

环境地质

## 临沂市城市地下空间资源地质调查评价研究

杨明<sup>1</sup>,朱成河<sup>1</sup>,郭长胜<sup>1</sup>,杨月<sup>2</sup>

(1.山东省第七地质矿产勘查院,山东临沂 276006;2.临沂市国土资源局,山东临沂 276000)

**摘要:**临沂市城市建设发展迅速,城市面貌日新月异,但高楼密集、交通拥挤等问题也逐渐显现出来,城市建设需要更多的空间,开发利用城市地下空间已是首要解决的问题。临沂市位于沂沭断裂带与临沂单斜、平邑-方城盆地多个地质单元的交会处,断裂构造发育,地震活动强烈,地质条件复杂,城市地下空间开发的影响因素众多,该文从水文及水文地质条件、工程地质条件、环境地质条件、人类工程活动等方面对临沂城市地下空间资源地质环境适宜性进行了分析研究,提出了其主要制约因素为极其发育的活动性断裂的看法,凡是活动性断裂对地下空间开发有影响的区域,均为地下空间资源开发制约区。评价结论对于提高城市发展格局、提高城市空间利用率、指导城市空间开发利用规划具有一定的参考意义。

**关键词:**地下空间;分析研究;临沂市

**中图分类号:**P641.69

**文献标识码:**B

**引文格式:**杨明,朱成河,郭长胜,等.临沂市城市地下空间资源地质调查评价研究[J].山东国土资源,2016,32(3):68-75. Yang Ming, Zhu Chenghe, Guo Changsheng, etc. Geological Survey Evaluation and Study on Underground Space Resource in Linyi City[J]. Shandong Land and Resources, 2016, 32(3): 68-75.

临沂市位于山东省东南部,是鲁东南政治、经济、文化、商贸中心。本着建设“大临沂、新临沂”的发展理念,临沂市城市建设发展迅速,城市面貌日新月异,目前的临沂市已具有“东方小威尼斯”的美誉,是融湖、河、城为一体的山水城市。近年来,临沂市市区范围不断向外扩展,特别是新城区及商业区的建设规划,极大地推动了城市化水平的提高。但在城市的现代化发展中,高楼密集、交通拥挤等问题越来越突出,城市建设需要更多的空间,开发利用城市地下空间已成为临沂城市可持续发展首要解决的问题。

## 1 地质背景

该次研究以临沂市城市发展总体规划(2006—2020)划定的临沂市中心城区范围作为研究区范围,总面积 441.8 km<sup>2</sup>。

临沂城区在地质构造单元上位于苏村凹陷、临沂凸起、平邑凹陷 3 个 V 级地质构造单元的衔接

处<sup>[1]</sup>,地层发育较齐全;沂沭断裂带之郟部-葛沟断裂纵穿研究区,临沂凸起前缘弧形断裂组位于临沂城区中心,断裂构造发育且复杂(图 1)。

### 1.1 地层

临沂城区地层由老到新分布有奥陶系、石炭系、二叠系、白垩系及第四系。奥陶纪马家沟群广泛出露于研究区西南部,兰山城区西部隐伏于第四系之下;石炭-二叠系呈弧形分布于研究区中西部的临沂单斜前缘的弧形断裂带内及罗庄区大部地区;侏罗系长条状断续分布于郟部-葛沟断裂以西;白垩纪八亩地组主要分布于研究区北部断陷盆地及东部的沂沭断裂带内;第四系主要分布于沂河两侧<sup>[2]</sup>。

### 1.2 构造

该区由于处在多个构造单元的交会部位,断裂构造极发育。穿越该区的 NNE 向断裂自东向西主要有:郟部-葛沟断裂、褚家庄-小皇山断裂、顾家园-西高都断裂、冉家屯-八块石断裂、岳家坞-大白衣庄断裂、砚台岭-南沙埠庄断裂等;NW 向断裂主要是

收稿日期:2015-08-14;修订日期:2015-09-15;编辑:王敏

作者简介:杨明(1982—),男,山东郟城人,工程师,从事水文地质与环境地质研究;E-mail:ym0539@139.com

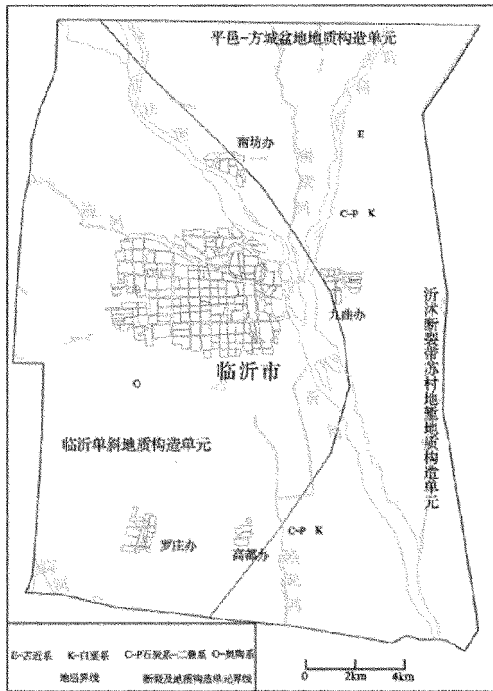


图 1 临沂市城区地质构造单元略图

双庄-柳杭头断裂、洪家甸-冉家屯断裂(汶泗断裂)。两组断裂近直角或大角度斜交,构成多期构造运动形成的网格状体系<sup>①</sup>。

### 1.3 水文地质条件

临沂城区主要位于临沂单斜水文地质单元内,地下水资源丰富,根据地下水赋存条件,研究区可划分为以下 4 个含水岩组:

