

# T/GEDA

团 体 标 准

T/GEDA XXX-2023

## 广西煤矿采空区岩土工程勘察规范

Code for investigation of geotechnical engineering in the coal mine goaf in Guangxi  
Zhuang Autonomous Region

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

发 布

## 前 言

根据广西勘察设计协会《关于〈广西煤矿采空区岩土工程勘察规范〉团体标准立项的通知》（桂设协〔2022〕52号）的要求，规范编制组经广泛调查研究，结合工程实践，参考区内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，编制了本规范。

本规范共分8章和7个附录，主要技术内容包括：总则、术语和符号、基本规定、勘察阶段工作内容、工程地质调查与测绘、工程物探、钻探与取样、原位测试和试验、地下水、采空区监测预测、采空区场地评价、采空区治理措施、成果报告等。

本规范的发布机构不承担识别专利的责任。

本规范由广西勘察设计协会归口管理，广西华蓝岩土工程有限公司负责具体技术内容的解释。在执行过程中，请各单位注意总结经验，积累资料，如有意见或建议，请寄送至广西华蓝岩土工程有限公司（地址：广西南宁市良庆区平乐大道15号五象绿地中心2号楼22层，邮编530200，以便修订时参考。

主编单位：广西华蓝岩土工程有限公司

参编单位：广西地矿建设集团有限公司

广西壮族自治区水利电力勘测设计研究院有限责任公司

广西建大勘测设计有限公司

广西地龙岩土工程有限公司

广西岭南岩土工程有限公司

广西戈宏检测科技有限公司

广西中煤地质有限责任公司

中铁二院工程集团有限责任公司南宁勘察设计院

中铁四院集团南宁勘察设计院有限公司

贺州市勘察测绘研究院有限公司

柳州市勘察测绘研究院有限公司

桂林矿产地质研究院工程有限公司

主要起草人：卢玉南 周绪鸿 杨用君 陆韦春 覃燕娜 卢林斌 钱伟文 蒋受义  
 丁红萍 刘 明 何忠山 庞春茂 滕永宁 邓文志 朱乐平 廖 原  
 覃 晟 欧阳仁奕 肖何平 甘 彬 林树荣 徐 甫 叶吉林 张 醒  
 朱海强 程泽锋 张贺威 张 艳 周金明 江顺利 唐路军 谭汉义  
 曾继杰 常 超 黄 冠 钟未礼 韦漫春 韦少典 覃震林 何 辉  
 周 屹 王秀蓉 卢超玉 罗 诚 王洪明 区小毅 韦炳思 田 原  
 向 磊 闫 斌 李永新 李新利 肖 剑 吴刚冠 何明芬 张金霞  
 张勤军 罗世毅 周永炼 胡磊磊 黄明晓 童新星 蓝会宾 陆成宁

主要审查人员：

## 目 次

1	总则	1
2	术语和符号	1
2.1	术语	1
2.2	符号	4
3	基本规定	5
4	勘察阶段工作内容	6
4.1	一般规定	6
4.2	工可勘察	6
4.3	初步勘察	7
4.4	详细勘察	8
4.5	施工勘察	9
4.6	小窑采空区岩土工程勘察	10
5	工程地质调查与测绘	10
5.1	一般规定	10
5.2	工程地质调查与测绘方法	11
5.3	工程地质调查与测绘内容	11
6	工程物探	12
6.1	一般规定	12
6.2	物探方法	12
6.3	成果报告	13
7	钻探与取样	13
7.1	一般规定	13
7.2	钻探方法	14
7.3	资料整理	15
8	原位测试及室内试验	16
8.1	一般规定	16
8.2	原位测试	16
8.3	有害气体采集与测试	16
8.4	岩土室内试验	16
9	地下水	17
9.1	一般规定	17
9.2	地下水调查及参数测定	17
9.3	地下水作用评价	17
10	采空区变形监测	18
10.1	一般规定	18
10.2	变形监测	18
10.3	监测报告	19
11	采空区变形预测	20

11.1	一般规定	20
11.2	预测内容	20
11.3	预测方法	20
12	采空区场地评价	20
12.1	一般规定	21
12.2	场地稳定性评价	21
12.3	建设适宜性评价	24
12.4	地基稳定性评价	26
13	采空区治理措施	27
13.1	一般规定	27
13.2	治理措施	27
13.3	建筑设计及结构预防措施	28
14	勘察成果报告	29
表 A	采空区场地类型划分	31
表 B	采空区专项调查表	32
附录 C	采空区地表移动盆地分区	33
表 D	工程物探方法及适用范围	35
附录 E	采空区钻探方法	36
附录 F	空区垮落带、断裂带计算方法	39
附录 G	窑采空区稳定性评价	41
引用标准名录		43
条文说明		46

## Contents

1	General provisions .....	1
2	Terms and symbols .....	1
2.1	Terms .....	1
2.2	Symbols .....	4
3	Basic requirements .....	5
4	Working contents of investigation phases .....	6
4.1	General requirements .....	6
4.2	Feasibility study investigation .....	6
4.3	Preliminary investigation .....	7
4.4	Detailed investigation .....	8
4.5	Construction investigation .....	9
4.6	Geotechnical investigation of small mine gob area .....	10
5	Investigation and mapping of the coal mine goaf .....	10
5.1	General requirements .....	10
5.2	Methods of investigation and mapping .....	11
5.3	Contents of investigation and mapping .....	11
6	Engineering geophysical exploration .....	12
6.1	General requirements .....	12
6.2	The geophysical method .....	12
6.3	Results report .....	13
7	Drilling and sampling .....	13
7.1	General requirements .....	13
7.2	Drilling method .....	14
7.3	processing of data .....	15
8	In-situ test and indoor testing .....	16
8.1	General requirements .....	16
8.2	In situ tests .....	16
8.3	Collection and test of harmful gas .....	16
8.4	Laboratory test of rock and soil .....	16
9	ground water .....	17
9.1	General requirements .....	17
9.2	Investigation and parameters measurement of underground water .....	17
9.3	Action evaluation of underground water .....	17
10	Weaf deformation monitoring .....	18
10.1	General requirements .....	18
10.2	Deformation monitoring .....	18
10.3	Monitoring report .....	19
11	Prediction of the goaf deformation .....	20
11.1	General requirements .....	20
11.2	Predicting content .....	20

11.3 Drediction technique .....	20
12 Site evaluation of the goaf area.....	20
12.1 General requirements.....	21
12.2 Site stability evaluation.....	21
12.3 Construction suitability evaluation.....	24
12.4 Foundation stability evaluation.....	26
13 Control measures for the goaf area.....	27
13.1 General requirements.....	27
13.2 Treatment measure.....	27
13.3 Architectural design and structural preventive measures.....	28
14 Survey results report.....	29
Appendix A Classification of goaf site types.....	31
Appendix B Special questionnaire of goaf area.....	32
Appendix C Seaf surface moving basin division.....	33
Appendix D Engineering geophysical exploration method and its scope of application.....	35
Appendix E Drilling method in the goaf area.....	36
Appendix F Calculation method of goaf collapse zone and fault zone.....	39
Appendix G Evaluation of roof and foundation stability in small kiln mining.....	41
List of referred standards.....	29
Explanation of provisions.....	44

# 广西煤矿采空区岩土工程勘察规范

## 1 总则

1.0.1 为了预防和避免煤矿采空区对工程建设的影响,提高煤矿采空区岩土工程勘察水平,做到技术先进、经济合理、保护环境,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于广西壮族自治区煤矿采空区影响范围内新建、改建或扩建工业与民用建(构)筑物等工程建设的岩土工程勘察。

1.0.3 煤矿采空区建设工程在设计和施工前,应按基本建设程序进行岩土工程勘察。各勘察阶段工作应正确反映场地工程地质条件,查明不良地质作用和地质灾害,判定作为工程场地的适宜性,提供勘察资料成果,并应提出工程处理措施建议。

