

目 录

1、前 言	3
1.1 任务由来.....	3
1.2 勘查工作的必要性与紧迫性.....	4
1.3 勘查等级、目的、任务与勘查范围	5
1.4 编制依据.....	6
1.5 以往工作程度.....	7
1.6 勘查工作程序、方法、完成的工作量及质量评述	8
2、勘查区地质环境条件	13
2.1 勘查区地理条件.....	13
2.2 勘查区地质环境条件.....	错误！未定义书签。
3、矿山开采概况	24
3.1 矿床特征.....	24
3.2 开采概况.....	24
4、采空塌陷地质灾害现状及采空区特征	26
4.1 采空塌陷特征.....	26
4.2 采空塌陷产生原因.....	26
4.3 采空塌陷发展趋势.....	27
4.4 采空区基本特征.....	28
5、采空塌陷稳定性分析及影响范围	33
5.1 建筑物荷载对采空区的影响.....	33
5.2 采空区的残余变形对建设工程的影响	33
6、采空塌陷防治方案建议	38
6.1 采空塌陷防治原则.....	38
6.2 防治工程方案建议.....	38

7、结论与建议.....	39
7.1 结论.....	39
7.2 建议.....	39
主要参考文献.....	错误！未定义书签。

1、前 言

1.1 任务由来

XXXX 市 XXXX 地块位于 XXXX 市 XXXX 区车站新区西北部。该地块规划用途为市场，规划用地总面积为 17.01ha，建设的内容主要有商务办公、商务信息、仓储堆场以及配套建设的酒店、餐饮、商业服务设施，以及社会停车场、水渠、控制绿地。其中社会停车场用地 1.99ha，河道及两侧控制绿地用地面积为 1.39ha。市场实际建设用地 13.63ha。

根据意向性规划，该地块规划内容为贸易市场，“采空塌陷地质灾害危险性大区”内建筑物主要为≤4 层+1 层地下室的商务办公楼，室外地坪标高 +21.00m，采用框架结构。该区场地标高约+16.0m，因此填土厚度约 5.0m。

2011 年 1 月 15 日，受 XXXX 市土地储备发展中心委托，XXXXXXXXXXXX 对“XXXX 市 XXXX 地块建设工程”进行了地质灾害危险性评估工作并通过国土资源厅组织的审查和备案工作。综合评估将规划区分为 3 个区： 1、采空塌陷地质灾害危险性大区（Ⅰ）；2、崩塌地质灾害危险性中等区（Ⅱ）；3、崩塌地质灾害危险性小区（Ⅲ）。

依据“XXXX 市人民政府办公室，办（2011）38 号，关于控制地质灾害易发区工程建设用地的通知”要求，在地质灾害危险性大区进行工程建设时，应进行地质灾害防治方案编制工作。为从根本上全面减轻采空塌陷的危害，为下一步防治方案设计、治理工作提供科学依据，XXXX 市 XXXX 区人民政府十分重视，并委托我对 XXXX 地块采空塌陷地质灾害危险性大区进行采空塌陷地质灾害勘查，并提出防治方案建议。

我在接受任务后，对该地块进行了详细的采空塌陷地质环境与地质灾害调查，收集了场地内及周边地区已有的水文地质及矿山开采资料，通过钻探及综合研究等手段编制本勘查报告。

1.2 勘查工作的必要性与紧迫性

1.2.1 采空塌陷灾情

根据资料记载及调查，勘查区内曾发生过采空塌陷、地面变形地质灾害，由谢垅煤矿采矿活动引起，地面变形表现形式主要为塌坑、房屋开裂。

据调查，XXXX、XXXX 地面变形始于 1992 年，于 1996~1998 年共产生 5 个塌陷坑，其中 3 个位于勘查区内，2 个位于勘查区南部外侧。其中面积最大的一处位于勘查区外侧南部运机路以南，呈椭圆形，长轴约 90m，短轴约 65m，面积约 5000m²，深约 1.6m。采空塌陷共造成勘查区恒威村泉水组村民三间房屋开裂破坏严重（现已拆除），墙身裂缝达 5cm，电线杆基础下沉，但未造成人员伤亡。现状塌陷区早已回填整平，无明显塌陷迹象。

据本次调查，矿山闭坑后，勘查区内未见塌陷的现象，地表亦无明显的变形现象；塌陷区范围内的房屋已经拆迁，勘查区内的其他房屋未见由地面沉降引起的变形裂缝特征，其它区域地面未见塌陷或裂缝。

1.2.2 勘查治理的必要性

据调查，规划区及附近有大量采空区分布，多为乡镇小煤矿开采所致。采矿以巷道采掘为主，除运输大巷进行支护外，采煤巷道大多无支撑或临时

支撑，采空区顶板任其自由垮落或人工放顶，采空区一般不充填。

由于地下形成采空区后未能及时充填，覆岩的原始应力平衡状态被破坏，在采空区上方进行工程建设时，建筑物荷载影响深度与采空区冒落带、裂隙带重叠时，可能会造成采空区“活化”，使采空区活化。采空区的“活化”过程难以直接观察，其“活化”过程受多种自然因素和人为因素的影响，对地表的影响相当复杂且是一个长期的过程，可能在才采后的几年或几十年甚至上百年后发生，经过“活化”的采空区只要存在残余变形量，仍然有再次活化的可能。在采空区影响范围内进行工程建设时，易引发、加剧或遭受采空塌陷地质灾害，因此需对采空区进行勘查治理。

1.3 勘查等级、目的、任务与勘查范围

1.3.1 勘查等级

《岩土工程勘察规范》（GB50021—2001）对岩土工程勘察等级的划分标准，XXXX 地块采空塌陷地质灾害勘查工作的勘查等级为甲级。

1.3.2 勘查目的与任务

（一）勘查目的

通过调查、钻探、综合研究等手段，查明采空区地质灾害的分布范围特征、机理、成因、危害、稳定状态和发展趋势等，提出地质灾害防治建议及预防措施，保证工程建设和人民的生命财产安全。为场地内采空塌陷地质灾害防治工程设计、治理工作提供地质依据。

（二）勘查任务

1.充分收集勘查区及周边地质、水、工、环地质及物探资料，主要包括周边矿床勘探、水文地质工程地质勘查、矿体防治水、周边矿山抽排水、以及采空塌陷等基础资料；

2.调查采空区的地形地貌、地质、水工环地质条件，重点调查矿区的开采历史、采空区的分布及地面变形、塌陷现状

3.调查并研究采空区的采空塌陷地质灾害的发育现状,包括采空塌陷的形态特征、分布规律;

4.查明采空塌陷诱发因素、塌陷机理,评价其稳定性、危害性和发展趋势,圈定范围等;

5.投入适当的钻探工作,查明采空区的地质环境条件。重点是调查采空区的空间分布和上覆岩层的厚度及稳定性;

6.提出防治方案与建议。

1.3.3 勘查范围

勘查区位于建设用地中南部,在地质灾害危险性分区中属于采空塌陷地质灾害危险性大区,面积 79180.1m²。调查比例尺为 1:1000。勘查工作主要布置在采空区以内,该地段下伏基岩为三叠系下统殷坑组和二叠系上统大隆组和龙潭组。勘查区拐点坐标(XXXX 城市坐标)见表 1-2,勘查范围见图 1-1。

表 1-2 建设用地拐点坐标一览表

编号	X	Y	编号	X	Y
1	25167.389	53642.571	2	24978.486	53984.818
3	25011.XXXX	54004.390	4	25050.537	53957.390
5	25110.668	54038.334	6	25152.860	54033.941
7	25189.415	54003.972	8	25199.607	53987.950
9	25209.728	53989.363	10	25241.051	54010.254
11	25249.394	54006.224	12	25254.017	53996.180
13	25249.129	53970.011	14	25284.959	53955.728
15	25339.446	53912.517	16	25266.921	53713.381

1.4 勘查依据

1.4.1 规范规程

- 1、《岩土工程勘察规范》(GB50021-2001);
- 2、《建筑地基处理技术规范》(JGJ79-2002);
- 3、《建筑抗震设计规范》(GB50011-2009);
- 4、《建筑工程地质钻探技术标准》JGJ 87-92。

- 5、《地质灾害危险性评估技术要求》(试行);
- 6、《水利水电物探技术规程》(SL326-2005);
- 7、《采空地区工程地质调查规程》;
- 8.《地质灾害勘查指南》;
- 9.《工程地质手册》(第四版);
- 10.《三下采煤新技术应用与煤柱留设及压煤开采规程实用手册》;
- 11.《工程测量规范》(GB50026-93);
- 12.《建筑工程地质钻探技术标准》(JGJ87-92)

1.4.2 技术文件

- 1、XXXX 省地矿局 XXXXXXXXX,《XXXX 市 XXXX 地块建设工程地质灾害危险性评估报告》(以下简称“灾评报告”),2011 年 3 月;
- 2、国务院于 2004 年颁布实施的《地质灾害防治条例》(国务院 394 号令);
- 3、XXXX 市建设工程地质灾害防治方案设计技术要求,2011.11;
- 4、XXXX 市 XXXX 地块采空塌陷地质灾害勘查委托书、合同书。

1.5 以往工作程度

1965 年 2 月 XXXXXXXXX 提交了《XXXXXXX 新庙煤矿北勘探区评价报告》;1969 年 XXXXXXXXX 提交了《XXXX 幅区域地质矿产调查报告书(1:5 万)》,对区内地层分布及地质构造发育状况进行了详细论述;1997 年 3 月 XXXX 省与 XXXXXXXXX 共同提交了《XXXX 市水文地质工程地质环境地质综合详查报告(1:5 万)》;2002 年 8 月,XXXXXXX 与 XXXX 省地质环境监测总站对 XXXX 市 XXXX 分区规划建设用地进行了地质灾害危险性评估,并提交了《XXXX 省 XXXX 市 XXXX 分区规划建设用地地质灾害危险性评估报告》及相关图件。2011 年 3 月 XXXXXXXXX 提交了《XXXX 市 XXXX 地块建设工程地质灾害危险性评估报告》。