(1)松散岩类孔隙含水岩组:主要分布于临沂城区的沂河及其支流两岸,含水层为冲积、冲洪积砂砾石层,厚度 3~15 m,地下水埋深 2~5 m,水位年变幅 3 m 左右。一般单井涌水量为 1 000~3 000 m<sup>3</sup>/d,个别地段达 5 000 m<sup>3</sup>/d,水质较好,地下水类型一般为 HCO<sub>3</sub>-Ca 型水,矿化度小于 1g/L。

(2)碎屑岩类裂隙含水岩组:主要分布在城区北部及沂河以东地段,岩性主要为白垩纪、侏罗纪、二叠纪和石炭纪的凝灰岩、砾岩、砂岩、页岩及泥灰岩等,大部分隐伏于第四系之下,裂隙不发育,单井涌水量多小于 100 m<sup>3</sup>/d。

(3)碳酸盐岩类裂隙岩溶含水岩组:主要分布于沂河以西、沭河以南、艾山以东的兰山区城区地段。含水岩组由裂隙岩溶发育的奥陶纪马家沟群灰岩和白云岩、三山子组白云岩、寒武纪炒米店组灰岩等组成。地下水具承压性,多形成富水地段,单井涌水量

一般在 1 000~3 000 m<sup>3</sup>/d 之间,局部以泉的形式排泄,地下水水质较好,多为 HCO<sub>3</sub>-Ca 型水,矿化度小于 0.8g/L。

(4)基岩裂隙含水岩组:主要分布于城区北部的南坊新区及城区东部的河东区大部。含水层为各期岩浆岩及白垩纪八亩地组安山岩、玄武岩等,风化带厚度在 15m 左右,裂隙不发育,富水性较差,单井涌水量一般小于 100 m<sup>3</sup>/d,地下水以 HCO<sub>3</sub>-Ca 型为主,矿化度小于 1.0g/L。

## 2 地质环境评价思路

### 2.1 研究区深度确定

目前,我国各大城市对地下空间的开发尚处于起步阶段,对地下空间类型的划分无统一标准。该次研究深度确定为地面下 0~15 m。主要利用方式为商业、旅游、停车场、步行街、人防工程以及城市水电气通讯等市政管线、共同沟等公共设施。

### 2.2 评价指标体系

城市地下空间资源开发的地质环境评价系统是一个多层次、多因素的复杂系统<sup>[3]</sup>,影响和控制地质环境质量优劣的因素很多,在选取中,结合临沂市城市本身的地质环境条件,按分级、分序、抓主、淡次的原则,采用穷举-剔除法,构建出临沂市城市地下空间资源多层次评价体系(表 1)。

表 1 地质环境质量影响因素分级

A-目标层	B-主题层	C-指标层
临沂市城市地下空间资源开发地质环境适宜性评价	水文及水文地质条件(B <sub>1</sub> )	地下水富水性(C <sub>1</sub> ) 地下水腐蚀性(C <sub>2</sub> ) 地下水位最小埋深(C <sub>3</sub> ) 地表水体(C <sub>4</sub> )
	工程地质条件(B <sub>2</sub> )	断裂构造(C <sub>5</sub> ) 岩土层综合分区(C <sub>6</sub> ) 液化土层(C <sub>7</sub> ) 膨胀土(C <sub>8</sub> )
	环境地质条件(B <sub>3</sub> )	采空塌陷(C <sub>9</sub> ) 岩溶塌陷(C <sub>10</sub> )
	人类工程活动(B <sub>4</sub> )	地面空间地物类型(C <sub>11</sub> ) 已开发地下工程(C <sub>12</sub> )

第一级对地质环境质量的影响:

A=f(B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, B<sub>4</sub>), 第二级依次类推

### 2.3 各指标权重参数的确定

运用层次分析法求评价模型中指标权重的步骤

① 山东省第七地质矿产勘查院,临沂幅区域地质调查报告及地质图说明书,1996 年。

如下:(1)首先形成阶梯层次结构。(2)构造判断矩阵,并求最大特征、特征向量,并进行一致性检验。(3)指标权重总排序,计算同一层次所有元素相对于上一层次的相对重要性的权值,即层次总排序,为模糊综合评判模型的进一步运算做准备。