1.0.4 煤矿采空区岩土工程勘察,除应符合本规范外,尚应符合国家现行相关标准的规定。

## 2 术语和符号

### 2.1 术语

#### 2.1.1 煤矿采空区 coal mine goaf

指地下煤炭资源开采空间,包括地下开采空间围岩失稳而产生位移、开裂、破碎垮落,直到上覆岩层整体下沉、弯曲所引起的地表变形和破坏的区域及范围。

#### 2.1.2 回采率 ratio of recovery; extraction rate

所开采煤层矿产采出量占工业储量的百分比。

#### 2.1.3 采深采厚比 ratio of mining depth and cutting height

矿层开采深度与法向开采厚度的比值。

#### 2.1.4 保护煤(岩)柱 safety pillar

为了保护建(构)筑物、水体、铁路及主要井巷,在其下方按一定规则和方法设计保留不采的煤层和岩层区段。

#### 2.1.5 围护带 safety berm

设计保护煤(岩)柱划定地面受护物范围时,为安全起见沿受护物四周所增加的带形面积。

#### 2.1.6 采动边坡 mined slope

位于采空区采动影响范围内的边坡。

#### 2.1.7 老采空区 old mined-out area

已停止开采且地表移动变形衰退期已结束的采空区。

#### 2.1.8 新采空区 new mined-out area

正在开采或虽已停采但地表移动变形仍未结束的采空区。

#### 2.1.9 未来(准)采区 preparatory mining area

已规划设计,尚未开采的采区。

#### 2.1.10 小窑采空区 small mine gob area

指采空范围较窄、开采深度较浅、采用非正规开采方式开采、以巷道采掘并向两边开挖支巷道、分布无规律或呈网格状、单层或多层重叠交错、大多不支撑或临时简单支撑、任其自由垮落的采空区。

#### 2.1.11 浅层采空区 shallow mined-out area

采深 $H < 50\text{m}$ 或 $50\text{m} \leq \text{采深}H < 200\text{m}$ 且采深采厚比 $H/M < 30$ 的采空区。

2.1.12 中深层采空区 middle-deep mined-out area

$50\text{m} \leq \text{采深}H < 200\text{m}$ 且采深采厚比 $H/M \geq 30$ 或 $200\text{m} \leq \text{采深}H < 300\text{m}$ 且采深采厚比 $H/M < 60$ 的采空区。

2.1.13 深层采空区 deep mined-out area

采深 $H \geq 300\text{m}$ 或 $200\text{m} \leq \text{采深}H < 300\text{m}$ 且采深采厚比 $H/M \geq 60$ 的采空区。

2.1.14 水平（缓倾斜）采空区 level(gently inclined) mined-out area

煤层水平或倾角小于 $15^\circ$ 的采空区。

2.1.15 倾斜采空区 inclined mined-out area

煤层倾角介于 $15^\circ \sim 55^\circ$ 的采空区。

2.1.16 急倾斜采空区 acute inclined mined-out area

煤层倾角大于 $55^\circ$ 的采空区。

2.1.17 长壁式开采 long wall mining

采煤工作面长度一般在 $60\text{m}$ 以上的开采，分走向长壁开采和倾斜长壁开采。

2.1.18 短壁式开采 short wall mining

采煤工作面长度一般在 $60\text{m}$ 以下的采煤方法。

2.1.19 房柱式开采 room and pillar extraction

在煤层中开掘一系列煤房，采煤在煤房中进行，保留煤柱支撑上覆岩层的一种开采方式。

2.1.20 条带式开采 strip extraction

将开采区域划分成规则条带，采一条、留一条，以保留煤柱支撑上覆岩层的一种开采方式，分充填条带和非充填条带。

2.1.21 充填开采 extraction with back stowing

在采空区内充填水、砂、矸石、粉煤灰等充填物的一种开采方式。

2.1.22 充分采动 critical mining

当采空区尺寸（长度和宽度）较大时，地表最大下沉值不随开采范围增大而增加的临界开采状态。

2.1.23 非充分采动 subcritical mining

当采空区尺寸（长度和宽度）有限时，地表最大下沉值随开采范围增大而增加的开采状态。

2.1.24 超充分采动 supercritical mining

当采空区尺寸（长度和宽度）相当大时，地表最大下沉值不随开采范围增大而增加的开采状态。

2.1.25 松散层 loose layer

第四系、新近系未成岩的沉积物，如冲积层、洪积层、残积层等。

2.1.26 垮落带（冒落带） caving zone

由采煤引起的上覆岩层破裂并向采空区垮落的范围。

2.1.27 断裂带（裂隙带） fractured zone

垮落带上方的岩层产生断裂或裂缝，但仍保持其原有层状的岩层范围。

2.1.28 弯曲带 sagging zone

断裂带上部的岩层在重力作用下，所受应力尚未超过岩层本身的强度，产生微小变形，但整体性未遭破坏，也未产生断裂，仅出现连续平缓的弯曲变形带。

2.1.29 地表移动 surface movement; ground movement

因采矿引起的岩层移动波及地表而使地表产生移动、变形和破坏的现象和过程。

- 2.1.30 地表移动盆地 subsidence basin  
由采矿引起的采空区上方地表移动的整体形态和范围。
- 2.1.31 地表移动盆地边界 subsidence basin  
地表受开采影响的边界，一般以下沉10mm确定。
- 2.1.32 移动盆地主断面 major section of subsidence basin  
与开采边界方向垂直并通过移动盆地最大下沉点的竖向断面。
- 2.1.33 地表移动延续时间 lasting time of surface movement  
一定区域开采条件下，从地表移动开始（下沉达到10mm）到结束（连续6个月内下沉小于30 mm）的整个时间。
- 2.1.34 地表移动初始期 initial stage of surface movement  
由地表最大下沉点下沉10 mm时开始，到地表最大下沉点下沉速度达50 mm/月（1.7 mm/d）时所经历的时间，视为地表移动初始期。
- 2.1.35 地表移动活跃期 Active period of surface movement  
在移动过程的延续时间内，地表最大下沉点下沉速度大于50 mm/月（1.7 mm/d）（矿层倾角小于45°），或大于30 mm/月（1.0 mm/d）（矿层倾角大于45°）所经历的时间，视为地表移动活跃期。
- 2.1.36 地表移动衰退期 Period of decline in surface movement  
从地表活跃期结束到移动期结束的阶段，视为地表移动衰退期。
- 2.1.37 地表下沉值 surface subsidence value  
地表点移动向量的竖直分量。
- 2.1.38 地表水平移动值 surface displacement value  
地表点移动向量的水平分量。
- 2.1.39 地表倾斜 surface tilt  
地表两相邻点下沉值之差与其变形前的水平距离之比。
- 2.1.40 地表水平变形 surface deformation  
地表两相邻点水平移动值之差与其变形前的水平距离之比。
- 2.1.41 地表曲率 surface curvature  
地表两相邻点倾斜差与其变形前的水平距离之比。
- 2.1.42 下沉速度 subsidence velocity  
地表点两次观测的下沉差与其观测的时间间隔之比。
- 2.1.43 边界角 limit angle; boundary angle  
在充分或接近充分采动条件下，移动盆地主断面上的边界点（下沉10 mm 点）与采空区边界点之间的连线与水平线在煤壁一侧的夹角。
- 2.1.44 移动角 angle of critical displacement  
在充分或接近充分采动条件下，移动盆地主断面上，地表最外边的临界变形点（倾斜  $i = \pm 3 \text{ mm/m}$ ，曲率值  $K = +0.2 \times 10^{-3} / \text{m}$ ，水平变形值  $\varepsilon = +2 \text{ mm/m}$ ）和采空区边界点连线与水平线在煤壁一侧的夹角。
- 2.1.45 下沉系数 subsidence factor  
水平或近水平煤层充分采动条件下，地表最大下沉值与采厚之比。
- 2.1.46 水平移动系数 displacement factor  
水平或近水平煤层充分采动条件下，地表最大水平移动值与地表最大下沉值之比。
- 2.1.47 主要影响半径 main influence radius

