

济南市环境水文地质现状及保泉问题

高殿琪

(山东省济南环境水文地质站)

提要 泉城济南的城市供水是石灰岩岩溶地下水, 每天的开采量达 80 万米³。由于超量开采, 造成了水位下降, 泉水断流, 水质污染的局面, 泉城受到了“水荒”的威胁。本文根据多年监测资料, 叙述了济南地区环境水文地质现状, 并提出了保护泉水的措施。

济南泉水众多, 素有“泉城”之称。济南北依黄河, 南临泰山, 是中外闻名的旅游城市。进入八十年代以来, 以泉水著称的济南市, 发生了水位下降, 泉水断流, 水资源受到污染, “泉城”受到了“水荒”的威胁。发生在济南的水资源危机, 引起了省内外专家、学者的极大关注。省地质矿产部门和省、市科协曾先后两次邀请省内外专家来济南参加“保泉供水座谈会”, 为解决济南市的水资源问题, 提了不少建议。省、市两级政府虽组织各方面的力量, 搞了几项应急工程, 但仍未能彻底解决济南市的水资源问题。这说明, 我们在保泉和供水问题上所采取的对策和措施还不尽合理, 很有必要进一步探讨。我们必须遵循济南地区水文地质条件, 按照大自然的生态平衡规律, 科学的解决济南市的保泉和供水问题, 只有这样, 恢复“家家泉水, 户户垂杨”的泉城风貌才有希望。

一、济南地区岩溶水的补、排条件

济南南部石灰岩分布区是岩溶水的补给区。其范围, 西起长清县附近的马山断层, 东到章丘县境内的鸡山断层, 南到天然分水岭, 北到山前, 总面积为2114平方公里, 其中南部分水岭附近太古界花岗片麻岩和古生界上寒武统凤山组、奥陶系灰岩分布区是岩溶地下水的间接补给区和直接补给区。

济南岩溶地下水的补给条件, 是指这个地区石灰岩透水岩层的分布条件、岩溶发育条件以及降水条件等。

济南泉域的边界条件是水文地质部门多年来探讨的问题之一。济南泉域的南北边界比较明显, 南部边界是天然分水岭, 北部边界是火成岩体和透水微弱的石炭系、二叠系、第三系与石灰岩的接触带。济南泉域的东、西边界位置是水文地质工作者多年来所争论的问题。据现有资料, 济南泉域东部边界的确切位置是在章丘县境内的鸡山断层附近, 西部边界则位于长清县附近的马山断层附近。

