

广州市城市采空区分布规律及灾害分析

Distribution law and disaster analysis of urban goaf in Guangzhou

罗小平, 谢色新, 张建国, 宁康超(中国煤炭地质总局广东煤炭地质局勘查院, 广东 广州 510440)

摘要:广州市轨道交通十二号线工程专项勘察项目是以物探微动方法对工程沿线煤矿采空区开展勘察工作,基本查明了工程沿线范围内煤层的分布特征,探明了沿线采空区的分布、空间形态、充填情况、覆岩类型,查明了采空区引起的垮落带、裂隙带和弯曲带的埋深、具体高度和发育状况,初步评价了采空区稳定性及对城市建设的适宜性,并对施工提出了可行的建议。本文在此基础上对广州市嘉禾矿区煤矿采空区城市地质灾害进行分析,丰富了城市地质灾害理论,为城市采空区灾害治理有指导或参考作用。

关键词:轨道交通;城市采空区;灾害分析

Abstract:The special investigation project of Guangzhou rail transit line 12 carries out the investigation of coal mine goaf along the project by means of geophysical exploration and micromotion, and basically finds out the distribution characteristics of coal seams along the project, basically explores the distribution, spatial form, filling situation and overburden type of goaf along the project, basically finds out the buried depth, specific height and development status of caving zone, fracture zone and bending zone caused by goaf, preliminarily evaluates the stability of goaf and its suitability for urban construction, and puts forward feasible Suggestions for construction. Based on this, this paper analyzes the urban geological hazards in the mine goaf of Jiahe Mining area in Guangzhou, which enriches the theory of urban geological hazards and provides guidance or reference for disaster management in the urban goaf.

Key words:rail transit;urban goaf;disaster analysis

1 前言

随着城市建设的快速发展,城市地质扮演越来越重要的角色。煤矿在开采过程中会在地下形成采空区,这些采空区会引起一系列的地质灾害:地面坍塌、岩层移动、地裂缝等。一旦发生地质灾害,往往影响范围广、损失大,易出现人员伤亡。据统计,全国发生大规模采空区灾害达180处以上,累计塌陷面积超过70万 km^2 ,造成的损失超过500亿元。而对矿山城市,采空区灾害尤为严重,严重影响城市工程建设与发展,因而对采空区的研究重心也从矿山逐渐转移到城市。

本文通过对广州市嘉禾矿区以往煤田资料的综合整理分析研究和调查走访,以及矿区工程地质勘察成果,查明嘉禾矿区采空区的分布范围、深度和空间关系,明确不同深度采空区的横向和纵向的影响范围,进而对煤矿采空区灾害做出分析,为城市建设勘察工作提供指导和参考经验;进一步丰富城市地质灾害理论,为城市采空区的治理提供理论依据。

2 采空区地质环境条件

2.1 区域地质背景

广州市在大地构造上位于华南褶皱系(一级构造单元),粤北、粤东北-粤中拗陷带(二级构造单元),粤中

文章编号:

1672-609X(2021)02-0076-05

中图分类号: TD327

文献标志码: A

作者简介:罗小平(1966-),男,湖南邵东人,毕业于中南工业大学,地质矿产勘查专业,高级工程师,从事地质勘查、地质调查、地质灾害研究。

拗陷(三级构造单元),广从断裂、瘦狗岭断裂及广三断裂是本区构造的基本骨架,自加里东构造阶段便开始活动,经历了海西-齐全印支构造阶段、燕山构造阶段和喜马拉雅山构造阶段,主要表现为强烈的继承性断裂活动,并引起差异断块升降。主要以广从断裂和瘦狗岭断裂为界线分成四个构造区:增城凸起,广花凹陷,东莞盆地,三水断陷盆地^[1-2]。区域地震活动微弱,地震烈度为6度,无活动性断裂,区域稳定性较好。

采空区地层区划属东南地层区中的粤中地层分区,主要地层为石炭系中上统(C_{2+3})、上古生界二叠系上统(P)、三叠系下统(T_1)、中生界白垩系上统(K_2)、古近系古新统(E_1)、第四系(Q_4)。