在充分采动条件下，主断面上下沉值为0.0063倍最大下沉值的点与同侧下沉值为0.9937倍最大下沉值的点的水平距离的1/2。

#### 2.1.48 主要影响角正切 tangent of main influence angle

开采深度与主要影响半径之比。

#### 2.1.49 拐点偏移距 deviation of inflection point

自下沉曲线拐点在地表面上投影点按影响传播角作直线与煤层相交，该交点与采空区边界沿煤层方向的距离。

#### 2.1.50 影响传播角 influence transference angle; effective transference angle

在地表移动盆地倾向主断面上，按拐点偏移距求得的计算开采边界和下沉曲线拐点在地表面上投影点的连线与水平线在下山方向的夹角。

#### 2.1.51 概率积分法 probability integration method

以正态概率函数为影响函数的地表移动预计方法。

## 2.2 符 号

$t$ ——终采时间；

$H_D$ ——荷载临界影响深度；

$H_a$ ——附加应力影响深度；

$H_{lf}$ ——垮落断裂带深度；

$H_m$ ——垮落带高度；

$H_{li}$ ——断裂带高度；

$W$ ——下沉值；

$K$ ——曲率值；

$U$ ——水平移动值；

$q$ ——下沉系数；

$M$ ——采出矿层法向厚度；

$H$ ——采空区采深；

$h$ ——松散层厚度；

$H_0$ ——采空区平均采深；

$S$ ——拐点偏移距；

$r$ ——主要影响半径；

$b$ ——水平移动系数；

$T$ ——地表移动延续时间；

$T_c$ ——移动初始期；

$T_h$ ——移动活跃期；

$T_s$ ——移动衰退期；

$V_w$ ——下沉速度；

$i$ ——倾斜值；

$\varepsilon$ ——水平变形值；

$\alpha$ ——煤层倾角；

- $\theta_0$  ——开采影响传播角；  
 $\tan\beta$  ——主要影响角正切；  
 $\Delta T$  ——剩余移动期；  
 $\Delta W$  ——剩余下沉值；  
 $\Delta i$  ——剩余倾斜值；  
 $\Delta K$  ——剩余曲率值；  
 $\Delta U$  ——剩余水平移动值；  
 $\Delta \varepsilon$  ——剩余水平变形值。

### 3 基本规定

3.1 煤矿采空区类型可根据开采规模、形式、时间、采深及煤层倾角等进行划分，详见附录 A，并应符合下列规定：

- 可根据开采规模和采空区面积划分为大面积采空区及小窑采空区；
- 可根据煤层开采形式划分为长壁式开采、短壁式开采、条带式开采、房柱式开采等采空区；
- 可根据开采时间和采空区地表变形阶段分为老采空区、新采空区和未来(准)采区；
- 可根据采深及采深采厚比分为浅层采空区、中深层采空区和深层采空区；
- 可根据煤层倾角分为水平(缓倾斜)采空区、倾斜采空区和急倾斜采空区。

3.2 拟建工程场地或其附近分布有不利于场地稳定和工程安全的采空区时，应进行采空区岩土工程勘察。

3.3 煤矿采空区场地的复杂程度可按表 1 划分。

表 1 煤矿采空区场地复杂程度

类别	地貌特征	不良地质	地质构造及地震作用	地表移动变形阶段	采深采厚比	煤层倾角、开采方式、规模及资料完整性	地下水
一级场地(复杂场地)	地貌单元类型多,地形起伏大,地形坡度一般大于 35°,相对高差大。	地表移动盆地边缘,地表陷坑、塌陷、滑坡、崩塌、泥石流等不良地质作用发育	处于活动性断裂,对抗震危险地段	地表移动变形活跃期,地表变形强烈或活跃	$\leq 30$	急倾斜采空区:采用非正规开采方法开采;重复开采多层煤层;特厚矿层和倾角大于 55°的厚矿层露头地段;小窑采空区;资料缺乏、可靠性差。	地下水位埋深浅,地下水丰富,对采空区稳定和工程安全影响大
二级场地(中等复杂场地)	地貌单元类型较多,地形起伏较小,地形坡度小于 35°,相对高差较小。	地表移动盆地中部均匀下沉区,地表陷坑、塌陷、滑坡、崩塌、泥石流等不良地质作用一般发育。	地质构造作用较发育,对抗震不利地段	地表移动变形衰退期,地表变形较大或连续变形	$> 30$	倾斜或水平(缓倾斜)采空区;采用正规开采方法开采单一煤层;资料丰富、可靠。	地下水位埋深较大,对采空区稳定和工程安全影响较小

3.4 煤矿采空区岩土工程勘察应根据基本建设程序分阶段进行，可分为可行性研究勘察、初步勘察、详细勘察和施工勘察。已建场地或拟建工程施工及运营过程中发生新采或复采时，应进行补充勘察。当现有资料比较充分是，可合并勘察阶段或常规岩土工程勘察合并进行。

3.5 煤矿采空区岩土工程勘察应在查明采空区特征的基础上，分析评价煤矿采空区场地的稳定性，并应综合评价煤矿采空区场地的工程建设适宜性及拟建建（构）筑物的地基稳定性，同时应提出煤矿采空区治理措施建议。

- 3.6 煤矿采空区勘察应充分搜集区域及场地地质资料、矿产及其采掘资料、邻近场地工程勘察资料等，且应对搜集到的资料的完整性、可靠性进行分析和验证。
- 3.7 煤矿采空区勘察应以勘察任务委托书和勘察技术要求为依据，并应根据勘察阶段、采空区类型、工程重要性等级、工程结构型式及布置、勘察手段的适用条件等，选择适宜的勘察方法与手段，同时应合理布置工作量。
- 3.8 煤矿采空区勘察报告应由文字说明和图件资料组成，并应附有必要的影像资料。
- 3.9 勘探工作布设时应避免对工程自然环境、地下管线、地下工程造成不良影响，勘探完工后应及时、妥善回填。

## 4 勘察阶段工作内容

### 4.1 一般规定

本章适用于老采空区和现采空区的岩土工程勘察。勘察范围应为下伏采空区的影响范围，应满足可能的采空区治理工程范围要求；勘察深度应大于采空区埋深。煤矿采空区岩土工程勘察工作应包括下列内容：

- a) 查明开采煤层上覆岩层和地基土的地层岩性、区域地质构造等工程地质条件；
- b) 查明采空区开采历史、开采现状和开采规划，以及开采方法、开采范围和深度；
- c) 查明采空区的井巷分布、断面尺寸及相应的地表对应位置，采掘方式和顶板管理方法；
- d) 查明采空区覆岩及垮落类型、发育规律、岩性组合及其稳定性；
- e) 查明地下水的赋存类型、分布、补给排泄条件及其变化幅度，分析评价地下水对采空区场地稳定性的影响；
- f) 查明地表移动变形盆地特征和分布，裂缝、台阶、塌陷分布特征和规律，分析及预测采空区地表移动变形特征和规律；
- g) 分析评价有害气体的类型、分布特征和危害程度；
- h) 评价采空区与建（构）筑物的位置关系、地面变形可能影响的范围和变化趋势；
- i) 收集场地已有建筑物变形和防治措施经验；
- j) 评价其作为工程建设场地的适宜性；
- k) 提出采空区治理和地基处理建议，包括采空区治理工程范围、方案和技术措施等。

4.1.1 对场地工程地质条件复杂或有特殊要求的工程，或施工期间需针对某一特定问题进行专项研究的工程，宜进行补充勘察或施工勘察。

4.1.2 煤矿采空区场地拟建建（构）筑物岩土工程勘察勘探点布置、岩（土）和水试样采取及试验、原位测试项目及数量等，除应符合本规范的有关规定外，还应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 等的有关规定。

