江油市青莲镇规划应急水源地分析与评价

孙金辉[1,2]，谢忠胜[1,2]，韩新强[1,2]

(1.中国地质调查局地质灾害防治技术中心，四川 成都 611734；2.中国地质科学院探矿工艺研究所，四川 成都 611734)

摘要：涪江作为江油市重要饮用水来源，在遭受上游水污染发生后，需要及时更换应急水源地供水，结合流域特点，选址青莲镇作为江油市应急水源地。通过调查研究青莲镇地下水资源量，全面研究了该地区地下水补给量、储存量和消耗量，并采集水源地水样进行实验分析，获取水源地水化学特征，研究结果显示青莲镇地下水水量、水质满足江油市应急水源地要求，最后利用层次分析法对江油市应急水源地进行了适宜性评价。

关键词：应急水源地；地下水资源量；地下水水质；适宜性评价

中图分类号：P641　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1672－7428(2018)08－0136－05

Analysis and Evaluation of Emergency Water Source in Qinglian Town of Jiangyou City/*SUN Jin-hui*[1,2], *XIE Zhong-sheng*[1,2], *HAN Xin-qiang*[1,2] (1.Technical Center for Geological Hazard Prevention and Control, CGS, Chengdu Sichuan 611734, China; 2.Institute of Exploration Technology, CAGS, Chengdu Sichuan 611734, China)

Abstract: Fujiang River is an important source of drinking water in Jiangyou city, once suffering pollution from upstream water, it is necessary to be replaced by water supply in the emergency water source in time. According to the characteristics of the watershed, Qinglian town is selected as the emergency water source of Jiangyou city. Through the investigation and study on the quantity of groundwater resources in Qinglian town, the groundwater recharge, storage and consumption in this area are comprehensively studied, and the water samples of the water source are collected and analyzed to obtain the hydrochemical characteristics of the water source. The results show that the groundwater quantity and quality of Qinglian town meet the requirements of emergency water source of Jiangyou city. Finally, the suitability of emergency water source in Jiangyou city is evaluated by means of AHP.

Key words: emergency water source; groundwater resources; groundwater quality; suitability evaluation

随着城镇化日益推进，城市居民饮用水的安全问题也随之凸显，为保证城镇发展所需要的水资源量以及由于突发污染导致的水资源大面积失效等因素，及时响应原水源地突发事件，国内大中型城市都在大力寻找或者修建应急备用水源[1]。在城市原有水源地遭受污染或其他严重隐患的情况下，紧急启用应急备用水源，避免造成居民水源匮乏或恐慌等社会问题[5-8]。近几年涪江流域水污染问题频发，在 2008 年汶川地震发生后，唐家山形成堰塞湖，湖水水体泄露后由于地震产生的各种污染物随水体进入涪江；后续在 2009 年平武县输油管线爆裂导致涪江出现油污染；2011 年松潘县锰矿出现溃坝，富含锰的重金属水体排入涪江，造成涪江出现短时间重金属污染。多次水体污染事故对涪江水体均有所影响，同时对涪江沿岸包括江油居民的饮用水安全带来严重威胁。为了消除饮用水安全隐患，寻找或建设江油市的应急水源地工程迫在眉睫。

笔者针对上述问题，详细调查了江油市青莲镇应急水源地地下水补给量、排泄量及地下水均衡性判断，分析水源地地下水开发潜力；采集应急水源地水样进行分析测试，判断水源地地下水化学特征，研究结果显示青莲镇水源地可以作为江油市应急水源地。

1　规划应急水源地概况

结合 2012—2030 年江油市城镇规划图，青莲镇作为江油市四大中心镇之一，在江油市发展中占据重要位置(青莲镇位置见图 1)。根据青莲镇地理位置及地质环境情况，青莲镇与江油市的距离位置关系，涪江主河道作为江油市饮用水来源贯穿江油市，青莲镇处于江油市西南方向，水源主要来自于涪江

收稿日期：2018－07－01

基金项目：中国地质调查局地质调查项目“涪江流域 1∶5 万环境地质调查”(编号：DD20160251)

