

吕玉香,胡伟,郭传道. 云南蒙自盆地人类活动对地下水环境的影响[J]. 中国岩溶, 2017, 36(4): 557-562.
DOI:10.11932/karst20170418

云南蒙自盆地人类活动对地下水环境的影响

吕玉香,胡伟,郭传道

(重庆市地勘局 208 水文地质工程地质队,重庆 400700)

摘要:在云南蒙自盆地开展了现场调查、采样、抽水试验、动态监测等工作,经与以往研究成果对比分析,揭示出近 30 年来在人类活动影响下蒙自盆地的地下水环境变化特征:蒙自盆地第四系中 20 个天然水点断流;盆地内不同地区水位下降 5~20 m;地下水中 SO_4^{2-} 、 Cl^- 含量显著增多,地下水类型由原来的 2 种增为 10 种;地下水水质变差,水质良好及以上者占取样总数的百分比由原来的 80%,降至 17.4%,其主要原因是城镇扩张、人口膨胀,对地下水资源需求量增大,工业废水、生活污水随意排放,农药化肥使用量增大。

关键词:蒙自盆地;城镇扩张;泉水断流;水质恶化

中图分类号:P641.8;X523

文献标识码:A

文章编号:1001-4810(2017)04-0557-06

0 引言

地下水资源在中国平原、盆地区居民生产生活中起着举足轻重的作用。近年来,在全球气候变化的大背景下,城市化、工业化进程加快,人类活动对地下水环境的影响不断加强。在自然因素和人类活动的双重影响下,部分地区出现了地下水位持续下降、水质恶化、地下水污染、地面沉降和地裂缝等地下水环境问题,这已成为社会经济可持续发展的重要制约因素之一^[1]。为此,水文地质工作者们开展了大量研究,程星等^[2]研究分析了岩溶地区公路建设对地下水环境的破坏形式及其保护策略,卢海平等^[3]研究了广西南宁朝阳溪浅层地下水污染特征,梁永平等^[4]指出我国北方有 20% 以上的岩溶水系统主要排泄带水质在Ⅲ类以下并总体趋向恶化,徐建国等^[5]在济南泉域系统采集 45 组样品,发现有机污染物检出率达到 93.3%,王宇等^[6]分析了昆明翠湖九龙池泉群断流原因及恢复措施。近年来,《全国地下水污染防治规划(2011—2020 年)》、《水污染防治行动计划》(简称“水十条”)与《环境影响评价技术导则—地下水环境(HJ 610—2016)》的颁布实施,标志着地下水环境研究与

防治已提升为国家战略。

本文以中国地质调查局 1:5 万水文地质调查项目为依托,通过现场调查、采样、抽水试验、动态监测等工作,开展人类活动对云南蒙自盆地地下水环境的影响研究,揭示近 30 年来在人类活动影响下蒙自盆地的地下水环境变化特征,以期为本地区合理开发利用地下水和保护地下水环境提供科学依据。

1 蒙自盆地概况

盆地在云南俗称为“坝子”,蒙自坝子是云南省六大坝子之一,是红河州乃至滇南最大坝子。蒙自盆地是由湖沼相沉积物形成的湖积平原,盆底为不规则圆形,海拔在 1 281~1 350 m,盆地中部发育有长桥海和大屯海两个天然湖泊。盆底覆盖层厚度一般在 100~300 m,个别地区厚达 700~800 m。盆地底部为碳酸盐岩地层。区内地下水类型为孔隙水及岩溶水,盆地内主要开采孔隙水,本文以孔隙水为主要研究对象。

蒙自盆地是蒙自市主要的耕地分布区、人口聚居区、经济活动区,面积为 544.2 km²。蒙自市是红河

资助项目:国家重点研发计划资助项目(2016YFC0502302);中国地质调查局项目(12120114069101)

