

# 山东岩溶泉

郭玉文 王飞龙

(山东省地质矿产局第一水文地质队)

岩溶泉是岩溶地下水的天然露头。山东岩溶泉分布在鲁中南地区,该区东起沂沭大断裂之昌邑一大店断裂一线,西至梁山、嘉祥一带,北界胶济铁路沿线,南至山东与江苏省界,地跨济南、淄博、枣庄、济宁、临沂、泰安等市的大部分及潍坊、菏泽市的一小部分,面积约67044 km<sup>2</sup>。区内广泛分布寒武系(C<sub>1</sub>)、奥陶系(O)及石炭系(C)的碳酸盐岩地层。地表、地下岩溶发育,是我国北方主要岩溶分布区之一,区内岩溶泉水广布,据不完全统计有308处。本文在调查和分析大量岩溶泉水资料的基础上,对岩溶大泉<sup>1)</sup>的基本特征、成因、动态、水质及水资源管理等进行了初步探讨。

## 一、水文地质条件简述

鲁中南地区多为低山丘陵地形。在构造上属于鲁西中台背斜,为“活动型”的古地台。太古宙晚期地壳褶皱隆起。古生代比较平稳,接受沉积,因此,本区古生代地层发育。中生代受燕山运动影响,断裂、断块构造发育,形成若干个有规律分布的单斜断块凸起与凹陷,这些断块凸起与凹陷控制着碳酸盐岩地层的分布(图1)。变质岩及碳酸盐岩夹碎屑岩地层分布在各断块凸起构成的低山丘陵区,碳酸盐岩地层分布在断陷盆地中部。由于断裂的切割形成独立的水文地质单元。

### (一) 含水岩组的划分及其特征

根据岩溶地下水的赋存条件、水理性质、水力特征、碳酸盐岩地层的裂隙和岩溶发育程度及其厚度在含水岩组中所占比例,可划分出三个含水岩组。

1. 碳酸盐岩裂隙—岩溶含水岩组:本组中碳酸盐岩占90%以上,由寒武系上统凤山组及奥陶系中、下统组成。其主要岩性为厚层灰岩、白云质灰岩及泥灰岩。这些灰岩质地较纯,具有网状、管道状的裂隙岩溶,且彼此联通。具有统一水位,构成一个良好的地下水储存空间。但因受构造、岩性、地貌等条件的控制,使裂隙岩溶的发育在水平方向和垂直方向上存在着明显差异,因而富水性不均一。地下水沿裂隙岩溶运动,在构造或地貌适宜地带可形成岩溶大泉。近90%的岩溶大泉都出露在该含水岩组。

2. 碳酸盐岩夹碎屑岩岩溶裂隙含水岩组:本组中碳酸盐岩占50—90%,由前寒武系土门群、寒武系中、下统及寒武系上统的崮山组、长山组组成。其岩性为灰岩、泥质灰岩、硅质灰岩及页岩等等。裂隙岩溶不发育,且连通性较差,无统一水位。但在构造、岩性、地形及

1) 岩溶大泉系指泉流量万米<sup>3</sup>/日以上的泉。



## 二、岩溶泉的基本特征

### (一) 分布

本区已发现岩溶大泉有36处(图2), 岩溶大泉的空间分布可分三类:

1. 分布在泉域边界的最低处。泉域为泉水的补给径流域, 在构造与地貌上它属于单斜构造边缘的山麓地带。如济南泉群、明水泉群、临朐县老龙湾泉及泗水县泉林泉群等。
2. 分布在排泄区下游低洼的沟谷或河谷中, 在构造与地貌上属构造盆地的边缘及腹部。如滕县羊庄泉群、魏庄泉群、泗水黑虎泉及枣庄十里泉等
3. 分布在断层带上。泉水沿断层破碎带上升成泉。如淄博的龙湾泉。