上述工作对勘查区周边区域地层、构造、水文地质、工程地质、环境地

质和地质灾害进行了评价和评估，为本次勘查奠定了基础。

1.6 勘查工作程序、方法、完成的工作量及质量评述

1.6.1 勘查工作程序

勘查工作程序见图 1-2。

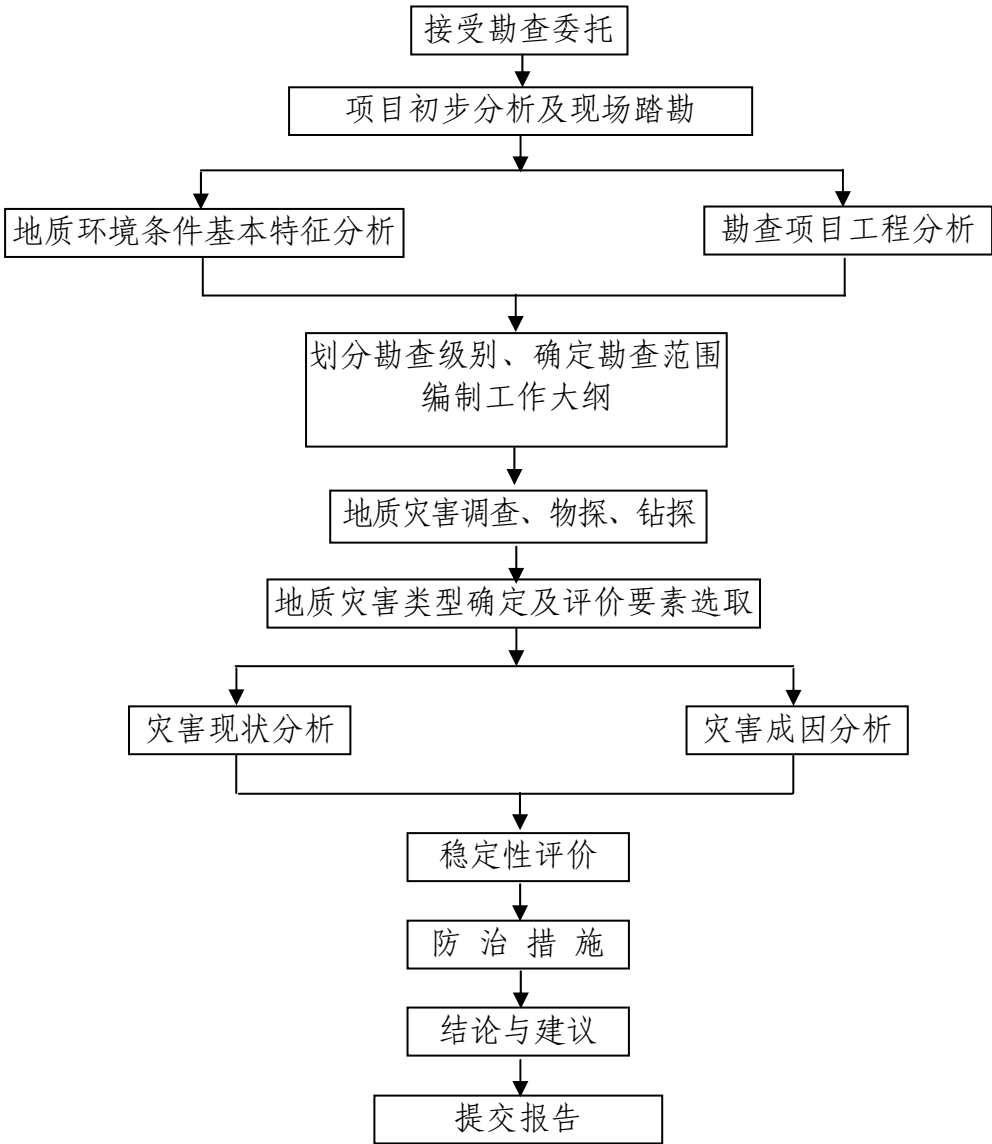


图 1-2 工作程序框图

1.6.2 勘查方法

目前，国内外主要是以调查为主，辅以工程钻探、地球物理勘探、变形观测、水文试验等。根据 XXXX 地块采空区的位置特征，本次勘查采取采矿情况调查、测量、工程地质测绘、物探（引用）、钻探、现场试验等综合勘查方

法。

一、采矿情况调查

工程地质调查、采矿调查是采空区勘察工作的基础，利用区域地质资料分析、实地调查、访问知情人或群访为主要手段，调查内容如下：

(1) 矿区的分布范围，矿层的开采范围、深度、层数。

(2) 开采方法和顶板管理，巷道宽度、高度、延伸方向，采空区的塌落情况。

(3) 搜集巷道图、采矿图、远景规划图，以了解采空区的位置、开采历史、计划、开采方法、开采边界、顶板处置管理方法、工作推进方向和速度、巷道平面展布方向、断面尺寸及相应的地表位置、顶板的稳定情况、塌落、支撑回填、积水情况、洞壁完整性和稳定程度以及远景开采规划等。

(4) 搜集地表变形与有关变形的观测，计算资料，包括地表最大下沉值、最大倾斜值、最小曲率半径，大概确定采空区部位及范围，然后根据测区地形、地质、地球物理条件，引用当地物探资料；再根据调查及物探结果布设钻孔进行验证；最后综合分析地质和钻探资料，圈定采空区范围、形态，经济准确地查清沿线的采空区分布及影响范围。

二、地形图及地质测绘工程

对采空区分布及其周边影响区域测绘 1:1000 地形图，并进行地质测绘，测绘面积 213375m²。主要是确定勘查区边界范围，查明勘查区内的建筑、塌陷坑位置，确定钻孔高程。

三、物探工程（引自灾评资料）

根据“灾评报告”，共布设 4 条勘探线，其中视电阻率测深剖面 4 条，测线长度 1800m，激电测深点 74 个，位于勘查区内的有三条。

根据工作区地形地质条件，物探选用激电测深的方法进行探测。由于 2 线两端各 100m 处分布建筑物、水塘，无法施工，进行分段测量，1、2 剖面方位角为 140—320°，3 线方位角 135—315°，其中 1 线为 400m（110~150 号点），2 线为 300m（三段合计，100~130 号点），3 线为 300m（100~130

号点)，点距 20m；工程布置详见附图“XXXX 市 XXXX 地块采空塌陷地质灾害勘查工程布置及成果图”。

1、激电测深

激电（含视电阻率）测深法是一种重要的电法分支方法。该法是在同一测点上逐次扩大电极距，观测垂直方向由浅到深的视电阻率和极化率变化情况，通过分析电测深曲线来了解测点下部沿垂向变化的地质情况，激电测深法有不同的装置类型，如三极电测深、对称四极电测深、偶极电测深等。

因为周边场地限制，物探采用三极激电测深装置：B 极置于无穷远，供电电极距（A 极）排列为：3m、6m、9m、15m、25m、40m、60m、100m、150m、220m、340m；测量极距 MN/2 排列为：1m、5m、20m 三个极距。

2、仪器设备

激电测深所用仪器为重庆奔腾研究所最新生产的 WDJS—2 型数字直流激电仪和 WDFZ—5A 型 5KW 大功率智能发射机一套。供电采用双向短脉冲制式，短导线工作方法，供电周期 8s、断电延时 100ms、脉宽 40ms。测量电极为厂制不极化陶瓷电极罐一对，具有极差小而稳定，抗干扰能力强的优点。

四、钻探工程

钻孔勘查的工作任务主要是：（1）验证物探推测成果；（2）查明勘查区的第四系厚度、煤层厚度、煤层分布特征及采空发育特征。

钻探孔均位于勘探线及周边异常点，共布设钻孔 6 个，总进尺 376.3m。

为加快勘查进度，本次勘查采用两台 XY-150 型号钻机同时钻进。钻进过程中观测钻进的难易及速度的变化，测量、记录缩径、掉块、塌孔、卡钻、涌水、漏水、岩心破碎程度及套管变形的部位，以判断煤层深度、厚度及采空区的高度。

1.6.3 工作进程及完成工作量

接受委托后，我队即组建了项目组，确定了项目负责人。项目组成员 6 人，由地质、水工环专业技术人员组成，其中设项目负责 1 人，具体负责项目的组织实施。

2011 年 11 月上旬正式接受 XXXX 市 XXXX 区人民政府委托开展勘查，

2011 年 11 月组织实施勘查施工，2011 年 12 月 3 日结束钻探野外作业，2012 年 12 月 7 日提交了勘查报告初稿。

勘查手段及完成的工作量详见表 1-4。

表 1-4 勘查手段及完成的实物工作量一览表

序号	采用的勘查技术手段		布置范围	主要目的	工作量	
					单位	工作量
1	地形图测量及地质测绘		勘查区范围内	(1) 查明勘查区地形地貌特征、地表建筑物、农田分布范围； (2) 查明区内岩土体岩性及结构特征、采空区分布范围；	km ²	0.11
2	钻探	验证性钻孔	物探异常点	(1) 揭露第四系厚度、土体结构特征、物质组成、地层结构； (2) 验证物探结果，查明采空发育特征； (3) 采取土样；	m/孔	376.3/6
3	环境地质调查	矿山调查	勘查区周边	了解附近矿山的开采范围、深度、厚度、采空区范围等地质资料。	个	3
		照片	勘查区及周边		张	15

