

Research on Transportation Network Layout and Design Optimization of Pumped Storage Power Station under Hill And Ridge

Dahong Luo

Qingtian County Transportation Project Preliminary Preparation Center, Qingtian, Zhejiang, 323900, China

Abstract

Pumped storage power station as an important means of energy storage and regulation, in the “difference” countries approved on a large number of pumped storage power station project, presents the prosperity, the site selection, planning, construction and operation is greatly influenced by transportation network, especially in the complex terrain conditions of mountain heavy hills. This paper discusses the layout and design of pumped storage power station transportation network under this environment, analyzes the various traffic forms and function layout, puts forward reasonable planning suggestions to ensure the efficiency and connectivity, for the guidance of pumped storage power station transportation network layout and design.

Keywords

mountains and hills; pumped storage power station; transportation; road network layout; sustainable development

山岭重丘条件下抽水蓄能电站交通运输路网布局与设计优化的研究

罗大红

青田县交通项目前期编制中心，中国·浙江 青田 323900

摘 要

抽水蓄能电站作为一种重要的能源存储和调节手段，在“十四五”国家核准上马了一大批抽水蓄能电站项目，呈现如火如荼的繁荣景象，其选址、规划、建设与运营受到交通运输路网很大的影响，尤其是在山岭重丘的复杂地形条件下。论文探讨了在此环境下抽水蓄能电站交通运输路网的布局与设计，对各种交通形式与功能布局进行分析，提出合理的规划建议，以确保电站场内外交通运输路网的高效性和联通性，为山岭重丘条件下抽水蓄能电站交通运输路网布局与设计提供参考和指导。

关键词

山岭重丘；抽水蓄能电站；交通运输；路网布局；可持续发展

1 引言

抽水蓄能电站是利用电力负荷低谷时的电能将水从下水库抽到上水库，再从上水库进出水口通过输水系统及可逆式的水泵水轮机组进行高峰发电，整个规划和运行系统功能强大且布局庞杂，特别是在地形复杂的山岭重丘地区，抽水蓄能电站的前期规划、项目建设面临着更大的挑战，特别是合理的交通运输路网布局与设计对于提高抽水蓄能电站的建设效率、运营管理和库区开发至关重要。

2 抽水蓄能电站规划布局

考虑到抽水蓄能电站的特点，结合生态环境、自然资源、

土地利用规划和空间规划，设计团队对抽水蓄能资源站点进行普查选点、不断的复勘论证和规划布局，往往需经几年的综合技术论证才确定推荐站点，纳入国家能源局《抽水蓄能中长期发展规划》。而经综合选取的推荐站址往往以山丘山岭为多，所以对抽水蓄能电站总体的规划布局提出非常高的专业要求。

常规的抽水蓄能电站布局是由上水库、下水库、输水系统、地下厂房和开关站、环库及上下库连接公路、库区复建工程、接入送出系统（另行立项建设）、前后方营地等组成，面临用地范围广、面积大、地形地质情况复杂、环境条件多变、山区水势暴起暴落等，立地条件苛刻，而抽水蓄能电站自身功能布局非常强大，施工组织方案错综复杂，高质量的库区内外交通路网将有机衔接电站功能区布局与建设起着至关重要的作用，故交通路网布局与设计也是电站规划布局

【作者简介】罗大红（1975-），男，中国浙江青田人，本科，工程师，从事交通运输、工程建设与监理研究。

设计的重要思考方向。

3 交通运输路网布局与设计的原则

交通运输路网布局与设计应按区域特点、交通特性、路网结构综合分析确定各路网的功能，根据功能结合交通量、运输特点、地形条件等选用合理的技术标准和技术指标，以保护耕地、节约用地为原则综合兼顾经济性、安全性、便捷性。抽水蓄能电站交通运输路网布局与设计主要考虑：

设计标准：在山岭重丘地区，道路设计需要遵循合理的坡度标准，以确保车辆通行安全。外联道路需要考虑二级及以上的干线公路作为大件运输主通道，经工程区进场道路运输至各功能区安装就位，该进场道路作为永久公路布局将会是电站运维重要的交通要道，故采用水电三级技术标准，兼顾三级公路技术指标，库区交通复建工程以“三原则”采用原公路工程技术标准规范选取，其他电站检修永久道路、安全通道与临建施工道路的最大坡度应控制在 12% 以内，以避免施工期、运维期运输安全的风险。

