瞬变电磁法在甘肃寻找地下含水构造中的应用

蒋文, 胡文贤
(甘肃省地勘局 水文地质工程地质勘察院, 甘肃 张掖　734000)

摘 要: 在甘肃省部分地区的地下水勘查工作中, 用常规物探方法难以划分地层的结构、确定断裂构造的位置、查明基岩面的起伏形态及判断地下水的赋存状况。通过 TEM 勘测并结合钻孔资料分析, 对上述水文地质问题有了一些突破性的认识, 证明了瞬变电磁法在地下水勘查工作中的有效性。

关键词: 甘肃省; 瞬变电磁法; 地下水勘查
中图分类号: P631.3　　文献标识码: A　　文章编号: 1000 - 8918(2004)01 - 0032 - 03

由于瞬变电磁法易于加大勘探深度, 具有分辨能力强、工作效率高、受地形影响小等特点, 近几年越来越受到人们的重视, 被广泛用于油气田、地热、煤炭以及地下水勘查等领域。在地下水勘查工作中, 瞬变电磁法同其它许多物探方法一样, 也是一种间接找水的方法, 可以借助被探测地质体所产生的瞬变效应来划分地层结构、确定地质构造的位置、查明基岩面的起伏形态及判断地下水的赋存状况。

1　方法技术与资料处理

野外观测使用 CUGTEM-2001 型瞬变电磁仪, 采用中心回线装置。在调查深度不超过 1 km 的情况下, 一般采用 50 ~ 200 A 的供电电流、13 ~ 26 m 的回线边长以及 1 ~ 4 μs 的采样间隔即可满足勘探要求。最佳装置参数和采样间隔的选择, 通过与钻孔(或测井)资料对比的试验工作分析确定。对资料的处理采用"中心回线瞬变电磁 2.5 维全自动反演解释软件包", 可在现场完成资料的初步解释。

2　分析地下水分布规律

永固隆起位于甘肃省山丹县南部, 其东部边缘带附近地表为第四系松散层所覆盖, 地势较平坦。第四系岩性上部以含泥砂砾卵石为主, 下部为含泥砂砾卵石、砂与亚砂土、亚粘土。以往的勘查成果认为: 第四系下伏地层岩性主要是第三系的泥岩、砂质泥岩, 基本不含水。经常规的电测深勘查发现: 区内存在北西向的隐伏断裂构造, 且在断层西南地段具有第三系基底视电阻率局部增高的现象。由于与含水层有关的基底相对高阻层的厚度小, 埋藏较深, 所以无法确定其具体位置和分布特征。

该区的 TEM 试验工作围绕已知的供水井展开, 并在以往电测深剖面附近布设了 TEM 勘测剖面, 图 1 中 1、2、3、4 号 TEM 测点的位置分别与 4 眼供水井相对应。图 1 中, TEM 断面下部 5 ~ 8 Ω · m 的视电阻率等值线在 2 ~ 3 号测点之间明显呈台阶式变化, 反映出剖面南北两侧存在较大的电性差异, 推测是由于断层错动引起的基底岩性转换造成的。TEM 断面中部出现了 2 个层位不同、相互独立、视电阻率值大于 9 Ω · m 的相对高阻异常区。剖面南段异常区的埋藏深度相对较小, 与第三系上部含水的砂与粘土互层对应, 异常处于电测深曲线的"Q"型部位; 剖面北段的异常区埋藏较深, 其位置与区域地下水的埋藏特征接近, 推测此异常与含水地质体的分布关系密切。

根据测井和钻探结果: 1、2 号点处的钻孔在 50 ~ 60 m 深度附近揭穿了第四系, 水位埋深 < 20 m, 单井涌水量 > 100 m^3/h, 含水层主要分布在 150 m 以上的第三系砂层中, 150 m 以下亦有薄层状的含水细砂层分布, 属第三系承压水。3 号点处的钻孔孔深 200 m, 未揭穿第四系, 3 ~ 4 号点附近水位埋深 100 m 左右, 单井涌水量 > 80 m^3/h, 属第四系潜水。

上述对比分析表明: TEM 勘测成果不仅清楚地显示了断裂构造的位置, 证实了以往电测深工作的推断成果, 而且比较准确地圈定了地下 150 m 深度内有效含水层的分布范围, 打破了对第三系岩性及赋水性的传统认识, 充分证明该区第三系存在岩性

