

唐山市环境地质调查评价

王欣宝¹, 王昕州, 赵雄英

(河北省地质环境监测总站, 石家庄, 050021)

摘要: 唐山市是河北省环渤海地区经济发达的地区, 是河北省最大的重工业城市, 而且也是地下水污染、地下水下降漏斗、地裂缝、采空塌陷、岩溶塌陷、地震、固体废弃物等环境地质问题较为频发的地区。通过对唐山市主要环境地质问题的调查, 以及对其发展趋势的分析研究, 选择了岩土体结构类型、构造分布、地下水污染、地下水下降速率、采空塌陷、岩溶塌陷、固体废弃物和地裂缝共 8 个指标。基于环境地质问题发育程度四个逻辑等级取值: 微弱、轻度、中等和严重, 对评价指标进行了相应地量化分级取值和标准化处理, 采用模糊数学综合评判法对唐山市环境地质问题发育程度进行了评价, 并对唐山市环境地质问题的发展趋势进行了预测, 为唐山市地质环境管理和地质灾害防治提供科学依据。

关键词: 环境地质问题; 模糊数学; 综合评判法

中图分类号:

文献标识码:

文章编号:

1 前言

唐山市辖五区、十县(市)及两农场, 面积 802km²(不含芦台、汉沽农场), 总人口 156.16 万。唐山市是河北省环渤海地区三个地级城市之一, 是首批国民经济收入突破百亿元大关的 25 个城市之一, 也是河北省最大的重工业城市。建有曹妃甸港、京唐港等港群, 还建有王滩经济开发区和南堡经济开发区等重点经济区, 以及石臼坨等岛群, 是河北省最具潜力的经济区之一, 也是京津唐、环渤海经济带的重要组成部分, 在河北省具有举足轻重的地位。

但是, 在自然和人为两种因素长期作用下, 使唐山市地质环境发生了很大变化, 产生了地地下水污染、地下水下降漏斗、地裂缝、采空塌陷、岩溶塌陷、地震、固体废弃物等环境地质问题, 这些环境地质问题直接威胁和破坏着生态环境, 影响着人民的生命财产安全; 严重影响和制约着当地的经济社会发展。因此, 加强地质环境管理和防治地质灾害已成为唐山市乃至河北省实施可持续发展战略的一项重要工作。

本文采用模糊数学综合评判法^[1], 定量或半定量地评价了唐山市环境地质问题发育程度, 并对其发展趋势进行预测研究, 为唐山市地质环境管理、土地规划和地质灾害防治提供科学依据。

2 环境地质条件

2.1 地质条件

地处燕山南麓, 地势北高南低, 北部为低山丘陵区, 海拔高程 50~530m, 地形波状起伏, 侵蚀较强, 冲沟发育; 南部为冲洪积倾斜平原区, 是本区主体地貌形态, 由滦河改道形成的多期冲洪积扇构成, 高程 5~50m, 地形平坦, 河流两岸断续发育 I、II 级阶地; 市区东部、南部有多处采煤塌陷坑和矸石山, 塌陷坑成积水洼地; 东南部沿河两岸有砂丘分布; 市区内零星出露剥蚀残丘。

地层有蓟县系、青白口系、寒武系、奥陶系、石炭系、二叠系和第四系。基岩大部被第四系所覆盖, 在北部山区和市区局部裸露地表。

2.2 构造条件

收稿日期: 2004-09-24

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目, 环渤海地区(河北部分)地下水资源与环境地质调查评价, **项目编号:** 200112400004

作者简介: 王欣宝(1972-), 男, 工程师, 主要从事水文地质、工程地质和环境地质工作, **E-mail:** wang_xin_bao@163.com。

唐山市位于燕山褶皱带东段南缘与华北拗陷区黄骅拗陷的交界地带，构造活动异常活跃。区内主要褶皱是开平复向斜，由一系列轴向北东、轴面北西倾、大致平行排列的背向斜隐伏构造组成，自西向东依次为车轴山向斜、碑子院背斜、开平向斜。其中开平向斜规模最大，长约 50km，宽 15~20km，总体轴向为北东 40°，自开平向东渐转成近东西方向。唐山市区位于开平向斜西北翼的狭长型地垒构造带上，主要有大八里庄断层、陡河断层和唐山断层三条规模较大断层。唐山市区区域稳定性较差，属不稳定区，地震基本烈度为Ⅷ度。