### 4.2 工可勘察

4.2.1 可行性研究阶段，煤矿采空区岩土工程勘察应查明煤矿采空区的发育条件，并对其危害程度和发展趋势做出判断，对场地的稳定性和工程建设的适宜性做出初步评价。

4.2.2 可行性研究勘察阶段，应以搜集资料、调查访问和工程地质测绘为主，以适量的物探和钻探工作为辅。

4.2.3 可行性研究勘察应包括下列内容：

- a) 搜集拟建场地地形地质图、区域地质报告、区域水文地质报告、勘察区煤炭资源详查地质报告、勘探报告、矿井生产地质报告、闭坑地质报告资料等相关的地质调查报告以及交通、气象、地震资料等；
  - b) 搜集拟建场地及其周边煤层分布、采掘及压覆资源情况、采空区分布及其要素特征、地表移动变形和建筑物变形观测资料，以及由于地表塌陷、变形引起的其他不良地质作用情况；
  - c) 在充分搜集和分析已有资料的基础上，通过踏勘了解场地地层、构造、岩性、不良地质作用和地下水等工程地质条件，校验收集资料的准确性和完整性；
  - d) 在资料分析与踏勘基础上开展技术分析工作，并结合当地采空区场地建筑物使用情况和建筑经验等，对采空区场地拟建结构的采动危害程度和发展趋势作出判断，并对场地的稳定性和工程建设的适宜性进行初步评价；
  - e) 当有两个或以上拟选场地时，应进行比选分析。
- 4.2.4 可行性研究阶段勘察的调查范围，应包括对拟建场地及其周边不小于 500m 范围内有影响的煤矿采空区。
- 4.2.5 物探方法可选用电法，浅层地震，电磁法等，物探工作应根据地质测绘成果沿垂直目标体走向布置测线或者采取网格布置，测线不应少于 2 条。
- ### 4.3 初步勘察
- 4.3.1 初步勘察应查明对采空区起主导作用的工程地质条件及因采空区地表沉陷、变形等引起的各种不良地质现象，并按场地的稳定性和适宜性进行分区。
- 4.3.2 初步勘察阶段应搜集有关地质、采矿资料，并应以采空区专项调查、工程地质测绘、工程物探及地表变形观测为主，辅以适当的钻探工作验证及水文地质观测试验。
- 4.3.3 初步勘察应包括下列内容：
- a) 搜集拟建工程的有关设计文件、岩土工程资料以及工程场地范围的地形图，基本掌握项目设计情况和结构物技术特征等；
  - b) 搜集区域地质报告、区域水文地质报告、勘察区煤炭资源详查地质报告、勘探报告、矿井生产地质报告、压覆重要矿产资源评估报告等资料；
  - c) 搜集采矿资料，具体包括最近年度动检报告、井上下对照图、采掘工程平面图、储量图、采掘规划图等；
  - d) 在可行性研究搜集资料的基础上，开展采空区专项调查，初步查明采空区分布范围、开采历史和计划、开采方法、开采边界、顶板管理方法、覆岩种类及其破坏类型等基本要素；
  - e) 初步查明地质构造、地貌单元、地层岩性、工程地质条件、有害气体赋存情况；
  - f) 初步查明地下水类型、埋藏条件、补给来源等水文地质条件，了解地下水位动态和周期变化规律，必要时可进行地下水长期动态观测；
  - g) 分析计算并验证采空区地表已完成的移动变形量及剩余变形量，进行场地稳定性及工程建设的适宜性评价与分区；
  - h) 对可能采取的采空区治理方案进行分析评，并对设计提出技术建议。
- 4.3.4 初步勘察工作应符合下列规定：
- a) 采空区专项调查及工程地质测绘范围应涵盖对拟建场地可能有影响的煤矿采空区，其调查、测绘内容应符合本规范第 5.3 节的要求；

- b) 工程物探方法应根据场地地形与地质条件、采空区埋深与分布及其与周围介质的物性差异等综合确定，探测有效范围应超出拟建场地一定范围，并应满足稳定性评价的需要，物探线不宜少于 2 条；
- c) 资料缺乏或资料可靠性差的采空区场地，应选用两种物探方法且至少选择一种物探方法覆盖全部拟建工程场地，物探组合方法可参照表 2 选用；
- d) 地面物探可根据地质测绘成果沿垂直目标体走向布置或者采取网格布置，工作物探点、线距的选择应根据回采率、采深采厚比等综合确定，解译深度应达到采空区底板以下 15m~25m；
- e) 工程钻探点的布置应根据搜集资料的完整性和可靠性、物探成果、调绘成果、建（构）筑物特点等综合确定，重点用于对收集资料与物探成果的验证和对采空区赋存特征的控制。对于资料丰富、掌握程度可靠的采空区场地可少量布置，钻探验证孔的数量对于单栋建筑物的场地不应少于 2 个，多栋建筑物的场地每栋不宜少于 1 个或整个场地不宜少于 5 个，对于资料缺乏、可靠性差的采空区场地，应根据物探成果，对物性异常地段加密布置，钻孔深度应达到开采矿层底板以下不少于 3 m，并满足孔内物探测试需要，钻探地质描述除应满足一般的工程地质描述要求外，尚应重点描述采空区三带特征，对于需进行地基变形验算的建（构）筑物，应根据其平面布置加密布设，单栋建（构）筑物钻探验证孔数量不应少于 2 个；
- f) 当拟建场地下伏老采空区时，宜进行地表变形观测：观测范围、观测点平面布置及观测周期应符合本规范第 8 章的有关规定。

#### 4.4 详细勘察

4.4.1 详细勘察应结合建筑物变形特征进行场地稳定性和适宜性评价与分区，并对采空区场地进行岩土工程评价，并提供采空区治理和地基基础设计与施工所需的岩土工程参数和技术建议。

4.4.2 详细勘察阶段应以工程钻探为主，并应辅以必要的物探、变形观测及调查、测绘工作。

4.4.3 详细勘察应包括下列内容：

- a) 搜集附有坐标和地形的建筑总平面图，场区的地面整平标高，建筑物的性质、规模、荷载、结构特点，基础形式、埋置深度，地基允许变形等资料，掌握项目设计情况和重要结构物技术特征。
- b) 在初勘工作的基础上，应进一步查明下列内容：
  - 1) 对工程建设有影响的采空区分布、规模、历史及其他要素特征，覆岩破坏类型及分布、地表塌陷、移动变形特征；
  - 2) 采空区上覆岩、土体地层结构及岩性，地基岩（土）体物理力学指标及地基基础设计参数；
  - 3) 地下水类型、埋藏条件、补给来源及腐蚀性，采空区充水情况及赋水变化对采空区稳定性的影响；
  - 4) 有害气体的类型、浓度及其对工程施工和建设的影响。

4.4.4 详细勘察的勘探工作应符合下列规定：

- a) 勘察范围应包括初勘阶段所确定的对工程建设有影响的采空区，对于初勘后发生新采或复采的，还应根据新采或复采的影响范围综合确定；

- b) 对于场地稳定且采空区与拟建工程的相互影响小的采空区场地，可仅针对地基压缩层范围内的地基土开展勘察工作，其勘探线、点间距应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 等的有关规定；
- c) 对于稳定性差、需进行治理的采空区场地，勘探点布置除应符合国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 等的有关规定外，应根据搜集资料的完整性和可靠性、物探成果、调绘成果、采空区的影响程度、建（构）筑物的平面布置及其重要程度等综合确定，并应符合下列规定：
  - 1) 对于资料丰富、掌握程度可靠的采空区场地，当采空区对拟建工程影响程度中等或影响大时，钻探验证孔的数量对于单栋建筑物的场地不应少于 4 个，多栋建筑物的场地每栋不应少于 1 个，物探线不应少于 3 条，且应垂直于采空巷道的轴线方向布置，路线中线应有 1 条，当采空区对拟建工程影响程度小时，钻探验证孔的数量对于单栋建筑物的场地不应少于 1 个，多栋建筑物的场地不宜少于 5 个，钻探孔间距尚应满足孔间测试的需要；
  - 2) 对于需进行地基变形验算的建（构）筑物，应根据其平面布置加密布设，单栋建（构）筑物钻探验证孔数量不应少于 2 个；
  - 3) 钻探孔深度应达到有影响的开采矿层底板以下不少于 3m，且应满足孔内测试的需要，钻探施工、取样及地质描述应符合本规范第 7 章的有关规定。
- d) 采空区专项调查及工程地质测绘应对初勘阶段确定的采空区范围进行核实，并应对初勘、详勘阶段相隔时间段内采空区变化情况进行调查；
- e) 工程物探宜采用浅层地震法（含地震反射波法、地震频率谐振、面波、微动等）、瞬变电磁法、音频大地电磁法、综合测井、跨孔物探、孔内电视、钻孔成像等方法，物探组合方法可参照表 2 选用；
- f) 初勘后新采或复采的采空区，宜补充进行物探，物探线不应少于 3 条；
- g) 资料缺乏、可靠性差的采空区场地，应根据物探成果，物探线应按网格状布置，对异常地段加密布置，同时，初步勘察阶段物探成果资料中提出或本阶段发现的异常部位，详细勘察阶段应适当增加测线，以完整追踪异常的边界，应结合地质、钻探和前期物探成果资料等深入分析本阶段的成果资料，确定异常的性质、位置、范围和充填情况，分析其对岩土工程可能产生的危害，可提出治理和处理建议；
- h) 地表变形监测宜在初勘阶段所建立的观测网基础上按周期观测，验证初勘阶段的评价结果；初勘后新采和复采的采空区，或当场地移位较大时，应重新布置观测网进行观测。

## 4.5 施工勘察

### 4.5.1 施工勘察的勘探点布置应符合下列要求：

- a) 煤矿采空区可能分布的地段，应在基础施工前进行勘察，根据基础类型和采空区的类型，可采用动力触探、钎探和钻探等钻探方法，查明地基压缩层可能存在煤矿采空区的分布范围；
- b) 对独立基础应在四角及中心部位布点，可采用动力触探、钎探或钻探进行勘探，当基础底面积  $A$  不大于  $5\text{m}^2$  时，应布置不少于 3 个勘探孔， $A$  大于  $5\text{m}^2$  时，应布置不少于 5 个勘探孔；
- c) 对条形基础应沿基础中线  $2\text{m}\sim 4\text{m}$  布置不少于 1 个勘探孔；
- d) 对筏板基础应在四角及中心部位对称布点，按基础底面积每  $4\text{m}^2$  应布置不少于 1 个勘探孔；

