

应用地质

地面塌陷及地裂缝的成因及防治

——葫芦岛市南票区及连山区矿产开采引起的地质灾害

谢立民* 王长青 王文武 周文东

辽宁省化工地质勘查院, 辽宁锦州 121000

提 要 由于大规模地开发矿产资源及频繁的经济活动, 使葫芦岛市南票、连山两区成为地质灾害的多发区。引起的地质灾害分布范围广, 危害程度大, 已造成巨大的经济损失和大量人员伤亡, 严重地制约着地方经济和社会的可持续发展, 危害着人民群众生命财产安全。通过对相关矿山采空区地面塌陷、地裂缝进行调查研究。对该市地质灾害的分布特征、地质灾害的成因机理有了比较系统的认识。由此进一步提出了该市两区地质灾害的防治对策, 力求有效地预防和减少地质灾害的发生。

关键词 葫芦岛市 地面塌陷 地裂缝 分布特征 成因 防治

中图分类号: P694 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-5296 (2007) 02-0101-06

0 引言

辽宁省葫芦岛市南票区及连山区位于辽宁省西部, 是我国重要的动力煤生产基地。截止 2002 年底, 累计生产煤炭资源 7255 万 t, 为支援国家经济建设和地方经济发展做出了重大贡献。自 1985 年矿区发现地面塌陷, 近几年来, 地面塌陷、地裂缝有加速发展趋势, 严重威胁当地人民生命财产安全和社会稳定。

1 地面塌陷、地裂缝分布特征

地面塌陷及地裂缝是葫芦岛市矿产开采过程中衍生的一种地质灾害, 分布广, 危害重。其主要分布在南票区和连山区的煤矿区及连山区的钢屯镇、杨家杖子钼矿区。分布情况如图 1 所示^[1]。

1.1 南票矿区

井田呈北东、南西向带状分布, 走向长 24.5km, 平均宽 2km。随着时间的推移, 开采

煤炭资源量增大, 地面塌陷、地裂缝在逐渐加剧, 到目前为止, 南票矿区在区内 7 个煤矿形成 5 个沉陷区, 沉陷盆地总面积 26.30km²。分别为三家子沉陷区、富隆山沉陷区、大窑沟沉陷区、邱皮沟沉陷区和蛤蟆山沉陷区。

1.1.1 三家子沉陷区 该沉陷区位于矿区西部, 面积 10.72km², 由三家子煤矿和苇子沟煤矿开采所致。井田地层走向北东, 倾向北西, 原设计能力两矿总和 120 万 t/a, 累计采出煤量 1950.30 万 t。沉陷区内地表变形、山体裂缝, 缝宽 1.0~1.5m, 长约 200m, 可见深度 2~3.0m。

1.1.2 富隆山沉陷区 该沉陷区由富隆山煤矿开采形成, 井田地层走向北东, 倾向北西, 设计能力 15×10⁴m³/a, 累计采出煤量 249×10⁴m³。沉陷区内见有多处塌陷坑、地裂缝、如大红石砬子村吴国军家后院塌陷坑呈长条形、长轴东西向 3.0m, 短轴南北向 1.5m; 富隆山社区北