3、主要的环境地质问题

3.1 岩溶塌陷

(1) 岩溶塌陷现状

岩溶塌陷是唐山市严重的地质灾害之一，致灾形式有建筑物破裂、倒塌、路基坍塌及农田破坏等。唐山市区岩溶塌陷有 100 多处，现已查明中心区岩溶塌陷 20 处，塌陷呈圆形、筒状、碟状，直径 3~50m，可见深度 1~6m；任信屯—郑庄子岩溶塌陷 2 处，塌陷呈圆形，直径 30~40m，可见深度 8~10m；东矿区林西—范各庄一带岩溶塌陷 100 多处，塌陷呈圆形、椭圆形、筒状、碟状，直径 5~30m，可见深度 3~10m。

岩溶塌陷具有一定的分布规律，主要分布于水位下降漏斗范围内的碳酸盐岩浅埋区(小于 50m)及构造断裂带附近；设有液流管道和排水暗沟的马路两侧及地表水体沿边最为常见。主要分布在唐山市中心区浅埋岩溶区、中心区北部任信屯—郑庄子及东矿区唐家庄—范各庄一带浅埋岩溶区。唐山市主要岩溶塌陷状况见表 1。

表1 唐山市主要岩溶塌陷特征表

Tabal.1 the characteristic of the main karstic sinks in TangShan

编号	塌陷位置	发生时间 (年月日)	塌陷坑 形状	一般规模		对建筑物破坏程度	备注
				直径	可见深度		
1	十口院内	1979-10-6	圆形	40	10	操场下陷	岩溶引起
2	建陶城子主河西楼	1984-1985				楼倾斜向西北下降0.13m	岩溶引起
3	新华道开滦招待所东侧	1984-1985				路面塌陷电杆倾倒	岩溶引起
4	北新道与新华岩路交叉口	1987.9-10	椭圆形	6	6	自来水管反复破裂	岩溶引起
5	凤凰公园中心区莲鱼池	1991-9-6	圆形	13	6	池壁破坏池水漏光	岩溶引起
6	体育场田径训练馆	1988-6-6	圆形	8	6	建筑物塌落	岩溶引起
7	地震陈列馆北侧路旁	1988-8	圆形	5	2	地面塌陷电杆倾倒	岩溶引起
8	工人医院门诊大楼	近期				墙体裂缝	岩溶引起
9	69号小区热力站	近期				院内楼东南角附近房屋裂缝	不明

(2) 岩溶塌陷发展趋势

近年来唐山市区地下水开采量受到控制，岩溶水位有所回升，市区现有的地下水漏斗面积趋于稳定，个别地段岩溶水略有回升，岩溶塌陷的发生率得到缓解。但由于导致岩溶塌陷的一些主要条件并未得到根本改变，因此仍然不断发现岩溶塌陷的现象。据连续几年的实地勘察，唐山市体育场主楼墙壁的“S”型裂缝及围墙上的张性裂缝仍有逐年扩大的迹象，证明本区的岩溶塌陷活动尚未停息。

3.2 地下水水位下降漏斗

3.2.1 地下水水位下降漏斗现状

(1) 唐山市第四系浅层水水位下降漏斗

唐山市第四系浅层水水位下降漏斗出现在 1974 年的枯水期，随着地下水开采量逐年增大，漏斗不断加深，范围不断扩大。1978 年至 1981 年，唐山市地震后恢复生产，地下水开采量急剧增加，使地下水水位急剧下降，1982 年以后由于城市和农业开采量受到控制，漏

斗进入相对稳定的阶段。据低水位期统计,漏斗区平均面积为 320.07Km²,1991—1995 年平均面积 301.03Km², 1996—2000 年平均面积为 284.26Km², 各阶段平均面积分别缩小 19.04 Km²和 16.77Km²。其中 2000 年低水位期漏斗面积 343.3 Km², 10 年间面积最大, 与 1999、2000 年降水偏少, 地下水补给不足密切相关。

漏斗中心北部在北郊水厂, 南部在大洪桥水厂, 其水位埋深在 1991—1995 年北郊水厂平均水位埋深 47.40m, 在 2000 年北郊水厂、大洪桥水厂分别为 47.70m 和 23.90m, 与 1995 年同比, 北郊水厂水位上升 3.00m, 大洪桥水厂水位下降 0.09m, 说明漏斗已处于相对稳定状态。

从1990年—1995年及1995年—1999可以看出 漏斗区面积具有逐年减小, 中心水位略有回升的趋势, 表明该区遏制开采以初见成效。唯2000年由于干旱少雨, 地下水补给不足, 致使漏斗区面积增大, 水位加深, 属枯水年的正常现象, 因此可以认为该漏斗目前处于稳定状态, 如保持目前开采水平, 今后漏斗面积将不会扩大, 地下水位将保持稳定。

