

溧阳抽水蓄能电站地下厂房顶部 预固结灌浆施工

尹成福

(中国水利水电第五工程局有限公司,四川 成都 610066)

摘要:溧阳抽水蓄能电站地下厂房区岩层产状变化较大,地质条件较复杂,为了保证厂房顶部开挖质量和安全,对厂房顶部采取了提前预固结灌浆的方法。厂房顶部预固结灌浆施工采用潜孔钻造孔、“孔口封闭灌浆”法灌浆,先将非灌段一次钻孔到底,低压浓浆灌注待凝后再进行灌浆段施工,灌浆效果较好,改善了厂房顶部的围岩条件,保证了厂房顶部开挖的质量和施工安全。

关键词:溧阳抽水蓄能电站;预固结灌浆;成果分析;地下厂房

中图分类号:TV7;TV554;TV52;TV544;TV743

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2017)03-0013-03

1 概述

江苏溧阳抽水蓄能电站地处江苏省溧阳市,上水库位于龙潭林场伍员山工区,与安徽省接壤。枢纽建筑物主要由上水库、输水系统、地下发电厂房系统及下水库等4部分组成。电站安装6台机组,总装机容量为1500 MW。

厂房区地层内断层十分发育,规模较大的断层主要有F10、F32、F54,特别是F54断层对厂房影响较大,断层带宽度为5~18 m,岩体节理十分发育且受岩层产状影响较大,发育方向分散,规律性较差,总体围岩以Ⅲ2~Ⅳ1类为主。

为了改善厂房顶部围岩的结构,在厂房顶部开挖前,利用主厂房顶拱上部灌排廊道中的固结灌浆廊道,对其顶拱部分围岩进行预固结灌浆处理,在两条灌浆廊道底板布设了8排灌浆孔,遵循“先外后内、分序、逐渐加密”原则进行。具体灌浆孔布置情况见图1。

设计固结灌浆孔距2.5 m,排距0.6 m。其中:1排孔深36 m,灌浆段长12 m,角度为 -12° ;2排孔深31 m,灌浆段长12 m,角度为 -4° ;3排孔深28.5 m,灌浆段长12 m,角度为 5° ;4排孔深28.5 m,灌浆段长12 m,角度为 15° ;5排孔深28.5 m,灌浆段长12 m,角度为 -15° ;6排孔深28.5 m,灌浆段长12 m,角度为 -5° ;7排孔深31 m,灌浆段长12 m,角度为 4° ;8排孔深36 m,灌浆段长12 m,角度为 12° 。每个孔只灌注底部

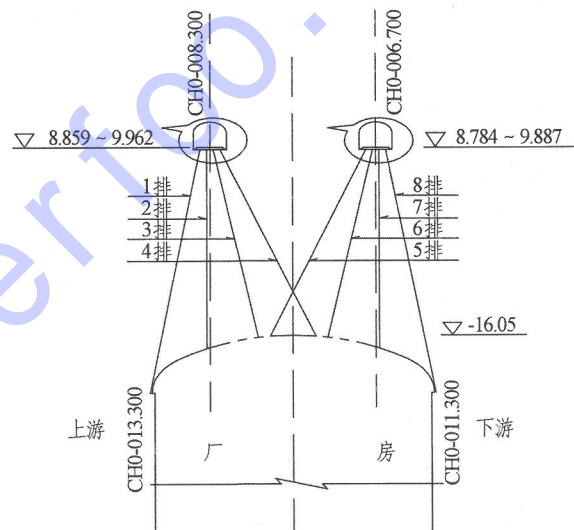


图1 厂房顶部预固结灌浆布置剖面图

12 m范围,其它部位不进行灌浆。

常规固结灌浆一般采用手风钻或潜孔钻造孔、孔深较浅,多采用孔口卡塞、全孔一次灌浆法。该项目厂房顶部预固结灌浆钻孔深度平均在28.5 m以上,且只灌注孔底12 m段,深孔固结灌浆分为2段灌注,灌浆压力为3 MPa,介于高压灌浆与低压灌浆的临界值。