区域仅个别地方见极少量安山岩侵入,呈脉状贯入体,岩性为灰白色~淡绿色致密杏仁状安山岩。

2.2 气象水文

广州市地处南亚热带,属于南亚热带季风气候,受季风环流所控制。冬季处于极地大陆高压的东南缘,常吹偏北风,恰在冷暖气团交绥地带,气象要素变化大。夏季受副热带高压及南海低压槽影响,常吹偏南风,暖湿气流的盛行,气候高温多雨,因而摆脱了干燥及信风带的影响,而表现出季风气候的特色。受低纬海洋湿润气流的调节,夏季不像中国内陆长江流域一些盆地那样酷热。

整体来讲,广州地区日照充足,热量丰富,长夏无冬,雨量充沛,干湿季明显。树木常绿,花果常香,鱼虾常鲜。但热带气旋、暴雨、洪涝、干旱、寒潮和低温阴雨也常出现。

采空区周边只有石井河、棠溪涌等小型河流,无大型河流,西距石井河直线距离约2.8 km、东距萧岗涌直线距离约1.2 km。

2.3 地形地貌

新市墟站、新市墟-白云文化广场区间场地位于冲洪积平原地貌边缘,车站以东逐渐进入台地地貌,车站大里程端场地为冲洪积平原地貌边缘。地面标高一般约9.2~10.9 m,新市墟站以东地面逐渐抬升至11~23 m。车站场地内由于经过城市化改造,地面较平整。

2.4 地层与岩石

地层主要为二叠系中统龙潭组、第四系。

龙潭组(P_2l)地层上部为紫红杂色含铁质粉砂岩与浅色细粒石英砂岩、砂质泥岩互层;中部为灰白-深灰色砂岩、粉砂岩互层,底见石英细砂岩;下

部主要含煤层、粉砂岩、砂质泥岩、高岭土质泥岩和煤交互成层,厚度较稳定;其中第二段(P_2l_2)为主要含煤系地层。 K_1 底~ K_3 底属海陆交替相沉积,厚约130 m,主要由灰~灰白色砂岩,灰~深灰色粉砂岩、泥岩和煤层组成,含煤19层。煤层平均间距为3~14.0 m。

第四系包括全新统(Q_4)和上更新统(Q_3),其下缺失中更新统和下更新统。第四系由人工填土层(Q_4^{ml})、海相冲积或陆相冲积-洪积的砂层、黏性土层(Q_{3+4}^{al+pl})、残积土层(Q^{el})组成,覆盖于基岩之上。

采空区及周边不见岩浆岩。

2.5 地质构造

采空区位于广花凹陷东南缘的新市-嘉禾向斜东翼,向斜为一被断裂所复杂化的单斜构造,受新华夏构造体系所控制,地层走向北东 $5^\circ\sim 30^\circ$,倾向北西,倾角一般为 $40^\circ\sim 70^\circ$,局部直立倒转,构造以断裂为主,区内断层主要有13条,其性质为走向、横向及斜向正断层或逆断层,断层对煤层破坏很大,构造复杂程度属复杂^[3-4]。

2.6 工程地质条件

岩土层划分为八大层,从上往下分别为:①人工填土;②冲积-洪积砂层;③冲积-洪积土层,包括河湖相淤泥质土、可塑状粉质黏土;④残积土层;⑤岩石全风化带;⑥岩石强风化带;⑦岩石中等风化带;⑧岩石微风化带。

矿井工程地质条件较为良好,煤层顶底板岩石一般比较稳定。其顶底板为强风化~中风化泥质粉砂岩、粉砂岩、细砂岩。在主要煤层顶底板5 m以内,岩石不完整,较破碎,属软岩~较硬岩,较不稳定,常有冒顶片帮现象。

2.7 水文地质条件

采空区及周边地下水主要有两种类型,分别为松散层孔隙水、基岩裂隙水。地下水水位埋深变化较大,一般稳定水位埋深为1.5~4.20 m,标高为4.97~8.94 m。第四系孔隙水主要接受大气降水补给及含水层侧向补给。基岩裂隙水主要由第四系孔隙水越流补给^[5]。

