

应用电性特征研究银川平原地下水水质空间分布规律

韩银利¹, 尹秉喜², 余秋生², 于艳青²

(1. 宁夏地质工程勘察院, 宁夏 银川 750021; 2. 宁夏地质调查院, 宁夏 银川 750021)

摘要:以蕴涵丰富地下水系统水循环信息的电性特征为线索, 采用电测深法, 在分析研究银川平原 450 m 深度内地下水系统的空间结构的基础上, 对平原地下水水质空间分布规律进行了综合研究, 为银川平原地下水资源可持续利用战略的制订提供了依据。

关键词:电测深法; 水文地质; 地下水水质; 银川平原

中图分类号: P631

文献标识码: A

文章编号: 1000-8918(2008)03-0288-03

银川平原水文地质资料有限且分布不均, 而打较多的水文地质试验钻孔进行求取含水层试验参数的费用相当昂贵。因此, 地面地球物理勘探方法是一种能够获得大区域内有关数据资料的经济实用的方法。电阻率作为综合研究银川平原地下水水质空间分布的基本线索, 其基本思路是依据含水层电阻率特征分析, 运用统计学基本原理建立含水层电阻率与地下水矿化度之间的数学模型, 在此基础上通过银川平原电性空间分析, 以达到平原区地下水水质空间分布规律研究。

1 电阻率法的应用研究程度

前苏联学者研究了交变电磁场含水岩石的导电特性, 其结果表明: 含水岩石的等效电导率及介电常数取决于对其测量时所用的电磁场的频率; 含水岩石的频散现象与岩石中传导电流与位移电流的相互作用有关; 岩石中所含水的矿化度对其介电常数影响很大; 用求得的介电常数、电导率可估算岩石的含水量及水的电导率。

国内余秋生、武毅等^[1]认为: 在中国西部的内陆盆地, 由于降雨稀少, 蒸发量大, 地下水水质多较差, 地下水勘察最重要的内容是进行地下水矿化度评价, 从阿尔奇公式出发, 地层电阻率、地层水电阻率与地层孔隙度之间有密切的关系。2003 年强建科、郭建强等^[2]编写了利用电(磁)测深资料反演出的层电阻率数据计算地下水矿化度软件。另外, 根据研究区钻孔旁测深曲线, 采用阻尼最小二乘拟合一维反演的层电阻率与对应的含水层矿化度呈现双曲线关系^[3]。总之, 利用电性特征研究地下水的

水质特征, 是当前西北干旱缺水地区地下水研究领域的新热点。

2 电性-水文地质研究方法

地球物理研究目标的物理-地质模型是抽象化的场源体及由场源体引起的异常效应的系统, 这些效应逼近地质目标并以建模所需要的详细程度概括反映地质目标的构造、规模、形状、岩石物理性质及其相应的物理场的立体分布, 其特征具有典型性、简化性和不唯一性的特点。对于地球物理-地质模型的建立, 李大心^[4]总结了类比、相关分析、反馈 3 种建立模型的方法, 同时指出: 物理-地质模型的建立与修改过程是一个人的认识随着勘探工作的深入, 不断接近客观世界的过程。通过先验知识建立初始模型, 通过勘探实践不断修改模型, 最后得到比较接近于实践的模式。

电性-水文地质模型按其研究的对象和概括的程度同样包含了类比、相关分析、反馈 3 种建立模型的方法。国内李立^[5]利用大地电磁测深结果研究了地壳、上地幔的电性结构, 按类比法得出了从东北的松辽地区经华北地台东缘向西南沿汾渭地堑再折向南直到扬子地台西缘, 有 1 个北东—南西向的巨大的上地幔低阻层隆起带, 大部分上地幔低阻层隆起区与高热流区以及强震中分布带有较好的对应关系。尽管其研究的地质目的和深度不同, 但其方法可借鉴到利用电性特征研究地下水流系统方面。

利用常规水文地质学, 在研究区 450 m 深度内对地下水流循环系统进行了详细的研究, 为建立电性-水文地质模型提供了较丰富的类比资料。

应当指出,电性-水文地质模型的建立与修改过程是对研究区水文地质条件工作的不断深入、不断接近客观世界的过程。通过先验知识建立初始模型,再通过勘探实践不断修改,最后得到比较接近于实践的模型。首先,利用区内详细的地下水循环系统研究资料进行模型的正演实验,初步取得认识;然后通过阻尼最小二乘拟合正反演工作,修改解释结果,完善模型;最终利用完善的模型解释银川平原地下水质空间分布规律。

