

小浪底 3 号灌浆洞辐射灌浆孔的成孔技术

缪绪樟, 彭力军, 张千军, 张红霞

(黄河勘测规划设计有限公司地质勘探院, 河南 洛阳 471002)

摘 要: 辐射灌浆孔是基岩防渗灌浆处理中的一种特殊设计, 一般因应特殊部位而设计, 技术设计复杂, 施工难度大, 尤其是其成孔施工难度。小浪底 3 号灌浆洞辐射灌浆孔是为解决水工建筑物建成后, 对可能存在的渗漏通道进行封堵而设计的, 其不同角度和深度对成孔技术要求提出了新的课题。

关键词: 辐射灌浆孔; 角度设计; 作业空间; 施工平台; 施工布置; 钻具提升装置

中图分类号: TV543 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2007)S1-0232-04

1 基本概况

黄河小浪底水利枢纽工程, 在经受了 265 高程的高水位运行后, 发现在 4~6 号发电洞的正下端部位, 仍存在有部分渗漏通道, 对坝体防渗体系的有效运行构成不利影响。由于该部位所在的特殊位置, 常规的帷幕灌浆孔布置形式无法对其进行合理处理, 因此, 经多方案比较考虑, 对其采用了辐射灌浆孔的布置形式进行补强处理。

设计方案利用了位于 3 号灌浆洞北端头的约 4 m 长度的廊道区段来进行施工布置。共设计 24 个灌浆孔, 具体见图 1 所示。其中北端头侧墙墙壁孔 7 个(孔号 H1~H7), 廊道底板孔 17 个(孔号 H8~H24), 钻孔设计倾角从 $08^{\circ}30'$ 至 91° 不等分布, 孔口间距 0.2~0.25 m, 帷幕轴线距洞室东侧墙约 0.2 m, 孔深 81~116 m, 总钻孔工程量约 2233 m。

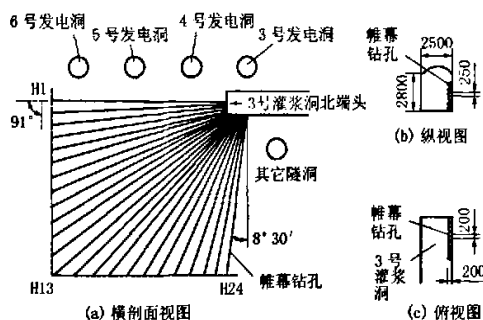


图 1 3 号灌浆洞北端头辐射灌浆孔布置示意图

2 钻孔设计特点及其施工技术难度

(1) 孔位布置非常集中, 孔口间距小, 墙壁孔与底板孔的分布呈在两条相交直边上。

施工难度: 仅能容进 1 台钻机设备进行作业; 每孔开孔时易对旁边孔口埋管产生一定的扰动影响; 墙壁孔上每个孔位所需的施工平台均需重新搭设(对应的钻机底座布置高度不同); 适宜的钻机型号选择有限。

(2) 廊道的作业空间十分狭小, 孔位距离墙壁或墙脚处太近。

施工难度: 钻机仅能勉强地横向对正孔位摆放; 人员操作的活动空间很小; 配套的常规钻塔或吊架无法使用; 钻机平台的前后、左右移动困难; 各类设备呈线状布于洞内。

(3) 钻孔角度各异, 差值变化大, 孔深大, 有水平孔、斜孔。

施工难度: 角度变化较大, 孔斜质量要求很高; 钻具等起下装置须兼顾到水平孔和垂直孔的两方面使用; 钻进较大角度的斜孔时, 钻机须横向摆放, 固定困难; 一般常用测斜仪型号的测量范围太小, 难以满足其测量需求。

总的来说, 这种灌浆孔的布置形式在国内外的同类工程中罕见, 常规的施工方法难以适应。

3 关键性施工技术研究及应用

3.1 钻机设备选型及其架设平台的布置

针对钻孔深度大, 钻孔角度变化大, 且空间小、环境封闭的特点, 钻机的选择必须兼顾考虑到工程质量要求、钻孔适应能力、作业环境和高压灌浆的技术要求等。因此, 最终选择了 XY-2 型地质钻机(电力), 采用回转钻进施工工艺。

由于孔位距离侧墙太近, 钻机只能在廊道内横

收稿日期: 2007-05-30

作者简介: 缪绪樟(1966-), 男(汉族), 江西新建人, 中国地质大学(武汉)博士在读, 黄河勘测规划设计有限公司地质勘探院总工程师、高级工程师, 地质工程专业, 从事水利水电地质勘探和水工建筑物基础处理工作, 河南省洛阳市启明西路 34 号, miaoxzh@yrec.cn。

