

反井钻机在水工隧洞竖井段的应用

叶南普

中科标禾工程项目管理有限公司 四川 成都 610000

摘要:反井钻机是指以正向钻先导孔后再反向扩孔作业的旋转式钻机。反井钻机潜在能力大、安全系数高,能适用于不同孔径、深度以及倾角(60°~90°范围内)的斜井和竖井工程。反井钻机也广泛应用于水工隧洞竖井段导井开挖,下面以某水工隧洞竖井开挖洞径8.2m、深度70.18m为例对反井钻机的施工技术进行探讨。

关键词:反井钻机在水工隧洞竖井的应用

1 工程概况

1.1 工程简介

某水工隧洞竖井由上弯段、竖井段和下弯段组成。竖井开挖洞径为8.2m,深度为70.18m(顶部高程为437.18m,底部高程为367.00m,不含上弯段和下弯段);上弯段洞径8.6m,轴线弯曲半径为15m,上游接隧洞上平段,下游接竖井段;下弯段直径8.2m,轴线弯曲半径为15m,上游接竖井段,下游接隧洞下平段。

1.2 水工隧洞地质条件

该水工隧洞竖井段地处弱风化至微新岩体内,围岩呈薄至中厚层状结构,为IV类围岩,开挖后围岩不稳定,且处地下水位以下,开挖后不存在涌水问题,但基岩裂隙有少量渗水现象,对施工影响较小。

1.3 主要工程量

该水工隧洞竖井段石方开挖6276m³,C20喷射混凝土506m³,锚杆(φ25,L=4m)812根,钢筋(HRB 400 φ20)1吨,钢筋(HRB 400 φ12)0.5吨,钢筋网片(HPB 300 φ10)3000m²,C20混凝土13m³。

2 水工隧洞竖井段开挖方法

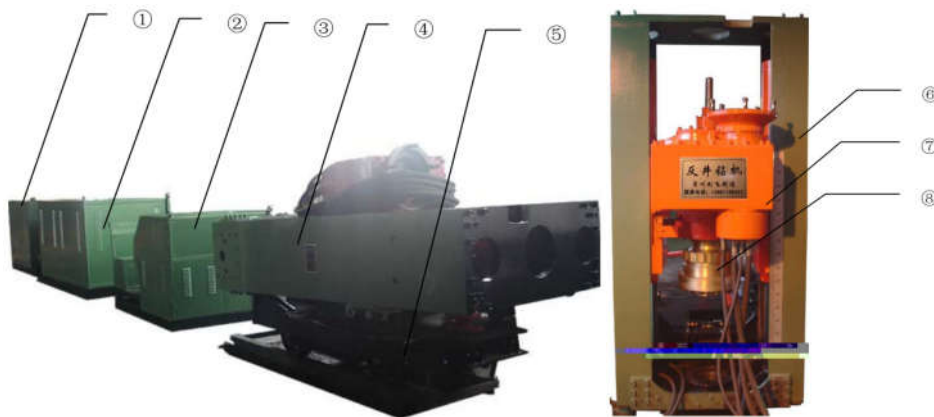
沿水工隧洞竖井中心线采用LM系列(本工程选用LM-200型)反井钻机自上而下形成φ216mm先导孔,先导孔完成后再换上扩孔钻头,自下而上扩孔为φ1400mm的导井。导井完成后进行从上而下全断面扩挖:采用合适的钻孔机具进行钻孔,人工装填合适的炸药并采用合适的爆破方式进行光面爆破。

爆破完成并通风排烟后,将残留在爆破面上的所有松动岩块清除干净。扩挖爆渣大多经导井落至水工隧洞下平段内,余下岩渣由人工配合小型机械清理。爆渣在水工隧洞下平段内采用1.5m³~3m³铲车配合10t~15t出渣车清理,通过水工隧洞施工支洞运至弃渣场弃渣。扩挖过程中及时跟进锚喷支护。

