某水电站引水系统优化设计研究

陈 子 河

(四川省水利水电勘测设计研究院,四川 成都 610072)

摘 要:因前期设计时缺少勘探资料,某水电站引水系统采用了低压引水隧洞、阻抗式调压室、高压压力钢管的常规布置方式。通过进一步实施地质勘探、现场查勘取得了较为详细的地质资料,结合近年来水电站引水系统设计取得的技术进步成果,开展了优化设计工作,取消了该水电站的调压室,缩短了引水系统长度,优化了隧洞支护衬砌型式,从而有利于施工布置,降低了工程投资、施工难度以及对工程区附近环境的影响。介绍了该电站优化设计过程。

关键词:长引水隧洞;隧洞纵坡;锚喷;围岩承载;优化设计

中图分类号:TV7;TV22 **文献标识码**: B **文章编号**:1001-2184(2018)05-0144-03

1 概 述

某水电站采用低闸长引水开发方式,设计引用流量为9.99 m^3/s,装机容量为78 MW,年平均发电量为4.127亿kW·h,年利用小时数为5 291 h。

该水电站主要枢纽建筑物由首部枢纽建筑物和左岸引水发电建筑物组成。其中首部枢纽建筑物包括溢流坝、泄洪冲沙闸、取水口、前池(兼作一级沉沙池)及侧堰、进水口等,左岸引水发电建筑物包括引水隧洞、地下沉沙池、调压室、压力管道、地下厂房等。

该电站前期设计时因缺少勘探资料,引水系统采用了低压引水隧洞、阻抗式上游调压室、高压压力钢管的常规布置方式。

2 原设计方案存在的主要问题及优化设计思路

(1)原方案中引水系统上游调压室布置在较高的位置,通往调压室顶部的道路布置困难;

(2)引水系统水流惯性时间常数与机组加速时间常数的比值 Tw/Ta 接近0.4,且考虑到电站装机容量在电网容量中所占的比例小,研究通过适当调整机组参数、取消上游调压室的可行性;

(3)取消上游调压室后,增大了引水隧洞纵坡,压低了隧洞末端和钢管起点高程,减少了引水隧洞与压力管道总长度;

(4)Ⅱ类围岩洞段采用锚喷作为永久支护,Ⅲ类、Ⅳ类和Ⅴ类围岩隧洞段采用钢筋混凝土衬砌,研究将Ⅲ类围岩洞段改为锚喷支护;

(5)压力钢管采用Q345R和Q690D两种钢材,而Q690D钢衬焊接要求较高、造价偏高;考虑到围岩承载能力,研究了压力钢管全部采用Q345R钢材的可行性。

3 引水系统的基本地质条件

根据进一步勘探和现场查勘取得的地质资料,得知该电站具有引水系统沿线地质条件好的特点。

该引水系统沿线地质构造简单,为稳定的单斜构造区,未见较大规模的断裂与褶皱发育。岩体风化不强烈,未见强风化岩体;弱风化岩体厚度一般埋深40~50 m,且引水系统大部分处于微风化~新鲜岩体中。

引水隧洞所处的山体雄厚,洞室埋深为50~600 m,岩石主要为石英岩、片麻岩,高地应力不突出;以Ⅲ类围岩(70%)为主,Ⅱ类围岩约占10%,Ⅳ类围岩约占20%,Ⅴ类围岩占比很小。

调压室、压力管道所处的岩体主要为石英岩、片麻岩,Ⅱ类围岩约占40%,Ⅲ类围岩约占55%,Ⅳ类围岩约占5%。

4 引水系统的设计优化

根据新取得的地质资料,结合近年来水电站引水系统设计取得的技术进步成果,开展了引水系统优化设计研究工作。

(1)该电站装机容量为78 MW,额定水头为940 m,引用流量为9.99 m^3/s,具有额定水头高、引用流量小的特点。原设计方案中的引水隧洞全长4 546.508 m(含地下有压沉沙池)。隧洞开挖

收稿日期:2018-03-08

www.powerfoo.com

断面为城门洞型,断面尺寸均为 3 m×3 m。根据围岩类别的不同,隧洞分为两种不同的支护衬砌型式:Ⅱ类、部分Ⅲ类围岩洞段采用锚喷支护,过水断面 2.8 m×2.7 m,流速 1.45 m/s;部分Ⅲ类、Ⅳ类和Ⅴ类围岩洞段采用钢筋混凝土衬砌,过水断面 2.2 m×2.3 m,流速为 2.13 m/s。原设计方案中压力管道全长 2 307.654 m,其中主管段长 2 279.861 m,支管段长 27.793 m。主管管径分为 5 级,由 1.6 m 逐级调整到 1.2 m,流速为 4.97 ~ 8.83 m/s。支管分为主支管和支管,主支管管径为 1.1 m,流速为 7.01 m/s;支管管径为 0.8 m,流速为 6.62 m/s。

