

金属矿自然电位的空间分布及其应用

仇 勇 海

(中南矿冶学院)

摘 要

P631.32

本文根据坑道、钻孔的自然电位观测资料及模型实验结果,提出了金属矿体自然电位空间分布的模型:自然电位空间分布具有正、负异常中心的偶极场特征,自然电流场受半空间的影响较大,矿体埋藏深度较大时形成“8”字形的电位分布,埋藏深度较小时形成似双叶双曲线形态的电位分布。自然电位空间分布的研究表明,观测金属矿床坑道、钻孔的自然电位可以揭露矿体的埋深和产状,且有可能探测钻孔和坑道附近的盲矿体。

以前的一些论著^[1-4]曾经讨了自然电位的空间分布规律,但研究得不够清楚。1830年, R. M. 福克斯为了确定康瓦尔铜矿床的地下延深情况,首次在坑道中观测了自然电位, 1927年, C. 和 M. 施伦贝尔热兄弟把自然电位测井法用于石油勘探, 相对其它物探方法来说, 坑道、钻孔的自然电位观测已是历史悠久, 但至今尚未广泛地用于金属矿产的普查或勘探, 这是值得人们注意的。

大量实际观测资料表明^[5-11], 坑道、钻孔的自然电位观测不仅可以揭露矿体的埋深和产状, 而且可以发现井旁、井底、坑道壁附近的盲矿体, 该方法有广阔的应用前景。

观测实例及电场特征

阿赫塔利多金属矿床赋存于石英斜长斑岩与玢岩的接触带中, 透镜体沿其倾向长度为

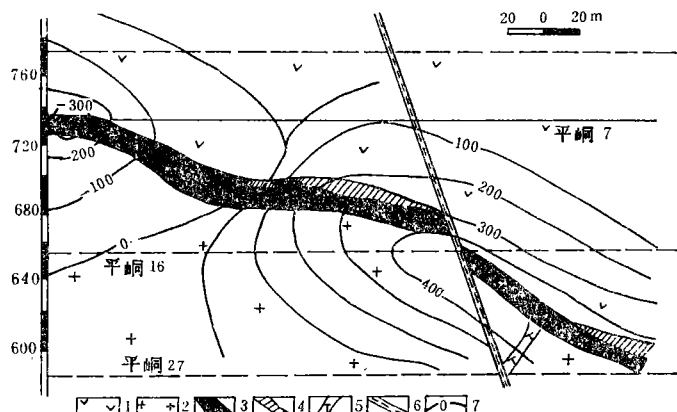


图 1 阿赫塔利矿床11号透镜体的地质断面及等电位线分布

1—玢岩; 2—石英斑岩; 3—多金属矿体; 4—重晶石矿; 5—硅长斑岩脉; 6—断层; 7—等电位线

100—700米, 走向长度20—80米。主要金属硫化矿物为黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿。

11号透镜体的地质剖面及自电等位线分布如图1所示。自然电位具有正、负异常中心分布的特征, 负异常区的矿体长度是120米, 正异常区矿体的长度为500米。

图2是阿尔泰多金属矿床零号剖面地质断面及等电位线分布。依据地面自电异常布设的ZK4孔未见矿, 但在井中自然电位观测时发现异常, 表明钻孔附近有可能存在多金属硫化矿。以后布设的四个孔均见到了矿体。ZK3孔深200—300米处为正异常区, 根据自然电位空间分布的特征, 判断该异常为矿体尾部所引起, 与钻孔验证情况相符。

大量国内外坑道、钻孔的自然电位观测资料表明, 金属矿自然电场空间分布的主要特征是:

1. 自然电位的空间分布具有正、负异常中心的偶极场特征, 在通常地质条件下, 矿体头部为阴极区, 中、尾部为阳极区, 地面所观测到的负自电异常, 是矿体头部电场在地表的反映。