2.8 井田开采情况

井田未做正规矿山设计,浅部有民窑开采。地表浅部小煤窑、老窿密布且开采历史悠久,老窑及采空区无法查清。但据煤田钻孔所见老窑推定在-30 m以上为采空区。

老窿主要为民间间歇性开采,距今时间长,开采情况没有书面记载,加上被后来工程活动及植被生长所掩盖,地表调查难于发现。老窿常发生突然涌水,同时发生瓦斯爆炸,造成惨重伤亡事故。

地质环境条件综合分析:区域地质背景条件复杂程度属中到简单,地形地貌条件简单,地质构造条件简单,地层岩性和岩土体工程地质性质中到简单,考虑煤层因素为中到复杂,水文地质条件中等,人类活动对地质环境的影响强烈。综合评估认为地质环境条件复杂程度为复杂。综合分析地质环境条件各因素得出,采空区内主要致灾地质环境因素有人类工程活动、地下采矿工程地质条件,地质构造和水文地质条件属从属因素,后期人类工程为激发因素。

3 城市采空区分布特征

3.1 采空区分布特征

1) 采空区纵向分布特征

地铁线周围通过物探智能微动勘探推测采空区

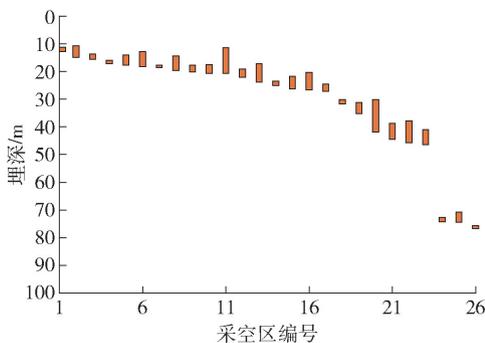


图2 彭边站周围采空区埋深及高程分布图

2) 采空区平面分布特征

采空区平面展布与煤层走向一致,采空区深度越大,平面分布范围越大,采空区无固定形态,与煤层平面形态有一定的相似性,部分呈条带状^[6]。

3.2 采空区充填特征

通过对采空区钻探取芯,可以看出采空区充填特征:一是充填物以细粒的黏土、碎石、煤渣和木屑为主,松散堆积,具一定的压实,岩芯采取率在50%以上,部分还能取出压实较好的完整岩芯,钻探过程中钻进速度快,轻微漏浆,顶板多为强风化的粉砂岩或泥质粉砂岩为主,裂隙发育多被压实^[7-8]。

二是充填物多以大颗粒的砂岩或粉砂岩碎石、木块以及煤屑为主,松散堆积,压实较差,尚未固结,岩芯采取率多在50%以下,钻进过程中有轻微掉钻

深度主要分布在10~70m,具体如图1所示。根据十四号线彭边站专项勘察、详勘钻孔统计如图2、图3所示,钻孔揭露采空区主要分布在10~50m和70~80m深度范围内,高程标高为10~-30m,局部标高为-50~-60m,与物探推测采空区深度情况几乎一致。

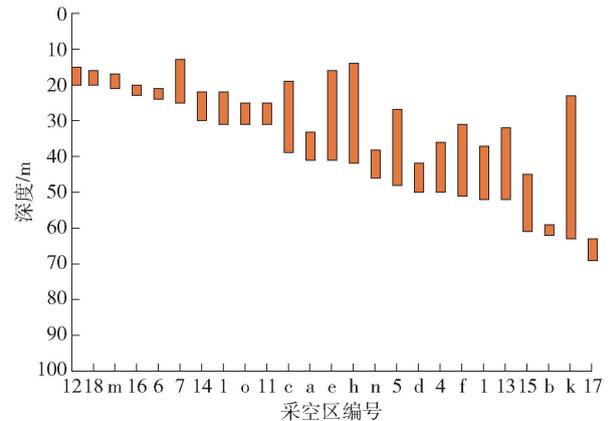
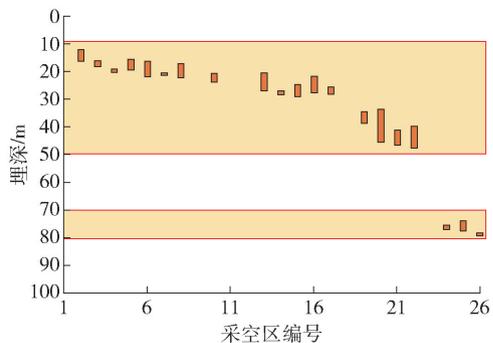