路线优化：合理规划道路路线，尽量避免大幅度的坡长和小半径的转弯，可以通过使用地形图定线、现场查勘和 IBM 三维模型来优化路线，选择地形起伏较小的区域作为主要道路展线，兼顾安全、经济、环保、施工等因素深度比选不同路线、不同结构物方案，选取最佳路线方案。

施工组织：选择施工难度相对较低、造价经济、运营高效的方案进行道路建设，尽量减少工程大开挖、高挡墙高边坡。同时，可以考虑在施工过程中沿主干道路线布设临时道路和便道，保障主体工程建设期各专业工区交通施工组织的高效衔接，确保参建人员进出、工程物料以及机械设备的正常运输，必要时采用 IBM 技术辅助施工组织与管理。

环境保护：在规划过程中，应强化环境保护和水土保持措施，及时把环水保工程措施体现在路网规划设计成果中，如设置生态恢复带、边坡防护带和完善的排水系统，防止施工过程中水土流失、路基失稳等安全隐患。

4 交通运输路网布局与设计的考量

抽水蓄能电站交通运输路网根据交通需求的不同分场外道路、场内道路。路网布局时，需对外购与中转重要的水电设备、机械物料以及大宗地材等运输进行周密的调查、分析，制定严谨的交通运输方案，为路网布局与设计优化提供参数支撑^[1]。

路网架构：可以将道路细分为场外大通道、场内主要道路、场内非主要道路和施工支洞、施工便道。大通道主要运输水电设备大件、工程机械、大宗物料等；场内主要道路负责工程区运输任务，连接场外道路、施工支洞和施工便道，是交通施工组织中的“枢纽站”；施工支洞主要保障输水系统安全施工，并承担节点施工运输通道；施工便道用于施工阶段各断面的临时需求。

特殊标准：山岭重丘地区经常需要建设桥梁和隧道来

跨越峡谷、溪沟和山脊，而抽水蓄能电站特殊的运输需求，对路基宽度、隧道净空以及转弯半径有较高的指标，因此在桥梁、隧道设计时相应指标创新灵活使用，设计时不但考虑结构稳定性、施工难度以及维护管理问题，还注重运输大件的尺寸要求，如高度、宽度、长度等^[2]。

交安设施：在交通路网中必要的交通标志、信号灯、监控设备设置以及道口值班室，以提高交通运输安全管理效率、电站运行智慧化管理及安全运维管理水平。特别是在视线不良和道路坡度较大的区域，需要设置警示标志和减速带。

应急通道：考虑到山区的特殊情况，必须规划好应急通道，以便在发生自然灾害或突发事件时，能够快速疏散人员和设备。

5 山岭重丘地区交通路网布局与设计的挑战

在山岭重丘地区，地形复杂多变，坡度大，起伏明显，对交通运输路网规划布局与设计提出了更高要求，尤其是在山岭重丘条件下的电站库区更是如此。主要考虑因素：

地形地质：山岭重丘的地形地质对路网规划平纵线性、平整度及建设成本有直接影响。道路需要探明不良地质，克服地形障碍，并且保持适当的坡度，以确保施工安全和运输效率^[3]。

环境保护：在生态脆弱、水保重点保护的山区，交通路网的建设可能对环境、水土流失造成严重影响。因此，规划过程中需要考虑减少对生态环境的干扰，优化规划布局、优化结构形式、优先选取环保施工技术。

施工难度：山区施工难度大，尤其是对于大型机械设备的运输和道路建设，需要特别设计施工工序，周全的施工组织，并考虑材料和设备的运输问题。

管养问题：山岭重丘路网生态脆弱，极易受极端天气影响引起道路各种工况损坏，给管养带来极大挑战。布局与设计时应尽量避开不良地质，优化路面结构，强化边坡防护与路基排水设计，尤其是挖方路段做好强化设计。

