

物探方法在石质文物保护中的应用探索

王程

济南市文物保护利用中心 山东 济南 250011

[摘要]物探方法能够有效探测出石质文物中存在的病害，是一种常见的与保护相关的技术。本文分析了石质文物保护的意义，结合实际总结了当前无损、微损物探方法在石质文物保护中的应用。

[关键词]物探方法；石质文物；文物病害

[DOI] 10.12252/j.issn.2096-6288.2021.09.190

我国幅员辽阔，古迹众多，其中包含许多石质文物，这些文物积年累月暴露在干燥、潮湿等多种复杂环境中，产生了许多病害，需要得到全面的保护。相关技术人员在使用物探方法的过程中，要深入了解相关理论，做好实际勘测工作，提升物探质量，推动石质文物保护的开展。

一、石质文物保护的意义

“石质文物”是一种由自然岩石制成的具有历史价值的文物，包括石窟形式的寺庙，摩崖位置的石像和不同类型的石刻，在岩壁上的画，石质的塔、桥等建筑和石质墓碑等类型；现存的石质文物最早可以追溯到史前时期，因其材质的耐用性和对周围环境的变化不敏感等原因，在这些石头的基础上，它保留了许多历史信息。石质文物是历史文化遗产的载体，同时也是历史、古人各类经验、艺术资料的载体，它的表面往往刻有各种题材的文字作品和艺术形象，因此，是我国重要的物质文化遗产。

二、当前无损、微损物探方法在石质文物保护中应用情况

目前已有多种物探技术应用于石质文物的风险探测，如地震波、高密度电法等，但由于岩石的性质比较复杂，单靠物理勘探很容易造成许多疑点，难以作出精确的判断。许多科研人员在野外测试时，根据石质文物的特征，提出利用地质雷达进行勘探，找出异常区域，同时，利用高密度电测法进行了细致的勘察，选取具有代表性的区段，利用地震方法综合运用多种方法，相互参照，对比验证，结合分析，从而达到准确、高效、投入较少的风险评估目的。其中，对古墓磁力异常的影响，采用电磁方法对古墓进行检测，同时，利用石室墓与周边土壤的密度差异进行高精度测量，墓室雷达波在地表的反射效应，利用探地雷达开展古墓形位的检测。此外，还可以采用高密度电阻率法等方法对古墓进行准确的测量；使用电阻率包围方式的测深法被广泛应用；一些科研人员在声波测定法测定过程中，同时利用喷防风剂对石雕表面的强化作用。

三、石质文物病害及测试方法

（一）石质文物病害类型

根据国际标准对石质损伤的定义和描述，石质文物的疾病环境分为颜色变质等二十余种；有学者认为根据不同的病害情况，可以将其划分为三种类型：结构稳定，受到液体侵蚀和风化。稳定性问题包含岩体结构失衡、局部存在危岩体等情况；风化问题存在于岩体表面，在文物表面的毫米至厘米级之间，导致文物外观变得无法辨认；渗透性问题是指出附近水域、空

气中凝结水引起的一系列现象；而根据其宏观的病害特征，可以将其分为：石质表面出现风化，受到低pH值雨水侵蚀，受到环境中生物破坏，周边存在污染物，表面出现空鼓且脱落，地质环境变化导致开裂等情况；石质文物还可能受到环境温度变化，表面物质发生化学反应等情况。

（二）石质文物病害检测方法

从化学上来说，它的一些矿物质是可以溶于水中的，发生溶解反应，但是近些年的环境中，酸性污染的存在加速了它的溶解，云网石窟某洞窟中的酸雨溶蚀作用，另外该情况在某些花岗岩类型文物中也出现过；此外，岩石中的某些矿物在与水分接触时会发生吸水作用，反应后形成新的矿物，由于岩体内部的巨大膨胀而导致岩石崩塌、分层剥离。例如，天龙石窟中具有丰富的吸水性矿物，因此洞前阶地由于崩塌、风化等原因，形成了大量的松散堆积，而另一部分则发生水解反应，产生弱酸性弱碱性的佛龕表面等，例如北窟佛龕，多数佛像等已无法辨认。