* 第一作者简介: 谢立民 (1964~), 女, 水文地质及工程地质专业, 高级工程师

收稿日期: 2007-04-13; 改回日期: 2007-05-08

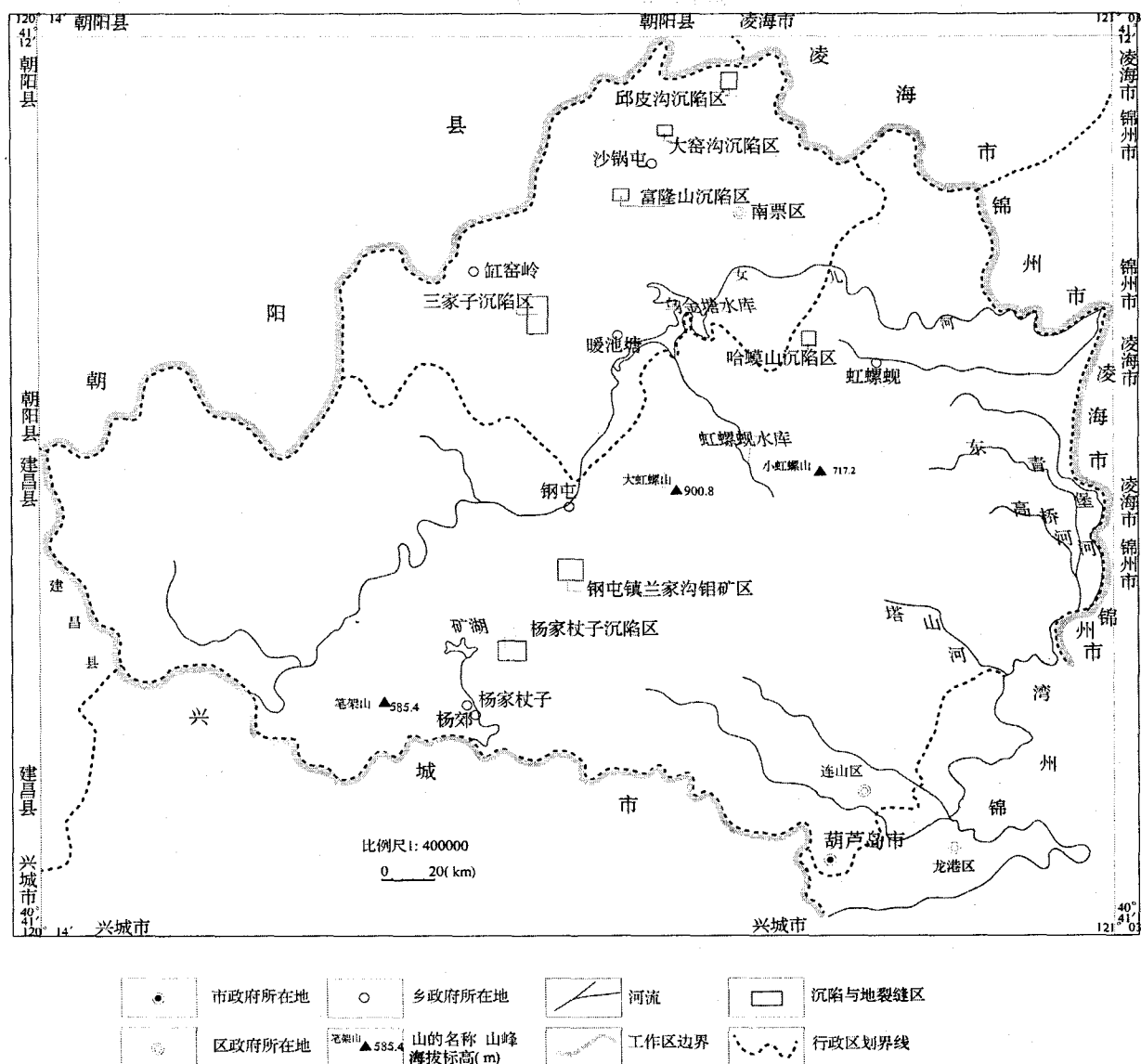


图1 葫芦岛矿区地质灾害示意图

Fig. 1 Distribution of geologic hazard in Huludao mine

山坡山体裂缝,缝宽约0.5~1.0m,走向30°。据资料表明:该区受灾居民927户,3279人,受损建筑面积78 053m²。

1.1.3 大窑沟沉陷区 该沉陷区由大窑沟煤矿开采形成,井田地层走向北东,倾向北西,设计能力30×104m³/a,截止2002年底累计采出煤量1259×104m³。沉陷区内多处见有塌陷坑、地裂缝等,如沙锅屯村HLD46张良家地面塌陷,房体开裂,裂缝宽约20cm;再如沙锅村

八家子村东HLD44点,陷坑长轴6m,短轴3.0m,走向90°。据资料表明:该区受灾居民2665户,7292人,受损建筑面积174 327m²;受损企事业单位建筑面积9225m²,市政受损的供、排水管线长度6700m,广电线路长度7520m,大口井5眼,管井585眼,农田受损面积41.87hm²(628亩),[大田30.53hm²(458亩),菜田11.33hm²(170亩)]。

