

DOI :10.3880/j.issn.1006-7647.2010.01.012

自钻式锚杆在溪洛渡水电站左岸竖井施工中的应用

任少龙¹,徐 磊²

(1. 中国水电顾问集团中南勘测设计研究院,湖南 长沙 410014;2. 长沙理工大学水利工程学院,湖南 长沙 410076)

摘要 :介绍了竖井锚杆加固理论、自钻式锚杆的构造以及自钻式锚杆施工方案的选择过程,分析在竖井施工中如何综合各种因素选择合适的施工机具以及施工工艺,指出自钻式锚杆施工中易遇到的问题并提供了解决问题的方法。

关键词 :自钻式锚杆;竖井施工;超前固结;自动记录仪;溪洛渡水电站

中图分类号 :TV554⁺.12 **文献标识码** :B **文章编号** :1006-7647(2010)01-0052-04

Application of self-driving anchor bolts in vertical shaft at left bank of Xiluodu Hydropower Station//REN Shao-long¹, XU Lei²(1. Mid-South Design and Research Institute of CHECC, Changsha 410014, China;2. College of Hydraulic Engineering, Changsha University of Science and Technology, Changsha 410076, China)

Abstract :The theory of the consolidation of vertical shafts, the structure of self-driving anchor bolts as well as the selection of their construction schemes were introduced. How to select the construction devices and technologies in the construction of vertical shafts was analyzed. Some possible problems in the construction of the self-driving anchor bolts and the relevant solutions were proposed.

Key words :self-driving anchor bolt;shaft construction;pre-consolidation;autographic instrument;Xiluodu Hydropower Station

自钻式锚杆是一种中空锚杆,杆体本身兼作钻杆和注浆管,浆液经杆体通过钻头及杆体前段布置的花孔喷射出来,充填锚杆周围的裂隙和钻孔,使之固结,增加岩体稳定性。自钻式锚杆施工技术能适应复杂的地质条件和施工现场环境^[1-2],其在溪洛渡水电站左岸竖井施工中的成功应用,充分发挥了自钻式锚杆的潜在优势,起到了超前固结作用,避免了井壁围岩大面积塌方,保证了施工安全,节省了施工周期。

溪洛渡水电站左岸竖井工程包括 1 号和 2 号出线竖井。1 号、2 号出线竖井深度均为 251 m,根据围岩情况竖井分为覆盖层段和岩石层段,其中 1 号出线竖井覆盖层段深度为 115 m,2 号出线竖井覆盖层段深度为 126 m,覆盖层段竖井开挖直径为 14.0 ~ 14.6 m,岩石段竖井开挖直径为 11.50 m。覆盖层段围岩破碎,易发生塌方,每开挖完成 3.0 ~ 4.5 m 深后进行支护,支护措施经施工方现场提议由土锚杆改为自钻式锚杆,自钻式锚杆长度 L = 6 m,入岩 5.5 m,间排距 1.2 m × 1.0 m。自钻式锚杆施工完毕后进行一期混凝土衬砌施工,采用 C40 混凝土,衬砌厚度为 1.2 m。

左岸 1 号和 2 号出线竖井覆盖层地质情况基本相同,自上至下分段为①洪积堆积体(plQ3):厚度为 24 ~ 33 m,主要由含碎砾石低液限黏土组成,结构不均一,易产生井壁垮塌。②冰川、冰水堆积体(fgl + glQ21):厚度为 42 ~ 55 m,主要由玄武岩块碎石夹角砾砂层组成,部分为钙质接触式胶结。大孤石爆破及遇砂层、架空层时,易出现垮塌现象,自稳能力差。该地质层施工过程中多次、多处发现空洞及较大裂隙。③古滑坡堆积体(delQ21):厚度为 36 ~ 51 m,由三叠系紫红色砂页岩和石灰岩块碎石组成,岩石较坚硬。

