

DOI:10.3880/j.issn.1006-7647.2008.04.012

龙滩水电站左岸高边坡支护与施工程序设计

胡书红¹,李 峥²

(1.二滩水电开发有限责任公司,四川 成都 610021;2.黄淮学院建筑工程系,河南 驻马店 463000)

摘要 针对龙滩水电站左岸典型反倾向层状结构岩质高边坡的稳定和变形问题,通过边坡稳定性分析和施工程序的模拟,结合边坡开挖后岩体应力调整和分布规律,有针对性地选择各种支护措施的实施时机,并对各种支护措施在施工时序上进行优化组合,确定合理的边坡施工程序。在保证施工期边坡稳定的前提下,为锚索施工赢得了时间,较好地解决了高边坡工程施工中存在的因支护制约开挖及难以组织快速施工等方面的问题。

关键词 高边坡 支护 施工程序 龙滩水电站

中图分类号 :TD824.7+2 **文献标识码** :B **文章编号** :1006-7647(2008)04-0041-03

Design of construction procedure and high slope support on left-bank of Longtan Hydropower Station//HU Shu-hong¹, LI Zheng²(1. Ertan Hydropower Development Company, Ltd, Chengdu 610021, China ;2. Architecture Engineering Department, Huanghuai University, Zhumadian 463000, China)

Abstract : In order to study the stability and deformation of a high rock slope with countertendency laminated structures at Longtan Hydropower Station, the optimal construction procedure for slope excavation and a variety of slope support measures are obtained from the stability analysis and construction simulation of the rock slope, with regard to stress adjustment and distribution of the rock mass of the slope after excavation. Engineering practices show that the slope construction procedure can ensure the stability of the high slope during the construction period, and save time for anchor cable construction. Hence, it can effectively solve the problem of slow excavation due to slope support measures.

Key words : high slope ; support ; construction procedure ; Longtan Hydropower Station

龙滩水电站坝址位于广西壮族自治区天峨县境内,电站装机为 9×700 MW,水库总库容为 272.7 亿 m³,是我国西电东送的龙头电站^[1]。龙滩水电站左岸高边坡包括 382 m 高程以上坝肩边坡、382 m 高程以下电站进水口边坡(含坝前坡、坝头和坝后坡)、坝基开挖面及导流洞进水口边坡。其中导流洞进水口边坡和坝基开挖面通过电站进水口在 301 m 和 311 m 高程处连成一片。

1 边坡支护设计

1.1 工程特点

- a. 规模大,工期紧。边坡组合开挖高度为 420 m,开挖支护面积达 27 万 m²,工程量巨大,边坡布置了 8 层排水洞,共计长 5 200 m,工程计划工期为 27 个月。
- b. 地质条件复杂。左岸边坡为典型的反倾向层状结构岩质边坡,开挖范围内断层及顺坡向陡倾角结构面发育。进水口边坡受地形条件限制,只能紧靠已发生弯曲倾倒变形的蠕变岩体布置,蠕变体

区岩石破碎,倾倒变形深度为 30~76 m^[2]。

c. 边坡开挖形体复杂。受地形、地质条件限制及结构布置需要,坡面形体设计复杂。382 m 高程以上综合坡比为 1:0.75~1:1 而 382 m 高程以下坡比在 1:1.2~1:0.2 之间多变。左岸边坡开挖形体见图 1。

1.2 支护设计原则

支护设计遵循以下原则:①治坡先治水的原则。边坡稳定性分析表明地下水是影响左岸高边坡稳定的主要因素之一,系统排水是龙滩水电站左岸高边坡处理的首选工程措施;②超前支护、随机支护、常规支护相结合的原则;③有利于采用先进的技术、材料、设备,为快速、高效、有序施工创造条件的原则;④信息化施工与动态设计相结合的原则。

