

在砂卵石层应用高压喷射灌浆防渗技术的研究

Anti-leakage Technique of High Pressure Spraying Gouting was Used on Gravel Base

黎祖文
Li Zuwen

(广西水电工程局大埔分局 柳城县 545200)

(Dabu Sub-bureau, Guangxi Hydroelectric Construction Bureau, Liucheng County, 545200)

摘要 大埔水电站应用高压喷射灌浆防渗技术在砂砾石覆盖层上进行土石围堰获得成功, 施工工期短, 防渗效果好, 经济效益明显。认为该技术在深层强透水砂砾石基础中应用, 只要选定符合该地层条件的技术参数, 性质和效果都是可靠的。通过现场确定技术参数是可行的。

关键词 高压喷射灌浆 防渗技术 土石围堰

Abstract Dabu power-plant had been successful in applying anti-leakage new technology of high pressure spraying guniting for earth-rock cofferdam on the blanket of gravels, which shortened construction period with good anti-leakage effect and obvious economic benefit. If the selected technical coefficients fits the conditions of earth's layer, the technology has good effect in the basis of deep layer of well permeable gravels. The technical coefficients defined on the spot are feasible.

Key words: pressure spraying guniting, anti-leakage technology, earth-rock cofferdam

大埔水电站一期围堰的上下游横向土石围堰是做在砂砾石覆盖层上, 与纵向砼围堰形成一期基坑3年一遇全年挡水围堰。为了施工纵向砼围堰, 先修筑也是放在砂砾石覆盖层上的纵向草土围堰。这里的砂砾石的特点是, 层厚(3 m~12 m)、粒径大(大于8 cm的占13%, 最大达25 cm)、透水性强($K=25\text{ m/d}\sim 100\text{ m/d}$), 如不作处理, 基坑排水量达6380 t/h, 无法施工。设计要求采用高压喷射灌浆(简称高喷)新技术, 对轴线总长为956.8 m的上下游横向土石围堰和纵向草土围堰的基础覆盖层用高喷灌浆形成连续防渗砼板墙8310 m², 以达到围堰在设计档水标准▽88.0 m高程下, 基坑排水量不大于1000 t/h, 确保施工。

这样大规模地应用高喷技术于强透水层基础的水电施工围堰, 在国内尚属首例, 没有经验可取, 决定通过现场试验研究解决施工技术问题, 确定符合本

工程特点的各项技术参数。

1 试验研究

本项目于1993年10月开始试验研究。试验方法是在围堰附近作一封闭井高喷试验, 选用不同的参数组合进行对比, 检查高喷灌浆成墙的长度、厚度、强度、封闭完好度等。试验地点上部为细砂层, 下部为砂砾石层。布孔见图1。

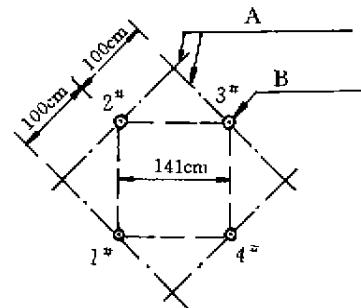


图1 试验布孔

Fig. 1 Hole arrangement in the trial

A: 喷灌孔 Gouting hole B: 喷射中心线 Spray center-line

1996-02-28 收稿, 1996-06-12 修回。

表1 试验技术参数

Table 1 Parameters of trial

孔号 Hole no.	孔深 Depth of holes (m)	旋喷深度 Depth of rotary spraying (m)	喷射延米 Spray stretching (m)	摆角 Swing angle (°)	提升速度 Lifting speed (cm/min)	水压 Water pressure (MPa)	水量 Water volume (L/min)	风压 Wind pressure (MPa)	风量 Wind volume (L/min)	浆压 Mud pressure (MPa)	浆量 Mud volume (L/min)	耗灰量 Ash consump- tion (t)	单耗 Unite comsump- tion (kg/m ²)	灌浆日期* Grouting date
1#	7.90	5.0	4.80	30	5.5	36	75	0.8	900	0.2	80	5.0	520.8	15日15th
2#	4.90	4.8	4.60	0	7.0	36	75	0.8	900	0.2	80	4.2	456.5	23日23th
3#	5.40	4.9	4.70	30	8.0	36	75	0.8	900	0.5	80	3.5	372.3	24日24th
4#	5.40	4.7	4.50	0	10.0	36	75	0.8	900	0.5	80	3.0	333.3	25日25th
Σ	23.60		18.60									15.7		

* 1993年10月 In Oct. 1993.