图1 广州地铁十四号线彭边站物探揭露采空区深度分布



或钻进速度明显加快,漏水量较大。

三是基本无充填或者半充填,岩芯采取率极低或者无岩芯,钻进过程中明显掉钻,孔口吸风,泥浆全漏,顶板为稳定性相对较好的砂岩,裂隙发育,钻探过程中有明显掉钻漏水现象。

四是充填物为顶板自然垮落物,采出的岩芯只有少量朽木和岩石碎块,钻进过程中无明显掉钻,但冲水后钻具自然下落,泥浆全漏,可见明显的裂隙带、弯曲带。

4 城市采空区变形规律

地表移动,是指采空区面积扩大到一定范围后,岩层移动发展到地表,使地表产生移动和变形,在地表沉陷的研究中称这一过程和现象为地

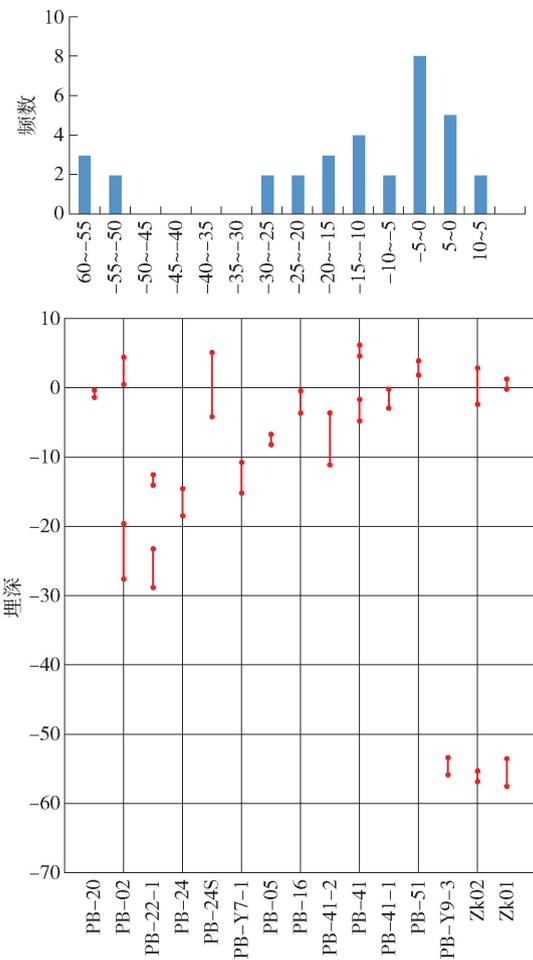


图3 彭边站采空区标高分布图

表移动。开采引起的地表移动过程,受多种地质采矿因素的影响,因此,随开采深度、开采厚度、采煤方法及煤层产状等因素的不同,地表移动和破坏的形式也不完全相同。在采深和采厚比值较大时,地表的移动和变形在空间和时间上是连续的、渐变的,具有明显的规律性。当采深和采厚的比值较小(一般小于30)或具有较大的地质构造时,地表的移动和变形在空间和时间上将是不连续的,移动和变形的分布没有严格的规律性,地表可能出现较大的裂缝或塌陷坑。

倾斜煤层开采,地表未达到充分采动时,覆岩移动如图4所示。

- (1)在倾斜方向上,移动盆地的中心偏向采空区的下山方向,和采空区中心不重合。
- (2)移动盆地与采空区的相对位置,在走向方向上对称于倾斜中心线,而在倾斜方向上不对称,煤层倾角越大,这种不对称性越加明显。
- (3)移动盆地的上山方面较陡,移动范围较小;