- e) 对于采用桩基础的，应采用钻探方法 1 桩 1 孔进行检测；
- f) 对于浅基础形式，勘探深度应不小于基础底面以下基底边长的 3 倍且不小于 5m，对于筏板和端承桩基础，勘探深度不应小于地基受压层深度。

4.5.2 在工程施工或使用期间，当地基土、边坡体、地下水等发生变化时，应进行补充勘察。

4.5.3 施工勘察宜与现场检验和监测相结合。

4.5.4 施工勘察工作量应根据采空区地基设计和施工要求布置；当采用穿越法进行地基处理时，勘探点应逐桩布置。

4.5.5 物探组合方法可参照表 2 选用，详细勘察阶段或施工过程中发现的异常部位，以及对于详勘后新采和复采的采空区，宜进行补充物探测线，测线沿垂直目标体走向布置或者采取网格布置，物探线不应少于 2 条，对异常地段加密布置，测线间距不应大于目标异常体的宽度。应该结合钻探、地质资料对物探成果资料进行精细化定量解释，并满足设计要求。

#### 4.6 小窑采空区岩土工程勘察

4.6.1 对小窑采空区，应通过搜集资料、调查访问、地质测绘、物探和钻探等工作，查明下列内容：

- a) 采空区范围和巷道的位置、大小、埋藏深度、开采时间、开采方式、回填塌落和充水等情况；
- b) 对于已垮落的小窑采空区，应查明历史上地表裂缝、陷坑位置、数量、形状、大小、深度、延伸方向及其与采空区和地质构造的关系；
- c) 对于尚未垮落的小窑采空区，应预估其未来对地表的影响；
- d) 采空区周边地形条件、雨水汇流情况，地下水类型、埋藏条件、补给来源等水文地质条件，附近的抽水和排水情况及其对采空区稳定性的影响；
- e) 调查采空区已有工程建设情况，建筑物变形情况及其防治措施。

4.6.2 小窑采空区岩土工程勘察应进行场地稳定性及工程建设适宜性评价，并提供设计、施工所需的详细岩土工程参数，同时应对地基类型、基础形式、地基处理和采空区防治等提出建议。

4.6.3 勘察范围应包括对拟建场地稳定和工程安全有影响的小窑采空区。

4.6.4 小窑采空区物探宜采用电法、地震、地质雷达等综合物探方法，物探有效范围应包括拟建工程及其影响范围、对工程建设可能有影响的地段，解译深度应能达到采空区底板以下 15m~25m。

4.6.5 小窑采空区钻探应根据调查访问、地质测绘及物探成果资料，并结合坑洞分布、走向、物探异常点、工程特点等进行布置，钻探孔深度应达到对工程建设有影响的采空区底板以下不少于 3m，并应满足孔内物探需要。

4.6.6 小窑采空区范围狭窄，多呈巷道式，地表不会产生移动盆地，但由于开采深度浅，又任其自由坍塌，地面变化剧烈，地表变形类型为地表塌陷和开裂；对于埋深浅、覆盖层为第四系的小窑采空区场地，二、三级工程采用浅基础形式的，可采用螺钻、钎探、洞探等简易勘探手段进行施工勘察，勘探点布置要求应满足 5.5.1 条款要求。

### 5 工程地质调查与测绘

#### 5.1 一般规定

5.1.1 煤矿采空区调查与工程地质测绘，宜在工程项目的可行性研究或初步设计阶段进行；在详细勘察阶段，应针对专门工程地质问题与现象做补充性的工程地质调查与测绘。

5.1.2 煤矿采空区调查与工程地质测绘范围，应包括拟建场地内及其周边对场地稳定性有影响的采空区，可结合保护煤（岩）柱的宽度，按开采移动角计算范围。测绘的比例尺应符合下列规定：

- a) 可行性研究阶段测绘的比例尺宜为 1:2000~1:5000；
- b) 初勘阶段测绘的比例尺宜为 1:1000~1:2000；
- c) 其他阶段或采空区分布复杂地段或为解决某一特殊地质问题时，比例尺可放大。

5.1.3 地质界线和地质观测点的测绘精度，在图上不应低于 2mm，界线误差不应超过 0.5mm。

## 5.2 工程地质调查与测绘方法

5.2.1 工程地质调查与测绘应包括搜集、分析、利用煤矿采空区已有资料与实地踏勘、调查、测绘工作。实地测绘方法可根据采空区特征采用测线测绘法、界线追踪法、露头标绘法等方法。

5.2.2 测绘的观测点可用手持 GPS 定位并拍摄照片，同时应记录测点的地形地貌、地表裂缝宽度及沉陷变形情况等；当测点处于边坡地段时，还应查明边坡变形破坏情况等；对于开采年代久远的小煤窑，应预测可能的开采深度等。

5.2.3 观测点布置应符合下列规定：

- a) 观测点的密度应根据采空区的采深采厚比、开采方式、地形地貌、地质条件、构造条件和成图比例尺等确定，观测点应具有代表性；
- b) 每个地质单元体均应有观测点，观测点宜布置在移动盆地中间区、内边缘区、外边缘区、地质构造线、不同地层接触线、岩性分界线、地下水的天然和人工露头、地表水体、地貌变化处及不良地质作用等分布区；
- c) 观测点应利用天然和人工露头，当露头不佳或对于隐伏的地层界线、断层时，应辅以物探、挖探等进行调绘；
- d) 岩层露头、地层界线、断层、地面塌陷、地表裂缝、采空井巷、可能受影响的建筑物、滑坡等部位，应布置调绘点。

5.2.4 对于移动盆地边界和地表拉伸地带等特殊观测点，应采用测量仪器准确定位。

## 5.3 工程地质调查与测绘内容

5.3.1 采空区调查应包括采矿调查、采空区踏勘测量、井下测量、地表变形观测、地面建筑物破坏情况调查等，可结合附录 B 开展采空区调查工作，并应包括下列内容：

- a) 调查场地内及周边矿区的开采起始时间、开采方式、规模、开采矿层、产状、采深采厚比、回采率、顶板管理方式、工作面推进方向与速度、煤（岩）柱留设情况和盘区划分等，重点是搜集矿区井上、井下对照图，采掘工程平面图，煤层底板等值线图或与开采有关的图件；
- b) 采空区地表移动范围、破坏现状、发展轨迹，确定地表移动盆地中间区、内边缘区、外边缘区，地表移动盆地分区可按本规范附录 C 划分；
- c) 采空区垮落带、断裂带及弯曲带高度、采空区充填情况及密实状态；
- d) 采空区地下水赋存、水质和补给状况；
- e) 已有建（构）筑物的类型、基础形式、变形破坏情况及其原因；
- f) 矿区突水、冒顶和有害气体等赋存、发生情况。

5.3.2 采空区测绘应符合下列规定：

- a) 应通过现场测绘、必要的勘探手段，对矿井口、巷道口及地表陷坑、台阶和裂缝的性状、走向、密度、深度等变形要素进行核定和编录，并应确定地表变形范围、程度及其与地质结构、采矿方式的关系，对复杂场地，应甄别滑坡变形裂缝与采空裂缝；
  - b) 有条件的矿区宜结合巷道和采空区内部测绘，描述巷道的断面及其支护衬砌情况和采空区顶板的垮落状况。
- 5.3.3 工程地质调查与测绘应包括下列内容：
- a) 地形地貌、地质构造、地层岩性、厚度及产状分布；
  - b) 滑坡、崩塌、陷坑、裂缝、煤矸石渣堆、泥石流等不良地质体（作用）的类型、成因、分布范围、基本特征和发育规律及其与采空区地表移动的相互时间，空间关系；
  - c) 对抗震设防烈度为 7 度及以上的勘察区，应调查当地由地震造成的地质现象、宏观震害和烈度异常区（带）的范围。
- 5.3.4 水文地质调绘应包括地表水及其下渗情况，地下水的类型、补给来源、埋藏条件、动态变化及不同含水层间的水力联系、透水层和隔水层分布组合情况及其与采空区分布的关系，水质污染情况及其与地表水体的关系。
- 5.3.5 工程地质图应包括下列内容：
- a) 工程地质综合平面图。除地层岩性、地质构造、不良地质作用等常规地质内容外，还应标出井口、采空区（含巷道）位置、地表移动范围及分区、地表裂缝分布等采空区要素；
  - b) 工程地质剖面图。除常规内容外，还应标注采空区位置，垮落带、断裂带、弯曲带及地表塌陷、裂隙位置及深度，开采移动角等角量参数；
  - c) 其他有关的图表及资料。

