

大理市水资源环境现状与应急地下水源地研究

范 弢^{1,2}, 杨世瑜², 庄立会¹

(1. 云南师范大学 旅游与地理科学学院, 云南 昆明 650092 2 昆明理工大学 国土资源工程学院, 云南 昆明 650093)

摘要: 城市需水量剧增、洱海富营养化加剧和水位降低等问题已成为影响大理市城市供水安全的主要因素。通过大理市城市环境水文地质调查, 认为大理盆地水资源丰富, 可以满足城市发展需要。大理市必须采用多水源供水, 并提出大理市区的下关、大理古城和凤仪 3 个富水地段作为城市应急地下水源地。

关键词: 城市水资源; 水资源环境现状; 应急地下水源地; 云南大理市

中图分类号: P331.3 文献标识码: A 文章编号: 1007-855X(2007)06-0001-06

Study on Present Water Resources and Emergency

Groundwater Fields of Dali City

FAN Tao^{1,2}, YANG Shiyu², ZHUANG Lihui¹

(1 College of Tourism and Geography Science, Yunnan Normal University, Kunming 650092, China

2 Faculty of Land Resource Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China)

Abstract The major factors influencing the safety of water supply in Dali are increasing water demands, the serious eutrophication of Erhai Lake and the low water level. Through a geological survey of city environmental hydrology, it is proved in this paper that the water resources in Dali basin are abundant, which can meet the demand of the city development. Nevertheless, multiple water sources must be used to supply water. In addition, Xiaguan, the north part of Dali ancient town and Fengyi Qianhuying, the three most water-rich places are recommended as the emergency groundwater fields.

Key words urban water resources; water resources environment; groundwater resources; Dali City in Yunnan

0 引言

在城市人口增加、城市化进程加快的时代背景下, 城市水资源安全问题已经成为制约城市社会经济和生态环境协调发展的重大问题, 水资源短缺和水环境污染已成为国内外城市水资源环境面临的主要问题。提高城市水资源应对突发事件的保障率, 是城市水安全的关键^[1]。就城市供水而言, 应急供水能力的建设是危机条件下保证城市供水安全的主要环节。城市应急水源地的研究已成为各级政府和环境地质工作者面前的新课题^[2,3]。

大理市是滇西北大香格里拉生态旅游圈的中心城市, 具有独特的政治、经济、地理、交通、文化和旅游区位优势, 对周边地区的辐射带动作用 and 影响无可替代。自 20 世纪 90 年代以来, 依托神奇独特的自然和人文景观, 以旅游业为主的第 3 产业迅速发展, 极大地推动了大理市社会经济的发展, 生产、生活和生态景观用水量剧增, 洱海富营养化加剧等水环境问题成为影响大理市社会经济发展的主要问题。合理利用水资源, 加强水资源环境的科学管理规划, 优选城市应急水源地, 提高水资源保障率, 已成为大理城市水资源安

收稿日期: 2007-06-20 基金项目: 云南省自然科学基金项目 (项目编号: 2005D00202)、中国地质调查局项目 (项目编号: 1212010540104)。

第一作者简介: 范弢 (1970-), 男, 博士, 副教授。主要研究方向: 环境地质及旅游环境管理。

E-mail: fantao08@sina.com

全建设的重要内容.

1 大理市水资源环境现状

大理白族自治州府大理市 ($N25^{\circ}26' \sim 25^{\circ}56'$, $E99^{\circ}58' \sim 100^{\circ}26'$) 位于大理盆地南部, 总面积 1 468 km^2 , 其中坝区面积占总面积的 15.71%, 山区占 67.27%, 洱海占 17.02%. 大理市水资源丰富, 地表水资源主要包括洱海以及苍山 18 溪, 是大理市生产生活的主要水源. 洱海为大理盆地汇水范围内地表水、地下水排泄带和汇集地, 集工农业用水、饮用水、航运、渔业养殖、发电、调节气候、旅游等多种功能于一体. 洱海是云南第 2 大高原淡水湖泊, 湖面海防高程 1 973 m, 水面面积 249.34 km^2 , 平均水深 10.5 m, 蓄水量 28.8 亿 m^3 . 洱海多年平均入湖水量 8.25 亿 m^3 , 多年平均出湖水量 8.63 亿 m^3 , 水量缺口达 0.38 亿 m^3 [4].