1 施工方案的确定

1.1 竖井加固理论

竖井开挖形成后,由于围岩受力状况发生变化,地应力重新分布,在距井壁一定范围内,围岩产生变形并形成一松动圈,松动圈的范围与原始地应力、围岩地质条件、竖井开挖直径、支护速度等因素有关^[3],竖井支护应充分利用松动圈围岩有一定内聚力的特点,快速适时地对未完全变形的围岩施加一反力,使之形成一受力圈,来抵抗围岩变形以达到保持围岩稳

定的目的。竖井支护通常以锚喷为主,通过对锚杆施加预应力,及时地对竖井围岩施加一反力,将深层围岩压力均匀地传递到周壁围岩上,达到围岩与锚杆互为支护的目的。根据不同的工程特点选择合适的锚杆形式及施工工艺对竖井施工至关重要。

1.2 施工方案选择

溪洛渡水电站左岸竖井工程地质条件复杂,工期紧张且施工危险度高,需对常规的支护方法进行适当的调整以适应工程的要求。经施工单位提议,分别采用普通砂浆锚杆喷护、管棚注浆、自钻式锚杆施工进行试验,通过试验结果对比选取更高效、经济的施工方案。

普通砂浆锚杆需成孔后再放置杆体,试验过程中发现钻杆抽出后塌孔严重,因此不能进行普通砂浆锚杆施工,管棚施工可套管跟进,灌浆效果可满足施工需要,但施工进度慢且费用较高,自钻式锚杆施工钻杆钻进及锚杆放置同步完成,灌浆效果可满足施工需要,虽费用高但施工进度较快。施工单位将试验结果整理后报送监理单位,经参建四方会议讨论,锚杆施工时设计一定的向下倾角,可以起到超前固结灌浆的作用,有利于下一循环施工,能满足施工质量和安全要求,同时又比管棚施工节省了工期,故最终决定选用自钻式锚杆施工。

2 施工机具及材料选择

2.1 钻机选择

左岸1号和2号出线竖井覆盖层段开挖直径为14.0 m,出渣后井底部不平整,且每一循环要完成不同高度、不同方位的111根锚杆施工,所以要选择便于移动、易于操作且能同时在高度0.5~3.0 m范围施工的钻机,最终选取天水风动机械公司生产的CLM15型履带式锚杆钻机。该钻机各种参数如下:总质量为5000 kg,外形尺寸为5650 mm×2560 mm×1985 mm(长×宽×高),行走速度为2 km/h,履带调平角度为±10°,爬坡能力为25°,底盘离地高度为300 mm,最大牵引力为34.5 kN,行走马达功率为4.4 kW×2,最高水平钻孔为3100 mm,最低水平钻孔为300 mm,推进器推进长度为3300 mm,推进器补偿长度为1300 mm,最大推拉力为12 kN,推进马达功率为4 kW,钎尾扭矩大于或等于340 kN·m,钎尾空转速为0~300 r/min,钎尾选用38 mm和45 mm的螺旋形连接钎尾和“T”形连接钎尾,冲击频率大于或等于29 Hz,工作压力为0.49~0.63 MPa,总耗气量为130~230 L/s,钻孔直径为50~70 mm,最大钻孔深度为25 m。

2.2 钻头及钻杆等器具选用

自钻式锚杆包括钻头、全螺纹中空钻杆、连接套、垫片、止浆塞、螺母等,见图1。



图1 自钻式锚杆示意图

2.2.1 钻头选择

施工初期,锚杆施工选用普通铸铁一字形钻头。自钻式锚杆施工至冰川、冰水堆积体,由于该地质层内岩石钙质接触式胶结且夹杂石英体,岩石强度高,普通一字形钻头损耗大,每根锚杆平均需损耗6~8个钻头,由于施工过程中需要将损坏的钻头回转拉出并重新安装新的钻头,严重影响了施工进度。根据现场施工需要,钻头调整为高强度硬质合金十字形钻头,此种钻头虽然价格比普通铸铁钻头高4~5倍,但施工效果良好。

