

技术方法

物化探信息综合调查在章丘市洛庄汉墓中的应用

蔡有兄,薄克庭

(山东省地矿工程勘察院,山东 济南 250014)

摘要:根据洛庄汉墓封土堆土壤汞含量异常值特征,推测主墓室的位置有3处,2处分布在洛庄汉墓封土堆南北中心线偏东部位,另一处分布在封土堆南北向中心线的西部。高精度磁测推测封土堆西部呈东西方向展布的M1(D1)异常为古墓通道,往东呈南北向展布的M2(D2),M3(D3),M4,M5异常为主墓室。土壤汞含量测量与高精度磁测2种方法推测的主墓室位置及范围基本吻合。该次调查为下一步洛庄汉墓主墓室的发掘提供了翔实的地质依据。

关键词:物化探信息;汞量测量;洛庄汉墓;章丘市

中图分类号:K878;P632+.1

文献标识码:B

洛庄汉墓地处章丘市西部,隶属济南市。章丘市自然景观和文化古迹众多,北有白云湖公园,东南有百脉泉风景区,文化古迹有龙山文化、平陵城遗址和近期发掘的洛庄汉墓等。章丘地区早在新石器时代晚期就出现了龙山(城子崖)文化(公元前2800—2300年),平陵城为战国—两汉时期的古城遗址。进入西汉时期经济发展已步入丰盛阶段,从洛庄汉墓发掘出土的文物近3000件,其规模之大、数量之多、保持之完好、珍贵程度系全国汉代出土文物之最^[1]。这些古墓由于多年以来人为的改造和破坏,原先的坟墓已被夷为平地,西汉时期古城——东平陵遗址也被农田覆盖,为及时抢救和保护古文化遗产,须开展以洛庄汉墓为重点的生态地质环境调查。调查在充分收集工作区已有地质、水文地质、环境地质、农业地质以及考古成果资料的基础上,采用物化探和土壤样品分析综合方法,进一步圈定洛庄汉墓主墓室的范围,为今后进行古墓勘察积累经验,为及时抢救和保护古文化遗产提供地质依据^①。

1 洛庄汉墓主墓室土壤汞含量特征

1.1 汞量测量技术

汞量测量是一种新的地球化学探矿方法,它可以用来找寻隐伏的汞及各种硫化物矿床,这包括盲

矿、或被厚层沉积物覆盖的埋藏矿床。在所有的金属中,汞的蒸气压最高,挥发性最强,即使在普通温度下,汞的蒸气压已相当显著。由于汞及其他化合物的高度挥发性,所以它们的扩散、迁移能力极强,它们可以从深部的矿床及邻近围岩中主要以气体状态保留在土壤间隙中,或者被固着在土壤颗粒上,这样就在深部埋藏矿床的上方地表形成汞的异常。

另外汞在土壤中的迁移是各向异性这一特点已被人们所掌握,即在垂直方向上扩散较大而侧向扩散较小。已有不少文献报道,在已知盲矿及埋藏矿床上方发现有清晰的汞异常或者根据地表汞异常找到新的盲矿或埋藏矿床。如《史记》所记载,在各大陵墓中均埋藏有较大量的汞,则汞蒸气必然会由陵墓中向上迁移,并在封土表层形成汞异常。据有关资料,已从秦始皇陵墓中证实和发现了汞异常的存在,并给秦始皇陵墓的发掘提供了可靠性证据^[2]。