第一作者简介:吕玉香(1984—),女,高级工程师,硕士研究生,从事水文地质方面的工作。E-mail:lvyy02@163.com。

收稿日期:2016-05-17

哈尼族彝族自治州政治、经济、文化、科技、交通中心，也是滇南中心城市核心区。蒙自坝区内农业发达，石榴、葡萄、西瓜、桃子、枇杷、番茄、茄子等瓜果蔬菜大规模覆盖，石榴面积近 10 万亩。近年来，社会经济快速发展带来的地下水水位下降、地下水污染等一系列问题日益凸显。

2 近 30 年来地下水环境变化

2.1 泉点减少

蒙自盆地地表水资源匮乏，工农业用水主要来源于地下水。据 2011 年云南省红河州水资源公报，全州农田灌溉亩均用水量 433 m³。近年来由于蒙自盆地农业迅速发展，蒙自石榴已由原来的近万亩增至目前的十万亩，每年石榴灌溉用水量达 4.33×10⁷ m³，因此，对地下水的开采力度大幅增加，盆地内泉流量减小或泉水干涸、断流的现象普遍存在，尤其是在盆地西北部和东南部，据以往 1：20 万区域水文地质普查及 1：5 万农田供水勘查资料，盆地中有 22 个天然水点，目前仅存 2 个泉点(表 1)。

表 1 蒙自盆地泉点流量对比表
Table 1 Comparison of discharge of springs in the Mengzi basin

原编号	位置	类型	标高/ m	含水层 代号	历史		现状	
					流量/L·s ⁻¹	年月	流量/L·s ⁻¹	年·月
415	云锡五七干校南东 500 m	下降泉	1 330	N ₂	0.61	1982.4	0	2014.9
416	安南邑西 2 800 m	下降泉	1 360	N ₁ ³	0.01	1982.5	0.01	2014.9
417	安南邑西 2 550 m	下降泉	1 370	N ₁ ³	0.2	1982.5	0	2014.9
418	安南邑西 2 000 m	下降泉	1 318.37	N ₁ ³	0.08	1982.5	0	2014.9
419	安南邑西 1 250 m	下降泉群	1 314.14	N ₁ ³	0.09	1982.5	0.001	2014.9
420	小洛就南西 500 m	上升泉	1 283.47	Q ₃ ^h	0.52	1982.5	0	2014.9
423	芦柴冲北 250 m	下降泉群	1 318.16	N ₁ ⁴	5.92	1982.4	0	2014.9
424	木爬坡南 550 m	下降泉	1 320	N	<0.03	1959.11	0	2014.9
425	小洛就南 300 m	上升泉	1 285.31	Q ₂ ^{ph}	1.00	1982.5	0	2014.9
426	小郭西 500 m	下降泉	1 281.7	Q	0.02	1961.1	0	2014.9
429	云锡水泥厂北东 1 500 m	下降泉群	1 341.14	N ₁ ⁴	0.08	1982.5	0	2014.9
430	新落村北 700 m	上升泉群	1 287.08	Q ₃ ¹¹	1.83	1982.5	0	2014.9
431	新落村北 500 m	下降泉	1 290	Q	0.08	1982.10	0	2014.9
432	小龙树坡北西 1 500 m	下降泉群	1 318	N	0.05	1961.10	0	2014.9
433	米汤寨南西 650 m	下降泉	1 309	Q ₄ ^{al+dl}	0.04	1982.10	0	2014.9
434	马街哨西 1 150 m	下降泉	1 281	Q ₁ ^l	0.01	1981.1	0	2014.9
436	马街哨南东 800 m	季节泉	1 279	Q ₁ ^l	0.50	1981.1	0	2014.9
437	红卫公社北东 700 m	季节泉	1 300	Q ₃ ^{2pl}	0.60	1980.12	0	2014.9
440	管家山北 1 400 m	下降泉	1 286	Q ₄ ^h	1.24	1982.4	0	2014.9
441	红卫公社南 800 m	季节泉	1 300	Q ₃ ^{2pl}	<0.50	1980.12	0	2014.9
443	新房子北 900 m	下降泉	1 320	Q ₃ ^{2pl}	0.22~2.17	1982.5	0	2014.9
449	小东山南 300 m	下降泉	1 340	Q ₃ ^{2pl}	0.33	1980.12	0	2014.9