表 2 唐山市第四系浅层地下水水位下降漏斗要素一览表

Tabal.2 the basic schedule of the depression cone of shallow groundwater of the Quaternary Period in TangShan

漏斗名称	时 间	地下水水位下降漏斗要素一览表						
		中心位置	综合计算面积 (Km ²)	边缘等水位线 (m)	封闭面积 (Km ²)	封闭等水位线 (m)	中心水位埋深 (m)	中心水位标高 (m)
唐 山 市 浅 层 地 下 水 位 下 降 漏 斗	91.6.30	北: 北郊水厂 南: 大洪桥水厂	301.3	地下水 分水岭	87	4	49.56 23.58	-29.70 -9.17
	93.5.25 —6.10	北: 北郊水厂 南: 大洪桥水厂	299.3	地下水 分水岭	126.8	4	40.15 24.11	-20.29 -9.70
	95.5.25 —6.10	北: 北郊水厂 南: 大洪桥水厂	319.3	地下水 分水岭	103.1	4	50.70 23.81	-30.84 -9.40
	98. 6.15	北: 北郊水厂 南: 大洪桥水厂	243.2	地下水 分水岭	62.33	2	42.7 22.6	-22.84 -8.19
	20006.30	北: 北郊水厂 南: 大洪桥水厂	343.3	地下水 分水岭	132.9	4	47.7 23.90	-27.84 -9.49

(2) 古冶区第四系浅层水位下降漏斗

1975 年开始形成以黑鸭子为中心的地下水位下降漏斗, 当时漏斗中心水位埋深 12. 25m, 水位标高 17. 59m。1980 年以后, 虽然第四系地下水开采量无明显的增加, 但由于开滦唐家庄矿徐家楼矿井投产及巍峰山水源地的开采, 增大了第四系地下水对石炭一二叠系裂隙水和奥陶系岩溶水的越流补给量, 形成以前张亭为中心的又一个漏斗中心, 两个漏斗合称古冶区第四系浅层水水位下降漏斗。漏斗北部以山区为界, 南部以小马庄至范各庄一线的地下水分水岭为界, 东界雷庄, 西到刁家套至前殷庄与唐庄漏斗相接。

分析漏斗特征可以看出, 1996年到1999年漏斗面积具有逐年缩小、中心水位埋深逐年变浅的趋势, 1999年到2000年出现漏斗面积扩大, 中心水位加深的状况, 显然与近两年干旱少雨具有密切的关系。但从多年动态变化来看, 该漏斗仍处于稳定状态。

(3) 唐山市深层水水位下降漏斗

受矿井疏水的影响, 第四系深层水急剧下降, 形成以矿区为中心的深层水水位下降漏斗, 由于该含水组观测点少, 不能绘制成图, 漏斗形成、范围很难确定。但开滦个各矿内, 深层水位均低于浅层水位 34.24—42.15m。其中开平向斜西北翼深层地下水水位低于浅层地下水

水位 34.24m。在漏斗中心区，深层地下水水位低于奥陶系岩溶水水位 4.25—15.73m。

(4) 奥陶系岩溶水水位降落漏斗

主要分布于开平向斜西北翼，1974 年形成，漏斗沿奥陶系灰岩地层走向展布，呈不规则条带状，漏斗边界与水文地质单元一致，由于过量开采地下水，1978—1981 年间岩溶水位以每年 6.0m 的速度下降，漏斗中心人民公园 1982 年低水位期水位埋深 53.28m，水位标高--28.48m，从 1982 年起唐山市控制了岩溶水的开采量，水位下降缓慢。到 1992 年为控制唐山市岩溶塌陷的发生及发展，较大幅度的减少了开平向斜西北翼奥陶系岩溶水开采量，1992 年比 1991 年减少 $1243.8 \times 10^4 \text{ m}^3$ ，岩溶水位上升 3.34m。

漏斗区 1990 年末平均水位埋深 44.72m，1995 年末 37.66m，1996、1997、1998 年末为 39.29m、41.71m 及 39.78m，1999 年及 2000 年末平均水位埋深分别为 44.65m 和 45.45m，与 1990 年水位相近，虽然地下水开采量逐年减少，因 1999 年及 2000 年天旱少雨，地下水补给不足，漏斗区中心水位又处于下降状态。

漏斗中心人民公园，1995 年低水位期水位埋深 56.61m，2000 年为 57.07m。虽然漏斗中心水位有所下降，但总的看来该漏斗还是处于稳定状态。

3.2.2 地下水水位下降漏斗发展趋势预测

根据 1986—2000 年漏斗中心水位埋深及综合计算面积，在充分考虑政府部门对超采区地下水开采量进行遏制的条件下，采用灰色理论 GM(1, 1) 模型数列，对 2010 年、2015 年地下水位下降漏斗面积、中心水位埋深进行预测。