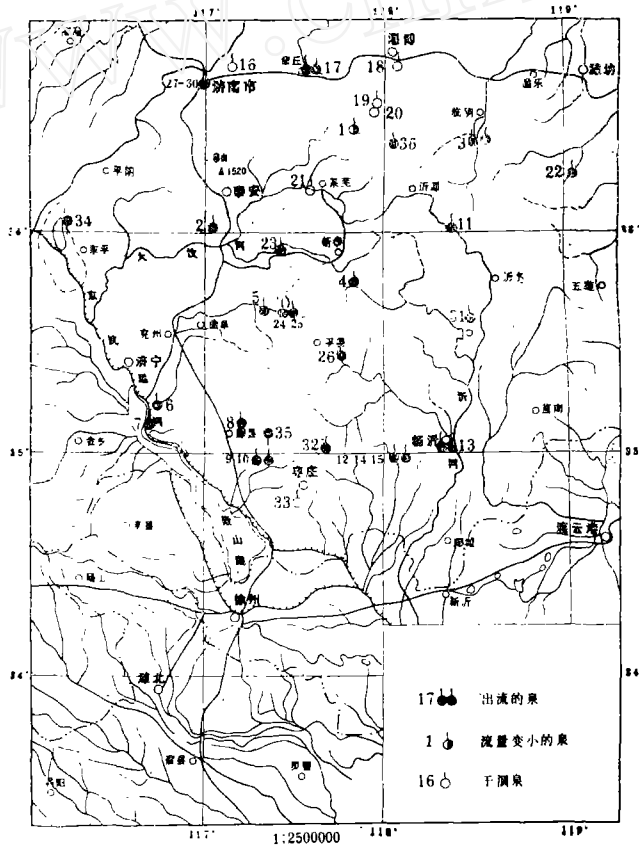


图2 岩溶大泉分布图

### (二) 出露形式

泉水的出露多以面状或带状成群喷涌, 单口式喷涌较少。如济南泉群由四个泉群 108 个泉眼组成, 为面状出露, 济南被誉为“泉城”闻名中外, 即由此而来。又如: 羊庄泉群、魏庄泉群、枣庄十里泉群等均属面状或带状成群喷涌。

### (三) 泉水的水力性质

岩溶地下水由补给区通过径流区至排泄区。在静水压力作用下，多具承压性质。尤其被弱透水层覆盖的泉溢区，水头压力增大，当穿过弱透水层而喷涌至地面时，景色十分壮观。如：济南趵突泉，滕县羊庄泉等（照片1、2）。



照片1. 济南趵突泉



照片2. 滕县羊庄泉

有些岩溶泉的形成是由于岩溶含水层受沟谷切割而裸露，在重力作用下，地下水向沟谷或河中排泄，形似瀑布，景色迷人。如平阴县书院泉。

### (四) 泉的排泄特征

区内岩溶大泉的排泄特征分两种，即非全排型和全排泄型。

区内岩溶大泉多为非全排型，即岩溶地下水除以泉水排泄外，还以潜流及转化为地表水形式排泄。另外有少数大泉为全排泄型，它们都为封闭型水文地质单元，由于地下水排泄区下游被隔水层阻截，地下水基本上全部由泉口排泄，潜流甚少。因此，泉水的天然流量基本上代表该水文地质单元的天然资源。如泗水县泉林泉和章丘明水泉群。

## 三、岩溶大泉的成因

本区岩溶大泉按成因可分为五类：侵蚀—断层泉，侵蚀—接触泉、火成岩体接触泉、侵蚀泉及断层泉（表1）。

### (一) 侵蚀—断层泉

岩溶含水层被断层切穿使之与非含水层或弱含水层接触时，非含水层或断层阻挡了地下水流，使地下水在非含水层或断层的上游富集，水位抬高；加之地表侵蚀下切作用，使得受阻的地下水在地形低洼处出露成泉。