2.2 地下水水位下降

依据收集的以往钻孔资料，绘制了上个枯水期蒙自盆地孔隙水等水位线图(图 1)，通过与本次同期等

水位线图相比(图 2)。盆地内不同地区地下水位下降在 5~20 m，其中新安所一带地下水位下降幅度较大。

2.3 矿化度、硬度增大,水化学类型多样化

本次取孔隙水样 54 件,其中包括简分析 15 件,全分析 23 件,饮用水分析 16 件,通过与以往 1:20 万区域水文地质普查资料对比分析,发现地下水水化学特征和类型都发生了较大变化,具体表现在:

30 年前,区内孔隙水的矿化度为 $0.046\sim0.822\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$,现在为 $0.222\sim1.182\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$,多个水样的矿化度 $>1\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$;地下水硬度也由 $11.5\sim356.3\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 增至 $16.07\sim1\,161.1\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$,个别点硬度增加了十几倍^[7]。

根据舒卡列夫分类法,30 年前,研究区内孔隙水水化学类型主要为 HCO_3-Ca 型,局部为 HCO_3-

$\text{Ca}\cdot\text{Mg}$ 型;据 2015 年检测结果,地下水中 SO_4^{2-} 、 Cl^- 含量显著增多。孔隙水水化学类型包括 $\text{HCO}_3-\text{Ca}\cdot\text{Mg}$ 型、 HCO_3-Mg 型、 HCO_3-Ca 型、 $\text{HCO}_3\cdot\text{SO}_4-\text{Ca}$ 型、 $\text{HCO}_3\cdot\text{SO}_4-\text{Ca}\cdot\text{Mg}$ 型、 $\text{HCO}_3\cdot\text{Cl}-\text{Ca}\cdot\text{Mg}$ 型、 $\text{HCO}_3\cdot\text{SO}_4\cdot\text{Cl}-\text{Ca}$ 型、 $\text{HCO}_3-\text{K}\cdot\text{Na}$ 型、 $\text{Cl}\cdot\text{HCO}_3-\text{Ca}\cdot\text{Na}$ 型、 $\text{HCO}_3\cdot\text{Cl}-\text{Ca}$ 型 10 种类型。

2.4 水污染

2.4.1 地下水污染

采用《地下水质量标准》(GB/T14848-93)、《生活饮用水卫生标准》(GB5749-2006)将以往水质分析资料 and 目前对比:

