

大型地下洞室地质缺陷诊断技术

白军平¹，于青坤²，郝利军¹，李联书²，纳小平¹，冯俊淮¹

(1. 中国水利水电第五工程局有限公司,四川 成都 610011;2. 四川华能泸定水电有限公司,四川 泸定 626100)

摘要:大型地下洞室的地质情况问题很多,对开挖影响很大,结合在建硬梁包水电站大断面、蚀变岩、大挖空率组成的复杂地质条件下的大型地下洞室的实际情况,运用岩石点荷载试验、声波测试、地质素描、钻机钻进速度、超前地质雷达、钻孔成像和爆破测振仪等多种技术,对开挖中存在的缺陷进行验证及地质缺陷诊断,即推测地下厂房开挖岩墙地质条件复杂、断层影响带、普遍存在绿帘石化面蚀变现象、岩石裂隙发育且岩体破碎杂乱、岩石强度不均匀且软硬差异大等不利地质条件。结果表明:依据上述各种缺陷诊断技术得出的预报效果较准确,其可以为工程施工提供有效的支持。

关键词:大型;地下洞室;地质缺陷;诊断技术

中图分类号:F407.1

文献标识码:B

文章编号:1001-2184(2023)01-0129-04

Geological Defect Diagnosis Technology of Large Underground Cavern

BAI Junping¹, YU Qingkun², HAO Lijun¹, LI Lianshu², NA Xiaoping¹, FENG Junhuai¹

(1. Sinohydro Bureau 7 Co., Ltd., Chengdu Sichuan 610011;

2. Sichuan Huaneng Luding Hydropower Co., Ltd., Luding Sichuan 626100)

Abstract: There are many geological problems of large underground caverns. They have a great impact on the excavation. Combined with the actual situation of large underground caverns under the complex geological conditions in Yingliangbao Hydropower Project, such as large section, altered rock and large excavation rate, various technologies such as rock point load test, acoustic wave test, geological sketch, drilling speed, advanced geological radar, borehole imaging and blasting vibration meter are used to verify and diagnose the defects existing in the excavation. It is speculated that the geological conditions of the excavated rock wall of the underground powerhouse are complex, the fault influence zone, the alteration of epidote surface is common, the rock crack is developed and the rock mass is broken and disordered, the rock strength is uneven and the difference between soft and hard is large, and other adverse geological conditions. These results show that the prediction effect based on the above defect diagnosis technology is accurate, and it can provide effective support for engineering construction.

Key words: Large; Underground cavern; Geological defects; Diagnostic technology

0 引言

硬梁包水电站地下厂房地质条件十分复杂,硬梁包水电站地下厂房围岩受地质构造和蚀变岩影响,岩体呈现“硬、碎、杂”的特点,不仅在厂房纵向,即便在厂房横向范围内,上游为灰黑色闪长岩,下游可能变为灰白色花岗岩,节理产状也可能由陡倾变为缓倾,地质情况“十米不同性,五米不一样”,Ⅱ层开挖过程中揭示岩石强度十分不均匀,岩石强度 19.8~126.7 MPa,软硬差异大;裂隙很发育,多存在不利组合,构造作用明显,揭示断层影响带、节理密集带、破碎带、分布广泛的成

组缓倾角张开裂隙,岩体破碎;岩性有灰黑色的闪长岩、灰白色的花岗岩、绿色的蚀变岩,岩性杂乱、裂隙杂乱无章。

为了诊断其地质缺陷,尤其在开挖过程中存在的问题,通过各种手段对开挖过程中地质进行测试,如运用岩石点荷载试验、声波测试、地质素描、钻机钻进速度、超前地质雷达、钻孔成像和爆破测振仪等多种技术手段等,通过分析测试结果后进行研判,对开挖过程中可能存在的问题进行判断,根据结合两方面的情况总结出现场典型破坏特征,既地质缺陷诊断结果和现场实际情况^[1-2]。

1 大型地下洞室地质缺陷诊断技术现状

收稿日期:2022-07-22

在国内外,对大型地下洞室地质缺陷进行诊断时,相关技术和方法以两大类为主,分为地质和地球物理两类,其中地球物理类利用各种技术,如利用电磁波和地震反射波技术分别由地质雷达法、瞬变电磁法、TSP 和 TRT 地震反射波法,相关技术有 BEAM 技术、其他方法为陆地声纳、负视速度和瑞雷面波法等。在国内的相关研究里提到的隧道地震反射法超前预报法,该方法是利用两种曲线的交点,然后推测出反射界面的范围,两种曲线分别为反射波和直达波走时曲线,可以降低信噪比产生的干扰,如面波和隧道驻波产生的干扰。