高喷灌浆7天后进行井内清理观察,发现1#孔成墙比较理想,而3#、4#孔墙厚不均,局部过薄,2#、4#孔下部砂砾石层局部成墙长度不够,原因是提升速度过快(大于7 cm/min)喷射时间过短而成缝不够,最短处只有0.7 m,有空缺,形不成封闭,而细砂土层却能封闭完好,壁面平整,原因是摆幅角为零时(不摆),喷射气水流受砾石阻隔而难以成缝所致。经过分析,认为砂砾石层中高喷成墙关键是喷射成缝,而往复摆动喷射又是成缝的一个关键,摆幅角10°左右为宜(同砾石粒径成正比)。水压力以32 MPa~36 MPa为宜(同孔深成正比)。提升速度应控制在7 cm/min以内为宜(同摆幅角成反比,同地层孔隙率成反比)。高喷灌浆在1 m半径以内是可靠的。通过采样分析,砼板墙的强度能满足防渗体的结构要求。

2 施工

根据施工工期要求,高喷分阶段施工,第一阶段(也是控制阶段)要在一个月时间内(1993年12月底前)完成纵向草土围堰部分,工作量为造孔281孔共2548 m,喷灌板墙3622 m²。第二阶段是上下游土石横向围堰,工作量为造孔317孔共3154 m,喷灌板墙4688 m²。因有施工干扰,要求于1994年3月底前完成,以便围堰于汛前具备挡水防渗条件。

由于工期紧迫,高喷施工速度要加快,造孔是第一关。开始时使用固定式旋转钻机、汽车移动式旋转钻机和简易冲击式钻机进行钻孔,实践证明前两种旋转式钻机造孔慢、消耗大,成本高。原因是砂砾石粒径大,强度高,不适应。而简易冲击钻机(以柴油机为动力)通过冲(自重力击碎砾石)、提(负压吸碴)、同时下套管的方法,操作简单,成孔快,相对成本也低些,中后期施工全部使用简易冲击钻。底部

下钻岩层部分(50 cm~100 cm)仍用旋转式钻机。孔径视喷杆类型确定,有100 mm和150 mm两种。

从造孔到喷灌必须保持孔壁不坍塌,喷杆下到孔底,才能实现按设计范围成墙,这就有个如何固壁的手段。传统方法是用泥浆固壁,塌孔现象常有发生,重复处理既费时且仍不可靠。研制应用了一种新的固壁技术,以膨润土为主要材料加多种添加剂而拌制成浆液,灌注于孔中固壁,能在14 d内随时可顺利下杆施喷。此浆液制成后遇水不溶化,能自沉水中,在孔内能保持14 d不干、不变质、不流走,有较好的抗地下水性能。

高喷灌浆的原理是通过高压气水流在覆盖层中扰动,挤压成缝,部分细粒充填物由孔口随水排出孔外,紧随之由水泥浆液充填缝隙,与砂砾石结合成砼板墙,从而达到止水防渗作用。本项目使用的喷灌机有两种,一种为D75 mm三重管旋喷机,喷嘴到出浆口距离15 cm。另一种为D100 mm三套管旋喷机,喷嘴到出浆口距离20 cm。喷嘴直径均为1.6~1.8 mm。经过试验研究之后,确定本工程的技术参数为:孔距1.6 m;分一、二序孔(隔孔分序)施工,序间间隔时间5 d左右。人字形连接,轴线摆角25°,往返摆幅角10°,见图2。提升速度6 cm/min,摆速10次/min。水压力32 MPa~36 MPa(用三柱塞高压水泵),水量75 L/min。气压0.75 MPa~0.80 MPa,气量900 L/min~960 L/min。浆压0.2 MPa~0.3 MPa,浆量80 L/min。浆液比重1.6,回收部分回浆液使用。在实际施工中还采取了一些特殊措施:对孔底基岩与砂砾石交界面比较坚实、石大的特点,采取不提杆喷1 min~2 min,以保证成墙长度;对砂砾石层与回填粘土层间空隙大,耗浆多的特点,采取复喷加强;用后喷孔的回浆给前喷孔进行回填补浆,预防收缩缺

陷;对地下水流动性大、管涌的处理办法是加速凝剂;喷杆必须深入岩石层 50 cm 以上开始旋喷,与粘土防渗体的连接不少于 100 cm,以防止绕墙渗漏。水泥单耗与喷灌层中的孔隙率、泥和细砂的含量有关,本工程平均水泥单耗为 389 kg/m²。