根据这样的设想,在济南市考古研究所的具体指导下,2004年10月在洛庄汉墓进行了汞量测量的工作。

1.2 采样与分析

洛庄汉墓的汞含量测量,采用了采集地表土壤样品进行汞含量测量的方法。在洛庄汉墓的主墓室

* 收稿日期:2012-10-25;修订日期:2013-02-18;编辑:陶卫卫

作者简介:蔡有兄(1975—),女,青海湟中人,工程师,主要从事水文地质、工程地质和环境地质工作;E-mail:bocaiyu_2009@sina.com。

①山东省地矿工程勘察院,山东省章丘市洛庄汉墓一带生态地质环境物化探信息综合调查,2005年。

封土堆上南北向布设采样剖面 7 条,东西向布设采样剖面 1 条。在墓室中部南北向的主剖面线以 1 m 为间距采样,两侧剖面线以 3 m 为间距,而东西向的剖面线以 5 m 为间距,样品采集深度在 30~60 cm,目的是通过样品测试圈出封土中的汞异常;另在主墓室的四周及区域进行取样,目的是了解周围更大范围内土壤中汞含量的背景,以便进一步验证墓室汞异常的存在。

土壤样品中汞的分析是利用地质学找矿分析的原理,首先把土壤样品进行粉碎;过 200 目筛进行缩分,然后烘干样品进行称重;接着进行化学汪水(盐酸与硝酸比为 3:1)溶矿,再在水银锅上用原子荧光光度计测定;最终通过公式进行计算得出数据。

1.3 土壤汞含量异常特征

通过采集区域土壤样品 20 件、汉墓周围土壤样品 8 件及洛庄汉墓封土堆上 73 件表层土壤样品,共 101 件土壤样品进行汞含量测试,通过对样品的测试结果(表 1)整理分析,认为汉墓封土堆及周围土壤中汞含量异常值变化不大,汉墓封土堆上可能受人为盗洞的影响,部分地段汞含量值偏小;而在汉墓的南侧、东侧及区域部分地段所取土壤汞含量值比汉墓封土堆上的值偏大,但未形成一定的规律性,推测不是受当地沉积岩性影响,而工作区分布的古冢偏多,有被发掘的,也有未知的,是否受其影响,该次工作未加深入调查研究。

经过对整个工作区土壤中汞含量的分析,初步认为该区土壤汞含量普遍偏高,因此,剔除样品中汞含量最高值和最低值后,取其平均值作为该区汞含量背景值,经统计该区汞含量背景值为 54.6×10^{-9} 。参考有关资料可以对比:秦皇陵附近汞含量平均背景值为 35×10^{-9} [3],原苏联各种不同类型土壤汞含量在 $(27 \sim 88) \times 10^{-9}$ 之间,美国内华达与得克萨斯的土壤汞含量在 $(20 \sim 40) \times 10^{-9}$ 之间。该区背景值均在其范围内,因此,利用 60×10^{-9} (略大于该区背景值)作为该区的异常值来圈划其异常区范围。

通过对洛庄汉墓封土堆土壤汞含量异常等值线图分析,洛庄汉墓封土堆的中央偏东侧的土壤汞含量值相对背景值偏高,最高异常值为 Y50 号点,异常量为 103×10^{-9} ,汞含量值大于 60×10^{-9} 异常区范围大约有 550 m^2 ,而汞含量异常值大于 80×10^{-9} 的区域有 3 块,分别为 G_1, G_2, G_3 ;基本是沿古墓封土

堆的东西中线分布,其中中东部 G_2, G_3 两块异常区相连,结合整个汞含量值大于 60×10^{-9} 异常区范围分析,推测大于 80×10^{-9} 的异常区是洛庄汉墓主墓室的分布范围(图 1),而大于 $60 \times 10^{-9} \sim 80 \times 10^{-9}$ 区间为汞含量异常递变区。

表 1 土壤样品汞含量(10^{-9})