2.2.2 钻杆选择及孔径布置

钻杆选用GM32自进式锚杆,长3 m,锚杆前端1.2 m处布置花孔,花孔直径为6.0 mm,间距0.2 m,梅花形布置。连接套选用与钻杆相配套的GM32型。

3 施工工艺

施工工艺流程见图2。

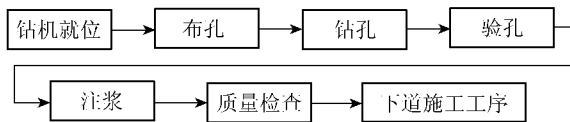


图2 施工工艺流程

3.1 钻孔定位

自钻式锚杆间排距为1.2 m×1.0 m,梅花形布置,锚杆倾角为45°,布置见图3。竖井每开挖3 m,检查井壁无欠挖并清理井壁危岩后,再测量放点,并用红色自动喷漆直接把锚杆孔位喷到井壁上。钻孔施工时,钻机要根据井壁上的喷点确定锚杆孔位置,偏差控制在±2 cm^[4]。

3.2 钻孔

钻机及钻杆由18 t门机吊至井下,工作人员连接风水管路,调整钻机位置及钻杆角度,钻杆角度要用量角器测量立轴倾角。钻杆通过钎尾套连接到钻机冲击器进行冲击回转钻进。开钻时要轻压、慢钻,钻进过程应尽量保持匀速。钻杆钻至2.5 m左右安装连接套,连接第2根锚杆,继续钻进直至满足设计深度要求。钻孔深度达到设计要求后及时封孔。

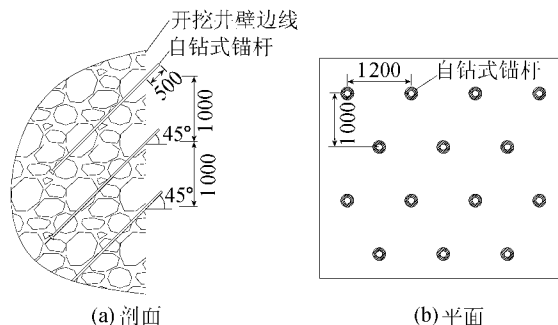


图3 锚杆布置(单位:mm)

3.3 注浆

锚杆钻进工序完成经监理检验合格后,进行注浆施工。溪洛渡水电站左岸竖井地质条件差,灌浆质量直接影响施工安全及施工进度,是关键工序。

3.3.1 施工准备

压力计及流量计数据线连接至自动记录仪,打开电脑内记录程序,输入灌浆设计参数;浆液通道冲水。

3.3.2 制浆

为避免交叉施工等问题,制浆在井口完成。浆液由高速搅拌机拌制,通过大容量二次搅拌桶吸入注浆泵再通过输浆管输送到井下工作面。注浆设备布置见图4。浆液采用纯水泥浆掺入适量水玻璃,初始水灰比定为0.7:1,根据回浆情况逐渐调整至0.4:1。

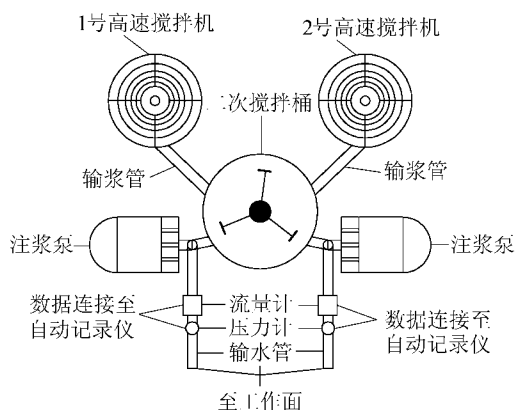


图4 灌浆设备布置

3.3.3 灌注

注浆施工由上而下依次进行,同一排锚杆分4序,每3根灌注1根。输浆管前端设置特制接头可与锚杆相连接,浆液由输浆管路注入锚杆,并通过钻头及锚杆前端布置的花孔有效地扩散到锚杆周围岩层及锚杆孔洞。灌浆压强控制在0.1~0.2 MPa,调节回浆管阀门可将其控制在理想的状态。灌浆各项数据每间隔5 min记录在自动记录仪上,通过记录仪反映的数据采取合理的措施指导每根锚杆注浆施