向摆放,机头贴墙对孔。廊道宽度 2.5 m,而钻机本体长度 1.9 m,延伸长度 2.2 m,加之孔位空间,机座已无横向活动的空间。因此,底板孔施工时,考虑沿廊道纵向铺设轨道,钻机架设于轨道上并固定施工,钻机搬迁时沿轨移动即可;墙壁孔施工时,因各孔间施工的钻机底座高度不一,则在靠近廊道北端头处的两侧墙壁上嵌焊一对竖直槽轨,根据尺寸测量,每个孔位所对应的钻机平台在槽轨上的停留部位,打上销眼,钻机移动到位后,利用销扣固定其平台。见图 2、3 所示。

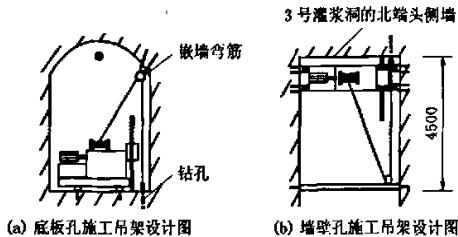


图2 钻具提升用的滑轮吊架设计示意图

3.2 吊架或钻具提下装置的设计

钻孔顶角较小的底板孔施工时,由于重力的竖直分力较大,钻具、注浆管等器材基本上可依靠重力作用自动下入孔内。器材上提操作时,还必须依据有限的空间设计一提钻装置。施工设计中,采用了在各孔向延伸线的上方洞壁上,均衡嵌布多个锁扣,以固定滑轮,利用滑轮来提下孔内钻具等。如图 2(a)所示。

墙壁孔及其余部分的底板孔施工时,钻具下入时则直接采用由钻机动力顶入的方法,将短的钻杆等一节节地下入孔内;提出装置则采用:在距北端头外端约 4.5 m 的距离,横向架设一横杆,两端头固定于两侧墙体上,在孔位轴线延伸的位置处挂装一固定滑轮,提引绞车上的钢丝绳通过滑轮后与提孔器连接,进行相关操作。见图 2(b)。

槽轨、横杆、锁扣等墙嵌用筋的嵌入长度、用筋尺寸等均须通过受力计算后确定。

3.3 钻机机座抬升装置的设计

侧墙孔施工时由于各孔要求的钻机底座高程均不相同,而平台须频繁地上下移动施工;由于空间有限,在靠端头墙一侧钻塔无脚可立,采用在洞顶镶嵌起吊滑轮的方式也很困难(机体太重)。因此,最终采用了改进的“单边塔架方法”:靠墙外侧支设钻塔两脚(见图 3 所示)后,靠墙内侧的塔脚取消,而将塔顶的连接轴销的长度延伸并使插入到端墙墙体中,从而利用墙体支承受力。

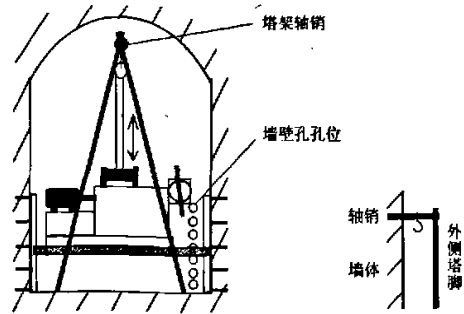


图3 墙壁孔塔架设计图

3.4 钻机钻进过程中的稳定性因素

在斜孔的钻进过程中,因钻压的反作用力作用,钻机会呈现“水平后移”(水平分力)和“侧掀”(切向分力)两种趋势。由于岩体硬、钻具及钻机自重作用力小等因素,而所需钻压较大(一般达 $15 \sim 35 \text{ kg/cm}^2$),其影响不可轻视。钻孔倾角在 $30^\circ \sim 90^\circ$ 时一般较为明显,角度越大,其反作用力越强。因此,必须采取有效措施,保证平台安装的稳固性。

(1)水平导轨采用整体式,长度约 4.2 m,每隔 1 m 即用嵌入底板内的短钢筋进行焊接联结,钢筋嵌入底板内的深度 $< 15 \text{ cm}$,钢筋直径 18 mm;

(2)竖直槽轨每根高约 1.5 m,每隔 0.3 m 即用嵌入墙体中的短钢筋进行焊接联结,钢筋嵌入深度 $< 15 \text{ cm}$,钢筋直径 18 mm。由于钻机钻进时,钻机受力的部分水平分力即传递给槽轨,使其存在沿外侧竖直端面“侧掀”的趋势,因此钢筋嵌焊时应在钢轨两侧面上都有,以提供侧拉作用力,保持轨体的稳定。