预测唐山市第四系浅层水水位下降漏斗面积 2010 年、2015 年漏斗面积分别为 300 Km^2 、 280 Km^2 ，比 2000 年分别缩小 43.3 Km^2 及 63.3 Km^2 ；2010 年中心水位埋深 44.40m，比 2000 年回升 3.10m，2015 年维持在 2010 年的水平，水位处于稳定状态。

预测古冶区第四系浅层水水位下降漏斗面积 2010 年、2015 年分别为 170 Km^2 及 160 Km^2 ，比 2000 年分别缩小 $16. \text{ Km}^2$ 及 17.9 Km^2 ；2010 年及 2015 年中心水位埋深将控制在 24.00m 左右，比 2000 年回升 1.50 左右，处于稳定状态（见表 3）。

表 3 唐山市地下水位下降漏斗预测成果表

Tabal.3 the forecast production of the depression cone of groundwater level in TangShan

漏斗名称	漏斗面积 (Km^2)			中心水位埋深 (m)	
	2000 年	2010 年	2015 年	2010 年	2015 年
唐山市第四系浅层地下水水位下降漏斗	343.3	300.0	280.0	44.40	44.40
古冶区第四系浅层地下水水位下降漏斗	186.9	170	160	24.00	24.00

3.3 含水层疏干

唐山市区地下水位降落漏斗区内被疏干的含水层主要为第二含水组，在基岩浅埋区内除第二含水组上部细砂层外，第二含水组中部砂砾卵石层同时被疏干。以陡河、沙河和小青龙河两岸分布的全新统第一含水组细砂含水层，由于补给条件较好，含水层并未被疏干。

疏干含水层厚度的计算是以 1976 年末水位埋深作为初始水位，唐山地震后地下水位基本恢复到原来水位，以 2000 年末水位埋深时段末期水位，据钻孔机井地层资料计算各井被疏干含水层厚度。

计算结果表明：1976-1995 年 19 年间，唐山市区含水层疏干体积为 $482.37 \times 10^4 \text{ m}^3$ ，疏干量为 $22497.48 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$ 。其中唐山漏斗疏干体积为 $306.77 \times 10^4 \text{ m}^3$ ，东矿区漏斗疏干体积为 $175.60 \times 10^4 \text{ m}^3$ ；唐山漏斗疏干量为 $18180.11 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$ ，东矿区漏斗疏干量为 $4317.37 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$ 。1995-1996 年，唐山市区含水层疏干面积为 39830 km^2 ，疏干体积为 $147464 \times 10^4 \text{ m}^3$ ，

疏干储存量为 $18433 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$ 。

3.4 地下水污染

3.4.1 地下水污染源

唐山市区地下水污染源主要为工矿企业废水、废气、废渣的排放及生活污水、生活垃圾、农药化肥等。据唐山市环保局1998年统计资料，唐山市区182个“三废”排放企业共排放工业废水5710.96万吨，排放达标量为5163.12万吨，其中处理排放达标量为3190.19万吨。废水中污染物六价铬为0.14吨，挥发酚总量为2.43吨，氰化物为0.99吨，化学需氧量8231.69吨，石油类176.03吨，悬浮物6596.30吨，硫化物13.16吨。全市区工业废气排放总量13144380万标立方米，其中二氧化硫排放量为140013吨，烟尘排放量106029吨。工业固体废物产生量为1213.9万吨，历年累计贮存量已达8179万吨。

另外，居民生活污水排放量为2856.14万立方米，唐山市14个垃圾堆放场的垃圾(包括工业垃圾)排放量51.9万吨。

3.4.2 地下水污染现状及发展趋势

由污染源排出的污染质主要有“五毒”、“三氮”、有机质、细菌和石油类共约20余种。污染质通过渗透和渗漏两种方式污染地下水环境。渗坑(井)渗透和渣堆淋渗，造成点状污染；河流与沟渠渗漏造成线状污染；施于田间的农药、化肥随灌溉水或雨水下渗，造成面状污染。

唐山市区地下水水质目前基本达到饮用水水质标准，但局部地区污染较为严重，主要超标项目是六价铬、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、细菌等。比较典型的地下水污染为唐山市路南区南刘屯—老岳各庄六价铬污染、路北区钓鱼台岩溶水六价铬污染及小梁山储灰场、李家峪储灰场对地下水的氟污染。