编号 31~40		编号 41~50		编号 51~60		编号 61~70		编号 ≥ 71	
Y ₂	32	Y ₁	44	Y ₇	59	Y ₆	66	Y ₈	71
Y ₄	37	Y ₃	45	Y ₉	55	Y ₃₀	70	Y ₁₈	78
Y ₁₃	34	Y ₅	41	Y ₁₀	59	Y ₃₂	69	Y ₁₉	78
Y ₁₅	40	Y ₁₂	43	Y ₁₁	53	Y ₃₈	70	Y ₂₉	79
Y ₂₁	31	Y ₁₆	41	Y ₁₄	54	Y ₄₆	66	Y ₅₈	78
Y ₂₃	38	Y ₂₂	44	Y ₁₇	56	Y ₆₁	62	Y ₅₉	80
Y ₃₃	40	Y ₂₅	45	Y ₂₄	54	Y ₆₈	62	Y ₆₀	76
Y ₄₁	31	Y ₂₆	50	Y ₂₈	58	Y ₇₃	67	Y ₆₉	73
Y ₄₂	33	Y ₂₇	48	Y ₃₅	56	Y ₈₀	61	Y ₂₀	98
Y ₄₄	35	Y ₃₁	48	Y ₄₀	60	T ₅	64	Y ₃₉	81
Y ₅₁	40	Y ₃₄	47	Y ₄₇	56	T ₁₆	64	Y ₄₉	88
Y ₅₂	35	Y ₃₆	44	Y ₄₈	58			Y ₅₀	103
Y ₅₃	34	Y ₃₇	47	Y ₅₇	56			Y ₇₀	86
Y ₅₅	35	Y ₄₅	42	Y ₆₇	54			Y ₇₆	99
Y ₆₂	40	Y ₅₄	44	T ₂	53			Y ₇₇	89
Y ₆₄	35	Y ₅₆	50	T ₃	51			T ₄	199
Y ₆₆	38	Y ₆₃	47	T ₁₃	53			T ₇	85
Y ₇₁	34	Y ₆₅	41	T ₁₄	57			T ₈	71
Y ₇₂	32	Y ₇₄	49	T ₁₉	53			T ₁₀	92
Y ₇₈	36	Y ₇₅	45	T ₂₀	53			T ₁₅	88
Y ₇₉	34	T ₁₁	46						
Y ₈₁	38	T ₁₂	50						
T ₁	32	T ₁₇	46						
T ₉	39	T ₁₈	41						
T ₆	38								
个数	比例	个数	比例	个数	比例	个数	比例	个数	比例
25	25%	24	24%	20	20%	11	11%	20	20%

注:Y 为汉墓及附近取样点;T 为区域取样点;编号 Y43 的汞含量为 27×10^{-9} , ≤ 30 占 1%;其他 ≤ 60 占 70%。

2 洛庄汉墓物探信息分析

2.1 工作方法

从洛庄汉墓前期发掘情况看,墓区分布在第四纪山前冲、洪积地层中,陪葬坑内发掘出大量陶器、铁器、青铜器皿等。古代陶瓷器在烘烤过程中,可以产生较强的热剩磁、化学剩磁等剩余磁性,使这类文物具有了相对稳定的磁性,加之铸铁、青铜器等具有更强的磁性,这些特征为开展磁法勘查提供了有利条件[4-6]。另外,古墓洞穴一般为空腔,表现在视电阻率剖面上为相对高阻异常;如果墓穴中有水充填,在视电阻率剖面上则显示为相对低阻异常。以上特