对于灌浆方式,设计要求采用自上而下分段循环式灌注,除结束标准为固结灌浆要求外,其他均为帷幕灌浆施工要求。

2 厂房顶部预固结灌浆施工方案

厂房顶部预固结灌浆位于上层排水廊道中,排水廊道断面尺寸为3.2 m×3.8 m,除去两侧排

收稿日期:2017-04-23

水沟底板宽 2 m,分 4 排灌浆孔,排距 0.6 m,孔距 2.5 m,遵循先外后内、分序、逐排加密的施工原则进行灌注。厂房顶部预固结灌浆共 664 个孔、钻孔深度为 20 584 m、灌浆长度为 7 968 m。由于厂房顶部预固结灌浆施工制约厂房开工,必须在厂房开工前完成各项施工和检测任务,因此施工强度非常大。

由于该项目地质条件复杂,根据前期灌浆试验成果得知,采用地质钻机钻孔较慢,而且易出现卡钻情况;底部 12 m 灌浆卡塞困难,易出现绕塞返浆,甚至造成孔内事故;加之施工场地狭小,地质钻机摆放和移钻困难,故采用地质钻机自上而下分段阻塞式循环灌浆根本不能满足厂房开工要求。

经综合考虑和论证,最终确定采用 100B 潜孔钻机钻孔,其能很好地适应各种复杂地层,卡钻情况少,钻孔效率大大提高。但由于岩层性质而造成钻孔孔壁不规则、分段卡塞难度大,为减少卡塞时间并满足灌浆压力,灌浆采用了“孔口封闭灌浆法”,即先埋设孔口管,非灌段用潜孔钻一次钻孔到位,先进行低压、浓浆预灌后,待凝 12 h,预灌对孔壁进行了保护并减少了下一步灌浆段灌浆时非灌段的吃浆量,再用潜孔钻对灌浆段钻孔、灌浆,既提高了钻孔效率,也避免了孔内事故的发生且施工简单。

3 厂房顶部预固结灌浆的施工程序和方法

3.1 灌浆程序

孔口管段钻孔→预埋孔口管→非灌段钻孔→裂隙冲洗→压水试验→非灌段灌浆→待凝→非灌段扫孔→第一段钻孔→裂隙冲洗→灌前压水试验→灌浆→非灌段扫孔、第一段扫孔→第二段钻孔→裂隙冲洗→灌前压水试验→灌浆→封孔。

3.2 钻孔与灌浆方法

采用 100B 潜孔钻钻孔,孔径为 $\varphi 110$ 、 $\varphi 90$ 两种,钻孔依据灌浆原则,按“围、挤、压”由外向里逐排加密,分两序施工。先钻灌外围 1、8、4、5 排(I、II序),再钻灌 3、7、2、6 排(I、II序)。

根据设计要求,厂房顶部预固结灌浆的目的主要是保障厂房顶部 12 m 范围内能有效的灌注并满足设计压力和减少事故,故采用“孔口封闭灌浆法施工”。对非灌段采取一次性钻孔,用 1:1 水泥浆灌注,待凝 12 h,再向下进行灌浆段钻灌施工。

3.3 灌浆施工参数

(1) 灌浆压力见表 1。

表 1 设计灌浆压力表 /MPa

孔段编号 (自上而下)	非灌段	第一段	第二段	备注
段长 /m	16.5~24	6	6	
I 序孔	1	2.5~3	2.5~3	1、8 排 2.5
II 序孔	1	3	3	