(1)、南刘屯—老岳各庄污染区

南刘屯—老岳各庄一带第四系浅层水受到六价铬严重污染，铬渣污染物分布面积 3350 m^2 ，重量为4881吨，含六价铬总量为5.947吨。该污染区1983年发现第四系浅层水受六价铬污染，1991~1993年污染面积达 1.78 km^2 ，地下水中 Cr^{6+} 最高含量 3.40 mg/L ，超标67倍。1995年污染面积(检出) 1.595 km^2 ，超标面积 0.645 km^2 ， Cr^{6+} 最高含量 1.80 mg/L ，超标35倍。从1994年以后 Cr^{6+} 含量逐年减少，个别井的污染已消失。污染范围也有逐年缩小的趋势，其原因是唐山市环保局1983年曾进行了局部的开挖治理，以及污染区连年不断地抽取污染的水体所致。

(2)、路北区钓鱼台岩溶水六价铬污染区

受原文化路电镀厂废水的污染，路北区奥陶系岩溶水自1987年以来六价铬含量超标，污染面积 5.56 km^2 ，至1995年污染面积缩小至 3.33 km^2 。1999年检测，凤北井污染已消失，唐陶井 Cr^{6+} 含量 0.14 mg/L ，自1995年以来含量已逐年减少。

(3)小梁山储灰场冲灰水对地下水的氟污染

由于唐山发电厂小梁山冲灰场冲灰水沿灰岩溶洞裂隙下渗，1986年冶里—徐庄子奥陶系岩溶水曾形成面积 2 km^2 的氟污染区，氟含量达 3.2 mg/L 。1988年冲灰场停用并覆土改造，原污染范围大大减少，原污染井水中氟含量明显降低，仅为 $0.5 \sim 1 \text{ mg/L}$ ，均达到饮用水水质标准并接近天然背景值。预测该污染区氟污染将逐年衰减直至消失。

(4)李家峪储灰场对地下水的氟污染

由于唐山发电总厂陡河电厂冲灰水的渗漏，使附近岩溶裂隙水受到污染，地下水中氟含

量逐年升高,由1988年的0.37mg/L升至1995年的5.80mg/L,之后逐年降低,但1999年仍为4.0mg/L,由此预测该污染尚未停止,如灰场继续使用,其污染仍将持续下去,并有扩大污染范围的可能。

3.5 矿山环境地质问题

唐山矿业以煤矿为主,长期大量开掘地下煤层及围岩,改变乃至破坏了岩土体的自然平衡,导致地质环境日趋恶化,引发出一系列矿山环境地质问题。

(1) 采空塌陷

1984年范各庄矿突水后附近出现11个岩溶塌陷坑,在以突水点为中心的10km²范围内,水位普降20~30m,水井吊泵悬空,供水系统失灵。其后,采煤塌陷灾害更为严重,截止1995年整个开滦形成60多平方公里的采空区,波及面积达100多平方公里,地面塌陷19504.01公顷,产生15个塌陷坑,最大坑深20.42m,53个积水坑最大积水深度8.70m。这些塌陷、积水坑主要分布在市中心区南部京山铁路两侧,使大面积农田被毁,建筑物遭到破坏,100多个村庄被迫搬迁,使城市建设受到严重影响。

(2) 矿井突水

开平煤田为奥陶系灰岩所包围,岩溶发育,富水性强,随着开采层段不断加深,强排深层地下水产生了巨大的水头差,严重威胁着矿井和矿工的生命财产安全。1984年6月2日,范各庄矿井下突水,突水原因是奥陶系灰岩陷落柱溃入矿井,使奥陶系岩溶水大量涌入矿井,高峰期11个小时平均突水量达2053吨/分,淹没了范各庄矿井、吕家坨矿、林西三矿,直接经济损失5.6亿元。而且其余的矿也有不同程度的突水事故,是煤矿开采时一个主要地质灾害。

(3) 矿渣堆放

市区内共有煤矸石山16座,1998年煤矸石产生量4640500吨,年储存量为672100吨,历年累计贮存量37194200吨,历年累计贮存占地面积1763300m²。由于矿渣堆存,不但占用大量土地,散发有害气体,而且可污染土体和浅层地下水,有的煤矸山发生自燃,释放出SO₂、CO₂等气体,污染大气,严重时还会发生爆炸,危及人民的生命和财产。

3.6 地震灾害

1976年7月28日发生的唐山7.8级地震是震惊世界的一次大地震,震中地震烈度达11度,使一个上百万人口的城市毁于一旦,死亡人数达24万,造成市区各民用建筑严重破坏和倒塌的达1116.95×10⁴m²,占原房总数的95.53%。唐山市厂房倒塌及破坏无法使用的182.2×10⁴m²,占原有总数的55.6%。