目前洱海面临着富营养化加剧和水位降低等问题. 洱海水质基本稳定保持在 II ~ II 类水质, 水质超标项目有溶解氧、生化需氧量、高锰酸盐指数、总氮和总磷. 洱海水体氮、磷营养盐浓度近年来逐步增加, 藻类细胞数量增加, 卡森指数呈上升趋势, 富营养化程度有所增加 [5, 6] 见图 1 (资料来源: 大理州水环境监测分析中心). 由于过度放水发电, 以及近 10 多年来洱海水资源开发的进一步扩大, 水位呈下降的趋势见图 2 (资料来源: 大理州水环境监测分析中心), 水位由 1976 年 1 974 m 以上, 降至目前 1 972.30 m, 湖泊面积缩小到 242 km^2 , 容积减少到 24.9 亿 m^3 . 洱海面积急剧缩小, 引发了一系列生态环境问题. 研究表明, 长期的低水位运行可能是洱海富营养化发展重要原因之一 [5]. 1996 年引洱入宾工程实施后, 每年向宾川放水 0.5 亿 m^3 , 更加剧了洱海水资源的供需矛盾.

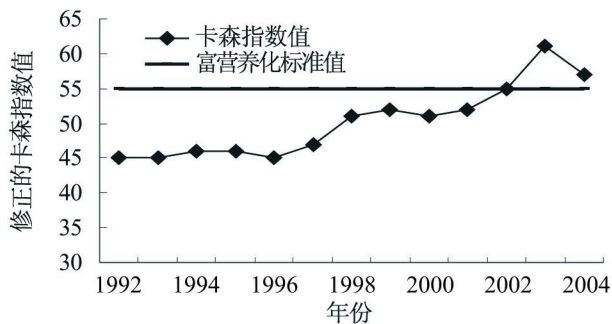


图1 洱海富营养化状态指数逐年变化(1992~2004)

Fig.1 TSM changes of Erhai Lake(1992~2004)

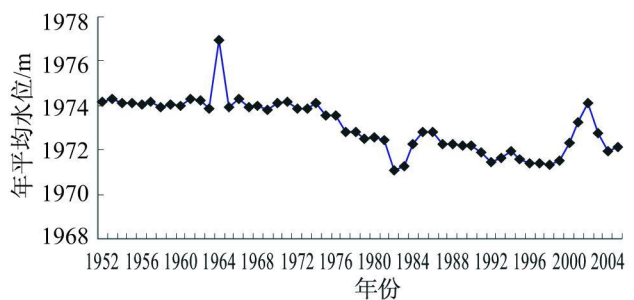


图2 洱海水位逐年变化(1952~2005)

Fig.2 The changes of water level of Erhai Lake(1992~2005)

苍山东麓的苍山 18 溪, 条条清溪东向平行流经大理坝子汇于洱海. 苍山 18 溪每年汇入洱海的径流量 2.76 亿 m^3 , 占洱海年入水总量的 33.8%, 是洱海西部地区重要的地下水补给来源. 目前苍山 18 溪显示出较高浓度水平的总磷、总氮污染, 多数属 IV ~ V 类水质, 苍山 18 溪水污染成为洱海总磷、总氮污染的主要污染源之一 [6, 7].

大理市城市地下水资源较为丰富, 地下水资源总量为 2.769 亿 m^3/a [75.86 万 m^3/d] [8], 主要分布于山麓和平坝地带, 是大理市生产生活供水的主要补充水源. 大理盆地坝区赋存松散岩类孔隙水, 山区分布碳酸盐类岩溶水和基岩裂隙水. 地下水脆弱性评价表明, 洱海湖滨带及苍山东麓洪积区地下水分布区的脆弱性主要为高, 盆地边缘的岩溶大泉脆弱性属较高. 第四系孔隙水和岩溶水较高的脆弱性, 表征大理盆地大部分区域地下水较容易受到污染, 不合理的超强开采易引发地面变形等环境地质灾害.

根据大理市区内 4 个国家级和 21 个省级地下水长期检测点检测结果表明, 大理市地下水水质总体良好 (II 类), 局部地段地下水呈点污染现状, 超标元素有 pH 值、Mn 氮氮、亚硝酸盐、细菌总数和粪大肠菌, 尤以细菌总数和粪大肠菌超标较严重 (表 1). pH 值和 Mn 超标, 与区域地质背景有关, 污染程度轻微, 将长期存在, 危害性不大. 大理市地下水开采量维持在 0.8 万 m^3/d 左右, 远小于地下水资源总量 75.86 万 m^3/d 开采潜力较大. 监测表明, 多年来大理市城市地下水位动态稳定.

