

徐州市地下水开采与环境效应的研究

厉建华* 李后尧

(江苏省地质矿产勘查开发公司第五分公司, 徐州市金山桥开发区)

提 要: 以大量实际资料介绍了徐州市岩溶水的赋存特征, 近年来由于工农业发展, 需水量增加, 许多地段强烈超采, 出现岩溶水水位持续下降、水质恶化和发生岩溶塌陷等环境地质问题。

关键词 岩溶水 水位下降 水质恶化 岩溶塌陷 徐州市

徐州市是我国重要的交通枢纽和以煤炭、电力为主的工业城市, 市区有 100 万人口 (不包括贾汪区)。市区以地下水作为主要供水来源, 其中岩溶水的开采量占全部地下水开采量的 85% 以上 (每天约 30 万吨)。由于对岩溶水的强烈超采, 出现了一系列环境水文地质问题。

1 地质概况

1.1 地质和岩溶发育概况

徐州市及近郊地形由一系列 NE 走向的链状山丘和其间的冲、洪积盆地组成。本区的地质构造为徐州复式背 (向) 斜, 包括七里沟及更次一级的背、向斜。区内地层主要发育两大层系, 即第四系松散层和古生界以碳酸盐岩为主的沉积建造。第四系主要是冲积砂土、亚砂土, 冲、洪积和坡积粘土、亚粘土, 在山麓地带第四系厚 0~5 m, 一些向斜中心一般厚 30~40 m。古生界构成徐州市复背斜的主体, 下寒武系以杂色泥、页岩为主, 是本区的隔水层。中上寒武纪地层主要出露于盆地边缘山丘处。以灰岩、鲕粒灰岩为主, 地表岩溶发育。奥陶系岩性为泥质灰岩、白云质灰岩及厚层灰岩, 分布于盆地中部。石炭系仅在向斜核部发育, 主要为一套海陆交互相的含煤建造。

本区最大的断裂为废黄河断裂带, 它由四条大致平行的大断裂组成, 宽约 1 km, 走向 $290^{\circ}\sim 295^{\circ}$, 倾向 SW。它切割了所有地层, 断裂带内岩石破碎, 构造角砾、裂隙、岩溶发育, 是本区的强岩溶发育带, 徐州市人防工程勘探孔 K₆₁ 在 52.69~95.18 m 处遇一大溶洞。71 号钻孔在标高 -79~-98 m 处为 19 m 高的溶洞, 其内全部被更新世的含砾粘土充填, 且呈半坚硬状态。本区的 NE 向纵向断层, 大致与复背斜轴平行, 多倾向 SE, 断裂面一般紧闭, 不富水不导水, 但在其破碎带中, 因裂隙发育, 岩溶化作用较强, 可以富集岩溶水。

1.2 岩溶水赋存与动态特征

岩溶水的赋存与岩溶发育密切相关: 本区岩溶水分布, 在平面上主要受断裂的岩溶发育带控制, 有近 160 眼水井布置于为废黄河断裂强岩溶带中, 单井涌水量一般大于 $1000\text{ m}^3/\text{d}$, 最大单井涌水量 (三官庙水井) 可达 $19200\text{ m}^3/\text{d}$ 。徐州市七里沟和丁楼两个最主要的水

* 厉建华, 男, 1955 年 12 月生, 地质工程师, 区域地质找矿专业。邮政编码: 221004

源地均位于该带中。

岩溶水的分布,层控作用明显,以寒武系厚层鲕粒灰岩和奥陶系下统厚层灰岩最为富水,在以张夏组(C_2z)为含水层的 68 个钻孔中,涌水量大于 $1000\text{ m}^3/\text{d}$ 者占 73%;在以奥陶系下统灰岩为含水层的 93 个钻孔中,涌水量大于 $1000\text{ m}^3/\text{d}$ 者占 75%。

岩溶水按其埋藏条件可分为潜水和承压水,前者主要位于山丘和山麓地带,碳酸盐岩裸露,地表岩溶发育,降水直接渗入,岩溶水对降水反应迅速,其变化滞后降雨时间一般小于 24 小时,降水停止后,水位即下降。

在山间盆地中,碳酸盐岩被第四系松散层所覆盖,在山麓地带强岩溶发育带埋深为 30~60 m,盆地中心地带埋深加大,一般为 80~120 m。如徐州印染厂供水井在 82.53~86.86 m 处溶洞发育,掉钻 0.4 m;徐州师院钻孔在 97.2~98.4 m 处溶洞发育。其中赋存岩溶承压水,其动态滞后于降雨一般为 5~12 天,水位变幅 10 m 左右。

