

复杂地形条件下电法勘探电极接地电阻偏高及改善对策研究

张庆洋 王锋庆 王书伦

山东省煤田地质局物探测量队

DOI:10.32629/gmsm.v9i2.2454

[摘要] 电法勘探是地质勘查、资源勘探以及工程建设中的一种重要探测方法,在很大程度上依靠电极接地良好程度来保证勘探精度,但是由于受到复杂地表环境影响电极接地电阻过大成为一种普遍现象,给勘探工作带来很大困难。复杂地形具有自身特点,比如土壤电阻率较高,电极接触不良,作业区域狭小都是引起接地电阻过大的原因。本文针对复杂地形下进行电法勘探过程中遇到的电极接地电阻过大问题进行研究探讨,摒弃空泛理论知识,注重实际应用方面内容,从选择合适的电极类型、做好接地处理工作、合理布置施工工序以及采取一些必要的辅助措施四个方面提出切实可行的改进办法以期能够解决复杂地形下电极接地电阻过大的难题从而提高电法勘探工作效率并改善所得数据的质量,也为以后类似地区的电法勘探工作起到一定借鉴作用。

[关键词] 复杂地形; 电法勘探; 接地电阻; 电极处理; 改善对策

中图分类号: U264.7+4 **文献标识码:** A

Study on High Grounding Resistance of Electrode in Electromagnetic Exploration under Complex Terrain Conditions and Improvement Countermeasures

Qingyang Zhang Fengqing Wang Shulun Wang

Geophysical Surveying and Measuring Team of Shandong Coalfield Geology Bureau

[Abstract] Electromagnetic exploration is an important detection method in geological exploration, resource exploration and engineering construction. It largely relies on the good condition of electrode grounding to ensure the accuracy of exploration. However, due to the influence of complex surface environment, high grounding resistance of electrodes has become a common phenomenon, which brings great difficulties to the exploration work. Complex terrain has its own characteristics, such as high soil resistivity, poor electrode contact, and narrow operation area are all reasons for the excessive grounding resistance. This paper studies and discusses the problem of excessive grounding resistance of electrodes encountered in electromagnetic exploration under complex terrain conditions. It discards abstract theoretical knowledge and focuses on practical application aspects. Four feasible improvement methods are proposed from the aspects of selecting appropriate electrode types, doing a good job in grounding treatment, reasonably arranging construction procedures, and taking some necessary auxiliary measures, in order to solve the problem of excessive grounding resistance of electrodes under complex terrain and improve the efficiency of electromagnetic exploration and the quality of obtained data. It also provides certain reference for future electromagnetic exploration work in similar areas.

[Key words] Complex terrain; Electromagnetic exploration; Grounding resistance; Electrode treatment; Improvement measures

引言

电法勘探是向地下施加电流,根据地下不同物质对电流的导电性能来探测地质情况的一种方法,在矿产资源勘探、水文地质调查以及工程地质评估等方面有着广泛应用。电极是传递电流的重要媒介,它的接地状况决定了电流能否良好地传导及勘探结果的真实程度,而接地电阻则是评判一个电极是否具有良

好接地状态的一个重要参数,如果接地电阻过大就会造成电流减弱或者信号畸变,不能真实地反映地下的电性特征从而加大勘探误差甚至使勘探作业中断。在野外进行勘探时,由于地形地貌差异较大,如山地丘陵等地形较为崎岖不平,地质构造比较复杂,土质松散易塌陷等,使得电极的接地电阻偏高问题十分严重,相比于平坦开阔的区域而言,在这种复杂地形条件下土壤电阻

率变化大且电极与土壤之间接触不良,施工操作困难重重,普通的方法已经很难达到要求了^[1]。目前对于复杂地形下电法勘探中出现的问题的研究大多数集中在理论上探讨,缺少针对具体情况的有效解决方案,难以切实解决问题。因此本文结合实际工作经验,从多个角度出发探讨复杂地形条件下电极接地电阻过高原因并提出相应的解决措施,以期能够帮助相关单位开展好此项工作。