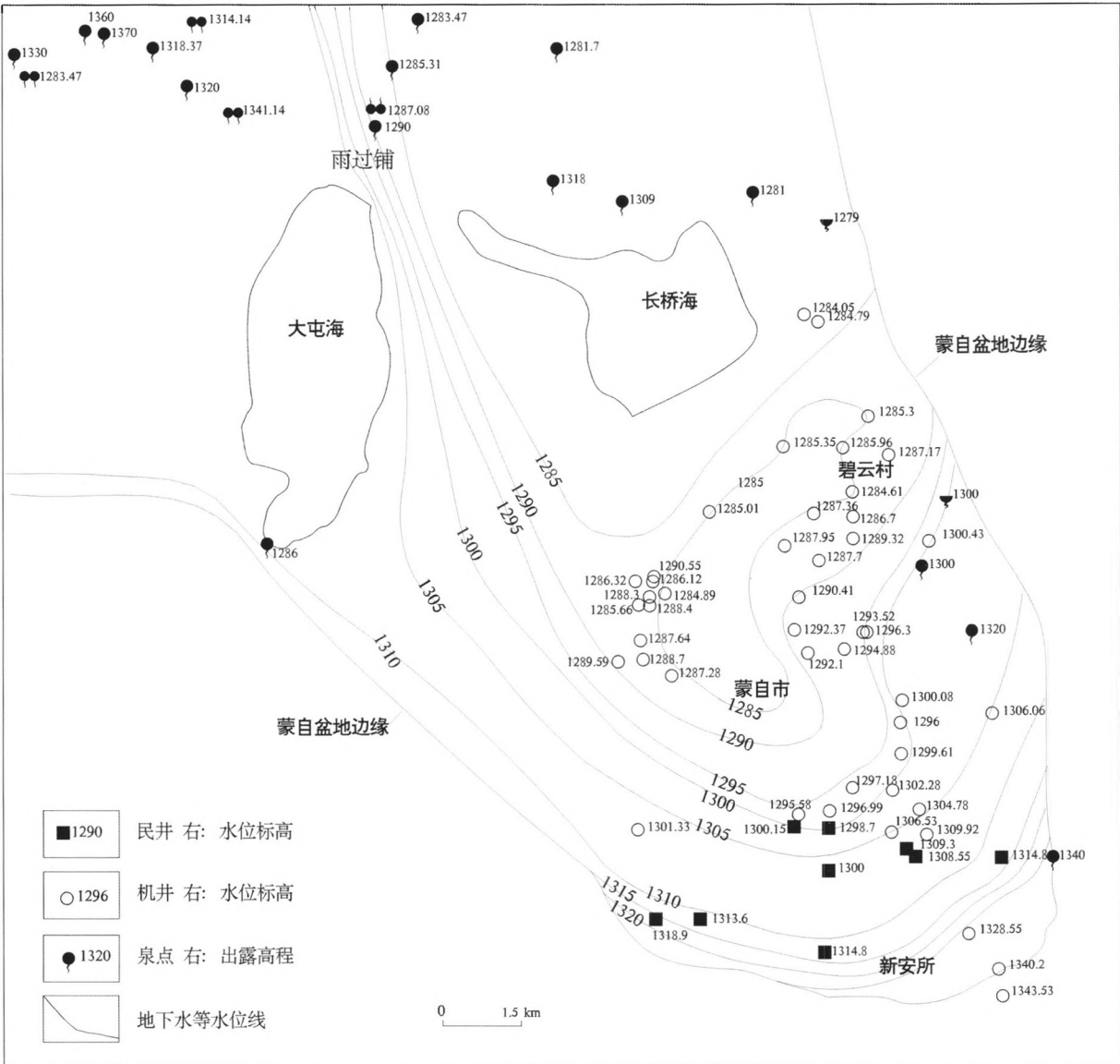


图 1 蒙自盆地孔隙水等水位线图(1982 年)
Fig. 1 Contours of pore water level in the Mengzi basin in 1982