1.1.4 邱皮沟沉陷区 区位于矿区的东部,由

邱皮沟煤矿开采形成。井田地层走向北东, 倾向北西。设计能力 $45 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$, 截止 2002 年底累计采出煤量 $2015 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。该区采煤沉陷地质灾害在南票煤矿区是最为严重的一个。根据本次调查, 二佛庙村整体下沉, 见有一巨型塌陷坑, 如: HLD16 号调查点长轴约 120m, 短轴约 80m, 在居民区形成近 $10\,000 \text{ m}^2$ 的“湖面”, 部分民房浸泡在水中; 大西沟村小学 (HLD20 点) 教学楼因地基下沉, 墙体裂缝, 缝宽约 5cm; 邱皮沟煤矿办公楼 (HLD29 号点) 墙体裂缝达 12cm, 目前均不能使用; 矿区铁路二佛庙路段路基山体断裂, 出现大宽度裂缝, 裂缝宽约 1.0~1.5m, 严重危及行车安全。据资料表明: 该区受损民房 3552 户, 11 332 人, 受损建筑面积 $223\,934 \text{ m}^2$; 受损企事业单位建筑面积 $15\,327.3 \text{ m}^2$; 受损道路长度 8000m, 面积 $96\,000 \text{ m}^2$; 供、排水管线长度 9080m; 广电路线长度 7300m; 供电线路 22 132m; 通信线路长度 114 700m; 管井 583 眼, 大口井 19 眼; 受损农田 (大田) 87.6 hm^2 (1314 亩)。

1.1.5 蛤蟆山沉陷区 蛤蟆山煤矿位于南票矿区的东南部, 属连山区虹螺岬镇所辖, 井田范围东起虹北村, 西至大兴村, 井田走向长 6km, 平均宽度 2km, 面积 12 km^2 , 经历了不同的开采时期, 至今已有近百余年的开采历史, 1997 年由南票矿务局接管。设计能力 $25 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{a}$, 截止 2002 年底累计采出煤量 $442 \times 10^4 \text{ m}^3$ ^[3]。该沉陷区内塌陷坑、地裂缝、建筑物变形等多处可见。如蛤蟆山煤矿生产服务公司办公室房基处 (HLD44 号点) 出现直径 5m、深 10m 塌陷坑; 蛤蟆山煤矿办公楼墙体裂缝 10mm; 后潘庄村南地裂缝宽约 0.50m, 走向 40° , 可见深度约 1.5m; 2004 年 10 月份秋收时一人掉入缝内, 经及时发现未造成伤亡, 调查时已填平。该区受灾居民 422 户, 1478 人, 受损建筑面积 $33\,752 \text{ m}^2$; 受损企事业单位建筑面积 3437 m^2 。受损建筑面积 $33\,752 \text{ m}^2$; 受损企事业单位及公益单位建筑面积 3437 m^2 。

1.2 连山区钢屯镇兰家沟钼矿区

自 20 世纪 80 年代中期开始开采钼矿石, 规模不大, 主要为个体小矿井, 而且多为无序开采, 特别是近几年来, 矿井数量逐渐增多, 矿石开采量也随之增加, 加之矿井多呈层状排列, 因此使整个矿区的山体岩石稳定性相当差, 从而导致小马沟东部山体、中兰家沟山体塌陷、地裂缝多处可见。

1.3 连山区杨家杖子沉陷区

开采历史较长, 区内地表出现塌陷、地裂缝及居民房屋墙体裂缝。山体塌陷, 陡坎约 6m。

综上所述, 由于地下采空区导致地表下沉不均匀, 地面向沉陷区中心倾斜, 产生拉伸变形, 当拉伸变形超过一定数值后, 地表产生张裂缝。

2 地面塌陷、地裂缝的成因机理^[2]

2.1 矿层因素

2.1.1 三家子沉陷区 煤层倾角变化范围 $18^\circ \sim 60^\circ$ 之间, 煤层厚度 5.3~10m, 最大开采深度 370~700m。地表最大下沉值 8.68m, 最大水平移动值 3.31m, 最大倾斜变形值 158mm/m, 最大水平变形为 -55.34 mm/m 和 $+62.40 \text{ mm/m}$, 最大曲率变形为 $-8.79 \times 10^{-3}/\text{m}$ 和 $+4.48 \times 10^{-3}/\text{m}$ 。

