

盘山矿泉水成因及开发条件

许文帅 李希武 陈天生

(冶金部天津地质研究院)

提 要 本文通过蓟县李庄子乡矿泉水田勘查评价的实例,阐述了盘山地区饮用天然矿泉水的三种不同类型的主要成份、水温及产出条件,进行总结,对比研究,提出了该区矿泉水的不同成因及其分布规律,进而论证了矿泉水的开发条件及前景预测。

关键词 盘山 矿泉水 成因 类型 开发条件

天津蓟县盘山矿泉水是产自以盘山花岗岩为主体的风化层、裂隙、构造带以及周边围岩中的高品质地下水。由于形成条件不同,分成了不同类型的矿泉水。其中仅偏硅酸一项指标达标的矿泉水和以偏硅酸、锶两项指标达标的矿泉水两种类型都属于淡水型、中—偏碱性的低矿化度高钙低钠重碳酸型矿泉水,且都含有人体必须的多种微量元素。但是,单项偏硅酸达标的矿泉水大多产自风化花岗岩及岩石裂隙中,也有产自岩溶裂隙但补给源仍来自花岗岩的,这种水水温一般在 $11\sim 14^{\circ}\text{C}$ 。而偏硅酸和锶双项达标的矿泉水则一般产自与构造活动有关的裂隙、断层附近、地下水埋深一般都在70m以下,水温 17°C 。主要分布在盘山南部,如许家台断层附近及沿山麓南部NE向大断层走向的方向。也即构造活动和第四期盘山花岗岩的入侵决定了这种矿泉水的成因。由于国家颁布了新的饮用天然矿泉水标准(GB8537—1995),在单项达标的矿泉水中,偏硅酸含量小于 30mg/l 的将被淘汰。而双项达标的,则不受温度的限制。

在我国北方,盘山矿泉水是优质的饮用天然矿泉水。其微量元素之多,含量之高,以及铁锰元素含量和其他对人体有害元素含量之低,加之高钙低钠等特征,都使得盘山矿泉水身价倍增。尤其是双项达标的矿泉水,其地下循环时间可长达40年以上,而且由于埋藏较深,卫生指标也非常理想,故而成为一种非常有开发前途的饮用天然矿泉水。

双项达标矿泉水的主要产区蓟县李庄子乡,已经和雀巢国际资源公司共同合资成立了天津雀巢天然矿泉水有限公司,投资6千多万元,正在建厂开发那里的优质天然矿泉水资源,为天津的腾飞,为天津走向世界做出新的贡献。

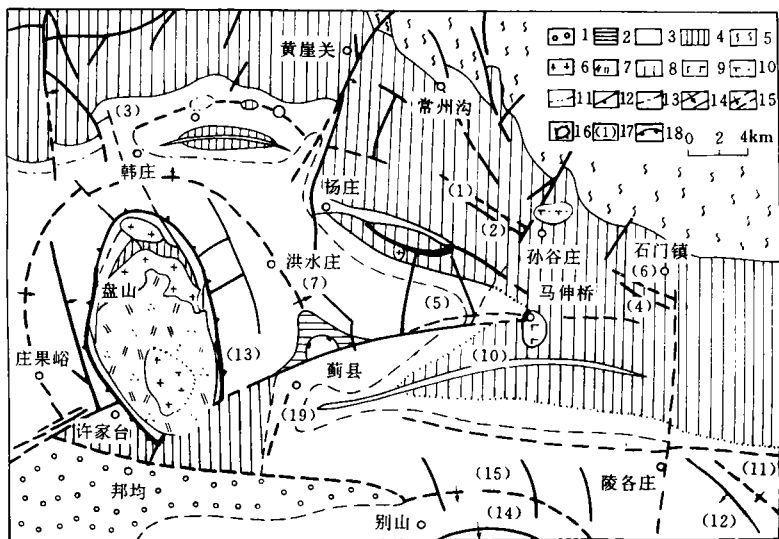
我们曾在《桂林冶金地质学院学报》(1988年第8卷第3期)上讨论过单项达标的盘山矿泉水(当时称为麦饭石矿泉水),并且提出了深层水优于浅层水的观点。这里,我们将重点讨论双项达标的盘山矿泉水的成因及开发条件。

