

地下水开发利用

# 地下水电导率与矿化度相关关系分析

——以鲁北平原为例

刘中业,徐建国,祁晓凡,刘春华

(山东省地质调查院,山东 济南 250013)

**摘要:**由于地下水电导率与矿化度之间存在相关关系,在地下水资源调查时,可以通过现场实测地下水电导率的方式估测地下水矿化度。为探求两者间的相关性,通过对鲁北平原区地下水矿化度与电导率测试数据的统计分析,发现在矿化度 $\leq 3\text{g/L}$ 的情况下,电导率与矿化度存在较好的线性关系,而且不同的阴离子水化学类型线性关系式不相同。

**关键词:**电导率;矿化度;线性关系;鲁北平原

**中图分类号:**P641

**文献标识码:**B

## 0 引言

随着中国地质调查局地质调查项目的深入开展,便携式电导率测试仪得以广泛应用,在野外采集地下水样品时,现场即可测试电导率值,但由于电导率不能和矿化度直接进行换算,无法在现场估算矿化度的数值,给工作带来了不便,通过对电导率和矿化度之间关系的统计,初步建立了鲁北平原地区地下水电导率和矿化度之间的关系方程,为在此类地区通过电导率现场测试估算矿化度值提供了依据。

电导率的测定反映水中离子含量的多少,其大小取决于水溶液中离子的组成和离子的含量,以及水溶液的温度和粘度等。由于电导率和矿化度的大小都是由水溶液中离子的组成和离子的含量决定的,因此它们之间也存在一定的关系<sup>[1]</sup>。对于某一区域来说,由于离子组成相对稳定,因此电导率和矿化度的关系也相对较为稳定<sup>[2-5]</sup>。

## 1 研究区概况与研究方法

### 1.1 研究区概况

研究区地处鲁北平原区(图1),地势平坦,地表岩性为粉土,春季干旱多风、夏季炎热多雨、秋季旱

涝不均、冬季寒冷少雪,区内多年平均降水量为568 mm,蒸发量为1600~1900 mm,降水多集中在7—8月,区内水系不发育,多以人工开挖的河渠为主,鲁北平原由于受不同地质历史时期的古气候、古地理沉积环境及新构造运动等因素控制,含水砂层在不同深度的分布形态和发育程度均存在着差异,并导致地下水的富水性、循环交替强度、水化学类型等水文地质特征发生相应的变化,第四系含水层组从上到下可以划分为4个含水岩组,第I含水岩组层底深度为30~40 m,含水砂层累积厚度一般10 m左右,颗粒较细,为粉砂至细砂,古河道带颗粒相对较粗,厚度也大,主要为潜水,水循环交替强烈,更新速率相对较快,有利于地下水的补给与开发利用,同时第I含水岩组地下水较为脆弱,保护不当容易受到污染。第II、第III含水岩组主要为咸水层,基本不开采;第IV含水岩组地下水是城镇居民生活、工业用水的主要开采层,含水层颗粒较粗大,一般为中砂,局部为粗砂砾石<sup>[6]</sup>。此次研究对象为第I含水岩组中的地下水,即“浅层地下水”。