### 2.4 评价模型

依据上述城市地下空间资源潜力多层次评价指标体系,构建临沂市城市地下空间资源潜力模糊综合评价的因素集  $U$  为:

$U_1 = \{u_{11}, u_{12}, u_{13}, u_{14}\} = \{\text{水文及水文地质条件, 工程地质条件, 环境地质条件, 人类工程活动}\};$

而  $U_{11}$  又包括以下因素:

$U_{11} = \{u_{111}, u_{112}, u_{113}, u_{114}\} = \{\text{地下水富水性, 地下水腐蚀性, 地下水位最小埋深, 地表水体}\};$

其他各主题因素集依次类推,实际上是对影响因素先分大类,然后在同一类中再分小类,这样就反映了影响因素的层次性。

根据临沂市城市地下空间资源各影响因素对地下空间开发潜力的影响,建立评语集合  $V$  如下:

$V = \{v_1, v_2, v_3, v_4\} = \{\text{优, 良, 中, 差}\} = \{\text{I, II, III, IV}\}$

分别表示临沂市城市地下空间资源开发利用适宜性等级。

## 3 地质环境条件分析研究

### 3.1 水文与水文地质条件及其影响分析

#### 3.1.1 地下空间地下水富水性及其影响分析

(1)地下水富水性对地下空间开发利用的影响和控制。地下水富水区可作为城市集中供水水源地,但对地下空间开发利用却有消极的影响。地下水的富集会增加地下空间开发利用难度,从而增加地下空间的开发成本。地下水富水性对地下空间开发的影响主要有:①在地下工程施工过程中,研究区浅部易发生入渗、流土、流沙,影响地下工程施工,甚至造成基坑边坡失稳和基坑周边地面沉降;②研究区碳酸盐岩裂隙岩溶水水量丰富,补给充分,承压水头高,在地下工程施工过程中可能会出现突涌和管涌,影响地下工程基底、围护结构和周边环境,突发危险性的安全事故;③地下水对地下结构产生巨大的浮托作用,有可能引发结构破坏,影响其安全运营。

(2)研究区开发深度内地下水富水性分区。研究区地下空间开发深度内地下水富水性分区如下:①富水性强区:单井涌水量 1 000~3 000 m<sup>3</sup>/d,面积约 165.56 km<sup>2</sup>,主要分布于研究区中部及东北部,主要地下水类型为孔隙水,主要含水层为冲洪积砂砾石层。②富水性中等区:单井涌水量 500~1 000m<sup>3</sup>/d,面积约 75.06 km<sup>2</sup>,主要分布于富水性强区的外围,主要地下水类型为孔隙水和岩溶水,含水层岩性主要为砂砾石层及寒武-奥陶纪灰岩;③富水性弱区:单井涌水量 <500 m<sup>3</sup>/d,面积约 167.22 km<sup>2</sup>,主要分布于富水性中等区的外围、兰山区南坛和河东区沭埠岭一带,主要地下水类型为孔隙水和裂隙水,主要含水层岩性为粉砂、粉土及白垩-石炭纪砂岩和砂砾岩<sup>①</sup>(图 2)。

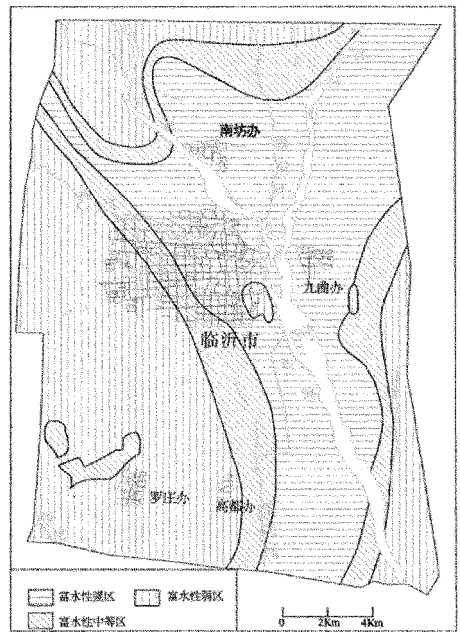


图 2 临沂城区地下水富水性分区图

#### 3.1.2 地下空间地下水腐蚀性及其影响分析

(1)研究区地下空间地下水腐蚀性。研究表明,临沂市的浅层地下水大部分对混凝土结构具有微腐蚀性,个别地方具有弱腐蚀性。主要分布于沂河、陷泥河、南涑河两岸,罗庄区朱张桥村和大芦湖煤矿区。

(2)研究区地下水腐蚀性分区。根据研究区地下空间开发深度内地下水腐蚀性分区评价原则<sup>[4]</sup>,

① 山东省第七地质矿产勘查院,山东省临沂市城市应急供水水源地调查研究报告,2006 年。

腐蚀性划分为微腐蚀性区和弱腐蚀性区。

微腐蚀性区:主要分布在城区中部的大部分地区,对地下空间开发影响较小;