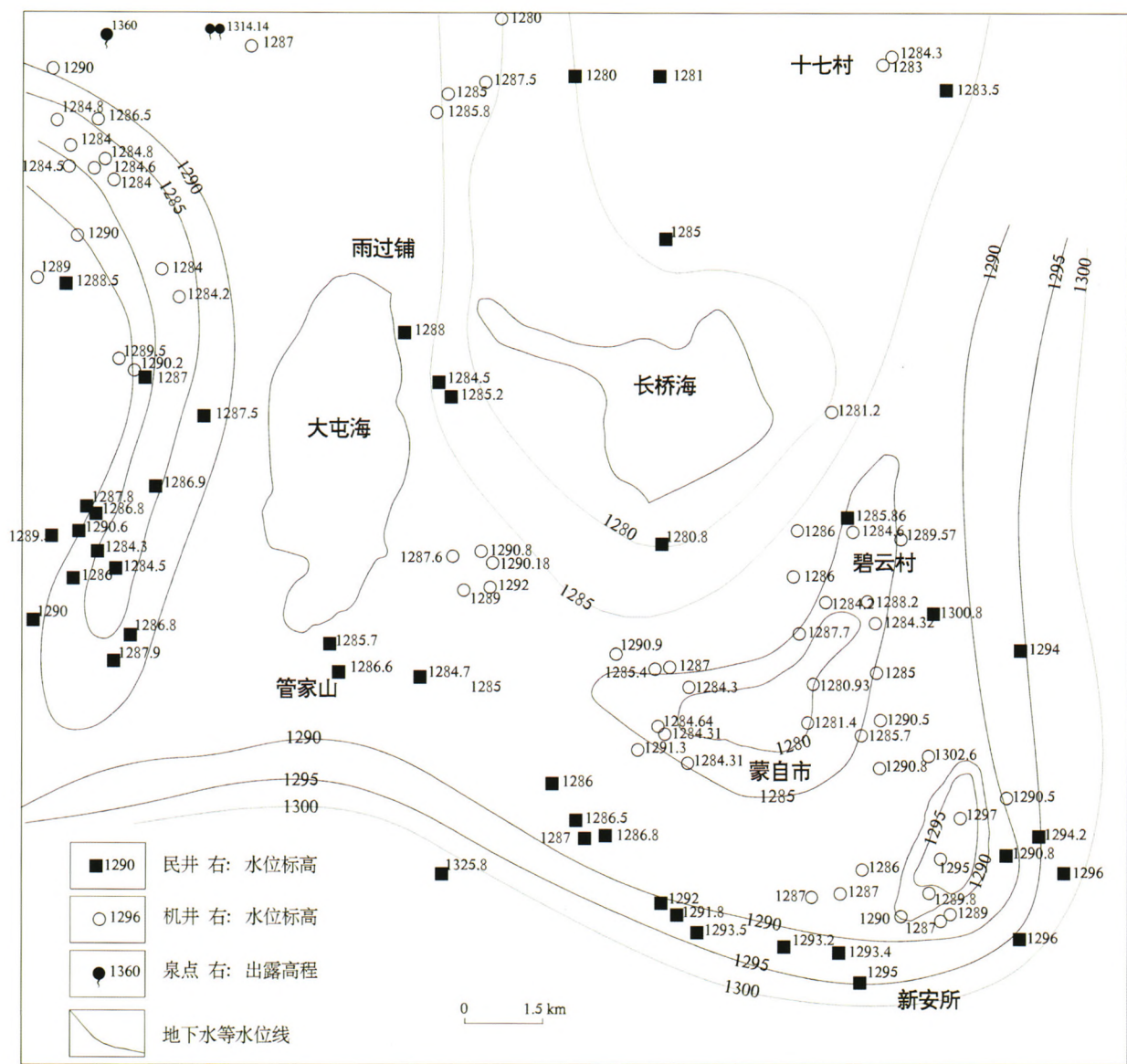


图 2 蒙自盆地孔隙水枯水期等水位线图(2015 年)
Fig. 2 Contours of pore water level in the Mengzi basin in dry season (2015)

1977—1978 年,取 22 口水井样进行检测,蒙自盆地孔隙水多属良好~较好水质,约占总水样的 80%,少数水样硝酸盐、溶解性总固体、总硬度、锰、细菌、亚硝酸盐、氨、氮、耗氧量、氯化物、镉、砷、氟、铜超标。通过进行饮用水评价,适宜饮用的水样达 70% 以上。

本次调查取样 23 组进行全分析,其中 18 组为较差水质,占 78.3%;1 组为较好水质,占 4.3%;4 组为良好水质,占 17.4%,超标指标主要有总大肠菌群、耐热大肠菌群、硝酸盐、亚硝酸盐指标、总硬度、溶解性总固体等,部分样品氨、氮、耗氧量、氯化物、镉、砷、氟、铜、钒、锌等指标超标。同时,取 16 组孔隙水样进

行饮用水分析,仅有 1 件完全合格,12 件样品卫生指标超标,7 件样品硝酸盐超标,4 件样品有少许颗粒沉淀,2 件样品总硬度、溶解性总固体超标。

由此可见,研究区内孔隙水水质较 30 年前恶化。

2.4.2 地表水污染

近年来,区内地表水水质有恶化的趋势。以区内大屯海和长桥海为例:

大屯海:1973 年检测出氟超过地表水标准,铜含量超过渔业用水标准 4 倍,耗氧量偏高,细菌和大肠杆菌指数超过饮用水标准,为轻度污染;1975—1978 年,检出汞、镉、六价铬有毒物质,硫酸盐、氟化物含量有所增高,说明大屯海为轻度污染;2005 年,大屯海

