

文章编号:1671-4814(2008)01-42-07

江西省主要城市地下水系统 防污性能分析评价^①

刘细元,游玮,黄迅

(江西省地质调查研究院,江西南昌 330030)

摘要:本文简单介绍了江西省主要城市自然和水文地质概况,采用 DRASTIC 方法对 11 个城市的地下水系统防污性能进行了分析评价。认为:全省 11 个主要城市地下水系统防污性能大部分为好-较好。地下水系统防污性能好-较好的面积大于 70% 的城市有鹰潭、抚州和萍乡,60%~70% 的有景德镇、赣州、南昌、吉安和上饶,29%~38% 的有新余和宜春,九江仅 10.66%。讨论了地下水系统防污性能与城市规划建设的关系,并提出了相关建议。

关键词:防污性能评价;地下水;城市;江西

中图分类号:P641

文献标识码:A

随着城市化和工业化的不断推进,人类活动产生的污染物对局部地下水造成了一定的污染。为了社会和经济的可持续发展,避免走“先污染,后治理”的老路,及时制定地下水污染防治措施和地下水资源保护区划,科学合理地进行城市规划和建设,很有必要对地下水系统防污性能进行科学分析和评价^[1]。我们在开展江西省主要城市环境地质调查评价项目时,对地下水系统防污性能进行了初步分析和评价,本文即为这项工作的初步总结。

1 自然和水文地质概况

江西省 11 个主要城市除宜春市和景德镇市外,其他 9 个城市均位于中-新生代盆地中或盆地边缘,盆内出露地层以白垩系红色碎屑岩系和第四纪河湖相冲积物为主^[2],在低山-丘陵区发育一些残坡积物,其水文地质条件具有一定的差异性。

南昌、抚州等城市地势低平,河网密布,湖滩港汊众多。地下水类型为松散岩类孔隙水,下伏为红层裂隙孔隙水。孔隙水主要接受大气和地面垂直渗透补给,部分地段接受河水侧向补给。

九江市以孔隙水为主,地下水主要接受降水垂直渗透补给,仅开采降落漏斗区、长江沿岸浅层地下水汛期可接受长江水侧向补给。覆盖型岩溶水以及更新统为主的裂隙含水层,

① 收稿日期:2007-09-17

基金项目:江西省主要城市环境地质问题调查评价(编号:1212010540303)

第一作者简介:刘细元(1958-),男,高级工程师,从事矿产地质和环境地质调查工作。

上覆粘性土厚度一般为4.5~11.0 m,渗透系数小。

萍乡、宜春、新余等城市位于萍乐拗陷带西段。地下水类型以碳酸盐岩溶洞水为主,次为第四系孔隙水。岩溶溶洞裂隙水以降水渗透补给为主,地势低洼地段也受基岩裂隙水补给,管道式的溶洞裂隙防污和自净能力差。裂隙水除大气降水垂直补给外,河流两岸的一级阶地全新统含水层也受季节性地表水侧向补给。

景德镇地下水类型以松散岩类孔隙水和碳酸盐岩裂隙岩溶水为主,地下水以降雨垂直渗透补给为主,孔隙水在城区和河谷沿岸分布较广,含水层上覆粘性土厚度一般小于3 m。

上饶、鹰潭等城市地下水类型以红层碎屑岩裂隙孔隙水为主,次为孔隙水及零星分布的岩溶水。接受大气降水渗透补给为主。裂隙孔隙水渗透系数一般小于0.01 m/d,渗透途径较长。

吉安市处吉泰盆地北部,地下水类型以红色碎屑岩裂隙水为主,接受降水补给,含水层渗透性差。次为孔隙水及零星分布的岩溶水。全新统孔隙含水层除受降水垂直补给外,也可接受基岩裂隙水侧向补给。

2 城市地下水系统防污性能评价

地下水系统防污性能,系指松散层—岩石—地下水系统抵御污染物污染地下水的能力。其地下水系统防污性能评价工作程序为:野外调查和资料收集(水文地质资料、钻孔资料等)→划分评价单元、确定评价区指标参数→建立评分体系和权重体系→计算评价指标值→防污性能区域划分→绘制防污性能评价图。根据评价区地质环境条件和《全国主要城市环境地质调查评价技术要求》(试行)、《地下水污染调查评价规范》规定及有关理论^[3-6],我们在具体评价工作中采用 DRASTIC 方法^[7],对全省主要城市的地下水系统防污性能进行了初步分析评价。