从温度方面来看，岩石文物的导热系数低，表面的温度变化比内层更敏感，使得内外膨胀不协调，造成裂缝常见的裂缝病害有：分别风化、层间脱离、裂缝等；在零下低温环境中，固液发生转变，体积增加，从而形成较大的内压，从而使裂缝孔壁受到直接的挤压，主要有液体侵蚀，表面风化导致的脱落、断裂现象，主体部分出现开裂、缺失、变形等，而可溶性盐在溶化-再结晶-再溶过程中，由于挤压作用，岩石破裂、脱落、粉化，主要是盐性出现粉化、酥粉等。

从风蚀作用的角度来看，风蚀作用是直接对室外文物产生的侵蚀力；而掏蚀的效果，则是风沙对石头的周围出现坑洞、裂缝造成的破坏。从生物力学的观点来看，钻孔隙植物的根须在岩缝中生长，从而造成岩体的变形；乔灌丛的根对岩石造成了很强的破坏，并导致裂缝的扩展。

四、石质文物无损、微损物探应用

（一）地质雷达

从大气中传入土壤中的电磁波会产生强烈的反射（与地面相对应，因为电磁波在空中的传播速度很快，此时的地面就是一个负的相位）；同理，在窟区岩石构造等条件良好的情况下，有利于采集工作的连续性。一些文物表面在探测过程中反应不明显，界面十分清晰；若窟区岩体较为密实，没有孔洞等病害，则信号显示为连续的同相轴局部间断，且可能出现局部性的雷达波形，但是，异常的规模通常很小，没有明显的双曲

型;若窟区地层不致密,存在较多空洞和大型裂隙等情况,则以正常同相轴以局部间断为主,连续性较差。当雷达波形发生不规则或沿空洞延伸方向存在强正相轴的同相轴时,其情况和相位会发生显著的改变,多数会呈现出双曲线,且形状较为典型。因此,根据雷达剖面的相位、振幅等变化,可以判断出地层中有无孔隙、地下是否存在断层、土质是否松软等。

(二) 高密度电阻率法

该方法与常规电阻法的基本原理是一样的,区别在于在观测时设置了高密度的测点,现场测量时,需要用不同的电极布置来满足不同的剖面 and 深度需求;随电源电极间距离增大而提高,随着绝缘系数 n 的逐渐增大,两电极间距也逐渐增大,对深层介质的反射能力也逐渐增强;因此,该方法是当前测量准确度高的一种方法,与常规电法比较,具有测量效率高、测试位置较近、反馈信息丰富、得到资料误差低等优点。

五、物探方法在石质文物保护中的应用分析

(一) 案例介绍

案例石窟区的自然环境和人为影响的持续作用,使洞窟、文物所依存的地质、环境承载物发生了改变。白至砂岩层理及软弱夹层增加,泥质凝结,岩土松散,卸荷裂隙发育,一千四百多年的风化剥蚀、自重卸荷、地表和地下水侵染,使石窟完整程度受到了极大的威胁,在2002年、2003年和2008年,曾出现过三次大型崩塌。2003年,中铁西北工程局为防止大面积塌方冒顶,进行了应急加固,在石窟区地质环境变化的影响下,该工程采用堵排结合的方法处理裂隙水和地下水。石窟中仍然有许多地质灾害,如岩石松弛卸荷破坏等,这对北窟佛像的安全和整体的保存构成了巨大的威胁。

(二) 高密度电阻率检测

1. 装置布置

收集装置采用某高密度电仪,将电极置于预定的线路和测量点上,然后,通过多芯电缆将其与将这些电极结合为规定的电极配置和电极间距的电极变换设备。在此基础上,利用自动电测仪实现了多个不同的电极设备和多个电极间距在不同的观测断面上的电测率观测。