(3)为防止竖直槽轨因受力产生向外扭曲变形,因此在各个竖直槽轨的外侧再焊接一筋板加强,施工中经常观察,保持槽轨在使用中的稳固和可靠。

(4)H1 ~ H3 号墙壁孔施工时,钻机底座高度大,竖直槽轨的受力点将形成较大的、以槽轨底部端点为 O 点的转动力矩,使其上端具有呈外旋倾倒的趋势,因此可以在竖直槽轨的外侧,沿侧墙壁面斜向再支撑 1 ~ 2 根支杆,以确保槽轨的稳定。

(5)在北端头的墙角打上 2 道锚眼,底板孔施工时,钻机用钢丝绳索锚固,以防止钻机机体“侧掀”的发生,锚拉受力点为机体上端的部位。墙壁孔则直接架立支撑杆进行防倾稳固。

3.5 钻进成孔质量的控制

由于钻孔均为斜孔,孔内钻具在钻进中会因重力作用而呈自然向下偏斜的趋势,从而影响成孔的质量。钻具自然下偏的影响因素主要包括有钻孔角

度、钻杆长度、钻进转速、钻进压力、岩性、钻机稳固性等。因此,综合采取各种有效措施是保证孔向度的必然要求。

(1)选调施工经验丰富、技术水平较高的司钻人员,作业前进行详细的技术交底和操作培训;

(2)选择合理的钻进参数,如适当提高钻压、钻速,采用较长的钻具,开孔时低压、低速,适时注意地层的变化和应对调整等。

(3)在钻进过程中要经常性地检查与校正钻机立轴的角度参数,并加强钻孔孔斜的测量,做到勤测、多测,出现问题及时调整纠正。

(4)辐射灌浆孔的孔间距特点为孔内疏、孔口密,而孔斜控制的根本目的是要保证使各孔灌浆扩散半径的结合。在孔口或上游孔段的孔斜偏差适宜增大,并仍控制在扩散半径之内,对灌浆质量影响很小。因此,斜孔在开孔时将钻孔倾角适当增大(向上),将可有效地抵消钻具因自重作用而向下偏斜的自然趋势,从而减少终孔时与设计角度的偏差。

经计算,原设计孔斜允许偏差要求和经角度适宜调整后的偏差要求如表1。

表1 最大孔斜允许偏差值及拟调整后的控制参数表

孔深范围 /m	设计最大允许偏差值		调整后的最大允许偏差值	
	偏距/m	角度/(°)	偏距/m	角度/(°)
20	0.25	0.72	0.55	1.57
30	0.5	0.95	0.70	1.34
40	0.8	1.15	0.90	1.29
50	1.15	1.32	1.20	1.37
60	1.5	1.43	1.5	1.43
70	2.0	1.64	2.0	1.64
>80	2.5	1.79	2.5	1.79

调整角度值应按照钻孔设计倾角越大、调整角度越大的原则进行,倾角小(接近于垂直的钻孔)可不予调整。

3.6 钻孔测斜仪器的改进应用

由于钻孔角度的范围大,行业中常用的测斜仪测量范围小,无法完全包容其包线范围。如上海地质仪器厂出产型号的最大包线为:KXP-1型垂直孔测斜仪为 $\pm 45^\circ$;KSP-1型水平孔测斜仪为 $\pm 40^\circ$ 。二者结合使用仍存在 $45^\circ \sim 50^\circ$ 间的倾角测量盲区。

因此,在经多方调研后,选择上述2种型号结合应用,并经与厂家协调后,由其对KSP-1型水平测斜仪进行改进,将水平测角的范围提高至 $\pm 50^\circ$,从而保证测量的要求。

4 技术方案及应用效果

4.1 成孔施工的主体技术方案

4.1.1 施工器材及设备配置

主要包括:XY-2型钻机1台,4.2 m长的水平导轨1套,1.5 m长的竖直槽轨2套,2.5 m长的底座枕轨1付,镶嵌锁扣3套,滑轮1付,改良三角塔架1付,2.5 m的横杆1付,水平孔、垂直孔测斜仪各1套,B-150型灌浆泵1台套等。