弱腐蚀性区:主要分布在罗庄区南部煤矿开采区,罗庄区八块石、东磊石,兰山区红埠寺、顾家园,河东区张家黑墩等地有小面积分布。

### 3.1.3 地表水体及其影响分析

(1)研究区地表水体分布。临沂城区附近河流有沂河、沭河、涑河、柳青河、南涑河、陷泥河、李公河等。

沂河:为区内主要河流,位于城区中东部,研究区内河流南北长 25 km,宽 0.46~1.54 km。多年平均径流量为 112 m<sup>3</sup>/s,最大径流量为 15 400 m<sup>3</sup>/s (1957年),最小径流量为零(1958年),最大年径流量 62.08 亿 m<sup>3</sup>,最小年径流量 5.513 亿 m<sup>3</sup>。自 1997 年起,在沂河临沂城区段已建立了 6 座橡胶坝,拦蓄了大量地表水,回水总长度 72.3 km,形成 47.11 km<sup>2</sup> 的水面,蓄水总量达 1.53 亿 m<sup>3</sup>。

沭河:沂河西侧的一级支流,位于城区西北角,研究区内河流长 11 km,河床平均宽 1 200 m,入沂口处宽 2 034 m,深 1~2 m。

(2)研究区地表水体影响分区。沂河橡胶坝拦蓄的大量水源对改变当地的生态环境起了很大的作用,能有效地回补临沂城区河段两侧的地下水,但对城区地下空间资源的开发则产生不良影响<sup>[6]</sup>。根据水域、沟渠对地下空间资源开发的影响,将沂河缓冲 50 m、100 m,沭河、柳青河、涑河、陷泥河等河流、沟渠缓冲 30 m、50 m,形成了影响程度不同的若干区。

### 3.1.4 地下水位最小埋深及其影响分析

(1)研究区地下水位动态变化特征。研究区内的兰山区中心城区一带已形成地下水降落漏斗,近年来,漏斗面积在逐渐缩小,漏斗中心地下水埋深一般 8~15 m;外围埋深 2~4 m。

(2)研究区对工程有影响的地下水位最小埋深分区。根据研究区最近几年中丰水年份的地下水埋深资料分析,区内地下水埋深普遍较浅,根据地下水最小埋深分区图,研究区地下水位最小埋深可划分为以下 3 个区:地下水位最小埋深 < 2 m 区域:主要分布于沂河、沭河两侧及其两河中间地段;地下水位最小埋深 2~4 m 区域:主要分布于城区西南,即金一路以南、沂河以西的大部地区,沂河东岸的柳杭头—九曲—王桥一线,小涑河北侧韦家屯一带小面积

分布;地下水位最小埋深 4~8 m 区域:主要分布于兰山区西部的岩溶水开采区,城区东部边界一线的裂隙水分布区。

## 3.2 工程地质条件及其影响分析

### 3.2.1 研究区断裂构造及其影响分析

受沂沭断裂带及 NW 向断裂束的影响,区内主要发育 NNE 向及 NW 向 2 组断裂。

(1)NNE 向断裂:主要为郯部-葛沟断裂及其西侧近 10 条与其平行的 NNE 向断裂组。总体特征分述如下<sup>[6]</sup>:郯部-葛沟断裂:总体走向 15°左右,倾向 SE,倾角 80°左右。NNE 向平行断裂组:该断裂组自东向西依次分布为:沭埠岭-埠前店断裂、褚家庄-小皇山断裂、独树头-葛庄断裂、顾家园-西高都断裂、前七沟-白庄断裂、冉家屯-八块石断裂、岳家坞-大白衣庄断裂、洪家甸-田家洪埠寺断裂、砚台岭-南沙埠庄断裂、花沂庄断裂等,平行展布,NNE 走向,东倾,角度较高。

(2)NW 向断裂:临沂凸起与平邑凹陷连接处发育数条 NW 向断裂,并与 NNE 向断裂组相交。代表性断裂为洪家甸-冉家屯断裂,走向 NW,倾向 NE,为正断层,显示压扭性。