1 矿泉水形成的地质背景

该区北部为山区,地势北高南低,高峰位于盘山挂月峰,标高 857m,至山前一带标高为 30—50m。山区沟谷发育,走向呈北西向南东方向延伸,沟谷中堆积冲洪积物。山区以南为开阔的山前平原,地势平坦,自北向南缓缓倾斜。

本区属于华北地台燕山台褶带马兰峪复背斜南翼西段,褶皱与断裂发育,褶皱叠加和断裂多期活动现象显著。

区内蓟县断层属东西向构造体系,形成于华力西末期,具逆断层性质,断距达 3km。印支运动早期,岩浆上侵活动,形成盘山穹隆构造及周缘向斜。由于盘山岩体截切使蓟县断层局部向南凸出,使岩体南侧外接触变质带正常发育,未受蓟县断层的影响。到燕山运动早期,蓟县断层的后期逆冲活动强烈,虽然主要限于盘山岩体东西两侧(许家台断层),其南侧较弱,但对盘山岩体南部的东西向构造裂隙发育起到控制作用。蓟县断层的新构造活动也继承了这一特点。(见图 1)



1. 第三系(?) 2. 青白口系+寒武系 3. 蓟县系 4. 长城系 5. 太古宙 侵入体印支早期 6. 花岗岩 7. 石英二长岩 印支晚期 8. 辉石岩 9. 正长岩 燕山早期 10. 石英正长斑岩 11. 地质界线 12. 断层和倾向 13. 杨庄组顶界 14. 背斜和轴面倾向 15. 向斜和轴面倾向 16. 穹隆 17. 褶皱编号 18. 推覆构造

图 1 蓟县地区构造纲要图

Fig. 1 Schematic map showing structure frame of Jixian Area

盘山岩体顶面呈穹形,南北较长,出露面积约 70km²,岩体与围岩接触关系清楚,界面外倾,界面产状与围岩地层一致,伴有周缘向斜。围岩普遍发生热接触变质,变质带宽 500—

1000m,主要为大理岩化,角岩化,局部发生交代变质,见矽卡岩化。岩体东西两侧围岩为蓟县系雾迷山组白云岩,北部为长城系高于庄组白云岩,西南部较复杂,有长城系常州村组石英砂岩,串岭沟组砂页岩和高于庄组白云岩等。

盘山岩体主要由花岗岩和石英二长岩两套岩石构成,根据接触关系、结构构造和矿物成分划分四期,侵入顺序依次为:中粗粒花岗岩—中细粒黑云母花岗岩—含斑石英二长岩—细粒花岗岩。

岩体及围岩中辉绿岩脉非常发育,走向NNW,产状近于直立,宽度2~30m。据野外调查,岩体内部辉绿岩脉具有等距分布特点,间距约500m,多受早期形成的NNW裂隙控制。

岩体内裂隙发育。风化层厚约20~40m,风化裂隙极为发育,疏松易碎,表层砂化,形成“麦饭石”。构造裂隙以NE45°~65°,NW310°~340°两组为主,裂隙面直而且延伸远,构成似层状裂隙网络系统。

盘山岩体为多期活动。每次大的构造运动,必然伴随岩浆的上侵和喷发,受其挤压和拖拽,接触带部位岩石破碎,并能形成良好的通道,为矿泉水运移和赋存提供了条件。

盘山岩体及其围岩蚀变带构成了一个独立的水文地质单元。岩体的北、东、西三个方向以围岩蚀变接触带为边界,由于蚀变带普遍大理岩化,故导水性及富水性较差,构成单元的弱透水边界。单元南侧边界较复杂,由第四系地层,围岩蚀变带和蓟县断层混合组成,其中第四系地层和山前断裂部分具有导水性,而围岩蚀变带具弱透水性。

盘山水文地质单元的东侧为赵家峪贮水构造,西侧为庄果峪贮水构造。其涌水量都很大(1000~3000m³/d)。水文地质单元内地下水形成具有规模的矿泉水分布区,具有一定的分布广度和深度以及相当大的资源储量,称之为矿泉水田。

矿泉水田分布在岩体周围以南部为主。其边界与盘山水文地质单元的围岩弱透水边界基本吻合。矿泉水处在单元的滞流排泄区,是特定岩性和构造条件下的产物。

矿泉水田贮水层为花岗岩构造裂隙网络系统,接触带构造裂隙系统、蚀变带裂隙系统以及风化裂隙系统。在不同的裂隙系统中,赋存有不同类型的矿泉水,已发现有偏硅酸型,偏硅酸锂型和偏硅酸铯锂型,它们与岩性和构造因素有着密切关系。双项达标的矿泉水,主要产于灰质白云岩和白云质灰岩中,属蚀变带的岩溶裂隙系统矿泉水。

