

伊朗 TALEGHAN 水利枢纽厂房封闭帷幕灌浆施工

邓树密

(中国水利水电第十工程局有限公司,四川成都 610072)

摘要:伊朗 TALEGHAN 水利枢纽工程发电厂房位于库区左岸山体内部,需要承受 80 m 深水头高度的渗透压力,对地下厂房的防渗要求极高,施工技术难度大。根据这一特点有针对性地对弱透水岩层采用了湿磨水泥进行灌注,取得了较好的灌浆效果。重点介绍了地下厂房四周封闭帷幕灌浆的施工方法,为类似工程的防渗灌浆施工提供了可借鉴的经验。

关键词:伊朗;TALEGHAN 水利枢纽;地下厂房;防渗帷幕;湿磨水泥

中图分类号:TV543+.5 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2014)08-0066-04

Closed Curtain Grouting Construction of Powerhouse of TALEGHAN Water Control Project in Iran/DENG Shu-mi
(Sinohydro Bureau 10 Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610072, China)

Abstract: Powerhouse of TALEGHAN water control project of Iran is located in the mountains on the left bank of reservoir area. With high seepage pressure of 80m water head height, the construction was difficult because of extremely high requirements for seepage control on underground powerhouse. On this basis, targeted wet grinding cement grouting was applied in weak permeable layer with good effects. The paper mainly introduces the construction method of enclosed curtain grouting for underground powerhouse, which can be reference to the similar projects.

Key words: Iran; TALEGHAN water control project; underground powerhouse; impervious curtain; wet grinding cement

1 工程概况

伊朗 TALEGHAN 水利枢纽工程位于伊朗首都德黑兰西北 135 km 的塔里干河谷,其主要建筑物包括粘土心墙土石坝、左岸无闸开敞式溢洪道、导流隧洞(后期改建为泄水底孔)、输水隧洞和电站厂房等。设计最大坝高 103 m(实际完成坝高 109 m),坝顶高程 El. 1789 m,正常蓄水位 El. 1780 m,水库库容 $4.2 \times 10^8 \text{ m}^3$,发电工程装机 2 台单机容量为 8.9 MW 的发电机组。

厂房位于库区内左岸山体中,距离大坝约 600 m,分为地下、地面两大部分。地下建筑物主要包括电站进水口、引水洞、压力钢管、地下主厂房、尾水调压室、输水洞连接段,以及交通竖井等。地面建筑物布置于 1800.0 m 高程平台,主要建筑物有副厂房、开关站和对外(内)公路等。

2 工程地质条件

伊朗 TALEGHAN 水利枢纽工程发电工程地下厂房位于库区左岸的基岩山梁中,三面环水。发电厂房位于下第三系塔里干组砾岩夹砂岩构成的围岩环境中,基岩整体呈单斜构造,岩层倾向 SE171° ~

196°、倾角 10° ~ 16°,岩石透水性差。厂区无大的断层发育,岩石裂隙水埋藏较深。依据钻孔压水试验资料,在水库达到正常蓄水位 El. 1780 m 高程时,地下厂房运行期厂房区岩体的渗透性可分为 2 个渗透带,即 El. 1780 ~ 1727 m 之间为微弱透水带,透水性率 $q = 1 \sim 5 \text{ Lu}$,El. 1727 m 高程以下为弱透水带,透水性率 $q = 5 \sim 20 \text{ Lu}$ 。

3 灌浆排水设计

为了减少作用在地下(水下)主厂房衬砌结构上的渗水压力,采取水泥灌浆帷幕与幕后排水孔相结合的防渗措施,帷幕灌浆的标准按不大于 3 Lu 控制。

地下主厂房是最主要的建筑物,为减少混凝土衬砌结构所承受的渗水压力及汇入厂房的渗漏量,在距主厂房四周 8 ~ 10 m 的岩体内布置了 2 层灌浆排水洞(高程为 1734.00 和 1711.10 m)。高程 1734.00 m 的灌浆排水洞全长约 160 m,断面尺寸 3.0 m × 3.5 m,距厂房边墙约 8 m,由交通竖井进入。1711.10 m 层排水洞全长约 143 m,断面尺寸 1.8 m × 2.3 m,经水轮机层安全门进入。