断层作为水文地质单元的边界条件, 往往不是取决于断层性质, 而是取决于断层两侧的岩性。依照这种理论, 发育在石灰岩地区的断层往往不是构造阻水, 而只能是岩性

阻水。

济南泉域东部的鸡山断层，所以形成阻水边界，是由于断层两侧的岩性不同，特别是由于断层西侧闪长岩体大面积出露的原故（图1）。

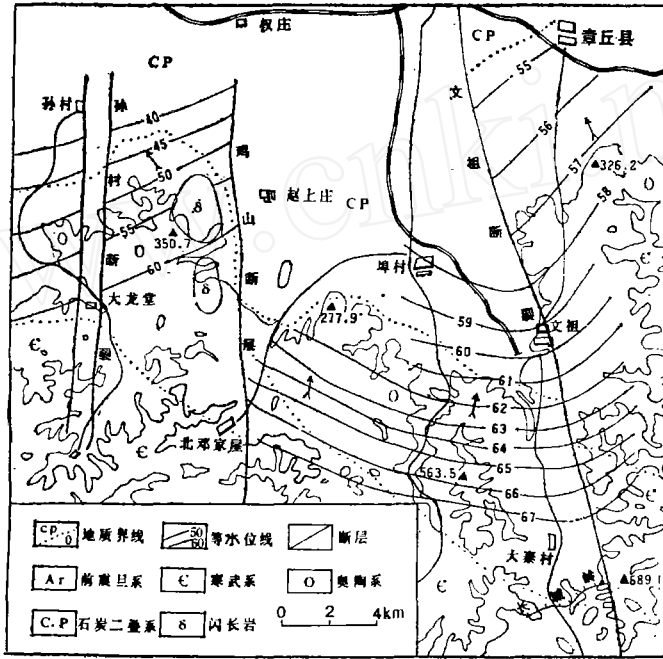


图1 文祖—大龙堂地区地质图及等水位线图

济南泉域的西部阻水边界所以确定于马山断层，主要是因为南段的岩性阻水（断层两侧分别为寒武系和奥陶系）。马山断层的北段由于断层两侧均是石灰岩，虽有一定的透水性，但断层两侧，仍可视为不同补给区的两个水文地质单元，所以说马山断层可视为济南泉域的西部边界是正确的。

但是，济南单斜中间的一些顺岩层倾向发育的断层（这些断层两侧均为石灰岩），例如千佛山断层、东梧断层等，无一不是阻水断层，它们也决不会把济南单斜切成几个水文地质单元，形成“几盆水”。

关于济南泉域的水文地质边界，正确的结论是：东从章丘境内的鸡山断层起，西到长清县附近的马山断层，南到天然分水岭，北到山前地带，形成了一个完整的水文地质单元——济南单斜水文地质单元。这个水文地质单元的广大补给区组成了济南泉域。济南单斜水文地质单元具有统一的补给源（南部山区）和几个排泄点（东郊白泉，市内泉群、西部峨嵋山泉）的补排特点（图2）。在济南单斜水文地质单元的东郊、市内、西郊排泄区，经多年监测证明，相互之间没有发生水力联系的迹象，只是由于地下水开采布局的不合理，造成相邻排泄区水位的差异。

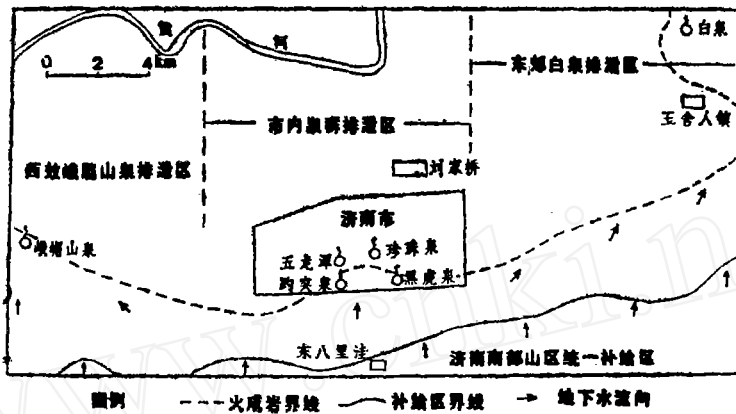


图2 济南泉域补排条件图

二、济南岩溶水的环境水文地质现状

(一) 水位下降, 泉水枯竭

济南市是我国北方较早开发利用岩溶地下水的城市之一。五十和六十年代, 济南岩溶水的开采量为 $10\sim 20$ 万 $\text{米}^3/\text{日}$, 市内、西郊、东郊的地下水水位相近, 为30米左右。七十年代以后, 济南市岩溶水的开采量逐年增加, 到八十年代初, 岩溶水的开采量已达 80 万 $\text{米}^3/\text{日}$, 加上农业开采量已超过了地下水的补给量。由于长时间的超量开采, 造成地下水补给和排泄的严重失调, 具体表现在岩溶水水位下降, 泉水枯竭。从1977年到1987年的十年间, “水荒”年年威胁着泉城济南。

表1 济南市最低水位和泉水断流延续时间表

时间	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
项目											
最低水位 (米)	26.039	25.100	26.220	25.975	25.830	24.491	25.452	25.301	25.534	25.491	24.040
黑虎、趵突泉断流 天数	92	72	228	242	659		263	158	173	484	

据统计, 从1977年至1987年的十年间, 市区平均最低水位25.5米左右, 最低为24.04米(1987年1月5日)。泉水断流的时间, 从1986年5月至1987年8月, 济南市趵突泉、黑虎泉、五龙潭、珍珠泉等泉水连续干涸, 是1981年至1987年以来济南泉水干枯最长的时期。(表1, 照片1)。