收稿日期: 2003 - 03 - 10

万方数据

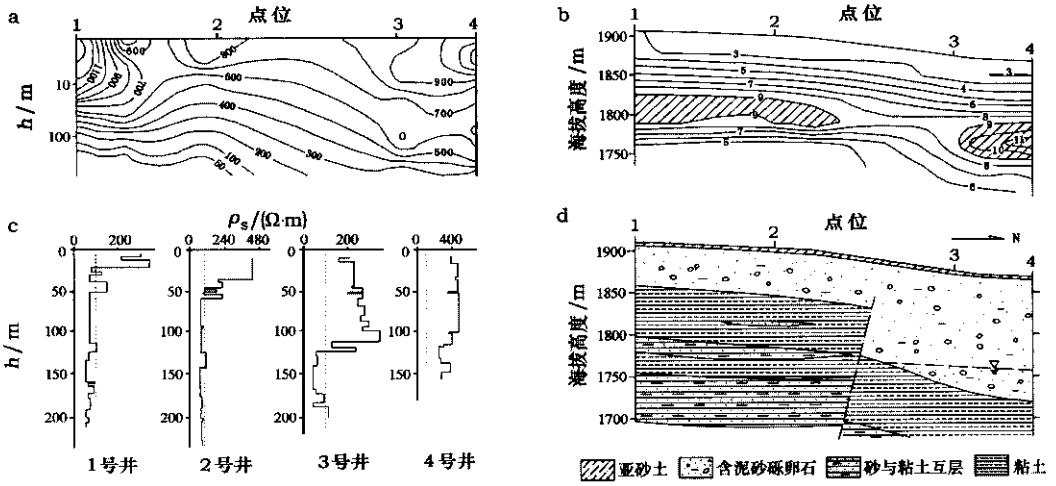

图 1　山丹四坝试验区综合物探成果

a—电测深法 ρ_s 断面;b—TEM 法 ρ_s 断面;c—电测井参数曲线;d—简化地质剖面

相变,在新近系中含有地下水❶。

在不同地区的多次 TEM 试验工作中,部分剖面的含水地质体呈相对高阻显示,这种现象很可能与观测过程中产生的激电效应有关。这一特性有利于分析地下水的分布规律。

3　探测基岩面

甘肃省平凉市位于陇东鄂尔多斯盆地的西南侧,其南部山区灰岩比较发育,区域地质构造的主轴线沿北西方向延伸。该区地下水的分布往往与灰岩区的隐伏断裂构造、灰岩的溶蚀特性和灰岩界面形态等地质因素有关。由于隐伏断裂和黄土覆盖作用,使灰岩的埋藏条件变得较为复杂。虽然进行了电测深、EH4 和大地音频等物探方法的勘查,但对灰岩顶面起伏形态的认识仍然比较模糊。

针对上述问题,在勘查区布置了北东向的 TEM 勘测剖面,图 2 是其成果断面。通过与已知勘探孔资料的对比分析表明:灰岩顶面位于剖面中相对高阻区的上部边界线(上部的 23 Ω·m 等值线)附近。在剖面的 2 ~ 3 号点之间和 5 号点附近存在 2 处隐伏断裂。受 5 号点处断裂构造的影响,断层两侧的灰岩顶面的埋深和起伏形态略有差别。在 5 号点以南地段,灰岩顶面微微南倾,与地面的倾向相反,灰岩埋藏深度南大北小,南部约 190 m,北部约 150 m。在 5 号点以北地段,灰岩顶面略微向北倾斜,与地面的倾向基本一致,灰岩面顶面的埋深约为 170 m。TEM 断面中的相对高阻区集中分布在 150 ~ 250 m 范围内。由此推测,含水层主要赋存在灰岩上段 250 m 深度内❷。

上述推测的断裂位置与遥感解译和地面调查的

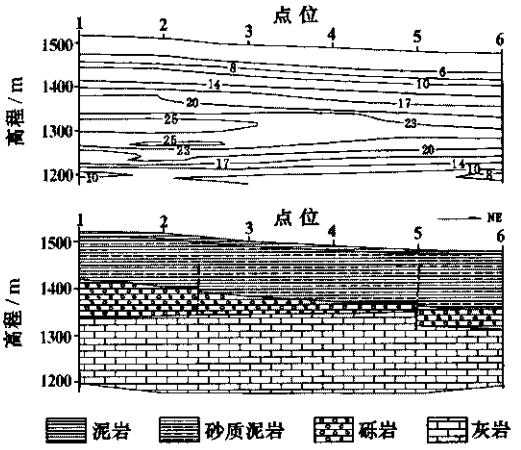

图 2　平凉某地 TEM 勘测剖面

结果完全一致,推断的灰岩顶面埋深与钻探的结果基本吻合(2 号点附近的勘探孔揭示:灰岩面埋深 186 m,水位埋深 123 m,单井涌水量 53.7 m^3/h)。TEM 勘测成果比较准确地查明了灰岩顶面的起伏形态和埋藏深度的变化规律,为区内的地下水勘查工作提供了较为可靠的地质依据。

4　勘查断裂构造

甘肃省通渭县义岗乡位于陇西黄土高原的沟谷川区,属花岗岩浅藏带。区内第四系岩性明显分为上下 2 段:上段为黄土,下段主要为含泥砂砾卵石。第四系多直接覆盖在花岗岩上,厚度一般小于 20 m。第三系泥岩仅分布在局部地段,厚度数米至数

❶　蒋文,赵聚林,任多魁. 甘肃省不同水文地质条件下的综合物探方法找水效果研究报告. 2002.

