

水利水电工程勘测设计方法的分析

张亚波

洛阳水利勘测设计有限责任公司 河南 洛阳 471000

摘要：水利水电工程是保障水资源利用与能源供应的关键，其勘测设计质量关乎工程建设与运行。本文深入剖析勘测设计方法，勘测上，地质勘测、地形测量、水文勘测各技术协同，为工程提供数据支撑；设计方面，水利枢纽、引水系统、发电厂房设计各有要点，需综合考量功能与环境。同时，针对勘测设计存在的质量不足、专业沟通不畅、环保重视不足等问题，提出加强质量管理、强化专业协调、推动技术创新与人才培养等改进措施，以提升整体勘测设计水平。

关键词：水利水电；工程勘测；设计方法；分析

引言：水利水电工程对水资源利用与能源供应至关重要，其勘测设计是工程建设的核心环节。精准的勘测能获取可靠的地质、地形、水文等基础信息，科学的设计可将这些信息转化为合理方案。但目前水利水电工程勘测设计存在技术应用不先进、各专业协同不足等问题，影响工程质量与效益。因此，深入剖析勘测设计方法，提出优化方案，对保障水利水电工程的安全、高效、可持续运行，推动行业发展，满足社会对资源和能源的需求，有着重要的现实意义。

1 水利水电工程勘测设计概述

水利水电工程勘测设计是贯穿工程建设全生命周期的核心环节，是将工程构想转化为可实施方案的关键过程。其中，勘测工作通过运用地质、地形、水文等多学科技术手段，全面收集工程区域的自然环境数据，为设计提供详实可靠的基础资料。设计环节则依据勘测成果，综合考虑工程功能需求、经济成本、技术可行性等因素，对水利枢纽、引水系统、发电厂房等进行科学规划与详细布局。合理的设计不仅能确保工程在运行中实现防洪、发电、灌溉等目标，还能有效降低建设风险与运营成本。勘测与设计相辅相成，勘测是设计的前提，设计是勘测成果的应用与升华，二者共同构成保障水利水电工程安全、高效、可持续发展的基石，对推动区域经济发展、改善民生具有深远意义^[1]。

2 水利水电工程勘测技术

2.1 地质勘测

2.1.1 地质测绘

地质测绘是地质勘测的基础工作，勘测人员携带地质罗盘、放大镜等工具，实地观察工程区域地层岩性、地质构造及地貌特征，结合地形图，按比例尺绘制地质图。通过标注断层、褶皱等构造，划分地质单元，初步

识别滑坡、岩溶等不良地质区域，为工程选址和后续勘探指明方向，为水利水电工程建设筑牢地质认知基础。

2.1.2 地球物理勘探

地球物理勘探利用不同地质体的物理性质差异，借助电阻率法、地震波法等技术，无需开挖即可快速探测地下地质结构。通过分析电场、地震波等数据，获取基岩埋深、断层分布等信息，精准圈定溶洞、软弱夹层等隐患区域，为钻探定位提供依据，以高效、非侵入的方式助力掌握地下地质全貌，提升勘测效率与精准度。

2.1.3 钻探与取样

钻探与取样通过钻机钻孔，按深度采集岩芯、土样，实时监测钻进速度、泥浆漏失等参数判断地下情况。样品经实验室分析，获取岩土密度、抗压强度、渗透系数等关键参数，直接服务于水利水电工程地基承载力计算、坝体稳定性分析，是获取地下地质实物资料、支撑工程设计的核心技术手段。

2.2 地形测量

2.2.1 传统测量方法

传统地形测量依托经纬仪、水准仪、全站仪等常规测量仪器，通过实地设站观测，对工程区域地形地貌进行数据采集。测量人员需在控制点上架设仪器，利用角度测量、距离测量与高差测量原理，获取地物特征点的三维坐标。例如，使用全站仪对建筑物轮廓、道路走向等进行逐点测量，用水准仪测量地面高程变化。这种方法虽操作繁琐、效率较低，但测量精度较高，适用于局部地形复杂、对精度要求极高的区域，如坝基、溢洪道等关键部位的地形测绘。

2.2.2 全球定位系统（GPS）测量

全球定位系统（GPS）测量利用卫星定位技术，通过接收多颗卫星信号，快速确定测量点的三维坐标。该技

术无需通视条件, 仅需在测量点上架设GPS接收机, 即可在短时间内完成定位测量, 相比传统方法极大提升了测量效率。其定位精度可根据需求调整, 实时动态测量(RTK)模式下能达到厘米级精度, 静态测量模式下精度更高。