(3)活动断裂:区内的郯部-葛沟断裂、汶泗断裂以及与郯部-葛沟断裂平行的顾家园-西高都断裂,在第四纪都具有明显的活动性,为活动断裂(图 3)。

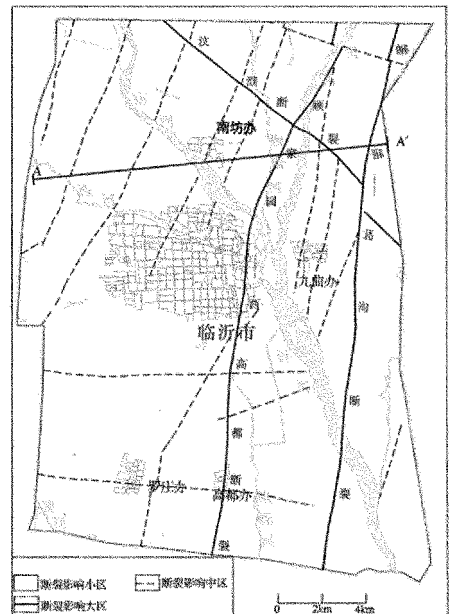


图 3 临沂城区断裂构造带缓冲分区图

### 3.2.2 研究区岩土层综合分区及其影响分析

(1) 各类土体工程地质特征。研究区冲洪积层厚度一般小于 15 m, 多为 6~12 m, 主要土层的工程地质特征如下: 粘土: 黄褐色, 坚硬—硬塑, 天然含水量平均值 31%, 容许承载力平均值 200KPa; 粉质粘土: 黄褐色, 硬塑, 少数软塑, 天然含水量平均值 28%, 容许承载力平均值 240KPa; 粉土: 灰黄色, 软塑—可塑, 厚度一般 0.4~1.2 m。天然含水量平均值 25%, 容许承载力平均值 220~330KPa; 砂层: 可分为砾砂、中粗砂及细砂, 结构松散, 常为流砂层或饱和层, 容许承载力一般小于 150KPa。

(2) 各类岩体工程地质特征。坚硬较坚硬的灰岩岩组: 广泛分布于临沂凸起地质单元内, 岩石坚硬, 岩溶发育, 降低了原岩的强度, 灰岩容许承载力在 1 500~5 000MPa 之间; 坚硬的块状火山岩岩组: 区内大部分隐伏于第四系以下, 岩性为白垩纪八亩地组安山岩、玄武岩等, 岩石坚硬、致密, 力学强度高。但岩石易风化, 使其强度降低, 各层地基承载力特征值: 全风化层 300~500KPa, 强风化层 500~800KPa, 中等风化层 1 000~1 500KPa, 微风化层 2 500~3 000KPa; 坚硬较坚硬的砂岩、页岩夹灰岩岩组: 主要分布在沂河以北, 沂河以东及罗庄煤田分布区。岩性为砂岩、页岩、薄层灰岩夹煤层, 岩石软硬相间, 地基承载力特征值: 200~1 200KPa(图 4)。

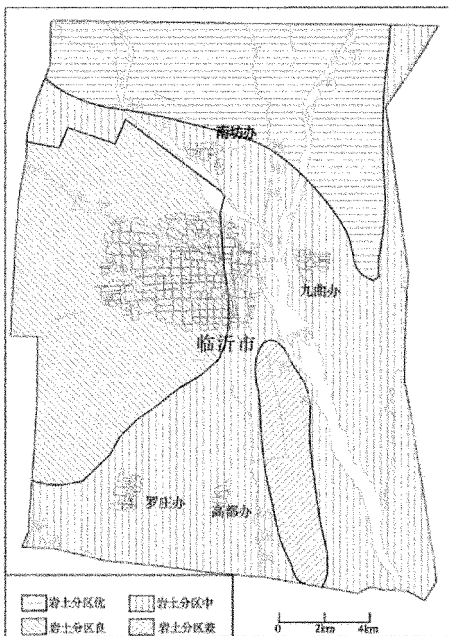


图 4 临沂城区地下岩土层综合分区图

### 3.2.3 研究区液化土及其影响评价

研究区以沂河为界, 西侧地震基本烈度为Ⅷ度, 东侧为Ⅷ度。区内可能发生砂土液化预测区为沂河、沭河两岸约 2 km 范围内, 地下水埋深 1~5 m, 上覆非液化土层多为亚粘土, 厚 0~2 m 不等, 液化层为粉砂—细砂, 厚 1~5 m, 一般烈度Ⅷ度时发生液化<sup>[7]</sup>。

### 3.2.4 研究区膨胀岩土及其影响分析

区内膨胀土分布于三区交界处, 北自顾家园—卢家庄一线, 南至高都—王桥, 西起白庄, 东到研究区边界, 呈一近圆形, 面积约 113 km<sup>2</sup>。膨胀土埋藏深度 1~4 m 不等, 膨胀土厚度 1~3 m。膨胀土主要危害表现为房屋及路面开裂、毁坏等破坏现象。

## 3.3 环境地质条件及其影响分析

### 3.3.1 研究区采空塌陷及其影响分析

区内采空塌陷主要位于罗庄煤矿开采区。高、中易发区: 主要分布于研究区西南部, 涉及受灾对象主要为村庄、农田、公路等; 不易发区: 分布于非煤矿开采区。

### 3.3.2 研究区岩溶塌陷及其影响分析

岩溶塌陷分布在兰山区城区及其西部的岩溶地下水超采漏斗范围内, 多呈点状分布, 并具一地多发性, 规模一般不大, 但破坏性强及影响较大, 尤其是处在兖石铁路两侧及居民小区内的塌陷, 其影响及其危害较大<sup>[8]</sup>。