2.1 评价方法及评价因子评选取

根据地质环境条件的具体情况。选取地下水埋深(D)、降雨入渗补给量(Rp)、含水层介质(A)、土壤介质(S)、地形坡度(T)、非饱和带介质(I)、含水层渗透系数(Ca)7个参数作为地下水系统防污性能的评价因子。

2.1.1 地下水埋深(D)

地下水埋深决定着地表污染物到达含水层之前所经历的各种水文地球化学过程,并且提供了污染物与大气中的氧接触致使其氧化的最大机会。通常,地下水位埋深越大,地表污染物达到含水层所需的时间越长,污染物在途中被稀释的机会越大,污染物进入地下水的可能就越小,含水层被污染的程度也就越小。

2.1.2 降雨入渗补给量(Rp)

污染物可以通过降雨入渗补给垂向传输至含水层,并且在含水层内水平运移扩散。因此,补给量是污染物向地下水运移的主要载体,补给量越大,地下水受污染的可能性也就越大,地下水脆弱性越强。

2.1.3 含水层介质(岩性)(A)

含水层不同的岩性对污染物的降解能力不同,相同的岩性裂隙和层面的发育及岩石固结程度、颗粒大小、分选程度不同对污染物的降解能力也不同。一般的说,裂隙越发育越易

污染;固结越好越不易污染;颗粒越大并较易冲刷越易污染;颗粒含量减少且分选性越好越易污染。

2.1.4 土壤介质(S)

土壤介质通常为地表层(岩石风化带),其平均厚度为2 m或<2 m。土壤介质对地下水脆弱性有明显的影响,如粘土类型、粘土的胀缩性能以及土壤中颗粒的尺寸等,一般来说,粘土的胀缩性和颗粒越小,地下水易污染的可能性越小。

2.1.5 地形坡度(T)

地形控制着污染物被冲走或较长时间滞留于某一地表区域或渗入地下,它不但影响着土壤的形成,而且还影响着污染物的稀释程度。对于易于污染物渗入的地形,其相应地段的地下水的脆弱性越高。当坡度0~2%时,污染物渗入地下的机会最大。反之,当地面坡度>18%时,易于形成地表径流,而此时污染物渗入地下的可能性很小。

2.1.6 非饱和带介质(I)

非饱和带介质类型决定着土壤层和含水层之间物质的削减特性,控制着渗流路径的长度和渗流途径,从而影响了污染物的迁移时间及土体的反应程度。非饱和带内的任何裂隙对渗流路线都起控制作用。非饱和带介质的选择遵循如下原则:(1)选择对脆弱性程度最显著的介质;(2)对于多层介质存在时,应考虑各层介质的相对厚度,选择厚度最大的一层作为非饱和带介质;(3)须考虑各层介质脆弱性程度的大小,如当灰岩上层覆盖一层粘土和一层等厚度的较大的砂砾层时,从地下水污染的角度考虑,粘土是显著的控制层,因为粘土层限制污染物向含水层迁移,此时选择粘土层作为非饱和带介质最恰当。

2.1.7 含水层渗透系数(Ca)

含水层渗透系数由含水层内孔隙的大小和连通程度所决定,渗透系数越大,地下水越易受污染,即防污性越差。

2.2 地下水系统防污性能各评价因子评分

根据上述各评价因子对地下水污染程度的影响,结合各评价因子的范围或各评价因子类型的不同或各评价因子系数的大小不同,给出具体评分。

其中在对非饱和带介质岩性的评价时,对承压含水层不考虑其上覆的盖层,其赋值为1,对于基岩介质,应考虑裂隙、层理和岩溶管道的发育程度,当对于溶洞非常发育的灰岩介质,可赋10分;对于岩溶发育不好或连通不好的灰岩介质,评分应低一些,如9或8。具体评分标准见表1。

2.3 地下水系统防污性能评价因子的权重

在应用DRpASTICa法进行地下水系统防污性能评价时,对于每一个指标参数给定了一个相对的权重,其范围为1~5,它反映了各个指标参数的相对重要程度。对于地下水污染影响最显著的指标的权重为5,影响程度最小的指标的权重为1。

对于DRpASTICa模型中的各评价指标,其对应的权重数值为5、4、3、2、1、5、3。各指标权重见表1。

2.4 地下水系统防污性能等级划分

通过DRpASTICa评价方法,结合GIS软件对各指标的评分图按各个指标因子的相对权重值进行图层间的叠加分析,得到各评价单元的地下水系统防污性能指数(即各评价指标

