

# 肥城煤田地质构造特征及其对底板突水影响

张国苓<sup>1,2</sup>, 魏久传<sup>1</sup>, 尹会永<sup>1</sup>

(1. 山东科技大学 地球信息科学与工程学院, 山东 青岛 266510; 2. 中国地震局 地质研究所, 北京 100029)

**摘 要:**在系统搜集肥城矿区勘探、生产资料的基础上,分析了肥城煤田的地质构造形态特征和分布规律,褶皱和断层的关系。结合肥城各矿的突水实例,分析了各种地质构造与底板突水的关系,发现构造条件影响甚至控制了矿区的开采地质条件,构造预测对矿井安全高效的生产具有重要意义。

**关键词:**肥城煤田;构造特征;突水机理

中图分类号:TD163.1

文献标志码:A

文章编号:1672-3767(2008)01-0014-05

## Study on Geological Tectonic Features in Feicheng Coalfield and Its Impact to Floor Water Inrush

ZHANG Guo-ling<sup>1,2</sup>, WEI Jiu-chuan<sup>1</sup>, YIN Hui-yong<sup>1</sup>

(1. College of Geo-info Sci. and Eng., SUST, Qindao, Shandong 266510, China;

2. Institute of Geology, China Earthquake Administration, Beijing 100029, China)

**Abstract:**Based on the data come from exploration and mining periods, the paper analyzes the geological tectonic features and their development and distribution rules in Feicheng Coalfield, and the relationship between folds and faults. Based on the real examples of water inrush in Feicheng Coalfield, the paper analyzes the relationship between water inrush and geological structures. Geological tectonic conditions not only influence but also control the mining geological conditions in the mining area. So the accurate forecast of structures is very important for the safe and efficient coal production of the Feicheng Coalfield.

**Key words:**Feicheng Coalfield; structural feature; mechanism of water inrush

地质构造对煤层底板突水的影响很大,尤其是断层。在肥城矿区,仅断层引发的突水就占 73.3%。近年来,很多专家对肥城矿区地质构造做了大量工作:1992 年,吕鹏菊、魏久传等发现了肥城煤田的滑动构造<sup>[1]</sup>;1998 年施龙青、高延法等研究了肥城煤田滑动构造在矿井水害中的作用<sup>[2]</sup>;1999 年,王乃堂总结了肥城煤田岩溶陷落柱发育规律及开采前预测<sup>[3]</sup>,阐述了地质构造对煤田开采的重要性;2005 年,王则才等分析了肥城煤田断层的突水特征,提出了断层突水的防治方法<sup>[4]</sup>。本文系统地分析了肥城煤田的构造发育规律、构造之间的关系、构造与煤层底板突水的关系,为开展地质预测预报奠定一定的基础。

## 1 煤田概述

肥城煤田地质构造复杂,断裂构造十分发育,煤田内发育落差大于 20 m 的断层 75 条,落差 5~20 m 的断层 220 条,褶曲 16 个,陷落柱 11 个,火成岩墙 5 条。由于构造发育,对含煤地层切割严重,破坏了岩层的完整性,为突水提供了通道。

肥城煤田水文地质条件极为复杂,是全国知名的大水矿区之一。随着开采不断延深,煤层开采受五灰水和奥灰水威胁,治理难度大,矿井威胁严重。自 1965 年开采下组煤以来,已发生各类水害事故 299 余次,出水量大于 60 m<sup>3</sup>/h 的 154 次,出水量大于 600 m<sup>3</sup>/h 的有 22 次。其中 1993 年 1 月 5 日,国家庄矿 - 210 m 水平北大巷施工过程中遇到隐伏断

收稿日期:2007-06-27

基金项目:山东省中青年科学家科研奖励基金项目(2004BS08004)

作者简介:张国苓(1986—),女,山东潍坊人,硕士研究生,主要从事构造地质学和岩石物理的研究。

层发生的底板奥灰突水,最大水量  $32\,970\text{ m}^3/\text{h}$ ,是肥城煤田最大的一次突水事故,经济损失达  $11\,017.9$  万元。

肥城矿区各矿井突水灾害的发生与构造关系密切,大多与断层有关,以往突水情况中  $73.3\%$  都是断层突水,非断层突水只占  $26.7\%$ 。此外,褶皱和陷落柱等也对底板突水有重要影响。