6 浙江青田抽水蓄能电站交通运输路网布局分析

以浙江青田抽水蓄能电站项目为例，该项目位于浙闽隆起区，青田县巨浦乡境内，典型的浙西南山岭重丘。上水库为小溪水系支流城门坑沟，坝址位于小横坑村，下库位于小溪支流巨浦源沟上，坝址位于双坑口村下游侧约 500m 处，项目总装机容量 1200MW（4×300MW）。通过对地形地质地质的详细勘测，通过对现状交通路网、运输方式、运输强度的详细分析，经过预可研、可研、初设阶段对交通运输路网布局与设计的不断优化、强化，在建设施工阶段，前期周到的布局优势逐步显现^[4]。主要选择了以下策略：

路网布局：下库场外道路利用现有的 330 国道、S325 省道湖边至巨浦段至工程区所在巨浦乡，在可研（初设）

阶段优化布局了一条巨浦拼宽桥,按公路-I级荷载设计,电站建设期专供进出运输路线使用;考虑上库筹建期施工内容为库岸公路、临建工程以及场平施工等,从下库迂回约60km之上库且唯一现有路线,其中对现有的约33km农村公路进行弯道优化、挡墙加固和路面修复,作为筹建期的施工进出通道,满足施工要求。工程区交通复建道路、上下库连接公路为主要道路,采用公路工程技术标准设计,同样在可研(初设)阶段优化交通复建工程路线外移,避免与库区交通运输的交叉干扰,通过上下库连接公路串联上坝路、进/出水口、进场交通洞、开关站、引水调压井、各施工支洞以及临时便道,自成一个有闭环、又有开放的交通施工组织体系与运输路网体系。

路线选择:路线选择采用现场查勘、控制点设定、实测地形图定线确定基本走向,结合库区正常蓄水位与行洪频率的计算确认路线纵向设计,项目团队还利用IBM三维建模提高设计效率与质量。主要道路明线沿山体缓坡规划设计,绕避不良地质段,在困难路段布设了桥梁与隧道,减少了对地形地物与生态环境的破坏,优化了道路平纵线性,确保交通运输畅通、安全、舒适。检修道、施工支洞和便道则根据实际需求进行布局与设计,踏勘时尽量利用现有的农业生产道作为辅助通道。

桥隧建设:针对山区的河流和峡谷,布局了共24座交通桥梁与隧道(含10条施工隧道),共约10.69km,占青田抽水蓄能电站规划路网实施段54.4km的19.7%。结合电站建设运输特点,灵活采用设计指标,设计标准不一,隧道净空不一(3.5~8.2m不等),净宽不一(3.5~10m不等),

但这也给标准化施工与工程管理带来很大难度^[5]。

环保措施:不管是永久道路还是临时便道,结合开挖边坡特点选取喷植复绿、挂网喷混、排水防护、系统锚杆等处置或者复合型处置方案,施工便道全部进行路面硬化,防止建设期水土流失、扬尘污染,同时要求在道路路基成型后及时恢复路两侧植被,提升工程区建设环境。

7 结论

综上所述,山岭重丘条件下的抽水蓄能电站交通运输路网布局和设计需要综合考虑地形、运输需求与特点、环境保护和施工难度等因素。通过清晰的交通运输空间布局、合理的路网规划、科学的路线设计以及水环保措施,可以有效提高电站建设安全、施工效率和运维环境,并最大程度减少对生态环境的影响。未来的研究应进一步探索在不同地形条件下的最佳交通网络布局,以适应可持续发展的能源需求、周边开发交通需求和环境保护要求。

参考文献

- [1] 黄勇,邓兵.城市环境下抽水蓄能电站场内交通道路布局与设计优化[J].水力发电,2021,47(2):47-50.
- [2] 闫宾,王昱.抽水蓄能电站场内道路水泥混凝土路面结构设计研究[J].水电与抽水蓄能,2019,5(5):93-97+101.
- [3] 单志超.浅谈抽水蓄能电站上下库连接公路选线设计[J].城市情报,2020(5):125-126.
- [4] 吴远鹏.抽蓄电站场内道路设计重难点探究[J].山西建筑,2020,46(15):123-124.
- [5] 彭义锟.公路工程设计中路线的布设问题分析[J].安徽建筑,2023,30(9):174-175+183.