作者简介：孙金辉，男，汉族，1983 年生，地质工程专业，硕士，主要从事地质灾害形成机理及防治技术方面的研究工作，四川省成都市郫都区现代工业港(北区)港华路 139 号，sjh20040644@163.com。

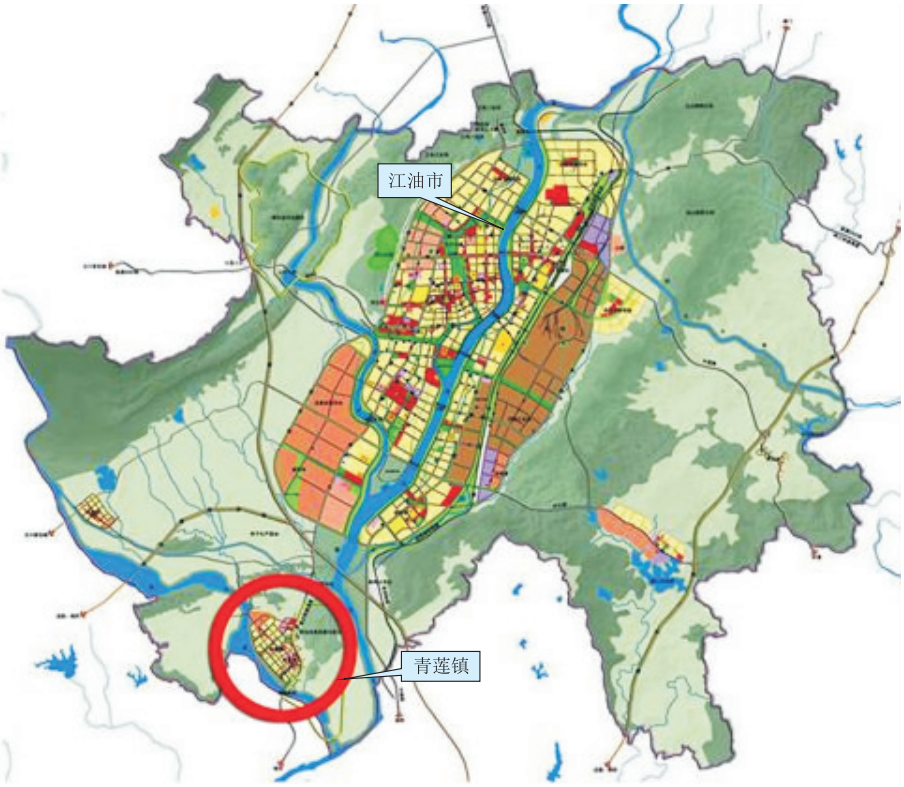

图 1　应急水源地所在位置规划图

支流通口河,选取江油市青莲镇作为规划应急水源地拟建区在位置上是可取的。

规划应急水源地位于江油市青莲镇境内。水源地供水来源主要为通口河上游西屏乡,流经青莲镇汇入涪江河。通口河上游未有大型化工企业及严重污染水源工厂,且处于涪江支流,距离江油城区仅 18 km,选取位置基本适合。

1.1　青莲镇地下水资源量及评价

对江油市地下水资源量的计算采用成熟的水量均衡法,为了研究江油市青莲镇地区在固定时间段的地下水补给量、地下水储存量以及地下水消耗量之间的关系,利用均衡计算方法,计算江油市青莲镇的可开采资源量。

规划水源地处于中丘区红层泥岩范围内,边界以常年地表水分水岭为界,通过微地貌划分计算范围,范围区基岩主要为红层泥岩,可以作为隔水边界,流量边界以孔隙潜水含水层为界,与外部空间进行水量交换。本次地下水资源评价范围为整个应急水源地,包含中丘区及河谷平坝区,面积 17.85 km^2。评价对象主要是中丘区红层浅层风化带空隙裂隙水和河谷第四系松散岩类孔隙水。以含水介质类型及富水性特征将研究区划分为 8 个均衡区(见图 2)。