## 2 煤田地质构造特征

### 2.1 煤田构造形态与构造格架

肥城煤田在区域构造上属于泰山断块凸起的西南,在肥城断陷盆地内,总体上是一个走向近 EW、倾向 N 的单斜断块构造。煤田的西、北和东面边界是 4 条相互交切的断裂,它们连起来呈折线状,近似

“M”型(图 1),南部边界为煤系露头及奥陶系。煤田外围的断裂和煤田北界的断裂联合作用,使煤田在南北方向上呈“楔形”。

构造以断裂为主,褶皱不发育。断裂主要有 NW、NE、NNE 和 NEE 向 4 组。其中: NW 和 NEE 或 NE 向断裂为同期形成的 2 组共轭断裂,形成较早; NNE 向断裂形成较晚,切割其他方向的断裂。这几组断裂彼此交错,组成网格状的构造格架,将煤田切割成许多大小不等、形态不一的块体。NW 向断裂在煤田东部比较发育, NEE 向断裂在中部比较发育, NE 和 NNE 向断裂则主要发育在煤田西部。区内断裂绝大部分表现为高角度正断层,因此在剖面上,煤田多地垒、地堑构造。煤田局部地段发育褶曲、火成岩墙、陷落柱等构造。

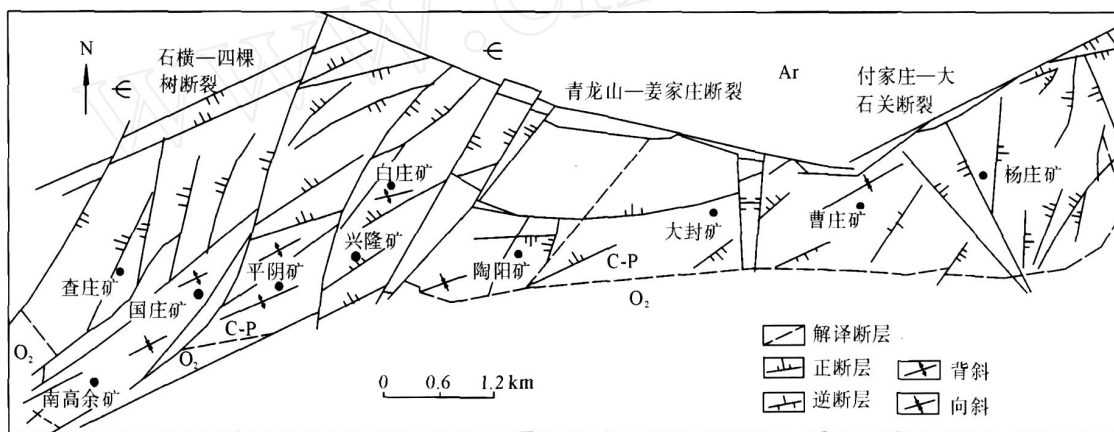


图 1 肥城煤田构造纲要图

Fig. 1 The main geological tectonic features in Feicheng Coalfield

### 2.2 煤田构造的发育规律

#### 2.2.1 褶皱的发育规律

区内以断裂构造为主,但局部发育小而宽缓的褶曲构造,大多数由大断层的牵引作用而形成,并为大断层所控制,多以单个向斜形式出现,个别出现褶皱叠加形成“马鞍型”构造<sup>[5]</sup>。褶皱在煤田两翼特别是西翼较为发育,而且往往伴有小断层或密集节理产生。褶皱轴向多为 NE 向,个别呈 NWW 向或近 SE 向,从构造发育形态上看,多为宽缓、短轴、倾伏的性质。

1) 在平面上,多发育于西区及东区,尤其是西区浅部。除五里垢向斜、杨庄背斜及曹庄向斜外,其他褶皱均发育于西区,且大部分在浅部。在陶阳矿浅部尚见有规模极小的两向夹一背构造。