根据原设计方案中的引水建筑物、机组特征参数,计算水流惯性时间常数 *Tw* 为 2.12 s。因该电站装机容量仅为 78 MW,在电网容量中所占比例较小。笔者参考已竣工发电的玛依纳电站和南湃电站(未设置调压室),其 *Tw/Ta* 均大于或接近不设置调压室临界值 0.4,两电站运行情况良好(表 1)。

表 1　未设置调压室水电站主要参数表

项　目	电站名称	
	玛依纳	南湃
最大水头 /m	521.7	735
额定水头 /m	471.4	700
最小水头 /m	458.2	693.5
单机容量 /MW	150	43
机组台数 /台	2	2
机组转速 /r·min^{-1}	250	600
电站水流惯性时间常数 *Tw* /s	5.22	2.86
机组惯性时间常数 *Ta* /s	7.6	7.45
Tw/Ta	0.686	0.38
GD^2/t·m^2	7 500	335

采用优化后的引水建筑物、机组特征参数,计算出的水流惯性时间常数 *Tw* 为 2.06 s,机组加速时间常数 *Ta* 为 5.31 s,*Tw/Ta* 为 0.39,满足规范中规定的可不设置调压室的要求。

优化后的项目若不设调压室,采用以下措施能够确保机组运行的稳定性和安全性:

①将水轮发电机组的 GD^2 由 90 t·m^2 增加至 95 t·m^2,通过增加 *Ta* 值,使 *Tw/Ta* <0.4;

②优化调速器的配置。

(2)原设计方案中引水隧洞坡度较缓,进水口至沉沙池段的纵坡为 2%,沉沙池至调压井段的纵坡为 0.25%,引水隧洞全长 4 546.508 m。压力管道采用单管三机方案,由五段平段、四段斜井段组成,平段由斜井连接,主管全长 2 279.861 m,支管段长 27.793 m。引水线路全长 6 854.162 m。

设计优化按隧洞最大施工坡度不超过 8% 作为控制条件对引水线路纵坡进行了调整。引水隧洞进水口至沉沙池段的纵坡为 2%,沉沙池至调压井段的纵坡为 7.743%,引水隧洞全长 4 674.911 m。压力管道采用单管三机方案,由四段平段、三段斜井段组成,平段由斜井连接,主管全长 1 986.12 m,支管段长 27.793 m。引水线路全长为 6 688.824 m,较原设计方案引水线路短 165.338 m。

(3)引水隧洞沿线埋深为 50 ~ 600 m,除进口段 20 ~ 25 m 为弱风化岩体外,其余段均为微风化 ~ 新鲜岩体,隧洞沿线围岩为石英岩夹片麻岩、片麻岩。隧洞中前段节理为中等发育 ~ 较发育,岩体完整性差 ~ 较完整,岩体以镶嵌结构 ~ 次块状结构为主,少部分为块状结构。隧洞中后段节理轻度发育 ~ 不发育,岩体较完整 ~ 完整,岩体以块状为主,少部分为次块状与整体状。

原设计方案中对Ⅱ类、部分Ⅲ类围岩洞段采用边顶拱喷锚(厚 10 cm)与底板素混凝土支护(厚 20 cm),部分Ⅲ类、Ⅳ类和Ⅴ类围岩洞段采用钢筋混凝土衬砌(厚 30 cm,限裂设计)。

笔者分析了国内已投产发电的高水头电站,由于大多数隧洞沿线围岩条件好,引水隧洞多采用透水衬砌,从而大大节约了工程投资(表 2)。

表 2　国内部分采用透水衬砌的引水隧洞表

项　目	电站名称		
	龙洞	阴坪	小天都
装机容量 /MW	165	100	240
引用流量 /m^3·s^{-1}	69.4	55.0	77.7
引水隧洞最大水头 /m	286.07	310	377.25
引水隧洞长度 /m	5 380.17	8 944.572	5 987.053
引水隧洞断面类型	城门洞型	城门洞型	城门洞型
引水隧洞断面尺寸 /m	6.2×6	5.7×5.75	6.5×6.2

