

浅埋隧洞穿越居民区干冰聚能破岩施工技术

李闯

中国水利水电第十一工程局有限公司

DOI:10.12238/hwr.v8i4.5334

[摘要] 干冰聚能破岩技术作为新技术,在露天情况应用较为成熟,但在隧道等有限空间应用较少。为实现干冰聚能破岩技术在隧洞开挖工程中应用,需进行施工工艺和开挖效率研究,明确可靠的封孔方法、布孔参数及器材选型等问题。因此,文章结合具体工程实例探讨了浅埋隧洞穿越居民区干冰聚能破岩施工技术的应用,以供参考。

[关键词] 浅埋隧洞; 穿越居民区; 干冰聚能破岩技术

中图分类号: TV543+.3 **文献标识码:** A

Research on the application of dry ice energy-gathering rock breaking construction technology for shallow buried tunnel crossing residential area

Chuang Li

China Water Resources and Hydropower 11th Engineering Bureau Co., LTD

[Abstract] As a new technology, dry ice shaped energy rock breaking technology is more mature in the open air, but less in the limited space such as tunnels. It is necessary to study the construction technology and excavation efficiency. According to different geological conditions and tunnel section, the reliable sealing and control method, hole layout parameters, equipment selection and applicable rock strength, economy and other issues are defined. In order to realize the application of dry ice shaped energy rock breaking technology in tunnel excavation, it is necessary to study the construction technology and excavation efficiency, clarify the reliable sealing method, layout parameters and equipment selection. Therefore, the paper discusses the application of dry ice energy agglomeration rock breaking construction technology for shallow buried tunnel passing through residential areas with concrete engineering examples for reference.

[Key words] shallow buried tunnel; Traversing residential areas; Dry ice coalescing rock breaking technology

引言

干冰聚能破岩始于二十世纪50年代,上世纪80年代在美国开始发展,主要是为避免因炸药爆破产生火焰引起矿井瓦斯爆炸而研发的。目前,国内干冰聚能破岩器材厂商逐步涌现,但当前成熟度不足,仍处在不断成长和发展阶段。干冰聚能破岩技术目前主要适用于露天边坡、基坑工程,主要解决炸药限制使用、临近重要构筑物等场合的岩体开挖工程^[1]。在露天边坡和基坑使用中,其效率与经济上明显高于机械开挖(镐头机、悬臂掘进机),但只能作为炸药爆破外的补充方式。针对五岳抽水蓄能电站尾水主洞穿越居民区地表环境复杂,悬臂掘进机施工功效低、成本高的特点,研究出一套适用于敏感地面环境开挖的干冰聚能破岩技术,不仅可保证地表环境的安全,而且施工进度快、经济性好,对以后类似工程施工提供借鉴。

1 干冰聚能破岩工艺原理

干冰聚能预裂破岩技术原理是利用固态CO₂(干冰粉)作为

破岩介质,定量装入干冰致裂管中,将装有干冰的干冰致裂管安放到钻孔中,并利用特制封孔材料对钻孔上部封堵,防止干冰致裂管激发时冲出钻孔。通过加热装置将干冰粉融化液态,最后通过激发装置使聚能剂与CO₂快速反应释放大量热量引起液态CO₂瞬时气化,产生高压冲破干冰致裂管对岩体进行压裂^[2],最后达到破岩效果。

2 干冰聚能破岩技术创新点

(1) 采用的固态CO₂(干冰粉)作为破岩介质。干冰聚能破岩设计参数:将直径3mm粒径固态干冰装入1.2m长干冰致裂管,致裂管与封孔材料之间应设置60—80cm的细砂缓冲段,最后采用速凝高强无收缩材料或锚固剂实现致裂孔有效封堵。