1.6.4 质量评述

1.本次勘查严格执行现行国家和行业有关地质灾害防治工程勘查、设计的其它规范和标准。工作包括资料收集、地形图测量、工程地质钻探、物探、地质灾害调查、综合研究等。

2.勘查工作充分收集了调查场地的地质、水工环地质等方面的最新研究成果，基础资料扎实、可靠。

3.野外调查工作开展前，项目组成员集中研究了勘查区地质环境条件，统一了调查方法、调查内容和技术要求。在调查过程中，严格按照国家有关技术规范组织实施。调查工作以 1:1000 地形图做手图，采用手持式 GPS 卫星定位仪定点，精度基本满足地质灾害调查要求。对每一调查点都编号记录，做到字迹清晰，记录详细，手图与记录一一对应。项目组对野外调查资料 100% 自检，成果质量责任落实到人。

4.测量工作严格按照《工程测量规范》(GB50026-93) 进行。

5.岩芯钻探严格按照《建筑工程地质钻探技术标准》(JGJ87-92)进行。

6.综合研究在充分利用前人资料基础上,融入本次野外调查,做到资料利用准确。

7.报告及附图依照地质灾害勘查及有关规范编写和编制。报告图件均进行了数字化,以提高图件的精度和质量。

8.队生产技术部对整个工作过程进行质量监控。野外调查结束后,组织有关人员对野外调查资料进行了抽查和验收,确保了工作质量。报告初稿编制完成后,又组织有关人员对报告进行了初审,项目组根据初审意见对报告进行认真修改后上报终审。

1.6.5 勘查工作取得的主要成果

1. 查明了采空区及周边的地质环境条件;

2. 查明了采空区的分布范围、上覆岩层的厚度及稳定性、采空塌陷发育特征;

3.对勘查区采空塌陷地质灾害的稳定性、危害性和发展趋势进行了评价,并提出相应的防治方案建议。

提交的资料成果如下:

1.文字报告 1 份,《XXXX 市 XXXX 地块采空塌陷地质灾害勘查报告》;

2.XXXX 市 XXXX 地块采空塌陷地质灾害勘查工程布置及成果图(1:2000);

3. 钻孔柱状图。

2、勘查区地质环境条件

2.1 勘查区地理条件

区域地层区划属扬子地层区下扬子地层分区芜湖—安庆地层小区。地表全部为第四系覆盖，下伏基岩地层自老至新为二叠系下统孤峰组～三叠系下统南陵湖组（见图 2-3），各地层岩性见表 2-1。

二、勘查区地层

（一）前第四纪地层

勘查区前第四纪地层包括二叠系下统孤峰组～三叠系下统殷坑组。北西翼地层倾向北西，倾角 $30\sim 50^\circ$ ；南东翼地层倾向南东，倾角约 25° 。自老至新分述如下：

1.二叠系下统孤峰组（ P_{1g} ）：分布于勘查区东侧背斜轴部。岩性上部为灰黑、黑色硅质页岩，夹灰色硅质灰岩及页岩；下部为灰、灰黄色页岩、含锰页岩。与下伏地层为假整合接触，厚 $49\sim 83m$ 。

表 2-1 区域地层简表

界	系	统	组	代号	厚度 (m)	主要岩性
新生界	第四系	全新统	芜湖组	Q_{4w}	$2.0\sim 51.0$	褐灰—褐黄色粉质粘土，褐黄色粘土，褐灰色粘土夹碎石
		中更新统	戚家矶组	Q_{2q}	$7.0\sim 23.0$	黄褐色粘土，红褐色粘土，含砾粘土，褐红—褐黄色粘土
中生界	三叠系	下统	南陵湖组	T_{1n}	>200	浅灰色中厚层状灰岩，顶部见薄层状灰岩、瘤状灰岩
			和龙山组	T_{1h}	$184\sim 195$	灰色条带状灰岩，钙质页岩夹灰岩，底部为泥质钙质页岩
			殷坑组	T_{1y}	$67\sim 148$	黄绿色泥质灰岩、钙质页岩夹灰岩，顶部见厚层灰岩
古生界	二叠系	上统	大隆组	P_{2d}	$27\sim 52$	黑色硅质页岩、泥质页岩、硅质岩和泥质炭质页岩、粘土页岩及粉砂岩、长石砂岩，含煤 1～3 层
			龙潭组	P_{2l}	$57\sim 71$	

		下 统	孤峰组	P _{1g}	49~83	黑色硅质岩夹硅质页岩夹含锰灰岩、 含锰页岩，局部夹灰岩透镜体
--	--	--------	-----	-----------------	-------	-----------------------------------

2.二叠系上统龙潭组 (P_{2l})：分布于勘查区东南部，系区内含煤地层。厚 57~71.49m。岩性下部为灰黑、灰褐色及黑色含炭质页岩，夹灰黄褐色铁质结核的粘土页岩；中部为浅灰—浅灰黄褐色细—中粒长石砂岩、长石石英砂岩及石英细砂岩、粉砂岩和粉砂质页岩；上部为灰、灰黑色薄层炭质页岩、粘土页岩，夹粉砂岩及粉砂质页岩，夹煤 2 层，分别为 C1 和 C2 煤层（见图 2-4）。

煤层形态变化较大，倾角陡，呈紧密频繁的褶皱，与下伏地层为假整合接触。煤层出露于 勘查区东部，该处煤层倾向北西，倾角一般 36~51°，局部较陡。C1 煤层：位于含煤段下部，上距 C2 煤层一般 0.23~4.28m，平均 1.10m（夹石）。煤层厚度 0.46~2.03m，平均厚 0.91m，变化很大。C2 煤层：位于含煤段的上部或顶部，厚度 0.46~1.78m 不等，平均厚 1.06m，变化不大。C1 和 C2 煤层氧化带深度约 30m。

图 2-2 区域地形地貌图

图 2-3 区域基岩地质图

3.二叠系上统大隆组 (P_2d): 分布于勘查区北西部, 岩性下部以灰黑色硅质页岩为主, 夹灰黑色泥质页岩; 上部为灰黄色泥质页岩、泥质灰岩, 夹灰黑色硅质页岩。与下伏地层为假整合接触, 厚 27~57.54m。

4.三叠系下统殷坑组 (T_{1y}): 下部为泥质灰岩和钙质灰岩, 上部为灰色薄层灰岩, 条带状灰岩夹中厚层灰岩, 顶部见巨厚层灰岩。厚 77.36~139.36m。

(二) 第四纪地层

第四系全新统冲洪积层 (Q_4^{al+pl}): 分布于勘查区西部冲沟及谷地, 岩性以褐黄色粉质粘土为主, 底部为碎石类土。厚约 0.45~10.3m。

第四系中更新统坡洪积层 (Q_2^{dl+pl}): 分布于勘查区东部坡岗地, 岩性为黄褐色、红褐色粘性土及碎石类土。厚 5.2~7.4m。

三、岩浆岩

勘查区内未见岩浆岩分布, 离勘查区最近的岩浆岩距离约 1400m, 离勘查区较远, 对勘查区无影响。

2.2.3 地质构造与地壳稳定性

一、地质构造

(一) 褶皱

勘查区位于铜官山背斜北东倾伏端, 背斜向北东约 $5\sim 10^\circ$, 倾伏角倾没, 平面上呈鼻状构造, 剖面上呈斜歪的箱状~膝状褶皱。全长 9km, 南西宽、北东窄, 北西翼地层倾角 $30\sim 50^\circ$, 南东翼地层倾角 $15\sim 30^\circ$, 深部 $60\sim 70^\circ$ 。背斜以二叠系下统栖霞组灰岩为核, 两翼地层为三叠系下统殷坑组、和龙山组及南陵湖组组成。

区内次级褶皱极发育, 以北东段表现明显, 次级褶皱轴线与主干构造迹

线平行，但是延伸短、规模小，两端自行消失，一般沿地层走向断续出现，次级褶皱对煤层影响较大，使煤层厚薄不均。

(二) 断裂

区域断裂构造较发育，主要有北东、北西、近东西向三组，其性质及特征见表 2-2。勘查区仅南东侧有 F7 断层通过，规划区内长度约 33m，F8 断层位于勘查区外部南东侧，距规划区约 28m。F7、F8 断层主要位于大隆组及龙潭组中，延伸长度短，长 200~350m，断距不大，破碎带宽度窄，地表为第四系粘土、粉质粘土覆盖，含水微弱，导水性亦弱。

表 2-2 断裂构造特征一览表						
断层代号	长度(m)	产 状 (°)			性 质	主 要 地 质 特 征
		走向	倾向	倾 角		
F ₁	2540	55	NW	68	走 向 逆 断层	地层缺失见角砾岩，宽约 10m，向 -350m 延伸。
F ₉	1000	41	SE	65~75	走 向 正 断层	地层缺失，见角砾岩带，错落地层 24~50m，切割地层至-500m 以下，平面上呈弧型。
F ₄	725	200~170	SE	70	斜 切 逆 断层	地层走向不连续，错落地层 15m，延伸-150m 以下。
F ₇	590	350	E	75	斜 切 正 断层	地层缺失，走向不连续，延伸-150m 以下。
F ₅	345	334	NE	84	斜 切 逆 断层	地层缺失，走向不连续，延伸-250m 以下。
F ₅	925	276	NW	45~55	斜 切 正 断层	地层走向不连续，见角砾岩带，错落地层 5~10m，切割至-150m 以下。
F ₈	1800	330	NE	75	斜 切 正 断层	地层缺失，煤层不连续，错落地层 50m，延伸-150m 以下。
F ₁₀	1320	280	SW	70	斜 切 正 断层	地层走向不连续，见角砾岩带，延伸 -500m 以下，为侵入体贯入，错落地层 30m。