济南东郊是地下水的集中开采区, 水位多年持续下降, 1987年6月水位出现了最低值, 为19.88米。黄台地区是石灰岩含水层被火成岩岩体相对封闭的地区, 补给条件较差, 由于大量开采地下水导致水位降至海平面以下, 大量地下水监测资料证明, 东郊地区已经形成了广泛的地下水水位下降漏斗。

济南市也是地下水的集中开采区。七十年代, 市区几个水厂岩溶水的开采量为

30万米³/日。八十年代初期,为保泉的需要,市区普利门、饮虎池、老计委几个水厂已经停采,目前只保留解放桥水厂仍在继续开采,水量为10万米³/日。1987年以来的十年期间,年最低水位为25.5米左右,1987年出现了历年来水位的最低值,为24.04米。

济南市西郊峨嵋山、大杨庄、腊山三个水厂的日开采量不到20万米³/日。由于西郊地下水的补给条件好,经多年的开采证明,地下水动态变化正常,没有形成大的水位区域下降漏斗,水位多年保持在28米左右。

由于济南市岩溶地下水的开采没有考虑到地下水的补给条件,造成了地下水开采布局的不合理,形成了济南西郊水位高于市内,市内水位高于东郊的阶梯状水位特点。根据现有资料,济南东郊和市内两处地下水排泄区间没有发现水动力联系的迹象。据区域等水位线可知,济南市内和西郊亦同属于一个水文地质单元的两个排泄点,中间没有明显的隔水边界,在目前开采条件下,西郊和市内也没有发现有水力联系。

(二) 济南岩溶地下水受到污染

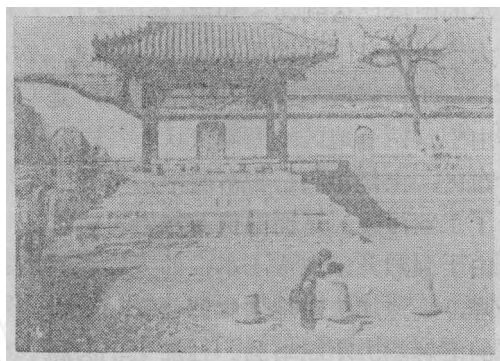
济南市岩溶地下水,属HCO₃⁻-Ca²⁺型低矿化度的淡水,固形物总量0.2克/升,总硬度10度(德国度)左右,水质较为稳定。七十年代末到八十年代,随着岩溶水的开采量逐年增加,水位急剧下降,水质也发生了一定变化。

据多年监测资料,从1958年至1986年,岩溶水中的固形物总量由227毫克/升增加到300毫克/升。总硬度(德国度)由10度增加到14度,局部地区大于20度。Cl⁻和SO₄²⁻也有不同程度的增加(图3、4)。

1976年,经对岩溶水中酚、氰、砷、汞、铬等进行化验,所有水样均没有检出(低于仪器的最低检出值)。到八十年代以后,水中不但普遍化验出铬的存在,其他几种对人体有害的组分,例如氰、砷、汞等也常有检出,并且含量在逐年增加,说明岩溶水已经受到了工业污染,虽然含量还没有超过国家的饮用水标准,但已引起了有关部门的关注。

(三) 济南地区岩溶水出现了高硬度区

以济南趵突泉为例,五十和六十年代,地下水的硬度一般为10°(德国度)左右,八十年代已升高到14°。在济南市的西南郊红庙、魏华庄、井家沟、后龙、十里河一带3平方公里和济南东北郊黄台地区4平方公里形成了济南岩溶水局部的高硬度区,地下



照片1 济南市趵突泉干涸(1987年4月)