1 复杂地形下电法勘探电极接地电阻偏高的核心成因

复杂地形种类繁多,不同的地形(山地、沙漠、喀斯特地貌、冻土等)地质情况差别较大,但是造成电极接地电阻过大原因却是一致的,在土壤属性、电极本身以及施工方法上都有体现,从实际施工情况进行剖析,不空泛而谈,符合现场操作痛点。

1.1 土壤性质先天不足,导电性能较差

土壤是电极接地的主要介质,而其电阻率对地电阻有很大影响,在复杂地形中,由于土壤普遍存在导电性差的问题,因此是造成地电阻过大的主要原因之一。山地地区大多由岩石风化物及碎石土构成,土壤颗粒较大、孔隙较多、含水量较少,不能形成良好的导电路径,电流很难经过该类土壤进入大地深处,从而使得地电阻较高;沙漠地带的表土层土壤干涸贫瘠,有机质含量很低,缺水严重,所以其电阻率远远大于一般水平上的平原区域,当电极埋入其中时,电流传输受到阻碍,难以达到降低地电阻的目的;喀斯特地貌地下溶洞、裂缝发育广泛,土壤分布稀疏零散,主要是碎石或岩体等,连贯程度较低,不易使电极良好接触,有效面积较小,导致了较大的地电阻值;冻土地区的地面常年被冰雪覆盖,水分呈固态形式存在,起不到导电的作用并且冻结层硬度很大,不容易将电极打入深层的土壤当中去,因此具有非常糟糕的接地效果以及很高的地电阻值^[2]。而且对于这种复杂的地质条件下的土地来说,它的电阻率也会受到气候的影响比较大,在干旱少雨的时候,土壤中的水分会蒸发掉一部分,这样就会使它的电阻率上升得更高一些,进而让地电阻也变得更大一些,从而更加不利于问题解决。

1.2 电极选型不合理,与地形适配性差

电极选择对降低接地电阻起决定性作用,目前有些勘探工作当中存在着电极种类单一、适应不同复杂地形能力弱的现象造成接地电阻过高问题。一方面,一些施工人员仍然使用普通的平板式或者圆柱形的电极而忽视了对于复杂的地表条件下的土壤特性进行相应的挑选,例如在多石区域的山丘上,由于平板式的电极和地面接触面积较小容易被碎石顶起从而失去良好的接触效果;而在冻土或者是坚硬岩石的地貌条件下,则很难将一般圆形的棒状电极埋入较深的地方去达到足够的埋深要求使得电流传播距离受到限制。另一方面,电极材料选取不合理,某些电极使用一般钢材,在恶劣环境条件下容易发生氧化以及腐蚀现象,使电极表面产生一层氧化物从而增加接触电阻进而导致总的接地电阻上升;另外,电极大小过小,导体截面不足,不能满足复杂地形中大电流通过的需求从而使接地电阻偏高。

1.3 施工工艺不规范,接地处理不到位

复杂地形施工条件较差、作业空间狭小,工人容易偷工减料,忽略接地工作,是造成接地电阻过大人为原因也是最容易解决的问题^[3]。一方面电极埋深不够,在这种复杂地质条件下大多为岩石、碎石等地质结构,施工困难较大,一些工人为了图省事而没有把电极埋到规定的要求,只是敷设在地表上,使电极与深层潮湿土壤接触较少而导致导电性差;另一方面电极与土质接触不良,在安装过程中未清理电极周围的碎石、杂草等杂质,使得电极与泥土间产生间隙,形成一层空气绝缘带,增加接触电阻值;三是缺乏有效降阻措施,在遇到高阻值土壤时未对其进行改良或盐水浸泡等方式降低其电阻率,仅仅使用一般埋设方法,难以达到预期效果;四是施工中电极连接不当,电极和电线之间接触不好,出现松动、氧化现象增大接触电阻值,从而引起整体接地电阻上升。