在试验场中,四级装置可供使用,此次勘探装置包括温纳装置、偶极装置等。其中,温纳法能得到最大的测量电势,降低电源电压,抑制干扰,提高有效信号,该区的砂岩变化、裂隙生长,在含水、淤泥条件下,电阻率下降,但裂隙密集或断裂时,其电性差异出现明显变化。

2. 结论

第一测线测得了4个大面积的低阻异常,电阻率在1~200欧姆范围内;该区平面的连续度好。据资料分析,该地区裂隙发育,有四个裂隙发育区。第一个低阻区在测线的水平方向上,在24~30米的范围内,在地表的下面,在2~8米的范围内;第二个低电阻区在32~36米的测线水平面,2~6米的地下,第三个区的测试主要是为了分析水的源头是从顶部渗漏到底部的毛细水,或者二者兼有;实测资料显示,该测线测得的地层中存

在4个面积较大的低阻异常,其电阻率在1~70欧姆米范围内;0~4m的岩层存在多个低阻异常,层面弹跳性大,认为早期台阶地面雨水积水是由裂缝向下渗透的,而底部是高阻区,表明洞体内的毛细水升高大于上部,上部渗水的影响更大。第四个测区有较多的渗漏和裂缝。第一个低电阻异常发生在测线1~8m的长度,1~7m的深度位置,推测该地区的裂缝发育区。第二处位于测线16~18m,0~4m深度,这一地区在基岩表面,可能是一个小裂缝的发源地。第三处在测线22~26m,深度0~4m,认为是裂缝发育的地区,0~3m的深度有少量的渗透。与实测线对比发现,石窟北面的渗透强度明显高于南面,但北部上部渗水与地下毛细水的交互作用,使佛像的风化速度加快;而洞体南端的顶部渗水则是其主要的功能。

综合分析,发现地表0~4m范围内有多条裂缝水通道,砂岩顶部有起伏,受到地下水的影响,砂岩与第四系盖层间的裂隙发育,局部土体裂隙向下扩展,使得基底发生裂隙。

结束语

在石质文物物探方法开展中,技术人员要了解实际情况,进而开展装置布置,使用合理的物探方法,减少环境、人为等因素对物探结果的干扰,全面分析文物情况,避免不当操作对文物造成损害,进而保证保护工作顺利开展。

参考文献

- [1]南普恒,田进明,王晓毅,等.隋栖岩道场舍利塔碑的科学分析与保护修复[J].文物保护与考古科学,2021,33(6):83-93.
- [2]黄继忠,曹铖,张悦,等.微波技术在砖石质文物含水率检测中的应用[J].文物保护与考古科学,2021,33(1):8-16.
- [3]江巍.文物环境对文物保护的影响研究[J].卷宗,2021,11(5):361.
- [4]王晓飞,魏小红,朱建锋,等.砂岩石质文物灌浆材料的成分设计及多场景应用研究[J].硅酸盐通报,2021,40(2):513-520.
- [5]马振华.广东石质文物保护困境与对策研究[J].文物鉴定与鉴赏,2021,207(12):72-75.
- [6]乔旭亮.浅谈石质文物保护材料在石窟寺保护中的应用[J].科技与创新,2021(20):148-149,151.
- [7]李万博,胡占勇.石质文物保护工程中汉白玉石材的清洗及保护[J].建筑技术,2021,52(6):734-736.
- [8]王建胜.加固材料在石质文物保护中应用的研究进展[J].百科论坛电子杂志,2021(5):128.
- [9]胡玲玲,张婷,张秉坚,等.石质文物保护工程的组织、设计与施工——以杭州弘一法师舍利塔保护修缮工程为例[J].石材,2021(9):30-36.
- [10]张欣.环境对文物的影响及应对措施[J].炎黄地理,2021(12):74-77.