单元内部矿泉水分布极不均匀。在垂直方向上,风化层导水性好,但由于风化层厚度小,单井涌水量一般10~20m³/h;在水平方向上,风化层导水性较均匀。深部花岗岩非均质性明显。深井涌水量差别很大,70%单井涌水量为30~80m³/h,30%单井涌水量小于15m³/h。造成这种情况的原因是,虽然由于围岩蚀变带是地下水的滞流区,但只有当水井穿过岩溶裂隙和构造裂隙发育段时才可有充足的水量。这也是双项达标矿泉水的一个赋存及开采特点。

2 矿泉水水质和水量

双项达标矿泉水为无色、无味、无异味、无异物、浊度<3、色度<5的清澈透明、洁净晶莹的优质饮用天然矿泉水。完全符合《中华人民共和国饮用天然矿泉水标准(GB8537—1995)》的

各项规定指标,可以直接装瓶。但一些井,由于结构不合理,水质受到污染,细菌超标。

双项达标矿泉水的补给来源十分充足,储存量也极为丰富,单井出水量可达 $30\sim 60\text{m}^3/\text{h}$,甚至更高。但如果井位选择不好,则可能出现水量较小($10\text{m}^3/\text{h}$)乃至无水干眼的情况,这也充分说明了构造裂隙对矿泉水分布的控制作用。

仅以我们去年为天津雀巢天然矿泉水有限公司打的矿泉水井为例,单井补给量为 $10.7\times 10^5\text{m}^3/\text{a}$,储存量为 $4.8\times 10^5\text{m}^3$,出水量按抽水试验的实际出水量为 $47.3\text{m}^3/\text{h}$,按理论最大降深计算出水量可达 $66.6\text{m}^3/\text{h}$,而且水位恢复很快。见抽水试验曲线(图 2)及水位恢复曲线(图 3)。

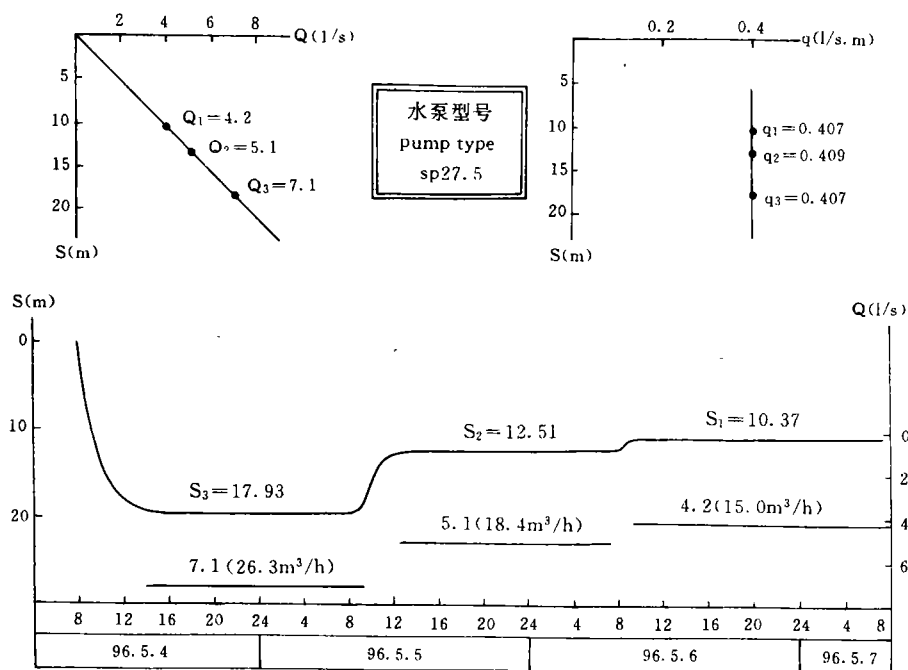


图 2 抽水试验曲线

Fig. 2 The curve of pumping test

3 双项达标矿泉水成因分析

首先必须指出,盘山花岗岩体中,尤其以石英二长岩为代表,微量元素锶的含量($575.5\times 10^{-6}\sim 760\times 10^{-6}$)远远高于一般酸性岩体中锶的含量,而且溶解性极强,可达 0.44×10^{-6} 。同时,在本地区进行钻探时进行岩芯化学分析,发现花岗岩的脱硅现象随深度的增加而增加,也即围岩蚀变带中的 SiO_2 的含量随深度的增加而增加,上部和下部相差 383 倍。同时还发现,围