3 电阻率与地下水矿化度相关模型

为了确定含水层电阻率与地下水矿化度之间的关系,利用研究区 105 个钻孔旁测曲线阻尼最小二乘拟合一维反演层电阻率对比(图 1)。

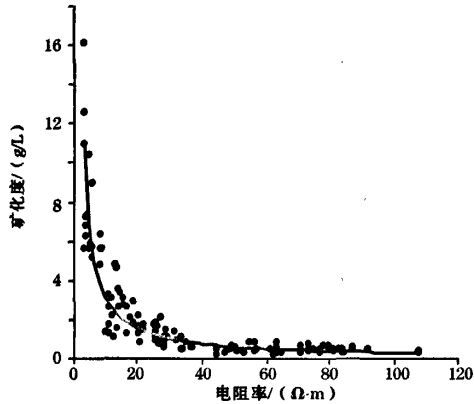


图1 电阻率与地下水矿化度相关曲线

电阻率与矿化度的对应关系为幂函数关系,数学表达式为 $Y=\alpha X^\beta$,式中, X 为电阻率, Y 为地下水矿化度; α 、 β 为待定系数。通过研究区含水层结构特征分析,依据此式,利用统计学原理确定了银川平原冲积、河湖积平原区不同性质含水层对应的数学模型(表 1)和利用电阻率划分水质的相关成果(表 2)。

表 1 测区电阻率与矿化度相关成果

含水岩组类型	相关数学模型	相关系数(R)
潜水(0~50m)	$Y=33.24X^{-0.9816}$	0.95
第一承压水(50~150m)	$Y=37.219X^{-1.0593}$	0.93
第二承压水(150~250m)	$Y=22.574X^{-0.9372}$	0.92
深层承压水(250~450m)	$Y=17.1574X^{-0.8998}$	0.97

表 2 测区不同矿化度对应的电阻率 Ω·m

含水岩组类型	$Y<1\text{g/L}$	$1\text{g/L}\leq Y\leq 3\text{g/L}$	$Y>3\text{g/L}$
潜水(0~50m)	35.5	11.6~35.5	<11.6
第一承压水(50~150m)	>30.4	10.8~30.4	<10.8
第二承压水(150~250m)	>27.8	8.6~27.8	<8.6
深层承压水(250~450m)	>23.5	6.95~23.5	<6.95

此外,对于不同水文地质单元,电阻率值往往受含水层岩性的化学成分、孔隙度和颗粒度等因素影响。含水层颗粒度不同,其电阻率值背景值亦不同,一般来讲,粗颗粒含水岩组的电阻率背景值较高,反之细颗粒的则相对较低。这就造成不同水文地质单元判别地下水矿化度的电阻率值标准不同,但二者之间的曲线形态仍为乘幂函数关系。

电阻率值作为松散岩类地下水矿化度地面判定的唯一参数,利用数学统计确定地下水矿化度与含水岩组电阻率之间的相关数学模型。可以通过地面测量电阻率来估算地下水矿化度值,但应注意区域电性特征范围和模型的应用条件与不确定性,矿化度确定必须满足在同一水文地质单元内。

地下水矿化度是评价地下水水质的重要参数之一,利用电阻率值估算地下水矿化度,是可以克服常规水文地质利用钻孔资料点或局部代面评价地下水水质局限的一种经济、快速的有效方法。

4 地下水水质(矿化度)空间分布

自 20 世纪 70 年代以来,地矿部门在银川河套平原展开了大量的水文地质研究工作,并积累了大量的水文地质、水化学及地球物理勘探资料,为研究奠定了基础。本次研究主要引用 1985~1989 年“银川市水文地质工程地质综合勘察”^①及 1990~1993 年“银川平原农业生产基地地下水资源及环境地质综合勘察评价”^②项目电测深资料(总计电测深物理点 1 023 个,井旁电测深点 116 个),资料覆盖整个银川平原。

电阻率测深法是电法勘探中的一种人工场源的勘查地球物理方法,它是以地壳中岩石、矿石的电阻率差异为物质基础,观测和研究人工电场的变化和分布规律,进而进行找矿和解决构造、水文、工程地质问题的一种重要的地球物理勘探方法^[6-7]。其基本原理是通过逐步扩大电极距来了解垂向上电阻率的变化,可以获得地下横向和垂向的电性信息,以此建立地下半空间的电性结构。引用资料采用方法为非等比对称四极电测深法,工作最大供电电极距 $AB=2\,000\text{ m}$,最大测量电极距 $MN=120\text{ m}$ 。

银川平原为一相对独立的地下水系统,其地下水的补、径、排条件为:平原周边的中、低山及丘陵区

① 宁夏地质矿产局第一水文地质工程地质队. 银川市水文地质工程地质综合勘察报告. 1989.