的加权)。指数越小,含水层越不易被污染,即防污性能越好;反之,则容易被污染,即防污性能越差。根据各城市的具体情况和地下水系统防污性能指数的不同,进行地下水系统防污性能等级划分。值得指出的是,由于各城市的地质背景和水文地质条件的不同,因此,不同城市地下水系统的同一防污性能等级的指数略有不同,详见表 1。

表 1 江西省主要城市地下水系统防污性能评价因子评分及权重一览表

Table 1 Ratings and weights of the antipollution assessment index of the groundwater systems of main cities in Jiangxi Province

因子	范围、类型、系数与(评分)	权重
地下水埋深(m):D	0~1(10);1~2(9);2~5(8);5~10(6);10~15(4);15~20(2);>20(1)	5
降雨入渗补给量(mm/a):Rp	0~100(1);100~150(4);150~200(8);>200(10)	4
地形坡度(坡度百分比):T	0~2(10);2~6(9);6~12(5);12~18(3);>18(1)	1
含水层介质类型:A	块状页岩(2);变质岩/火成岩(3);风化变质岩/火成岩(4);冰碛层(5);层状砂岩—灰岩及页岩(6);块状砂岩—灰岩(6);块状石灰岩(7);砂砾层(8);玄武岩(9);岩溶灰岩(10)薄层或裸露(10);砂石(10);砂(9);泥炭(8);未压实和团聚土(7);砂质亚粘土(6);粉砂质	3
土壤介质:S	亚粘土(4);粘土质亚粘土(3);垃圾(2);淤泥(2);压实团聚粘土(1)	2
非饱和带介质:I	承压层(1);粉砂(4);页岩(4);石灰岩(5);砂岩(6);板状石灰岩—砂岩—页岩(6);含粉砂和粘土的砾石(7);变质岩/火成岩(7);砂砾(8);玄武岩(9);岩溶岩(10)	5
含水层渗透系数(m/d):Ca	1~50(1);50~100(2);100~150(3);150~200(4);200~300(6);300~400(8);>400(10)	3

2.5 地下水系统防污性能评价单元网格划分和评价区指标参数的确定

根据评价区具体情况,采用正方形网格法结合多边形网格法进行评价单元划分,网格为 0.5 km × 0.5 km。同时根据已有各种图形资料,包括地质背景和地下水水文地质条件等资料,对一个单元内评价因子状态有突变的单元进行人工调控,以确保单个评价单元内的各评价因子状态具有相对均一性。在选定较恰当的评价单元后,再确定各单元上各评价因子的评分和权重,然后用防污性能指数将 7 个因子综合起来。用加权的方法计算 DRASTIC 指

表 2 江西省主要城市地下水系统防污性能等级指数和评价单元网格统计一览表

Table 2 Assessment unit statistics and the antipollution classification index of the groundwater systems of main cities in Jiangxi Province

城市	防污性能好 I		防污性能较好 II		防污性能中等 III		防污性能差 IV		防污性能极差 V		单元网格总数
	指数	网格数(%)	指数	网格数(%)	指数	网格数(%)	指数	网格数(%)	指数	网格数(%)	
南昌	25~75	2014(51.6)	75~100	463(11.9)	100~125	1148(29.4)	125~150	131(3.4)	150~200	144(3.7)	3900
景德镇	<100	-	100~130	858(68.9)	130~160	336(27.0)	160~190	49(3.9)	>190	2(0.2)	1245
萍乡	25~75	1288(71.6)	75~100	56(3.1)	100~125	60(3.3)	125~150	184(10.2)	150~230	212(11.8)	1800
九江	23~75	-	75~100	127(10.7)	100~125	726(61.0)	125~150	338(28.4)	150~230	-	1191
新余	<100	153(13.1)	100~130	132(11.3)	130~160	584(49.9)	160~190	292(24.94)	>190	10(0.8)	1171
鹰潭	25~75	455(69.0)	75~100	41(6.2)	100~125	61(9.3)	125~150	83(12.6)	150~200	19(2.9)	659
赣州	<100	-	100~130	1164(65.4)	130~160	458(25.8)	160~190	144(8.1)	>190	13(0.7)	1779
吉安	<100	-	100~130	1148(62.1)	130~160	688(37.2)	160~190	1(0.02)	>190	12(0.6)	1849
宜春	-	-	75~100	118(29.0)	100~125	99(25.0)	125~150	21(5.0)	>150	164(41.0)	402
抚州	<75	43(8.1)	75~100	356(67.4)	100~125	31(5.9)	125~150	83(15.7)	>150	15(2.8)	528
上饶	25~75	411(31.1)	75~100	405(30.7)	100~125	89(6.7)	125~150	52(3.9)	150~200	-	1320