## 6 工程物探

### 6.1 一般规定

- 6.1.1 对拟建工程影响大的采空区场地，当资料缺乏或可靠性较差时，应进行地球物理勘探。
- 6.1.2 地球物理勘探，应在搜集、调查地形、地质、采矿等资料的基础上，并应根据煤矿采空区预估埋深、可能的平面分布、垮落及充水状态、覆岩类型和特性、周围介质的物性差异等，选择有效的方法。
- 6.1.3 地球物理勘探成果判译时，应区分有用信息与干扰信息，进行综合判译，并应布置一定数量的钻孔验证。

### 6.2 物探方法

- 6.2.1 采空区地球物理勘探应根据现场地形、地质条件、采空区埋深及分布情况、干扰因素、勘探目的和要求等，按本规范附录 D 选择地面物探或井内（间）物探方法。
- 6.2.2 地面物探宜用于探查采空区的分布范围和深度，井内（间）物探宜用于探查采空区覆岩破坏现状、垮落断裂带高度、采空区的充填密实程度和充水状态、地下巷道等空洞的分布、采空区剩余空隙率的估计等。
- 6.2.3 对于单一方法不易判定的采空区，应采用两种及以上物探方法进行综合解译，宜先选择一种物探方法进行大面积扫面，再用第二种方法在异常区加密探测，物探组合可参考

表 2 调试选用。

表 2 物探组合方法

地形情况	地形平坦、较平坦				地形起伏较大
采空区埋深 (m)	10≤	10~30	30~100	≥100	
第一种方法	地质雷达法	高密度电法	瞬变电磁法或地震频率 谐振法	地震反射波法或地震频率 谐振法	瞬变电磁法或地震频率 谐振法
第二种方法	高密度电法	瞬变电磁法	地震反射波法	瞬变电磁法	地震反射法
第三种方法	瞬态面波法或地震频率 谐振法		大地电磁测深法		

6.2.4 物探野外作业工作参数的选择，检查点的数量，观测精度，测点、测线平面布置和高程的测量精度等，应符合现行行业标准《城市工程地球物理探测规范》CJJ 7 等的有关规定。

6.2.5 物探方法应根据地区经验初步确定，并应在现场选择典型部位进行相关参数和分辨率对比试验。

6.2.6 当探测范围内有已知点时，测线应靠近或通过该已知点布设。

6.2.7 采空区探测的测线方向应与采空巷道呈大角度相交，测点距应小于采空巷道宽度 1/2。

### 6.3 成果报告

6.3.1 物探资料解译应符合下列规定：

- 在分析各项物性参数的基础上，应按从已知到未知、先易后难、点面结合的原则进行；
- 所需物性参数宜通过多种方法求得，必要时应选择典型断面作正演计算；
- 应说明探测对象的形态，产状、延伸等要素；
- 物探解译成果应相互补充、验证，解译结果不一致时应分析原因，并应说明推断的前提条件；
- 应充分利用钻孔资料对解译成果进行修正。

6.3.2 物探成果报告应在综合判释的基础上编制。物探成果报告应内容全面、重点突出、结论明确，附图附表等资料应齐全。物探成果资料的编制应符合下列规定：

- 物探成果报告应包括项目概况、任务来源和要求、地形、地质、煤层及采空区分布、工作方法的选择与确定、工作参数、仪器设备、完成的工程量、采空区的地球物理特征、资料的解释推断、成果资料的验证情况或要求、结论和建议；
- 附图应包括工程布置图、成果平面图、剖面图、测试成果曲线图、解释成果图等，其中解释成果图应至少包括工程物探异常区域，采空区平面分布及剖面图（含覆岩破坏类型及分布、埋深等）；
- 附表应包括工作量表、物性参数表、成果解释表、精度表等。

## 7 钻探与取样

### 7.1 一般规定

7.1.1 煤矿采空区钻探工作应在工程地质调绘、工程物探和变形监测的基础上，验证建场地范围内采空区、巷道及其“三带”的分布与发育特征、地表裂缝的埋深和延展状况，确

保分层准确、取样符合相关规定，并开展原位测试与试验工作。

7.1.2 工程地质钻探应与物探、原位测试、试验等工作密切配合，重视钻孔的综合利用。

7.1.3 岩土试样的采取位置、数量、技术要求等应结合勘察阶段、勘察目的、地层条件、地层条件、采空区“三带”特征、岩土试验技术要求确定。

7.1.4 采空区钻探过程中应采取防止采空区内有害气体和地表裂缝、隐伏塌陷坑等对人员、设备和环境等造成潜在危害的措施。

7.1.5 钻探工作布设时应考虑其对工程自然环境、地下管线、地下工程的影响，钻探完工后应及时、妥善回填。

## 7.2 钻探方法

7.2.1 工程钻探勘察内容：

- a) 建设场地的地层结构，地下采空区的埋深、厚度、顶底板岩性和地基土的物理力学性质等；
- b) 采空区垮落带、断裂带和弯曲带的分布、埋深、密实程度和变形破坏状况；
- c) 采空区中瓦斯等有害气体赋存状况；
- d) 采空区地下水赋存条件，包括地下水的水力联系、地下水位及类型；
- e) 进行必要的原位测试及注水或抽水试验，测试岩体物理力学性质，裂隙发育及风化程度等；
- f) 利用钻孔进行必要的井内物探，如超声波测井、弹性波 CT 和孔内摄像等；
- g) 采集岩、土、水样品，测试岩土物理力学指标和水土腐蚀性等。

7.2.2 钻探布置原则

钻孔布置除应符合本规范第5章相关规定外，还应综合下列因素布置：

- a) 拟建建(构)筑物的重要程度，结合构筑物布置；
- b) 搜集资料的完整性、有效性及工程地质调查与测绘成果；
- c) 工程物探异常区域，应布置在地表变形较大及物探异常的区域；
- d) 地表变形观测资料；
- e) 地层产状、简易水文观测；
- f) 综合测井、跨孔物探、井下电视的需要。

7.2.3 勘探点位允许偏差应根据采空区勘察阶段、场地、采空区工程特点及勘探任务书等确定，并应符合现行行业标准《建筑工程地质勘探与取样技术规范》GJ/T 87 的有关规定。

7.2.4 勘探地质描述除应满足常规工程地质描述的要求外，尚应重点描述冲洗液耗损、钻进速度、掉钻情况、地下水动水位及岩芯采取率等反映采空区覆岩破坏特征的相关要素。

7.2.5 采空区钻进方法和钻进工艺应根据岩土类别、岩土可钻性分级和钻探技术要求确定。破碎地层和含空洞地层的钻进方法和技术要点参见附录 E 论述。采空区覆岩破坏类型及分布宜通过钻探确定。

7.2.6 钻进方法和钻进工艺应根据采空区埋深、覆岩类别、可钻性和钻探要求等确定，除应按现行行业标准《建筑工程地质勘探与取样技术规范》JGJ/T 87 的有关规定执行外，尚应符合下列规定：

- a) 钻孔成孔口径应根据采空区埋深、覆岩岩性，以及取样、测试、监测和钻进工艺要求确定，并不应小于 90mm；
- b) 钻进方法应采用全孔取芯回转钻进工艺，钻头宜采用金刚石钻头或硬质合金钻头：
  - 1) 对完整地层可采用普通单层岩芯管钻头；
  - 2) 对软硬互层、破碎松散层可采用双层岩芯管钻头；