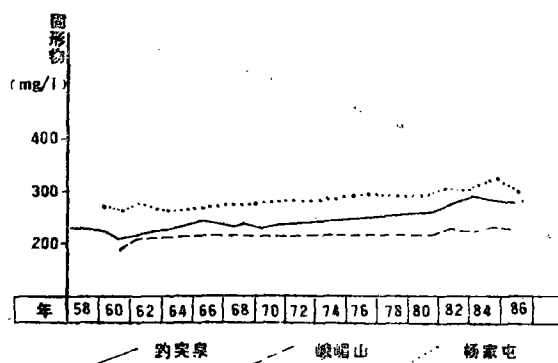


图3 固形物变化曲线

水的硬度已达到20~40度(德国度),大部已超过国家饮用水标准(图5)。

济南岩溶水硬度升高的原因,是由于这两个地区均为隐伏状石灰岩分布区,上复第四系含水层中潜水受到了工业污染,下面隐伏石灰岩岩溶水由于强烈开采造成了水位的大幅度下降,流速加快对地层中钙、镁等成份的溶解能力不断增强,且加上上面高硬度的第四系潜水下渗补给岩溶水,造成了岩溶水的硬度升高。

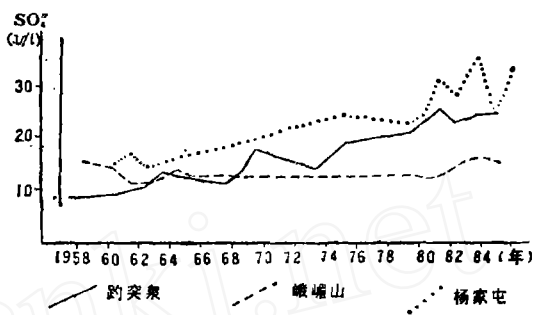


图4 SO_4^{2-} 变化曲线

三、保护济南岩溶水资源的对策

保护济南岩溶水资源,保护济南泉水名胜,最根本的措施是合理的开采地下水资源和搞好环境保护工作,促使地下水的补给、径流、排泄由恶性循环向良性循环转变。为保护好济南的岩溶水资源,就济南市开发利用地下水资源中存在的一些问题,提出以下保护措施。

(一) 调整岩溶水开采的布局

济南岩溶地下水是城市供水的主要水源,每天的开采量达80万米³。分析济南岩溶水离子总量升高,局部地区硬度已超过饮用水标准,主要是因为集中过量开采地下水,造成水位下降,形成水位的下降漏斗,沟通了上部第四系孔隙水(往往已被严重污染)和下部岩溶水的水力联系,进而间接污染了岩溶水资源。黄台地区肉联厂至客车厂,市区西南的红庙、魏华庄、十里河一带岩溶水出现的高硬度区就属此例。为保护济南石灰岩岩溶水资源,调整目前地下水的开采布局,恢复地下水的水位,是重要的一步。

济南东郊地区的王舍人庄、冷水沟和黄台肉联厂一带,是地下水的集中开采区,已经形成了水位的下降漏斗,水质也逐年变坏,因此,在该区应大大减少地下水的开采量,缩小漏斗范围,促使水位逐年回升,争取达到六十年代30米水位的水平。

市区是趵突泉、黑虎泉、珍珠泉、五龙潭四大泉群所在地,为抬高市区水位,恢复泉城风貌(泉水喷涌的最低水位为27.5米),市区不宜进行井群深井开采地下水,建议将市区井群水厂全部关闭,但仍可开采泉水的表流水源。

(二) 做好“开源”和“节流”工作

在水资源危机日益严重的济南市,要开辟新的水源地,只能根据水文地质条件,在

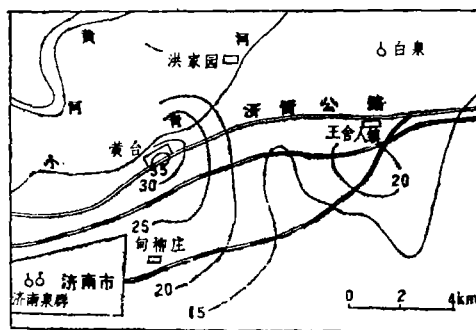


图5 济南市东郊硬度等值线图

条件允许的区域开辟新水源地。那种不顾水文地质条件，提出所谓“开外”、“补内”，是不科学的。

1. 在西郊扩大开采地下水：济南西郊玉符河下游地下水埋藏丰富，目前开采每天达20万米³，仍没有发现水位下降迹象。省勘察公司已在平安店一带勘探了一处每天可开采20万米³的水源地。说明在西郊扩大开采地下水（第四系孔隙水和岩溶水同时开采）20~30万米³/日是可能的。

