

# 猴子岩水电站导流隧洞洞身复合衬砌结构设计

梁娟, 张有山, 张罗彬

(中国水电顾问集团成都勘测设计研究院, 四川 成都 610072)

**摘要:**猴子岩水电站导流隧洞规模大,地质条件复杂,设计人员根据导流隧洞的地质条件和运用要求,通过结构分析计算,对洞身采用复合式衬砌,既满足了施工期的安全要求,又满足了导流洞运用要求,设计科学、合理。介绍了导流隧洞的设计情况

**关键词:**猴子岩水电站;导流隧洞;复合衬砌;结构设计

**中图分类号:**TV7;TV554;TV33

**文献标识码:** B

**文章编号:**1001-2184(2012)02-0111-02

## 1 工程概况

猴子岩水电站位于四川省甘孜藏族自治州康定县境内,工程的主要任务为发电,无其它综合利用要求。水库正常蓄水位高程1 842 m,相应库容6.62 亿 m<sup>3</sup>,总库容7.06 亿 m<sup>3</sup>,死水位高程1 802 m,调节库容3.87 亿 m<sup>3</sup>,电站装机容量1 700 MW (425 MW×4 台)。大坝坝顶高程1 848.5 m,河床段趾建基面高程1 625 m,最大坝高223.5 m。本工程初期导流设计洪水标准采用50年洪水重现期,相应导流设计流量为5 590 m<sup>3</sup>/s。为满足工程施工导流需要,共布置了两条导流隧洞。两条导流隧洞均布置在左岸,靠河侧为1号导流洞,靠山侧为2号导流洞;1号导流隧洞长度为1 552.771 m,堵头段以下与非常泄洪洞结合;2号导流隧洞长1 979.238 m。1号、2号导流隧洞过流断面尺寸均为13 m×15 m(宽×高),进口高程为1 698 m,出口高程为1 693 m。

## 2 导流隧洞工程地质条件

导流隧洞工程区岩体为志留系上统(S3)~泥盆系下统(D1)变质碳酸盐岩、绢云母石英白云片岩、泥质结晶白云岩等,其中以泥盆系下统(D1)变质碳酸盐岩为主。导流洞工程区无区域性断裂通过,地质构造以次级小断层、挤压破碎带、节理裂隙为特征。其中规模较大的断层主要有F0、F3,为Ⅱ级结构面,FS-1断层为Ⅲ级结构面。

## 3 导流隧洞结构设计

### 3.1 隧洞初期支护措施

根据导流隧洞地质条件、运行条件和施工条件,对导流隧洞洞身采用锚喷、挂网、钢格栅等单一或组合支护为初期支护,钢筋混凝土衬砌为二次支护。初期支护参数参照《水工隧洞设计规范》(DL/T5195-2004)附录F采用工程类比法确定,施工过程中根据开挖揭示的地质条件进行动态调整。导流隧洞不同围岩类别初期支护参数见表1。

表1 导流隧洞洞身围岩初期支护参数表

围岩类别	喷混凝土	钢筋网	系统锚杆	格栅钢拱架
堵头前Ⅴ类	喷 C25 聚丙烯纤维混凝土,厚 20 cm	φ6.5@15 cm×15 cm	顶拱锚杆 φ32,L=9 m,边墙锚杆 φ28,L=6 m,间排距 1.5 m(拱肩加密为间排距 1 m)	格栅钢拱架为 18 cm×18 cm,间距 0.5 m
堵头前Ⅳ类	喷 C25 聚丙烯纤维混凝土,厚 20 cm	-	顶拱锚杆 φ28,L=6 m,边墙锚杆 φ25,L=4.5 m,间排距 1.5 m(拱肩加密为间排距 1 m)	格栅钢拱架为 18 cm×18 cm,间距 0.75 m
堵头前Ⅲ类	喷 C25 聚丙烯纤维混凝土,厚 10 cm	-	边顶拱锚杆 φ25,L=4.5 m,间排距 1.5 m(拱肩加密为间排距 1 m)	
堵头后Ⅴ类	喷 C25 聚丙烯纤维混凝土,厚 20 cm	-	顶拱锚杆 φ32,L=9 m,边墙锚杆 φ28,L=6 m,间排距 1.5 m(拱肩加密为间排距 1 m)	格栅钢拱架为 18 cm×18 cm,间距 0.5 m
堵头后Ⅳ类	喷 C25 聚丙烯纤维混凝土,厚 20 cm	-	顶拱锚杆 φ28,L=6 m,边墙锚杆 φ25,L=4.5 m,间排距 1.5 m(拱肩加密为间排距 1 m)	格栅钢拱架为 18 cm×18 cm,间距 0.75 m
堵头后Ⅲ类	喷 C25 聚丙烯纤维混凝土,厚 10 cm	-	边顶拱锚杆 φ25,L=4.5 m,间排距 1.5 m(拱肩加密为间排距 1 m)	

