

地球物理技术在地下水资源勘查中的作用

郭建强¹ 薛忠岐²

(1、中国地质调查局水文地质工程地质技术方法研究所, 河北保定, 071051

2. 中国地质大学(北京), 北京 100083;)

摘要：本文扼要分析了地球物理方法在水文地质调查工作中的现状和存在的问题，简述了地球物理方法在地下水资源调查中所解决的问题及其技术途径。内容包括构造、地层结构、地层岩性、地下水富集程度、地下水水位、地下水矿化度、岩性结构、沉积特征、地下水运移特征等。

关键词：地球物理；地下水；技术

地球物理勘探技术作为地球探测的重要手段已在石油、煤炭、矿产、水文、工程、环境等领域发挥了重要的作用。地球物理勘探方法按其观测方式划分不下百余种，形成探测浅数十公分深达数十千米的勘探系列方法，可用于不同用途和目的地球探测；涉及岩石的物理性质则涵盖了物质的电性、磁性、弹性、放射性、温度等特性。应该说地球物理勘探技术的发展是人类认识地球结构需要促进的结果，与此同时地球物理技术的提高反过来促进了人们对地球构造、结构更全面科学的认识。目前地球物理探测已形成了以地震勘探和电磁法勘探为主要方法的勘探技术体系，特别是近年发展起来的多分量三维地震勘探技术和高灵敏电磁勘探技术更是将地球探测的技术推向与一个新的高度。伴随着勘探技术的发展勘探理论也不断地创新，勘探工作已经从简单的构造勘探、地层勘探、发展到现阶段的岩性勘探，其为认识地层结构、分析资源储藏、研究大地构造演变提供了丰富的信息^[2]。

面对全球性水资源匮乏地下水资源的合理开发和保护日益重要，但与石油、煤炭等工业资源的勘探工作相比，地下水资源的勘探的物探理论与技术均较落后，这一方面是由于地下水资源本身的特点所致，另一方面也与行业存在不够重视等因素有关。概括地讲有以下几个方面：

(1) 地下水资源为非工业性资源，受传统观念影响在大规模开发利用阶段忽略了它的资源属性和潜在的经济价值，至今未形成完整的产业链，使得地下水勘探投入缺乏应有的保障机制，造成行业发展后劲不足、技术装备落后、技术人员匮乏，技术开发与研究停滞不前的状况。

(2) 由于地下水开发面对的是基层用户，其勘探技术追求实用、简便，从而导致忽视理论发展和技术的集成和提炼，未形成真正意义上的水文物探学科。

(3) 水文地质界存在着对地球物理方法的一些片面观念，主要表现在：一是对物探工作的认识仍停留在早期水文地质工作的理解阶段；二是将物探结果绝对化，简单地把物探成

郭建强：男，1964 年出生，1985 年毕业于长安大学，现在中国地质调查局水文地质工程地质技术方法研究所从事水文、工程物探工作，高级工程师，现在中国地质大学攻读博士学位。

果与钻探结果进行比较,从而得出物探方法不可信或不可靠的片面结论;三是对物探成果多解性的误解,物探成果的多解性主要表现在认识上的多解性而非结果的多解,由于对地质条件、岩性特征等资料掌握不足而造成认识的多义性本是符合客观认识过程的,但这往往引起对物探成果客观性的误解。

(4) 专业上存在着概念的不一致的问题,物性层的划分(速度层、电性层)与年代地质层的划分依据不同,造成了两种层界面不一定完全吻合的现象。物探数据是从物性角度分析地质结构,具有其合理性,是提高勘探认识主要的依据,应客观地对待。

(5) 学科间的相互配合横向交流不够。从地下水资源勘查角度看物探工作是勘查工作的一部分,不是孤立的。首先是舞坛资料分析解译要全面参考已有各类地质、水文地质资料,其次地球物理资料的解译分析过程应该与水文地质人员共同进行以使推断解释更接近于实际。

地下水资源调查、勘查工作性质不同地球物理方法所发挥的作用也有所不同,根据地球物理勘探技术的特点,其在水文地质工作中的应用体现在两个层面,一是工作区宏观结构性探测;二是确定勘探孔、开采孔的具体位置,即通常所说的找水技术。按地球物理反映的水文地质调查内容则包括:构造、地层结构、地层岩性、地下水富集程度、地下水水位、地下水水质、岩性结构、沉积规律、地下水运移特征等。

1 构造

构造是地质工作的基础,宏观上它控制着水文地质单元的边界,地下水不同类型的分布,其对地下水的形成、演化具有重要影响,是地质模型建立的主要因素之一。构造探测可以通过岩石电阻率、波速、放射性、重、磁等物理参数确定。区域探测常用方法有电阻率测深、音频大地电磁测深和地震勘探等方法。