2) 与断裂相伴生。东区的曹庄向斜轴向与付家庄—大石关断裂平行,为其牵引产物。西部的 NE

向褶皱轴向与 NE 向断裂以小角度相交,其排列形式为雁列式,为断裂扭性活动派生的邻断层褶皱。

#### 2.2.2 断裂的发育规律

肥城煤田为一石炭二叠系全隐蔽煤田,断层多为高角度正断层性质,只有少数中、小型断层为低角度正断层或逆断层。煤田断裂的展布规律有方向性、等距性、分区性、分层性、共轭性、伴生性等。

##### 1) 方向性

大中断层走向明显。断裂主要有 4 组: NE、NNE、NW 和 NEE 向。

NW 向断裂: 在煤田内分布普遍,规模大小不一,大断裂控制了煤系的赋存状态,成为煤田的天然边界。此组断裂在煤田东部最为发育,走向基本稳定,变化于  $310^\circ \sim 330^\circ$  之间,均为高角度正断性质。

NEE 向断裂: 此组断裂在煤田中部比较发育。走向上延伸不甚稳定,局部转为北东及近东西

向,多数为高角度正断层,少量为缓倾角断层。

NE 向断裂:此组断裂在煤田内发育程度仅次于北北东向断裂,规模有大有小,数量较多。走向基本稳定,变化于  $40^{\circ} \sim 60^{\circ}$  之间,一般为高角度正断层,仅在曹庄见有少量中、小型低角度正、逆断层。大断裂仅见于西区,中、东区发现较多中、小型断裂。

NNE 向断裂:在煤田内最为发育,沿走向延伸稳定,变化于  $5^{\circ} \sim 25^{\circ}$  之间,少数呈弧形弯曲,局部转变为北东东或近南北向,多切穿南北边界断裂延伸。西区最为发育,表现为控制性断裂,可作为煤田井田及采区的边界;中、东区相对较差,多表现为中、小型断裂。本组断裂形成时间晚,切割所有其他方向的断裂。

#### 2) 分层性

小断层在垂向上具有明显的垂直分层性,一般规律:上部山西组的 1 煤—4 煤小断层密度小,为  $200 \sim 350$  条/ $\text{km}^2$ ;中部太原组的 5 煤—7 煤小断层密度最大,为  $500 \sim 1\,000$  条/ $\text{km}^2$ ;下部太原组的 8 煤—10 煤小断层密度中等,为  $400 \sim 500$  条/ $\text{km}^2$ 。即在纵向上具有上部和下部煤层小断层密度相对较小,而中部煤层小断层密度相对较大的特点。

#### 3) 等距性

小构造存在局部等距性,在东区和西区表现比较明显。

东区内控制性断裂为 NW 至 NNW 展布,自西而东有 F16、F17、F30、F23、F37、F35 及鱼池—安子沟断裂,控制性断裂等距性明显,间距  $2 \sim 3$  km,断裂成组出现。

西区控制性断裂主要有 3 组:NNE、NE 及 NEE 向。NNE 和 NE 向断裂数量较多,各自等距平行分布,NNE 向断裂约每隔  $1.5$  km 出现 1 条,NE 向间隔约  $2$  km,NE 向及 NEE 向断裂均被 NNE 向切割。3 组断裂将西部切割为一系列大小不等、凹凸相间的菱形块体。

#### 4) 共轭性

从平面上看,东部和西部边界断层 NW 和 NE 向 2 组最主要的断裂,即石横—四棵断裂和鱼池—安子沟断裂,同一时期形成,组成“X”型断裂体系,从而奠定了肥城煤田的基本构造格架。

#### 5) 伴生性

煤田伴生小断层发育。东区的 F35 断裂带和鱼池—安子沟断裂带为 NW 向大断裂,均为高角度正断层,多向 SW 倾斜,倾角都为  $60^{\circ}$  以上,落差自 E 而 W 递减。

#### 6) 分区性

构造在平面上具有明显的分区性。根据煤田内断裂和褶皱等构造发育特点可将本煤田划分为东区、中区和西区 3 个构造单元。

东区:范围东起边界断裂(鱼池—安子沟断裂)西到大封矿 F16 断层,北为北界断裂(付家庄—大石关断裂),南到煤层露头,包括五里垢矿、杨庄矿、曹庄矿和大封矿东部。该区总的构造形态为 2 个不完整鞍形构造夹 1 个短轴向斜。区内控制性断裂均为 NW 至 NNW 展布,自西而东有 F16、F17、F30、F23、F37、F35 及鱼池—安子沟断裂,断裂走向变化于  $NW 330^{\circ} \sim 355^{\circ}$  之间,形成三堑夹两垒的构造格局。