根据研究区岩溶塌陷分布情况, 共划分为 4 个区: 高易发区: 分布在兖石铁路(全家红埠寺—杜家三岗段)两侧区域、兰山小区—涑河地段、苗庄小区、国棉八厂—陷泥河(后岗头)地段; 中易发区: 分布在临沂城区西部, 与西部地下水降落漏斗范围一致; 低易发区: 分布在中易发区的外围; 不易发区: 研究区内除上述区域以外的区域(图 5)。

## 3.4 人类工程活动及其影响分析

### 3.4.1 地面空间地物类型及其影响分析

研究区地面空间重要地物类型包括高层建筑、立交桥、历史保护建筑、主干道、铁路和电厂。其位置分布如下: 高层建筑: 主要位于三区沿河两岸及南坊新区、临沂高新开发区、临沂经济开发区; 立交桥: 研究区内立交桥有两处, 沂州立交: 位于蒙山大道与陶然路交会处; 双岭路立交桥: 位于双岭路与西外环交会处; 历史保护建筑、景点: 主要有王羲之故居、汉

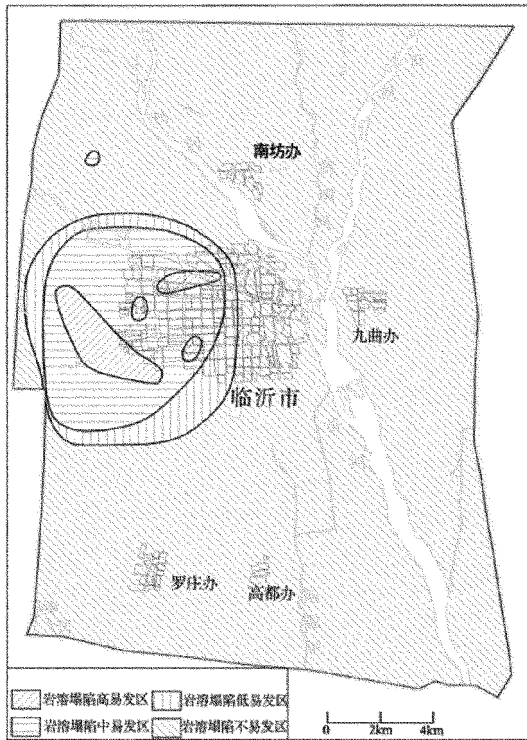


图 5 临沂城区岩溶塌陷分区图

墓竹筒博物馆、宝泉寺、华东革命烈士陵园等；铁路：研究区内主要铁路为兖石铁路，位于城区中部；机场：临沂机场为国家二级机场。

### 3.4.2 地下空间开发利用现状及其影响分析

(1) 研究区地下空间开发利用现状。研究区已开发利用的地下空间主要包括高层建筑地下室、人防工程、地下交通设施、地下市政管线及设施、隧道等。

(2) 已开发地下工程评价分区。研究区已开发地下工程可分为地下管线、高层建筑地下室与隧道、其他三类。

## 4 临沂市地下空间资源评价

该次研究工作是在对研究区地质环境条件分析研究的基础上，根据层次分析法确定各指标体系的权重，采用模糊数学的评价方法确定各因子的隶属度，将各个因子按照科学性与可操作性的原则进行单因子图的编制，然后对 12 个因子图进行叠加运算，得到整体综合评价图。据此对地下空间开发利用适宜性进行综合评价，将研究区划分为地下空间资源开发适宜性优、良、中等、差 4 个质量区<sup>[9]</sup>。

优区：主要分布在研究区北部、西南部及东部地

区。该区第四系厚度较薄，大部基岩裸露，岩土层以粘土、碎石土、白垩纪安山岩、奥陶纪灰岩、石炭—二叠纪砂页岩为主，岩石稳定性及工程力学性质好；该区富水性较弱，地下水无腐蚀性，地表水体影响小，地下水位埋深不大；地表及地下人类活动已开发地下工程的影响较小。

良区：主要分布在南坊新区及兰山区东部。该区岩土层以粘土、粉质粘土、白垩纪安山岩、奥陶纪灰岩为主，岩石稳定性及工程力学性质较好；第四系厚度一般 5~10 m，柳青河两岸及银雀山一带，第四系厚度小于 5m；该区工程地质条件较简单，整体稳定性较好，无软土分布；富水性中等或弱，局部为强富水区，地表水体影响小，水位埋深相对较小；该区局部分布砂土液化轻微区及岩溶塌陷低易发区，兰山城区东南部有小面积的膨胀土分布，该区高层建筑及地下室较多，规划时应避开。

中等区：主要分布于研究区中西部的兰山城区岩溶塌陷区、西南部的罗庄煤矿采空塌陷区、兖石铁路沿线以及一般断层两侧影响区。该区富水性中等、基本不受地表水体影响；顾家园—西高都断裂及 NNE 向断裂组的缓冲带大部分经过该区；该区土体厚度较大，以砂土、粉土、粉质粘土为主，下伏岩溶较发育的灰岩及稳定性较差的煤系地层，工程地质条件较复杂；区内分布采空塌陷中等易发区、岩溶塌陷中等易发区。