(2) 爆破布孔设计:干冰聚能破岩前先对掌子面进行机械掏槽,掏槽为门拱形,形成临空面,干冰聚能破岩致裂孔直径为110mm,孔深3.5m,按3圈+2排布置。

(3) 干冰聚能破岩不使用危化品和炸药制品,运输、储存和

使用不需要审批。爆破过程中振动小,扬尘比例低,对周围环境影响小。

(4)将常用于明挖爆破的干冰聚能破岩技术引入洞挖施工中,较常规炸药爆破具有爆破振动小,CO₂相对安全稳定等特点。

3 干冰聚能破岩施工技术要点分析

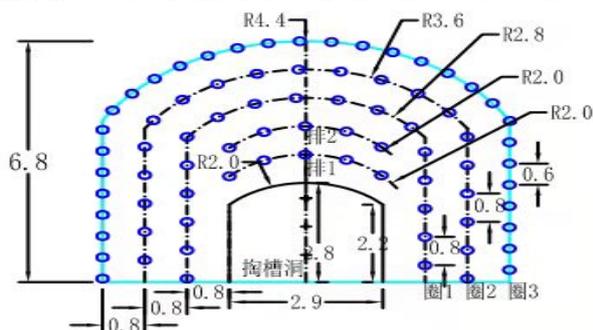
3.1 工程概况

五岳抽水蓄能电站装机容量为1000MW,安装4台单机容量为250MW的水泵水轮发电电动机组。工程位于河南省光山县,主要由上水库、下水库、输水系统、地下厂房及地面开关站等组成。其中尾水隧洞下穿居民区,最小距离仅40m左右,周边环境复杂,有居民、小学、油库分布,钻爆法开挖风险高。原施工方案①尾水主洞(W①0+130~W①1+226.424段)和②尾水主洞(W②0+150W②1+244.502)计划采用悬臂式掘进机进行开挖。虽然尾水洞围岩以III、IV类围岩为主,但岩性为花岗岩,CAI磨蚀值高,悬臂式掘进机适用性差,采用悬臂式掘进机施工方法不仅经济性差,而且工效低,工期保障度低。因此尾水隧洞急需一种安全、高效、经济隧洞开挖方式。通过干冰聚能破岩技术在隧洞开挖工程中的应用研究,证明该技术作为一种高安全性、振动和飞石可控的新型岩体开挖技术,对尾水隧洞开挖具备可行性,适用于尾水隧洞穿越居民区开挖施工。

3.2 钻孔设计

为提高CO₂干冰致裂破岩效率,采用布密集孔、控制单孔药量和单段CO₂干冰用量等方式进行干冰致裂破岩。根据现场的工程地质条件及以往的施工经验,进行合理地设计炮孔布置参数。

项目选取临近尾水隧洞的5#施工支洞进行实验测试,验证干冰聚能破岩孔布置参数合理性。5#施工支洞地质条件与尾水隧洞一致,测试孔为水平孔,孔径为110mm,孔深3.5m,偏角0°,周边孔钻孔间距0.6m,主爆孔间距0.8m,布孔图详见图1。



- 1、掏槽洞为门拱形,尺寸:宽2.9m,高2.8m,腰高2.2m,深度3.5m;
- 2、致裂孔共78个,按3圈+2排分布布置;
- 3、排1、排2、圈1、圈2中致裂孔孔间距均为0.8m、排间距为0.8;
- 4、圈3中致裂孔孔间距均为0.8m,与圈2的排间距为0.8m;
- 5、致裂孔直径为110mm、孔深3.5m。

图1 干冰聚能破岩试验段布孔图

3.3 钻孔

炮孔设计完成后,测量放点,采用红漆标注孔位。根据设计

的炮眼大小选择相应直径的钻头及相关设备。本工程干冰聚能破岩炮孔采用BOOMER-XL3D三臂钻钻孔,钻头采用T45/R115。

(1)三臂钻进入工作面后进行机身水平调整和钻杆角度调整。正式打孔前,施工人员用坡度尺测量复核钻杆角度,并形成记录。

(2)开钻时,钻机开孔孔位与设计孔位误差不超过一个钻头直径。钻进过程中,每钻进2m复核一次角度,及时进行调整^[3]。由于地质原因不易钻进、卡钻或不易成孔时,及时通知施工技术人员,提出处理措施,并形成记录。