### 1.2 样品采集与测试

2006—2009年,在研究区内共采取浅层地下水样品1087组,样品大致均匀地分布在整个研究区内。在进行地下水样品采集前,均进行了充分的洗

收稿日期:2013-05-14;修订日期:2013-07-12;编辑:王秀元

作者简介:刘中业(1979—),男,山东费县人,工程师,从事水文地质和环境地质工作;E-mail:yimeng\_1130@sina.com。

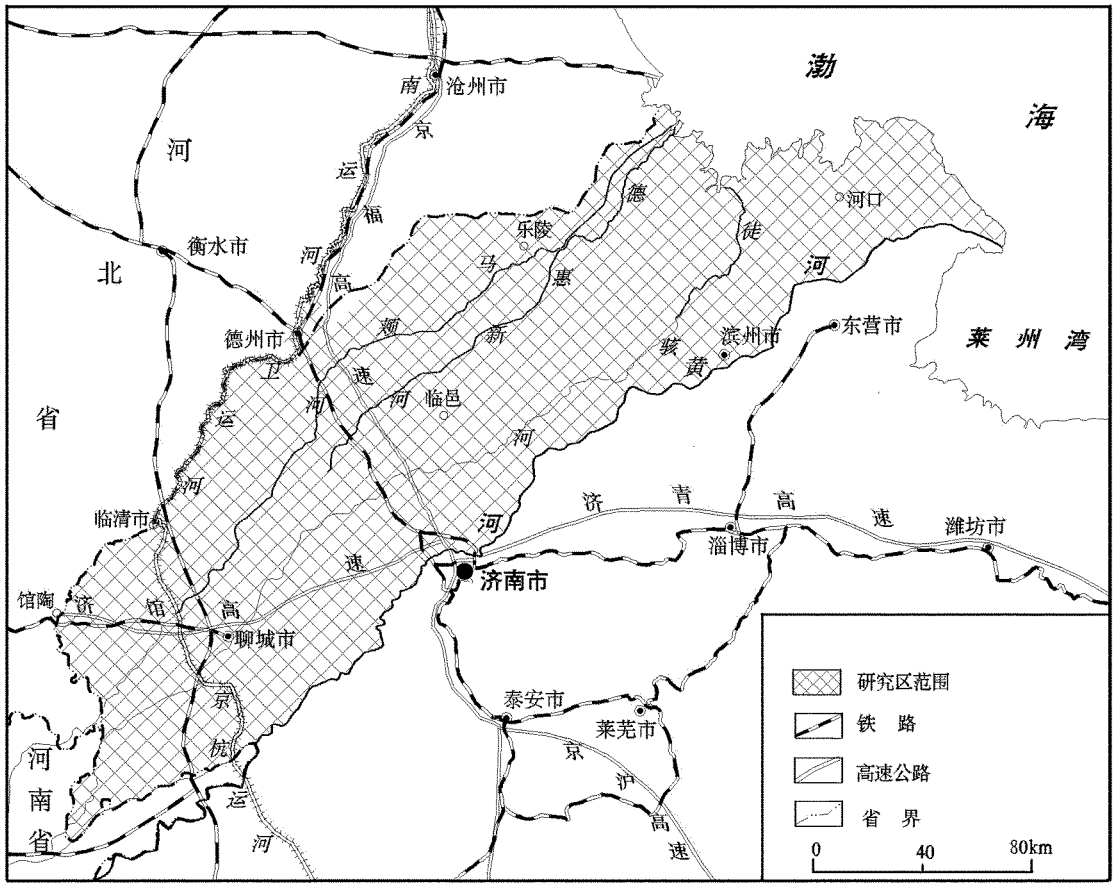


图 1 研究区位置示意图

井, 取样方法严格按照《地下水环境监测技术规范》(HJ/T164-2004)和《地下水污染地质调查评价规范》(DD2008-1)要求进行, 无机指标 Fe、重金属等指标加入了保护剂, 并在 3 天内送实验室进行了检测, 在水样采取前均进行了电导率测试。电导率的测试采用 hanna 公司生产的 HI98311 型便携式电导率仪在采样现场进行, 测试结果现场填写记录表格。

1.3 数据处理

数据的回归分析和图件制作采用 SPSS13.0 统计软件完成<sup>[7]</sup>。

2 测试结果与分析

因为 HI98311 型便携式电导率仪的量程最大为 3 999 us/cm, 在测试结果中选取了具有准确电导率(EC)测量数据和实验室测试数据的 662 组数据进行了分析。通过对矿化度和电导率进行统计分析可以发现, 不同阴离子水化学类型的相关关系方程

并不一致。

对全部 662 组数据利用 SPSS13.0 进行统计分析, 并利用标准化残差进行诊断, 剔除标准化残差值大于 2 的异常值, 剔除异常值后的 626 组数据的矿化度的最大值为 3 201.62 mg/L, 最小值为 401.51 mg/L, 平均值为 1542.38mg/L, 中位数为 1433.92 mg/L, 对剔除异常值后的 626 组数据进行线性回归分析, 标准化残差大致符合正态分布, 符合一元线性回归模型的假设, 线性回归方程为  $M=0.766 \times EC + 109.89$ , 相关系数为 0.982, 为强正相关, 拟合系数为 0.964, 拟合度好(图 2)。将剔除异常值后的 626 组数据代入线性回归方程, 有 83.8% 的数据其相对误差小于 10%, 46.9% 的数据的相对误差小于 5%, 0.80% 的数据的相对误差大, 超过了 20%。