❷　蒋文,任多魁. 平凉市南部山区岩溶地下水瞬变电磁法勘测成果报告. 2002.

万方数据

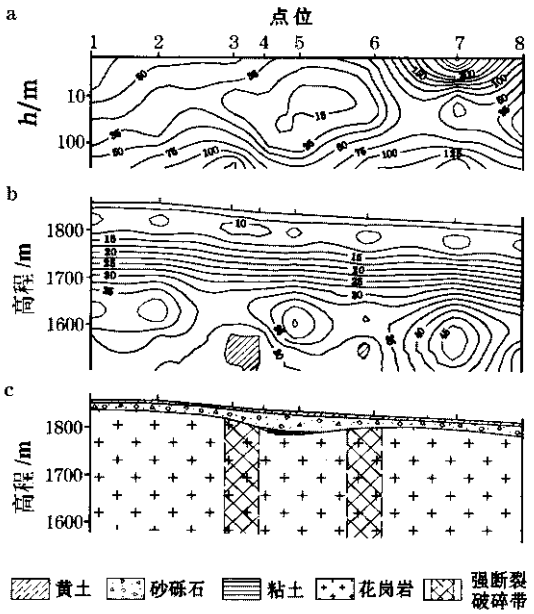

图 3　义岗乡综合物探成果对比

a—电测深法 ρ_s 断面；b—TEM 法 ρ_s 断面；c—地质剖面

十米不等。以往的水文地质普查和钻探成果表明，区内 2 条北东向的隐伏断层是主要的储水构造。

从电测深 ρ_s 断面（图 3a）分析，下部相对高阻区反映了花岗岩基底的电性变化情况。其中 3 ~ 6 号点之间，大于 100 Ω · m 高阻等值线明显向下弯曲，ρ_s 急剧下降，说明在这一区间可能存在基岩断层及构造破碎带。由于低阻异常带的分布范围较宽，隐伏断层的位置难以准确判定。

TEM 勘测剖面沿 SSE 向顺谷底布设，测点位置与电测深点基本重合。从其成果断面（图 3b）清晰地反映出，下部电性区存在明显的横向不均匀性，呈高低相间的格局分布，在 3 ~ 4 号点和 6 号点下方各出现 1 个相对独立并且沿纵向分布的低阻异常区。上述低阻异常的中心位置分别与水文地质普查和钻探工作确定的 2 条北东向储水断层的位置完全重合，映证了 TEM 勘测成果的准确性。

实践证明，瞬变电磁法受体积效应及侧向影响小，在同等测网密度条件下勘测隐伏断裂构造时，比垂向电测深法的推断解释结果更为精确。

4　结论与建议

实践证明，利用瞬变电磁法辅助地下水勘查工作是可行和有效的。该方法勘探深度大、分辨能力强、受地形影响小、工作效率高，能够为物探找水工作提供新的调查线索和有价值的含水层分布信息，值得推广应用。鉴于地下水勘查工作的复杂性和物探资料的多解性，建议将瞬变电磁法与其它物探方法配合使用，从不同的角度对含水异常区进行多种参数的综合解释分析，提高物探找水的准确性。

与其它电法解释资料的对比分析表明，CUGTEM-2001 型瞬变电磁仪的勘测成果尚存在 2 个问题：①勘测成果对浅部地层信息的压制范围偏大，约占勘探深度的 1/4 ~ 1/3；②勘测成果中的交流视电阻率值普遍偏低，不便与其它电测方法的同类参数进行直接对比。

THE APPLICATION OF TEM TO GROUNDWATER EXPLORATION IN GANSU PROVINCE

JIANG Wen, HU Wen-xian

(*Institute of Hydrogeology and Engineering Geology Gansu Provincial Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Zhangye　734000, China*)

Abstract: In some areas of Gansu province, the common geophysical methods for groundwater exploration seem to be ineffective in classifying the structures of strata, locating the positions of faults, finding out the shape of bedrock surface and estimating the distribution of groundwater. Using TEM exploration combined with an analysis of borehole data, the authors made some breakthrough in solving the above – mentioned hydrogeological problems. The results prove the effectiveness of this method in ground water exploration.

Key words: TEM; groundwater exploration; application

作者简介：蒋文（1966 – ），男，1988 年毕业于长春地质学院应用地球物理专业，高级工程师，长期从事水文物探野外生产和技术管理工作。

万方数据