3 反井钻机的性能介绍

3.1 反井钻机的选型

根据设计图纸、现场施工条件、反井钻机的技术性能和以往类似工程经验,选用江苏省常州市剑飞机械制造有限公司LM200型反井钻机(见图1)比较合适。



①油箱;②泵车;③操纵台;④主机;⑤主机车;⑥机架;⑦动力齿轮;⑧棘轮套

图1 反井钻机外形图

3.2 LM系列反井钻机的优点

LM系列反井钻机是钻凿暗井的高效设备,它具有下

列优点:

(1) 钻机的推拉力、旋转扭矩、转速等主要参数设计合理, 钻井工艺简单, 能适应各种岩层和各种孔径的作业需求。

(2) 采用全液压驱动, 质量轻、功率省、结构布置合理; 主机液压系统安全可靠, 操作方便, 大部分液压元件采用国标系列的名牌元件, 维修更换方便。

(3) 主机安装运输以及调整全部机械化、简单省力、迅速安全, 不需要辅助设备。

(4) 钻进工序实现机械化作业, 操作安全简便, 优化了作业条件, 降低了作业强度。

(5) 钻杆连接件采用国际通用标准、安全可靠、互换性好、寿命长, 装卸钻具工艺合理、辅助时间短, 钻机配有开口钻杆和特制的稳定钻杆, 能有效地防止井孔偏斜。

(6) 钻机适用性强, 可在较复杂的地质条件下施工。

(7) 钻机是防爆型的, 适合各级有可燃气体的环境。

(8) 扩孔钻头有喷水装置, 可以降尘及冷却刀具。

(9) 钻机效率高, 成井速度快, 质量好^[1]。

3.3 LM系列反井钻机的适用范围

(1) 适用的地质条件范围广: 反井钻机适用于各种硬质岩石, 对于特硬岩石可配制专门扩孔器以满足破碎岩石要求。

(2) 适用于多种孔径、深度和斜度: 反井钻机潜在能力大、安全系数高, 能适用于不同孔径、深度以及600~900斜(竖)井工程。

3.4 LM系列反井钻机的使用条件

3.4.1 LM系列反井钻机的使用环境条件

反井钻机是在两个工作水平之间钻凿井筒的施工设备: 两个工作水平简称上水平和下水平。钻机施工的工作场地上在上水平, 可以是巷道、洞室或露天, 称之为工作点; 钻机施工成井的透点在下水平, 一般是巷道或洞室, 称之为透点。

钻机是防爆型的, 适用于各种有防爆要求的工作地点(如各级瓦斯隧洞)。

3.4.2 LM系列反井钻机的工作条件

工作条件分为工作点要求和透点要求。

(1) 工作点条件要求: 钻机的主机工作场地应满足钻机主机工作尺寸要求且处于水平位置上, 以及摆放其他辅助设备的场地条件; 通往工作点的运输道路应满足钻机主机运输尺寸要求; 工作点场地应设有供钻机使用的动力电源, 水源等。

(2) 透点场地条件要求: 通往钻机工作透点的运输

道路应满足扩孔钻具运输尺寸要求; 透点处应设有排水沟; 透点处的场地可以使用能将扩孔产生的岩渣顺利排出到指定渣石场的清理设备。

3.5 LM系列反井钻机的工作原理

工作原理: 以正向钻先导孔后再反向扩孔作业。反井钻机一般包括主机和钻具两大部分。由主机通过钻杆提供给钻具(刀具)工作扭矩(压力), 使刀具作用在岩体上并对岩体进行冲压剪直至破碎。钻先导孔时, 被钻碎的岩渣排出钻孔; 扩孔时, 产生的岩渣自动落入下水平洞后被清除。

3.6 LM200反井钻机的主要性能参数

导孔直径为216mm, 扩孔直径为1.4m, 钻孔深度为200m, 钻孔倾角为60~90°, 主机重量为8.3t, 主机搬运尺寸为长2950mm×宽1370mm×高1700mm, 主机工作尺寸为长3230mm×宽1770mm×高3448mm, 钻杆尺寸为 $\Phi 182\text{mm}\times\text{长}1000\text{mm}$, 钻孔偏斜率为 $\leq 1\%$, 电机功率为86KW, 驱动方式为液压驱动, 适用岩性为岩石单向抗压强度 $\leq 1400\text{Mpa}$ 。