2.1.2 富隆山沉陷区 开采五、七、八 3 个煤组, 煤层倾角 $45^\circ \sim 65^\circ$, 煤层累计厚度 3.8~8.3m, 最大开采深度 480m。沉陷区地表最大下沉值 3.39m, 面积 1.07 km^2 , 最大水平移动值 2.46m, 最大倾斜变形 58mm/m, 最大水平变形为 -48.53 mm/m 和 $+33.64 \text{ mm/m}$, 最大曲率变形为 $-1.60 \times 10^{-3}/\text{m}$ 和 $+1.28 \times 10^{-3}/\text{m}$ 。

2.1.3 大窑沟沉陷区 煤层倾角 $40^\circ \sim 65^\circ$, 煤层厚度 13m, 最大开采深度 860m。沉陷区地表最大下沉值为 8.17m, 面积 5.95 km^2 最大水平移动值为 5.25m, 最大倾斜变形 64mm/m, 最大水平变形为 -63.55 mm/m 和 $+46.38 \text{ mm/m}$, 最大曲率变形为 $-1.38 \times 10^{-3}/\text{m}$ 和 $+1.19 \times 10^{-3}/\text{m}$ 。

2.1.4 邱皮沟沉陷区 开采五、八 2 个煤组, 主采八煤组, 煤层倾角 $30^\circ \sim 70^\circ$, 煤层累计厚度 11m, 最大开采深度 740m, 沉陷区地表最大下沉

值为 9.16m, 面积 5.31km² 最大水平移动值为 5.17m, 最大倾斜变形 174mm/m, 最大水平变形为 -177.49mm/m 和 +80.51mm/m, 最大曲率变形为 $-9.54 \times 10^{-3}/m$ 和 $+12.17 \times 10^{-3}/m$ 。

2.1.5 蛤蟆山沉陷区 煤田为一条带状单斜构造煤田, 煤系地层走向北东 70~80°, 倾向北东, 倾角 20~22°, 开采二、三 2 个煤组, 主采三煤组, 煤层累计厚度 2~9m, 最大开采深度 550m。沉陷区地表最大下沉值为 6.55m, 面积 3.25km²。最大水平移动值为 3.29m, 最大倾斜变形 79mm/m, 最大水平变形为 -65.60mm/m 和 +34.61mm/m, 最大曲率变形为 $-11.40 \times 10^{-3}/m$ 和 $+8.38 \times 10^{-3}/m$ 。

由上述可以看出: 矿区部分矿井属急倾斜矿层开采, 采出矿层累计采厚较大, 采动使矿层底板产生滑移, 地表裂缝发育, 这是地表产生塌陷和地裂缝的主要原因。

2.2 岩性因素

2.2.1 煤田地层 由老至新依次如下:

中奥陶统马家沟组: 浅至深灰色厚层状石灰岩;

中石炭统本溪组: 主要由粘土质泥岩组成, 局部含砾岩;

上石炭统太原组: 为主要含煤地层, 基底为灰白色砾岩, 以石英岩砾为主, 砂质胶结, 底部为灰褐色铝土质页岩, 上中部为砂质泥岩、砂岩、灰褐色粘土岩, 含六、七、八 3 个煤组;

下二叠统山西组, 底部为砾岩, 中部为砂岩、泥岩、细砂岩、泥岩互层, 本层含五个煤组, 其中第五煤组发育较好, 1~4 煤组只在苇子沟局部地段可采; 厚度 3~57m;

下二叠统下石盒子组: 底部为灰白色中、粗粒石英砂岩, 中部为砂岩、粉砂岩夹砾岩, 上部为紫、黄、灰色花斑状粘土岩, 厚度 1.1~38.3m;

上二叠统上石盒子组: 下部为灰白色巨砾岩, 以石英砂岩为主, 上部为紫红色砂质泥岩、粉砂岩与泥砂岩互层, 厚度 3.3~253m;

侏罗系下统兴隆沟组: 底部为砾岩, 凝灰质砂岩, 粉砂岩, 中部为安山集块岩, 上部为灰绿色砾岩及安山岩, 厚度 700m;

侏罗系下统北票组: 以凝灰质砂岩, 砂砾岩、砾岩为主, 厚度 380m;

侏罗系中统兰旗组, 为火山岩与火山碎屑建造, 岩性主要为凝灰质砂岩、安山集块岩、砾岩组成;