4.1.2 钻孔施工平台的搭设及稳固

水平导轨的铺设位置根据钻机的重心均衡设计,间距约1.6 m。竖直槽轨的布置间距按照钻机平台的宽度确定,间距约0.9 m。具体安装和稳固措施按照上述要求进行。

廊道顶部均匀镶嵌3套锁扣装置,镶嵌装置的2个嵌脚应成一定角度,其中一根应尽量水平,镶嵌需用高强度的砂浆固结处理。

4.1.3 作业前的准备

施工前,对施工平台、提吊装置、锚索装置等必须进行安全性检查,符合要求后方可开始施工。对钻机及相关设施、钻孔器材也应进行充分检查,对不符合使用要求的及时更新和维修,以确保钻孔施工安全和顺利,减少不必要的孔内事故和机械故障等的发生。

4.1.4 钻孔施工顺序

按灌浆设计的孔序、孔段要求进行施工。按照先进行底板孔区段、再进行墙壁孔的顺序施工,从而便于各个平台的一次性搭建和使用。

4.1.5 钻孔方法

开孔孔径110 mm,镶埋 $\varnothing 89$ mm的灌浆孔口管;以下各孔段采用 $\varnothing 75 \sim 59$ mm钻进,变径一般在30~40 m时进行,或孔斜呈明显变化趋势时适时进行。

根据地层岩性情况及施工作业条件因素等,采用以复合片全断面钻进为主,金刚石回转钻进为辅的工艺。开孔时采用金刚石钻头低速钻进。

钻孔时根据钻压的变化、地层的破碎程度、先导孔取心、孔内漏水等情况,及时了解地层的特性和可钻性,然后适时调整钻进参数等,以确保成孔的质量。

4.1.6 成孔角度的控制

对于灌浆孔来说,孔斜偏差是成孔质量控制的重点,也是保证灌浆质量的重要环节。由于钻孔深、钻孔角度大,尤其是由于水平倾向孔钻进过程中钻具自然下垂的因素存在,孔斜控制难度大。因此,应

综合采取各项合理的防、纠斜控制措施。

(1) 开孔前对钻机平台进行良好的稳固,同时加强经常性检查,看是否已有移位。

(2) 立轴的角度按照设计角度加调整角度(向上)进行布置,并用专用测角仪器测定。调整的孔位及调整值见表2。

表2 开孔角度调整值表

钻孔 孔号	设计顶角 /(°)	调整角度 /(°)	钻孔 孔号	设计顶角 /(°)	调整角度 /(°)
H1	91	1.50	H7	65.6	0.85
H2	86.6	1.40	H8	62	0.75
H3	82.4	1.30	H9	58.1	0.65
H4	78.2	1.20	H10	54.4	0.55
H5	74.0	1.10	H11	50.8	0.45
H6	69.8	1.00	H12	47.5	0.35

(3) 钻具的级配要合理,尽量采用长钻具,在钻具上部增加与岩心管外径一致的1 m长的扶正钻杆,以增加钻具的稳定性,达到满眼钻进;要求钻具的弯曲度 $\geq 5\%$ 。

(4) 钻进时合理掌握好钻进参数,可适当加大钻压,并根据地层不同采用适宜的钻头。

(5) 孔口管的埋设角度要准确,埋设时由于管的底端会自然下垂,因此可在孔底处套上一垫圈或固定一垫片。镶埋好后,在下一孔段的钻孔之前应进行复测。

(6) 加强钻孔钻进过程的孔斜检测。一般可每5~10 m一测,并及时对测斜资料进行分析,掌握钻孔走向,根据其走势及时采取相应纠斜措施。

孔斜偏差较大并经纠斜处理仍无效的,及时进行封孔、重钻。

4.2 技术应用的成果及效果

(1) 通过采取滑轨与垂直导槽相结合的施工平台设计、提引钻具的锚挂滑轮设计、改良钻塔的设计、测斜仪器的合理改进等一系列自主设计、协调改进的技术应用方案,圆满地解决了施工设备在进入、布置和施工中的难题,保障了施工的正常进行。

(2) 通过采取对钻机的稳固保障措施、斜孔钻进的角度调整值等综合性的成孔质量控制措施,较好地保证了各孔成孔质量,最终使帷幕灌浆达到满意的效果。

(3) 通过多项装置的自主设计、利用现有设施设备进行改良应用,以及对外购设备的合理性改进,大大节约了更换、采购新设备的成本,创造了明显的经济效益。

(4) 通过综合性的技术应用和整体施工布置,大大加快了成孔施工进度。本次工程的设计工期为365天,实际仅用了249天。

5 结语

(1) 在钻探工程等施工中通常具有许多限制性的作业因素,通过结合实际的需要,充分发挥自身的创造性,是保证工程施工正常顺利进行的重要条件。

(2) 本次辐射灌浆孔钻灌施工技术难度大,质量要求高。经过精心组织、细致策划、严密施工,取得了很好的效果。