按照舒卡列夫分类标准, 对工作区的阴离子进行了水化学类型分类, 各不同阴离子水化学类型的样品数量见表 1。

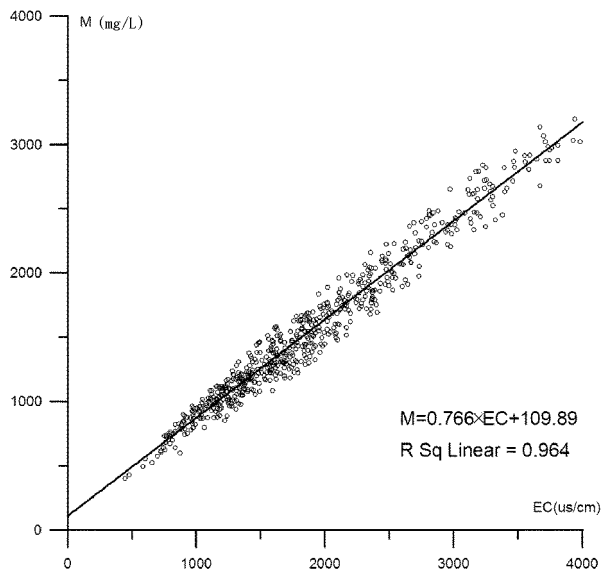


图 2 全区电导率和矿化度的拟合线

### 2.1 重碳酸型水

重碳酸型水共有 150 组,利用 SPSS13.0 进行回归分析,并利用标准化参差进行诊断,剔除标准化残差值大于 2 的异常值,剔除异常值后的 144 组数据的矿化度最大值为 1 982.98 mg/L,最小值 401.51 mg/L,平均值为 1 078.00 mg/L,中位数 1 077.44 mg/L,对剔除异常值后的 144 组数据进行线性回归分析,标准化残差大致符合正态分布,符合一元线性回归模型的假设<sup>[5]</sup>,线性回归方程为: $M = 0.882 \times EC + 21.45$ ,相关系数为 0.983,为强正相关,拟合系数为 0.967,拟合度好(图 3)。将剔除异常值后的 144 组数据代入线性回归方程,有 95.1% 的数据其相对误差小于 10%,66.0% 数据的相对误差小于 5%,4.90% 数据的相对误差较大,超过了 10%,最大误差为 13.3%。

表 1 不同阴离子水化学类型的样品数量

| 阴离子水化学类型 | 重碳酸型水 | 重碳酸硫酸型水 | 重碳酸硫酸氯化物型水 | 重碳酸氯化物硫酸型水 | 重碳酸氯化物型水 | 硫酸氯化物重碳酸型水 | 氯化物重碳酸硫酸型水 | 氯化物硫酸重碳酸型水 | 氯化物重碳酸型水 |
|----------|-------|---------|------------|------------|----------|------------|------------|------------|----------|
| 样品组数(组)  | 150   | 37      | 79         | 121        | 133      | 19         | 40         | 50         | 33       |