1.4 外界环境影响,接地稳定性不足

复杂地形外部条件恶劣,气候、地质等都会对电极埋设产生一定影响而造成接地电阻偏大并且不稳定。山区及沙漠地带日晒强烈夜间寒冷使得地表温度变化剧烈,土层热胀冷缩严重易使电极脱离地面而造成接触不良增加接地电阻值,在干旱少雨的情况下由于土壤缺水导致其电阻率上升进而增大了接地电阻数值,但是一旦下雨之后大量的水分渗入土壤中会使接地电阻值急剧下降给勘探工作带来很大困扰;同时复杂的地形往往伴随着高低不平以及植被繁茂等特点,植物根系缠绕电极或者掉落的石头撞击电极都可能引起电极位移松动从而丧失良好的接地性能导致接地电阻升高。

2 复杂地形下电法勘探电极接地电阻偏高的改善对策

对于以上原因,在复杂地形条件下进行电法勘探工作时,注重实用性及可操作性,围绕着电极选择、接地方式、施工方法以及辅助措施等方面,提出切实可行的具体改进办法,杜绝空泛说教,保证能真正解决生产中的难题。

2.1 优化电极选型,提升与复杂地形的适配性

直流电法(电阻率法或时域激电法)勘探在工程、水文、环境勘察、固体矿产、油气勘查等方面都有广泛的应用。外业工作中电法仪器通过供电导线电极A、B将电流I送入地下,由测量导线电极M、N接收电位差 ΔV ,逐步改变测线上各电极的位置、距离,以探测地层的视电阻率分布,进而解释推断电性异常的地质属性。电法的发展依赖于理论、方法、仪器、外业(布极布线、采集数据)和内业(数据处理、图形显示、正反演解释)各方面的发展。根据不同的复杂地形土壤情况有针对性地选择电极种类、材料及大小,在源头上控制接地电阻。一方面针对地形选择电极形式,在山地碎石地带使用多齿形接地电极,加大了电极与土壤之间的接触面积防止出现架空现象,在冻土坚硬岩层地带使用尖锐合金电极,提高了对土壤的钻探能力有利于埋入更深的地表下,提高接地深度;在喀斯特地貌地带使用片状电极,扩大导电区域以应对土壤差异大的问题。另一方面改进电极材料,采用

铜包钢、镀锌钢等抗腐蚀性强并且具有良好导电性的材料来防止电极发生氧化锈蚀从而降低接触电阻值,在腐蚀较严重的复杂地形环境下还可以在电极表面涂刷防腐涂料延长其服务期限确保良好的接地效果。最后就是合理地设计电极规格尺寸,依据探测电流以及所在地区的土壤电阻率适度增加电极长度和粗细程度,加大导体截面,增强电流传导性能,缩小接地阻抗值。

2.2 优化接地处理,改善土壤导电性能

对复杂地形下土壤电阻率大、导电性弱问题,采取土壤改良及优化接地措施来改善接地状况,减小接地电阻。第一是土壤改良处理,在高电阻率土壤上进行电极埋设的地方挖掘沟槽,放入具有良好导电性的物质(例如细沙、石墨粉、导电水泥等),充分搅拌均匀之后压实,降低土壤电阻率;在干旱地带可以在电极周围洒盐水或者导电剂使土壤具有较好的导电能力,构成良好的导电路径;如果是冻土带可以使用人工融冰的方法将电极周围的冻土融化使其与潮湿的土壤接触良好。第二是优化接地体结构设计,用多个并联连接起来的电极作为接地装置,把若干个电极均匀地分布在接地区域内,扩大了接地面积从而分流电流以达到减小整个接地系统的总电阻的目的,在空间狭小的地方可使用环形接地体围绕着电极敷设一圈导电材料提高接地可靠性。第三是增加电极与大地之间的接触程度,在埋入电极之前要把周围的碎石、杂草以及松软土质清理干净使得电极紧贴地面并且夯实其周围的泥土防止留有缝隙造成较大的接触电阻。