2. 自然电流场受地面半空间的影响很大, 矿体埋藏深度较大时形成“8”字形的电位分布, 正负异常区矿体的长度是接近的; 矿体埋深较小时, 形成似双叶曲线形态的电位分布, 该情况下, 正、负异常区矿体长度之比可达3—5倍。正负异常值不对称, 是自然电场空间分布的普遍现象。

3. 自然电场符合迭加原理: 单独的致密块状矿体及靠得较近的组合矿脉形成形态简单的宏观场; 相隔一定距离的组合矿脉, 每条矿脉形成独立的场源, 迭加后是形态复杂的宏观场。矿体或矿脉的自然电场影响范围可达50—100米。

4. 自然电位空间分布的极化轴基本与矿体的倾向一致, 靠近矿体时, 电位梯度可达25毫伏/米, 一般5—10毫伏/米, 在矿体与围岩的接触面上电位梯度有时可达500毫伏/米左右。

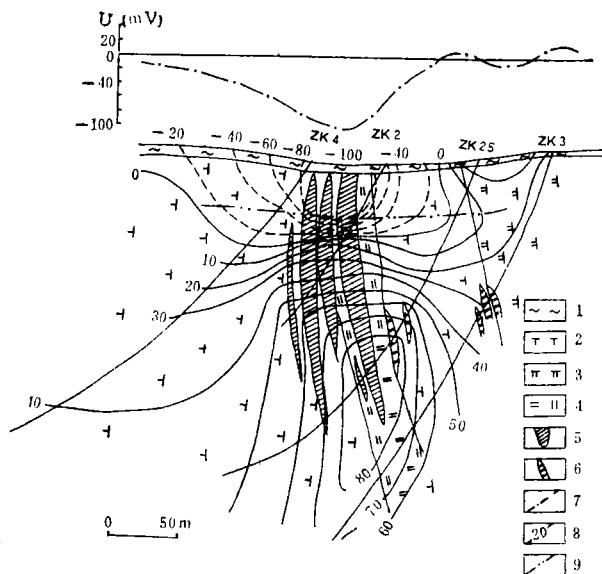


图2 阿尔泰多金属矿床零号剖面地质断面及等电位线分布

1—浮土; 2—绢云母化凝灰岩; 3—细晶石英脉; 4—酸性碎屑岩; 5—铜锌矿体; 6—黄铁矿体; 7—地面自电异常; 8—自电等位线; 9—潜水面

模型实验

自然电位空间分布的模型实验是在 $1.2 \times 1.2 \times 0.8$ 米³的水槽中进行的。用硫酸铜不极化电极作测量电极, 配备自动提升装置及X—T函数记录仪进行自然电位观测。模型是白银矿区的致密块状含铜磁黄铁矿(约 $30 \times 30 \times 25$ 厘米³)及铜录山矿区的致密块状黄铜矿(约 $18 \times 14 \times 8$ 厘米³)。

铜录山样品的测定结果如图3。该图可视为垂直极化情况，上部形成了负中心，下部是正中心，井中观测到了正、负伴生的异常。因矿物电极电位差异较小，水的电阻率较低，函数记录仪输入阻抗低等原因，异常值不大，但形态完整。据图3ZK10、ZK16、ZK22、ZK34、ZK40及ZK46孔实测数据构绘的中心剖面等电位分布图，表明了正、负异常中心分布的自然电位剖面形态（图4）。