差区：主要分布在研究区中部，沂河两岸及沭河与柳青河交会处，西部兰山城区三岗、宋王庄、苗庄一带的岩溶塌陷区，南部煤矿开采区以及活动断裂两侧，已建高层建筑、防空设施和历史保护建筑等也列入了此区。该区工程地质条件复杂，沂河两岸岩土层以砂土、粉土、粉质粘土为主，厚度大，研究区中部及西部存在膨胀土及岩溶发育灰岩分布区，岩石整体稳定性差；区内存在严重—中等砂土液化区，主要位于沂河两侧；富水性强—极强，受地表水体（如沂河橡胶坝蓄水）影响大，最小地下水位埋深大部小于 5 m；活动性断裂发育，郟郟—葛沟断裂与汶泗断裂交会处位于该区，NNE 向断裂组经过该区；存在岩溶塌陷与采空塌陷高易发区；局部有已建地上高层建筑或地下工程，沭河入口处有已建成的河下隧道（图 6）。

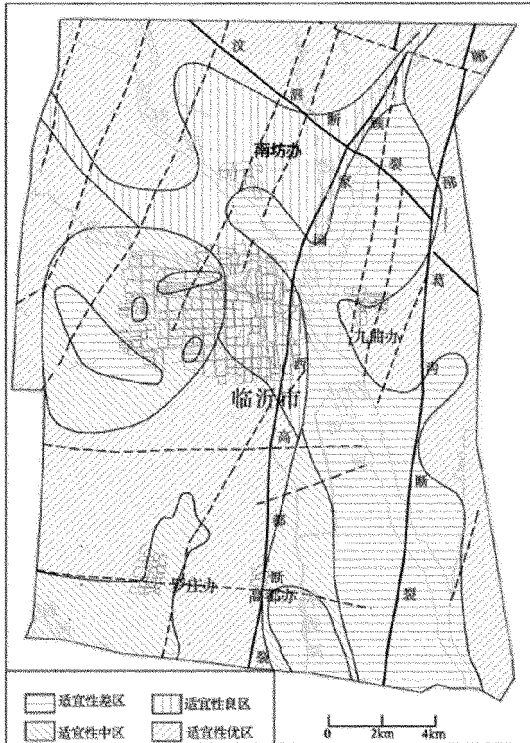


图 6 临沂市地下空间资源开发地质环境适宜性分区图

## 5 地质调查评价分析对比

综合各方面因素分析,地下空间是人类的一个发展方向。目前,国内、外对地下空间资源都有不同程度的开发利用,国内部分城市已开展了地下空间资源地质调查评价工作,重点评价研究城市地质环境对地下空间资源开发利用的适宜性,为地下空间资源开发利用提供地质依据。

### (1) 国外地下空间资源地质调查评价现状

国外文献检索表明,国外发达国家已从各城市地下空间规划专项入手,逐步形成系统、科学的规划,其中以地铁规划和市政基础设施规划最为突出,一些地下空间利用较早和较为充分的国家,如北欧洲的芬兰、瑞典、挪威和日本、加拿大等,已经逐步将城市具体区域的地质条件研究成果运用于城市地下项目的详细规划,日本已开始研究大深度地下空间开发与地质环境的关系,为新一轮的城市再开发和大深度(地下 50~100 m)地下空间的再开发做准备。

### (2) 国内地下空间资源地质调查评价现状

近年来,众多地质工作者对我国地下空间资源的开发利用做了许多地质调查评价和科研工作,如

对北京市分析了地下工程的地质环境适宜性,并由此提出了几种具有代表性的适合北京发展的地下空间开发利用模式;运用立体效果方式对上海市地层结构进行了详细阐述,并分析了在地下空间资源开发利用过程中可能遇到的主要地质环境问题;研究了南京市地质环境与地下工程施工之间的相互影响。我国目前许多大中城市已进行了详细的地下空间利用规划并开始实施,对比国外地下空间资源研究程度,差距不大。

### (3) 省内地下空间资源地质调查评价现状

山东省各主要城市的地下空间资源调查评价研究工作已逐步开展,济南、青岛、德州、泰安、临沂等市相继开展了地下空间资源调查评价研究工作,从水文及水文地质条件、工程地质条件、地质环境条件、人类工程活动等方面对其城市地下空间资源地质环境适宜性进行了分析研究,提出了其主要制约因素。由于各市所处地质环境条件的不同,其制约因素各异,导致各市地下空间开发利用过程中形成了各自独有的特色。如济南市向以“泉城”而著称,地下空间资源的开发利用需以不破坏泉水资源为前提,根据地下空间开发与泉水保护的影响关系,凡是地下空间开发对泉水有影响的区域,均为地下空间资源开发制约区;德州市最主要的地质环境问题为长期过量集中开采深层地下水引发的地面沉降,市区沉降中心的最大沉降量已近 1 m,直接影响着城市地下空间的建设,因此其地下空间资源开发应着重考虑地面沉降等影响因素;临沂市城区处在沂沭断裂带与汶泗断裂交会处,为地震活动强烈区,根据地下空间开发与断裂构造的影响关系,其主要制约因素为极其发育的活动性断裂,即凡是活动性断裂对地下空间开发有影响的区域,均为地下空间资源开发制约区。