4 反井钻机在竖井段的施工

4.1 LM200反井钻机施工工艺流程

钻机操作面(含循环水池)施工→钻机安装调试→由上向下钻先导孔→先导孔贯通后, 拆掉导孔钻头换成扩孔钻头, 由下向上扩孔→扩孔完成后, 拆除扩孔钻头→撤离钻机。

4.2 反井钻机布置(见图1所示)

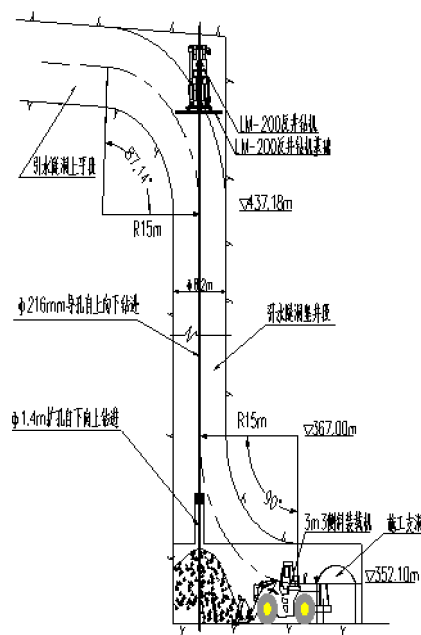


图2 反井钻机布置图

4.3 LM系列反井钻机的安装和调试

(1) 反井钻机设备基础：按《反井钻机使用说明书》的要求在竖井口位置浇筑钢筋混凝土水平基础；基础施工的技术要求按照随厂的技术文件执行，因为每种机型的基础尺寸有区别。

(2) 反井钻机安装及调试技术要求

① 建立冲洗排渣系统和水冷却系统：冲洗排渣系统其作用是在导孔施工钻进过程中，冲洗排渣和冷却钻头，洗井液根据地质构造，选用清水或泥浆。冷却系统用于钻机设备冷却。

冲洗排渣系统和水冷却系统要求：洗井液池和冷却水池容积均不小于5m³，洗井液泵泵压不小于2.5MPa，流量不小于30m³/h；外水源(清洁水)水量不小于7.2m³/h；冷却水泵压力不小于0.8MPa，流量不小于7.2m³/h。