二、区域地壳稳定性

(一) 新构造运动特征

新构造运动表现为有规律的整体升降运动，新构造运动不强烈。

第四纪早期，勘查区以上升为主，中更新世地壳由隆起转为沉降，晚更新世地壳上升，地表遭受剥蚀，全新世早期，地壳以沉降为主，河流型湖泊发育，致使沿江全新统（Q₄）地层发育较厚。

（二）地震活动特征

1.地震活动情况

勘查区位于华北地震区南部与华南地震区北部之间的过渡区，长江中下游—南黄海地震带西南端。

根据区域破坏性地震目录，自 1336 年以来，XXXX 及周边地区（对 XXXX 有影响的地震）共发生震级 $M_s \geq 4.7$ 地震 20 次，最大地震为 1917 年霍山 $6\frac{1}{4}$ 级地震。2005 年 11 月 26 日江西九江瑞安震级 5.8 地震，2011 年 1 月 19 日 XXXX 安庆震级 4.8 地震，XXXX 均有感。具体见表 2-3。

根据 1970 年测震台网建立以来的地震目录，近场区共发生 $M_s \geq 2$ 级地震 21 次，其中 2.0~2.9 级地震 17 次，3.0~4.8 级地震 4 次。最大为 2011 年 1 月 19 日 $M_s 4.8$ 地震。2005 年 12 月 19 日 XXXX 本地（北纬 30.94° ，东经 117.90° ）发生 $M_s 3.0$ 级地震，有感强烈，未造成破坏。上述地震的发生均与勘查区内的断裂构造没有关系。

2.地震活动特征

根据区内有感地震活动情况记载，地震活动具有以下几个特征：

（1）勘查区地震活动强度和频度相对较低，受外围地区中强地震的影响较突出。

（2）勘查区以小震活动为特点，历史上未发生 $M_s \geq 5.0$ 级以上地震，一般在 1~3 级。

表 2-3 XXXX 及周边地区 $M_s \geq 4\frac{3}{4}$ 级地震目录

序号	发震时间	震中位置		震级	参考地名
		北纬（°）	东经（°）		
1	1336.01.12	31.2	116.1	$5\frac{1}{4}$	XXXX 霍山西南
2	1425.03.07	31.7	116.5	$5\frac{3}{4}$	XXXX 六安
3	1497.06.11	30.5	116.5	$4\frac{3}{4}$	XXXX 潜山西南
4	1500.11.18	32.4	118.2	$4\frac{3}{4}$	XXXX 来安
5	1535.01	30.7	117.5	$4\frac{3}{4}$	XXXX 贵池
6	1561.02	30.5	117.4	$4\frac{3}{4}$	XXXX 贵池西

7	1585.03.06	31.2	117.7	5 ³ / ₄	XXXX 巢县南
8	1635.02.17	30.5	116.5	4 ³ / ₄	XXXX 潜山、怀宁
9	1652.02.10	31.4	116.3	5 ¹ / ₂	XXXX 霍山
10	1652.03.23	31.5	116.5	6	XXXX 霍山东北
11	1654.02.17	30.9	117.5	5 ¹ / ₄	XXXX 枞阳、庐江
12	1673.03.29	31.8	117.3	5	XXXX 合肥
13	1743.06.30	30.7	118.4	5	XXXX 泾县
14	1770.01.16	31.4	116.3	5.7	XXXX 霍山
15	1868.10.30	32.4	117.8	5.5	XXXX 定远南
16	1917.01.24	31.3	116.2	6 ¹ / ₄	XXXX 霍山
17	1934.03.18	31.3	116.2	5.0	XXXX 霍山
18	1954.06.17	31.5	116.5	5.3	XXXX 六安
19	2005.11.26	29.7	115.7	5.7	江西九江
20	2011.1.19	30.6	117.1	4.8	XXXX 安庆

注：资料来源《中国历史强震目录》、《中国近代地震目录》

（3）地震效应评价

根据《中国地震动参数区划图》（GB18306—2001），勘查区地震动峰值加速度分区值为 0.05g，相应地震基本烈度为Ⅵ度区（表 2-4、图 2-5）。

表 2-4 地震动峰值加速度分区与地震基本烈度对照表

地震动峰值加速度分区	<0.05	0.05	0.10	0.15	0.20	0.30	≥0.40
地震基本烈度	<Ⅵ	Ⅵ	Ⅶ	Ⅶ	Ⅷ	Ⅷ	≥Ⅸ

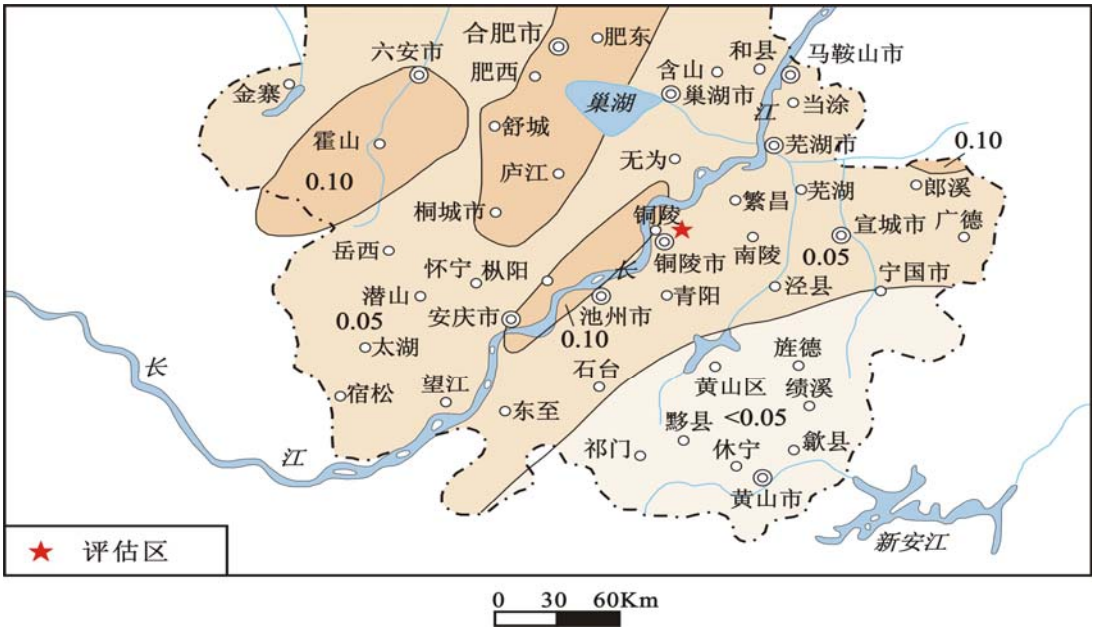


图 2-5 区域地震动峰值加速度区划图

综上所述，地震多为受外围地区中强地震影响所致，属弱震区，区域稳

定性较好。

2.2.4 工程地质条件

（一）岩体工程地质特征

区内岩体工程地质类型共划分为 2 个建造类型、2 个工程地质岩性综合体类型，见表 2-5。

表 2-5 各类型岩体岩石主要物理力学性质指标一览表

岩体类型			容重 (g/cm ³)	抗压强度 Rc (MPa)	内聚力 C (MPa)	内摩擦角 Φ (°)	纵波速度 Vp (m/s)
建造类型	岩体综合体类型	地层代号					
碎屑岩建造	较坚硬~较软弱薄层状硅质页岩、砂质页岩	P _{2d} P _{2l} P _{1g}	2.54~2.78	18.5~234.9	6.9~30.6	34.1~40	1800~5250
碳酸盐岩建造	较坚薄层状泥质灰岩	T _{1y}	2.70~2.80	33.1~149.5	8.8~30.4	40.0~59.0	3000~6000

注：引用《XXXX 省 XXXX 市 XXXX 分区规划建设用地地质灾害危险性评估报告》。

1.碎屑岩建造类型

较坚硬~较软弱薄层状硅质页岩、砂质页岩岩组：分布于勘查区南东部，由二叠系上统大隆组、龙潭组及下统孤峰组组成，为硅质岩、硅质页岩、炭质页岩、砂质页岩、粘土岩、砂岩及煤层等，薄层状结构，破碎，容重 2.54~2.78 g/cm³，岩石软硬相间，岩石抗压强度 39.0~234.9MPa，变化较大，内聚力 6.9~30.6 MPa，内摩擦角 34.1~40°。工程地质性质一般。

2.碳酸盐岩建造类型

较坚硬薄层状弱岩溶化灰岩、泥质灰岩岩组：分布于勘查区西部，由三叠系下统殷坑组组成，为灰岩、白云质灰岩、白云岩组成，间夹硅质岩、生物碎屑灰岩、泥质灰岩等，薄层状结构，浅部裂隙发育。容重 2.70~2.80 g/cm³，岩石抗压强度 33.1~149.5MPa，内聚力 8.8~30.4 MPa，内摩擦角 40.0~59.0°。岩体较坚硬~坚硬，工程地质性质较好。

（二）土体工程地质特征

勘查区内地表普遍为土体覆盖，主要为全新统冲洪积层（Q₄^{al+pl}）及中更新统坡洪积层（Q₂^{el+dl}）地层，分布于冲沟谷地及谷地表部、坡岗地，根据收

集资料及调查结果， 勘查区土体可分为 3 层，厚度约 5-15m，自上而下分别为①杂填土、②粉质粘土、③碎石土，其工程地质特征分述如下：

①杂填土 (Q_4^{ml})：普遍分布，杂色，成分为粉质粘土、碎石，底部见 0.5m 耕土，软，松散，层厚 0.5~2.0m，层底埋深 13.62~28.78m。

②粉质粘土：勘查区内本次仅两个钻孔见粉质粘土，褐黄色，湿，可~硬塑，含高岭土团块、铁锰质结核，层厚 2.1~7.6m，层底埋深 10.04~25.41m，实测标贯击数值 11~16 击/30cm，承载力特征值 260kPa。