本区第四系底部(中更新世)为灰黄、棕红色粘土,呈密实、硬塑状态,厚约 5~15 m,它起隔水层作用。但在许多地方,因受古河道切割,形成第四系砂砾孔隙含水层补给下伏岩溶水的天窗,导致两者具有同步变化的特征。例如七里沟水源地中 T_{35} 与 C_{28} 孔相距 4500 m,水位差值雨季为 7.5 m,枯季 3 m,在开发岩溶水时,孔隙水同步下降^①。

2 地下水开采与环境效应

2.1 水位持续下降,水资源枯竭

由于岩溶水开采量逐年增大,市区主要水源地段大多超采,致使水位持续下降,水井出水量减少,有些出现吊泵甚至报废。降落漏斗扩展迅速,有些漏斗区中心水位埋深已大于 45 m (图 1)。市自来水公司七里沟水源地 1985 年有水井 18 眼,供水量为 $2054.38 \times 10^3\text{ m}^3/\text{a}$,1990 年水井已增至 24 眼,而供水量仅为 $1508.00 \times 10^3\text{ m}^3/\text{a}$ 。第三水厂因 1988 年水位降深过大,造成陇海铁路北 3 眼井报废,全市有 50 余眼水井枯竭报废。岩溶水位下降还导致其上的孔隙水水位下降甚至水资源枯竭,例如九里山水源地的小山子 3 号井因吊泵已报废。

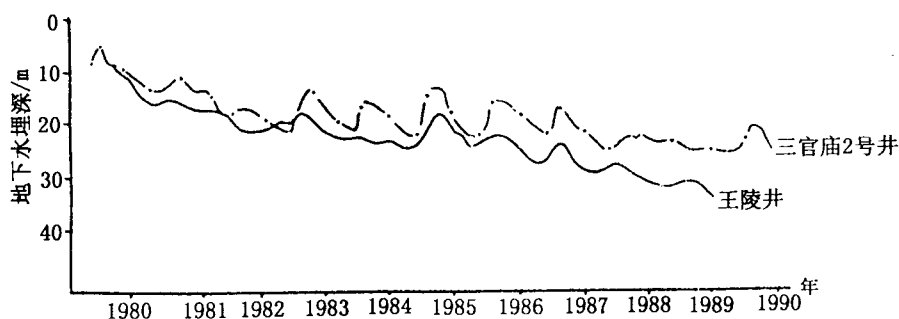


图 1 七里沟盆地水源井历年月均动水位变化曲线

① 王维屏, 1982, 徐州市岩溶水赋存特征及水资源计算

2.2 水质恶化, 污染加重

由于水位持续下降, 包气带加大, 其中的难溶硫化物变为易溶的硫酸盐, 加重了 NO_2^- 和 SO_4^{2-} 的污染, 导致水中 pH 降低; 同时亦加大了对 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 离子的淋滤作用, 导致区内总硬度连年升高, 许多地段已经超过了饮用水标准。1995 年监测结果表明, 监测井岩溶地下水硬度超标率达 59%, 最大值达 946.4 mg/L (CaCO_3), 1995 年 4 月对 60 口井岩溶水硬度进行了普查, 其结果表明有两个硬度超标区^[1]。其分布特点和原因是:

(1) 主要位于工业集中区, 废水下渗影响明显。

(2) 位于岩溶水位降落漏斗区, 由于水位下降, 包气带增厚, 氧化作用增强, 使原来处于饱水带还原环境中的难溶的矿物转变为易溶盐, 从而进入地下水中, 导致 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 NO_2^- 和 SO_4^{2-} 等离子升高。

(3) 两区内土层结构独特, 主要位于更新世古河道区和丘陵山谷区, 土层以细砂为主, 粘土层缺失或很薄, 故防护能力差, 加重了污染。

徐州市区的河流已受到了不同类型、不同程度的污染, 如果河下无有效的粘土防护层, 污水则会直接渗入岩溶地下水中, 造成较大范围的二次污染。废黄河附近一些水井中地下水污染最为典型 (图 2)。

在凤凰山两侧, 翟山以北部分的农田, 由于多用于工业废水进行污灌和施用化肥、农药, 导致亚硝酸盐超标率达 56%, 大肠杆菌污染严重, 部分井水已不能饮用。北郊工业区重金属污染严重。有些点状污染区如某重型机械厂的电镀车间铬酸泄漏或废水下渗导致 Cr^{6+} 污染, 含量达 0.08 mg/L 和 0.09 mg/L。某输油管理局和磷肥厂因储油罐泄漏导致附近地下水受到石油污染。某化肥厂水井中酚含量高达 0.21 mg/L, 高于饮用水标准 210 倍。市第三医院水井, $\text{NH}_3 - \text{N}$ 严重超标, 孟家沟化工厂因化工原料泄漏渗入井下, 地下水中苯含量严重超标。市郊某一工厂深井长期受附近一家油库地下油罐渗漏污染, 1991 年环保所监测发现, 井水中石油浓度高达 5.68 ~ 7.49 mg/L^[2]。