表 1 大理市 2005 年地下水主要超标元素统计

Tab 1 The polluted elements of groundwater of Dali city in 2005

主要超标元素	生活饮用水标准	超标组分含量	估算超标面积 /km ²	超标率 %
pH 值	6.5~8.5	8.70~8.75	37	7.4
Mn/(mg·L ⁻¹)	≤0.10	2.500	18.5	3.7
NH ₄ -N/(mg·L ⁻¹)	≤0.20	0.37	18.5	3.7
NO ₂ /(mg·L ⁻¹)	≤0.07	0.32~1.30	74	14.8
细菌总数/(个·L ⁻¹)	≤100	125~1341	278	55.6
粪大肠菌/(个·L ⁻¹)	≤3	8~>1600	389	77.8

资料来源:《云南省大理市地质环境工作年报(2005年度)》,2006

2 大理市城市水资源保障率分析

2.1 城市水资源保障率分析

对大理市水资源平衡分析表明,大理市水资源丰富,正常情况下大理市水资源可满足城市发展建设的需要见表 2 大理市现有 5 个自来水厂供水,供水能力为 7.50 万 m³/d 水源以洱海为主,雨季和丰水年以苍山溪水和泉水(白鹤溪、桃溪、梅溪、鸡舌箐、中庄箐和宝林箐)为补充水源.大理市“以地表水(洱海、苍山溪水)为主,地下水为辅”的城市供水方案,是符合大理市水资源特点的,也应是大理市未来坚持的城市水资源配置原则.目前大理市面临城市用水量逐年递增、洱海富营养化和入湖溪水污染加剧等问题,将对城市供水安全产生影响.

表 2 大理市多年平均水资源与总需求量分析表

Tab 2 Supply and demand of water in Dali city

(单位:亿 m³/a)

项 目	2010年	2015年	2020年
总需水量	2 565.6	2 800.0	3 260.0
城市供水需水量	0 672.5	0 889.8	1 393.4
农村供水需水量	0 142.6	0 159.7	0 116.1
牲畜需水量	0 019.9	0 019.9	0 019.9
农业灌溉需水量	0 886.4	0 886.4	0 886.4
水产养殖需水量	0 844.2	0 844.2	0 844.2
可利用水资源量	11.34	11.34	11.34
水利工程可控水量	2.293	2.293	2.293
洱海多年可利用水量	7.264	7.264	7.264
地下水资源量	2.769	2.769	2.769
洱海蒸发量	-0.486	-0.486	-0.486
引洱入宾	-0.5	-0.5	-0.5

资料来源:《大理市市政公用设施给水排水工程专项规划》2005

表 3 2004 年大理市 4 城区供水量

Tab 3 Water supply of Dali city in 2004

(单位:万 m³/a)

生活用水	工农业生产用水	市政用水	旅游服务业用水	合计
11.50	6.69	0.62	2.09	20.90

资料来源:《大理市市政公用设施给水排水工程专项规划》2005

表 4 2004 年大理市区地下水用水量

Tab 4 Groundwater supply of Dali city in 2004

(单位:亿 m³/a)

	总开采量	工业用水	农业用水	生活及其它用水
大理市(大理、下关、凤仪、海东)	0.02946	0.00295	0.00589	0.02062
		孔隙水开采量	岩溶水开采量	裂隙水开采量
		0.01570	0.01302	0.00074

资料来源:《云南省大理市地质环境监测报告(2004年度)》2005

表5 2004年大理市区地表水与地下水用量

Tab 5 Supply proportion of surface water and groundwater in Dali city in 2004 (单位: $10^4 \text{ m}^3 / \text{d}$)

城 区	下关主城区	大理古城区	凤仪片区	海东片区	合 计
总用水量	16 15	1 66	2 38	0 71	20 90
生活用水量	8 88	0 90	1 31	0 39	11 50
地下水用量	0 32	0 28	0 20	0 007	0 807