③碎石土： 勘查区内遍布，红褐色、黄褐色，稍湿，中密，可~硬塑状粉质粘土充填，碎石含量 50~60%，多为石英砂岩和硅质岩，砾径 1~3cm，部分大于 3cm，次棱角状，层厚 5.2~7.4m，层底埋深 5.62~18.97m，实测重型动探击数 9~26 击/10cm，承载力特征值 300kPa。

各层的物理力学指标见表 2-6。

2.2.5 水文地质条件

据煤田勘探、开采和供水勘察资料，区内含水层水量微弱，断层破碎带导富水性均很弱。

（一）地下水类型及含水岩组

1. 松散岩类孔隙含水岩组

全新统冲洪积层 (Q_4^{al+pl}): 分布于谷地和冲沟表部，为褐灰、褐黄色粉质粘土，底部为粘土夹碎石，单位涌水量 $0.011\text{l/s}\cdot\text{m}$ ，富水程度极弱。

中更新统坡洪积层 (Q_2^{dl+pl}): 分布于岗地，为黄褐色、红褐色粘土。单位涌水量 $0.0095\sim 0.0117\text{l/s}\cdot\text{m}$ ，富水程度极弱，矿化度 $0.13\sim 0.62\text{g/l}$ ，为 $\text{SO}_4\cdot\text{HCO}_3\text{-Ca}$ 、 $\text{HCO}_3\text{-Ca}$ 型水。

2. 碳酸盐岩夹碎屑累含水岩组

殷坑组 (T_{1y}): 上部为灰色薄层灰岩，条带状灰岩夹中厚层灰岩，下部为泥质灰岩和钙质灰岩。上部灰岩裂隙较发育，往下减弱，岩溶零星发育。富水性不均，随深度减小，单位涌水量 $0.00221\sim 0.0477\text{l/s}\cdot\text{m}$ ，富水程度弱，矿化度 $0.20\sim 0.36\text{g/l}$ ，为 $\text{HCO}_3\text{-Ca}\cdot\text{Na}$ 、 $\text{HCO}_3\text{-Ca}\cdot\text{Mg}$ 型水。

3. 碎屑岩类裂隙含水岩组

大隆组 (P_{2d}): 由硅质页岩及数层硅质灰岩组成，裂隙较发育，随深度而减弱，单位涌水量 $2.21\times 10^{-4}\sim 8.45\times 10^{-3}\text{l/s}\cdot\text{m}$ ，富水程度极弱。矿化度 $0.29\sim 0.54\text{g/l}$ ，为 $\text{HCO}_3\text{-Ca}\cdot\text{Mg}$ 、 $\text{HCO}_3\text{-Na}\cdot\text{Ca}$ 型水。

龙潭组 (P_{2l}): 下部为页岩，中部为砂岩，上部为页岩夹可采煤层，单位涌水量 $3.83\times 10^{-5}\sim 4.37\times 10^{-4}\text{l/s}\cdot\text{m}$ ，富水程度极弱，矿化度 0.57g/l ，为 $\text{HCO}_3\text{-Na}$ 型水。

孤峰组 (P_{1g}): 为硅质页岩、硅质灰岩及燧石层，底部含锰质页岩，裂隙发育不均，呈闭合状，为相对隔水层。

（二）地下水动态及补给、径流、排泄条件

勘察期间仅 BK3 钻孔发现地下水，稳定水位埋深约 13.20m。区内没有机井开采地下水，矿山已闭坑，地下水位变化主要受大气降水影响。

大气降水是区内地下水主要补给来源。大气降水通过第四系缓慢下渗。在天然状态下，地下水径流主要顺岩层层面。地下水的排泄主要在低洼地带以泉水方式及以地下径流方式流出区外。

2.2.6 人类工程活动对地质环境的影响

勘查区内人类工程活动对地质环境的影响主要是矿山的开采，其次为城市与道路建设。

（一）矿产资源开发对地质环境的影响

1. 矿山开采情况

勘查区内及附近的矿山主要有乡镇小煤矿 XXXX、XXXX，其开采年限为 1984~2000 年，现已停产关闭。

矿山多使用短壁式、房柱式非正规采煤法，由于两层煤相距太近，中间夹顶不厚，大部分情况下，只采 C₂ 煤层，局部地段开采 C₁、C₂ 煤层，采煤厚度一般 1.0-2.0m，采空区分布标高-20m~-80m。其中 XXXX 煤矿位于勘查区内，年生产能力约 1.5 万吨，累计采煤量约 16 万吨；XXXX 位于勘查区以南，年生产能力约 1.0 万吨，累计采煤量 15 万吨。

以巷道采掘为主，除运输大巷进行支护外，采煤巷道大多无支撑或临时支撑，采空区顶板任其自由垮落或人工放顶，采空区一般不充填。

2. 矿山开采引起的地表变形、采空区塌陷地质灾害

根据《XXXX 省 XXXX 市 XXXX 分区规划建设用地地质灾害危险性评估报告》，由于矿山顶板管理办法为全部陷落法，地下形成采空区后未能及时充填，覆岩的原始应力平衡状态被破坏，经过一段时间后，在地表形成局部沉陷、地裂缝，严重的成为塌坑。塌陷区地裂缝导致部分民房墙壁开裂、倾斜，地表水渗入井下等。

（二）城市与道路建设

城市和道路建设总体规模较大。道路主要为天山大道、铜都大道，以及规划的红星路、运机路（已建成）。道路建设切坡高度一般 1~3m，未见切坡引发崩塌、滑坡地质灾害现象。

3、矿山开采概况

3.1 矿床特征

勘查区内煤层位于二叠系上统龙潭组上部，岩性为灰、灰黑色薄层炭质页岩、粘土页岩，夹粉砂岩及粉砂质页岩，夹煤 2 层，分别为 C1 和 C2 煤层。

煤层形态变化较大，倾角陡，呈紧密频繁的褶皱，与下伏地层为假整合接触。煤层出露于勘查区东部，该处煤层倾向北西，倾角一般 $36\sim 51^\circ$ ，局部较陡。位于背斜核部的煤层较厚，两翼稍薄，局部地段缺失。C1 煤层：位于含煤段下部，上距 C2 煤层一般 $0.23\sim 4.28\text{m}$ ，平均 1.10m （夹石）。煤层厚度 $0.46\sim 2.03\text{m}$ ，平均厚 0.91m ，变化很大。C2 煤层：位于含煤段的上部或顶部，厚度 $0.46\sim 1.78\text{m}$ 不等，平均厚 1.06m ，变化不大。C1 和 C2 煤层氧化带深度约 30m 。

3.2 开采概况

勘查区内及附近的矿山主要有乡镇小煤矿 XXXX、XXXX，其开采年限为 1984~2000 年，现已停产关闭。

XXXX 煤矿位于勘查区内，开采方法主要采用房柱式采煤法，采用竖井开拓，主竖井为混合井。开采以巷道采掘为主，对浅部煤层进行开采。巷道主方向沿北东方向，宽约 2.0m ，高约 1.8m ，梯形断面，断面面积约 3.6m^2 。1#和 3#采空区处北侧主巷道标高约 -30m ，南侧主巷道最低约 -65m 。西侧煤层陡转处巷道最低标高约 -80m 。3#采空区处最低标高约 -90m （见工程布置及成果图），自运输大巷起，沿主巷道两侧根据煤的品位和开采难易程度进行开掘，巷道每隔一定距离用联络巷贯通，形成方块或矩形煤柱。

勘查区内煤矿沿矿体走向划分成若干采区（房），采区长约 $8\sim 10\text{m}$ ，采区间留 $1\sim 3\text{m}$ 宽的连续矿柱，一个采区分为几个矿块，矿块分为矿房和矿柱，矿块宽 $11\sim 12\text{m}$ ，矿块间留随机矿柱。煤房掘进到预定长度后，对有价值的煤柱进行回采。回采过程中对煤层较薄的地区开采后进行简单的支撑，工程中除运输大巷进行支护外，大部分采空区顶板任其自由垮落或人工放顶，采空区一般不充填。

由于两层煤相距太近，中间夹顶不厚，大部分情况下，只采 C2 煤层，局部地段开采 C1、C2 煤层，采煤厚度一般 1.0~2.0m，采空区分布标高-20m~-80m（西侧煤层陡倾处）。其中 XXXX 煤矿位于勘查区内，开采深度约 36~96m，年生产能力约 1.5 万吨，累计采煤量约 16 万吨。

4、采空塌陷地质灾害现状及采空区特征

4.1 采空塌陷特征

根据资料记载及调查，规划区及周边曾发生过采空塌陷、地面变形地质灾害，由谢垅煤矿采矿活动引起，地面变形表现形式主要为塌坑、房屋开裂。由于采空区内部分地区煤层较浅处进行了简单的支撑处理，煤层较厚地区自由放顶，因此地面变形的形式为非连续性变形，与本次调查结果相吻合。

据调查，XXXX、XXXX 地面变形始于 1992 年，于 1996~1998 年共产生 5 个塌陷坑（表 4-1），其中 3 个位于规划区内，2 个位于规划区南部外侧。其中面积最大的一处位于规划区外侧南部运机路以南，呈椭圆形，长轴约 90m，短轴约 65m，面积约 5000m²，深约 1.6m。采空塌陷共造成规划区恒威村泉水组村民三间房屋开裂破坏严重（现已拆除），墙身裂缝达 5cm，电线杆基础下沉，但未造成人员伤亡。现状塌陷区早已回填整平，无明显塌陷迹象。