下山方面较缓,移动范围较大。

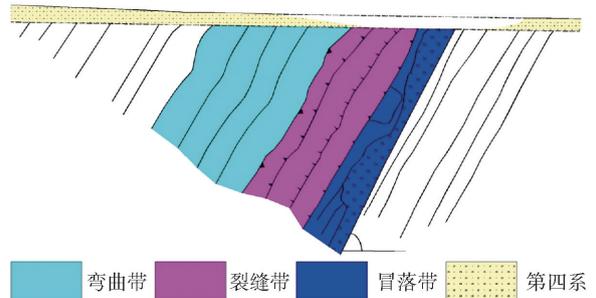


图4 倾斜煤层采空区上覆岩层内移动分带示意图

5 城市采空区灾害分析

5.1 地面沉降灾害

根据采空区分布特征及变形规律对城市采空区稳定性进行分析,深部采空区场地稳定性等级为稳定,浅部采空区场地稳定性等级为处于欠稳定—不稳定之间,容易造成地面沉降。

随着广州市的发展,采空区原为水塘、稻田和菜地已大部分为建筑物所覆盖,近地面的小煤窑和开采期间的地面沉降痕迹已被后期人类活动所掩盖。经调查,采空区周边共发生地裂缝和房子变形等灾害22处,从侧面反映采空区存在地面沉降的风险较大。

5.2 采空区对城市建设的影响

煤层的存在对地铁施工运营构成了安全隐患,地铁施工盾构作业时遇到煤层,容易造成垮塌,遇到高瓦斯煤层时,有可能会引起瓦斯爆炸等事故。

民间开挖的老窿普遍存在,标高在0~50m,这些老窿距今时间长,开采情况没有书面记载,加上被后来工程活动及植被生长所掩盖,地表调查难于发现,对老窿的分布、形态、采掘情况不了解。这些老窿在地铁建设的标高范围内,将对地铁建设带来较大的隐患。

综合分析,在城建施工过程中,施工的动态荷载及地下水位的变化可能激活采空区破裂岩层导致地面发生塌陷,巷道支护较好的采空区下沉可能在采后很多年才发生,甚至50年以上。另外保护煤柱也可能发生风化现象,引起采空区塌陷。因此认为采空区对城市建设的影响较大。

5.3 采空区场地工程建设适宜性

采空区场地属于储水、汇水构造区,构造应力条件复杂,周边断裂纵横,地下溶蚀现象发育,地下水水量丰富,场内发育断裂。采空区垮落不充分,现状地面较稳定,但在工程施工扰动下存在不连续变形

的可能,工程建设对采空区的稳定性影响较大,采空区存在瓦斯含量较高的不利作业环境,且呈饱水状态容易引发基坑地下水突涌问题。综合判断工程场地地质条件复杂。工程场地未见已发地质灾害,工程建设过程中可能发生崩塌或滑坡、地面沉降和地面塌陷等地质灾害。因此场地工程建设适宜性差,但场地不良地质作用可通过工程措施予以防治。由于广州地区经济发达,工程建设频繁,在不良地质和地质灾害治理方面积累了大量的工作经验,拟建场地通过采取相应的防治措施,可以进行工程建设,处理后的场地基本适宜地铁工程建设。

6 结论

(1) 综合评估认为广州市嘉禾矿区地质环境条件复杂程度为复杂,其中人类工程活动、地下采矿工程地质条件为采空区内主要致灾地质环境因素,地质构造和水文地质条件为从属因素,后期人类工程为激发因素。

(2) 移动盆地的中心偏向采空区的下山方向,和采空区中心不重合;移动盆地与采空区的相对位置,在走向方向上对称于倾斜中心线,而在倾斜方向上不对称,煤层倾角越大,这种不对称性越明显;移动盆地的上山方面较陡,移动范围较小;下山方面较缓,移动范围较大。深层采空区场地稳定性等级为稳定,浅层采空区场地稳定性等级为欠稳定—不稳定,容易造成地面沉降。