数,即地下水系统防污性能指数。

$$DRASTIC \text{ 指数} = \sum W_i \times R_i$$

式中: W_i - 评价因子的权重;

R_i - 评价因子的评分。

各主要城市地下水系统防污性能评价单元网格统计结果见表2。

表3 江西省主要城市地下水系统防污性能评价分区与规划建设关系

Table 3 Relations of the antipollution divisions of the groundwater systems of main cities in Jiangxi Province and the urban planning

城市	防污性能好 规划建设重工业区、制造业及食品工业区,也可列为农业生产活动区	防污性能较好 凤凰洲、蒋巷及西北西岗间地带 (503.50)	防污性能中等 建设居民区以及轻工业区,不得兴建有污染企业 朝阳洲、扬子洲的河间地块(287.0)	防污性能差 禁止一切可能引起地下水污染的工程建设活动,避免规划兴建各种大型污染企业 红谷滩新区、莲塘及八一桥以下(32.75)	防污性能极差 赣江、抚河沿岸沙滩(36.0)	总面积(km ²)
南昌	老抚河以东和北西岗间地带(503.50)	凤凰洲、蒋巷及西北西岗间地带(115.75)	建设居民区以及轻工业区,不得兴建有污染企业 朝阳洲、扬子洲的河间地块(287.0)	禁止一切可能引起地下水污染的工程建设活动,避免规划兴建各种大型污染企业 红谷滩新区、莲塘及八一桥以下(32.75)	赣江、抚河沿岸沙滩(36.0)	975
景德镇	白垩系红层出露区(322)	变质岩和红层及侏罗系分布区(214.43)	灰岩裸露区及丁家洲、历尧、官庄、老市区(83.85)	洪源附近、凤岗—老市区—湘湖(12.22)	昌江历尧附近沙滩(0.29)	310.79
萍乡	白垩系红层出露区(322)	黄泥塘—破石—黄龙寺一带(14)	荷尧—长平、五里亭、荷叶塘一带(15)	萍水河及支流两侧全新统分布区(46)	王家山、三田—青山—巨源—大沙塘、安源镇一带(53)	
九江		瑞山脑、饶家垄、闻家湾等(31.75)	主要分布于规划区中—东部(181.5)	主要分布沙河和官湖(84.5)		297.75
新余	老市区及附近红层裸露区(38.12)	袁河以北残积层区(32.88)	碎屑岩、变质岩区及郭家—章家等第四系分布区(145.85)	袁河及孔目江两岸大片冲积平原区(72.99)	袁河、孔目江沙滩(2.27)	292.11
鹰潭	白垩系出露区(113.75)	信江Ⅱ级阶地官山、低坪杨家一带(10.25)	董家河、白露河沿岸的第四系区(15.25)	信江Ⅰ级阶地洲上、夏埠、瑶池祝家(20.75)	信江河道沙滩和沿岸沙滩地带(4.75)	164.75
赣州		红层、变质岩及部分中—上更新统分布区(290.91)	中—上更新统、岩浆岩、石炭—泥盆系分布区(114.3)	全新统(不含沙滩)(35.91)	河流沙滩和老树下附近裸露灰岩区(3.24)	444.36
吉安		红层和第四系压实区(286.9)	建成区及附近大片Q3地层(172)	旧屋下北裸露灰岩区(0.1)	禾水、赣江沙滩(3.0)	462
宜春		罗家坊、分水坳—院前、枣树(29.5)	下浦—杨家坊、石陂头河谷等(24.75)	厚田—陈家坊等(5.25)	樟树—罗家、彭家墓、项家窑(41.0)	100.5
抚州	南东部长岭一带(10.75)	抚北—红桥—城西—冷水坑等地(89)	郭家桥、石溪头、娄家洲、章舍等(7.75)	已建成区、孝桥南西部等地(20.75)	上顿渡城区、洋洲北及河漫滩(3.75)	132
上饶	白垩系出露区(102.75)	规划区外围丘陵区(101.25)	岗丘之间沟间地带(22.25)	覆盖型碎屑岩和灰岩区(13.0)	河流两岸和岩溶区(90.75)	330