2. 在济南泉域以外其他水文地质单元开辟新的水源地：长清县西南“长一孝”水源地，经八〇一水文地质队勘探证实水量丰富，开采量可达13.7万米³/日。济南以东明水单斜水文地质单元岩溶水丰富，开采资源可达33万米³/日，都可引水到济南市。

3. 引水库地表水进市区：在查清济南、长清、章丘等地的水文地质条件后，证实地下水资源满足不了城市供水需要时，适当引南部山区锦秀川、卧虎山水库地表水进济南市也是可行的。但是，引地表水进市区只能用于生产和生活用水，禁止在护城河中到处排放，因为这样容易造成沟谷河道中水位抬高，当水位高于地下水的区域水位时，就会形成“倒灌”现象，污染地下水源。

4. “引黄”：黄河在济南市北侧通过，客水流量可观。在济南地区（包括历城、章丘、长清、平阴）水文地质条件已经查清，证明地下水资源总量仍解决不了济南市发展的城市供水问题时，以“引黄”解决城市供水也是可行的。由于“引黄”存在沉砂、河水污染、季节性停引（枯水期流量太小停引，洪峰期含砂量太高停引和冰凌期停引）和不可能建设大型调蓄水库等问题，所以“引黄”只能解决临时性的城市供水的不足。济南市城市供水，从长远看还得靠地下水资源。因为地下水资源比地表水资源水质稳定，水温、水量较少受气候的影响，地下水是城市供水的理想水源。

不少专家不止一次的提出过“引黄回灌”方案。指出，济南市西郊玉符河下游，第四系孔隙水含量可观，而且还没有被大量开采，在西郊扩大开采深层岩溶地下水的同时，扩大开采浅层孔隙水。即便在岩溶水、第四系浅层孔隙水因被大量开采后形成水位的下降漏斗也不可怕，这时可不定期的，小规模“引黄”灌溉玉符河两岸的大片农田（淤灌，不需要沉砂），这样既解决了农业的灌溉问题，又减少了农业对地下水的开采量，更重要的还是灌溉水向下渗透补给了地下水，填补了地下水的下降漏斗。这种“引黄”回灌地下水解决城市供水的方案是非常经济的。

6. 节约用水：根据济南市岩溶水资源开发利用现状，节约用水的潜力是很大的。据统计，济南市每万元产值耗水量258立米，每人每天生活用水158公斤，都大大高于我国北方中、大型城市的用水量。如果我们抓节水抓出成效，把上述耗水指标分别降到200立米和100公斤（这个指标仍高于青岛、大连的供水指标），全市每天可节水13万立米，相当于一个大型水源地的开采量。

济南市浪费水资源严重主要表现在工业废水回收利用率低，例如通过小清河每天排污量就达56万立米，为用水量的70%。

在济南市，要把节约用水看作是一项积极的长期的方针，节约用水的重点应该放在工业用水上，其主要措施是：（1）制定用水定额，实行计划用水。从工厂、车间到耗水量大的设备，层层装表计量，严格按计划供水。把节水与经济责任制联系起来，并作

为考核企业经营好坏的指标之一。(2)改革工艺设备,降低用水单耗。下决心改革用水量大的生产工艺,发展无水或少水的生产工艺,严格控制用水量大的工艺生产。(3)采用经济手段,实行奖惩制度。对计划内用水,供水部门保证供给。对计划外用水,要按累进制加价收费或者减少乃至停止供水。低于计划用水指标的,可以从节约水费中提取奖金。

工业生产很重要的一条节水措施是提高生产用水的重复利用率,具体的办法是:

(1)建立清污分流系统。就是对工业和生活污水按照不同水质建立分流管道系统,防止污水对清洁水的污染。(2)采用一水多用,循环使用。根据不同生产工艺对水质的不同要求,采用一水多用或厂际间的联合串用(例如回收利用冷却水等)。(3)废水回收再利用。在水资源日益紧张的情况下,对废水进行回收处理再利用,是开辟第三水源,世界上一些先进的工业国家早已这样做了。我国人均水资源占有量还不到世界人均占有量的一半,而且时空分布极不均匀,我们更应该这样做。