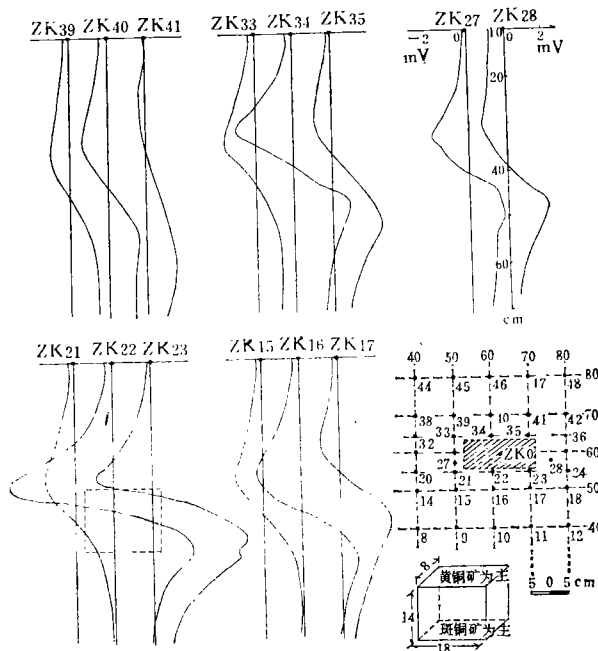


图3 水槽模型实验一井中自然电位曲线

（顶部埋深37厘米，水深10厘米处作为起始记录点）

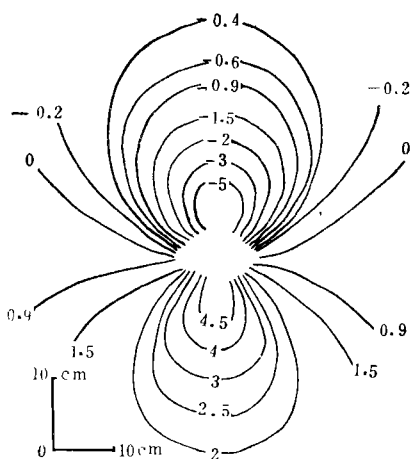


图4 中心剖面等电位线分布

（单位：毫伏）

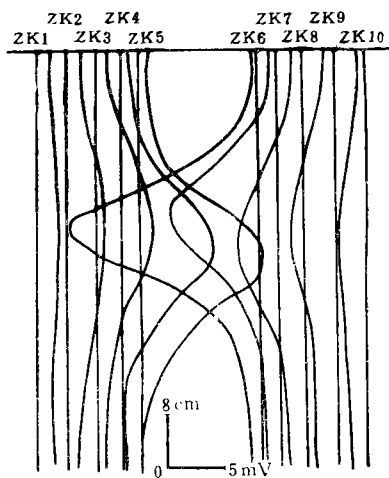


图5 缓倾斜极化井中自然电位曲线

（顶部埋深30厘米，ZK5一侧以斑铜矿为主
ZK6一侧以黄铜矿为主）

图5是缓倾斜极化井中自然电位曲线。白银矿区、红透山矿区的天然标本模型实验均取得了理想的效果。

电场模式

矿体电化学电场的形成原因较复杂,它与矿体成份及围岩中溶液的性质有关^[12],通过金属矿自然电场形成机理的探讨,可以分为两类:

1. 狭义氧化还原电场^[13]。均匀的矿体在氧化性介质中具有较高的电位,在还原性介质中有较低的电位,高电位处即为矿体的阴极,低电位处为矿体的阳极。阴极表面发生氧化剂的还原反应从矿体获取电子,阳极表面发生还原剂的氧化反应给与矿体电子,结果在矿体的阳极、阴极表面分别积累了正、负离子,离子的扩散就形成了围岩中的电流场。该观点建立在矿体均匀、围岩溶液Eh、pH存在明显差异的基础上。

2. 广义氧化还原电场^[14]。某些多金属矿体具有明显的矿体分带及矿物共生组合的特点。当围岩溶液Eh、pH差异不甚明显时,基于不同的矿物具有不同的电极电位,因此低电位的矿物(磁黄铁矿、铅锌矿等)成为矿体的阳极,而高电位的矿物(黄铁矿、黄铜矿等)成为矿体的阴极,电化学氧化还原反应的结果也可形成自然电流场。该观点建立在矿体本身不均匀、围岩溶液相对均匀的基础之上。

在实际地质条件下,上述两种电场机理均起作用,但通常以狭义的氧化还原电场为主,有时则是广义的氧化还原电场起主要作用。这两种观点的本质是一致的,即矿体的不同部位存在电极电位差异是形成自然电流场的根本原因。

