

应重视水资源开发中的环境地质问题

龚重远*

(铁道部第一勘测设计院)

提 要 本文以泰安市旧县村水源地为例,阐述了在覆盖型岩溶地区由于超量开采地下水,使地质条件发生变化,引起地面开裂、下沉、塌陷和房屋变形等环境地质问题,提出了水源地开发中应注意的问题和应采取的措施。

主题词 水源地 岩溶 环境地质

随着国民经济的不断发展,城市水源地的建设规模也越来越大。山东省泰安市除一些大型企业单位有自备水源外,仅城市供水的集中水源地就有城区、农大、旧县村三处,这些水源地均采用第四系覆盖层之下的寒武系、奥陶系中的岩溶裂隙水。由于长期超量开采,引起了一系列的环境地质问题,如:地面下沉、开裂、塌陷;在人烟稠密区造成房屋开裂、坍塌,直接造成人民生命财产的损失;有的还危及附近铁路的行车安全;使水源地不能正常运转,从而引起一系列的社会问题。因此水源地的建设应十分重视其工程地质、水文地质条件的评价,应十分重视由此而引起的环境工程地质问题。本文结合泰安市旧县村水源地的情况,谈谈环境地质问题的重要性。

旧县村水源地位于泰安市东南 12km 的旧县村附近,泰莱盆地的西南部,地势开阔平坦,为汶河的冲积阶地。区内主要河流有:(1)位于水源地东南方的汶河。河流总长 100km。汇水面积 3499km²,年平均径流量 6.22 亿 m³。水量受季节影响很大,雨季时水量丰富,干旱时水量较少,有时甚至干涸断流。(2)泮河为汶河的支流,是泰安市主要的排污河道,位于水源地的西侧,水质污染严重。该区年平均降水量 697.6mm,最大年降水量为 1475.5mm,最小年降水量仅 340.5mm,一年内降水量多集中在 6~9 月。

旧县村水源地于 1980 年开始勘测,1982 年后陆续投产。它是在城区水源地因过量开采地下水引起居民房屋倒塌、津浦铁路塌陷,严重危及人身及行车安全的情况下,为解决城市供水问题而新建的一个水源地。现有深井 14 口,设备的开采能力 7.5 万 m³/d,其中自来水公司 7 口,设备的开采能力 4.5 万 m³/d,农业灌溉用水井 7 口,设备的开采能力 3 万 m³/d,实际开采量一般都大于设备能力,自来水公司每天向城市供水 5 万 m³,农业灌溉具有季节性,最高时 3~5 万 m³/d。

* 本文收稿日期 1996-01-13 龚重远 高级工程师 铁道部第一勘测设计院 兰州 邮编:730000

1 地质概况

该水源地所处地质构造单元为中朝准地台鲁西隆起区中部,泰莱凹陷的西南过缘地带。鲁西隆起区内太古代泰山群地层普遍经受了强烈的混合岩化和花岗岩化作用,构成古老的结晶基底,经太古代末期泰山运动后褶皱成山。太古代晚期至古生代鲁西隆起区中的泰莱盆地下降海浸,且振荡频繁,沉积了较厚的寒武系和下、中奥陶系地层;加里东运动后地壳隆起,直至喜山运动泰莱盆地才局部下降,接受了第三系的沉积。

太古代泰山群地层以花岗片麻岩为主,仅在旧县村里有小片分布。寒武、奥陶系地层为水源地第四系覆盖层下主要地层。中、上寒武统和奥陶系的地层性为厚层灰岩、鲕状灰岩、泥灰岩、薄层灰岩等为主;下寒武统则以页岩等为主。灰岩中岩溶发育。

第四系地层广泛分布于地表,一般厚10~12m,最厚17m,最薄仅4m,一般表层为粘性土,下为砂层。第一层粘性土厚4~5m,由砂粘土、粘土等组成,土质不均,底部常夹有少量砂姜石,天然含水量27%左右。第二层为中、粗砂层。广泛分布于水源地取水井分布区,是区内主要潜水含水层。

该水源地构造格架受泰山、徂徕山山前弧形断裂控制,岱道庵—旧县断裂呈北西走向纵贯全区。该断层在汶河附近表现为一宽度近300m的断层破碎带,向北逐渐散开,由东、中、西三条分支断层组成一断层束,总宽度达1km。水源地大部分取水井即位于该断层破碎带及其影响带中。

中、上寒武统和奥陶系地层以灰岩为主,从露头调查及钻探成果分析,灰岩顶面起伏不平,沿节理面、层面等均有岩溶发育。岩溶形态以溶孔、溶隙、溶洞为主,发育普遍,但规模不大,以裂隙型为主。从钻探情况看,在遇到灰岩的钻孔中,几乎每孔都有大小不等的溶洞开溶蚀现象,所遇最大的溶洞为5.8m。多数溶洞充填硬塑及软塑状的粘性土。据物探及深孔钻资料,岩溶发育深度70~100m。