中区:东自 F16 断层,西至 F22 断层,包括大封矿大部分及陶阳矿大部分。本区总的构造形态为一单斜构造,地层走向 NEE,倾向 N,倾角  $3^{\circ} \sim 14^{\circ}$ ,浅缓深陡。区内构造简单,控制性断层呈 NEE 向展布,主要有 F40、F39、F4 3 条断裂组成的断裂带,发育于本区中部。区内断层性质一般为正断层,逆断层极少,只有陶阳矿 F10、F3 断层为逆断层,数量明显少于东区。区内发育两组辉绿岩脉,其展布方向为近 SN 向和近 EW 向。

西区:东起 F22 断层,西到 F5,北界为石横—四棵断裂及青龙山—姜家庄断裂,南界为 F4 断层和煤层露头,包括白庄矿、查庄矿、南高余矿、国庄矿、兴隆矿、平阴矿、隆庄矿及马坊矿。本区和中区、东区相比,构造最为复杂,大、中、小型断裂极为发育,与断层相伴生的小褶皱发育。本区控制性断裂主要有 NNE、NE 及 NEE 向 3 组,NNE 和 NE 向断裂数量较多,各自等距平行分布,大断裂一般都发育分支断层,组成较大的断裂带,断裂倾斜角都在  $60^{\circ}$  以上,均为高角度正断层,落差多数向深部增大,许多断裂向深部分叉,如 F21、F22、F7、F5 等。本区褶皱较为发育,多分布在浅部,轴向  $NE60^{\circ}$ ,与 NE 向断层近于平行或小角度相交,被 NNE 向断裂切割,其排列形式有平行式或雁列式,具有短轴倾伏的特点。深部进北界断裂处发育有短轴倾伏褶皱,为断裂派生产物。

#### 2.2.3 岩溶陷落柱发育规律

到目前为止,肥城煤田共揭露 11 个陷落柱,其中杨庄井田 9 个,曹庄和平阴井田各 1 个,大多数陷落柱充填比较密实,不导水。

##### 1) 陷落柱的形态特征<sup>[6]</sup>

陷落柱平面多呈椭圆形或近圆形,长轴  $30 \sim$

120 m,短轴 12~45 m,面积 320~4 900 m<sup>2</sup>;

陷落柱呈上小下大的柱状,其柱面与水平面夹角 75°~80°,中心轴多与岩层面垂直,呈斜歪状;

小型陷落柱从煤系基底奥灰塌落至上覆石炭系太原群四灰以下,高度不大于 50 m,较大型的陷落柱则塌陷至煤系顶部二叠系基岩面,高 370 m 左右。

## 2) 岩溶陷落柱发育规律

在已发现的 11 处岩溶陷落柱中,有 9 处分布在东端,发育密度达 0.73 处/km<sup>2</sup>,2 处在煤田西部,发育密度仅 0.2 处/km<sup>2</sup>,表现出明显的分区性。

与断裂构造具共生性:煤田东端的陷落柱均依附断裂构造发育,特别是在断裂构造密集交叉地带陷落柱更为发育。西部平阴煤田内的陷落柱靠近一条 NE 向斜轴,国庄井田内的陷落柱处于 CF3 断层的下盘,这些断层均为正断层。井下巷道揭露发现,大部分正断层具有明显的多期活动形成的擦痕、阶步等构造痕迹,断层面具张性特征。断裂构造使奥灰断开,破碎,为地下水提供了较好的存储和迳流通道,为陷落柱的形成准备了条件。

## 2.3 断裂与褶皱关系分析

肥城煤田褶皱与断层关系密切,为断裂牵引或派生产物。由于多期的构造活动,早期形成的断层和褶皱又被晚期形成的 NNE 向的断层切割,造成了该区构造的复杂性。

东区的曹庄向斜轴向与付家庄—大石关断裂平行,为其牵引产物,它是随着肥城煤田断陷盆地的形成而形成的。西部的 NE 向褶皱轴向与 NE 向断裂以小角度相交,其排列形式为雁列式,为断裂扭性活动派生的邻断层褶皱。矿区早期的断层和褶皱被晚期形成的断层切割,主要在矿区的西部,NE 向的断层和褶皱被 NNE 向断层切割。