第四系, 以黄土、粘土及细砂为主, 厚度 1~21m。

2.2.2 钢屯兰家沟、杨家杖子钼矿矿区地层 主要包括石炭一二叠系砂岩、砾岩及煤系地层, 奥陶系、寒武系和震旦亚界灰岩、砂岩、页岩等。

由上述可见:

(1) 上覆岩层强度高而且分层厚度大, 使地表变形、破坏经历的时间长。脆性岩层地表易产生裂缝。

(2) 地表第四纪堆积物厚薄不均使地表变形值产生差异, 第四纪堆积物越厚变形越平缓均匀。反之变形不均匀。

2.3 地质构造因素

(1) 岩层节理裂隙发育, 促使变形加快, 增大变形范围, 扩大地表裂缝区。

(2) 矿区地质构造复杂, 断裂构造比较发育, 采矿诱发断层“活化”, 产生错动, 使地表塌陷程度加重。

2.4 地下水因素

2.4.1 煤田矿区含水层 主要有: 第四系含水层, 侏罗系安山集块岩、砾岩含水层, 下石盒子组砂、砾岩承压含水层, 山西组底部砾岩承压水层, 太原组底部砾岩承压含水层和奥陶系灰岩含水层。

第四系含水层: 主要为冲洪积、残积、坡积层, 由亚粘土和砂砾卵石组成。含水层厚度 1~3m, 该含水层含水性较弱, 涌水量一般 6~35m³/d。

侏罗系安山集块岩、砾岩含水层: 由于深部岩石裂隙不发育, 为弱含水层。

下石盒子组砂砾岩承压含水层: 砂质砂岩、砾岩在全区发育。西部苇子沟厚达 100m, 至东部邱皮沟变薄为 2~3m, 一般 40~80m, 其含水性强弱不均, 主要取决于裂隙发育程度及补给条件。

山西组底部砾岩承压含水层: 该层西部厚东薄。三家子、苇子沟一带厚 40m, 大窑沟厚 20m,

至邱皮沟变薄尖灭,含水微弱。

奥陶系灰岩含水层:层厚 10~500m,全区发育稳定。岩层致密坚硬。浅部裂隙发育。由于补给条件差,多数灰岩不含水或含水很少。多数井田灰岩岩溶不甚发育,只存有蜂窝状溶蚀及溶洞。小凌河赵家屯、邱皮沟井田浅部个别区域有溶洞发育。

其中蛤蟆山煤矿,由于开采时间较长,长时间的矿井排水,造成水位大幅降低,地下水浮托力减小,改变了土体的原始受力状态,导致地面塌陷。

2.4.2 钢屯兰家沟、杨家杖子钼矿矿区 主要含水层有松散堆积层孔隙水和岩溶裂隙水。

松散堆积层孔隙水岩性为砂砾石层,富水性及动态变化较大,一般含水层厚度 2~3m,与基岩裂隙水有一定的水力联系。据抽水资料,单位涌水量在 1.0L/s·m 左右。

岩溶裂隙水含水层岩性为蓟县雾迷山组和奥陶系马家沟组灰岩、白云质灰岩。岩溶裂隙在不同程度上有所发育。雾迷山组白云质灰岩钻探揭露,岩心破碎。奥陶系马家沟组灰岩,钻孔涌水量 0.444L/s。

地下水的活动可加快变形速度,扩大变形范围,增大地表变形值。

2.4.3 大气降水是地面岩溶塌陷的诱发因素 1998 年 7~8 月雨季发生塌陷,大量雨水的入渗,增加了土层的饱和度,同时也降低了土体的强度,最终发生了地面塌陷。

2.5 开采条件因素

(1) 地下矿层采出后使采空区周围岩体失去原始的应力平衡状态,应力重新分布产生应力集中,当煤层顶板集中应力超过其极限强度时,顶板岩层产生变形,断裂和垮落,最终导致整个覆岩移动和变形,在地表形成塌陷盆地;这是地表产生塌陷的最主要原因。