征又为开展电法勘探提供了有利的物理前提。因此该次工程物探勘查工作主要以高精度磁法、高密度

电法勘探为主,探地雷达勘探为辅。

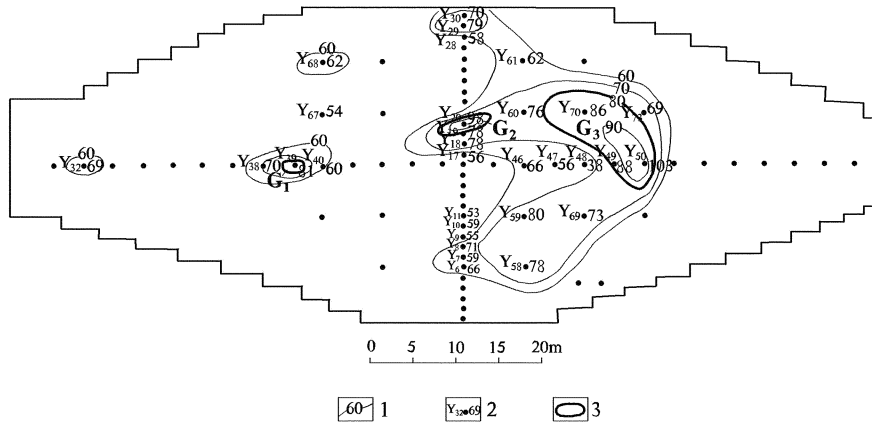


图 1 洛庄汉墓封土堆土壤汞含量异常等值线

2.2 物探信息特征

2.2.1 洛庄汉墓物探信息特征

利用古墓洞穴为空腔,在视电阻率剖面上表现为高阻异常,磁场强度虽不高,但梯度变化大的特点,布置了多条高精度磁法及高密度电法测量剖面。测量结果显示,在洛庄汉墓封土堆上共发现 5 处有意义的磁异常(图 2),3 处视电阻率相对高阻异常,推测 M1(D1)异常为古墓通道,M2(D2),M3(D3),M4,M5 异常为主墓室。

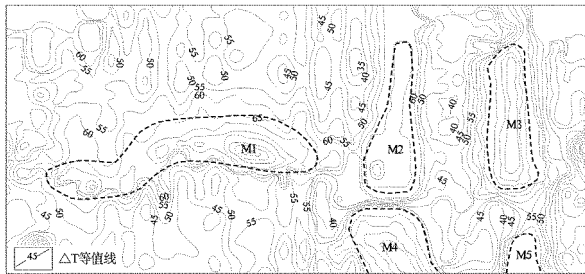


图 2 洛庄汉墓高精度磁测 ΔT 等值线平面图

2.2.2 东平陵古城物探信息特征

经过高精度磁测和高密度电法勘探,在东平陵古城西侧偏南的区域推测为冶铁作坊区,基本与前考古成果相吻合,分布范围约 0.086 km²。

3 综合研究分析推断结果

通过该次实施的土壤汞含量测试及物化探信息测量等工作,对洛庄汉墓主墓室及平陵古城遗址初步推断分析如下:

(1)根据洛庄汉墓封土堆土壤汞含量异常值特征分析,推测主墓室的位置及范围有 3 处,2 处分布

在洛庄汉墓封土堆南北中心线偏东部位,另一处分布在封土堆南北向中心线的西部。而通过物探勘查中的高精度磁测,推测封土堆西部呈东西方向展布的 M1(D1)异常为古墓通道,往东呈南北向展布的 M2(D2),M3(D3)异常为主墓室。从图 2 中分析看出,土壤汞含量测量与高精度磁测 2 种方法推测的主墓室位置及范围基本吻合,特别是 M2,M3 磁异常区与土壤高汞异常区 G2,G3 接近一致,推测该区域为主墓室范围(图 3)。另根据高密度电法测量的结果推测,主墓室的埋深为 9~12 m。

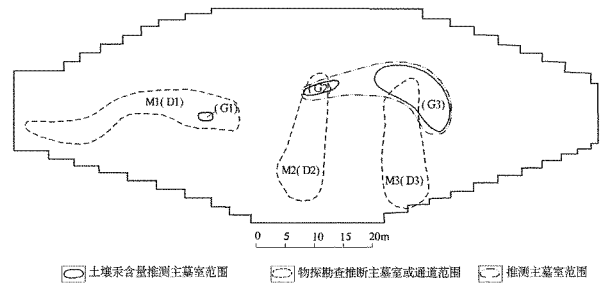


图 3 洛庄汉墓主墓室推测成果图

(2)对于东平陵城,该次工作仅对平陵古城的部分地区实施了物探测量,经过高精度磁测和高密度电法勘探,在古城西侧偏南的区域(V区)推测为冶铁作坊区,基本与前考古成果相吻合(图 4)。而在前考古推测手工作坊区、皇宫区(XI区)进行探地雷达测量工作时,由于受高压电线的干扰,勘探效果不明显。