工。当单根锚杆注浆量超过300 L时,浆液水灰比调整至0.5:1,每根锚杆吸浆量小于0.1 L/min,闭浆30 min^[4],该根锚杆施工完毕。通过自动记录仪指导锚杆灌浆施工,可及时采取合理的措施处理灌浆过程中出现的问题,保证了施工质量。

3.4 施工效果

自钻式锚杆施工保证了开挖过程中井壁的稳定,避免了围岩塌方,在开挖过程中可见到水泥胶结体及水泥结块,月平均进尺26 m,说明固结效果明显,采用自钻式锚杆施工达到预期效果,保证了施工安全。

4 施工中遇到的问题及解决办法

4.1 灌浆材料的凝固速度及灌浆压力的确定

4.1.1 灌浆材料的凝固速度调整

由于工期紧张,各工序衔接紧密,因此要求灌浆材料凝固速度快,注浆时在水泥浆中掺入适量速凝剂。速凝剂选用水玻璃,水玻璃浓度为30°Be',掺入量以水泥用量的2%为宜^[5],见图5,浆液的凝结时间调整为40 min左右。

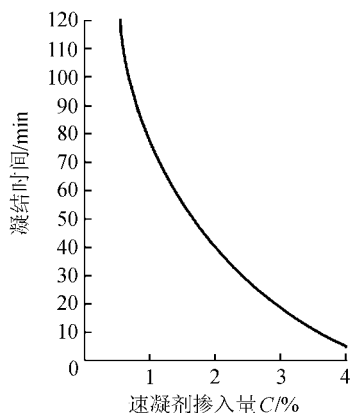


图5 浆液凝结时间与速凝剂掺入量关系

4.1.2 灌浆压力的确定

灌浆压力与水文地质、围岩的裂隙发育程度、浆液材料及浆液的凝胶时间有关,一般为1~2倍的内水压力。该工程区地下水不丰富,自钻式锚杆施工段绝大部分位于地下水位线以上,因此灌浆压力应通过试验确定,以不影响井壁围岩稳定为原则。经过2个批次、6根锚杆试验,确定灌浆压强为0.1~0.2 MPa。

4.2 锚杆杆体断裂分析及处理措施

自钻式锚杆在冰川、冰水层施工时锚杆断裂损耗率高达18%,主要原因如下:①锚杆前端设置了注浆花孔,降低了自身的强度;②钻车操作不当;③局部钙质接触式胶结且夹杂石英体,不利于钻进。

根据以上原因,具体解决方法:①灌浆花孔应呈梅花形布置,避免集中在同一条直线上,在满足施工需要的基础上尽量少布置灌浆花孔且孔径不宜过大;②开钻时要轻压、慢钻,钻进过程应尽量保持匀速,保持冲击回转钻进,避免进行纯冲击钻进;③可适当调整锚杆位置,并根据需要加密。

4.3 注浆泵位置调整

考虑到井下施工空间狭小及多工序、多工种交叉作业,施工初期注浆泵布置在井口,浆液由注浆泵通过输浆管路直接压入锚杆体内。随着开挖深度的增加,浆液自重产生的压力越来越大,造成实际灌浆压力远远大于设计压力,吃浆量明显增大而锚杆孔洞内见不到浆液,大部分浆液扩散到距井壁较远的部位,起不到超前固结、保证井壁稳定的作用。根据现场情况,施工中做出相应调整:①将储浆器和注浆泵固定在同一个支架上;②进行锚杆注浆施工时,将支架通过门机吊至井底,浆液在井口拌制后输送到储浆器,吸入注浆泵;③注浆泵加压将浆液压入锚杆体内,压强控制在 $0.1 \sim 0.2 \text{ MPa}$ 。通过以上措施,有效地解决了灌浆压力过大而导致井壁固结效果不好的问题。