收稿日期:2014-04-08

作者简介:邓树密(1971-),男(汉族),四川广安人,中国水利水电第十工程局有限公司基础工程分局总工程师、教授级高级工程师,勘查技术与工程专业,从事水利水电、工业与民用建筑、市政、轨道交通等领域内岩土工程设计与施工技术管理工作,四川省都江堰市蒲阳路 164 号基础工程分局(611830),153327343@qq.com。

主厂房防渗主要采取“前堵后排”的措施,“堵”使用水泥灌浆帷幕,“排”即在帷幕后设置排水孔。灌浆帷幕是通过高程 1734.00 m 层灌浆洞内的竖向帷幕与厂顶盖状帷幕搭接形成闭合的整体防渗体。为使帷幕灌浆孔能较多地穿过岩体中的陡倾角裂隙,竖向帷幕顶角 $5^{\circ} \sim 7^{\circ}$, 深入相对隔水层 ($q \leq 3 Lu$) 约 1700.00 m 高程左右,单排帷幕平均深度 30 ~ 35 m,孔距 2.0 m;厂顶盖状帷幕上仰角 35° ,孔深交叉搭接部位不少于 5.0 m,孔距 2.0 m;排水孔钻孔孔径 90 ~ 110 mm,孔距 3 m。竖向排水孔位于防渗帷幕后 1.5 ~ 2.0 m,铅垂布置,孔深直达 1711.10 m 层排水洞。厂顶排水孔在帷幕孔下方 1.5 ~ 2.0 m,上仰角 20° 。

4 灌浆施工

4.1 钻孔

钻孔设备采用重庆探矿机械厂生产的 XY-2B 型岩心钻机,为加快钻进速度,不取心帷幕孔采用 $\varnothing 59$ mm 小口径牙轮钻头全面钻进,取心检查孔采用 $\varnothing 91$ mm 金刚石钻头钻进,为了保证帷幕灌浆的连续性,钻进过程中,每隔 5 ~ 10 m 采用 CX-5 型数字测斜仪测量孔底偏斜,发现偏斜时,立即校正钻机,并采取相应的措施进行纠正。

4.2 钻孔冲洗及压水试验

灌浆段钻孔完毕后应进行钻孔冲洗,使孔内沉淀厚度 ≥ 0.2 m。灌浆前应采用压力水进行裂缝冲洗,直至回水干净为止。冲洗压力为灌浆压力的 80%,如大于 1 MPa 时采用 1 MPa。

灌前简易压水结合裂缝冲洗进行,检查孔采用 3 个压力 5 个阶段进行压水试验,各阶段压力分别为 0.3、0.6、1.0、0.6、0.3 MPa。

4.3 灌浆材料

采用伊朗产波特兰 II 型水泥,其主要性能指标满足美国建筑协会 ASTM C 系列标准要求,外掺剂为膨润土和 Sikament 520 系列高效减水剂。第 I、II 次序孔采用普通水泥浆灌注,第 III 次序孔采用湿磨水泥浆灌注。两种浆液配比及外掺剂用量见表 1。

表 1 灌注浆液材料及配比

浆液类型	水泥	水灰比	膨润土/%	减水剂(水泥质量的百分比)/%
普通水泥浆	波特兰 II 型	2、1.4、1.2、1.0、0.8、0.6、0.5	1 ~ 2	1 ~ 2
细水泥浆	波特兰 II 型	1、0.8、0.6、0.5	1	1.6

4.4 灌浆压力

一般情况下,第 I 次序灌浆段长按照 5 m 进行控制,第 II、III 次序孔的灌注段长则根据前一次序孔吸浆量和钻孔情况确定,段长可适当加长,但不超过设计或规范要求。灌浆压力按照表 2 控制。

表 2 灌浆压力控制

段长/m	压力/MPa	段长/m	压力/MPa
0 ~ 2	0.3	10 ~ 20	1.8
2 ~ 5	0.5	20 ~ 30	2.0
5 ~ 10	1.2 ~ 1.5	≥ 30	3.0