(3) 采空区存在地面沉降、地裂缝等灾害,在城建施工过程中,施工的动态荷载及地下水位的变化

可能激活采空破裂岩层导致地面发生塌陷,对城市建设的影响较大。场地工程建设适宜性属适宜性差,但可通过工程措施予以防治。

[参考文献]

- [1] 中国煤炭地质总局广东煤炭地质局勘查院.广州市嘉禾矿区二井田煤炭资源储量核查报告[R].广州:中国煤炭地质总局广东煤炭地质局勘查院,2010.
- [2] 中国煤炭地质总局广东煤炭地质局勘查院.广州市嘉禾矿区四井田煤炭资源储量核查报告[R].广州:中国煤炭地质总局广东煤炭地质局勘查院,2010.
- [3] 中国煤炭地质总局广东煤炭地质局勘查院.广州市嘉禾矿区东大岭井田煤炭资源储量核查报告[R].广州:中国煤炭地质总局广东煤炭地质局勘查院,2010.
- [4] 中国煤炭地质总局广东煤炭地质局勘查院.广州市嘉禾矿区夏茅井田夏茅立井煤炭资源储量核查报告[R].广州:中国煤炭地质总局广东煤炭地质局勘查院,2010.
- [5] 中国煤炭地质总局广东煤炭地质局勘查院.广州市轨道交通十二号线煤炭采空区调查报告[R].广州:中国煤炭地质总局广东煤炭地质局勘查院,2018.
- [6] 中国煤炭地质总局广东煤炭地质局勘查院.广州市轨道交通十四号线二期煤炭采空区调查报告[R].广州:中国煤炭地质总局广东煤炭地质局勘查院,2018.
- [7] 中国煤炭地质总局广东煤炭地质局勘查院.广州市轨道交通十四号线二期工程彭边段煤矿采空区专项勘察报告[R].广州:中国煤炭地质总局广东煤炭地质局勘查院,2019.
- [8] 中国煤炭地质总局广东煤炭地质局勘查院.广州市轨道交通十二号线工程新市墟站及东侧区间煤矿采空区专项勘察报告[R].广州:中国煤炭地质总局广东煤炭地质局勘查院,2019.

(上接第75页)

衰减三个阶段。其中,稳定阶段钻孔高度处于裂隙发育带高度,最大能达到 $0.7 \sim 0.8 \text{ m}^3/\text{min}$ 的瓦斯抽放纯量,高于预计的 $0.2 \sim 0.3 \text{ m}^3/\text{min}$ 瓦斯抽放纯量。所以,通过高位钻孔的合理设计,并在被保护层卸压瓦斯的抽采中综合运用,可有效避免回风巷瓦斯超限的问题。

5 结论

上保护层开采中,会造成被保护层瓦斯向保护层工作面扩散,进而引发瓦斯超限。针对此类问题,通过综合运用采空区埋管抽压、长立管抽压、底板岩巷上向网格式穿层钻孔等方法进行治理,能够妥善解决工作面瓦斯超限问题。

在对煤层间距、煤层倾角、煤层瓦斯规律等综合考虑的基础上,通过底板穿层钻孔的设置,选择在上部煤层的进风巷完成地板钻孔定位,进而抽采源自下部煤层释放的瓦斯,围绕钻孔内的瓦斯抽采状况、被保护层瓦斯压力及工作面上隅角瓦斯浓度测结果为根据,应用上保护层开采底板卸压瓦斯抽采技术,取得良好成效。

[参考文献]

- [1] 郭春晖,罗文柯,刘洪涛.临涣煤矿下保护层开采中的瓦斯综合治理技术[J].矿业工程研究,2017,32(3):68-72.
- [2] 都锋.上保护层开采下伏煤层卸压带瓦斯抽采优化设计[J].煤矿安全,2019,50(2):140-143.
- [3] 张哲.保护层开采卸压瓦斯运移及抽采技术[J].煤炭工程,2018,50(8):61-64.