目前,洞室地质缺陷诊断技术在理论和应用两方面进展较大,尤其是对地下洞室的不良地质体进行模拟,通过这种模拟建立了解释准则,研发了相关的环境仪器,尤其是对特殊地质方面。经过一系列的实践取得较多经验。笔者通过分析开挖过程中存在的地质问题,利用岩石点荷载试验、声波测试技术、动态地质素描技术、钻机钻探、超前地质雷达和钻孔成像技术等相关技术,验证其推测岩墙裂隙面绿帘石化、长大陡倾角裂隙、不利结构面及通长原生贯穿性裂缝等,影响岩体局部稳定性。

2 大型洞室开挖现场地质缺陷应用技术

2.1 岩石点荷载试验

采用岩石点荷载仪对人工挖掘的表面凹凸不平而且形状不规则自然块样,进行岩石抗压强度检测,且出具相应的岩石抗压强度检测报告对产品检测结果进行评定,检测岩石抗压强度为 27.6 ~127.85 MPa 范围,在排除其他影响试验结果的因素,可以找到一些规律性的东西,岩石强度差异大,岩体受多组裂隙切割及构造挤压作用影响呈破碎状态,影响围岩稳定及结构成型,是爆破试验的重要依据之一。

采用岩石点荷载仪对岩石抗压强度进行检测,检测岩石抗压强度,根据岩石强度,分析岩体受多组裂隙切割及构造挤压作用影响状态,影响围岩稳定及结构成型,是地质缺陷诊断的重要参考依据。

2.2 声波测试技术

洞室在开挖过程中容易形成洞壁岩面的松动,造成洞室围岩发生波速变化。而洞室形成

后,围岩的应力又将重新分布,形成应力下降带、应力上升带和原岩应力带,而且这 3 个区带具有明显的或渐变的波速界面^[3]。

岩体松弛带的测试方法有单孔测试法和跨孔测试法两种。

单孔法是将装有发射与接受换能器的一发双收探头放入充满耦合介质的测试孔中,由声波仪给发射换能器指令发射出超声波,超声波通过耦合介质传入岩体中,在岩体传播一段距离后,再通过耦合介质传入接收换能器,由两个接收换能器之间的接收时间差,以及接收换能器之间的距离,就可得到岩体的超声波速度。

跨孔法是利用一对平行的钻孔,一孔发射,另一孔接收,同步移动发射、接收换能器进行测量。根据两换能器之间的距离及声波走时计算出测试岩体的声波速度和分析岩体声波速度的变化情况,即可判断松弛带的发育情况,该工程在开挖爆破前利用声波技术,进行声波测速分析对其地质节理裂隙发育情况进行测试,测试得出地质松弛深度及传播的波速。

爆破前进行声波测速并进行测试结果分析,单孔声波数据反映岩体声波 V_p 波速范围和波速值大小^[4],以此来分析岩体完整性和岩石节理裂隙发育程度。

沿深度方向的低波速和波幅明显降低的区段,说明该段地质节理裂隙比较发育,岩石节理裂隙发育程度较高,如不同部位的波速突变,岩石强度不均、裂隙不利组合发育,岩体完整性差等波速测试裂隙不均匀性,以此来分析推测该段围岩体征的变化程度,岩体裂隙块状结构情况等地质缺陷的超前诊断。

2.3 地质素描技术

在该工程中,利用素描较多地运用灵活多变的线条即艺术绘画的手法,达到形象表现物景的效果,施工进行过程中地质素描技术应用较多^[5],安排专业的地质工程师对每一循环进尺进行地质观测,测绘施工中揭示的各种地质现象,并进行地质素描图的绘制。

根据现场绘制的地质素描图进行围岩类别判定、裂隙方向、评价洞室稳定性分析诊断,并且对该段围岩的工程地质、水文地质特征预报结果进行验证,及时提出对不良工程地质问题

的处理意见和建议,消除地质隐患,优化施工工艺和爆破参数。

2.4 钻机钻探

使用超前地质钻杆在洞室开挖掌子面的若干个部位进行钻探,依据钻杆内岩石地质结构、构造及水文地质判定前方围岩的性质。一般取洞室掌子面的三个点,中上部、左侧、右侧,将钻探出的围岩综合对比分析后记录其围岩状况,超前钻杆的长度不等,一般以 15 m 为主,根据下挖区域的预裂和主爆钻孔情况,充分验证钻机钻探分析的岩体强度和裂隙情况等地质预判。