节约用水和计划用水,投资少,收益大,即有益于当前,更有益于长远。建设一个供水能力10万米³/日的水厂,国家要花千万资金,如果节水工作抓出成效,就可以少建或不建水厂,为国家节省大量资金。

节水工作,事关全局。国家机关,厂矿企业单位,都要把节水工作列入工作日程,在适当提高水费刺激节水的同时,各宣传单位要象重视播颂广告那样宣传节水的重要意义,让全市人民都知道,节约用水是每个公民的文明美德表现。

(三)在地下水补给区建立水资源防护带

济南南部山区2114平方公里的范围是济南岩溶水资源的补给区。在补给区,无论直接补给区还是间接补给区,都应该是地下水资源的保护区,即卫生防护带。各级政府应根据国家的水资源保护法,制定水源地上游的卫生防护法律条文,其具体内容包

1.严禁在卫生防护带内建设有污染物排放的工厂、企业。已建设好的排污厂矿,例如石油化工厂、化肥厂、造纸厂、农药厂、电镀厂等应限期搬迁或转产,排污量小的厂矿必须限期对“三废”进行处理。经过处理的达到排放标准的“废水”也不准任意排放到附近沟谷中,要通过统一的排污管道排放到水源地下游所指定的地区。

2.在卫生防护带禁止施用长效、高毒、高残留的农药,积极提倡生物防治。施用高效、低毒、无残留或低残留的农药,减少农药对水资源的污染。

3.在卫生防护带,提倡种树植草,建塘筑坝,提高森林的覆盖率,扩大绿地面积,涵养地下水资源。

(四)建立健全水资源的管理机构

目前济南市在开采和保护地下水资源问题上,管理机构很不健全,虽然城建部门、节水办公室、市水利部门都想管理地下水,但都没能如愿以偿。象济南市这样一个百万以上人口、日开采量近百万立方米地下水的省会城市,成立一个有权威的由市政府领导的水资源管理机构是很必要的。这个水资源管理机构应设置水资源管理、保护、监测、化验等部门,负责全市范围内的地下水开采规划审批、封井和统一收取地下水资源开采费的工作,并且负责实施保护地下水资源的工程,为合理开发利用地下水资源服务。

四、结 束 语

解决济南市的城市供水问题，恢复“家家泉水，户户垂杨”的泉城风貌，是全市120万人民的一件大事。本文根据山东省水文地质部门近30年的工作成果，叙述了济南市地下水开发利用和环境水文地质现状，提出了保护岩溶水资源、保护泉水名胜的措施。

综合前述，济南市石灰岩岩溶地下水丰富，水质优良。但由于超量开采地下水，造成水位下降，泉水枯竭，水质污染，泉城济南已受到“水荒”威胁。解决济南市城市供水问题，恢复泉城风貌，一定要遵循济南地区水文地质条件和大自然的生态平衡规律，科学地开发利用济南地区的水资源。首先，要调整好目前地下水资源开采的布局，减少东郊地区的开采量，把东郊集中开采地下水的局面转移到西郊，在市区停止开采地下水，在西郊玉符河下游扩大开采第四系孔隙水和岩溶水，积极开展节水活动，解决济南市的供水问题，恢复泉城风貌是有希望的。

本文的发表，希望能对济南市水资源的科学利用，缓和济南水资源的紧张局面，促进城乡生产的发展和人民生活水平的提高，产生积极的影响。

CURRENT STATE OF THE HYDROGEOLOGICAL ENVIRONMENT AND SPRING-PROTECTION IN JINAN CITY

Gao Gianqi

(*Jinan General Station of Environmental Hydrogeology, Shandong*)

Abstract

The water supply for Ji'nan, the spring city, is dependent upon the karst ground water from limestones, with the exploitation quantity as much as eight hundred m³ per day. Over-exploitation has caused the fall in the level, the cutout, and the pollution of ground water, which are threatening the city with a water shortage. Based on the data of ground water monitoring for years, the author describes the current state of the hydrogeological environment in the Ji'nan area, and puts forth the measures for protecting the spring water.