资料来源:《大理市市政公用设施给水排水工程专项规划》2005

3 大理市城市应急地下水源地优选

应急水源地的选择规划是城市水安全体系的重要组成部分. 目前洱海水污染加剧、水位降低、西洱河电站、引洱入宾工程以及洱海水资源蓄丰调枯的调度运行方式的弊端, 加大了洱海的内源污染, 尤其是导致洱海南片区城市饮用水源区受到严重污染, 加大了水厂供水成本和取水难度. 在发生突发性危机事件(如遇大旱、病毒污染、水污染等)情况下, 城市供水安全极易受到威胁. 为了保障大理市社会经济的持续健康发展, 保护城市水源地以及进行应急水源地规划刻不容缓. 而地下水因其有比较好的保护层, 水质和水量不易受到突发事件的影响, 是最佳应急水源类型^[1, 2, 3].

根据大理市城市地下水资源特点, 大理市的地下水可分为 5 个主要富水块段见表 6 及图 3 下关城区、大理城区和凤仪城区 3 个富水地段的可开采资源量为 $10\ 171 \text{ 万 m}^3 / \text{d}$ 应急供水能力为 $4\ 5 \text{ 万 m}^3 / \text{d}$ 可作为城市应急地下水源地优选地段, 开采顺序见表 7.

表6 大理城市主要地下水富水块段资源量表

Tab 6 Resources of main rich groundwater source fields in Dali city (单位: $10^4 \text{ m}^3 / \text{d}$)

富水块段(编号)	地下水类型	位置	天然补给资源量	可采资源量	目前开采量	尚有潜力
下关城区(I)	孔隙水	西洱河南	4 087	3 998	1 069	2 929
千户营(III ₁)		凤仪波罗江	3 068	2 728	1 366	1 362
大理古城(II)		大理古城以北	1 813	1 231	0 725	0 506
石房子~上苍甸(III ₂)	岩溶水	凤仪镇石龙村	2 904	1 114	0 446	0 668
汉邑村~普和村(III ₃)		凤仪镇华营村	2 182	1 100	0 440	0 660