水质综合评价为Ⅳ类水,为中度污染;据 2013 年红河州水资源公报,大屯海水质为Ⅴ类;据 2015 年 2 月取样分析,大屯海水质为Ⅴ类,为重度污染。

长桥海:1975—1978 年,检出铅、砷、氰、氟、酚等物质,受到轻度污染;据红河州环保局 2000 年资料,水质综合评价为Ⅲ类水,为轻度污染;据 2015 年 2 月取样分析,水质为Ⅴ类,属重度污染,水质趋于恶化。

3 原因分析

3.1 城镇扩张、经济发展导致泉水断流、地下水水位下降

近年来,蒙自市城镇迅速扩张,蒙自坝区人口急剧膨胀。由表 2 可知,1990—2013 年间,蒙自市建设用地增加了 3 225.06 hm² (45.65%)^[8]。蒙自市人口从 2000 年的 340 051 人增加到 2010 年的 417 156 人,增加了 22.68%,特别是蒙自被确定为红河州州府和滇南中心城市以来,经济得到了快速发展,工业、农业以及人畜饮水对地下水资源的需求量剧增,仅石榴地下水灌溉用水量就从原来的不足 4.33×10⁶ m³,增至目前的 4.33×10⁷ m³,增长了十倍,导致区内泉水断流,地下水水位下降,目前,政府已禁止或限制在盆地西部的大屯镇、雨过铺一带开采地下水。

表 2 蒙自市 1990—2013 年土地利用变化(hm²)
Table 2 Changes of land use in Mengzi city from 1990 to 2013 (hm²)

年份	水体	水田	旱地	园地	林草地	建设用地	未利用地	合计
1990	2 197.17	3 649.23	7 182	5 779.8	10 467	7 064.91	1 627.11	37 967.22
2013	2 147.85	4 164.66	6 176.52	3 335.67	9 282.11	10 289.97	2 570.49	37 967.22
变化	-49.32	515.43	-1 005.48	-2 444.13	-1 184.89	3 225.06	943.38	0

3.2 工业“三废”随意排放、农药化肥大量使用导致地表地下水水质恶化

蒙自市工业集中区分布在蒙自盆地,废气不易向四周扩散,部分含二氧化硫的废气,还会与空气中的水蒸气结合,形成酸雨,降雨后进入地下水;部分工矿企业直接将废水排入地表水体中,通过地表地下水交换,进入地下水,据收集的蒙自市政府数据,2014 年城市全年产生污水 1.20×10⁷ t,污水收集和处理率为 75.5%,未处理量为 294 t;部分企业的废渣直接堆放于城区周边山坡上,降雨下渗又污染了浅部地下水。

蒙自盆地内农业发达,农民大量施用农药和化肥,化肥中的营养成分经降雨或灌溉进入地下水,使水中矿化度增大,尤其是 SO₄²⁻、Cl⁻ 浓度增大,水化学类型多样化。

目前蒙自盆地城镇污水、垃圾处理设施增长速度相对滞后,农村的生活污水和垃圾处理更为随意,部分直接污染了地表水,部分在降雨的作用下,进入地下水,造成地下水污染。

4 结论及建议

4.1 结 论

近 30 年来,在人类活动影响下,蒙自地下水环境发生了显著变化,具体表现在:蒙自盆地第四系中 20

个天然水点断流;盆地内不同地区水位下降 5~20 m;地下水矿化度、硬度升高,SO₄²⁻、Cl⁻ 含量显著增多,地下水类型由原来的 2 种增为 10 种;地下水水质变差,水质良好及以上者占取样总数的百分比由原来的 80%,降至 17.4%。

蒙自盆地城镇扩张、经济发展、人口膨胀导致对地下水资源需求量增大,泉水断流、地下水水位下降;工矿企业废水随意排放、化肥使用量增大导致地下水矿化度、硬度升高,地下水类型多样化;工业废水、生活污水随意排放、农药化肥大量使用导致地表、地下水被污染。