2.6 地下水系统防污性能评价结果

根据单元网格各因子综合分析统计,全省各主要城市地下水系统防污性能指数、评价分区见表2和表3。

从表2和表3可知,全省11个主要城市地下水大部分为防污性能好—较好。其中地下水防污性能好—较好面积大于70%的城市有鹰潭、抚州和萍乡,60%~70%的有景德镇、赣州、南昌、吉安和上饶,29%~38%的有新余和宜春,九江则仅为10.66%;地下水防污性能极差—差面积达31%~46%的为宜春和上饶,25%~30%的为九江和新余,17%~23%的为萍乡、抚州和赣州,小于10%的为南昌、景德镇和吉安。地下水防污性能好—较好的区块,且主要分布于红层、变质岩和碎屑岩裸露区及第四系粘土层厚度较大的区域。地下水防污性能极差—差的区块一般分布于水系沙滩、碳酸盐岩岩溶发育区和第四系粘土厚度小而砂层厚度大的区段及煤矿区。

3 地下水系统防污性能与城市规划建设的关系与建议

在进行城市规划和建设时,应充分考虑地下水系统防污性能。一般情况下,红层、变质岩、碎屑和碎屑岩裸露区及第四系粘土层厚度较大的区域(如南昌市的老抚河以东地区和北西部岗间地带,其它城市的白垩系出露区),其地下水系统防污性能好—较好,该区可规划建设重工业区、制造业及食品工业区,也可列为农业生产活动区;一般基岩裸露区和第四系粘土层厚度较小的区域(如南昌市的朝阳洲、扬子洲的河间地块等),其地下水系统防污性能中等,可规划建设居民生活区、娱乐场所,以及轻工业区,而不得规划建设有污染的企业;河流沙滩、碳酸盐岩岩溶发育区和第四系粘土厚度小而砂层厚度大的区段及采煤区(主要指萍乡),地下水系统防污性能差—极差(如南昌市的红谷滩新区、莲塘及八一桥以下和赣江、抚河沿岸沙滩),在这些区域应禁止一切可能引起地下水污染的工程建设活动,避免规划建设各种大型污染企业,详见表3。

本文是在《江西省主要城市环境地质调查评价报告》的基础上整理提炼而成的,属集体劳动成果。项目组成员除本文作者外,有马振兴、魏源、杨永革、张永忠、陶木金、吕少俊、秦岩、王道英、张爱华等。

参考文献

- [1] 严明疆,徐卫东.地下水脆弱性评价的必要性[J].新疆地质,2005,23(3):268-271.
- [2] 江西省地质矿产局.江西省区域地质志[M].北京:地质出版社,1984.
- [3] 蒋辉编.环境水文地质[M].中国环境科学出版社,1993.
- [4] 李建庚.兰州市地下水污染及防治措施[A].中国地质学会首届环境水文地质学术讨论会论文选编[C],1987:70-74.
- [5] 周淑敏.秦皇岛市地下水污染现状及评价[J].河北建筑科技学报,1998,15(1)
- [6] 王焰新,郭华湖,阎世龙,等.浅层孔隙地下水系统环境演化及污染敏感性研究[M].科学出版社,2004.
- [7] 周爱国,梁合诚.南昌市、九江市地下水脆弱性评价方法研究[R].中国地质大学(武汉),2004.

Analysis and assessment for antipollution of the groundwater systems of main cities in Jiangxi Province

LIU Xi-yuan, YOU Wei, HUANG Xun

(*Institute of Geological Survey of Jiangxi Province, Nanchang 33020, China*)

Abstract

This paper adopted DRASTIC Method to analyze and assess the antipollution of the groundwater systems of 11 cities in Jiangxi Province based on their physical geography and geohydrologic condition. The result shows that the antipollution of the groundwater systems of 11 cities is mostly good and better. The acreage proportion of the good-better antipollution of the groundwater systems in Yingtan, Fuzhou and Pingxiang is above 70% , in Jingdezhen, Ganzhou, Nanchang, Ji'an and Shangrao is from 60% to 70% , in Xinyu and Yichun is from 29% to 38% , and in Jiujiang is 10.66% . The relations of the antipollution of the groundwater systems and the urban planning were discussed, and some suggestions about this problem were given.

Key words: antipollution assessment; groundwater; city; Jiangxi Province