(3)钻孔结束后,采用高压风水冲洗钻孔,直至岩屑石粉清出孔外,然后采用高压风吹扫钻孔,确保孔底不能留水。清空结束后,及时采用编织袋封堵保护钻孔。

3.4 干冰致裂管埋填安装

检查致裂管状态,填孔半小时前开始干冰装填。为保证致裂管内干冰堆密度,提高起爆压力,宜选用3mm粒径干冰粉。干冰致裂材料进入现场,开始装药前对整个二氧化碳干冰致裂试验施工现场进行警戒,同时在进出炮区道路设置路障,严禁闲杂车辆、人员进入。



图2 干冰致裂管填装完成



图3 干冰致裂管孔内安装

填装人员在施工技术人员指导下,根据试验方案进行装药、起爆网络连接。将致裂管下放至孔底,管线漏出孔口,保证完整。

干冰聚能破岩钻孔深3.5m,由内向外依次为干冰致裂管(1.2m)、细砂包(0.7~0.8m)、封孔材料段(1.5~1.6m)。

3.5封孔

致裂孔封孔要求封孔材料有效封堵长度不低于1m,致裂管与封孔材料之间应设置60—80cm的细砂缓冲段。细砂缓冲段可采用1m长筒状塑料袋装入细砂或碎石(粒径小于1cm)直接塞入孔中^[4]。经现场试验测试,专业封孔材料等强时间较长,可采用速凝高强无收缩材料或锚固剂均可实现致裂孔有效封堵,锚固剂操作更简单方便。致裂管下放至孔底后,将碎石包裹入孔内紧抵制裂器,锚固剂提前5min浸入水中,取出后直接塞入钻孔,用木棒捣实。

3.6通电加热

封孔完成后开始连接线路,将加热线和激发线路连接好并引出50m以外范围(人员作业点应有安全遮挡)。爆破作业范围内设警戒线,安排警戒人员,禁止人员靠近。安全警戒作业完毕后,即可启动加热装置并计时,根据技术人员要求控制加热时间^[5]。

3.7激发爆破

现场确认安全后由技术人员激发,激发5min后,技术人员先检查,其他人再入场。为验证干冰聚能破岩效果,试验人员采用监测仪器收集了以下数据:距离爆破点50m处噪声,距离爆破点分别10m、30m、50m处,布设振动测试仪进行质点振动速度检测。

3.8爆破效果

爆破后平均进尺约1.5m,无抛掷现象,但破裂后存在较大块体,石渣集中在距离爆破点10m范围内,各项监测指标情况如下:

(1)质点振动速度。通过质点振动速度检测仪记录10米处最大地面振动速度为0.7cm/s,其他测点均未触发,属于微振动,具体如表1所示。

表1 质点振动速度测试结果

测点		1#测点	2#测点	3#测点
项目				
1	测点与爆破点水平距 m	10	30	65
2	测点与爆破点高差 m	0.5	0.5	0.5
3	最大爆破振速 cm/s(x、y、z)	0.72/0.30/0.02	未触发	未触发
4	爆破振动主频 Hz	666.7/1000/1000	/	/