2.2.3 航空摄影测量与遥感

航空摄影测量与遥感借助无人机、飞机等飞行器搭载高分辨率相机或遥感传感器, 从空中对工程区域进行拍摄或数据采集。通过获取的影像数据, 利用专业软件进行立体建模与数据分析, 可快速生成高精度的数字地形模型(DTM)和正射影像图(DOM)。该技术具有覆盖范围广、数据获取速度快、受地形限制小等优势, 能够有效获取人力难以到达区域的地形信息。

2.3 水文勘测

2.3.1 水位、流量观测

水位观测是通过水尺、水位计等设备, 对水体表面高程进行实时监测, 以掌握水位随时间的变化规律。水尺直接安装于水边, 可人工定时读取水位数据; 而自动水位计, 如雷达水位计、压力式水位计等, 能通过传感器自动采集并传输数据, 实现连续观测。流量观测则需综合运用多种方法, 如流速仪法, 通过测量断面各点流速与过水断面面积, 计算流量; 浮标法适用于无法使用流速仪的场景, 通过投放浮标测算水流速度进而估算流量。在水利水电工程中, 水位、流量观测数据是水库调度、防洪规划、发电运行的核心依据, 直接影响工程安全与效益。

2.3.2 降水、蒸发观测

降水观测主要使用雨量器和雨量计, 雨量器通过人工定时收集降水, 经测量计算得出降水量; 自动雨量计则能实时记录降水过程, 精确到分钟级。蒸发观测常用蒸发皿、大型蒸发器等设备, 通过测量一定时间内水体蒸发量, 分析区域水分收支平衡。在水利水电工程中, 降水观测数据为水库来水量预测、防洪设计提供基础信息, 帮助工程师判断不同频率降雨下的洪水规模; 蒸发观测数据则用于水资源平衡分析, 辅助估算水库水量损失, 合理规划供水、灌溉等用水方案, 保障水资源的科学调配与高效利用。

2.3.3 水质监测

水质监测通过采集水样, 利用化学分析、仪器检测等手段, 对水体中的酸碱度(pH)、溶解氧、重金属含量、有机污染物等指标进行测定。采样点的布设需综合考虑污染源分布、水流特征等因素, 确保样本具有代表性。实验室检测中, 分光光度计、气相色谱仪等精密仪

器能精准分析水质成分。在水利水电工程中, 水质监测是保障生态安全与供水安全的关键环节。一方面, 可及时掌握工程建设对周边水体的污染影响, 避免因施工废弃物排放等导致水质恶化; 另一方面, 对饮用水源地水质进行持续监测, 确保居民用水安全, 同时为生态修复与环境保护措施制定提供数据支撑^[2]。

3 水利水电工程设计方法

3.1 水利枢纽设计

3.1.1 坝型选择

坝型选择是水利枢纽设计的核心环节, 需综合考量地形地质条件、工程功能需求、施工技术水平及经济成本。当地形狭窄、地质条件良好时, 混凝土拱坝凭借其良好的抗压性能, 可有效将水压力传递至两岸山体; 而在宽阔河谷、覆盖层较厚的区域, 重力坝依靠自身重量维持稳定, 成为常用选择。土石坝则适用于当地材料丰富、工期宽松的工程, 成本相对较低。此外, 坝型选择还需结合防洪、发电、灌溉等功能需求, 例如, 以发电为主的工程, 可能优先考虑能形成较大水头的坝型。

3.1.2 溢洪道设计

溢洪道设计旨在保障水库在遭遇超标准洪水时, 能安全泄洪, 避免溃坝风险。设计时需根据流域洪水特性、水库调洪能力确定溢洪道规模与形式。正槽溢洪道是常见形式, 其水流平顺, 适用于大多数地形条件, 由进水渠、控制段、泄槽、消能设施等组成, 控制段常采用实用堰或宽顶堰, 以有效控制泄流能力。侧槽溢洪道则适用于岸边陡峭、岸坡稳定的情况, 可减少开挖工程量。溢洪道的消能设计也至关重要, 通过设置挑流鼻坎、消力池等设施, 将下泄水流的能量消耗, 防止对下游河床及建筑物造成冲刷破坏, 保障水利枢纽安全运行。

3.1.3 水工建筑物的布置与连接

水工建筑物的布置与连接需统筹兼顾水流条件、运行管理及施工便利性。在布置上, 大坝、溢洪道、输水建筑物等需合理规划空间位置, 确保水流顺畅, 避免相互干扰。例如, 溢洪道出口应与大坝保持安全距离, 防止泄洪对坝体产生不利影响。建筑物之间的连接方式也需精心设计, 如大坝与溢洪道的连接部位, 需保证结构稳定且水流过渡平滑, 常采用渐变段连接, 减少水流能量损失与冲刷。同时, 考虑到不同建筑物的受力特点与变形特性, 连接处需设置伸缩缝等构造措施, 防止因不均匀沉降或温度变化导致结构破坏, 保障水利枢纽整体功能的有效发挥与长期稳定运行。