根据质量守恒定律,在某一均衡期内某一均衡区内的时段水量均衡方程为:$\Delta Q = Q_i - Q_O$。

即这段时间内地下水系统的水量变化 ΔQ 等于时段内地下水的总补给量(输入)Q_i与总排泄量(输出量)Q_O的差。若 $\Delta Q>0$ 则为正均衡,表现为地下水位的上升,地下水的水量、盐量及热量的增加;若 $\Delta Q<0$ 则为负均衡,表现为地下水位的下降,地下水的水量、盐量及热量的减少;当 $\Delta Q=0$ 时,表示 $Q_i=Q_O$,即补给量等于排泄量,该时段始、末的水位相同。

计算因为大气因素带来的降雨入渗补给,由于红层基岩山区处于隔水层,斜坡降雨沿裂缝入渗形成径流,通过汇集排泄至河谷区域,补给该区域的孔隙潜水,大气降雨补给的 30%均来源于径流补给,根据此量修正补给量,通过均衡计算获取计算结果(见表 1)。

通过计算结果可以看出,此区域在平水年时处于收支平衡状态,但是总体来说补给量还是大于消耗量,处于正平衡状态;而在枯水期时,此区域则处于负平衡状态,也就是说补给量小于消耗量,总体上处于水资源匮乏期;只有在丰水年时,补给量大大高于消耗量,处于正平衡状态,均衡差最高可达 26.63 万 m^3/a;通过计算可知该区域地下水资源相当丰富,可以作为应急水源地的区域。

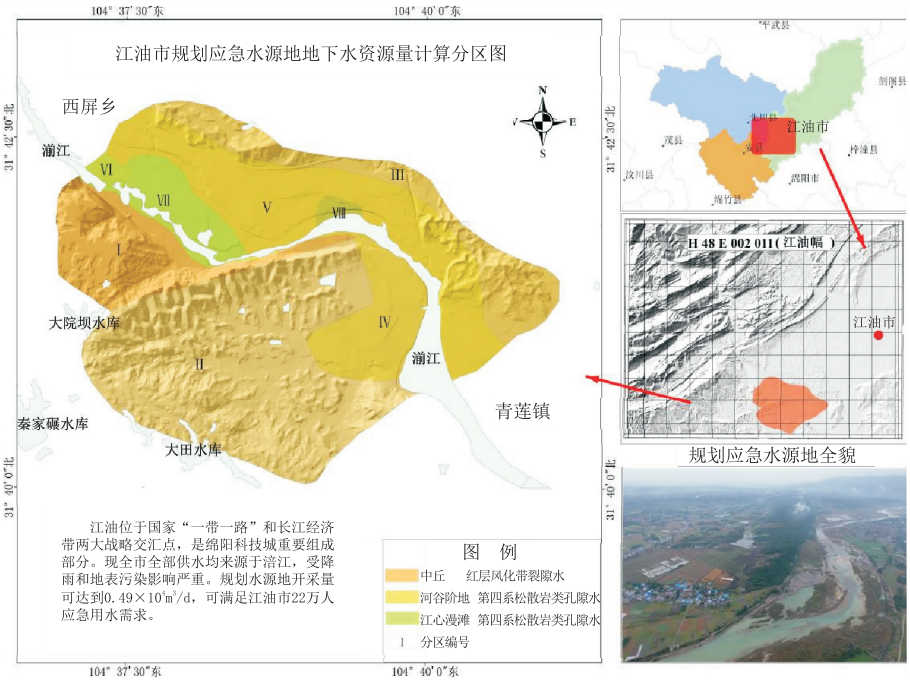

图 2 江油市应急水源地均衡区划分

表 1 江油市青莲镇地下水资源量均衡分析

水资源量		丰水年 $P=25\%$	平水年 $P=50\%$	枯水年 $P=75\%$
地下水补给量/(万 $m^3 \cdot a^{-1}$)	降水入渗补给	157.510	145.600	118.610
	河流渗漏补给	0.015	0.015	0.015
	侧向径流补给	0.144	0.144	0.144
	灌溉回渗	43.680	47.710	50.390
	合计	201.349	193.469	169.159
地下水排泄量/(万 $m^3 \cdot a^{-1}$)	河川基流量	30.450	30.450	30.450
	侧向流出量	0.179	0.179	0.179
	农业开采量	77.070	84.190	88.930
	生活开采量	67.020	67.020	67.020
	合计	174.719	181.839	189.579
均衡差		26.630	11.630	−20.420