4.5 灌浆方式及方法

分 3 次序钻灌施工,灌浆方式采用纯压式,一般情况下采用自下而上分段卡塞法灌注,为保证灌浆质量,凡施工中遇破碎地层、严重塌孔、卡钻和大漏失孔段根据实际情况调整灌浆方法为自上而下或一孔两种灌浆方式相结合的综合灌浆法。

4.6 结束标准及封孔

当采用自上而下分段灌浆法时,在规定的压力下,当注入率 ≥ 0.4 L/min 时,继续灌注 60 min;或 ≥ 1 L/min 时,继续灌注 90 min,灌浆可以结束。当采用自下而上分段灌浆法时,继续灌注的时间可相应地减少为 30 和 60 min,灌浆可以结束,每段灌浆结束后可不待凝。

帷幕灌浆采用自上而下分段灌浆法时,灌浆孔封孔采用“分段压力灌浆封孔法”;采用自下而上分段灌浆时,采用“压力灌浆封孔法”。

4.7 特殊情况处理

(1) 大漏失孔(段):多在第 I 次序孔中出现,钻孔遇到这种情况,孔口不返水,一般情况还伴随塌孔卡钻现象,一般的处理办法为:停止钻进,提钻灌浆,当注入量达到 5000 L,而注入率和灌浆压力均无变化或改变不明显时,待凝 8 h 再进行复灌;若达到 5000 L 而注入率有减小趋势,但暂时又不能达到正常结束标准,则继续灌注直到在设计要求压力下累计注入量达到 8000 L 以上,再视具体情况决定是否需要待凝。

(2) 吸浆量突变:在按照设计要求灌注时,个别孔(段)注入率随压力增加而出现陡增的现象,比如当压力低于 2.0 MPa 以下,注入率可能为零,当压力逐渐增加时,流量又逐渐产生,压力超过一定值时,注入率突然成倍增大。出现这种现象究其原因,是受灌注部位的地层受到岩石特性、裂隙及节理发育程度的影响,压力增加到一定数值后,裂隙及节理面会发生弹性张开,使吸浆量出现不成比例增大,当压

力超过岩层强度时,岩体破裂形成辟裂灌浆,吸浆量就会出现异常增大的现象。施工中遇至此情况时,必需严格控制压力。实际灌注中采取了分级逐渐加压直到设计压力的办法进行控制。

(3)吸水不吸浆的情况:部分孔特别是第Ⅲ次序孔在灌前简易压水试验明显吸水,透水率 $>5 Lu$,但灌浆时却出现注入量小甚至几乎不吸浆的相反现象。遇到这种情况时,变稀一级水灰比浆液灌注,在不影响基岩面抬动的情况下,适当增加灌注段压力至该段设计压力的1.1~1.2倍。

5 灌浆成果分析与检查

5.1 单位注入灰量频率曲线及累计频率曲线

从单位注入灰量方面分析:由表3可以看出,斜向上排灌浆孔的平均单位注入灰量为8.2 kg/m,而斜向下排孔为45.1 kg/m,斜向上排灌浆孔的平均单位注入灰量明显低于斜向下排帷幕孔,这是由于斜向上排孔深(24.5和14.5 m)比斜向下排孔(34.5 m)浅和1734.00 m高程以上岩层地质条件比1734.00 m以下好所致,这与设计提供的地质资

料也基本吻合。在同一排上,随着灌浆次序的不断加密,各次序孔单位注入灰量均呈明显递减趋势,符合灌浆一般规律。

从单位注入灰量区间频率分布分析:由表3可以看出,斜向上排单耗小于10 kg/m的孔段,Ⅰ次序孔占75%,Ⅱ次序孔占81.6%,Ⅲ次序孔占89.6%,第Ⅱ、Ⅲ次序孔单耗小于10 kg/m递增不太明显,从总体趋势看,斜向上排帷幕孔呈现出80%以上的孔段的单耗小于10 kg/m,这表明斜向上排帷幕孔所穿透的岩层地质条件较好,岩石整体透水性小。而斜向下排单耗小于10 kg/m的孔段,Ⅰ次序孔占73.1%,Ⅱ次序孔占77.4%,Ⅲ次序孔占89.0%,第Ⅱ、Ⅲ次序孔单耗小于10 kg/m递增比较明显,从总体趋势看,斜向下排帷幕孔亦呈现出80%以上的孔段的单耗小于10 kg/m,但斜向下排有个别孔段单耗大于500 kg/m,单耗在500~1000 kg/m和大于1000 kg/m所占区间频率分别为0.9%和0.4%,由此说明斜向下排帷幕所穿透岩层不均一,存在漏失量大的裂缝(裂)孔段。