② 钢轨铺设要求：平直、牢固、水平，对称布置于井孔两侧。

③ 电气设施：反井钻机未配置专门电气柜，根据钻机的需要配备电气柜,在井下必须选用防爆型。

④ 按上述要求全部准备就位后才能将钻机运进施工现场安装调试。

⑤ 钻机运输：整套钻机设备，包括辅助配套设备运到施工现场，即上水平工作点。可以在导孔完成后，扩孔钻头运到下水平透点处。下水平有条件也可以提前运至透点处。

⑥ 钻机安装就位后，锁紧卡轨器，并按《反井钻机使用说明书》进行调试至合格。

5 LM 系列反井钻机的操作使用

5.1 LM系列反井钻机使用前的准备和检查

(1) 钻井前，由施工单位组织全面的三级安全技术交底，确保每位管理和作业人员务必掌握所钻井孔方位、直径、深度、地质状况、钻机操作指南和应急措施等。

(2) 钻进前应先进行无负荷空运转，检查钻机各部件（机构）是否运转正常，如发现有漏油憋卡现象，应及时处理。

(3) 液压胶管应按要求连接、不得交错，抖动的胶管必须用卡箍夹紧，连接U型卡要装牢固，以防止其脱落。

5.2 导孔钻进和扩孔钻进

5.2.1 导孔钻进

(1) 钻压控制：对于软质岩应采用低压钻进，对于硬质岩应采用(较)高压钻进。

(2) 在距钻通10m前，下口中心2m范围必须挑顶，回收原支护锚杆，以防损坏钻头，距贯通3m时，应低压钻进，缓慢贯通。

5.2.2 扩孔钻进

(1) 导孔钻透后，再接上扩孔钻头。

(2) 在扩孔钻头未全部进入钻孔时，应采用低压低速钻进，待扩孔钻头全部进入孔后，方可恢复正常压力和速度钻进。

(3) 扩孔钻压的大小是根据地层的具体地质状况而定的，一般不宜超过13MPa。

5.3 施工精度控制

(1) 在现场应采用全站仪对开口点进行放样，然后在机身上安装水平尺和铅垂球进行日常监测。

(2) 通过配置稳定钻杆及开孔服正器控制钻孔精度，稳定钻杆的作用主要是控制钻头在钻进过程中顺开孔方向直线钻进。

(3) 采用合适的钻压、造孔速度等手段保障钻孔精确度。通过工程实践，不同强度的岩体钻压、钻孔速度参见表1；实际施工过程中，还应根据不同岩层通过试验据实调整。

表1 钻速与钻压的关系

岩石抗压强度(MPa)	钻速(mm/h)					
	2500	2000	1500	1000	500	300
20	205.5	183.8	159.2	-	-	-
40	-	367.6	318.4	249.0	-	-
80	-	-	477.5	389.9	-	-
120	-	-	-	649.8	459.5	-
160	-	-	-	-	643.2	498.3

5.4 出现故障时的处理程序和方法

(1) 严格按照安全技术规程进行作业，是事故预防的最有效的方法。所以每个施工人员，必须认真学习和执行这个规程。

(2) 钻进先导孔时突发钻具旋转困难，可能是遇到裂隙岩缝而卡钻，应将钻具提升一定高度，再慢慢向下旋转扫孔，一次扫孔不灵，可多进行几次。扫孔仍不能解决问题，需提钻进行检查。

(3) 钻进先导孔时,如发现循环水大量漏失,补充水源不能解决问题,及时提高钻具至最高位置,然后向技术主管汇报等待处理。

(4) 钻进先导孔或扩孔时,如发现水源中断,立即停止钻进,查找原因。导孔工作时提高钻具至最高位置,扩孔工作时扩孔钻头应往下放一些^[2]。

5.5 LM系列反井钻机使用中的安全注意事项

(1) 钻机现场通风要良好,防止瓦斯聚集,钻机工作点应配有瓦斯检测仪。每班都必须检查瓦斯情况。

(2) 当导孔差3m钻透下水平巷道时,应在下水平巷道预定透点处20m直径范围处设岗设“不得进入警示牌”,不允许任何人进入。

(3) 钻机正在扩孔运转时,不得在下水平清渣,以防人身受伤。下水平清渣工作时,上水平工作点不得扩孔施工。

(4) 钻机作业时,必须安装可靠的安全保护罩。

(5) 扩孔钻进时严禁动力水龙头反转。

(6) 严禁在液压系统渗漏的情况下工作。

(7) 对液压系统渗漏的渗漏物应及时清理,掩埋处理,及时消除事故隐患^[3]。

6 结语

经施工检测,水工隧洞竖井段导孔和扩孔尺寸(含孔径、孔斜率等指标)均能满足要求,这说明采用反井钻机开挖竖井是成功的。LM型系列反井钻机主要有LM-120、LM-200、LM-300和LM-400型四类,适用于不同深度的竖(斜)导井开挖。

反井钻机是钻凿竖导井、斜导井工程的高效设备,已在煤矿、金属矿山、水工隧洞等领域中得到广泛推广。反井钻机导井法施工不需要施工人员至开挖面施工,提高了竖井、斜井施工的安全性,保证了施工人员的安全,具有良好的社会效益;且施工作业人员配置较少,减少竖、斜井的施工难度,加快了施工进度,从而有效地提高了施工综合效益。

参考资料

[1]赵长海等.水工建筑物地下开挖工程施工规范(SL 5176-2007).中国水利水电出版社.2007

[2]刘志强等.煤矿用反井钻机通用技术条件(MT/T 213-2011).煤炭工业出版社.2011

[3]江苏省常州市剑飞机械制造有限公司.LM-200反井钻机使用说明书.2018