4.4 锚杆施工中孔洞、裂隙的处理

溪洛渡水电站左岸竖井穿越约 50 m 冰川、冰水堆积体($fgl + glQ21$),该地层主要由玄武岩块碎石夹杂角砾砂层组成,部分为钙质接触式胶结。施工过程中存在锚杆穿过孔洞、裂隙等问题。处理措施:①尽可能探明空洞范围、裂隙宽度及走向。②通过锚杆注浆,浆液初始水灰比定为 $0.5:1$ 。单根锚杆灌浆总量超过 1000 L ,流量仍较大且压力没有明显变化

时,该锚杆待浆 2 h 。③ 2 h 后继续注浆,如果流量仍很大,采用砂浆灌注;如果流量减小或压力升高,则继续采用纯水泥浆灌注。④将孔洞、裂隙周围每根锚杆灌注至结束标准。

5 结 语

结合工程自身特点,选择合适的施工器具及合理的施工参数对工程建设具有重要的指导意义。溪洛渡水电站左岸竖井自钻式锚杆施工,通过试验最终确定了灌浆压力、浆液胶凝速度等参数,比较符合该工程的特点,较大程度地发挥了自钻式锚杆施工的作用,取得了良好的工程效益,为以后类似地质条件的竖井施工提供了很好的借鉴。

自钻式锚杆在成本上比砂浆锚杆高,其抗弯能力比砂浆锚杆低,杆体在施工时易在尾部弯曲断裂,这2点需加以改进、提高,使自钻式锚杆在支护工程中得到更广泛的应用。

参考文献:

- [1] 郑黎明,赵中伟,包叔平.自钻式锚杆在水电站高边坡支护中的应用[J].人民长江,2007,38(5):27-28.
- [2] 杨永涛.自钻式锚杆在小湾水电站坝肩堆积体中的应用[J].西北水电,2006,22(1):35-37.
- [3] 张光亮,刘雪松.中空自钻式锚杆在小湾导流洞施工中的应用[J].云南水力发电,2006,22(3):42-43.
- [4] DL/T5181—2003 水利水电工程锚喷支护施工规范[S].
- [5] 邓人清.高压富水隧道注浆堵水施工技术及应用[J].地下空间与工程学报,2006,2(2):263-267.

(收稿日期:2009-01-05 编辑:方宇彤)

(上接第13页)

混凝土又优于玄武岩砂混凝土。3种细骨料品种混凝土的抗裂安全系数差别比较大,因此,细骨料品种对混凝土的抗裂安全性具有比较重要的影响。

无论有无水管冷却措施,预冷降温幅度越大,坝体的抗裂安全系数越大。随着混凝土浇筑温度的降低,3种细骨料品种混凝土的抗裂安全系数之间的差别逐渐增加。

为了达到同样的抗裂安全系数,不同细骨料品种混凝土所需要的温控措施的强度也不相同。因此,当有几种细骨料品种可供选择时,必须考虑细骨料品种对大坝温控特性的影响和对温控措施的要求。本文的研究成果可为细骨料品种的优化选择提供依据。

参考文献:

- [1] 中国水利水电科学研究院结构材料研究所.大体积混凝土[M].北京:水利电力出版社,1990:140-169.
- [2] 董福品.混凝土温度应力分析的样条函数法与破开算子法及碾压混凝土坝温度徐变应力研究[D].北京:中国水利水电科学研究院,1987.
- [3] 朱伯芳.大体积混凝土温度应力与温度控制[M].北京:中国电力出版社,1999:402-405.
- [4] 董福品.考虑表面散热对冷却效果影响的混凝土结构水管冷却等效分析[J].水利水电技术,2001,32(6):16-19.
- [5] DL5108—1999 混凝土重力坝设计规范[S].
- [6] DL/T5346—2006 混凝土拱坝设计规范[S].

(收稿日期:2009-04-21 编辑:方宇彤)