坑道、钻孔的自然电位观测资料及模型实验结果已充分证实了矿体将形成正、负异常中心的电位分布,与上述狭义、广义电化学氧化还原电场形成机理是一致的。

不考虑地面影响时,金属矿自然电位空间分布的物理场模式如图6所示。(a)、(b)、(c)分别表示垂直极化、倾斜极化、水平极化时矿体中心剖面自然电位异常的分布情况。垂直极化时,在地面观测到负异常,而深部观测到正异常;在平行于极化轴的方向上可观测到一负一正的自电异常;倾斜极化的情况是野外最常见的。根据钻孔自然电位曲线形态,可初步判断矿体的倾向。

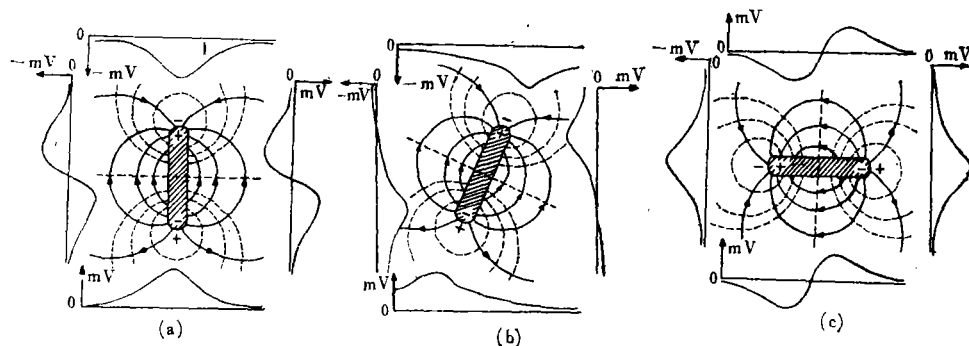


图6 自然电位空间分布断面图

——电流线; ——等电位线

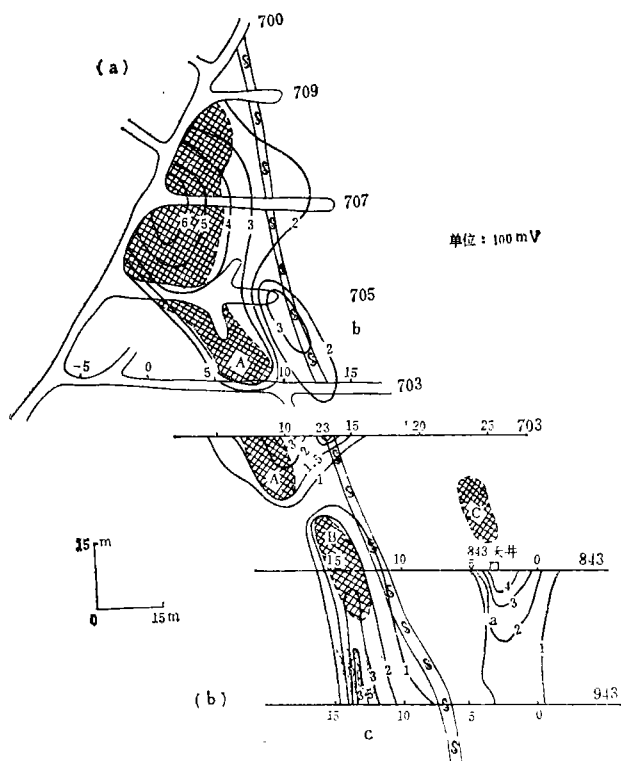


图7 华铜矿区深部矿坑自然电位分布

(a) 水平分布 (7中段); (b) 垂向分布

体倾斜插进坑道壁、B矿体向下延伸的膨大部位所产生。

对于深部矿体尚未完全控制的矿山来说,采用自然电位法观测,发现盲矿体是有可能的。

结束语

自然电位的空间分布具有正、负异常中心的电流偶极场特征。有电流的流入端,就必定有电流的流出端,因此所谓静的电位分布的观点^[1]看来是不妥的,而假定矿体上部电位为 $-V_0$,下部矿体电位等于零的物理模型^[3]与数学解^[15]还值得进一步研究。