断层构造的位置和性质是确定基岩裂隙水、岩溶裂隙孔隙水赋存的主要依据。由于构造挤压形成的岩石破碎带是基岩地下水富集的主要场所,其结构特征,物性特征以及地下富集气体的运移特征均随之变化,这些都是利用地球物理方法探测地下水的基本前提。国内外在此方面的研究工作较多,应用方法也较多,主要包括:电阻率剖面法、音频大地电场法、甚低频电阻率法、电磁剖面法、放射性方法、地震、激发极化法、核磁共振法、汞蒸气测量法等。通常是选择简单方法探查断裂构造的位置、走向、规模,然后用精确方法确定其断裂性质,富水特征等。

2 地层结构

勘查区的地层结构不仅是刻画地质模型的基本因素,也是工程设计的主要依据。由于地层的岩性结构、状况等条件不同,不同的特征的岩层表现出不同的物理性质,如电阻率、密度、波速、磁性等均有所不同,根据物性特征的不同,用地球物理方法可以按不同性质划

分地层结构。划分确定地层结构较有效的方法有测井、地震勘探和电磁测深法，此外也常用电阻率测深和瞬变电磁测深法。

3 地层岩性

地层岩性划分是确定含水层、隔水层的基础，也是分析地层富水性的依据。对不同岩性的地层，其电阻率、波速、放射性含量特征均有所不同，根据它们的特征值范围并参照地质资料可以通过物探资料确定其岩性特征，主要方法有电阻率法、地震法、测井等。

4 地层富水性

富水性是地下水开采利用、施工设计的主要依据。不同岩性的地层其富水的特征和性质不同。对孔隙类地层，其含水率随着孔隙度增高而增加，但富水性则随着孔隙度增加先增大，达到某一极值后，又随孔隙度增加而减小；对致密结构地层，其富水性则与构造裂隙的发育程度有关，一般张性裂隙比压扫性裂隙富水性要好，此外，该类裂隙水的富集程度与所处的水文地质条件、岩石的可溶性、脆性相关，一般水文地质条件好，可溶性强，脆性岩石的构造裂隙水富水性强。因此，判断构造裂隙水的富水性要从岩性、水文地质条件、构造条件几个方面综合考虑，而岩性与构造特征可通过视电阻率、密度等参数加以分析。目前能够直接反映地层中富水特征的地球物理方法有核磁共振法、激发极化法、介电常数法，其磁共振强度、弛豫时间、极化率、衰减时、介电常数均与地下水的贮量及状况密切关联。

5 地下水水位

未知区域判断地下水水位埋藏深度是一项重要任务，对水文地质条件分析、钻孔设计具有重要的指导意义。目前较常用的方法是激发极化法，参数以激化率、激发比为主。在地层条件比较简单的松散类地区电阻率法和地震法也可以用于确定地下水水位埋藏条件。

6 地下水矿化度

地下水矿化度是利用地下水的主要参考标准，也是水资源评价的主要内容之一。影响地下水矿化度的因素包括地层沉积环境和地下水的运移条件。对于孔隙结构地层，由于地层电阻率主要由地层格架特征和贮存于其中的地下水电阻率决定，通过地层电阻率值和获取的地层格架参数可以反算出地下水电阻率，再根据地下水的水化学类型，地下水的温度值可粗略估算出地下水的矿化度预测值。目前电阻率方法是唯一可用于地下水矿化度分析的地球物理方法，实际应用中也常用电阻率类比法来判断水质。利用测井方法确定地下水矿化度除用电阻率法以外，自然电位也可判断咸淡水，基岩裂隙水矿化度的确定目前尚为待攻关的难关。

7 岩性结构

岩性结构主要指岩石的粒度、孔隙度、泥质含量、胶结状况等，是确定地下水富水性、渗透特征的主要参量。确定岩性结构特征主要通过测井方法，主要有密度测井、伽玛测井、声波测井等方法。地面方法中地震勘探技术可通过约束条件反演得到地层有效孔隙度剖面，震电效应也可以获取有关地层结构信息，目前该类技术已应用于石油勘探工作之中。

8 沉积特征

地层的物性参数从物理特征的角度反映了岩石的岩性、结构特征，因此通过物性的宏观和微观变化可以获取地层的沉积特征，如洪积扇、古河道、沉积韵律等，沉积特征在电阻率剖面、波速剖面上其结构特征和参量值均有所反映。石油地震目前最新的研究领域便是通过地震勘探资料恢复沉积的微环境特征以此指导石油勘探与开发。地层电阻率值的变化一方面显示地层岩性的变化，另一方面则显示了地下水水质的变化，这种变化在稳定环境中与沉积的小气候环境密切相关。

9 地下水运移特征

地下水资源的一个主要特征是其具有活动性，是一种运动着的资源形态。由于水文地质条件不同地下水运动导致地下水矿化度状况不同，对于特定的区域物性的变化可以反映地下水运动的规律和特点，这对分析地下水的运动规律具有很需要的参考价值。电阻率值可通过地下水矿化度的变化反映地下水运动规律。

参考文献

- [1] 陈颢，刘振兴，邹光华，等主编．地球物理与中国建设．地质出版社，1997，(10)．
- [2] 崔霖沛，吴其斌编著．环境地球物理方法及其应用．地质出版社，1997，(12)．
- [3] 张永波等著．水工环研究的现状与趋势．地质出版社，2001，(3)．