2.3 岩溶塌陷

地面塌陷是浅埋岩溶区常见的一种地质灾害, 它的发生直接危害城市建设和人民安全。自 1986 年以来, 徐州市区已发生了 9 次地面塌陷, 共有塌陷坑 30 个, 详见表 1。其中 1992 年 4 月 12 ~ 13 日发生的新生街地塌陷, 有塌陷坑 7 个, 最大的一个长 25 m, 宽 19 m, 224 间民房遭受破坏, 造成了重大的经济损失和不良的社会影响。

岩溶塌陷规律和原因分析如下: ① 塌陷均分布于废黄河断裂带的强岩溶发育地段上, 地下溶孔溶洞发育是塌陷发生的内因; ② 岩溶塌陷的部位, 在地表位于废黄河河床区, 浅层第四系主要为粉砂和砂层, 缺失其他区所具有的老粘土, 当水位下降时易形成流沙, 使潜

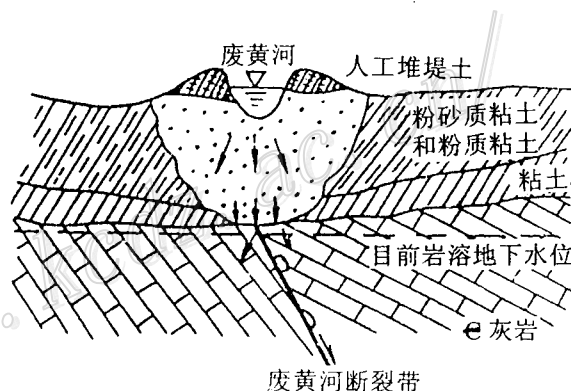


图 2 徐州市废黄河断裂带污染质运移示意图

蚀作用强增；③ 岩溶水的强烈开采导致地下水位在碳酸盐岩基岩面附近波动，水动力条件的变化促使潜蚀作用加剧，易于产生真空吸蚀作用；④ 人为震动或降雨后，浅层土壤饱水，荷载增加直接导致了塌陷的形成和演化。

表 1 徐州市区地面塌陷一览表

塌陷时间	塌陷地点	触发原因	塌陷情况及危害
1986-5-27	东陇海铁路 DK221+050	火车震动	塌陷坑长 14 m，宽 13 m，深 9 m，路基下沉 0.75 m，火车停运 24 小时
1986-6-6	电业局宿舍	施工震动	地面裂缝长 30 m，宽 3~5 m，楼西端下沉 0.2 m，楼体中部开裂
1987-4	候山沃	附近抽水	两个塌陷坑，直径约 5 m，可见深 1 m
1992-4-12~13	新生街	附近强烈抽水	塌陷区南北长 190 m，东西宽 110 m，塌陷 7 个，最大一个长 25 m，宽 19 m，民房破坏 224 间，环形裂缝发育
1992-5-5	天桥东南梁店	降雨增荷 火车震动	塌陷坑长 5.5 m，宽 1.7 m，可见深度 2 m，损坏楼梯及房屋一间
1992-9-1	地藏里	降雨增荷	塌陷区呈 NE 向条带状展布，长约 200 m，塌坑 13 个，直径多小于 2 m，最大的 4.5 m，部分房屋开裂
1992-10-10	五交化大楼北门	附近抽水	塌陷坑直径 5 m 左右
1994-5-10	开明市场门口	施工振动	塌陷坑直径 3 m，可见深 2~3 m
1994-8-27	朝阳村	火车震动	塌陷坑长 5 m，宽 4 m，可见深 1 m

3 结论

综上所述可知：由于近些年徐州城市化迅速，人为活动对地质环境的影响逐年增强，导致原生地质结构遭到破坏，引发了水资源枯竭，水质污染和岩溶塌陷等环境地质问题，一定程度上影响了工农业生产和人民群众的生活及生命安全，应引起足够的重视。近年来这些问题已引起了行政主管部门和有关科研、生产单位的重视，并积极寻找对策。徐州市地面水厂的正式供水已缓解了岩溶水的超采现状，但要彻底消除上述环境水文地质工程地质问题，还需做大量而艰苦的工作，要进行综合治理，以求从根本上解决矛盾，改善环境。

参考文献

- 1 韩宝平，王世洲. 徐州市岩溶地下水污染原因探讨. 勘察科学技术, 1997, 14 (5): 32~35.
- 2 刘元胜. 徐州市地下水石油污染分析. 地下水, 1994, 11 (2): 24~25.