2.3 规范施工工艺,提升接地施工质量

严格按照施工程序,加强施工过程控制,防止人为造成接地电阻过大问题发生,保证接地施工质量。一是保证电极埋深,在不同地质情况及土质条件下,确定好电极埋深,山地、岩石地带埋设深度不低于1.5米;在冻土区埋设时要穿透冻结层,使电极与下面潮湿土壤接触良好;埋设过程中使用冲击钻、洛阳铲等工具开挖,禁止生拉硬拽以免损伤电极。二是做好电极连接工作,在电极和导线连接处用焊锡或者螺栓固定的方法使其牢固可靠,防止出现松动、氧化现象的发生;在连接点涂导电膏以提高其导电能力和降低接触电阻值;布线时注意避开岩石、尖锐物体以防刮伤导线而影响电流传导效果。三是加大施工过程中的检查力度,在施工期间定期测量电极接地电阻值,一旦发现偏高应及时查找原因并进行补埋电极或者对周围的土壤进行改良处理直至达到勘探要求为止;工程结束后要在电极埋设的位置做标记并且加以保护以防止电极松脱、位移等情况的发生。

2.4 加强辅助措施,提高接地可靠性

针对复杂地形的外部条件,采取相应措施来降低外界环境对地网的影响,保证地网电阻值稳定。第一:做好防水、保湿工

作,在干燥地区定期给电极周围浇水,使土壤潮湿,降低土壤电阻率;雨季时做好排水工作,防止电极附近有积水造成电极腐蚀而影响接地效果;在冻土地区使用保温材料覆盖电极周围的土壤,延缓土壤结冰的速度,保障了地网的良好性。第二:做好电极防护,在复杂地形植物较多的地方可以安装一些保护设备以防植物根系缠绕或者掉落的石头砸坏电极;还要经常查看电极的情况,一旦发现电极生锈或者是松动就要立即更换并固定好。第三:合理安排勘探时间避开大旱、严寒等恶劣天气选择湿度适中温度适宜的日子进行勘探作业以减少外界因素造成的干扰确保探测结果的一致性。

3 结束语

复杂地形条件下,由于土壤导电性能较差、选用的电极类型不适合或者施工工艺不达标以及受外部环境的影响等都会造成电法勘探中使用的电极接地电阻过大而影响勘探工作正常进行及获得高质量的数据信息。解决该问题的方法并不是单一的理论分析可以完成的,而是需要针对具体复杂的地形条件下的实际操作情况进行分析总结,在此基础上注重其实用性方面的问题:即对所选择的电极种类进行优化、对接地方式进行改进和完善、提高施工技术水平、增加一些必要的防护措施这四个方向同时入手,通过对电极与其适用的地貌特征之间的匹配程度加以改善、提升土层的导电能力、使施工过程更加有序可控并加强对外界因素的防御作用来达到减小其接地阻值的目的从而保证了电极接地的良好状况和稳定性。本文提出的改进措施符合复杂地形电法勘探施工现场情况,不需要复杂的仪器设备及大量的资金投入,简单易行,可以较好地解决接地电阻过大问题,提高电法勘探工作效率以及测量精度,在将来随着电法勘探技术的发展,可以根据不同的复杂地形特点对地接技术和施工工艺进行优化改进,研究出更加有效的降阻方法,为复杂地形电法勘探工作提供更好的技术支持,促进电法勘探技术在复杂地形中的应用。

[参考文献]

- [1]梁佳会.电法勘探电极阵列借线遥控器的研制及应用[J].企业科技与发展,2018,(08):97-101.
- [2]真齐辉,底青云.电法勘探电极的接地电阻研究[J].地球物理学进展,2017,32(01):431-435.
- [3]梁炳和.电法勘探电极多道遥控器的研制[J].企业科技与发展,2010,(22):68-70.

作者简介:

张庆洋(1991--),男,汉族,山东省临清市人,硕士研究生,工学硕士学位,中级工程师,主要从事矿产地质勘察方面的研究。