1.3 边坡支护设计

1.3.1 防渗和排水设计

建立以地下排水为主,地表截、排水为辅的综合治水体系,改善边坡稳定条件。

a. 地下截、排水系统。①防渗帷幕:位于坝头

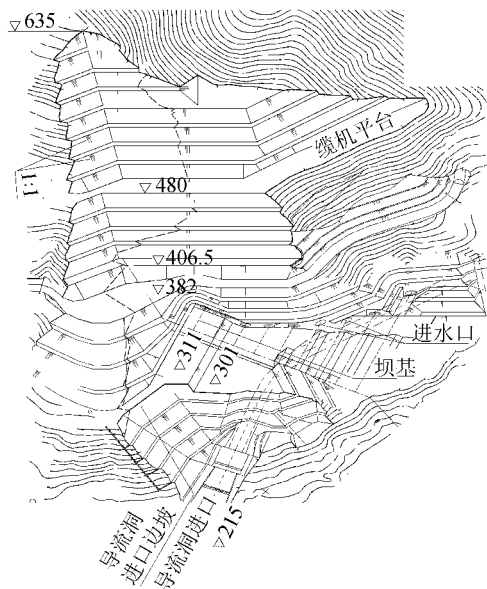


图1 左岸边坡开挖形体示意图

坡,利用大坝防渗帷幕阻挡库水进入岩体。②排水洞及洞内排水帷幕 排水洞共8层,分布在560~260 m高程处,每40~60 m布置1层,从上游到下游贯穿开挖坡面,垂直坡面设有支洞 排水洞之间通过排水孔形成排水帷幕。排水洞比坡面先开挖20 m,提前降低地下水位,提高坡面开挖后的自稳能力 在排水洞内布置排水帷幕,排水帷幕汇集的水通过排水洞内的排水沟排出山体 在洞内布置边坡对穿锚索。

b. 地上截、排水系统。①周边截、排水沟(超前施工) 布置在开口线以外5~10 m范围内,可防止开口线以外地表径流汇入边坡范围,汇集排水洞或坡面马道排水沟的来水,并将其引排入江。②坡面排水系统 包括排水孔和排水沟,分别布置在坡面和马道内侧。坡面设5 m的浅孔和15 m深孔排水并设纵向排水沟与各级马道排水沟相接,汇集坡面径流,并引排到周边截、排水沟。③坡面喷护或混凝土面板 根据地质状况,对开挖坡面采用素喷混凝土、网喷混凝土或现浇混凝土面板等方式进行防护,防止开挖坡面表层岩体风化和地表径流冲刷,控制或减少雨水和施工用水下渗。

1.3.2 边坡支护设计

a. 系统锚杆 针对不同部位及地质条件,在480 m高程以上每隔5 m和8 m相间布置锚杆;480~382 m高程每隔8 m和10 m相间布置锚杆;382 m以下每隔10 m和12 m相间布置锚杆,锚杆采用 $\Phi 32 \sim 25$ 普通II级螺纹钢。根据开挖揭示的地质情况,局部设随机锚杆。

b. 喷混凝土及面板混凝土 在406~382 m高程之间,位于蠕变区及1号冲沟内的边坡采用现浇50 cm厚C20钢筋混凝土面板,其他部位采用 $\Phi 4$ 钢

丝网喷15 cm厚C20混凝土。

c. 超前锚杆和钢筋桩 600 m高程以下坡面中间和坡脚分别按水平下俯 10° 和垂直布置15 m长、 $\Phi 32$ 的精轧螺纹钢超前锚杆;480 m高程以下部分马道外侧设30 m深的7 $\Phi 32$ 或5 $\Phi 32$ 钢筋桩。

d. 预应力锚固 主要采用1 000~3 000 kN的普通预应力端头锚索和一端锚于坡面排水洞内的对穿锚,锚索长度在25~80 m之间。

e. 边坡监测设计 边坡除系统的布置了观测墩、水准点、多点位移计、测斜孔、测缝计及排水洞内的静力水准仪、三向位移计等位移观测设施以及锚杆应力计、锚索测力计和应力监测仪器外,还布置有地下水位观测孔和三角形量水堰等地下水位、水量监测设施。边坡支护设计典型剖面见图2。

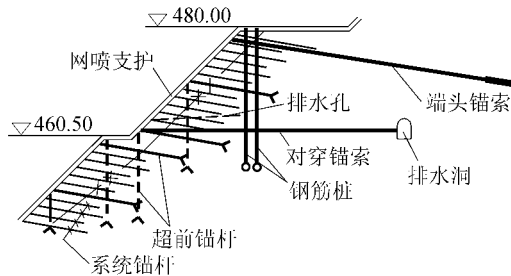


图2 边坡支护设计典型剖面示意图(单位:m)

2 施工程序设计

2.1 边坡稳定性分析

a. 降低地下水位可以使边坡稳定性得到显著提高。

b. 开挖后边坡岩石应力将重新调整,变形主要表现为卸荷反弹 边坡的坡脚和坡顶及马道转折处出现明显拉应力区^[3]。

c. 开挖后变形随边坡下降呈加大趋势;且变形具有时间效应,初期表现为开挖坡面岩体的急剧卸荷松弛,其影响随后逐渐向上级坡面及岩体内发展,遇到不利结构面易导致边坡的变形破坏^[4]。

2.2 施工程序

a. 根据边坡稳定性分析结果,并结合有利于快速组织施工的原则,确定施工程序为 边坡自上而下分层开挖,各级坡面综合层高为20 m,开挖梯段高度控制在10 m左右,同层间可分区开挖,单梯段高差不超过15 m。相对于各级坡面开挖,坡面周边截排水设施、地下排水洞、坡面超前锚杆和马道钢筋桩等超前支护措施应在开挖前完成施工,其中排水洞要提前降低20 m 随机支护根据开挖后揭示的不稳定岩体的具体性状采取不同措施立即实施,锚喷支护滞后一个开挖梯段高度(10 m)随梯段开挖跟进实施 锚索支护和坡面排水孔滞后一层开挖坡面高度