## 3 煤田构造对煤层底板突水的影响

地质构造,尤其断层是造成底板突水的主要原因之一。构造结构面是承压水从煤层底板突水的薄弱面,它导致工作面内不连续面的存在,破坏了岩体本身的完整性,所以易形成导水通道。特别是当这些结构面与工作面边缘煤柱内的剪切破坏带相连接或相重叠时,它对底板突水起着控制作用。

### 3.1 断裂构造对突水的影响

断裂构造突水在煤层底板突水中,占大多数。断层突水可分为两种基本类型:一是掘进沟通断层型突水;二是回采影响断层型突水<sup>[7-8]</sup>。

### 1) 掘进沟通断层型突水

掘进沟通断层型突水,指在掘进巷道(石门、运输大巷、回风巷、煤切眼等)过程中,遇到断层时发生的突水。不受矿山压力的影响或影响极小是这种突水类型的主要特征。由于掘进沟通断层型突水主要取决于人为因素,与矿山压力无关,或联系甚微,因此其突水机理很简单,就是人为地揭露或沟通导水断层。

杨庄煤矿在回采 8717 工作面过程中,于 2001 年 7 月 24 日突水,突水最大水量为 105 m<sup>3</sup>/h。出水点位于落差 2.5 m 和 2.7 m 两条断层附近,正好在 0.15 m 附近断层尖灭处。因断层的影响,隔水层底板破碎,裂隙发育,形成了自然突水通道。

### 2) 回采影响断层型突水

断层原先为非导水断层,受到矿山压力影响后转化为导水断层,从而引发采场突水。矿山压力对这种断层的突水有重要的控制作用,这是这种突水类型的重要特征。此种断层本身不导水,由于采动影响,断裂带在扩展,断层周围伴生小断层发育,导致岩石的完整性受到破坏,隔水能力降低,尤其是奥灰富水性强的部位,奥灰水会在高水头压力下对裂隙溶蚀,扩大孔径,成为突水通道而造成突水。

杨庄矿 9101 上采煤工作面 1985 年 5 月 27 日发生突水,突水点位置在上回风巷预留断层煤柱的探巷与断层接口处,标高 -32 m。此时,该探巷已掘出 4 个月,其间未发生突水迹象,也未进行预防突水的处理。突水水压 0.85 MPa,初始水量约 600 m<sup>3</sup>/h,16 h 后水量猛增到 4 409 m<sup>3</sup>/h,瞬时使下组煤涌水量达 5 273 m<sup>3</sup>/h,大大超出了排水能力,最终矿井全部淹没。

这是一起典型的回采影响断层型突水案例。断层原先不导水,造成该断层导水的根本原因是矿山压力的作用。矿山压力长期的集中与变化,造成了断层带裂隙扩展、闭合、松动、张开等一系列力学变化,从而使原先不导水的断层逐渐形成突水通道。

### 3.2 褶皱对底板突水的影响

褶皱尤其是其轴部,其物理性能低劣、易变、易于发生变性破坏与失稳,节理裂隙比较发育,经承压水的楔入而形成强渗通道。岩石在受力弯曲时,由于它的成层性,使得它的各部分受力状况各不相同,褶皱发育早期,向斜核部岩层底面或背斜核部岩层的顶面为引张区,产生垂直于枢纽的张应力,易于形成一对斜向节理和平行于枢纽走向的、楔形的追踪“X”节理的纵张节理;在向斜核部的岩层的顶面为

挤压区,出现局部垂直于枢纽的挤压应力,易于形成一对向斜共轭节理和追踪“X”节理的垂直枢纽走向的锯齿状的横张节理。这些节理相互垂直,成网状破坏岩层,加之采动破坏,节理活化,沟通含水层与采空区,极易造成矿井出水。