② 宁夏地质矿产局第一水文地质工程地质队. 银川平原农业生产基地地下水资源及环境地质综合勘察评价. 1994

为地下水的补给区,山前地带为径流区,而冲、湖积平原区为汇集排泄区。由于黄河自南而北穿越银川盆地,使盆地内的地下水与黄河水发生了密切的水力联系,从而形成以河流为主导的河流—盆地水循环系统。

基于电性特征研究,通过银川平原大量的电测

深资料一维反演解释层电阻率结果,按不同深度段进行地下水矿化度换算。借助法国 NANCY 大学 J. L. Mallet 教授开发的主要应用于地学领域的三维模拟和计算机辅助设计的 GOCAD 软件,给出了银川平原 450 m 深度内地层电阻率空间分布(图 2)和地下水水质评价的主要参数矿化度空间分布(图 3)。

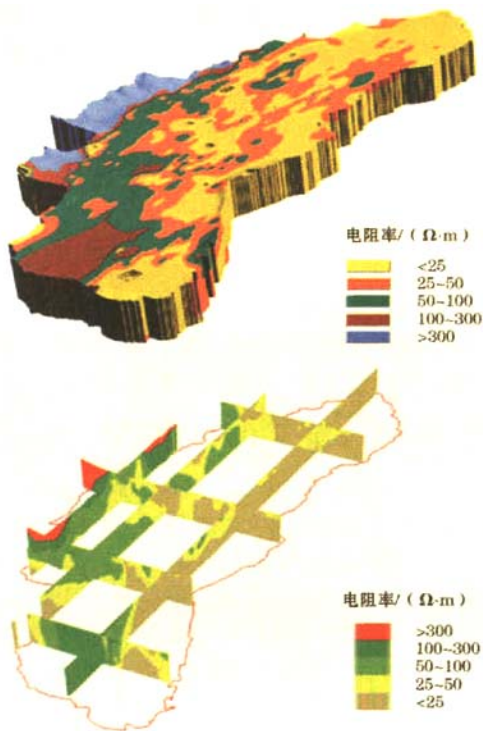


图 2 银川平原电阻率空间分布(上)及剖面(下)示意

从以上图件可以清楚地看出银川平原电阻率及其水质评价的主要参数——矿化度空间对应及分布特征。银川平原地下水系统为一相对独立的河流—盆地型地下水系统,并存在诸如贺兰山洪积倾斜平原单一潜水区,青铜峡黄河冲积扇平原单一潜水区,黄河冲、河湖积平原多层结构潜水—承压水区局部地下水系统,其局部系统在电性上及其水质分布上均具有明显差异性。

5 结论

(1)以电阻率为基本线索,通过对银川平原水层结构特征分析,利用统计学原理,确定了银川平原冲洪积、河湖积平原区不同性质含水岩电阻率与地下水矿化度的相关数学模型。

(2)利用电测深资料系统研究了银川平原电性空间结构和地下水水质空间分布规律,从而为银川平原深层(埋深 450 m)地下水勘查指明了方向,为

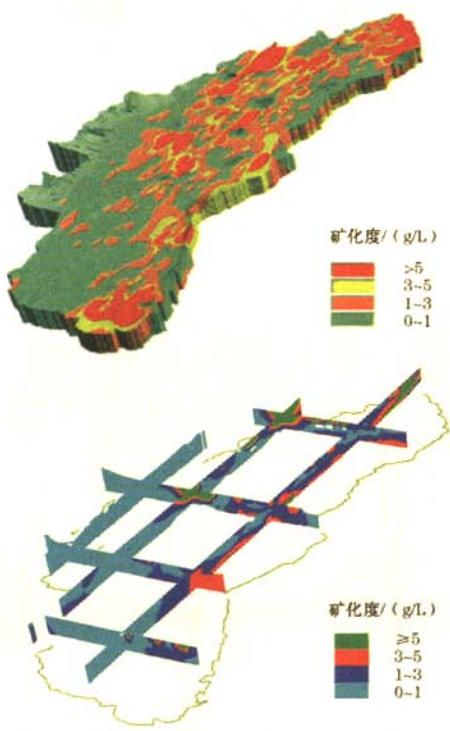


图 3 银川平原水质(矿化度)空间分布(上)及剖面(下)示意
地下水资源可持续利用战略的制订提供了依据。

参考文献:

- [1] 余秋生,武毅,尹秉喜,等. 地球物理勘探地下水的新进展[J]. 地球学报,2002,23(Sup.):79.
- [2] 强建科,郭建强,朱庆俊,等. 由电法资料计算地下水矿化度的软件系统[J]. 物探化探计算技术,2003,25(3):226.
- [3] 尹秉喜,余秋生,于艳青. 用电阻率测深探测地下水矿化度[J]. 宁夏工程技术,2005,4(3):213.
- [4] 李大心. 地球物理方法[M]. 武汉:中国地质大学出版社,2003.
- [5] 李立. 中国大陆地壳上地幔地电特征研究[C]//第30届国际地质大会论文集(地球物理)第20卷. 北京:地质出版社,1999.
- [6] 张胜业,潘玉玲. 应用地球物理学原理[M]. 武汉:中国地质大学出版社,2004.
- [7] 李舟波,孟令顺,梅忠武. 资源综合地球物理勘查[M]. 北京:地质出版社,2004.

下转 287 页

成最佳识别技术方法。

参考文献:

- [1] 彭晓波, 陈建渝, 曹忠祥, 等. 胜利油田花沟气田非烃类气体成因研究[J]. 地质科技情报, 2003, 22(1): 79.
- [2] 刘伟, 程军, 杨云岭. 寻找 CO₂ 气藏的地球化学方法[J]. 天然气地球科学, 2004, 15(4): 432.
- [3] 郭栋, 李红梅, 程军, 等. 利用化探稽查技术检测二氧化碳气藏[J]. 物探与化探, 2005, 29(3): 205.
- [4] 宋庆彬, 汪德刚, 陈玉新, 等. 气测录井定量快速色谱分析技术[J]. 录井技术, 2003, 14(4): 24.
- [5] 王立东, 罗平. 气测录井定量解释方法探讨[J]. 录井技术, 2001, 12(3): 1.
- [6] 秦绪英, 肖立志, 张元中. 中子测井与天然气探测技术[J]. 核电子学与探测技术, 2006, 26(1): 9.
- [7] 孟祥水, 张晋言, 孙波. 利用测井视孔隙度差异识别二氧化碳和烃类气[J]. 测井技术, 2003, 27(2): 132.

INTEGRATED RECOGNITION TECHNIQUE FOR CO₂ GAS AND ITS APPLICATION

GUO Dong

(Institute of Geophysical Exploration, Branch Company of Shengli Oilfield, Dongying 257022, China)

Abstract: In view of the peculiar physical and chemical properties of CO₂ gas accumulation, the author holds that only by integrated application of various data and techniques can CO₂ accumulation be effectively recognized. Regional geological analysis and geophysical - geochemical exploration methods should be utilized in an integrated way to evaluate the distribution of non-hydrocarbon gas and then locate objectives for drilling. Non-hydrocarbon chromatographic measurement and infrared CO₂ concentration measurement ought to be performed to realize in-situ drilling dynamic detection of the CO₂ layer. Gas chromatography is used to test related log parameter data and neutron porosity differential values of nuclear logging density so as to make an integrated interpretation of the CO₂ gas layer and recognize CO₂ gas effectively. New key techniques for integrated exploration of CO₂, such as geochemical method and log, are discussed in detail in this paper.

Key words: CO₂ gas accumulation; geochemistry; log method; nuclear logging method; integrated recognition technique

作者简介: 郭栋(1967-), 高级工程师。1991年毕业于成都地质学院石油地质专业, 2006年获中国科学院广州地球化学研究所构造地质学博士学位。胜利油田分公司物探研究院从事地震地质综合研究工作, 发表论文 20 余篇。

上接 290 页

THE APPLICATION OF ELECTRIC CHARACTERISTICS TO STUDYING SPATIAL DISTRIBUTION OF GROUNDWATER QUALITY IN YINCHUAN PLAIN

HAN Yin-li¹, YIN Bing-xi², YU Qiu-sheng², YU Yan-qing²

(1. Ningxia Institute of Geo-engineering and Reconnaissance, Yinchuan 750021, China; 2. Ningxia Institute of Geological Survey, Yinchuan 750021, China)

Abstract: In the light of the electrical characteristics of groundwater circulation information and on the basis of analyzing the spatial structure within the depth of 450 m in Yinchuan plain, the authors studied comprehensively the spatial distribution of groundwater quality by means of electrical resistivity sounding for the purpose of sustainable utilization of groundwater resources.

Key words: electrical resistivity sounding; hydrogeology; groundwater quality; Yinchuan plain

作者简介: 韩银利(1967-), 女, 高级工程师, 主要从事地质工程和地质环境研究。