### (4) 分析对比

从上述分析可知,省内主要城市对地下空间开发利用的研究已形成了清晰的评价思路,对影响地下空间开发利用的地质环境条件研究给予了重视,但尚未把地质环境适宜性研究成果全面应用于地下空间的规划与建设,与省外、国外对比,地下空间资源的地质调查研究还是有一定的差距;因各城市所处地质环境条件的不同,其主要制约因素也因地而异,不同城市的地下空间资源地质调查研究工作没有统一的格式,应结合实际地质环境条件,因地制

宜,突出重点。

## 6 结 语

(1)研究区为临沂市中心城区范围,边界至外环路,面积441.8km<sup>2</sup>,地下空间评价深度为0~15m。

(2)评价思路是以城市地下空间资源开发地质环境适宜性评价为目标层,选取主要影响因素为第一级(主题层),将各因素中的若干影响因子作为第二级(指标层),基于层次分析法构建了城市地下空间资源开发利用地质环境适宜性评价的层次结构模型,并研究确定了各层次影响因素的重要性,最后采用模糊数学的评价方法,确定各因子的隶属度,对地下空间开发利用适宜性进行综合评价。

(3)城区地下空间开发利用的地质环境影响因素主要为断裂构造、采空地面塌陷、岩溶地面塌陷、地表水体、地下水富水性、岩土层等。其中以活动性断裂为主要制约因素,根据地下空间开发与断裂构造的影响关系,凡是活动性断裂对地下空间开发有影响的区域,均为地下空间资源开发制约区。

(4)根据地下空间开发利用适宜性综合评价结

果,将研究区划分为4个质量区,地下空间开发适宜性优区面积166.27 km<sup>2</sup>,良区面积61.36 km<sup>2</sup>,中等区面积71.62 km<sup>2</sup>,差区面积142.55 km<sup>2</sup>。

## 参 考 文 献:

- [1] 张增奇,张成基,王世进,等.山东省地层侵入岩构造单元划分对比意见[J].山东国土资源,2014,30(3):1-7.
- [2] 张增奇,刘书才,杜圣贤,等.山东省地层划分对比厘定意见[J].山东国土资源,2011,27(9):1-9.
- [3] 焦玉国.泰安市城区地下空间开发与环境地质影响关系分析[J].山东国土资源,2014,30(12):59-62.
- [4] 许真,何江涛,马文洁,等.地下水质量指标分类综合评价方法研究[J].水文地质工程地质,2014,(6):6-12.
- [5] 刘传琨,胡玥,刘杰,等.基于温度信息的地表—地下水交互机制研究进展[J].水文地质工程地质,2014,(5):5-10.
- [6] 胡思颐.从沂沭断裂带内部结构认识郯-庐断裂[J].山东地质情报,1981,(1):1-11.
- [7] 刘海军;赵建军;祝正南,等.考虑地震力作用方向的危岩稳定性研究[J].水文地质工程地质,2015,(2):61-65.
- [8] 高峰,徐希强.山东省地质灾害易发程度分区评价[J].山东国土资源,2014,30(9):58-62.
- [9] 徐军祥,秦品瑞,徐秋晓,等.济南市地下空间资源开发地质环境适宜性评价[J].山东国土资源,2012,28(8):14-17.

## Geological Survey Evaluation and Study on Underground Space Resource in Linyi City

YANG Ming<sup>1</sup>, ZHU Chenghe<sup>1</sup>, GUO Changsheng<sup>1</sup>, YANG Yue<sup>2</sup>

(1.No.7 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources, Shandong Linyi 276006, China;2. Linyi Bureau of Land and Resources, Shandong Linyi 276000, China)

**Abstract:** Accompanying with rapid development of city construction, Linyi city has changed rapidly. But the problems about the dense buildings and traffic congestion have gradually emerged, city construction needs more space, development and utilization of city underground space is the primary problem to solve. Linyi city is located in the intersection of multiple geological unit, among the Yishu fault zone, Linyi monoclinic and Pingyi—Fangcheng basin, with developed faulted structures, strong seismic activities and complex geological conditions. Many factors influence the development of underground space. In this paper, from the aspects of hydrological and hydrogeological condition, engineering geological conditions, geological conditions, human engineering activities, geological environment of underground space resource in Linyi city has been analyzed and studied. It is regarded that main restriction factor is the extremely developed active faults. All active faults which influenced the development of underground space in the area are the restricted areas to develop the underground space resource. The conclusion has certain reference significance to improve the development pattern, increase the space utilization ratio, guide the development and utilization of the city space.

**Key words:** Underground space; analysis; Linyi city