表3 各次序孔单位注入灰量区间及频率统计

排 序	孔 序	孔 数	灌浆总 长度/m	注入水 泥总量 /kg	单位注入 灰量/(kg m ⁻¹)	总段数	区间分布(段数/频率)					
							单位耗灰量/(kg·m ⁻¹)					
							<10	10~50	50~100	100~500	500~1000	>1000
斜 向 上 排	Ⅰ	23	455.0	5969.4	13.1	80	60/75%	15/18.8%	3/3.8%	2/2.5%	0	0
	Ⅱ	22	441	3205.5	7.3	76	62/81.6%	13/7.1%	1/1.3%	0	0	0
	Ⅲ	43	877.5	5288	6.0	154	138/9.6%	16/10.4%	0	0	0	0
	小计	88	1773.5	14462.6	8.2	310	260/83.9%	44/14.2%	4/1.3%	2/0.6%	0	0
斜 向 下 排	Ⅰ	22	569.0	47284	83.1	130	95/73.1%	12/9.2%	8/6.2%	9/6.9%	4/3.1%	2/1.5%
	Ⅱ	22	617	28245	45.8	133	103/77.4%	15/11.3%	10/7.5%	4/3.0%	1/0.8%	0
	Ⅲ	44	1271.3	35211	27.7	273	243/89%	20/7.3%	10/3.7%	0	0	0
	小计	88	2457.2	110740	45.1	536	441/82.3%	47/8.8%	28/52%	13/2.4%	5/0.9%	2/0.4%

从厂房四周封闭帷幕灌浆总体情况分析,受灌地层岩石整体情况较好,裂隙、节理不发育,大部分为细微裂隙,仅在局部范围发育有大的裂缝(隙),故在施工中为提高细微裂隙的可灌性,第Ⅲ次序孔采用湿磨水泥浆灌注。

5.2 钻孔取心及压水试验检查

帷幕灌浆依照设计要求完成28 d后,进行检查孔钻进。从布置的11个检查孔中选取了5个做全孔取心。从检查孔所取岩心情况看,裂隙内充满了水泥结石,浆体密实,胶结良好,层与层之间吻合的很好(每个取心孔均有一处至数处不等水泥结石),部分水泥结石照片见图1。从图1可以直观地说明灌浆效果是良好的,由于第Ⅲ次序孔采用了湿磨

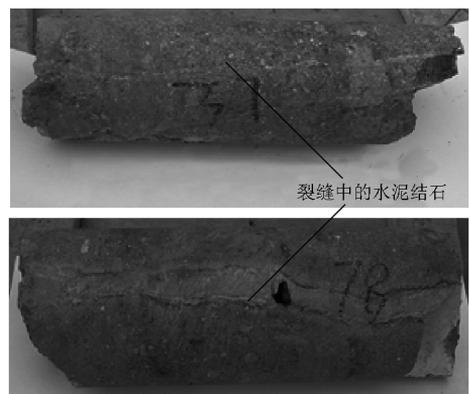


图1 水泥结石情况

水泥浆灌注,部分取心孔段还能见到水泥浆脉已经渗透到了极其细微裂隙之中。压水采取吕容压水试

验(3级压力5个阶段进行),本工程要求透水率值合格标准为小于3 Lu,从检查的结果来看,合格率

达到100%,具体见表4,小于1 Lu的就占了82%,由此说明,灌浆效果已经达到了设计要求。

表4 厂房帷幕灌浆检查孔压水试验成果

孔数	压水试验总段数	透水率平均值/Lu	透水率频率分布							
			<1 Lu		1~2 Lu		2~3 Lu		>3 Lu	
			段数	所占比例/%	段数	所占比例/%	段数	所占比例/%	段数	所占比例/%
11	61	1.78	50	82.0	10	16.4	1	1.6	0	0