4 结语

(1)应用物化探方法对古墓进行勘查,具有很强

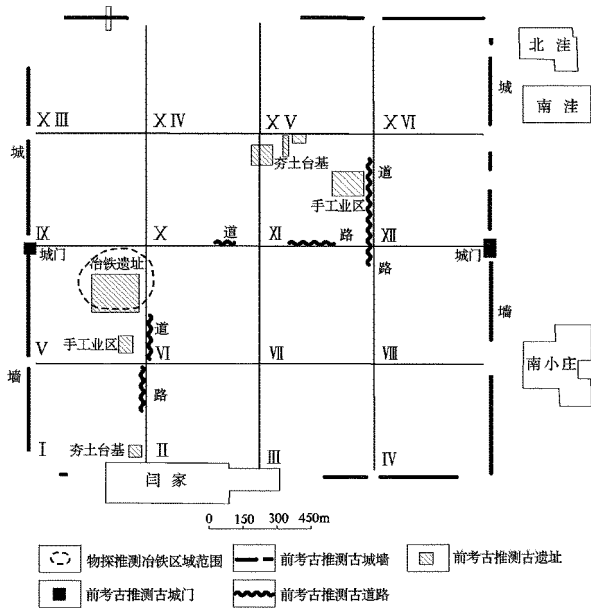


图 4 东平陵古城综合解译图

的探索性,在山东省尚属首次,在国内也不多见。特别是通过物探综合信息及土壤汞含量异常等方面的综合研究圈定的洛庄汉墓主墓室的位置及埋藏深

度,进一步验证了考古人员的初步推测,为考古发掘洛庄汉墓主墓室顺利实施奠定了基础,同时也为今后其他古墓的勘查研究和发掘提供了新的思路,为及时抢救和保护古文化遗产提供了地质依据。

(2)对古墓、古遗址进行地质考古研究的物化探方法和思路还不够成熟,建议集思广益做进一步的研究。另外,在工作量布置上尚感欠缺,在一定程度上影响其解译精度。

参考文献:

- [1] 崔大庸,房道国,孙涛. 山东章丘市洛庄汉墓陪葬坑的清理[J]. 考古,2004,(8):5-18.
- [2] 常勇,李同. 秦始皇陵中埋藏汞的初步研究[J]. 考古,1983,(7):85-89.
- [3] 岳南. 复活的军团——秦始皇陵兵马俑发现之谜语[M]. 北京:新世界出版社,1997:299-320.
- [4] 张寅生. 磁法在田野考古勘探中的应用研究[J]. 考古,2002,(7):59-69.
- [5] 赵法强,曹秀华,庞绪贵,等. 高精度磁测在单县龙王庙地区铁矿调查中的应用[J]. 山东国土资源,2011,27(8):23-26.

Application of Geophysical and Geochemical Information Comprehensive Survey in Han Tombs in Luozhuang Area of Zhangqiu City

CAI Youxiong, BO Keting

(Shandong Geo-engineering Exploration Institute, Shandong Jinan 250014 ,China)

Abstract: According to anomaly characteristics of soil in mausoleum of Han tomb in Luozhuang area of Zhangqiu city, it is concluded that there are three main tombs. Among them, two locate in east part of the central line with the trend of SN in mausoleum of Han tomb, while one locates in west part of the central line with the trend of SN. By using high precision magnetic survey, it is guessed that M1 (D1) abnormally in western tomb with trend of EW is the tomb passage, while M2 (D2), M3 (D3), M4, M5 abnormalities with trend of SN in east part are main tombs. Location and scope of tombs guessed by using soil mercury content measurement and high precision magnetic survey are basically consistent with the actual conditions. This survey will provide detailed geological basis for exploring main tombs of Luzhuang Han tomb.

Key words: Geophysical and geochemical exploration; mercury content measurement; Han tomb in Luozhuang area; Zhangqiu city