(2) 固结灌浆水灰比。

厂房顶部预固结灌浆浆液采用普通水泥灌注,主灌段水灰比为 3:1、1:1 和 0.5:1 三个比级,开灌比采用 3:1,非灌段开灌水灰比为 1:1。

(3) 固结灌浆结束标准。

在各段设计压力下,当灌浆孔段注入率小于、等于 1 L/min,继续灌注 30 min 后可结束灌浆作业。

(4) 固结灌浆检查标准。

压水试验检查:采用单点法压水,透水率不大于 2 Lu 为合格,孔段合格率应在 85% 以上;不合格孔段的透水率值以不超过设计规定的 150% 且不集中时,灌浆质量可认为合格。

岩体声波检查:测试在该部位灌浆结束 14 d 后进行,岩体纵波波速不小于 4 000 m/s 为合格。

4 质量检查结果

(1) 压水检查:厂房顶部预固结灌浆共 664 个孔,布设了 35 个检查孔,占总孔数的 5.3%,符合规范要求。最大透水率为 1.7 Lu、最小透水率为 0.26 Lu,符合设计 <2 Lu 要求。

(2) 声波检测:灌后声波检测 78 段,灌后声波最大值为 6 060 m/s,最小值为 4 170 m/s,平均值为 5 109 m/s,均满足设计不小于 4 000 m/s 要求。

(3) 检查孔取芯检查:灌后检查孔取芯率均大于 80%,部分岩芯有明显的水泥结石,胶结良好。

5 灌浆成果分析

厂房顶部预固结灌浆主要对厂房顶部 12 m 范围内的围岩进行有效固结,笔者对厂房顶部 12 m 范围内的固结灌浆情况进行了分析。

5.1 灌前透水率分析

为了解灌段岩体灌前的透水性及其透水率随孔序的变化情况,各灌段灌浆前均进行了简易压

水试验。

统计结果:厂房顶部预固结灌浆灌前压水共1328段,其中<2 Lu的87段,占总段数的6.55%;2~3 Lu的110段,占总段数的8.28%;3~5 Lu的331段,占总段数的24.92%;5~10 Lu的553段,占总段数的41.64%;>10 Lu的247段,占总段数的18.60%。最大透水率为1068.33 Lu、最小透水率为0.02 Lu、平均透水率为18.63 Lu。

5.2 单位注入量分析

厂房顶部区域共施工664个灌浆孔,12m范围累计灌浆长度为7968m,灌注水泥705.44t,平均单位耗灰88.53kg/m。最大单位耗灰1323.1kg/m,最小单位耗灰1.93kg/m。

主厂房顶拱12m范围断面积约180m²,灌浆范围长度为150m,顶部12m范围每m³岩体灌注水泥量为:705440/(180×150)=26.13(kg)。

表2 厂房顶部12m范围内单位耗灰注入量区间成果表

灌区(单元)	孔序	孔数 /个	灌浆段 长/m	注入水泥量 /kg	注入量区间段数/段					最大值 /kg·m ⁻¹	最小值 /kg·m ⁻¹	平均值 /kg·m ⁻¹
					<10	10~30	30~50	50~100	>100			
CZO+201.250~ CZO+141.250	I	96	1152	104550.2	6	56	44	37	49	1323.1	1.93	93.23
	II	96	1152	102074.1	3	77	46	25	41	902.22	4.72	88.58
	Σ	192	2304	206624.3	9	133	110	62	90			
CZO+141.250~ CZO+111.250	I	48	576	36963.7	5	44	25	10	12	898.08	6.32	63.67
	II	48	576	34962.6	21	36	18	8	13	980.58	2.45	60.23
	Σ	96	1152	71926.3	26	80	43	18	25			
CZO+111.250~ CZO+051.250	I	80	960	113414	7	30	38	22	63	700.95	2.9	116.77
	II	80	960	106087.7	2	49	37	13	59	785.4	5.18	108.57
	Σ	160	1920	219501.7	9	79	75	25	132			
CZO+001.250~ CZO+031.250	I	50	600	53653.2	1	16	21	33	29	422.02	9.23	58.99
	II	50	600	35660.6	1	30	32	23	14	418.77	6.18	88.69
	Σ	100	1200	89313.8	2	46	53	56	43			
CZO-018.750~ CZO-053.750	I	58	696	79689.6	2	2	6	83	23	87.7	2.6	9.3
	II	58	696	38386.6	0	3	31	78	4	20.2	2.8	6.2
	Σ	116	1392	118076.2	2	5	37	161	27			