6 结语

(1)伊朗TALEGHAN枢纽工程水下厂房四周封闭帷幕灌浆施工,严格按照规程、规范和施工要求,推行灌浆施工全过程的全面质量控制与管理,保证了灌浆施工的高标准、高质量,灌浆成果满足了设计要求。

(2)TALEGHAN枢纽工程水下厂房帷幕灌浆部位岩性以灰色到紫红色的砾岩为主,中间夹杂紫红色的砂岩,属弱风化下部或微风化上部,除在局部范围存在断层破碎带或软弱破碎带外,一般岩体比较完整,裂隙大多呈微张或闭合状态,透水率和吸浆量均不大。在岩石细微裂隙或节理不很发育的部位,用普通水泥灌注,吸浆量不大,灌浆效果不明显,故

在帷幕灌浆施工中针对第Ⅲ次序孔改用湿磨水泥灌注,取得了较好的灌浆效果。

参考文献:

- [1] 孙钊. 大坝基岩灌浆[M]. 北京:中国水利水电出版社,2004.
- [2] 陈晓莉,杨承勇. 湿磨水泥灌浆浆液试验配合比的设计与应用[J]. 贵州水利发电,2011,25(5):48-53.
- [3] 陈义斌,高鸣安,周建国. 湿磨水泥灌浆新技术在工程中的应用[J]. 人民长江,1998,29(9):42-43.
- [4] 仇道健. 小浪底4号灌浆洞帷幕灌浆施工质量控制措施[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2001,(S1):132-134.
- [5] 黄辉,蒋乐聚. 锦屏一级电站厂房防渗帷幕灌浆施工工艺[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(5):33-37.
- [6] 王福平,简刚,王立民,等. 通化桃园水利枢纽工程特殊坝段帷幕灌浆工艺[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(8):64-68.

青海地矿局:年内力争实现铁铜铅锌找矿突破

《中国矿业报》消息(2014-08-14)从青海省地矿局半年工作会议上获悉,上半年该局充分调动各方积极性,优先保证在整装勘查区的部署安排,不断加大人员、设备、资金投入,找矿成果进一步扩大。

一是格尔木市夏日哈木铜镍矿勘探见两层累计厚度60m的矿体;二是五龙沟和滩间山整装勘查区金矿勘查发现一批新线索,已知矿体规模不断扩大;三是卡而却卡、野马泉和拉陵灶火3个整装勘查区的铁矿勘查取得新进展,圈出8条厚大的磁铁矿体;四是青海省共和县恰卜恰镇中深层地热能勘查取得重大突破,盆地中北部地下2800m处发现温度达168℃干热岩;五是柴达木盆地深层卤水钾盐矿勘查项目探明层位稳定、分布范围广、厚度大的空隙卤水;六是三江成矿带北段的沱沱河整装勘查区、多才玛多金属矿普查、孔莫陇东西段见厚度分别为11.76、157m的铅锌矿化体,最高锌品位达5.91%,进一步扩大了主矿体规模,铅锌资源量有大幅度提高。其中,青海省共和县恰卜恰镇中深层地热能勘查项

目是我国首次成功钻获干热岩,是我国在能源领域和地热勘查方面取得的重大突破,也是青海省继2009年在全国首次发现陆地“可燃冰”之后在能源领域的又一重大发现。

为了确保全面完成今年目标任务,下半年该局将重点做好以下几方面的工作:一是加快项目进度。制订施工进度表,定期分析研究,确保项目顺利实施。二是加强指导检查,优化部署方案,合理安排施工。三是加大重点项目推进力度。保证人员、设备、资金投入,加快地质勘查步伐。要加强已有找矿成果、找矿线索的地质勘查项目综合研究,力争在铁铜铅锌等重点矿产上实现找矿新突破。四是狠抓找矿成果取得。要积极推进页岩气勘查,加快干热岩和地热资源评价,同时寻求新的经济增长点。五是加快样品测试进度。合理安排好测试工作,确保及时提供报告,指导野外找矿。六是加强成果报告提交。七是开好今年的青藏专项会议。做好整装勘查区重点项目的找矿前景、找矿成果等方面研究工作,确保今后一个时期国家地勘投入的持续稳定。