该类型泉多分布在单斜构造前缘或构造盆地腹部的排泄区。区内岩溶大泉属于此类型者较多,如淄博神头泉、滕县荆泉、羊庄泉等。

### (二) 侵蚀—接触泉

含水层上覆隔水层阻水,而水文网侵蚀隔水层,岩溶地下水即在隔水层较薄且低洼处溢出成泉。该类型泉多分布在河谷或隔水层较薄的山麓地带。如明水东麻湾泉、历城县白泉等。

### (三) 火成岩体接触泉

岩溶地下水运动至山前或山间盆地腹部,受到火成岩体或岩脉的阻截,使得地下水位抬高,地下水富集,在地层较薄弱地带溢出地表成泉。此类泉多为承压性的上升泉。如济南的趵突泉、黑虎泉、沂南铜井泉、枣庄的十里泉等。

### (四) 侵蚀泉

由于侵蚀切割作用,使岩溶含水层裸露成泉。该类泉多分布于沟谷或沟坡上,一般为下降泉。如平阴县书院泉、滕县王家庄泉。

### (五) 断层泉

承压含水层被断层所切,岩溶地下水沿断层破碎带上升涌出地表而形成的上升泉。如淄博龙湾泉。

泉水成因有可能是多种因素作用的结果,但在若干因素中以一种或两种为主。例如,枣庄十里泉泉群,位于陶枣断陷盆地内。十里泉村以南的岩溶水向北运动至盆地腹部受石炭、二迭系弱透水层阻挡,产生迴水。陶枣盆地西北部的岩溶水向东南运动,至十里泉村受岩脉及断层的阻挡,形成上升泉。在上述因素中以岩脉作用为主,所以,该泉成因应为火成岩体接触泉。

## 四、岩溶大泉的动态特征

岩溶泉水的动态变化规律,主要受地层、构造、气象、水文及人为因素的影响。现从以下几方面探讨。

### (一) 泉流量的变化特征

#### 1. 泉流量年内变化特征

岩溶大泉流量的变化与降水量密切相关。岩溶大泉月平均流量的波峰较降水量的波峰滞后,但各地滞后的时间不一。济南泉群滞后为半个月至一个月。滕县羊庄泉群滞后为一个月(图3)。而流量的变化在年内随降水季节变化而变化。最小泉流量出现在5—6月份,最大流量出现在8—9月份。当泉域面积大时,泉的最大流量延续期亦长。从明水泉群泉流量与降水量变化曲线(图4)可以看出,降水量高峰出现一个月后,泉流量才出现高峰,而后持续上升至十一月份。这是由于明水泉群泉域范围大,上游补给面积大,所以水量减小缓慢。