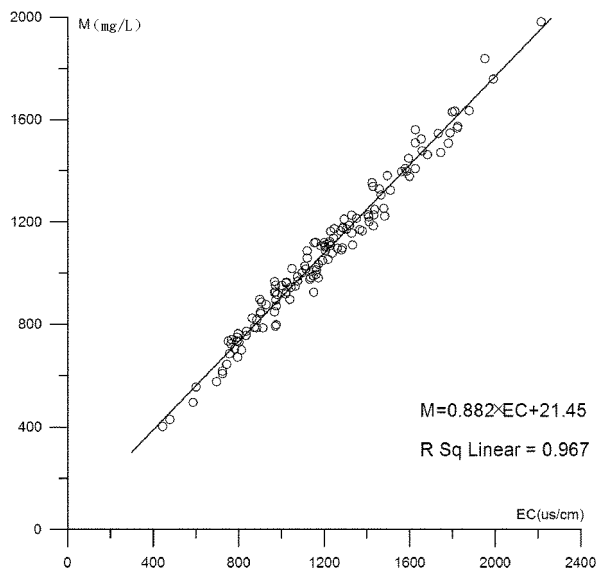


图 3 重碳酸型水电导率和矿化度的拟合线

115 组数据的矿化度最大值为 3 135.82 mg/L,最小值为 524.66 mg/L,平均值为 1 662.70 mg/L,中位数为 1 560.57 mg/L,对剔除异常值后的 115 组数据进行线性回归分析,标准化残差大致符合正态分布,符合一元线性回归模型的假设,线性回归方程为: $M = 0.818 \times EC - 15.39$ ,相关系数为 0.985,为强正相关,拟合系数为 0.971,拟合度好(图 4)。将剔除异常值后的 115 组数据代入线性回归方程,有 93.0% 数据的相对误差小于 10%,73.9% 数据的相对误差小于 5%,7.0% 数据的相对误差较大,超过了 10%,最大相对误差为 15.2%。

### 2.3 重碳酸氯化物型水

重碳酸氯化物型水共有 133 组,利用 SPSS13.0 进行分析,并利用标准化参差进行诊断,剔除标准化残差值大于 2 的异常值,剔除异常值后的 125 组数据的矿化度最大值为 2470.16 mg/L,最小值 625.92 mg/L,平均值为 1341.54 mg/L,中位数 1282.62 mg/L,对剔除异常值后的 125 组数据进行线性回归分析,标准化残差大致符合正态分布,符合一元线性回归模型的假设,线性回归方程为: $M = 0.777 \times EC$

### 2.2 重碳酸氯化物硫酸型水

重碳酸氯化物硫酸型水共有 121 组,利用 SPSS13.0 进行分析,并利用标准化参差进行诊断,剔除标准化残差值大于 2 的异常值,剔除异常值后

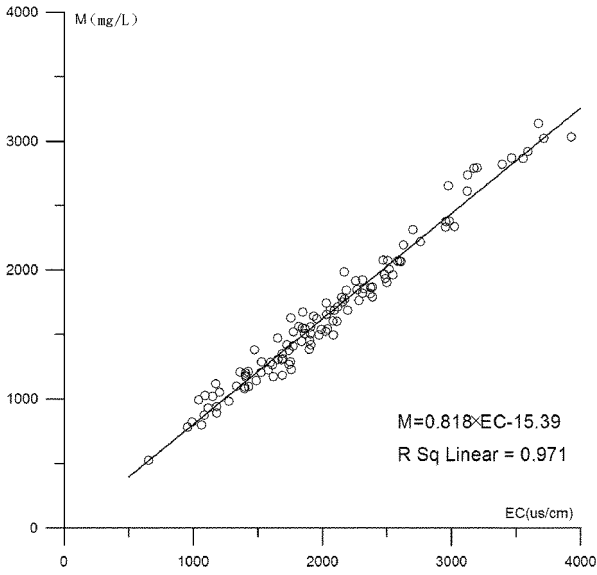


图 4 重碳酸氯化物硫酸型水电导率和矿化度的拟合线

+76.77, 相关系数为 0.963, 为强正相关, 拟合系数为 0.927, 拟合度好(图 5)。将剔除异常值后的 125 组数据代入线性回归方程, 有 83.2% 的数据其相对误差小于 10%, 48.0% 的数据的相对误差小于 5%, 17.6% 的数据的相对误差较大, 超过了 10%, 最大相对误差为 15.5%。