2 水文地质条件

该区的水文地质特征为双层含水层。上层为第四系孔隙水含水层,下层为基岩裂隙岩溶水含水层。第四系孔隙水含水层位于粘性土之下的中、粗砂层中,厚5~7m,富水性强,由于砂层直接覆于基岩上,中间无隔水层,因此潜水与基岩裂隙岩溶水直接发生水力联系。基岩裂隙岩溶水是本区主要含水形式,赋存于寒武系、奥陶系灰岩的裂隙、溶洞中,具微承压性质。因为灰岩在本区的分布呈北宽南窄的一个“倒三角形”,在地下水未开采前,岩溶水通过第四系含水层自北西向东南排泄入汶河。现在由于集中开采地下水后,改变了以上地下水流程,地下水向漏斗区汇集,人工开采成为该区地下水主要排泄形式。补给来源主要通过大气降水的下渗补给和开采条件下汶河的补给。

3 地面变形特征

地面变形情况据调查有地面裂缝、地面塌陷坑、房屋变形三种类型。地面裂缝在耕地中经常出现,浇地时有漏水现象,裂缝多数平直,长20~30m,宽5~20cm,可见深度1.5m左右,推

测裂缝可能一直延伸到砂层。塌陷坑大小不等,勘测期间发现七处。小的一般直径0.4~0.6m,深0.5m左右,大塌陷坑一般直径4~5m,深2~3m。值得一提的是位于某水塘中的两个塌陷坑。一个位于塘底,直径大于6m,一个位于塘边,直径稍小一点。1990年5月时,塌陷发生,水面出现漩涡,仅十五分钟一池塘水(约千余方)就从塌陷坑中漏掉。后又蓄起,在六月份又一次漏光,历时两个多小时。以上裂缝和塌陷坑的发生地点经钻探证实,其下基岩均为灰岩,并且岩溶发育。房屋变形在旧县村相当普遍,变形明显户为241户,其中变形严重的为44户,占18.26%;变形较严重的138户,占57.26%;变形轻微的59户,占24.48%。调查中发现房屋的变形有以下几个规律:(1)房屋变形的范围大致位于距村庄最近的几口井的降落漏斗范围内(半径约600m)。(2)变形房屋除受地下水降落漏斗的影响外,其下均有较厚的砂层。(3)变形房屋在漏斗区内“均匀分布”,即没有明显的方向性,不受下伏基岩岩性和断层走向的控制。(4)房屋变形的开始时间与水井投产时间基本一致。

4 地面变形的原因分析

地面变形产生的原因,在我们对该水源地进行了钻探、试验、调查及分析后认为有如下几方面:

4.1 长期超量开采地下水

该水源地的补给来源主要有:大气降水通过入渗补给;开采条件下汶河水通过长四系含水层补给;汶河水通过灰岩裂隙岩溶含水层补给三个渠道。计算公式如下:

(1)大气降水补给量 $Q_{\text{大气}}$ 的计算公式

$$Q_{\text{大气}} = a \cdot Z \cdot F$$

式中: a —入渗系数

Z —年降水量(m)

F —补给面积(m^2)

(2)河水补给量 $Q_{\text{河}}$ 的计算公式

$$Q_{\text{河}} = B \cdot M \cdot K \cdot I$$

式中: B —补给断面宽度(m)

M —含水层平均厚度(m)

K —含水层的渗透系数(m/d)

I —水力坡度

补给量计算是选择1982年(当地平水年)、1989年(当地干旱年)、1990年(当地丰水年)的特定年份进行的。经计算其平均日补给量为3万 m^3 左右。但自来水公司的日均开采量达5万 m^3 ,加上季节性农业灌溉,日抽水量最大可达7.5万 m^3 ,高出平均日补给量的一倍以上。通过1990年11月对汶河水及5口深井中地下水氟相对年龄的测定,也证实距河较远的几口井已动用了7~12年前地下水的储存量。长期超量开采地下水,必然会引起水位持续下降,地下水降落漏斗的影响范围不断扩大,水源衰竭,水质污染,环境地质条件进一步恶化。

4.2 抽水引起砂层趋密

第四系砂层为区内潜水含水层,水量丰富,民井灌溉和居民生活用水多取自此层。在抽水前,砂层中的孔隙均被水充填。当抽水形成降落漏斗后,漏斗影响范围内孔隙中的水被疏干,原来由孔隙水所承担的那部分地层压力,转移由砂粒来承担,随着所承担压力的增加,砂层中的孔隙被压缩、变小,使砂层压密;又因基岩顶面不平,砂层厚度不等,造成压密后的总沉降量不同,反映到地面即产生差异沉降,引起房屋变形。抽水引起砂层压密这一现象也被砂层中的动力触探结果所证实。在受地下水降落漏斗影响的范围内,动探结果为每下降 10cm 的平均击次为 9.27 次;受漏斗影响较小处的砂层动探结果为每下降 10cm 的动探击次为 5.27 次。这说明地下水降落漏斗影响范围内的砂层普遍趋密。

