距离和运输量，合理选用自卸汽车、皮带输送机等运输设备。在运输过程中，要采取措施防止土石料的洒落和分离。对于粘性土料，可采用篷布覆盖运输车辆，防止水

分蒸发和雨淋；对于石料，要控制装载高度，避免运输途中滚落。同时，合理规划运输路线，确保道路平整、畅通，减少运输时间和损耗。

2.3 坝基挖掘施工技术

(1) 在坝基开挖前，要做好测量放线工作，明确开挖边界和深度。清理坝基范围内的植被、杂物等，为开挖作业创造条件。同时，根据地质条件和开挖深度，制定合理的边坡支护方案，确保开挖过程中的边坡稳定。例如，对于土质较软的坝基边坡，可采用土钉墙、挡土墙等支护方式。(2) 根据坝基地质条件和设计要求，选择合适的开挖方法。对于软土地基，可采用分层分段开挖，配合井点降水等措施，防止地基土扰动。对于岩石地基，可采用爆破开挖，但要严格控制爆破参数，避免对周边岩体造成过度破坏。在开挖过程中，要及时对开挖面进行修整，保证其平整度和坡度符合设计要求。

(3) 坝基开挖完成后，要进行严格的验收。检查坝基的开挖深度、平整度、坡度等是否符合设计要求，对坝基岩石的完整性、风化程度等进行检测。同时，对坝基的地质情况进行复核，确保满足土石坝的承载要求。只有通过验收的坝基，才能进行后续的填筑施工。

2.4 试验数据分析技术

土石坝施工过程中，对土石坝填筑材料性质试验分析是指导施工控制的重要环节，试验数据分析技术的应用是确保工程质量、优化施工参数和验证设计目标的重要手段。常见试验数据的分析类型包括颗粒级配分析、含水率实验分析、击实试验分析、渗透试验分析和抗剪强度试验、压缩试验等专项实验分析等。例如通过筛分试验确定土石料的粒径分布，分析是否符合设计要求（如不均匀系数、曲率系数）。通过科学的试验数据分析，可显著提高土石坝施工质量，降低后期运行风险，同时，在实际工程中需结合现场情况灵活调整分析策略，对施工过程中各种数据实时进行分析并制定解决方案，避免试验分析迟滞导致质量失控。

2.5 填料铺筑技术

(1) 在填料铺筑前，要对坝基或已填筑层面进行清理，去除杂物、松散土石料等，确保层面结合良好。采用人工清理结合机械清扫的方式，彻底清除层面上的浮土、石渣、草根等，保证结合面干净整洁^[2]。同时，根据设计要求，在坝基或已填筑层面上设置测量控制桩，用于控制填料铺筑的厚度和坡度。使用高精度测量仪器，按照设计间距和精度要求设置控制桩，桩顶标高和位置严格符合设计标准，为铺筑施工提供准确依据。(2) 采用进占法或后退法进行填料铺筑。两种方法各有优缺

点，应根据施工条件和材料特性合理选择。进占法施工效率高，但对已压实层面有一定扰动；后退法对已压实层面扰动小，但施工速度相对较慢。在铺筑过程中，要控制好铺筑厚度，一般根据压实试验确定，避免过厚或过薄。过厚难以压实，影响坝体质量；过薄则增加施工成本和时间。采用水准仪、全站仪等测量仪器进行实时监测，确保铺筑厚度均匀和铺筑平整度，通常采用平地机等设备进行精细平整，通过测量仪器或随机检测设备检测平整度误差，及时调整。(3) 按照先低后高、先上游后下游的顺序进行铺筑。在坝体与岸坡结合部位，要先进行岸坡处理，然后再进行填料铺筑，确保结合部位的质量。先处理岸坡，可保证岸坡与坝体结合紧密，防止渗漏和滑坡。对于不同类型的填料，如防渗体土料和坝壳石料，要按照设计要求的顺序和厚度进行分层铺筑，保证坝体结构的合理性。防渗体土料铺筑在坝体上游侧，且厚度、压实度等有严格要求，坝壳石料在外侧，起到支撑和保护防渗体的作用，严格按设计顺序和厚度施工，确保坝体结构稳定、防渗性能良好。

2.6 填料加水技术

(1) 根据土料的性质和压实要求，确定合理的加水量。一般通过击实试验等方法确定土料的最优含水量，在施工过程中，使土料的含水量接近最优含水量，以保证压实效果。加水量过少，土料难以压实，达不到设计密实度；加水量过多，会导致土料出现弹簧土等现象，影响坝体质量。根据试验结果和施工实际情况，通过计算确定加水量，确保土料含水量在合适范围内。(2) 可采用在场外预湿、现场分层喷洒和填筑现场补水等措施，以及特殊情况下的处理，例如高塑性黏土、干燥气候条件、雨天施工等情况。通过科学的填料加水技术，可显著提升土石坝的压实质量和长期稳定性，减少返工成本。实际施工中需结合现场试验数据动态调整工艺参数。

2.7 岸坡处理技术

(1) 在土石坝与岸坡结合部位，要对岸坡进行彻底清理。清除岸坡上的植被、松散岩石、浮土等，保证岸坡的稳定性和清洁度。采用人工配合机械的方式，对植被进行砍伐、清理，对松散岩石进行撬挖、清除，对浮土进行清扫，确保岸坡表面干净、坚实。对于岩石岸坡，要对表面的风化层进行清除，露出新鲜岩石；对于土质岸坡，要进行削坡处理，保证岸坡坡度符合设计要求。通过爆破、机械破碎等方法清除岩石风化层，采用挖掘机、推土机等设备进行土质岸坡削坡，按照设计坡度要求进行精确修整。(2) 对于稳定性较差的岸坡，要进行加固处理。可采用锚杆、锚索等方式对岩石岸坡进