(20 m)逐级跟进。龙滩水电站左岸边坡典型施工程序见图 3。

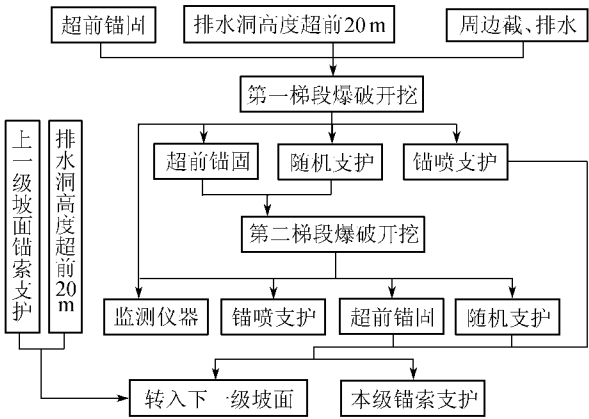


图 3 龙滩水电站左岸边坡施工程序

b. 预应力锚索与其他加固措施一起共同组成整个边坡加固体系。排水洞和开口线外截水沟应提前安排施工,通过降低地下水位提高边坡开挖后的自稳能力。超前锚杆和锚喷支护施工工艺简单、方便快捷,能够快速发挥作用,超前锚杆能有效地防止开挖后急剧变形阶段岩体的松弛和开裂,起到减轻上梯段二次卸荷回弹,限制下梯段岩体变形松弛和开裂的双重作用,并与排水措施一起对边坡变形起到预防作用,锚喷支护能够对浅表层原生裂隙或爆破裂隙构成的局部不稳定块体及爆破和开挖后形成的卸荷松弛进行快速加固,并与超前排水、超前锚杆一起限制边坡变形扩展的范围与速率,在一定时间内保证了边坡的稳定,为锚索施工赢得时间,并在保证

边坡稳定的前提下,减少施工干扰,有利于组织快速施工。

3 结 语

龙滩水电站左岸典型的反倾向层状结构岩质高边坡稳定和变形问题,是龙滩水电站工程的重大技术问题之一,设计采用了包括综合排水在内的多种支护措施对开挖边坡进行加固处理。

通过边坡稳定性分析和施工程序的模拟,结合边坡开挖后岩体应力调整和分布规律,有针对性地选择各种支护措施的实施时机,对各种支护措施在施工时序上进行优化组合,确定了合理的边坡施工程序。

将工艺简单、快速有效的超前支护与锚喷支护措施相结合,为锚索施工赢得了时间,解决了高边坡工程中开挖与支护间相互制约以及难以组织快速施工等问题。

参考文献：

[1] 冯树荣. 龙滩水电站设计及技术特点[J]. 红水河, 2001 (2) :16-20.
[2] 赵红敏,冯树荣. 龙滩水电站地下厂房进水口高边坡设计[J]. 红水河, 2001 (2) :37-41.
[3] 戴谦训,周海慧,赵红敏. 龙滩进水口高边坡稳定的三维有限元分析成果简述[J]. 红水河, 2002 (2) :12-17.
[4] 张有天,周维恒. 岩石高边坡的变形与稳定[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1999 :303-304.

(收稿日期 2007-06-18 编辑 方宇彤)

· 简讯 ·

第四届亚洲土工合成材料学术与展览会在上海召开

由国际土工合成材料学会中国委员会与中国土工合成材料工程协会主办、上海勘测设计研究院与浙江大学承办的第四届亚洲土工合成材料学术与展览会于 2008 年 6 月 17 ~ 20 日在上海展览中心举行。会议主要以特邀演讲、专题演讲、邀请报告、论文介绍、展览会和技术参观等形式展开。会议主题是“土木工程与环境工程中的土工合成材料”。会议议题包括:土工合成材料的基本原理与特性;土工合成材料的测试与标准;土体加固与改良;渗透、排水与侵蚀的控制;垃圾填埋场与其他环境工程;自然灾害的工程预防、减灾和修复;土工包容系统(土工管袋、土工包等);交通(公路、铁路、隧道、港口、机场等);水利工程结构(大坝、河道、水库等);工程实例介绍等。展览会的展览范围包括:土工织物、土工合成材料、复合土工合成材料及相关各类产品;各类土工合成材料所需原材料;各类土工合成材料的生产、加工、机械设备;土工合成材料测试仪器、设备;土工合成材料施工工艺与装备;土工合成材料理论研究与创新成果;土工合成材料工程应用、技术设计、技术研究、技术咨询、技术服务以及与土工合成材料技术相关的其他内容。

(本刊编辑部供稿)