表 4-1 XXXX、XXXX 地面塌陷坑特征

塌陷编号		1	2	3	4	5
中心坐标	X	3425259	3425200	3425143	3425020	3424971
	Y	39553846	39553821	39553941	39553778	39553853
塌陷时间		1996~1998				
面 积		286m ²	265m ²	707m ²	5000m ²	93m ²
深 度		1.1m	1.1m	1.5m	1.6m	1.0m
现 状		已回填整平，无变形塌陷迹象				
备 注		位于规划区中部			位于规划区南侧外部	

4.2 采空塌陷产生原因

采空塌陷区下方为 XXXX、XXXX 开采形成的采空区。根据收集资料，采空区标高-20~-80m，埋藏较浅，开采厚度一般为 1.0~2.0m，采深采厚比较小（一般 13~25）。谢垅、XXXX 以巷道采掘为主，采煤巷道大多无支撑或临时支撑，采空区顶板任其自由垮落或人工放顶，采空区一般不充填。第四系土体厚约 5-15m，采空区直接顶板为二叠系上统大隆组（P₂d）较坚硬~软弱薄层状硅质页岩、硅质灰岩，裂隙发育，岩体破碎，工程地质性质较差。因此，采空

区地表会产生较强烈的位移、沉降变形等，当部分裂隙带发育到土层中时，在疏干排水的强渗透力作用下，会产生塌陷。

4.3 采空塌陷发展趋势

据本次调查，矿山闭坑后，勘查区内未见塌陷的现象，地表亦无明显的变形现象；塌陷区范围内的房屋已经拆迁，规划区内的其他房屋未见由地面沉降引起的变形裂缝特征，其它区域地面未见塌陷或裂缝。

参考《XXXX 省 XXXX 市 XXXX 分区规划建设用地地质灾害危险性评估报告》，1990~1992 年立新煤矿对 XXXX 中学教学楼墙基开裂进行地面沉降观测资料，从监测曲线（图 4-1）可以看出，地表变形 1 年后即趋于稳定。由于谢垅煤矿已经于 2000 年停产，距今已超过 10 年，由此而引发的地面变形已经基本趋于稳定。

因此，现状采空区隐患体已基本稳定，继续发生变形的影响较轻，对地质环境的影响较小。

但在采空区上方进行工程建设时，建筑物荷载影响深度与采空区冒落带、裂隙带重叠时，可能会造成采空区“活化”，引发较大的地面沉降变形，造成建筑物损坏。由于规划建筑物部分层数较高，荷载较大，其荷载影响深度相对较大，造成采空区“活化”的可能性较大，引发采空塌陷地质灾害的可能性较大。

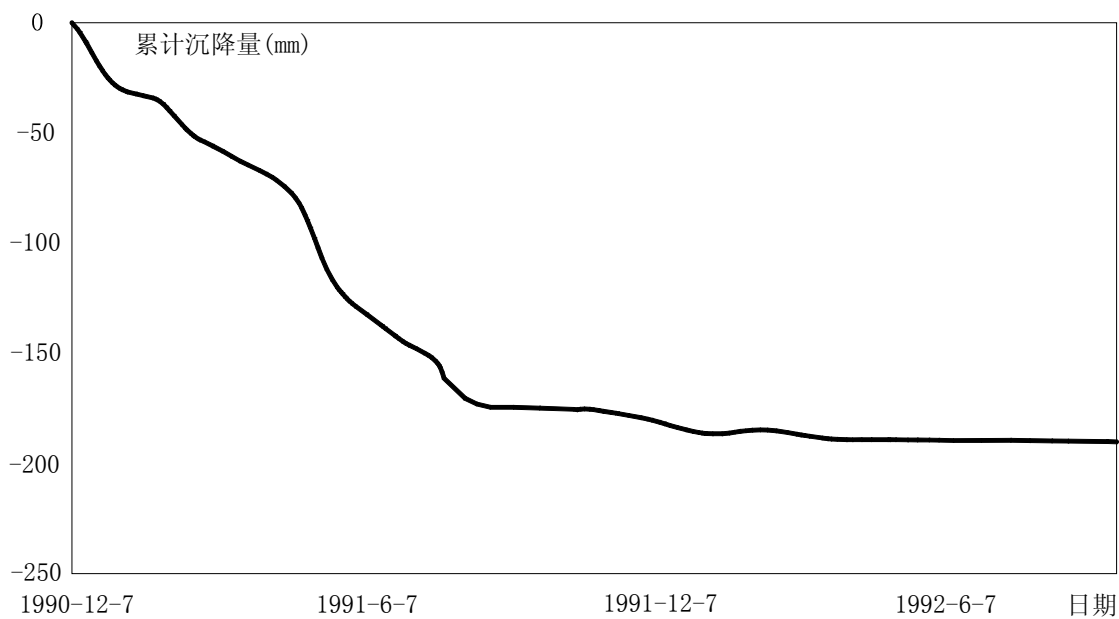


图 4-1 XXXX 中学楼沉降监测曲线

4.4 采空区基本特征

4.4.1 采空区分布特征

一、物探

物探共完成视电阻率测深剖面 1000m/3 条，激电测深点 74 个。依据 XXXX 地区物性资料：

①煤系地层 P_2l 为黑色炭质页岩、粘土页岩及粉砂岩、长石砂岩，含煤 1~3 层，电阻率低，极化率高；

② P_2d 黑色硅质页岩、泥质页岩、硅质岩和泥质灰岩，电阻率低~中等，极化率中等； T_{1y} 黄绿色泥质灰岩、钙质页岩夹灰岩，顶部见厚层灰岩，电阻率中等~高，极化率低；

③第四系土层视电阻率低，电阻率随着含砾含量增加而增加，低~中等；

④采空区视电阻率与地下水有关，充水崩落带为低阻，含水量小时为高阻，与第四系有联系的裂隙带电阻率降低，极化率因含煤细小颗粒，会稍增大。

因此，地层的测深单支曲线主要表现为：电阻率 K 型，极化率 A 或 K 型。煤层开采后，其对应区间的视极化率降低。崩落带与上覆岩层和下卧岩层存在显著的电性差异，空区顶底板将出现明显的反射系数 K_s 异常。

依据剖面对应的采空区崩落带，视电阻率增高，而视极化率降低，对应深度约为供电极距的 $AB/5$ ，表明本区地下水位较低，并以此推测其它地段的采空区位置及其深度。

根据本次物探，分析测区激电测深单枝曲线图，各测点曲线基本形态几乎一直，为三层曲线，呈“低——高——低”，即：浅部约 10m 以上为低阻，是地表第四系粘土层反应，局部高值点为零星不均匀体的反应；中间出现串珠状异常，为采空区、巷道的反应。下面对各测深剖面进行分析（见图 4-2~4-10）：

①1 线测深（图 4-2~4-4）：在 112~118 号点的约 35~90m 深度上可见一明显异常区域，为相对的高阻低极化，与采空区电性特征吻合，与已知采空区

位置对应；122~124 号点的 20~40m 深度上出现异常现象，产状倾向北西，性质与前者近似，推测是浅部殷坑组地层的反映；138~150 号点 30m 深度左右呈现低阻高极化反应，产状倾向北西，与浅部煤系地层对应。

②2 线测深（图 4-5~4-8）：在 104~116 号点，埋深 30~100m 上下；122~128 号点，深度约 20~100m 上下都有明显采空区的电阻率、极化率和 K_s 异常特征，与已知采空区对应，只是比已知采空区范围要大；115~118 号点，埋深 60m 上下高阻低极化，推测为巷道引起。

③3 线测深（图 4-9~4-10）：在 102~106 号点，埋深 40~50m，115~118 号点，埋深 60~90 m，122~128 号点左右一带，深度约 20~60m 上下都有异常现象，推测为采空区引起。

二、钻探

根据物探结果推测的异常点，本次共布置六个钻孔，每条勘探线布置两个验证性钻孔，共进尺 376.3m，（柱状图见附图）

根据“灾评报告”及本次勘查确定，规划区内采空区共有 3 处，其分布特征见表 4-2，其中 1#、3#采空区位于次级向斜两翼，2#采空区位于次级倒转背斜核部。

表 4-2 规划区采空区分布特征

空区编号	1#	2#	3#
长 度	127m	129.4m	314.5m
宽度	33m	15.6m	32m
投影面积	4135m ²	1916m ²	3603m ²
顶板标高/倾角	-20m/43.5°	-29m/36°	-21m/51°
走向/倾向	NE/SE	NE/SE 和 NW	NE/NW

根据“灾评报告”中钻孔资料以及本次勘查施工的钻孔资料显示，物探与钻探结果基本吻合，采空区及冒落带及裂隙带分布标高约+5.0~-75.0m，分布范围主要有 2 处，一处分布于上述 1#、2#采空区及其外围，面积 26818m²，另一处分布于上述 3#采空区及其外围北西侧，面积 9026m²，推测采空区总面积 35844m²。根据调查及资料显示，巷道总长度约 1100m。详见及附图 1 “工程布置图”。

4.4.2 “两带”发育高度

（1）形态特征

XXXX 煤矿煤层为急倾斜煤层。急倾斜煤层开采时，当采场形成一定空间后，直接顶上段的岩层受自重力的影响而发生冒落，并逐步向上位岩层扩展，采场正上方未冒落岩层形成支撑横梁结构。老顶覆岩受自重力的作用向采空区内弯曲，底部受矸石支撑，因而老顶岩板两端受支撑作用而形成一个类似“厂”型弯曲的岩层移动结构，这种岩层移动模式逐渐向上覆岩层扩展，最终形成的冒落带及裂隙带形状为“厂”型特征。裂隙带常见岩体特征为纵向裂隙发育。（照片 4、5）