随着地质勘探事业的发展,寻找深部盲矿体的任务更加迫切和日益艰巨。根据自然电位空间分布的规律,广泛开展坑道、钻孔的自然电位观测与研究,有可能在金属矿产的普查勘探中,取得一定的地质效果。

本文承傅良魁、程方道、黎超群同志审阅指导,马立仁同志参加了模型实验,在此一并致谢。

参考文献

- [1] 淵田隆門: 1952, 自然電位に関する考察, 物理探鉱第5卷第4号。

自然电位空间分布的电场模式只有三维空间才能明确直观地表示出来,但据图6,人们不难想象出具有正、负异常中心分布区域的立体图象概念。

应用实例

华铜矿区进行了坑道自然电位观测,为寻找深部盲矿体提供了线索^[5]。

图7(a)中的A矿体及图7(b)中的A、B矿体都是已知矿体。坑道自然电位法工作中,在843坑道的0—5号点发现了a异常,与已知矿异常走向平行,且位于矽卡岩的下盘,处于成矿有利部位,推测为矿体产生。经验证,距843坑道天井8米处见到了C矿体。将图7(a)、(b)对照起来分析,b异常可能为B矿体头部的反映,而C异常为矿B

- [2] 牧野直文: 1961, 自然電位の立体分布について, 物理探鉱第14卷第1号。
- [3] A. 贝克尔等: 1966, 自然极化的研究, 物探化探译丛, 第1期。
- [4] 武汉地质学院地下物探教研室: 1980, 金属矿钻孔地球物理勘探, 地质出版社。
- [5] 刘玉祥: 1966, 某铜矿坑内自然电场法的应用, 地质与勘探, 第1期。
- [6] 地质部物探所金属矿测井实验队: 1958, 辽宁八家子多金属矿区综合电测井方法应用的实验研究, 地球物理勘探, 第3期。
- [7] 曹彩芹: 1960, 镍矿床的电测井法实验总结, 地质与勘探, 第8期。
- [8] С.В.Бадахлян, Г.О.Газарян, В.Б.Гамоян: 1980, Подземная электроразведка на рудных месторождениях Армении, издательство АН АРМ.ССР.
- [9] И.И.Конonenko, П. Ф. Родинов: 1979, Скважинная электроразведка глубокозалегающих сульфидных месторождений, Издательство «НАУКА», Москва.
- [10] Ю.А.Калашников: 1968, Применение метода естественного электрического поля в скважинном варианте при поисках полиметаллических месторождений на рудном Алтае, Разведка и охрана недр.
- [11] Ю.С.Рысс: 1971, Метод естественного электрического поля, Скважинная рудная геофизика, «НЕДРА»
- [12] 傅良魁主编: 1983, 电法勘探教程, 地质出版社。
- [13] 仇勇海: 1985, 狭义氧化还原电场—黄铁矿体自然极化研究, 电法勘探教学参考论文集, 第8期, 地质出版社。
- [14] 仇勇海: 1981, 金属硫化矿自然电场形成机理的探讨, 地质与勘探, 1981, 第8期。
- [15] W. M. 特尔福特等: 1982, 应用地球物理学, 地质出版社。

SPATIAL DISTRIBUTION OF SPONTANEOUS POTENTIAL OF METALLIC OREBODY AND ITS APPLICATION

Qiu Yonghai

(Central South Institute of Mining and Metallurgy)

Abstract

Based on observations of spontaneous potential in workings and drill holes and on model tests, this paper holds that the spatial distribution of spontaneous potential in the metallic orebody has characteristic of dipole field with centre of positive anomaly and that of negative anomaly. The spontaneous electric field is largely affected by half space. Orebodies occurring at greater depth form "8"-shaped potential distribution, while those present at smaller depth give rise to a potential distribution like biparted hyperbola.

A study on spatial distribution of spontaneous potential suggests that observation of spontaneous potential in workings and drill holes of metallic deposits might reveal the buried depth and occurrence mode of orebodies, and help to detect blind orebodies adjacent to drill holes and wall of workings as well.