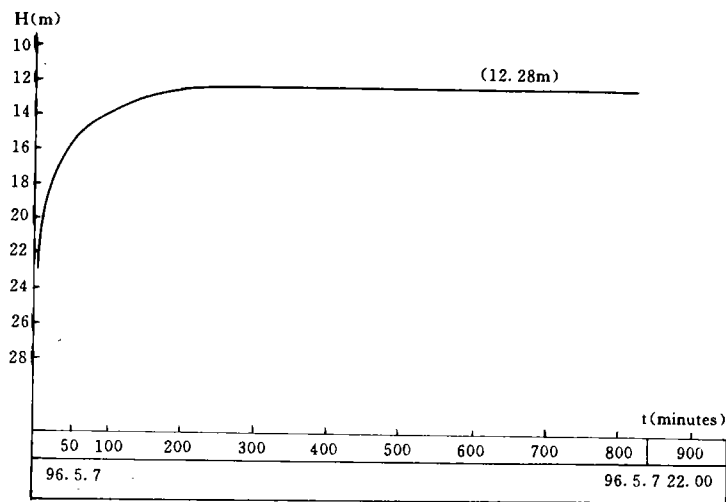


图 3 水位恢复曲线

Fig. 3 The curve of recovering water level

岩蚀变带中的微量元素含量以锶最高为 $33\sim 40W(B)/10^{-6}$ ，其次是锂，为 $28W(B)/10^{-6}$ 。由此可以得出结论，盘山花岗岩中的石英二长岩及其围岩蚀变带除富含 SiO_2 之外，而且还富含 Sr、Li，这就为形成偏硅酸锶型矿泉水奠定了物质基础(表 1、表 2 及表 3)。

表 1 花岗岩化学分析结果表

Table 1 Petrochemical analysis of granitoids

野外 编号	岩石 名称	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	FeO	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	MnO	K ₂ O	Na ₂ O	H ₂ O	CO ₂	Σ
33—1	石英二长岩	65.81	16.13	0.48	2.11	1.47	3.13	1.58	0.25	0.10	3.58	4.36	0.45	0.29	99.74
33—3	石英二长岩	60.31	15.99	0.45	1.66	1.58	2.93	1.39	0.21	0.09	4.08	4.38	0.35	0.19	99.92
30—1	石英二长岩	66.58	15.24	0.43	1.78	1.09	2.80	1.29	0.18	0.11	4.14	4.22	0.48	0.28	99.12
8—1	石英二长岩	66.74	15.73	0.52	2.11	1.63	2.93	1.53	0.25	0.10	3.86	4.12	0.70	0.30	99.52
12—1	石英二长岩	66.14	15.34	0.53	2.08	1.39	2.93	1.63	0.20	0.10	3.86	4.18	0.59	0.47	99.44
12—2	石英二长岩	67.33	14.96	0.53	1.85	1.71	2.73	1.34	0.20	0.10	3.81	4.02	0.54	0.40	99.52
24—2	混杂岩	69.33	14.96	0.27	0.90	1.30	2.13	0.72	0.18	0.08	4.48	3.92	0.63	0.26	100.02
37	混杂岩	68.4	15.97	0.32	0.95	1.20	2.13	0.67	0.13	0.08	4.48	3.94	0.44	0.30	99.02
14	混杂岩	71.76	14.50	0.16	0.77	1.20	1.60	0.67	0.11	0.08	4.68	3.80	0.20	0.33	99.86
25—1	二长花岗岩	71.69	13.82	0.20	1.55	0.54	1.80	0.67	0.11	0.08	4.17	3.70	0.25	0.30	98.88
13—1	二长花岗岩	70.58	14.48	0.19	1.76	0.30	1.47	0.86	0.13	0.08	4.48	3.90	0.29	0.30	98.92
23	二长花岗岩	75.62	12.54	0.16	0.82	0.18	0.60	0.19	0.08	0.06	4.90	3.70	0.38	0.34	99.57
34	花岗细晶岩	75.9	12.40	0.04	0.54	0.26	0.60	0.10	0.046	0.06	4.96	3.36	0.08	0.35	99.92
黎形	石英二长岩	65.74	15.89	0.75	2.52	1.87	3.27	1.64	0.20	0.13	3.67	3.29	0.69	0.34	100
黎形	花岗岩	71.27	14.25	0.25	1.62	1.24	1.62	0.80	0.16	0.08	4.03	3.79	0.56	0.33	100
戴里	花岗细晶岩	75.0	13.14	0.30	0.40	0.58	1.13	0.30	0.03	0.07	4.80	3.54	0.71		