3.2 引水系统设计

3.2.1 引水方式选择

引水方式的选择需综合地形、地质、水文及工程功能等因素。无压引水方式适用于河道与用水点高差较小、地形平缓的区域,常通过明渠或无压隧洞引水,具有建设成本低、维护方便的优势,例如在灌溉工程中广泛应用。有压引水方式则适用于高差较大、需集中水头的场景,多采用压力隧洞或压力管道引水,能有效减少水头损失,提高水能利用效率,常见于水电工程。此外,混合式引水结合前两者特点,在复杂地形条件下,可通过无压明渠或隧洞进行长距离输水,再利用压力管道集中水头,实现水资源的高效调配与利用,为水利水电工程的稳定运行提供可靠保障。

3.2.2 压力前池与调压井设计

压力前池作为无压引水与有压管道之间的衔接建筑物,其设计需满足平稳水流、沉淀泥沙和分配水量的功能。设计时需合理确定池体尺寸,保证足够的容积以调节水量波动,并设置拦污栅、排沙设施,防止杂物和泥沙进入压力管道。调压井则是水击防护的关键设施,主要用于有压引水系统。当水电站负荷变化时,调压井可快速调整压力管道内的水流,缓解水击压力,保护管道和设备安全。其形式多样,如简单式、阻抗式、差动式等,设计时需根据引水系统的规模、水击特性及工程投资等因素,选择合适的调压井类型和参数,确保引水系统运行的安全性与稳定性。

3.2.3 引水管道设计

引水管道设计需综合考虑水力性能、结构强度和经济性。在水力设计方面,需根据流量、水头损失等参数确定管径,确保满足工程用水或发电需求,同时优化管道布置,减少弯道和起伏,降低水流阻力。结构设计上,需根据管道内水压力、外荷载及地质条件,选择合适的管材(如钢管、钢筋混凝土管等),并进行强度和稳定性计算,设置镇墩、支墩等支撑结构,防止管道变形或位移。此外,还需考虑管道的防腐、防冻等措施,提高管道使用寿命。

3.3 发电厂房设计

3.3.1 厂房布置

发电厂房布置需综合考量水流条件、设备安装与运行、交通运输及后期维护等多方面因素。在平面布局上,常将主厂房、副厂房分区设置,主厂房内布置水轮发电机组、调速系统等核心设备,按照水流方向合理规划机组间距,确保水流顺畅通过水轮机,提高发电效率;副厂房则用于布置电气设备、控制监测系统及办公

生活设施。在竖向布置方面,需结合尾水位变化、防洪标准确定厂房基础高程,既要保证机组正常运行不受洪水威胁,又要减少不必要的开挖量。

3.3.2 结构设计

发电厂房结构设计旨在保障厂房在各种荷载作用下的稳定性与安全性。其主体结构需承受水轮机、发电机等设备的重量,以及水流冲击力、地震荷载等外力。针对不同部位采用相应结构形式,如下部块体结构需有足够的强度和刚度,以支撑机组并传递荷载至地基;上部排架结构需满足设备安装与运行空间需求,同时具备良好的抗震性能。在材料选择上,多采用钢筋混凝土结构,通过合理配置钢筋增强结构抗拉、抗剪能力。

3.3.3 辅助设备配置

辅助设备配置是保障发电厂房正常运行的重要环节。供水系统为机组冷却、润滑及生活用水提供保障,需根据不同用水需求设计合适的取水、输水及净化设施;排水系统则及时排除厂房内的积水、渗漏水,防止设备受潮损坏。通风与空调系统调节厂房内温湿度和空气质量,确保电气设备正常运行及工作人员的舒适环境。起重设备用于机组安装、检修时的吊运作业,需根据设备重量和尺寸选择合适的桥式起重机、门式起重机等^[3]。

结束语

水利水电工程勘测设计是一项系统性工程,其方法的科学性与合理性直接关乎工程质量与效益。从地质、地形、水文勘测技术,到枢纽、引水系统、发电厂房设计方法,每个环节都不可或缺。尽管当前还存在质量、协调、环保等问题,但通过加强管理、促进协作、推动创新,能够不断提升勘测设计水平。未来,随着技术的持续进步与行业规范的完善,水利水电工程勘测设计将为水资源综合利用和清洁能源开发提供更坚实的保障,助力社会经济可持续发展。

参考文献

- [1]王君柯.水利工程地质勘测技术与方法的探究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2024(1):179-182.
- [2]邓英裕.水利水电工程地质勘测方法和技术应用分析[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2023(1):186-189.
- [3]李元海,秦德吉.水利水电工程中地质勘测及其技术应用分析[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2023(5):135-138.