原南高余矿在开采 7 煤时发生突水,出水点集中于向斜轴部,在远离向斜轴部的西二采区四灰水却较易疏干,如图 2 所示。

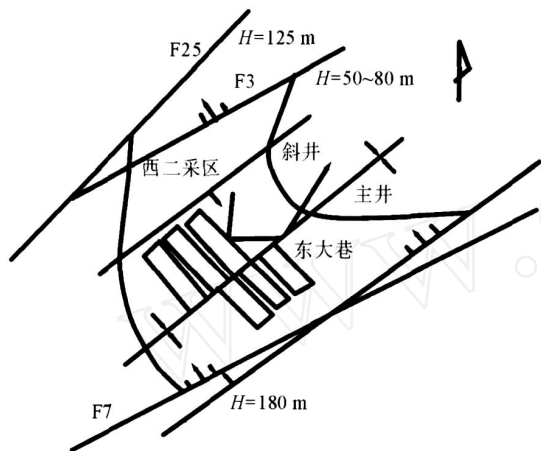


图 2 南高余矿 7 层出水点分布示意图

Fig. 2 Sketch of distribution of water inrush points in the 7<sup>th</sup> Seam of Nangaoyu Coalmine

### 3.3 陷落柱对底板突水的影响

煤田东部古生代末或中生代时期形成的陷落柱,由于其规模较大,塌落至煤层顶部基岩面,柱体被压实,一般不导水或弱导水;而发育在煤田西部的陷落柱,由于形成年代较晚,柱体没被填实,往往与地下水强径流带相通,导水性强,是威胁煤矿安全生产的一大隐患。在地下水丰富的矿区,充填不实的陷落柱若与含水层强径流带联通,当工作面直接揭露或接近时,极有可能造成突水甚至淹井事故。

国庄井田 - 210 m 沿太原组 7 煤掘进时,1993 年 1 月 5 日发生了 32 970 m<sup>3</sup>/h 的特大型奥灰水突出淹井事故。巷道位于 GF3 断层的上盘,该巷道迎头 24 m 范围内连续揭露 3.5 m、1.0 m、2.2 m 的 3 条小断层。掘进时,断层处突然出水,仅 6 h 就淹没了矿井,并殃及相邻的矿井。堵水钻孔钻至 CF3 断层并不漏水,也注不进浆液,表明此断层不是导水通道。矿井恢复后,清理出突水冲出的砂、石块(最大直径 0.8 m)、煤系地层塌落物达 15 000 m<sup>3</sup>。分析出水原因是巷道接近被小断层沟通的并与地下水强径流带联通的隐伏的陷落柱出水。

## 4 结论

通过对肥城煤田构造地质资料及构造特征的分析,得出如下结论:

1) 肥城煤田内断裂十分发育,主要有 NW、NE、NNE 和 NEE 向 4 组。其中 NW 和 NEE 或 NE 向断裂为同期形成的 2 组共轭断裂,形成较早;NNE 向断裂形成较晚,切割其他方向的断裂。局部地段发育褶曲、火成岩墙、陷落柱等。褶皱主要为断层的牵引褶皱,为断层所控制。