1.2 青莲镇开发地下水潜力评价

评价青莲镇地下水的允许开采量,即地下水开发潜力,是依据合理经济的取水构筑物,满足开采期内整体水位均衡,地下水水位不会出现大量减少,同时满足不影响周围建筑物和其他水源地,不会造成地质灾害等前提下,固定时间段内获取的水量不超过其均衡差极值,保证其地下水水位降低在一定范围内,青莲镇地下水可开采资源量计算结果(见表2)。

表 2 地下水可开采资源量 万 m^3/a

保证率	25%降水保证率	50%降水保证率	75%降水保证率
Q 可开采量	187.96	178.77	151.51

从上述计算结果看,50%降水保证率年份,规划应急水源地青莲镇所在的范围内可开采资源总量为178.77 万 m^3/a,可开采资源模数为 10.015 万 $m^3/(km^2 \cdot a)$。

研究青莲镇地下水潜力,即在该地区某一特定条件下可以开采的地下水资源量。由于青莲镇处于红层区域,地下水水位位置较浅,计算并开发该区域的地下水潜力以保障江油市供水需求。

参考秦毅苏[9]研究的地下水潜力的划分标准,区内地下水开发程度较高,地下水潜力资源模数为1.544 万 $m^3/(km^2 \cdot a)$,地下水继续开发潜力较小,但遭遇突发异常或半干旱情况,假设该异常时间延续 60 d,在 60 d 内对含水层进行疏干性开采,在 2 个月时间内开采量为平时一年的开采量,即应急开采量。应急开采量可达到 178.77 万 m^3。

1.3 地下水及地表水化学特征

通过采集青莲镇地下水及地表水水样进行分析,水体水化学类型呈现多样性,各类离子组分种类较多,主要成因为大气降雨后,经过不同的地貌岩性以及各矿物质作用后的结果。在对应急水源地的评价中主要对该区域的地下水及地表水实验结果进行分析(见表 3)。

本次江油应急水源地评价共采集地表水水样 30 组,简分析30组,水样采集遍布评价区内,如涪江、

表 3　江油水体主要离子特征

类别		Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	*TDS*
地表水	最小值	0.28	21.80	10.58	2.13	62.67	19.03	278.44
	最大值	55.38	78.49	39.66	23.40	208.90	260.10	570.25
	均值	21.17	52.71	22.24	6.01	124.50	154.62	383.75
地下水	最小值	0.27	4.36	2.64	2.13	20.90	29.19	46.84
	最大值	19.26	78.49	37.01	23.40	177.67	323.65	514.63
	均值	8.42	54.65	18.08	5.25	76.92	144.27	334.27

盘龙江、长江水库等区内的地表水体,地表水水样采集分布广泛、均匀,具有一定的代表性,能从一定程度上反映评价区内地表水体的各类水化学特征。

区内地下水水样,水化学组分阳离子主要为 Ca^{2+},其次为 Mg^{2+},Ca^{2+} 含量一般为 21.8～78.49 mg/L,Mg^{2+} 含量为 10.58～39.66 mg/L;阴离子主要为 HCO_3^-、SO_4^{2-},HCO_3^- 含量一般为 19.03～260.1 mg/L,SO_4^{2-} 含量一般为 62.67～208.9 mg/L;水化学类型主要为 $HCO_3Ca \cdot Mg$ 型、$HCO_3 \cdot SO_4Ca \cdot Mg$ 型为主,其次有少量的 $SO_4 \cdot HCO_3Ca$ 型及 HCO_3Ca 型,地表水总溶解固体 *TDS* 最大值为 570.25 mg/L,满足生活饮用水标准中小于 1000 mg/L 的要求。