#### 2. 泉流量多年变化特点

泉流量的变化不仅与年内降水量有关,而且与前几年降水量有关。由此可见,区内岩溶大泉具有多年调节的特点(如济南泉群)。

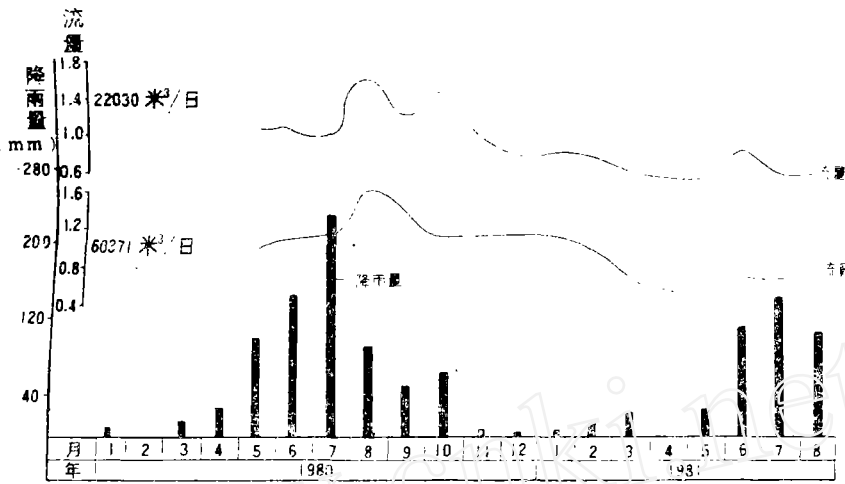


图3 山东省羊庄泉水流量动态曲线图

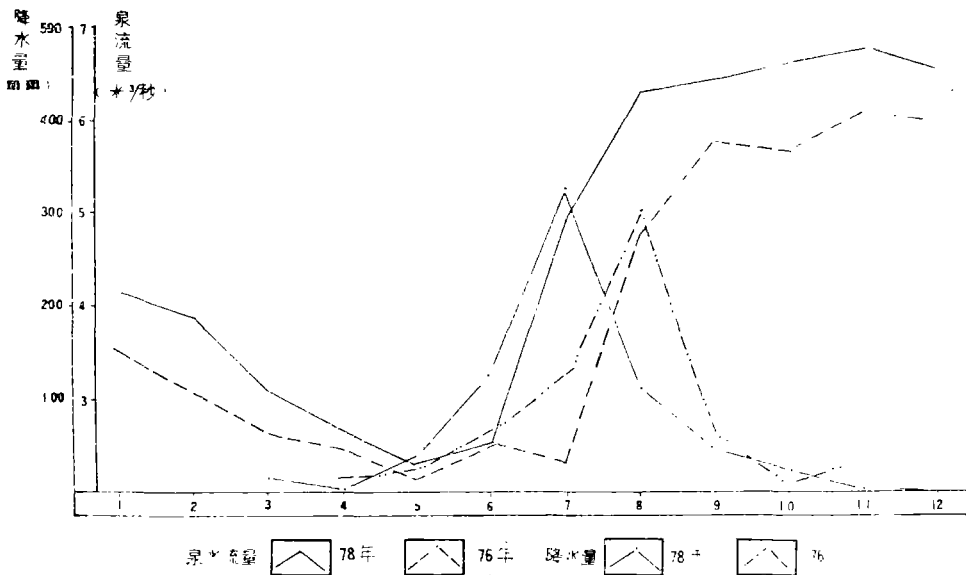


图4 山东省章丘县明水地区降水量与泉水流量关系曲线

### 3. 不稳定系数

不稳定系数是指一年内泉水最大流量与最小流量之比值。从不稳定系数值可以分析泉的动态特征。根据多年观测资料，将区内主要大泉的不稳定系数列表（表2），从表中可以看

出, 不稳定系数在 1—2 之间的稳定型岩溶泉有济南的趵突泉, 泗水县泉林泉、黑虎泉群及临朐县老龙湾泉等; 不稳定系数在 2—5 之间的较稳定型岩溶泉有明水东麻湾泉、羊庄泉群、魏庄泉群及泗水县的石缝泉; 不稳定系数达 5—10 的不稳定型泉有: 临沂市大泉; 不稳定系数大于 10 的极不稳定型泉有: 滕县王家庄泉。

表 2 主要岩溶大泉不稳定系数表

编号	泉名	测流年份	最小流量 ( $10^4 \text{m}^3/\text{日}$ )	最流大量 ( $10^4 \text{m}^3/\text{日}$ )	不稳定系数
3	老龙湾泉	1977 年	7.8624	10.60128	1.348
5	黑虎泉群	1982 年	0.8412	1.3289	1.58
9	魏庄泉群	1981 年	1.2103	4.2185	3.49
10	羊庄泉群	1981 年	2.9061	11.6108	3.99
13	临水大泉	1979 年	0.5043	4.320	8.566
17	东麻湾泉	1969—1978年	9.8928	42.059	4.25
22	雹泉	1976 年	2742.336	10052.64	3.665
24	石缝泉	1982 年	1.3288	2.6657	2
25	泉林泉	1980—1981年	5.9588	8.8648	1.49
27	趵突泉	1960年前	1.9759	1.24	1—2
35	王家庄泉群	1981年	1.1269	11.4258	10.14