### 3.2 隧洞衬砌结构设计

## (1) 荷载分析。

导流隧洞衬砌混凝土的设计荷载主要为山岩压力、衬砌自重、内水压力、外水压力及灌浆压力。

## (2) 荷载组合与计算工况。

设计工况分为施工期、运行期与封堵期3个阶段,各阶段的荷载组合见表2。

表2 导流隧洞荷载组合表

设计工况	山岩压力	衬砌自重	内水压力	外水压力	灌浆压力
施工期	√	√		√	√
运行期	√	√	√	√	
封堵期	设计	√		√	
	校核	√		√	

## (3) 设计计算参数。

①由于Ⅲ类围岩岩体完整性较好,构造和节理发育较小且产状对隧洞稳定影响较小,Ⅳ及Ⅴ类围岩节理裂隙相对发育,局部稳定性差,尤其是Ⅴ类围岩层间挤压破碎带发育,围岩不稳定。虽然在施工过程中采取了喷锚、格栅钢拱架等加固措施,但主要考虑其作为临时支护,只保证施工期围岩基本稳定及施工安全。故按照《水工建筑物荷载设计规范》(DL 5077-1997)中的相关规定,

Ⅲ、Ⅳ及Ⅴ类围岩垂直均布压力分别为 $0.1\gamma RB$ 、 $0.2\gamma RB$ 及 $0.3\gamma RB$ ,水平均布压力分别为 $0$ 、 $0.05\gamma RH$ 及 $0.1\gamma RH$ ;Ⅲ、Ⅳ及Ⅴ类围岩弹性抗力系数分别为 $3\ 250\ \text{MPa/m}$ 、 $2\ 250\ \text{MPa/m}$ 及 $250\ \text{MPa/m}$ 。

②内水压力。根据设计流量下导流隧洞压力水头分段确定。

③外水压力。施工期和运行期根据天然地下水位确定;封堵期堵头前按库水位高程 $1\ 802\ \text{m}$ 计,堵头后仍根据天然地下水位确定。作用在钢筋混凝土衬砌结构上的外水折减系数 $\beta_e$ 根据围岩地下水活动情况,结合所采用的排水措施,按照《水工隧洞设计规范》(DL/T5195-2004)中附录H选取。

## (4) 衬砌厚度及配筋。

利用理正软件,按《水工隧洞设计规范》(DL/T5195-2004)推荐的边值法对洞身衬砌进行结构设计计算。经过衬砌结构内力计算,在完成围岩初期支护的条件下,分段采取不同的衬砌型式,衬砌配筋计算成果见表3。

表3 导流隧洞衬砌结构配筋计算成果表

围岩类别	混凝土衬砌厚度 /m	边值法配筋 /mm		备注
		内层	外层	
堵头前Ⅴ类	1.5	$\varphi 32@125$	$\varphi 20@200$	脚部外侧需加强配筋
堵头前Ⅳ类	1	$\varphi 32@167$	$\varphi 20@200$	脚部外侧需加强配筋
堵头前Ⅲ类	0.8	$\varphi 28@143$	$\varphi 20@250$	脚部外侧需加强配筋
堵头后Ⅴ类	1	$\varphi 32@167$	$\varphi 20@250$	脚部外侧需加强配筋
堵头后Ⅳ类	0.8	$\varphi 28@143$	$\varphi 16@250$	脚部外侧需加强配筋
堵头后Ⅲ类	0.65	$\varphi 28@167$	$\varphi 16@250$	脚部外侧需加强配筋

## 4 结 语

从现场导流隧洞实际施工情况看,设计成果符合现场设计地质情况。但在实际施工过程中,对于层间错动带宽、层面裂隙发育、岩块间结构松散、自稳能力较差的洞段,在开挖支护过程中,一定要遵循“小进尺、弱爆破、及时支护”的原则,绝不能冒进求快。在架设格栅钢拱架时,应确保各段间的连接质量以及其与岩体间的良好结合。对于格栅钢拱架与岩壁间的空隙,应及时采用喷混凝土、回填

混凝土等措施充填,以增加顶拱岩体的切向位移阻力,消除岩体的位移空间。

## 作者简介:

梁 娟(1981-),女,四川南部人,工程师,学士,从事水电工程施工组织设计工作;

张有山(1973-),男,河南南阳人,项目副设计总工程师,高级工程师,学士,从事水利水电工程设计工作;

张罗彬(1971-),男,重庆丰都人,高级工程师,工程硕士,从事水电站厂房设计工作。

(责任编辑:李燕辉)

## 九龙水库工程正式启动

四川重点水利工程——九龙水库工程建设动员会近日在雅安市举行,标志着今年全省拟开工建设“2+10”水利重点项目正式拉开帷幕。九龙水库工程是列入全国中型水库建设规划和全省“再造一个都江堰灌区”规划的水利工程之一,也是省委、省政府确定的今年开工的“2+10”大中型水利工程的第一个项目。九龙水库距雅安城区52公里,是以灌溉、乡镇供水和农村供水为主,兼顾发电、防洪和生态建设等功能的综合利用型水库,总库容1560万立方米,有效库容1205万立方米,由大坝枢纽工程、渠系工程和电站工程三部分组成。主体工程总工期预计30个月,渠道工程总工期预计28个月,项目估算总投资5.67亿元。工程建成后,可解决灌区2.23万人的饮水安全、5.27万亩耕地的灌溉问题。