由表2可见:厂房顶部预固结灌浆共1328段,其中<10kg/m计48段,占总段数的3.61%,10~30kg/m计343段,占总段数的25.83%,30~50kg/m计298段,占总段数的22.44%,50~100kg/m计332段,占总段数的25%,>100kg/m计307段,占总段数的23.12%。单位注灰量频率曲线见图2。

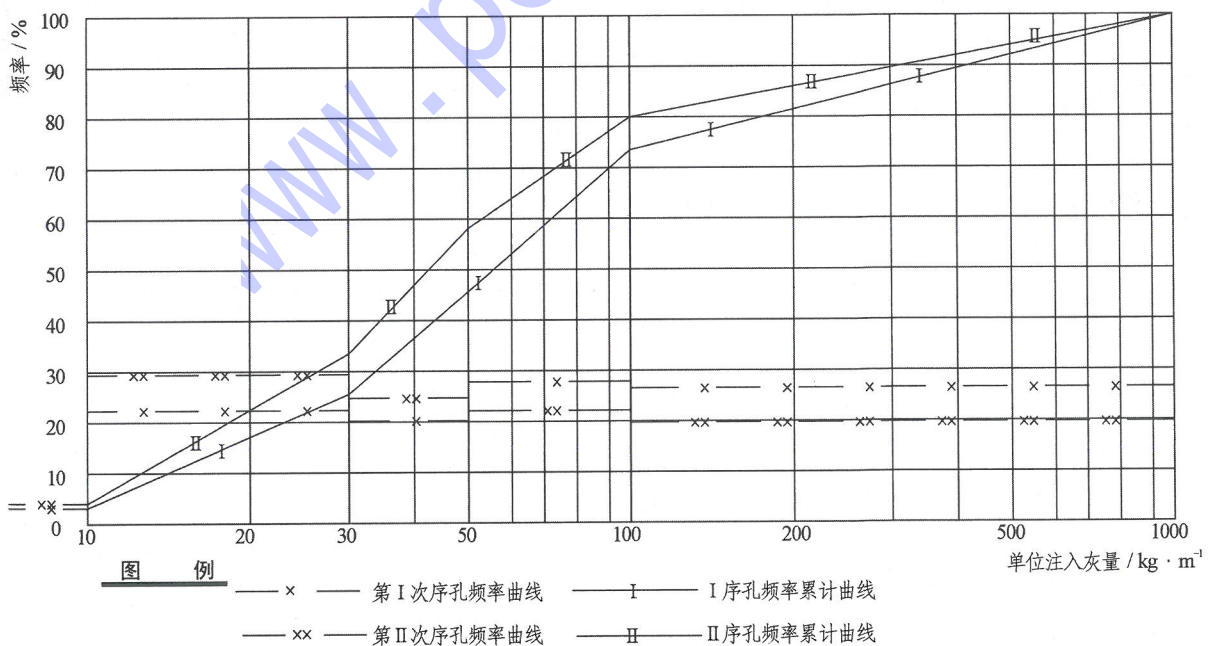


图2 单位注灰量频率曲线图

(下转第27页)

第二次爆破振动监测位置布置在厂房第三层,采用乳化炸药,总爆破孔数为6个,单孔药量为18 kg,总装药量为108 kg,分4个段位,单段最大药量为36 kg。爆破振动测点共4个,分别布置在上下游岩锚梁上。监测成果表明:JC1三分量和JC2水平切向的最大振速超出控制标准7 cm/s,其中JC1三分量的最大振速分别为9.986 cm/s、9.913 cm/s和11.645 cm/s;JC2水平切向的最大振速为8.226 cm/s,振动主频范围为74.8~320 Hz。两个超出控制标准的监测点JC1和JC2均位于上游侧岩锚梁,一方面由于上游侧岩锚梁监测点距离爆区相对较近;另一方面由于交通洞过道靠近下游侧岩锚梁其减振作用致能量衰减较快,所以两侧监测振动速度相差较大。