该电站优化设计方案中对Ⅱ类、Ⅲ类围岩洞段采用边顶拱喷锚(厚 10 cm)与底板素混凝土支护(厚 20 cm),Ⅳ类和Ⅴ类围岩采用钢筋混凝土

www.powerfoo.com

衬砌(厚 30 cm,透水衬砌)。

(4)原设计方案中对压力钢管采用了 Q345R 和 Q690D 两种钢材。复勘后得知压力管道沿线围岩完整、地质条件好,考虑到围岩承载后钢衬厚度不超过 40 mm,故在优化设计方案中将压力钢管全部采用 Q345R 钢材。

5　引水系统优化设计取得的成果

(1)原设计方案中引水系统的水头损失合计 63.68 m(平均值),优化设计方案中引水系统的水头损失为 63.04 m(平均值),水头损失满足要求。

(2)通过设计优化,取消了调压室,减少了引水线路长度,优化了隧洞支护衬砌类型,减少了通往调压室的施工交通道路,节约了工程投资。

(3)对Ⅲ类围岩洞段采用喷锚支护型式,对隧洞施工进度保障有利。

(4)考虑到围岩承载能力后,将压力钢管全部采用 Q345R 钢材,降低了施工难度,减少了工程投资。

(5)优化设计方案与原设计方案中的施工布置方案基本一致,但优化设计方案较原设计方案节约场内施工道路约 4.3 km,征地范围小于原设计方案,对工程区附近环境影响将有所降低。

6　结　语

该引水系统优化设计方案得到了审查单位的认可。在下一阶段项目实施过程中,应根据施工进展和揭示的实际地质条件进一步研究引水系统的布置、支护、衬砌方案,做到技术可行、经济合理。

作者简介:

陈子河(1975-),男,四川蓬溪人,工程师,从事水电工程设计工作.

(责任编辑:李燕辉)

(上接第 37 页)

力度,及时清理掉抛撒在路面的矿块,巨型工程轮胎的使用寿命逐步达到目前的 7 000 ~ 8 000 h。

自卸汽车合理的道路运行坡度为不超过 8%,局部最大不超过 10%,可以保证汽车轮胎受力合理,以提高轮胎的使用寿命。改善道路的平竖曲线,减小道路转弯段特别是急转弯段的平竖曲线,适当降低内弧高程并提高外弧高程,有利于改善汽车转弯时轮胎的受力条件,降低轮胎磨损和机械损害程度,提高其使用寿命。

对于矿坑坑底局部有水路面应做好边沟及管涵等排水设施,使汽车在干燥路面行驶;雨季下雨路面湿滑时暂停施工,可以避免汽车涉水时对轮胎的切割损害和轮胎打滑时的磨损。根据生产实践统计分析,雨季的轮胎消耗速度比旱季快 30% 以上。

4.3　强化对轮胎的日常监测

轮胎的日常监测主要为轮胎胎压和轮胎温度的监测,避免因轮胎胎压过高或过低而影响轮胎的使用性能,降低其使用寿命。

4.4　提高巨型工程轮胎橡胶性能与矿山特性和环境的匹配度

莱比塘铜矿地处热带季风气候地区,常年气温较高,特别是每年的 4、5 月份,气温高达 40 ℃以上,因此,所使用的轮胎必须具有良好的耐热性。莱比塘铜矿为高硫化铜矿床,其矿石、坑内渗水均为弱酸性,具有一定的腐蚀性,因此要求轮胎及其轮辋要具有一定的耐腐蚀性能。鉴于矿石的硬度较高,因此要求轮胎的耐磨纹硬度、耐磨度等与矿石硬度相适应。

5　结　语

莱比塘铜矿采矿项目巨型工程轮胎的消耗在采矿生产成本中占有较大的比例。因此,提高巨型工程轮胎的理想废弃率,从而提高轮胎的平均使用寿命是降低生产成本、提高生产管理水平的重要途径之一。笔者从造成巨型工程轮胎的非理想废弃原因着手分析,归纳出提高矿山巨型工程轮胎理想废弃率的途径,以期持续提高轮胎的平均使用寿命,达到降本增效的目的。

作者简介:

侯彦君(1973-),男,四川巴中人,高级工程师,从事建设工程施工技术与管理工作;

宋自平(1979-),男,四川威远人,高级工程师,从事土木工程施工技术与管理工作;

谢　军(1973-),男,四川崇州人,工程师,从事水利水电工程施工技术与管理工作.

(责任编辑:李燕辉)

www.powerfoo.com