资料来源:《1: 20万大理幅水文地质报告》、《大理市市政公用设施给水排水工程专项规划》2005

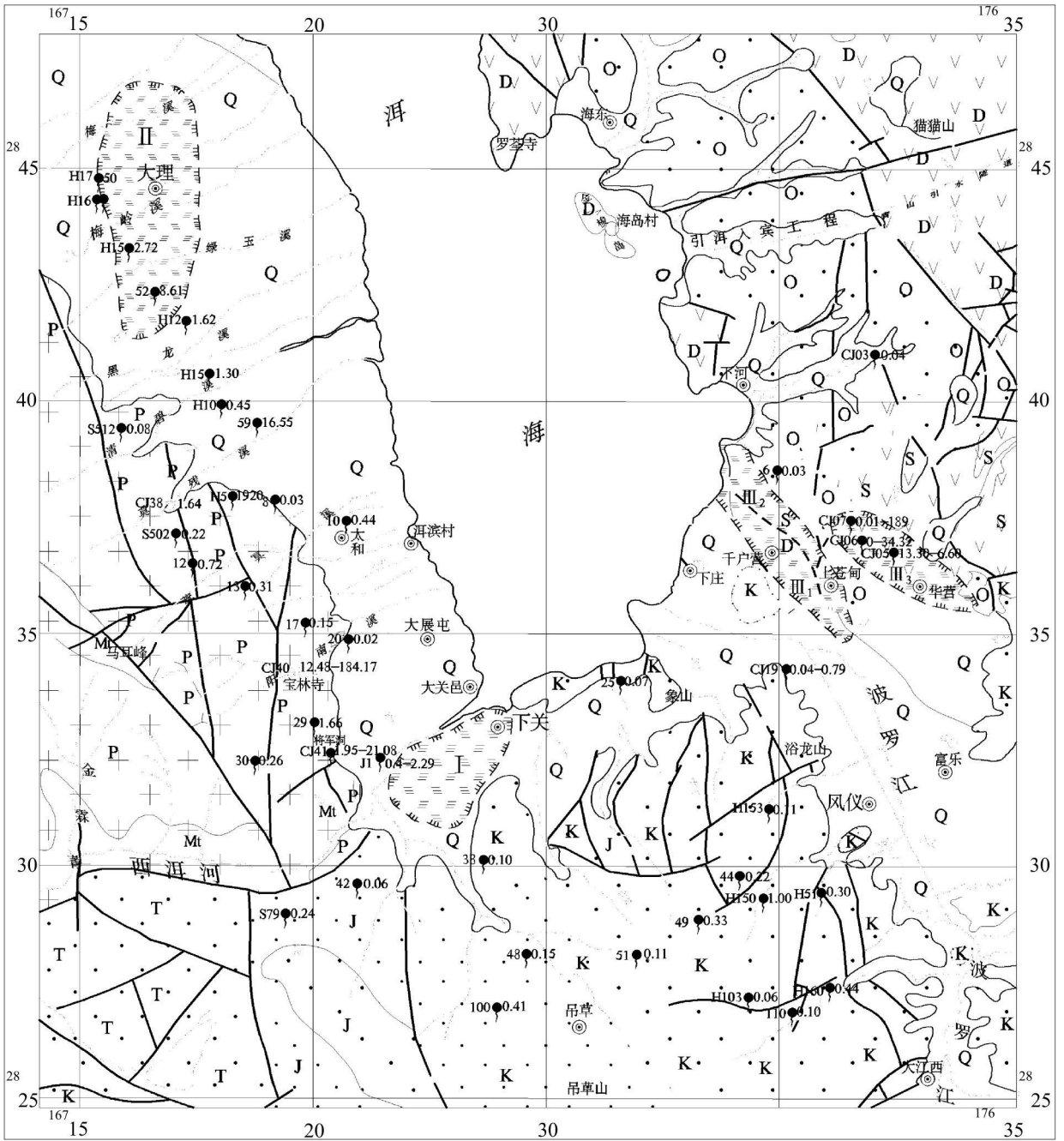
表7 大理市城市应急水源地资源量及开采顺序

Tab 7 Resources and exploitation orders of an emergency-type groundwater source fields in Dali

富水块段(编号)	可采资源量 / ($10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	应急供水能力 / ($10^4 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	开采利用顺序	应急供水功能
下关城区(I)	3 998	2 0	3	下关主城区生活用水
大理古城(II)	1 231	0 5	2	大理古城生活用水, 应急补充下关
凤仪城区(III)	4 942	2 0	1	凤仪城区生活用水, 应急补充下关、古城

1) 下关城区应急地下水源地(I): 下关城区富水块段为西洱河东松散岩类孔隙水、承压水地下水富水块段, 面积约 $2\ 90 \text{ km}^2$, 上、下含水层累计厚度 $60\sim 88 \text{ m}$, 中间有一较稳定的粘土隔水层, 地下水水质不易污染, 可开采资源量 $3\ 998 \text{ 万 m}^3 / \text{d}$ 应急供水能力为 $2\ 0 \text{ 万 m}^3 / \text{d}$ 左右. 该水源地位于洱海湖滨区, 短期超量开采有可能诱发地面沉降等灾害. 在正常期要加强储备, 严格控制、慎重规划开采.

2) 大理古城区应急地下水源地(II): 古城北富水块段为第四系松散岩类地下水, 松散岩类厚达 $250\sim 500 \text{ m}$, 可开采资源量 $1\ 231 \text{ 万 m}^3 / \text{d}$ 该部位地下水补给条件好, 水质优良(II类水), 且地表出露的泉点较多, 如观音堂大泉(流量为 $1\ 440 \text{ m}^3 / \text{d}$), 水质良好, 可作饮用水源, 应急供水能力为 $0\ 5 \text{ 万 m}^3 / \text{d}$ 左右. 该水源地紧邻大理古城区, 含水层以第四系冰碛、坡积层为主, 短期超量开采不易诱发地面沉降等灾害, 适合深水井开采.



图例

Q	松散堆积层孔隙水含水层	D	碳酸盐岩裸露型岩溶水含水层	富水段及编号	断层
K	碎屑岩裂隙水含水层	河流及流向	应急水源地	10/0.02	泉点: 左为编号, 右为流量
P	变质岩裂隙水含水层	地下水流向	地质界线		

图3 大理市城市应急地下水源地分布图

Fig.3 Distribution of emergency-type groundwater source fields in Dali city

3) 凤仪城区应急地下水源地 (III): 波罗江冲积带千户营松散岩类孔隙水富水块段 (III₁), 水量丰富, 上、下含水段之间有一连续的粘土隔水层, 含水层厚度 65~135 m. 地形平缓, 地下水径流缓慢, 可开采资源量 2 728 万 m³/a 石房子—上苍甸碳酸岩类岩溶水富水块段 (III₂), 可开采资源量 1 114 万 m³/d 汉邑村—普和村碳酸岩类岩溶水富水块段 (III₃), 可开采资源量 1 100 万 m³/d 岩溶水含水层由志留系康朗组