4.3 渗流潜蚀作用引起砂和土层中细颗粒的流失,造成地面下沉

由于集中、长期地超量开采地下水,使抽水井处的地下水位急剧下降。如 1989 年 5 月某井水位曾降到地面以下 31m(正常水位为地面以下 8~10m)。地下水降落漏斗的影响半径不断扩大,影响面积达十余平方公里。在降落漏斗影响范围内,强烈的地下水活动(包括地下水的长垂升降运动和地下水向漏斗中心汇集时的运动),是地面变形重要的动力因素。根据计算在渗透系数、给水度相同的情况下,距漏斗中心 300m 处地下水的实际流速要明显高于距漏斗中心 600m 处的流速。

开采条件下地下水实际流速的计算公式:

$$U=V/n(\text{m/d})$$

式中: $V=K \cdot I$

U —地下水实际流速 m/d

V —渗透速度 m/d,对第四系含水层按“层流”计算;对基岩裂隙岩溶水按“紊流”

计算

K —渗透系数 m/d

I —水力坡度

n —给水度(指孔隙水)

裂隙率(指裂隙岩溶水)

当下部基岩裂隙岩溶水被疏干后,上层的孔隙潜水向下补给岩溶水的作用加强。由于含水层的不均匀性,在孔隙含水层中会形成一些集中渗漏点,在这些集中渗漏点的附近形成许多小的“降落漏斗”,其水力坡度、渗透压力、水流速度等都相对较大,产生较强的渗流潜蚀作用。含水层中水和细颗粒的流失,使地面产生不均匀的沉降是不可避免的。地下水位的波动尤其每年数次地下水位往返于砂层,为潜蚀作用提供了良好的动力条件。溶洞充填物及砂层中的细颗粒被带走这一现象可在自来水厂沉淀池中得到证实。每年从沉淀池中捞出的泥砂有数吨至数十吨。泰安市其它两个水源地也因相似原因,引起地面严重塌陷,房屋变形倒塌。因此,旧县村水源地的地面变形如不能及时得到控制,发展下去后果是严重的。

5 工程处理措施

由以上对该水源地的地质和水文地质情况的介绍和地面变形现象及其产生原因的分析,不难看出,长期超量开采地下水是造成地面塌陷、变形和房屋破坏的直接原因,而且旧县村水源地的地下水降落漏斗受地质条件的控制,向污染严重的河流—泮河扩展,使水质面临污染的威胁。因此,保护水源地,科学管理、合理开采地下水资源,是防止环境地质条件进一步恶化的重要措施,主要应做到如下几点:

5.1 努力涵养水源,在该水源地不能再随意建设新井,严格按补给条件控制开采量,使水源能逐渐得到补给和恢复。

5.2 有计划地、合理地开发地下水资源。对既有开采井井距进行合理调整,避免形成井点集中、互相干扰、加大降深,影响半径不断扩大的弊病。还应结合具体情况布置测桩、观测井,对地面变形和地下水位、水质等进行长期观测,使开采地下水的全过程纳入科学管理的轨道。

5.3 充分、合理地利用地表水—汶河水作为饮用水农田灌溉的补充水源。

6 结 语

覆盖型岩溶地区由于过量开采地下水,造成地面变形、塌陷的事例已屡见不鲜。这已不是一个单纯的水文地质问题,而是一个涉及水文地质、工程地质、环境评价、国计民生等领域的一个复杂的社会经济问题,是一项系统工程。所以,对于我们来说,在勘测设计中除了应查明其地质条件、科学评价水资源以外,更重要的是合理确定开采方案、预测可能发生的环境地质问题,采取措施,克服不良后果。

水资源的科学管理也非常重要。旧县村水源地已运行八年多,只对抽水井水位、水量等一些简易观测、记录,没有在居民区设观测桩、或在水源地内随意建井,缺少科学依据,没有严格管理,这样发展下去必然自食其果。所以,依靠科学,严格依法管理水源地的开发是十分必要的。

PAY GREAT ATTENTION TO PROBLEMS OF ENVIRONMENTAL GEOLOGY IN EXPLORING WATER RESOURCE

Gong Zhongyuan

First Survey and Design Institute of MOR

Abstract The paper takes the water resource ground in Jiu—Xian village of Tai'an City as an example, discusses problems of environmental geology owing to overextracting of ground water in covered—type karst region, such as ground fracture, settlement, subsidence and house deformation, and describes main aspects and measures in exploring water resource ground.

Keywords water resource; karst; environmental geology