通过钻爆过程中的钻孔钻进,现场监测记录

钻孔的钻进速度与时间,根据钻进速度均匀性诊断该段岩石的完整性,钻进突进现象时诊断该钻孔深度处裂隙或断层情况,岩粉多少和差异性诊断岩石的强度大小差异,钻进速度的快慢性诊断岩石有没明显差异和变化。

2.5 超前地质雷达

采用 SIR4000 型地质雷达探测距离根据电磁速度和反射走时间,经地质雷达翻译检测断面前方一定范围内,雷达呈低能无明显反射界面,或雷达波出现较强的反射且有频率降低,推测该段围岩体征的变化程度,岩体裂隙块状结构情况等超前地质检测预报,地质雷达分析见图 1。

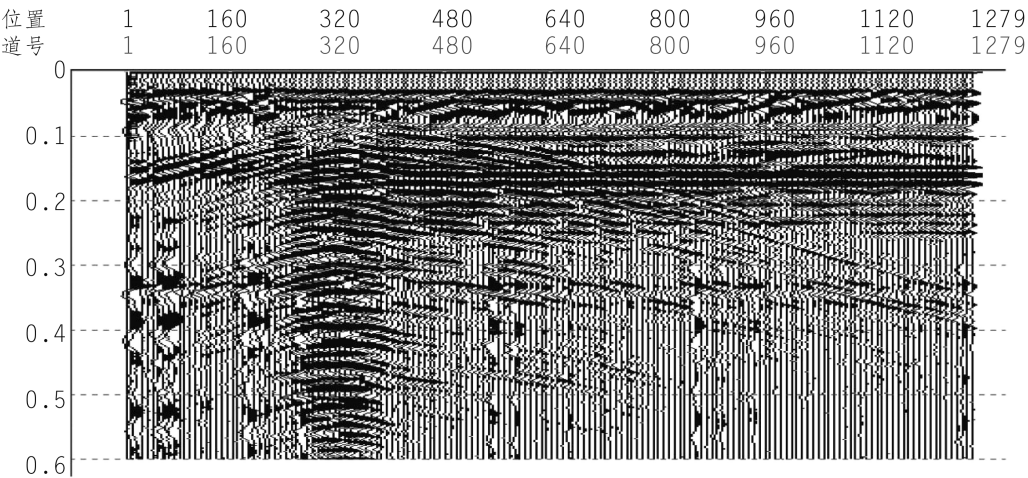


图 1 地质雷达分析图(横坐标单位:km/s,纵坐标单位:m)

采用地质雷达探测电磁速度和反射时间,经地质雷达翻译检测断面前方一定范围内,雷达呈低能无明显反射界面,或雷达波出现较强的反射且有频率降低,诊断该段围岩体征的变化程度,岩体裂隙块状结构情况等超前地质检测预报。

经过现场验证,地质雷达超前预报连续预报时前后两次重叠的长度,块状~次块状,花岗岩为主地段预报距离宜在 30 m 以内,在局部镶嵌~次块状,少量块状围岩地段的有效探测长度则应根据雷达波形判定,连续预报时前后两次重叠长度应在 5 m 以上。

2.6 孔内成像技术

在该项目中对地下洞室群进行施工时,使用孔内成像技术进行超前地质预报效果明显。为了查明岩墙贯穿地质情况,结合工程实际充分利用设在厂房与主变室两者间隔墙的锚索造孔,根据孔内成像结果得出,孔内部分深度范围内孔壁见

裂隙及裂隙较发育,利用素描和孔内成像技术,对洞室岩墙进行地质结构进行分析,可明确岩墙发育贯穿性张裂缝的推测^[6]。

孔内成像技术能够完成孔内摄像以及图片实时展开的功能、清晰的反应孔内的图像、自动接受和保存的功能,集成高效图像处理算法,自动角度和深度校正,自动提取剖面图,全景视频图像和平面展开图像实时呈现,图像清晰逼真且有全程摄影录像功能;仪器轻便小巧,防潮防尘,适用观测各种产状的钻孔;对裂缝的观辩率高达 0.1 mm;现场操作简单,工作效率高,观测提升速度最高达 0.25 m/s;浏览方便,图像可以随时浏览任意方位、任意比例、任意孔段的圆柱图和平面展开图,也可编辑查看整个或部分岩心图。