4.2 建 议

- (1)严格控制地下水开采量,加强监测与管理,合理开发和有效保护地下水资源。
- (2)运用先进工艺,减少生产中废物的排放量;处理污水,实现废物的资源化以达到对废物的科学管理。
- (3)推进农业的清洁生产,减少农药化肥用量。
- (4)寻找新的城市后备水源地。
- (5)节约用水、提高水资源的利用效率。

参考文献

[1] 李培月. 人类活动影响下地下水环境研究[D]. 西安:长安大学, 2014.
[2] 程星,郭明,石方红. 岩溶地区公路建设对地下水环境的破坏形

- 式及其保护策略研究:以贵州高原为例[J]. 中国岩溶, 2005, 24(2):164-168.
- [3] 卢海平,孔祥胜,邹胜章,等. 广西南宁朝阳溪对浅层地下水污染特征研究[J]. 中国岩溶, 2015, 34(4): 395-401.
- [4] 梁永平,王维泰,赵春红. 中国北方岩溶水变化特征及其环境问题[J]. 中国岩溶, 2013, 32(1):34-42.
- [5] 徐建国,朱恒华,徐华,等. 济南泉域岩溶地下水有机污染特征研究[J]. 中国岩溶, 2009, 28(3):249-254.
- [6] 王宇,何绕生,刘海峰,等. 昆明翠湖九龙池泉群断流原因及恢复措施[J]. 中国岩溶, 2014, 33(3):263-271.
- [7] 余成光,张兆元,金振坤,等. 个旧幅区域水文地质普查报告(1:200000)[R]. 云南省地质局第十五地质队, 1980, 12.
- [8] 李莹. 岩溶山区不同尺度的城镇扩张遥感监测研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2015.

Impact of human activities on the groundwater environment in the Mengzi basin, Yunnan Province

LÜ Yuxiang, HU Wei, GUO Chuandao

(208 Hydrogeological Team under the Chongqing Bureau of Geology and Minerals Exploration, Chongqing 400700, China)

Abstract The Mengzi basin, located in southeastern Yunnan Province, is an irregular lacustrine plain with an area of 544.2 km². The basin elevation is from 1,281 to 1,350 m, and the cover is generally 100 to 300m thick. The bottom of the basin is carbonate strata. It is the primary area of cultivated land distribution, population concentration and economic activity in Mengzi City. In recent years, the rapid development of social economy has brought about a series of problems, such as the decline of groundwater level and pollution of groundwater.

This paper is based on the 1 : 50,000 hydrogeological survey project of China Geological Survey. Through field investigations, sampling, pumping tests and dynamic monitoring, the influence of human activities on the groundwater environment in the Mengzi basin is studied, which is evidenced by the characteristics of groundwater environment change in the past 30 years. Compared with the previous research, in the last 30 years 20 natural springs in Quaternary cutoff in the basin. Groundwater level overall declined 5—20 m. The salinity and hardness of groundwater increased, particularly the content of Cl⁻ and SO₄²⁻, and groundwater types became from the original two to ten. The water quality of ground water deteriorated, and the percentage of the total number of samples with good water quality and above reduced from the original 80% to 17.4% at present. The urban expansion, economic development and population expansion of the Mengzi area lead to the increase of the demand for groundwater resources, resulting in cut of spring water and decline of groundwater level. The discharge of waste water and the increase of chemical fertilizer in industrial and mining enterprises lead to the increase of salinity and hardness of groundwater, and the diversity of groundwater types. Industrial waste water and domestic sewage are discharged in a random way, and a large amount of pesticides and fertilizers are used, which leads to pollution of the surface and ground water.

It is strongly suggested to control the exploitation of groundwater strictly, strengthen the monitoring and management, and rationally develop and effectively protect the groundwater resources in study area.

Key words Mengzi basin, urban expansion, breaking of the spring, deterioration of water quality

(编辑 黄晨晖)