唐山7.8级地震发震断层为唐山矿V号断层,分布在唐山市路南区礼尚庄—丰南安机寨一小山东口—29中学,成北东25°走向,断裂带宽为50~300m,长10km,左旋扭距最大1.53m。向北东循陡河断裂北段,延伸20km,向南西方向延伸50km。

除地震构造地裂缝外,非构造地裂缝在地震区普遍出现,主要发生在河渠、河岸和古河道坑洼地带^[2]。

此外,唐山7.8级地震引起的地面垂直变形,不论是范围和幅度都是很大的,强裂变形带主要分布在地震断层两侧,垂直错距1.0m左右;唐山7.8级地震加大了煤矿采空塌陷。由于地震效应,使原开滦煤矿采空塌陷区进一步扩大加深。

4、环境地质问题发育程度及其发展趋势评价

4.1 环境地质问题发育程度

根据唐山市环境地质问题的发育特征,选取土体结构类型、构造分布、地下水水位下降速率、地下水污染、岩溶塌陷、采空塌陷、固体废弃物和地裂缝共8个指标(见表4)。采用综合评价法对唐山市环境地质问题发育程度进行了分区评价,共分四个级别(见表5)。

其公式^{[3]~[4]}为:

$$p = \sum_{i=1}^n p_i$$

式中： p —环境地质问题发育程度分区系数 p_i —第 i 因子的评价指数

$$\text{其中 } p_i = p_i^* \times A_i \quad A_i = p_i^* / \sum_{i=1}^8 p_i^*$$

式中： p_i^* 为第 i 个因子的给定指数； A_i 为第 i 个因子的权重， n 为评价因子数量。

表 4 唐山市环境地质问题发育程度判别指标及给定指数表

Tabal.4 the distinguishable indexes of the develop degree of the geoenvironmental problem in TangShan

序号	分级	微弱		较轻		中等		严重	
	因子	环境地质问题发育程度	给定指数	环境地质问题发育程度	给定指数	环境地质问题发育程度	给定指数	环境地质问题发育程度	给定指数
1	岩土体结构类型	出露基岩；砂性土、多层，相变小。	1	粘性土或砂性土、多层，相变大，特殊土零星分布	2	粘性土或砂性土，多层，相变大，分布有特殊土	3	粘性土或砂性土，多层结构，相变大，特殊土发育。	4
2	构造分布	0 条/50km ²	1	1 条/50km ²	2	2 条/50km ²	3	≥3 条/50km ²	4
3	地下水污染	无	1	个别地段有污染	2	局部地段有污染	3	污染点较多	4
4	地下水下降速率	<0.5m/a	1	0.5-0.7m/a	2	0.7-1m/a	3	>1 m/a	4
5	岩溶塌陷	0 个/50km ²	1	1 处/50km ²	2	2 处/50km ²	3	≥3 处/50km ²	4
6	采空塌陷	0 个/50km ²	1	1 处/50km ²	2	2 处/50km ²	3	≥3 处/50km ²	4
7	固体废弃物	0 处/50km ²	1	1 处/50km ²	2	2 处/50km ²	3	≥3 处/50km ²	4
8	地裂缝	0 处/50km ²	1	1 处/50km ²	2	2 处/50km ²	3	≥3 处/50km ²	4

表 5 环境地质问题发育程度分区系数

Tabal.5 the subarea coefficient of the geoenvironmental problem

级别	微弱发育区	轻度发育区	中等发育区	严重发育区
p	1-1.5	1.5-2.5	2.5-3.5	3.5-4

评价结果如下（见图1）：

环境地质问题微弱发育区主要分布在西部和西北部，主要环境地质问题仅是零星分布城市废弃物；环境地质问题轻度发育区主要分布在东部的罗各庄、大丰谷庄、夏庄和魏峰山水厂一带，主要环境地质问题是地下水超采，局部地段有地下水污染和地裂缝，零星分布固体废弃物；环境地质问题中度发育区主要分布在开平区吕家坨、赵各庄一带，主要环境地质问题是矿山固体废弃物和城市废弃物较多，局部地段有地下水污染和采空塌陷，分布有地下水漏斗；环境地质问题严重发育区，主要环境地质问题是地下水严重超采，矿山固体废弃物和城市固体废弃物较多，局部地段有地下水污染和矿山采空塌陷。