表 2 岩芯化学分析(W(B)/10⁻²)
Table 2 Analysis of core samples

元素段	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	S
上段	0.09	0.86	0.07	38.36	20.45	0.44	0.005
下段	34.46	2.00	0.11	25.25	18.22	0.53	0.013
元素段	FeO	P ₂ O ₅	MnO	K ₂ O	Na ₂ O	H ₂ O ⁺	CO ₂
上段	0.34	0.058	1.61	0.24	0.033	0.30	39.54
下段	0.53	0.082	1.09	0.50	0.15	2.10	15.58

表 3 岩芯微量元素化学分析(W(B)/10⁻⁶)
Table 3 Micro-element of core sample

元素段	Cu	Pb	Zn	Co	Ni	Sr	Cr	Li
上段	6	8	17	1	1	33	14	28
下段	4	8	27	1	1	40	15	26
元素段	Sn	B	W	Mo	V	Se	Te	
上段	2	8.3	1	5.3	9	0.2	0.03	
下段	8	9.8	1	4.8	10	0.2	0.04	

除了物质基础之外,尚须有构造活动造就的导水通道、地下水水力联系、循环时间、环境温度等条件,这些条件完全受控于断裂构造及岩浆活动,但同时又决定了水的温度及锶和其他微量元素在水中的含量。这一点,可以从南部断层构造的控制作用上明显地看出。

位于岩体南部的 NEE 向断裂与 NNW 向断裂的交汇处的水井,不但水温高,而且成为了地热水。其水中偏硅酸(68.2mg/l)、锶(0.65mg/l)、锂(0.52mg/l)三项达标。pH 值为 8.7,矿化度 540mg/l。属中等矿化度碱性重碳酸—硫酸—钠型矿泉水。由此可知,随着与深层联系的加大,不但水温升高,矿化度增大,而且水质类型也发生了变化。

有关三种矿泉水的主要指标对比见表 4。

表 4 三种矿泉水主要指标对比表

Table 4 Main characteristic comparison of three typical mineral water

	H ₂ SiO ₃	H ₂ SiO ₃ —Sr	H ₂ SiO ₃ -Sb-Li
水温(℃)	11~14	17	36~105
pH	6.7~7.8	7~8	>8.6
矿化度(mg/l)	150~250	250~350	>500
循环时间(年)	<15	20~40	>40
H ₂ SiO ₃ (mg/l)	26~55	35~58	>68
Sr(mg/l)	0.05~0.13	0.3~0.58	>0.65
Li(mg/l)	0.003~0.01	0.02~0.12	>0.52
水 型	HCO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻ SO ₄ ⁻

在这里必须指出的是,NEE 向的一组断裂为蓟县地区最大断裂走向方向。正是这组大的断裂的多次活动,导致了这里的矿泉水为三项达标矿泉水。这在 NNW 向断层上是不可能产生的。

通过在蓟县盘山地区的多年工作,从大量的分析资料和多个矿泉水评价中可以得出这样的结论:矿泉水达标组份及其含量、矿化度、温度、埋藏深度、硫酸盐和卤化物的含量、微量元素的含量等,都随与断层构造关系的密切程度的增加而增加。也就是说,盘山地区的三种矿泉水——偏硅酸型、偏硅酸锶型和偏硅酸锶锂型——在成因上的不同,主要不是区别于岩性,而是以与断裂构造活动的密切程度为标志的。此外,断裂构造还直接决定了矿泉水的分布。

关于不同矿泉水的类型及分布规律,可以简化如下表。

表 5 盘山矿泉水类型及分布

Table 5 The types and distribution of Panshan natural mineral waters.