(2) 发育高度

该煤层的顶板为中硬～软弱岩层，按照中硬型进行计算，根据《三下采煤新技术应用与煤柱留设及压煤开采规程实用手册》，对冒落带及裂隙带的发育高度计算如下（图 3-6）：

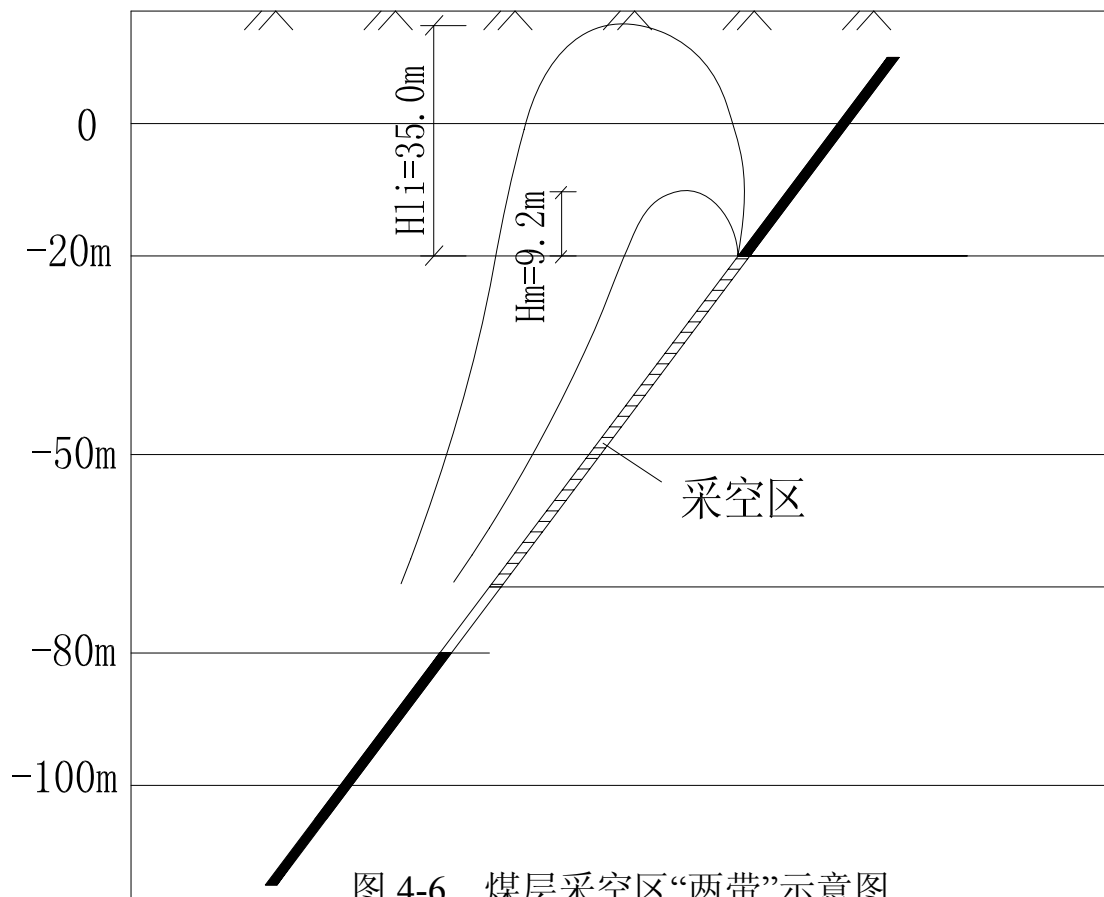


图 4-6 煤层采空区“两带”示意图

$$\text{冒落带: } H_m = \frac{100M}{4.7M + 19} \pm 2.2 \quad (4-1)$$

$$\text{裂隙带: } H_{li} = \frac{100M}{1.6M + 3.6} \pm 5.6 \quad (4-2)$$

M 为煤层开采厚度，根据煤矿开采情况，取 M=2.0m，计算得冒落带发育的最大高度为 9.2m，裂隙带发育的最大高度为 35.0m，顶标高约+15.0m，，根据本次施工钻孔中推测的冒落袋高度 5.3～8.2m，裂隙带高度为 19.3～32.4m，

见柱状图。

综上所述，采空区标高位于-36m 以上部分的“两带”高度已发育至土层，发生采空塌陷的可能性大。

4.4.3 采空区空洞体积

由于规划区内累计采煤量 16 万吨，平均密度按 $1.35\text{T}/\text{m}^3$ 计，形成采空区体积约 11.9 万 m^3 。根据国内煤矿采空区治理经验，采空区经过长期的变形、冒落、岩石膨胀以及地面沉降等作用，其采空区空洞体积将缩小，按碎胀系数 1.3 计算，采空区空洞体积约为原采空区的 40%。因此，现状采空区空洞总体积约 4.76 万 m^3 。巷道总长度约 1100m，巷道空洞总体积约 3960 m^3 。

5、采空塌陷稳定性分析及影响范围

5.1 建筑物荷载对采空区的影响

采空区虽然经过了 10 年时间的自然压实，但是开采后形成的地下空洞、岩体中的离层、裂缝和冒落岩块的欠压密、孔隙中饱水等现象仍将长期存在，在外力扰动时，覆岩中原有的相对应力平衡状态将被打破，形成采空区及其破裂覆岩的二次移动和变形，对地面建筑物安全构成危害。

在采空区上方进行建设时，建筑物荷载影响深度与采空区冒落带、裂隙带重叠时可能引发较大的地面沉降变形，造成建筑物损坏。因此，应根据建筑物荷载影响深度与采空区冒落、裂隙带高度是否重叠来判断采空区地基稳定性。

5.1.1 附加应力法

(1) 天然基础

规划层数为 2~4 层的商务办公楼，地下室 1 层，拟采用独立基础，跨度不超过 8m，开间 4.0m，荷载 15KN/m^2 ，最大柱荷载 $q=15\text{KN/m}^2 \times 4\text{m} \times 8\text{m} \times 5=2240\text{kN}$ ，可~硬塑状粉质粘土作持力层，取建议特征值 260KN/m^2 考虑基底附加应力，桩底等效面积 9.2m^2 ，等效实体基础 $3.0 \times 3.0\text{m}$ ，当 $\delta_z=0.1P$ 时， $z=3.5D$ ，则影响深度小于 10.5m，即可塑状粉质粘土以下 10.5m，标高约+2.0m，裂隙带高度 35.0m，即建筑物荷载的影响深度与标高-33m 以上采空区裂隙带重叠的可能性较大，其附加应力诱发采空塌陷的可能性较大。

(2) 桩基础

规划 6 层的商务办公楼拟采用桩基础，框架结构，地下室 1 层，柱跨度约 $4\text{m} \times 8\text{m}$ ，最大柱荷载 $q=15\text{KN/m}^2 \times 4\text{m} \times 8\text{m} \times 7=3360\text{kN}$ 。采用桩基础，以强风化硅质、砂质页岩作为桩基持力层，埋深 10m 左右（标高约+6.0m），取建议特征值 1600KN/m^2 考虑基底附加应力，估算桩端直径约 1.8m。

在附加荷载作用下，影响采空区“活化”的附加应力不能超过“两带”

的承载力,考虑冒落带的碎胀性和自然密实性,其承载力特征值应大于 60kPa,约为中风化页岩的 0.038 倍。对于圆形基础,当地基中附加应力 $\delta_z=0.038P$ (P 为基底附加应力) 时, $z=3.8b$, 考虑持力层埋深, 则影响深度约为 17m, 标高-1.0m 左右。根据前面计算可知, 裂隙带发育最大高度为 35m, 即建筑物荷载的影响深度与标高-36m (深度约 55 m) 以上采空区裂隙带重叠的可能性较大, 其附加应力诱发采空塌陷的可能性较大。

5.1.2 极限平衡法

在采空区边界、房柱周围, 由于岩块相互支撑, 采空区上方高位岩层仅轻轻地支承于冒矸或房柱上, 如卸压和松动的悬臂梁, 其宽度与开采煤层厚度呈正相关, 近似等于煤层开采厚度。因此, 这些不规则冒落带部位和巷道的上方, 在附加荷载作用下, 当其应力超过裂隙岩体间的摩擦力时, 可能产生突然破坏。

设采空区 (巷道) 上部基底应力为 P_0 , 则作用在顶板上总压力 Q 为:

$$Q = G + BP_0 - 2f = \gamma H \left[B - H \tan \varphi \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \right] + BP_0$$

式中: G ---采空区单位长度顶板上岩层的总重力 (kN/m), $G = \gamma BH$;

B ---巷道宽度 (m);

f ---巷道单位长度侧壁的摩阻力 (kN/m);

H ---巷道顶板的埋藏深度 (m);

φ ---岩土层内摩擦角;

γ ---岩土层的平均重度 (kN/m³)。

当 H 达到某一深度, 使顶板岩层恰好保持自然平衡 (即 $Q=0$), 此时的 H 称为临界深度 H_0 , 则:

$$H_0 = \frac{B\gamma + \sqrt{B^2\gamma^2 + 4B\gamma P_0 \tan \varphi \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)}}{2\gamma \tan \varphi \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right)}$$

当 $H < H_0$ 时，地基不稳定； $H_0 < H < 1.5H_0$ 时，地基稳定性差； $H > 1.5H_0$ 时，地基稳定。

采空区巷道宽 $B=2.0\text{m}$ ，煤层最大开采厚度不超过 2m ，因此不规则冒落带宽度约 2m 。

桩径按 1.8m 考虑，最大柱荷载 3360kN ，其基底应力约 1600kN/m^2 。上覆岩土层平均重度取 $\gamma=25\text{kN/m}^3$ ，综合内摩擦角取 $\phi=45^\circ$ 。计算得， $H_0=33.8\text{m}$ ， $1.5H_0=50.7\text{m}$ 。表明埋深小于 51m 的巷道、采空区，其附近地基不稳定，工程建设引发巷道、采空区塌陷的可能性较大。