通过孔内成像技术成果诊断岩体裂隙情况,以此来分析岩体完整性、裂隙分部及蚀变强弱情况。

3 上述诊断技术综合运用

上述诊断技术在地下厂房Ⅰ层顶拱综合运用并且验证分析,通过岩石点荷载试验、声波测试、地质素描、钻机钻进速度、超前地质雷达、钻孔成像和爆破测振仪等多种诊断技术手段,直接观察孔壁岩石的裂缝或空洞,岩层的破碎情况等,掌握洞室开挖面前方的地质结构、性质、状态,以及地下水等的赋存情况、地应力情况等地质信息,岩性以灰黑色闪长岩为主,部分为灰白色花岗岩,岩石微新坚硬,揭示构造主要裂隙有5组,裂隙面多为硬接触,岩体以A类~B类蚀变为主,部分裂隙面有绿帘石化,岩体总体以次块状为主,局部镶嵌~次块状,少量块状,围岩类别为Ⅲ₁类。

根据单孔声波波速值的大小诊断岩石节理裂隙发育程度,通过孔内电视成果诊断岩体完整性、裂隙分部及蚀变强弱情况,对岩石抗压强度进行分析诊断岩体受多组裂隙切割及构造挤压作用影响状态,地质雷达探测电磁速度和反射走时间诊断该段围岩体征的变化程度。

综合运用上述诊断技术对围岩的工程地质、水文地质特征进行推测诊断,并且进行预报结果的验证,根据水文、组合裂隙、断层、破碎体或空洞尺寸的大小等地质缺陷情况,综合运用分析现场的实际地质情况,选择合理的施工程序、爆破参数和装药结构^[7],为进一步的施工提出针对性的工程施工方案建议。

4 结 语

通过上述诊断技术手段在地下厂房Ⅰ层顶拱部位的实践应用,诊断和分析地质缺陷,掌握了不同的地质条件,从而针对爆破区的水文地质及环境条件,采用了不同的分层高度、合理的施工程序、优化爆破参数和根据诊断的地质缺陷结果进行个性化装药结构等有针对性的安排组织施工,能够有针对性解决地下洞室群开挖施工的技术问题,避免了可预见性的地质缺陷工程问题,保证了洞室岩壁开挖成型。

上述诊断技术手段的诊断结果分析应充分考虑地质条件对爆破作用的影响,在进行大型地下洞室施工时,应查明工程地质情况,利用岩体结构的有利因素,避开不利因素,对部分地质缺陷采用有针对性的及时支护、加强支护等手段,对围岩长大裂隙、断层、破碎结构等影响到洞室围岩的稳定问题,应用效果明显。

参考文献:

[1] 王鹏,楚文杰,陈磊,等.大型地下洞室岩梁开挖主要工程地质问题及处理措施讨论[J].岩土工程学报,2019,41(11):2165-2172.
[2] 开春,黄笔,肖广,等.复杂地质情况下加快隧洞混凝土施工技术探讨[J].施工技术,2019,48(S1):821-823.
[3] 刘凯丽.基于系统动力学的地下洞室施工成本控制研究[D].三峡大学,2019.
[4] 张超.复杂地质条件下地下洞室综合超前地质预报方法研究[D].湖南科技大学,2019.
[5] 杨玉银,段建军.汾河水库泄洪隧洞F3断层塌方分析及处理[J].四川水利发电,2000(2):25-28.
[6] 章朝峰.水电站地下洞室数值模型及围岩稳定性评价方法分析[J].科技风,2018(32):189.
[7] 魏旭博.杨房沟水电站地下洞室群围岩稳定性研究[D].成都理工大学,2018.

作者简介:

白军平(1985-),男,甘肃岷县人,中国水利水电第五工程局有限公司,工程师,一级建造师,注册监理工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工作;
于青坤(1981-),男,辽宁大连人,四川华能泸定水电有限公司,高级工程师,注册安全工程师,硕士,从事电站安全管理工作;
郝利军(1982-),男,山西浑源人,中国水利水电第五工程局有限公司,高级工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工作;
李联书(1975-),男,四川仁寿人,四川华能泸定水电有限公司,高级工程师,学士,一级建造师,从事水利水电工程建设质量管理工作;
纳小平(1993-),男,宁夏银川人,中国水利水电第五工程局有限公司,助理工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工作;
冯俊淮(1990-),男,四川岳池人,中国水利水电第五工程局有限公司,工程师,学士,从事水利水电工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:吴永红)

国际能源署:未来三年全球电力需求将加速增长

国际能源署8日发布的《2023年电力市场报告》说,2023年至2025年全球电力需求增长将加速至年均3%,增长主要来自亚洲地区。可再生能源将主导全球电力供应增长,与核能一起满足绝大部分电力需求增量。报告预计,未来三年全球电力需求增长将加速至年均3%,其中70%以上需求增长将来自部分亚洲地区。国际能源署预计,2025年可再生能源在全球发电组合中比例将从2022年的29%升至35%,燃煤和燃气发电的比例将下降。未来几年,全球发电碳排放强度将继续下降。

(来源:新华网 2023-02-13)