第三次爆破振动监测布置在主副厂房第三层,采用乳化炸药,总炮孔数共28个,单孔药量18 kg,总装药量504 kg,共分28段,单孔单段,单段最大药量为18 kg。爆破振动测点共4个,分别布置在上下游岩锚梁上。监测成果表明:各监测点的水平径向最大振速范围为3.652~5.541 cm/s,水平切向最大振速范围为2.484~6.213 cm/s,铅直向最大振速范围为4.082~6.933 cm/s,振动主频范围为54.8~210.5 Hz,各测点均在控制标准之内。临空面侧的监测点最大振动速度相对较小。

第四次爆破振动监测布置在主变运输洞,采用乳化炸药,总装药量为36.4 kg,单段最大药量为8.4 kg。本次主变运输洞开挖爆破振动监测在爆区正上方和端墙拐角处岩锚梁上各布置了1个监测点,其编号依次为JC1和JC2。监测成果表

(上接第15页)

6 结 语

溧阳抽水蓄能电站由于地质条件复杂,为了保证地下厂房顶拱的安全,设计要求在厂房顶拱开挖前预先进行固结灌浆、改善围岩条件后再进行开挖。由于进度、场地和围岩的特殊性,厂房顶部预固结灌浆采用潜孔钻钻孔,灌浆方法采用“孔口封闭灌浆法”,即先埋设孔口管,非灌段用潜孔钻一次钻孔到位,先进行低压、浓浆预灌后,待凝12 h,再用潜孔钻对灌浆段钻孔、灌浆的施工

明:各监测点的水平径向最大振速范围为2.244~4.528 cm/s,水平切向最大振速范围为1.898~4.88 cm/s,铅直向最大振速范围为3.074~4.184 cm/s,振动主频范围为86~190.5 Hz。本次各监测点的测值均未超出控制标准。施工方严格控制了单段最大药量,合理布置了爆破网络并采取了相应的减振措施。

第五次爆破振动监测布置在厂房第四层,采用乳化炸药,总炮孔数为6个,单孔药量为18 kg,总装药量为108 kg,孔深7.25 m,段数4段,单段最大药量36 kg。本次地下厂房第四层开挖爆破振动监测在距爆区边缘最近的岩锚梁上布置了4个监测点,监测成果表明:第四点的水平径向最大振速超出控制标准7 cm/s,其值为8.707 cm/s;其它监测点的测值均在控制标准之内,各监测点振动主频范围为25.2~500 Hz。由此判定:靠近上游侧岩锚梁监测点的振动速度明显大于下游侧岩锚梁,故应合理布置爆破区域,对于距爆破区域较近侧应采取减振措施(预裂或开挖减振沟)。

5 结 语

在浙江仙居抽水蓄能电站开挖施工过程中,通过适时进行爆破振动监测,为开挖过程提供了合理的爆破施工方案和爆破参数,为控制与优化爆破施工参数提供了理论依据和支持,使仙居抽水蓄能电站地下厂房的开挖施工做到了安全、优质。

作者简介:

陈俊涛(1983-),男,河南三门峡人,项目经理助理,工程师,学士,从事水电工程施工技术与质量管理工作。

(责任编辑:李燕辉)

工艺,取得了较好的效果。从实际开挖情况看,灌浆效果较好,浆液充填密实,达到了设计要求,保证了厂房顶拱部位开挖的质量和施工安全,说明采用此种处理方法和施工工艺是可行的,其他类似工程可以参考借鉴。

作者简介:

尹成福(1979-),男,黑龙江林甸人,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)