行加固,增强岸坡的抗滑能力。根据岸坡地质条件、岩石特性和稳定性分析结果,确定锚杆、锚索的长度、间距、直径等参数,通过钻孔、安装、张拉等工序进行施工,确保加固效果。对于土质岸坡,可采用挡土墙、抗滑桩等方式进行加固,防止岸坡在土石坝填筑过程中出现滑坡等问题。设计挡土墙的结构形式、尺寸和基础埋深,根据土质情况选择合适的抗滑桩类型和施工工艺,保证岸坡在施工和运行过程中的稳定性。(3)在岸坡与坝体结合部位,要进行特殊处理,以保证结合面的防渗性能和整体性^[3]。可在岸坡上设置齿槽,将坝体防渗体嵌入齿槽内,增加结合面的渗径。根据防渗要求和岸坡地质条件,确定齿槽的深度、宽度和间距,采用爆破、机械开挖等方法进行施工。同时,在结合面处铺设土工合成材料等,提高结合面的防渗效果。选择合适的土工膜、土工布等材料,按照规范要求铺设、焊接或粘结,确保结合面防渗可靠。在填筑过程中,要加强对结合部位的压实,确保结合部位的质量。采用小型压实设备对结合部位进行重点压实,增加压实遍数,保证结合部位土石料密实度达到设计要求。

2.8 制作防渗体结合面技术

(1)根据水利工程的要求和地质条件,选择合适的防渗体材料。常见的防渗体材料有粘性土、土工膜、沥青混凝土等。粘性土防渗体具有成本低、施工方便等优点,但对土料质量要求较高;土工膜防渗体具有防渗性能好、施工速度快等优点,但耐久性相对较差;沥青混凝土防渗体具有良好的防渗性能和耐久性,但施工工艺较为复杂。应综合考虑各方面因素,选择最优的防渗体材料。(2)在防渗体与坝体其他部位的结合面处,要进行严格处理。对于粘性土防渗体与坝壳料的结合面,要保证结合面的平整度,避免出现过大的高差。在结合面处,可铺设一层过渡料,增强结合面的稳定性。对于土工膜防渗体与周边结构的连接,要采用焊接、粘结等可靠的连接方式,确保连接部位的防渗性能。对于沥青混凝土防渗体与基层的结合面,要进行界面处理,保证两者之间的粘结牢固。(3)在防渗体结合面施工完成后,要进行防渗性能检测。可采用注水试验、渗压计监测等方法,检测结合面的渗流量和渗透压力。若发现防渗性能不满足要求,要及时采取补救措施,如进行灌浆处理等,确保防渗体结合面的防渗效果。

2.9 土石坝的填筑和压实技术

(1)按照设计要求的填筑顺序和厚度,分层进行土石坝填筑。在每层填筑过程中,要保证土石料的铺筑均匀,避免出现粗细料分离等现象。对于不同类型的土石料,要采用相应的填筑方法。例如,对于粘性土料,要控制其含水量在合适范围内,采用平碾等设备进行压实;对于石料,要采用振动碾等设备进行压实,确保压实效果。(2)通过现场压实试验,确定合理的压实参数,包括压实机械的类型、重量、碾压遍数、行驶速度等。不同的土石料和施工条件,其压实参数会有所不同。在试验过程中,要对压实后的土石料进行密度、含水量等指标检测,根据检测结果调整压实参数,直至达到设计要求的压实标准。(3)在土石坝填筑压实过程中,要加强质量控制。采用环刀法、灌砂法、灌水法等方法对压实后的土石料进行密度检测,确保压实度符合设计要求。同时,要对填筑层面的平整度、坡度等进行检测,保证填筑质量。对于压实不合格的部位,要及时进行返工处理,确保土石坝的整体质量和稳定性。(4)现场施工中,要对现场施工数据实时进行监测与动态分析,及时掌握控制上坝料含水率、黏粒含量、摩擦角等指标,对压实度不足、渗透系数超标、含水率波动大等常见问题进行解决处理。及时调整优化材料级配、碾压遍数、铺筑层厚,采取有效对应措施及时进行现场控制保证施工整体质量。针对含水率超标料场设置预湿或晾晒区调整含水率,避免出现在工作面调整含水率,影响整体工期进度。

结束语

总而言之,水利施工中土石坝施工技术运用是一个复杂的系统工程。从料场规划到坝体填筑压实,每个环节技术要点都至关重要。通过合理规划料场、科学加工运输材料、精细开展坝基挖掘与岸坡处理、精准控制填料铺筑及加水、精心制作防渗体结合面等技术措施,可充分发挥土石坝施工技术优势,保障工程质量与稳定性。

参考文献

- [1]马国春,王赫,范世运.水利工程土石坝施工技术趋势探析[J].东北水利水电,2021(12)
- [2]水利工程土石坝施工的技术探讨.赵晓晖;魏福生.河北水利,2023(02)
- [3]王玉婷.水利施工中土石坝施工技术的应用探讨[J].南方农机,2022,50(3):245