储水条件	风化层、一般裂隙	与构造裂隙有关	在构造断裂部位
矿 泉 水 埋 深	H ₂ SiO ₃ 矿泉水 (11~14℃)		
		H ₂ SiO ₃ —Sr (17℃)	
			H ₂ SiO ₃ —Sr—Li 矿泉水
			(36~105℃)

4 矿泉水的前景预测与开发条件

在盘山矿泉水田中,据初步统计,三种矿泉水的单井出水量与达标组份呈负相关关系。出水量最大的为单项达标的矿泉水,其储水介质的渗透系数变化很大(1~15m/d)。而最适宜长期大量开采的,当属双项达标的矿泉水。一则因为双项达标的矿泉水地下循环时间长、且埋藏较深,二则因为埋藏条件好、受污染也少。有的井污染指标硝酸根及菌落总数都近乎为零。而单项达标的矿泉水仅从微生物指标看,就远不如双项达标的矿泉水。

以李庄子乡行政区划范围北半部为代表的偏硅酸锶型矿泉水水源地是一个极具规模的矿泉水田。不仅有丰富的矿泉水资源,而且环境条件良好。尤其要指出的是矿泉水田的补给区是未受任何污染的天然林区和旅游风景区,而滞流区上部的第四纪盖层又较厚,且有一层厚12m的粘土层为隔水底板,所以迳流条件也非常好。加之本区内无“三废”污染来源且水源地紧靠公路与铁路,交通十分便捷,所以是一个十分理想的矿泉水水源地。

鉴于盘山矿泉水水源地地处北京、天津、唐山、承德四城市之腹地,矿泉水产销市场广阔、开发潜力很大。但近几年,某些矿泉水厂盲目投产,由于成井工艺不佳,生产流程不严,包装、贮存不善等诸多原因,势必造成矿泉水资源浪费,产品质量下降。

矿泉水作为一种宝贵的地下矿产资源,应该根据市场的需求进行有指导的统一规划开发。有关部门应根据矿泉水的环保及开发技术经济条件制定出以集中开发偏硅酸锶型矿泉水为主的中长期开发方案。

另外,在本地区打井,无论是生活、生产用水或是开发矿泉水,除应严格执行成井工艺外,还要限制成井深度,以防破坏矿泉水的赋存条件,从而保证矿泉水的开发工作有可持续性。

天津雀巢天然矿泉水有限公司将采用先进的设备进行高质量的矿泉水生产。第一阶段的生产能力为年产1500万升,第二期生产规模将扩大一倍,产量也随之翻一番。这是十分可喜的。

建立起良好的环境保护区和不断地降低成本,将会使本矿泉水在市场上的竞争力不断提高;而随着矿泉水的开发和系列产品的增加,除了利税收益非常可观外,必将会在当地带动起一批企业的发展,有着深远的经济效益和社会效益。

我们相信,以这样优良的饮用天然矿泉水资源为依托,经过中外双方经营管理人员的共同努力,一定会在本世纪末、下世纪初把天津雀巢天然矿泉水有限公司建设成为世界一流的饮用天然矿泉水公司,同时也将对天津地区饮用天然矿泉水的生产经营由粗放型转为集约型起到至关重要的作用。以天津雀巢天然矿泉水有限公司为龙头的盘山矿泉水也将走进千家万户,成为人们不可或缺的生活、保健必备品。

参考文献

- 1 孙昌仁,等. 国内外矿泉水研究. 中国地质学会环境地质专业委员会,1987

- 2 李希武,等. 盘山矿泉水形成机理、赋存规律及开发利用研究报告. 1993
- 3 陈天生,等. 天津市纺织局疗养院东井矿泉水勘查报告. 1994

GENESIS OF DRINKING MINERAL WATER IN PANSHAN AREA AND THE CONDITION FOR DEVELOPMENT

Xu Wenshuai, Chen Tiansheng and Li Xiwu

(Tianjin Geological Academy of MMI, Tianjin)

Abstract

Taking prospecting and evaluating of Li Zhuang Zi Drinking Mineral Water Field as an example this paper describes the three types of mineral water in Panshan Area and their composition, temperature and geological setting. Development conditions and the future are discussed on the integral analysis and comparison of genesis and distribution regularities of the mineral waters.