(2)噪声检测。距爆破点50m处噪声为57db,噪声不持续,对地面环境基本无影响。

(3)飞石检测。爆破时,距离爆点约10米检测仪器无任何伤害,距离爆点约30米照明所用LED探照灯未破损,最大飞石距离17.6m。

(4)有害气体。爆后约5分钟,技术人员到现场进行效果检查,未嗅到异味且无不快感,证无有毒有害气体产生。

4 施工中的质量和安全控制措施

4.1施工中的质量控制措施

(1)施工前对所有参与CO₂爆破施工人员进行技术培训,培训合格方可上岗作业。

(2)对原材料进行严格审查,包括干冰直径、致裂管、锚固剂等。

(3)受致裂管直径影响,钻孔成孔质量要求较高,要保证钻孔平直,钻孔前测量复核钻孔角度,每钻进2m测量复核一次,并严格按照爆破参数进行布孔。

(4)要求封孔材料有效封堵长度不低于1m,致裂管与封孔材料之间设置60~80cm细砂缓冲段。

(5)安排专业爆破人员进行致裂管联网,并负责加热时间控制和起爆。

4.2施工中的安全管理措施

(1)干冰温度极低,具有冻伤风险,干冰储运、使用时应戴手套操作。在通风不良空间具有窒息风险,需做好通风工作,不得在烈日下长时间曝晒。

(2)致裂管具有早爆、冲孔风险,应水平放置,竖直、斜靠等都可能发生倾倒事故,任何压迫、跌落和翻倒等都可能对致裂管造成致命的损伤,致裂管安装后禁止直面钻孔,人员应撤离至安全区域。

(3)指定专人核对装管数量、检查网路、敷设起爆主线。爆破安全距离应不低于50米,起爆主线方向应与凌空面方向一致。

(4)在起爆前15分钟必须进行安全警戒,距离不得小于200m,并吹警报信号,通知所有的机械、人员撤到安全地点。

(5)起爆器由专人负责。进行爆破前,要先对起爆器进行试验,检查起爆器性能完好后方可进行使用。爆破后确认管数响完,并由作业人员检查结束后,方可发出解除警戒信号,撤除警戒人员。如不能确认管数响完,须待最后一管响过10分钟进行检查,确认安全,方可解除警戒。如发生瞎管要设立防护标志,禁止在其附近作业,做到未经处理不得拆除防护标志。

(6)在确定的爆破危险区边界设置明显的标志,建立警戒线、警戒信号,在危险区入口或附近道路设置标志并派专人看守,防止人员受到危害。

(7)现场施工专职安全员应深入施工现场进行安全检查与监督,认真、详尽、真实填写安全、环保与文明施工检查与记录。

5 结论

本工程通过干冰聚能破岩技术的实际操纵,对干冰聚能破岩基本原理、参数设计、施工工艺流程和方法进行讨论和研究,分析总结得出以下结论:

(1)干冰聚能破岩施工中产生的振动、噪音、飞散物、粉尘等公害能够得到最大限度的降低,且容易控制;不需要进行专门的覆盖防护,不需要采取特殊的控制措施,不需要很大的破岩警戒距离,适合周边环境复杂的居民区爆破。

(2)岩石分裂破碎过程在毫秒级时间完成,且不产生有毒有害气体,在地下洞室开挖中,碎岩后可立即进行后续检查和装运作业,省去炸药爆破后通风散烟时间,循环作业效率较高,工期效益优越。

(3)干冰聚能致裂破岩技术对钻孔质量要求较高,需保证钻孔平直,三臂钻由于潜钻杆易摆臂,钻孔平直度不够。潜孔钻成孔质量较好,可满足需要。

(4)钻孔封堵采用专业封孔材料需要等强,时间过长。采用锚固剂也可有效封堵,且操作简单方便。

(5)干冰聚能破岩技术适应岩石抗压强度为70MPa以下,节理发育岩体为宜。隧洞内爆破开挖技术要求高,需合理设计炮孔参数。爆破面轮廓线和根底难以精确控制,需要二次修整。

(6)尾水隧洞关键敏感区段,炸药爆破无法采用处可采用干冰聚能破岩技术为主要手段。

[参考文献]

[1]毕铁.新景矿80124综采工作面CO₂预裂爆破技术探析[J].煤矿现代化,2019,(8):160-161,165.

[2]庞栋巍.CO₂致裂管强制放顶技术在阳煤一矿的应用[J].江西煤炭科技,2018,(3):180-182.

[3]马艳卫,张德忠.二氧化碳致裂技术在地铁基坑开挖中的应用.山西建筑,2019,45(18):126-127.

[4]吴应明(中铁二十局集团有限公司).城市环境下二氧化碳破岩施工技术[P].四川建筑,2020,08:250-252.

[5]张福宝.硬岩隧道液态二氧化碳致裂爆破施工技术探讨[J].公路交通科技:应用技术版,2019,15(8):201-204.