泉水的不稳定系数不是一成不变的, 随着城市及工、农业生产用水的迅速增加, 在泉口或泉附近大量开采岩溶水, 使泉域水文地质条件发生变化, 泉水的不稳定系数也相应地变化。如济南的趵突泉, 六十年代泉水的不稳定系数为 1—2, 七十年代至今泉水的不稳定系数大于 10。

#### 4. 人为因素对泉水动态的影响

(1) 在泉域范围内或者泉源附近建立供水水源地, 由于长期开采致使水位不断下降, 泉水断流、枯竭。如济南泉群、十里泉泉群等。

(2) 由于矿床疏干或突水, 降落漏斗扩展, 泉水被袭夺, 使泉水流量减少或干涸。如淄博的龙口泉、泮水泉及渭河头泉等。

(3) 泉口淤塞又长期无人治理, 致使泉流量逐渐变小。如: 淄博神头泉, 泉口淤塞水量变小。

## (二) 水质特征

本区岩溶水径流条件好，埋藏较浅，短距离补给与排泄，因此，水质较好。仅在矿区附近水质变差（表3）。

表3 典型泉水水质一览表

泉名	位置	含水层时代	泉水水温(°C)	矿化度(g/l)	总硬度(德国度)	水化学类型
老龙湾泉	临朐县冶源	O <sub>2</sub>	18	0.264	12.97	HCO <sub>3</sub> '—Ca <sup>++</sup>
荆泉	滕县俞寨	O <sub>2</sub>		0.212	9.03	HCO <sub>3</sub> '—Ca <sup>++</sup>
羊庄泉	滕县羊庄	O <sub>2</sub>	17	0.247	11.4	HCO <sub>3</sub> '—Ca <sup>++</sup>
泉林泉	泗水县泉林	O <sub>2</sub>	19.5	0.218	10.74	HCO <sub>3</sub> '—Ca <sup>++</sup>
趵突泉	济南城区	O <sub>1</sub>	16.5	0.218	10.45	HCO <sub>3</sub> '—Ca <sup>++</sup>
铜井泉	沂南县铜井	E <sub>3</sub> <sup>f</sup>		0.143	5.89	HCO <sub>3</sub> '—Ca <sup>++</sup>
十里泉	枣庄十里泉	O <sub>1</sub>	18	0.386	5.80	HCO <sub>3</sub> '—SO <sub>4</sub> —Ca <sup>++</sup>
书院泉	平阴县洪范	E <sub>2</sub> <sup>z</sup>	17	0.208	10.6	HCO <sub>3</sub> '—Ca <sup>++</sup>
泉汪泉	苍山县仲村	O <sub>2</sub>	18	0.227	11.2	HCO <sub>3</sub> '—Ca <sup>++</sup> —Mg <sup>++</sup>
西城子泉	苍山县仲村	O <sub>2</sub>	16	0.223	11.1	HCO <sub>3</sub> '—Ca <sup>++</sup> —Mg <sup>++</sup>

### 1. 水温

本区岩溶水水温在16—22°C之间，绝大多数泉水温度低于20°C，大部分泉为浅部循环，温度变化小，近于恒定。

### 2. 水化学类型

本区岩溶水按水化学类型主要为重碳酸钙型和重碳酸钙镁型水。但在煤系地层附近出露的泉，硫酸根离子增多，为重碳酸硫酸钙或重碳酸硫酸钙镁型水。如枣庄十里泉为重碳酸硫酸钙型水。

本区泉水矿化度一般小于0.5g/l。总硬度低于25德国度，水质较好。

## 五、泉水资源利用与保护

区内岩溶泉水大部分分布在低山、丘陵区。据不完全统计有308处（表4），泉水总流量 $5.181 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{年}$ （1978—1982年）。占鲁中南地区岩溶水总剩余资源的40%。其中岩溶大泉36处（现在出流的泉29处，流量变小的泉1处，已干涸的泉6处）。其总流量为 $4.05 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{年}$ ，占泉水总流量的78.18%左右。因此，要充分合理地利用与保护岩溶水资源。