5.2 采空区的残余变形对建设工程的影响

勘查区内谢垆煤矿已于 2000 年停产，距今已超过 10 年，采空区地面变形、塌陷已达到基本稳定状态，发生再次塌陷的可能性小，但尚存在一定的残余变形。因此，在采空区上方进行工程建设时，应考虑采空区的残余变形对建设工程的影响。

5.2.1 采空区地面变形特征

勘查区内第四系厚度约 $5\sim 15\text{m}$ ，标高 $+16\text{m}$ 左右，开采煤层标高 $-20\sim -80\text{m}$ ，倾角约 $36^\circ \sim 51^\circ$ ，累计最大开采厚度可能达 3.0m ，采深采厚比 $15\sim 25$ ，采动影响系数 $n=1$ 。由于 XXXX 煤矿开采管理无序，采空区未进行沉降监测，采空区变形特征采用概率积分法进行计算。地表变形参数及影响半径计算公式如下，地表变形曲线见图-1。

1.影响半径

$$r = \frac{H}{\tan \beta} \quad (5-3)$$

2.地表最大下沉值

$$W_{\max} = M \times q \times n \times \cos \alpha \quad (5-4)$$

3.最大水平位移值

$$U_{\max} = bW_{\max} \quad (5-5)$$

4.最大倾斜值

$$i_{\max} = \frac{W_{\max}}{r} \quad (5-6)$$

5.最大曲率值

$$K_{\max} = 1.52 \frac{W_{\max}}{r^2} \quad (5-7)$$

6.最大水平变形值

$$\varepsilon_{\max} = 1.52b \frac{W_{\max}}{r} \quad (5-8)$$

其中：H——开采深度（m）；

h——采空区上方第四系厚度；

β ——岩石移动角（°）；

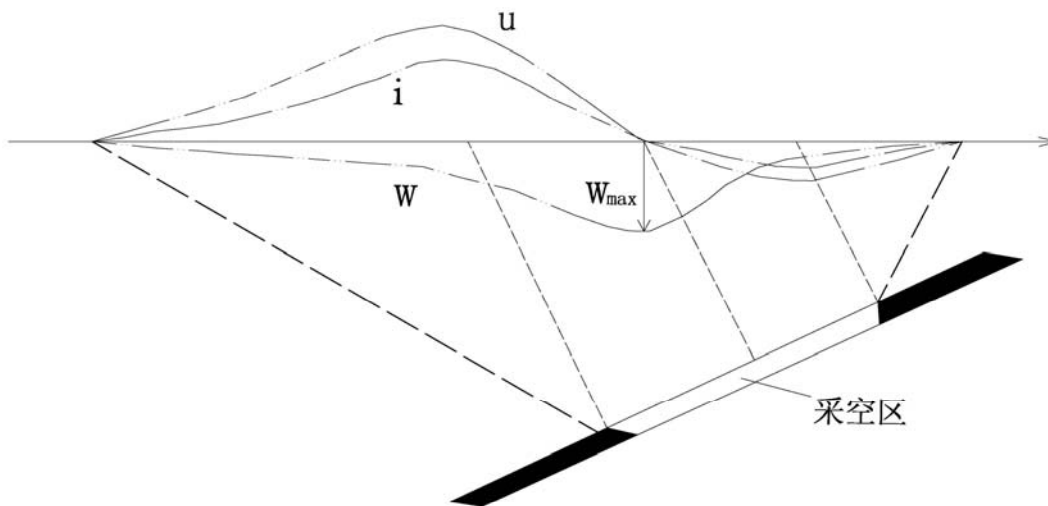
q——地表下沉系数；

M——开采厚度（m）；

α ——矿体倾角（°）；

n——采动影响系数；

b——水平移动系数。



W-下沉； i-倾斜； u-水平移动

图 5-1 倾斜煤层地面变形曲线

岩石移动角的及其它参数根据《三下采煤规程》并参考周边煤矿开采资料及地质条件确定如下：

采空区标高-20~-80m，煤层倾角 $\alpha = 36^\circ \sim 51^\circ$ ，开采深度 $H = 36 \sim 96\text{m}$ ，

煤层开采厚度取 $M=2.0\text{m}$ ，采动影响系数 $n=1$ （充分采动），地表下沉系数 $q=1$ ，水平移动系数 $b=0.4$ ，岩石移动角 $\beta=60^\circ$ 。

根据以上各式，计算采空区变形量见表 5-1。

表 5-1 地面变形的影响范围及各沉降指标值

影响半径 r (m)	最大沉降量 W_{max} (mm)	最大水平位移值 U_{max} (mm)	最大倾斜值 i_{max} (mm/m)	最大曲率值 $K_{max}(10^{-3}/\text{m})$	最大水平变形值 ε_{max} (mm/m)
20.8~55.4	1618	647	77.8	5.68	47.3

由此确定的采空区（巷道）影响范围见附图 1，面积约 71087m^2 ，即为勘查区范围。

根据 XXXX 省目前常用的地质灾害危险性等级量化指标，采空区最大水平变形值 $\varepsilon_{max}>6$ ，工程建设遭受采空塌陷地质灾害危险性大。

5.3.2 残余变形量

采空区残余下沉系数参考表 5-2，即采矿活动结束后 10 年后，采空区变形已达到最大变形量的 0.938 倍，其残余变形量为最大变形量的 6.2% ($1-0.938=0.062$)。残余变形计算结果见表 5-2。

表 5-2 采空区残余变形量一览表

开采结束时间 (a)	1	2	5	10	15	20 年以上
变形完成量 q	0.75	0.825	0.90	0.938	0.975	0.99

注：引自《深部老采空区残余沉降预计方法及其应用》

表 5-3 采空区残余变形量一览表

残余最大沉降量 W_e (mm)	残余水平位移值 U_e (mm)	残余倾斜值 i_e (mm/m)	残余曲率值 K_e ($10^{-3}/\text{m}$)	残余水平变形值 ε_e (mm/m)
70.2	28.1	2.59	0.14	1.57

根据 XXXX 省目前常用的地质灾害危险性等级量化指标，工程建设遭受采空区残余变形影响危险性小。

6、采空塌陷防治方案建议

6.1 采空塌陷防治原则

防治方案的拟定宜遵循以下原则：

1. 保证防治工程的科学性、可行性、合理性。
2. 采空塌陷防治工程应统一规划，根据地质环境背景条件，突出重点，因地制宜，采取综合治理措施。
3. 防治方案应具有技术可靠、经济合理、结构简单、可操作性强的特点。
4. 综合防治应贯彻工程措施与行政措施相结合的原则。

6.2 防治工程方案建议

根据勘查资料、地质环境条件、塌陷机理、预测分析，并结合规划方案，提出以下防治方案建议，供治理设计参考。

- 1、为提高地基承载力，根据采空区埋深等特征，确定采用全充填压力注浆充填法处理采空区。

全充填压力注浆法的原理是在地表施工钻孔，钻孔深度达到采空区底板，将注浆管密封在采空区上覆岩层中，采用泥浆泵，将浆液注入采空区冒落带及上部裂隙带中，浆液的结石体阻止上覆岩层及地表的进一步变形，从而达到治理采空区的目的。

用梅花形的孔位布置方式。注浆孔的间距根据浆液的扩散半径 R 来确定，一般取 $1.0R \sim 1.5R$ 。根据同类工程经验，浆液扩散半径约 15m，因此注浆孔间距取 20m。

- 2、大气降水及地表水下渗会加快采空塌陷的发生，因此，对勘查区内的地面及水渠进行防渗处理。

7、结论与建议

7.1 结论

1. 本次勘查收集了周边大量前期工作成果、基础地质资料、水文地质资料、矿山水文资料等，基本查明了勘查区地质环境背景条件：勘查区位于沿江丘陵平原地带，地势整体东高西低，微地貌单元主要为坡岗地与冲沟谷地；地质构造上处于铜官山背斜北东倾伏端，勘查区仅南东侧有 F7 断层通过；地层岩性中等复杂；地表水体不发育，地下水对岩土体的影响程度小，水文地质条件简单；破坏地质环境的人类活动较强烈。

2. 利用野外调查、物探、钻探、等多种手段，对勘查区内的采空塌陷地质灾害进行了综合研究，勘查区总面积 79180.1m^2 。

3. 查明了勘查区内煤层的厚度及开采深度：大部分情况下，只采 C2 煤层，局部地段开采 C1、C2 煤层，采煤厚度一般 $1.0\sim 2.0\text{m}$ ，采空区分布标高 $-20\text{m}\sim -80\text{m}$ 。

4. 基本查明了勘查区内的采空区的发育特征：勘查区内采空区共有 3 处，其中 1#、3#采空区位于次级向斜两翼，2#采空区位于次级倒转背斜核部。推测采空区总面积 35844m^2 ，采空区空洞总体积约 4.76万 m^3 。

5. 对采空塌陷进行了稳定性评价和预测：工程建设引发、遭受巷道、采空区塌陷的可能性较大，采空区影响半径 $20.8\sim 55.4\text{m}$ 。

7.2 建议

1、采空区影响范围内不宜建高层建筑，且应采用整体结构及其它结构加强措施。

2、采空区治理方案应根据规划设计工程布置及采空区调查结果等进行适当调整。

3、建设场地内做好截、排水措施，并进行防渗处理，防止地表水直接下渗加剧采空塌陷地质灾害。

4、勘查区内建立监测系统，对地面变形、房屋裂缝等进行简易监测，发现异常，及时查明原因并采取相应措施。

5、对道路、停车场及广场等行人密集区域进行地面硬化处理。

6、根据勘查区采空塌陷地质灾害勘查结果，委托有资质单位，编制 XXXX 地块采空塌陷防治工程设计。