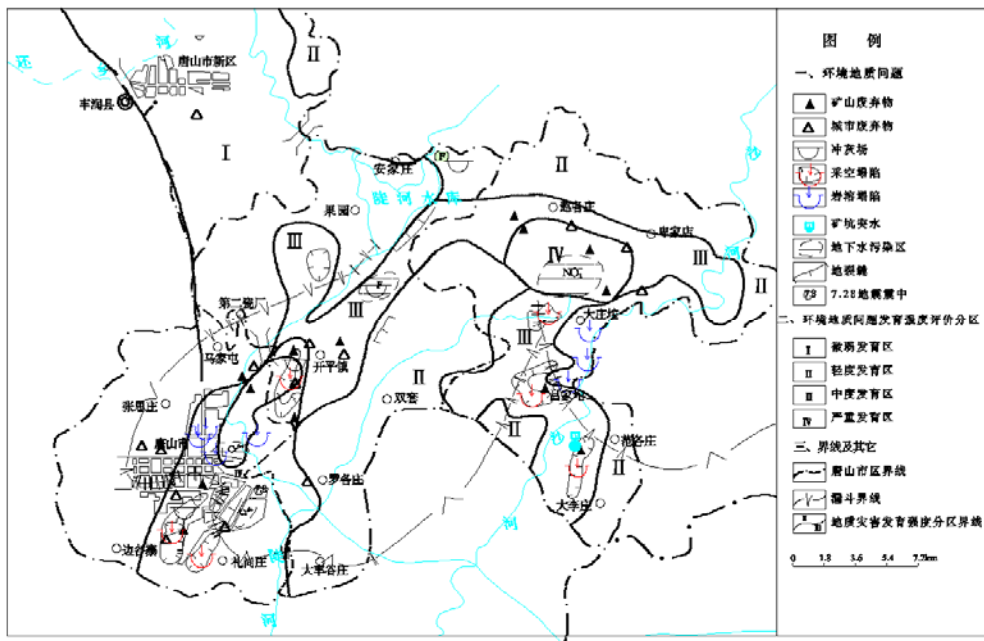


图1 唐山市环境地质问题发育程度评价分区图

Fig.1 the evaluation of the geoenvironmental problem

4.2 环境地质问题发展趋势

根据唐山市环境地质问题发育程度分区和唐山市的发展规划,以及上述对各种环境地质问题发展趋势的分析,对唐山市环境地质问题发展趋势进行预测(见图2)。

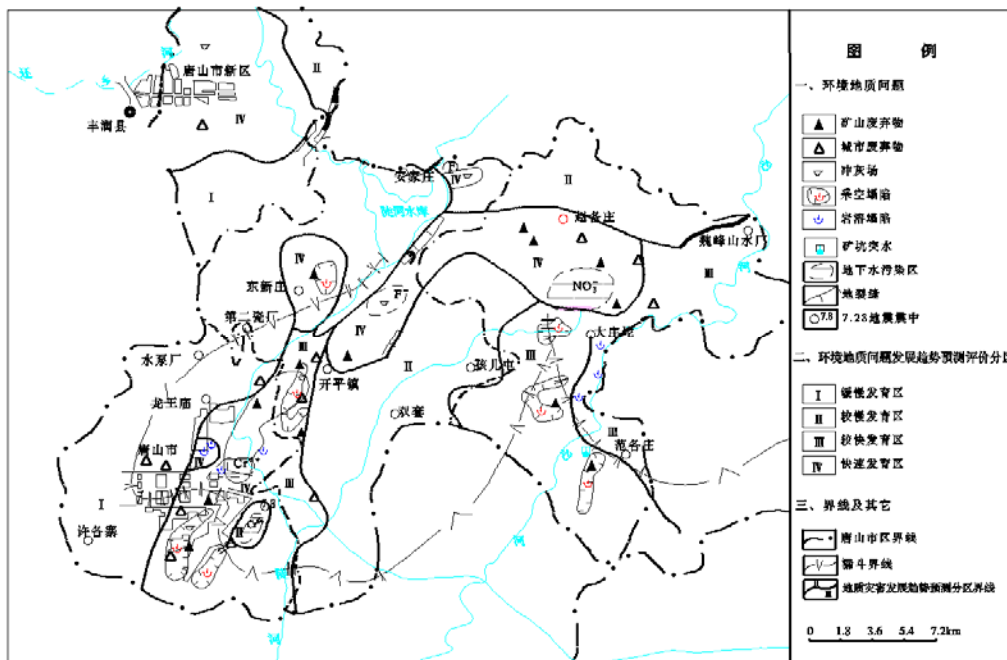


图2 唐山市环境地质问题发展趋势预测图

Fig.2 the forecast of the trend of the geoenvironmental problem

其主要内容为：环境地质问题缓慢发育区要分布于城市的西部，主要是由于近几年唐山市有关部门已经加强了对城市废物的处理，使该区本就不多的城市垃圾得到有效的处理；较慢发育区主要分布于城区的东部大丰谷各庄、罗各庄、夏庄一带，主要是该区的点状污染得到有效治理，而该区的地下水开采量也已经大大减少；较快发育区主要分布于城区和东部的范各庄、吕家坨和魏峰水厂，主要是该区大量的固体废弃物部分已经处理，地下水开采量也在不断的降低，矿山采空塌陷和岩溶塌陷也已经部分进行治理；快速发育区主要分布于城市新区的东北部的赵各庄和唐家庄一带，主要是由于该区目前是唐山市的重点发展区，地下水将大量的开采，地下水下降将加快，而且污染也在不断加重。

5、结论

(1) 通过对唐山市主要环境地质问题的调查，在分析环境地质问题的影响因素、发育特征和其发展趋势的基础上，指标体系由选取土体结构类型、构造分布、地下水水位下降速率、地下水污染、岩溶塌陷、采空塌陷、固体废弃物和地裂缝 8 个指标构成。在将唐山市环境地质问题发育强度划分为四个等级：微弱发育区、轻度发育区、中等发育区和严重发育区的基础上，对各评价指标相应的四级量化取值和标准化处理。采用模糊数学综合评判法对唐山市环境地质问题发育程度进行了评价。结果表明，评价结果与唐山市地质环境态势基本吻合。

(2) 基于模糊数学综合评价结果，将唐山市环境地质问题发育程度划分为四级。其中环境地质问题微弱发育区主要分布在西部和西北部；环境地质问题轻度发育区主要分布在东部的罗各庄、大丰谷庄、夏庄和魏峰山水厂一带；环境地质问题中度发育区主要分布在开平区吕家坨、赵各庄一带，主要环境地质问题是矿山固体废弃物和城市废弃物较多，局部地段有地下水污染和采空塌陷，分布有地下水漏斗；环境地质问题严重发育区主要环境地质问题是地下水严重超采，矿山固体废弃物和城市固体废物较多，局部地段有地下水污染和矿山采空塌陷。

(3) 根据对唐山市主要环境地质问题发展趋势的分析，对唐山市环境地质问题发展趋势进行了预测：环境地质问题缓慢发育区要分布于城市的西部；较慢发育区主要分布于城区的东部大丰谷各庄、罗各庄、夏庄一带；较快发育区主要分布于城区和东部的范各庄、吕家坨和魏峰水厂；快速发育区主要分布于城市新区的东北部的赵各庄和唐家庄一带。

参考文献

- [1] 闫满存, 李华梅, 王光谦. 广东沿海陆地地质环境质量定量评价研究. 工程地质学报, 1004-9665/2000/08(04)-0416-10, 416~425.
- [2] 王景明. 中国地裂缝的分布与成因研究[J]. 工程地质学报, 2000, 8(增刊): 11-16.
- [3] 郇洪强, 刘志刚. 模糊数学综合评判法在区域地质环境质量评价中的应用[J]. 水文地质工程地质, 1995, (6): 44~55.