从区域水文地质条件分析，区内岩溶大泉绝大多数属非全排型，泉水的天然流量不能完

表4 山东岩溶泉数量统计表

	<100 m <sup>3</sup>		100-1000 m <sup>3</sup>		1000-10000 m <sup>3</sup>		>10000 m <sup>3</sup>			泉数合计	泉流量合计 (m <sup>3</sup> /日)	占总泉流量百分数 (%)
	出流泉	干枯泉	出流泉	干枯泉	出流泉	干枯泉	出流泉	干枯泉	流量变小的泉			
碳酸盐岩类	13		29	3	23	2	25	6	1	102	1195386.78	84.221
碳酸盐岩夹碎屑岩类	55		103		43	1	4			206	223969.66	15.779
合计	68		135		69		36			308	1419347.44	100.0
备注	大于10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> /日以上岩溶泉总流量为1109672.52m <sup>3</sup> /日。											

全代表泉域内地下水开采资源, 因区内岩溶水除以泉水排泄外, 还通过第四系孔隙水以及地表水排泄。此类型泉要根据水文地质条件和岩溶水排泄途径制定开采方案。但在补给径流区及裸露区的泉, 可以就泉凿井, 增大降深, 能增加开采量。区内也有一些大泉接近全排型, 如明水东麻湾泉群、泗水县泉林泉群, 泉水的天然流量基本代表该水文地质单元的天然资源。属于此类型的泉应避免在泉域上游大量开发岩溶水或在泉口附近凿井, 扩泉也只是泉水“搬家”而不增加新的水源地。尤其对那些具有观赏价值的泉, 应采取“先看后用”的原则。

为保护泉水资源及泉水名胜, 提出几点建议:

1. 为确保泉水名胜, 应避免在泉域上游大量开采岩溶水, 避免在名泉附近凿井。
2. 在泉域上游, 应大量植树造林和种草, 防止水土流失, 调节气候。多修建一些小型水库、堰坝或修建引河工程, 把河水引进补给区, 可增加地下水补给量。

### 3. 防止岩溶泉水污染

(1) 调整不合理的工业布局。排污严重的工厂不要建在泉域上游, 已建的排污严重的工厂需向下游搬迁。

(2) 泉域上游已建的排污严重的厂矿, 又不易搬迁的, 一定要加强管理, 建立统一的排放系统, 建立污水处理站。

(3) 泉口要妥善保护。如在枣庄十里泉, 由于过量开采岩溶水, 形成了区域下降漏斗。泉口位置较低, 未采取保护措施, 致使工业废水流入泉口, 造成水质恶化, 泉水中含有酚、氰化物, 砷含量达0.05mg/l, 超过国家规定的水质标准。应尽快采取保护措施。

## THE KARST SPRINGS IN SHANDONG

Guo Yuwen and Wang Feilong

(The First Hydrogeological Brigade, Shandong  
Bureau of Geology and Mineral Resources)

### Abstract

In Shandong the karst springs which are the natural outcrops of karst groundwater can be classified into five genetic types, i.e. the erosion-fault springs, the erosion-contact springs, the igneous-body-related contact springs, the erosion springs and the fault springs with the first two types predominated. 308 karst springs have been found of which 36 have a flow greater than 10000 cubic meters per day. They are mainly distributed in the hilly land of the central-south of Shandong Prov. and, in particular, in the margin of spring land and the inner part of faulted basins where the springs occur as groups in planar or zonal patterns.

The dynamic variations of the springs are controlled by the stratigraphical, structural, meteorological, hydrological and man-made factors. The conditions in the region are favourable for the karst groundwater flow which has resulted in an active hydrologic cycle, the water from most springs belongs to the  $\text{HCO}_3^-$ - $\text{Ca}^{2+}$  or  $\text{HCO}_3^-$ - $\text{Ca}^{2+}$ - $\text{Mg}^{2+}$  types of weak mineralization in terms of its quality, with a relatively constant temperature and, hence, has a good quality for both the residential and industrial demands.

Suggestions for the protection and rational use of the karst groundwater have been proposed by the authors.