2) 煤田在水平上,构造分区性十分明显,可分为东中西三区,分别以高角度正断层为界;在垂向上,小断层具有明显的分层性。

3) 断裂构造突水在煤层底板突水中,占重要地位。断层突水可分为两种基本类型:一种是掘进沟通断层型突水;第二种是回采影响断层型突水。

4) 构造条件影响甚至控制了矿区的开采地质条件,构造对矿井生产影响极大。

### 参考文献:

- [1] 吕朋菊,魏久传,张明利. 肥城煤田滑动构造的发现及其意义[J]. 山东矿业学院学报,1992,6(2):2-5.  
LV Peng-ju, WEI Jiur-chuan, ZHANG Ming-li. The discovery of gliding tectonics in Feicheng Coalfield and its significance[J]. Journal of Shandong Institute of Mining & Technology, 1992, 6(2): 2-5.
- [2] 施龙青,高延法,尹增德,等. 肥城煤田滑动构造在矿井水害中的作用[J]. 中国矿业大学学报,1998,27(4):356-360.  
SHI Long-qing, GAO Yair-fa, YIN Zeng-de, et al. Influence of sliding structure on water disaster of coal mine in Feicheng Coal Field[J]. Journal of China University of Mining & Technology, 1998, 27(4): 356-360.
- [3] 王乃堂. 肥城煤田岩溶陷落柱发育规律及开采前预测[J]. 山东煤炭科技,1999(2):13-15.  
WANG Nai-tang. The characteristics of sunken column of Feicheng Coalfield and the forecast before exploitation [J]. Shandong Coal Science and Technology, 1999(2): 13-15.
- [4] 王则才. 肥城煤田断层突水及防治方法[J]. 煤炭地质与勘探,2005,33(增刊):86-88.  
WANG Ze-cai. Fault water bursting and its precaution in Feicheng field[J]. Coal Geology & Exploration, 2005, 33(sup): 86-88.
- [5] 王乃堂. 肥城煤田内影响矿井突水的几种地质构造[J]. 山东煤炭科技,2001(2):32-33.

(下转第 38 页)

改的过程中,修改一个数据就要相应的修改数处,如:修改一个界址点的坐标,就要修改相邻宗地的数据、成果表、面积汇总等多处数据,内容多,工作琐碎,一不小心,就会改正“老”错误,产生“新”错误。因此,在地籍测量作业过程中要更加强调质量检查的重要性,严格作业,认真检查,提高作业质量,才能保证其精度要求,提高工作效率。

## 5 结束语

青岛市市内四区地籍更新测量,历时 3 年多,充分利用已有资料,合理解决了权属调查中遇到的问题,严把质量检查关,从而建立了一套真实、可靠、现势性强、多用途的青岛市数字化地籍成果,为建立科学的土地管理体系,合理利用和保护土地,制定土地规划、计划及有关政策,实现耕地总量动态平衡,调控土地供需,规范土地市场等提供基础资料和科学依据。青岛市市内四区地籍更新测量对国内其他城镇的地籍更新测量也具有一定的参照和借鉴作用。

## 参考文献:

- [1]钟宝琪,谌作霖.地籍测量[M].武汉:武汉测绘科技大学出版社,1996:3.
- [2]付和,赵京黔,贾云生.蚌埠市市区地籍测量[J].地质调查与研究,2004,27(增刊):81-82.  
FU He, ZHAO Jing-qian, JIA Yun-sheng. Cadastral surveying in Bengbu City[J]. Geological Survey and Research, 2004, 27(Sup): 81-82.
- [3]国家土地管理局.城镇地籍调查规程[M].北京:地质出版社,1993.
- [4]詹长根.地籍测量学[M].北京:测绘出版社,2001.
- [5]李海涛,王玉龙.地籍和房产测量中界址点的标定[J].应用研究,2004(10):79.  
LI Hai-tao, WANG Yu-long. The land record, house property measures the mark that win boundary's point to settle[J]. Apply and Research, 2004(10): 79.
- [6]韩晓娜.数字化地籍测量在城镇地籍调查中的应用探讨[J].测绘通报,2006(6):51.  
HAN Xiao-na. On the application of digital cadastral surveying to the township cadastral survey[J]. Bulletin of Surveying and Mapping, 2006(6): 51.

## (上接第 18 页)

- WANG Nai-tang. Several geological tectonic which influent water intruding in Feicheng Coalfield[J]. Shandong Coal Science and Technology, 2001(2): 32-33.
- [6]尹万才,施龙青,卜昌森.华北煤田陷落柱发育的几何特征[J].山东科技大学学报:自然科学版,2004,23(2):23-25.  
YIN Wan-cai, SHI Long-qing, BU Chang-sen. Geometrical characteristics of sunken column in north china coalfield[J]. Journal of Shandong University of Science

- and Technology: Natural Science, 2004, 23(2): 23-25.
- [7]施龙青,韩进.底板突水机理及预测预报[M].徐州:中国矿业大学出版社,2004:1-103.
- [8]尹会永,魏久传,李子林,等.潘西煤矿断裂构造突水机制探讨[J].山东科技大学学报:自然科学版,2007,26(1):30-33.  
YIN Hui-yong, WEI Jiu-chuan, LI Zi-lin, et al. Analysis on water intrush mechanism in fracture tectonics of Panxi Coalmine[J]. Journal of Shandong University of Science and Technology, 2007, 26(1): 30-33.