本次江油应急水源地评价共采集地表水水样 15 组,全分析 15 组,水样采集遍布评价区内各地区的井泉点,地下水水样采集分布广泛、均匀,具有一定的代表性,能从一定程度上反映评价区内地下水体的水化学特征。

区内地下水水样,水化学组分阳离子主要为 Ca^{2+},其次为 Mg^{2+},Ca^{2+} 含量一般为 4.36～78.49 mg/L,Mg^{2+} 含量为 2.64～37.01 mg/L;阴离子主要为 HCO_3^-、SO_4^{2-},HCO_3^- 含量一般为 29.19～323.65 mg/L,SO_4^{2-} 含量一般为 20.9～177.67 mg/L;水化学类型主要为 $HCO_3Ca \cdot Mg$ 型、$HCO_3 \cdot SO_4Ca \cdot Mg$ 型为主,其次有少量的 $SO_4 \cdot HCO_3Ca$ 型及 HCO_3Ca 型,地下水总溶解固体 *TDS* 最大值为 514.63 mg/L,满足生活饮用水标准中小于 1000 mg/L 的要求。

1.4　区域地下水质量评价

地下水质量评价参照《地下水质量标准》(GB/T 14848－1993)要求执行。依据我国地下水水质现状、人体健康基准值及地下水质量保护目标,并参照生活用水、工业、农业用水水质要求,将地下水质量分为五类。

根据在实验室水样的无机检测结果(见表 4),检测的 11 项指标中,未有指标超过地下水质量标准Ⅲ类标准限。

表 4　江油地区地下水各检测指标质量统计

指标	样品总数	Ⅰ类		Ⅱ类		Ⅲ类		Ⅳ类		Ⅴ类		超标情况	
		数量	比例/%	数量	比例/%	数量	比例/%	数量	比例/%	数量	比例/%	数量	比例/%
总硬度	15	1	6.7	13	86.7	1	6.7	0	0.0	0	0.0	0	0.0
TDS	15	6	40.0	8	53.3	9	60.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
SO_4^{2-}	15	6	40.0	6	40.0	3	20.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
pH	15	15	100.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Cl^-	15	15	100.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
耗氧量	15	0	0.0	8	53.3	7	46.7	0	0.0	0	0.0	0	0.0
NO_3^-	15	6	40.0	8	53.3	1	6.7	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Na^+	15	15	100.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Ca^{2+}	15	15	100.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0
Mg^{2+}	15	4	26.7	3	20.0	8	53.3	0	0.0	0	0.0	0	0.0
NH_4^+	15	0	0.0	0	0.0	15	100.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0

2　江油应急地下水源地评价

江油市规划应急水源地位于青莲镇,位于红层丘陵区与河谷平坝区的交汇处,该位置同样处于地下水的汇集地带,水资源总量富裕,水质优良,同时应急水源地距离市区位置适中,水资源供给条件较好,满足应急开采的需求,对该区域的环境影响较小,依此对规划地下水源地的适宜性进行详细评价[2-4]。

围绕应急地下水源地评价指标体系,进行指标资料的采集。主要包括以下 12 个指标:地下水资源量(C1)依据江油地下水类型及其分布图、含水层类型确定、江油市大气降水量、降水入渗补给系数等计算拟建应急水源地区域地下水资源量与拟建应急水源地水量要求相比确定该指标的得分值;水质类别(C2)主要依据该区的基岩地下水质量分区图及水样水质检测分析结果确定;含水层潜水埋深(C3)主

要依据江油市红层找水报告成果中已有地下水水位埋深资料及现场调查资料确定,取其平均值;单井涌水量(C4)主要依据江油 1∶20 万水文地质报告、红层找水报告及野外实地抽水试验确定;补给条件(C5)根据河水水位与地下水水位的相对关系确定是否有地表水补给地下水;环境现状问题(C6)根据野外调查的现场环境地质条件确定;周围环境影响(C7)依据现场调查统计数据确定;应急开采可能导致的环境问题(C8)野外实地调查和城市综合环境质量得出;城市发展规划协调性(C9)与产业结构规划(C10)依据江油市城市发展规划确定;水功能区划(C11)依据野外实地调查的区内地下水用途确定;供水管网设施密度(C12)依据江油城市建设规划确定;所得基本资料(见表 5)。