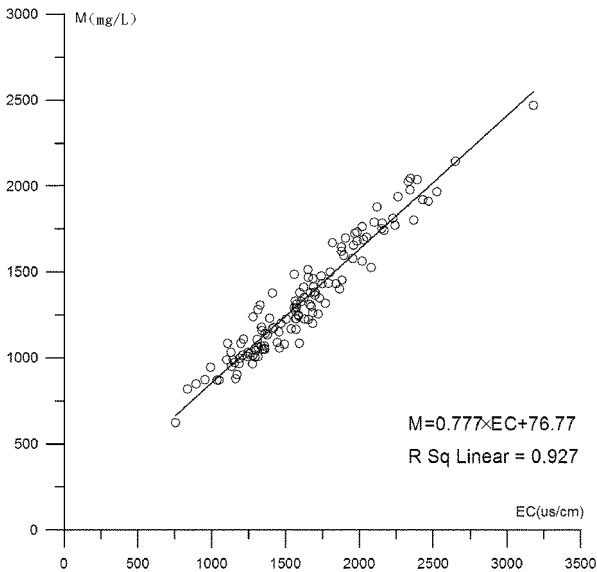


图 5 重碳酸氯化物型水电导率和矿化度的拟合线

### 2.4 重碳酸硫酸型等其他水化学类型水

对重碳酸硫酸氯化物型水、重碳酸硫酸型水、硫酸氯化物重碳酸型水、氯化物重碳酸硫酸型水、氯化物硫酸重碳酸型水、氯化物重碳酸型水采用与前述

相同的统计分析方法进行统计分析(表 2)。

表 2 重碳酸硫酸型等其他水化学类型水统计分析

| 阴离子水化学类型   | 样品组数 | 剔除异常后的样品组数 | 线性回归方程                         | 相关系数  |
|------------|------|------------|--------------------------------|-------|
| 重碳酸硫酸型水    | 37   | 36         | $M = 0.888 \times EC - 20.39$  | 0.992 |
| 硫酸氯化物重碳酸型水 | 19   | 19         | $M = 0.805 \times EC + 6.759$  | 0.988 |
| 氯化物重碳酸硫酸型水 | 50   | 46         | $M = 0.792 \times EC - 47.43$  | 0.990 |
| 氯化物硫酸重碳酸型水 | 40   | 35         | $M = 0.854 \times EC - 231.82$ | 0.979 |
| 氯化物重碳酸型水   | 33   | 27         | $M = 0.725 \times EC + 49.16$  | 0.961 |
| 重碳酸硫酸氯化物型水 | 79   | 72         | $M = 0.864 \times EC - 54.52$  | 0.986 |

### 3 结语

地下水电导率与矿化度进行统计分析结果表明, 在矿化度  $\leq 3$  g/L 的情况下, 电导率与矿化度呈较强的线性相关性, 拟合系数高, 拟合程度好, 拟合相对误差较小; 随着阴离子水化学类型的不同电导率和矿化度之间的关系式也不相同。在水文地质野外调查中利用便携式电导率仪测试地下水电导率, 可以较准确地估算地下水矿化度, 既节省了地下水水质测试费用, 又可以及时准确地获取地下水水质信息, 是今后水文地质野外调查中的一项重要的工作手段。

### 参考文献:

- [1] 王强, 周国强. 浅层地下水矿化度测定方法的探讨[J]. 环境工程, 2003, (3): 65-67.
- [2] 张启新, 李洁, 丛稳, 等. 地下水电导率与矿化度相关关系分析——以甘肃省河西走廊张掖盆地为例[J]. 地下水, 2010, 32(6): 46-48.
- [3] 吴诗怡. 塔克拉玛干沙漠地下水矿化度与电导率关系的研究[J]. 中国沙漠, 1996, 16(4): 374-378.
- [4] 陈素平. 天然水中电导率与矿化度的关系探讨[J]. 山西水利科技, 2011, (2): 78-80.
- [5] 周国强, 王强. 重碳酸型地下水矿化度测定方法的探讨——以洛阳市浅层地下水为例[J]. 四川环境, 1999, 18(3): 37-40.
- [6] 张兆吉, 费宇红. 华北平原地下水可持续利用评价[M]. 北京: 地质出版社, 2009: 39-43.
- [7] 李志辉, 罗平, 洪楠, 等. SPSS for Windows 统计分析教程(第 2 版)[M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.

# Analysis on Groundwater Conductivity and Salinity Correlation

——Setting Lubei Plain in Shandong Province as an Example

LIU Zhongye, XU Jianguo, QI Xiaofan, LIU Chunhua

(Shandong Geological Surveying Institute, Shandong Jinan 250013, China)

**Abstract:** Due to relationship between groundwater conductivity and salinity, during the period of the groundwater resource investigation, by the way of field measurement of groundwater salinity, groundwater conductivity can be estimated. In order to find the correlation between the two parts, through statistical analysis on groundwater salinity and conductivity test data of Lubei plain in Shandong province, it is found that under the condition of salinity  $\leq 3\text{g/L}$ , there is a good relationship between conductivity and salinity linear, and different types of linear anionic water chemistry relationships are not the same.

**Key words:** Conductivity; salinity; linear relationship; Lubei plain in Shandong province