和泥盆系青山组、石炭系斗顶山组的中厚层状白云质灰岩和白云岩组成, 水位埋深 4~18 m, 地下水主要是以大泉(暗河)形式集中排泄, 水量丰富, 水质良好. 3 个富水块段可开采资源量 4 942 万 m^3/d 水质优(II类), 应急供水能力为 2 0 万 m^3/d 左右, 地形平坦, 交通便利, 开采条件好, 可采取平均布井方式增布 4~5 口深井. 岩溶富水块段(III₂和 III₃)岩层强度较高, 粘土隔水层使地下水水质不易污染, 短期超量开采不易诱发塌陷等灾害.

另外, 大理市企业自备水源稳定供水量为 4 468 万 m^3/d 在应急供水时期, 可将水量丰富的苍山溪水(莫残溪、黑龙溪、阳溪、万花溪、茫涌溪)及沿盆地边缘出露岩溶大泉群(将军洞、观音堂、上下泉等)多余的水量调入城市应急供水网, 估计应急供水能力为 3 0 万 m^3/d 加上 3 个应急水源地供水量, 大理市应急总供水能力约为 12 万 m^3/d 基本上可以满足城区生活用水需要 11.50 万 m^3/d .

4 结论与建议

1) 水资源是大理城市社会经济发展的基础. 目前大理城市面临着洱海富营养化加剧、水位降低和城市需水量逐年递增等问题. 大理盆地水资源丰富, 可以满足大理城市发展需要.

2) 建立城市应急供水系统, 确定应急供水水源地, 是确保城市水生态安全的重要措施之一. 大理市城区有下关城区、大理城区和凤仪城区 3 个地下水富水地段可开采资源量为 10 171 万 m^3/d 应急供水能力为 4 5 万 m^3/d 可作为城市应急地下水源地优选地段. 大理市应急总供水能力约为 12 万 m^3/d 基本上可以满足城区生活用水需要 11.50 万 m^3/d .

3) 加强城市应急水源地水资源的管理和调节, 坚持正常期储备, 应急期超采的原则. 正常期应将应急水源地的开采量严格控制在天然流量范围内, 以便应急期能短期超量开采. 应急期后, 通过较长时间的停采和地下水系统的自然循环补给, 使岩溶富水块段(地下水库)恢复水位和水岩平衡.

4) 建立应急水源地保护区, 加强生态地质环境保护, 严禁在地下水系统补给区进行大规模城市建设及其它工程活动, 完善城市和乡村生活垃圾、污水收集和处理系统. 以各级政府为主导, 加强水资源环境的监测和保护.

参考文献:

- [1] 施春红, 胡波. 城市供水安全综合评价探讨 [J]. 资源科学, 2007, 29(3): 80-85.
- [2] 李锋, 庞君, 张苗红. 云南曲靖市水资源保证程度和应急地下水源地分析 [J]. 昆明理工大学学报: 理工版, 2006, 31(6): 1-7.
- [3] 冯创业, 崔秋萍. 石家庄市应急水源地开采方案设计与优选 [J]. 水文地质工程地质, 2004, 31(5): 51-53.
- [4] 沈明洁, 崔质久, 易朝路. 洱海环境演变与大理城市发展的关系研究 [J]. 云南地理环境研究, 2005, 17(6): 63-68.
- [5] 韩涛, 彭文启, 李怀恩, 等. 洱海水体富营养化的演变及其研究进展 [J]. 中国水利水电科学研究院学报, 2005, 3(1): 71-78.
- [6] 彭文启, 王世岩, 刘晓波. 洱海水质评价 [J]. 中国水利水电科学研究院学报, 2005, 3(3): 192-198.
- [7] 彭文启, 王世岩, 刘晓波. 洱海流域水污染防治措施评估 [J]. 中国水利水电科学研究院学报, 2005, 3(2): 95-99.
- [8] 耿宏, 王宇. 云南岩溶地区水资源开发利用 [M]. 昆明: 云南科技出版社, 2002.