(2) 矿层开采和顶板处置的方法以及采空区的大小、形状、工作面推进速度等,均影响着地表变形值、变形速度和变形的形式。

三家子沉陷区开采方法为巷道长壁采煤法、

炮采落煤全陷法管理顶板。

富隆山沉陷区采煤方法以巷道长壁、高落式为主,全陷法管理顶板。

邱皮沟沉陷区采用高落式、水平分层、倾斜分层采煤方法,1985 年后逐渐采用水力采煤法。

蛤蟆山沉陷区矿井主要采用巷柱法采煤。

钢屯镇兰家沟沉陷区多为无序开采。

综采若采用房柱式及条带式开采和全部充填法处置顶板,地表变形将影响较小。

3 地面塌陷、地裂缝的原则与防治措施

3.1 原则

从实际出发,将地质灾害的防治工作与葫芦岛市经济社会可持续发展协调统一起来,处理好整体利益与局部利益、长远利益与当前利益的关系。坚持以“预防为主,避让与治理相结合”的原则,遵循客观规律,全面规划、合理布局、综合治理,作到统筹规划、重点突出、分步实施,确保地质灾害防治工作进行顺利。

3.2 防治措施

地质灾害的防治是采用工程措施对地面塌陷点及其附近进行综合治理,改善地质环境,从而避免或减轻地质灾害。

3.2.1 监测与预报 突出“以人为本”的原则,以突发性致灾地质作用为重点,建立群策群防的地质灾害监测预警系统。

以防为主,防治结合。对目前稳定性差、易造成人员伤亡及重大经济损失的重要地质灾害隐患点如三家子沉陷区、杨家杖子沉陷区等要积极组织对危险区内的居民进行搬迁。对葫芦岛市两区的重要工程设施的地质灾害隐患点进行工程治理。逐步落实每个地质灾害隐患点的监测、预报、疏散、应急抢险等措施,完善地质灾害速报制度,增强应急反应能力。一旦遇险情,及时组织对危险区内的居民进行疏散、撤离,确保人民群众生命财产安全。

3.2.2 开采工艺方面的措施

(1) 禁止非法采矿,避让预防相结合。

(2) 采用充填法处置顶板, 及时全部充填或两次充填, 以减少地表下沉量。

(3) 开采时留设保护矿柱, 保护矿柱的围护带宽度

(4) 减少开采厚度或采用条带法开采, 使地表变形不超过建筑物的允许变形值。

(5) 控制开采的推进速度, 各工作面合理进行协调开采。

3.2.3 建筑设计方面的措施

(1) 提高建筑物的整体性和刚度, 可根据建

筑物可能遭受破坏等级采取不同的加固措施, 如设置钢拉杆、钢筋混凝土圈梁等。

(2) 提高建筑物适应变形的能力, 在地表压缩变形区内, 可挖掘变形补偿沟^[2]。

(3) 暂时改变建筑物的预防措施。

(4) 在采空区设计新建建筑物, 应充分掌握地表移动和变形的规律, 分析地表变形对建筑物的影响, 选择有利的建筑场地, 采取有效的建筑和结构措施, 保证建筑物的正常使用功能。

参 考 文 献

- 1 李树军. 辽宁省葫芦岛市三区地灾害调查与区划报告[R]. 锦州: 辽宁工程勘察院, 2005
2. 米祥友, 徐前, 主编. 注册岩土工程师专业辅导书[M]. 北京: 地震出版社, 2003

THE GENESIS AND CONTROL OF GROUND SUBSIDE AND GROUND FISSURE ——GEOLOGIC HAZARD CAUSED BY MINING IN NANPIAO AND LIANSHAN AREA, HULUDAO CITY, LIAONING PROVINCE

Xie Limin Wang Changqing Wang Wenwu Zhou Wendong

Liaoning institute of chemical geological prospecting, Jinzhou, Liaoning, 121000, China

Abstract

Geological hazard has always occurred in Nanpiao and Lianshan area because of the exploration on a large scale and frequent economic activities. The hazard, with large scale and big damage, leads to enormous economic loss and personal casualty. So it restricts the durable development of the economy and society. It is also endanger the security of the people's life and property. Through the investigation of the ground subsides and fissure in goaf, the distribution, characteristics and genesis of the hazard have been acknowledged. In order to prevent and reduce the geologic hazard, the countermeasure for the two areas has been proposed.

Key words: Huludao city, ground subside, ground fissure, distribution and characteristics, genesis, control