表 5 规划应急水源地基本资料汇总

指标	C1	C2	C3	C4	C5	C6
指标取值	基本满足	Ⅲ类	4～8	100～1000	激发补给	无
指标	C7	C8	C9	C10	C11	C12
指标取值	轻微	轻微	高	符合	饮用	高

现结合江油地区的具体情况,依据规划应急水源地影响程度分级标准,将上述的若干指标进行定量化,赋值后的指标数据如表 6 所示。

表 6 规划应急水源地综合指数

指 标	指标得分值	指标权重值	综合指数值(*GCI*)
地下水资源量 C1	0.66	0.1310	0.7384
水质类别 C2	0.66	0.0430	
水位埋深 C3/m	0.90	0.0380	
单井涌水量 C4/($m^3 \cdot d^{-1}$)	0.33	0.1880	
补给条件 C5	0.90	0.1880	
环境现状问题 C6	0.90	0.0055	
周围环境影响 C7	0.85	0.0090	
应急开采可能导致的环境问题 C8	0.66	0.0255	
城市发展规划协调性 C9	0.90	0.0700	
产业结构规划 C10	0.90	0.1400	
水功能区划 C11	0.90	0.0230	
供水管网设施密度 C12	0.85	0.1400	

根据各评价指标的得分值及各评价指标的权重值(见表 6),得到江油应急水源地的综合指数值为:$GCI=0.7384$。

根据适宜性分析结果,规划江油市青莲镇应急水源地具有较高的适宜性分值,适合作为应急水源地的拟选区域。

3 结论

(1)从江油市青莲镇应急水源地的水资源及水质情况分析因素来看,青莲镇应急水源地的选择符合江油市的整体发展规划。

(2)整个规划应急水源地,应急开采量可达到 178.77 万 m^3,可以满足江油市 22 万人应急水源供水要求。

(3)本文中对于水质分析评价主要采用了水质指数法和层次分析法,同时根据《地下水质量标准》(GB/T 14848－1993),应急水源地水样通过常规的无机指标显示,区内地下水水样均为Ⅱ类地下水。

(4)规划应急水源地工程的建设,不仅可以提供江油市出现紧急情况下的居民用水,也可以在常规供水不足时提供支持,满足规划应急水源地的建设原则。

参考文献:

[1] 王献辉,李萍,金明宇,等.南京市应急备用水源地规划探讨[J].人民长江,2012,43(S1):70－72.

[2] 蔺文静,王文中,陈德华,等.北方城市地下水应急供水水源地评价指标体系研究[J].干旱区资源与环境,2010,24(3):83－87.

[3] 郑立博,李阳,王少龙,等.某应急水源地地下水资源评价[J].地质灾害与环境保护,2014,25(3):83－87.

[4] 卜华,王义生,陈占成.应急供水水源地评价研究方法探讨[J].山东国土资源,2007,23(8):1－4.

[5] 李宇.对北京市应急备用地下水源地建设的几点认识[J].北京水利,2004,28(2):10－11.

[6] 戴长雷,迟宝明,刘中培.北方城市应急供水水源地研究[J].水文地质工程地质,2008,35(4):42－46.

[7] 孙晓明,杨齐青,王卫东,等.环渤海地区主要城市应急供水水源地初步研究[J].中国国土资源经济,2006,19(8):4－7,46.

[8] 范弢,杨世瑜,庄立会.大理市水资源环境现状与应急地下水源地研究[J].昆明理工大学学报,2007,32(6):1－6.

[9] 秦毅苏,朱延华,鲁静.地下水资源潜力调查技术要求[R].中国地质科学院水文地质环境地质研究所,2003.

[10] GB/T 14848－1993,地下水质量标准[S].