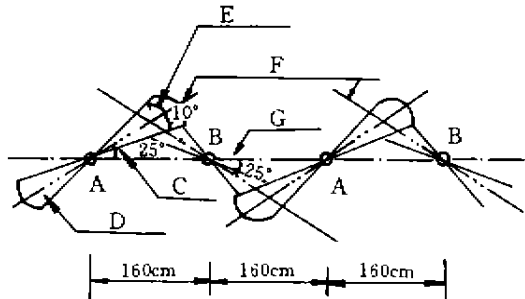
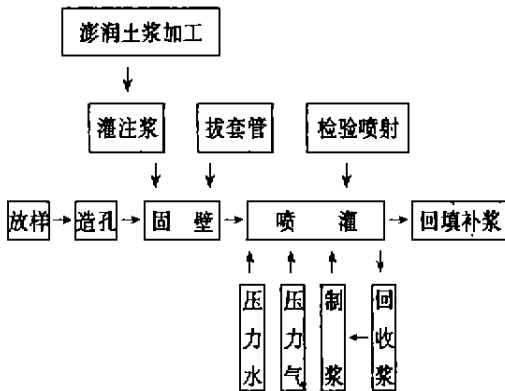


图 2 施工布孔

Fig. 2 Hole-arranged in the operation

A: 1 序孔 Hole 1; B: 2 序孔 Hole 2; C: 摆角 Swing angle; D: 砼板墙 RCC blanket; E: 摆幅角 Amplitude angle; F: 喷射中线 Spray centerline; G: 设计轴线 Designed axial line.

施工工艺流程如下图示:



3 效果分析

本工程的高喷防渗是很成功的,防渗效果比预想的好,当时纵向砼围堰基础开挖范围内只有三个地方明显漏水,总渗漏水不足 50 t/h,容易拦引处理,保证了基坑软弱基岩的顺利开挖,为砼围堰提前 22 d 竣工创造了有利条件,为整个工程缩短工期具有积极意义。特别是大埔电站基岩含有水云母夹层,遇水极易崩解,不允许水进建基面的要求下,起到了无可替代的作用,有明显的经济效益和社会效益。若采取常规灌浆法、水下清基加长铺盖防渗等,围堰虽能省一些投资,但对整个工程施工增加的难度却很大,单增加基坑排水量一项,其费用就远远大于高喷围堰所增加的那部分投资。

4 结束语

(1)高喷灌浆的防渗技术在深层强透水砂砾石基础中应用,只要选定符合该地层条件的技术参数,性能和效果都是可靠的。通过现场试验来确定技术参数是可行的。

(2)从现在已经经过两个洪水期冲刷后的纵向草土围堰看,高喷板墙仍有大部分保留下来竖立河中,孔间连接完好,而且抗压强度高,能形成相当的结构承载力。采样试验成果如表 2。

表 2 抗压强度采样试验成果

Table 2 Compression strength of samples from the earth-rock cofferdam

部 位 Sampling place	抗压强度 Compression strength (MPa)
细砂层板墙 Blanket of fine sand	24.2
粘土层板墙 Blanket of clay	33.2
砂砾石层板墙 Blanket of gravels	28.4
钻孔柱块 Column from holes	48.4

从表 2 结果看,高喷砼板墙的强度与地层条件有关,钻孔柱块基本是水泥成分,故强度最高。也说明固壁材料不掺合砼中,也不影响其强度。粘土层容易成缝,混入水泥浆的泥土很少,强度也较高。砂砾石层中的板墙实际跟普通砼相似,强度居中。细砂层中板墙因混入砂子过多,故强度稍低。根据以上规律,便可按不同的地层条件设计相应的板墙或柱的强度和确定其承载能力。

(3)高喷技术的应用是广泛的,除水电土石围堰外,土石坝的防渗堵漏、码头和桥梁施工、城市改造中的房基开挖防渗和邻近建筑物的保护等可直接应用。素砼桩基础施工可套用,将摆喷改为 360° 旋转喷灌即可。

(4)高喷技术仍有待进一步完善。这次围堰明显漏水的地方是砼板墙连接不封闭,是分段、分机组施工的分界连接孔的摆角方向错误造成,今后应加强现场管理。固壁材料有待进一步研究,以便取料广泛和降低成本。造孔约占整个施工过程的三分之二时间,如何在不增加成本的前提下加快造孔速度是今后研究的课题。

总之,高喷技术是先进的,在砂砾石覆盖层上其应用前景是好的,值得推广。

(责任编辑:蒋汉明 邓大玉)