- [4] 杨和雄. 模糊数学和它的应用[M]. 天津: 天津科学技术出版社, 1993, 147~174.

Investigation and evaluation of the geoenvironment in TangShan City

Abstract: TangShan City is not only a developed economical region of the land along the Sea Bohai in HeBei province, but also the biggest city of heavy industry. It is also a friable geoenvironmental region. In the past few decades, pollution of groundwater, the depression cones of groundwater, ground fissure, mining sink, karstic sink, earthquake, pollution of solid offal, etc. have caused considerable property damage and casualties. Based on the investigation on the main problems of geoenvironment in TangShan and the analysis of the trend, we choose 8 indexes,

which includes configuration types of rock and soil, the distributing of tectonic, pollution of groundwater, declining velocity of groundwater level, mining sink, karstic sink, solid offal, and ground fissure. The geoenvironment quality is classified into 4 classes: feebleness, light, middling, and severity. In the case, the indexes was measured into different classification and managed into standardization, and then a fuzzy mathematic model for multifactor comprehensive assessment was developed. As a result, we have evaluated the develop degree of the geoenvironmental problem, and forecasted the trend of the problem, which offers a scientific basis for the management of the geoenvironment and prevention and cure of geological hazards in TangShan City.

Key words: geoenvironmental problem, fuzzy mathematics, method of multifactor comprehensive assessment