- 3) 对需验明采空区覆岩破坏类型特征层位的重点部位,应采用双层岩芯管连续取芯。
  - c) 当钻穿采空区顶板时应立即停钻,并应采用钻杆或动力触探试探,再根据采空区覆岩垮落特征,选择适宜的钻进方法和钻具;
  - d) 应准确记录采空区顶、底板的深度,并应描述采空区内垮落物性质、成分、粒径、充水情况等;
  - e) 采空区内有垮落物时,宜采用双层岩芯管钻进或单层岩芯管无泵钻进;
  - f) 采空区内无垮落物或垮落物充填不满时,钻进时可根据采空区空洞大小及时埋设相应长度的护壁套管。
- 7.2.7 钻孔冲洗液和护壁堵漏材料应根据采空区预测的覆岩破坏类型的特征、覆岩岩性、任务要求、钻进方法、设备条件和环境保护等确定,并应符合下列规定:
- a) 钻孔冲洗液的选择应符合下列规定:
    - 1) 钻进致密、稳定地层时,可采用清水钻进;
    - 2) 黄土地层可采用无冲洗液钻进;
    - 3) 判定覆岩破坏类型及其分布特征、简易水文观测、预留注浆试验的孔段,应选用清水或易于洗孔的泥浆作冲洗液;
    - 4) 钻进松散、掉块、裂隙地层或胶结较差的地层时,可选用植物胶泥浆、聚丙烯胺泥浆等作冲洗液;
    - 5) 钻进页岩、铝土岩、黏土岩等遇水膨胀地层时,可选用钙处理泥浆或不分散低固相泥浆作冲洗液。
  - b) 钻孔护壁堵漏措施的选择应符合下列规定:
    - 1) 依据采空区裂隙发育、垮落物特性、孔壁稳定和钻进方法,应选用清水、泥浆、套管等护壁措施;
    - 2) 采空区覆土及浅层坍塌地层钻进时,可采用套管护壁;
    - 3) 破碎岩层及孔壁严重坍塌地层钻进时,可采用泥浆、水泥浆或化学浆液护壁,冲洗液严重漏失时,在满足采空区勘探、测试工作要求的基础上,可采取充填、封闭等堵漏措施。
- 7.2.8 采空区埋深小于 50 m,对每个钻孔内岩石力学性质相近的岩层,如砂岩、灰岩、砂质页岩和泥岩等均应采样试验。对埋深大于 50 m 的较深采空区,验证孔必须对采空区顶底板取样,确定物理力学性质。采空区场地验证孔取样位置、数量、原位测试和岩土样试验项目等应满足场地稳定性评价、采空区处治和建筑物基础设计需求。
- 7.2.9 岩芯的保留与存放应符合下列规定:
- a) 除做试验的岩芯外,剩余岩芯应存放岩芯盒内,并按钻进回次先后顺序排列,注明深度和名称,且每一回次应用岩芯牌隔开;
  - b) 易冲蚀、风化、软化、崩解的岩芯应进行封存;
  - c) 存放岩芯的岩芯盒应平稳安放,不得日晒、雨淋和融冻,搬运时应加盖并轻拿轻放;
  - d) 岩芯应拍摄彩色照片或录像保存;
  - e) 岩芯保留时间可根据勘察要求确定,宜保留至钻探工作检查验收完成。
- 7.2.10 岩石坚硬程度、岩体完整程度和岩体基本质量等级的划分,应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定。

### 7.3 资料整理

- 7.3.1 说明钻孔位置及布孔目的，当一孔多用时应说明布孔技术必要性与合理性。
- 7.3.2 应对孔深、岩性、岩体破碎程度、塌孔、漏浆及掉钻现象等进行描述。
- 7.3.3 应对钻孔资料进行分析，判定矿层地质年代、编号和层数，并确认开采情况。
- 7.3.4 应绘制钻孔柱状图，并将岩芯描述、物理力学指标标注在图中。
- 7.3.5 应核实并修正工程地质纵断面中的采空区埋深。

## 8 原位测试及室内试验

### 8.1 一般规定

- 8.1.1 原位测试方法应根据岩土条件、工程特点、地区经验和测试方法的适用性等因素综合选用，其具体操作、试验仪器和主要技术要求应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定。
- 8.1.2 岩土室内试验的方法和项目应根据工程要求和岩土性质的特点综合确定，并应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定。操作和试验仪器应符合现行国家标准《土工试验方法标准》GB/T 50123 和《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266 的有关规定。对特种试验项目应制定专门的试验方案。
- 8.1.3 岩土工程评价参数值的选取应考虑采空区影响的时效性，并根据室内试验成果、原位测试成果及原型观测反分析成果等综合确定。

### 8.2 原位测试

- 8.2.1 宜充分利用验证孔钻探工作条件，及时开展与采空区治理相关的原位测试项目。常用的原位测试包括载荷试验、静力触探、动力触探、标准贯入试验、旁压试验、十字板剪切试验、注水试验、压水试验、水泥浆灌注试验及岩石原位应力测试等项目来确定岩土层的工程性质，地基承载力等。
- 8.2.2 可在钻孔中对拟建场地深部岩土体进行波速测试。

### 8.3 有害气体采集与测试

- 8.3.1 对工程地质勘察和处治施工有影响的有害气体，可根据项目需要采集与测试，并进行专项评价。
- 8.3.2 有害气体的采集与测试，应在采取安全、适宜的技术手段的前提下进行专项检测与评价。有毒、有害气体采集前应进行充分的准备和防护，特别是对于有毒气体，采样区内的所有通风设施要保证正常状态，携带齐全合格的防毒呼吸器具，避免直接接触有害气体受到伤害。

### 8.4 岩土室内试验

- 8.4.1 试样制备前，应对岩土的重要性状做目视鉴定和简要描述。
- 8.4.2 拟建建（构）筑物地基附加应力影响深度范围内岩土层物理力学性质测定应符合下列规定：
  - a) 黏性土宜测定液限、塑限、比重、天然含水率、天然密度、有机质含量、压缩系数、压缩模量及抗剪强度；
  - b) 粉土宜测定颗粒级配、液限、塑限、比重、天然含水率、天然密度、压缩系数、压缩模量及抗剪强度；
  - c) 砂土宜测定颗粒级配、比重、最大和最小密度；

- d) 岩样宜测定块体密度、吸水率和饱和吸水率、单轴抗压强度(饱和、干燥和天然)、抗剪强度、抗拉强度、弹性模量及泊松比等;
  - e) 特殊性岩土试验应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定。
- 8.4.3 对于“三带”中的岩土试样,室内试验项目宜根据工程需要确定。
- 8.4.4 钻孔或探井、探槽中所采取的岩样、土样及水样,应按现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定,评价其对建筑材料及注浆材料的腐蚀性。

## 9 地下水

### 9.1 一般规定

9.1.1 煤矿采空区岩土工程勘察应查明采空区及其附近影响区域与工程有关的水文地质条件,并应根据工程需要和水文地质特点,评价地下水对采空区稳定性、场地岩土体及拟建工程的作用和影响,同时应提出防治措施建议。

9.1.2 煤矿采空区岩土工程勘察应查明下列水文地质条件:

- a) 区域性气候资料,如年降水量、蒸发量及其变化对地下水位的影响;
- b) 地下水的类型和赋存条件,地下水的补给排泄及径流条件,对工程建设有影响的各含水层层位、厚度、水位及水力联系;
- c) 地下水的水质和腐蚀性;
- d) 采空区的充水条件、充水方式和积水程度。垮落带、断裂带和弯曲带的富水性及其与含水层的关系,导水裂隙带的高度;
- e) 地下水的动态变化情况及引起地面塌陷、沉降情况及其对已有建筑物的安全影响等。了解采空区附近工农业抽水和水利工程建设情况及其对采空区建筑场地稳定性的影响。

9.1.3 当水文地质条件对拟建场地稳定性或拟建工程有较大影响时,应进行专门的水文地质勘察。

### 9.2 地下水调查及参数测定

9.2.1 煤矿采空区水文地质调查宜包括下列内容:

- a) 降水量、蒸发量、气温等区域气象资料;
- b) 采空区场地附近的河流、渠道、湖泊、水库等地表水体的相对位置、水位、流量等水文情况;
- c) 采空区场地井泉位置、标高、深度、出水层位、水位、涌水量、水质、水温、气体溢出情况;
- d) 采空区充水、排水情况,充水因素;
- e) 矿井生产期间井巷出水层位、涌水量,充水因素、条件、水害及防治情况;
- f) 采空区抽水、排水情况及引起的地面塌陷、变形情况。

9.2.2 煤矿采空区水文地质参数应根据工程需要和场地岩土条件测定,并应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 有关规定。

### 9.3 地下水作用评价

9.3.1 煤矿采空区地下水作用评价应在查明地下水的物理性质、化学成分和变化规律的基础上综合确定。

9.3.2 煤矿采空区勘察除应按现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 评价地下水的作用和影响外,尚应包括下列内容:

- a) 降水量、蒸发量、气温等区域气象资料；
- b) 抽水、排水或地下水位下降引起的地基与地面塌陷、沉降的可能性及其对工程的影响；
- c) 采空区水位上升是否导致基础底部隔水层突涌，或对建（构）筑物产生上浮作用；
- d) 采空区地下水是否对保护煤（岩）柱产生软化、崩解、胀缩和潜蚀等作用，引起地基及地面塌陷、沉降的可能性及其对工程的影响；
- e) 实施采空区注浆处治的水文地质条件适宜性及其对地下水体的不良环境影响。

## 10 采空区变形监测

### 10.1 一般规定

10.1.1 采空区场地变形监测工作前应编写施测方案，确定变形测量的内容、精度级别、基准点与测点布设方案、观测周期、仪器设备与检定要求、观测与数据处理方法、提交成果内容等。

10.1.2 为查明采空区建筑场地地表变形特征、基本规律和发展趋势可开展地表变形监测工作。下列情况应进行采空区地表移动变形监测：

- a) 缺乏资料且勘探难以查明采空区的变形特征时；
- b) 对新采、复采的待建和已建场地；
- c) 有特殊要求和重要工程的采空区场地（开展地面长期变形监测）；
- d) 采空区变形特征难以判明的建筑场地；
- e) 评价采空区治理效果的采空区场地；
- f) 不稳定采空区上的建（构）筑物，基本稳定采空区上的重要建（构）筑物。

10.1.3 采空区变形监测内容应包括地表水平位移、地表垂直位移、地表裂缝监测及建（构）筑物变形监测、深部位移监测等。监测方案设计中可结合开采深度、开采方式、地层分布、地表采动特征和工程建设需要等确定监测项目。

10.1.4 基准点应布置在不受采空区影响的稳定区域内。

10.1.5 采空区变形监测点的埋设、精度要求、基准点设置等，除应符合本规范的有关规定外，还应符合现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 的相关规定。

### 10.2 变形监测

10.2.1 采空区变形监测宜从可研阶段或初勘阶段开始，必要时可与后期的采空区治理监测、建筑物施工监测、竣工运营监测相衔接，监测期应能控制变形发展趋势至变形稳定。

10.2.2 移动变形监测网设计应符合下列要求：

- a) 变形监测的平面坐标系统和高程系统宜采用国家平面坐标系统和高程系统或所在矿区使用的平面坐标系统和高程系统，也可采用独立系统，当采用独立系统时，必须在技术设计文件和技术报告中明确说明；
- b) 采空区场地观测线宜结合建筑物平面位置平行和垂直于移动盆地主断面布置，长度应大于采空区的地表移动变形范围，数量不宜少于 2 条，并应满足场地稳定性评价需要，条件允许时可网格状布点观测；
- c) 观测点可根据开采深度、监测目的的等距离布设，间距不宜超过 50m；
- d) 在移动盆地边缘、拐点和最大下沉点附近、地质条件变化、变形异常及地貌单元分界处、建（构）筑物等重点部位，应根据具体情况加密布设；

- e) 观测点宜等间距布设，也可考虑场地实际地形地质条件和采动发育特征局部加密或扩大监控范围，测点间距可参考表 3 确定。

表 3 观测点间距

开采深度 $H$ (m)	$\leq 50$	50~100	100~200	200~300	300~400	$\geq 400$
观测点间距 $L$ (m)	10	10~20	20~30	30~40	40~50	50

- f) 裂缝观测宜结合采空区地质特征选择典型裂缝统一编号施测，应测定建筑物上的裂缝分布位置和裂缝走向、长度、宽度及变化情况。裂缝宽度数据应精确至 0.1 mm，每次观测应绘出裂缝的位置、形态和尺寸，并注明日期，拍摄裂缝照片；
- g) 观测周期宜根据开采深度、覆岩性质、变形速率和观测时间等综合确定：对于长壁陷落法采空区，观测周期可参考表 4 确定，观测期间可根据变形速率、工程重要性等适当缩短或延长；其它非长壁垮落法采空区，其观测周期可根据开采方式、回采率及阶段性观测成果灵活调整；

表 4 观测周期取值

开采深度 $H$ (m)	$\leq 50$	50~100	100~200	$\geq 200$
观测周期 (d)	10~20	20~30	30~60	60

- h) 采空区地表移动变形观测点的精度等级需结合地表建筑物变形要求依据表 5 合理选取；

表 5 地表移动变形监测点的精度要求

监测点类型	水平位移	垂直位移
等级	三等	四等
点位中误差 (mm)	$\pm 6.0$	$\pm 4.0$

注：观测基准点应设在不受采空区影响的稳定区域，每个场地不应少于3个基准点，基准点的标石、标志埋设后，应达到稳定后方可开始观测，稳定期应根据观测要求与地质条件确定，不宜少于15天。工作基点应选在比较稳定且方便使用的位置，每期变形观测时均应将其与基准点进行联测，然后再对观测点进行观测。

10.2.3 当采空区对地质条件复杂场地及建（构）筑物影响较大，影响建设工程运营安全时应顺接前期监测工作开展长期变形观测，长期变形观测宜结合地质采矿条件和构筑物特征开展，观测项目包含场地采动观测与构筑物变形观测，并设置报警值和对应的预防措施。

### 10.3 监测报告

10.3.1 每次观测工作结束后，应及时完成下列工作，并定期提交阶段性监测成果报告：

- 检查所有原始记录，对观测数据进行平差计算和处理；
- 计算各观测点的下沉  $W$ 、下沉速率  $V_w$ 、水平移动  $U$ 、水平变形  $\varepsilon$ 、倾斜  $i$  和曲率  $K$  等各种移动变形量；
- 绘制水平变形、水平移动、曲率、倾斜、下沉等各种移动变形曲线，进行变形区（中间区、内边缘区、外边缘区）划分；
- 计算裂缝观测变化值，并将裂缝位置、形态和尺寸等注记到采动变形平面图中。

10.3.2 当变形监测任务全部完成后，应提交监测成果报告，报告内容应真实完整，重点

突出，结构清晰，论证严密，结论明确，建议合理可行。应包括下列内容：

- a) 项目概况，包括项目来源、观测目的和要求，测区地理位置及周边环境、项目完成的起止日期，实际布设和测定的基准点、工作基点、变形观测点点数和观测次数等；
- b) 过程及技术方法，包括变形测量作业依据的技术标准，采用的仪器设备及其检校情况，基准点和观测点布设情况，变形测量精度级别，作业方法及数据处理方法，变形测量各周期观测时间等；
- c) 变形监测数据统计与分析，绘制地表移动、变形、曲率、倾斜等各种移动变形曲线，进行变形区（中间区、内边缘区、外边缘区）划分；
- d) 技术结论与建议；
- e) 附图附表等，主要包括：测点平面位置图，反映变形过程的监测和裂缝数据统计分析图表等。

## 11 采空区变形预测

### 11.1 一般规定

11.1.1 煤矿采空区勘察应对地表移动变形值进行预测，并宜通过地表移动变形监测进行验证。

11.1.2 下列情况，应根据地形、地貌、特殊地质条件、采矿因素及地区经验等对预测结果进行综合分析：

- a) 地表出现塌坑、台阶状开裂等情况；
- b) 边坡失稳和山崖崩塌等情况；
- c) 开采特厚煤层及厚煤层露头区域；
- d) 开采急倾斜煤层；
- e) 山区及丘陵地段。

### 11.2 预测内容

11.2.1 新采空区或未来（准）采区的地表移动与变形预测，主要包括地表下沉、水平移动、水平变形（拉伸变形和压缩变形）、倾斜、曲率（弯曲）等。

11.2.2 对于老采空区应计算地表剩余移动变形值。

### 11.3 预测方法

11.3.1 地表移动变形计算方法宜采用概率积分法或数值算法，公式按 GB 51044 相关论述恰当选用。

11.3.2 概率积分法可用于地表移动变形具有连续分布规律的地表移动与变形计算，包括缓倾斜、倾斜矿层开采时地表移动盆地主断面和地表任意点的移动与变形计算。随着矿层倾角的增大，概率积分法预计的偏差也越大，对于急倾斜矿层开采地表移动预计，宜结合采矿、地质条件和监测成果综合分析计算。

11.3.3 对于多矿层、多工作面开采，地表移动与变形计算可采用叠加原理计算。计算块段宜按实际开采工作面划分，也可将邻近的工作面合并计算；对于倾角、采厚变化较大的工作面应按倾角、采厚变化进行分割划分。

## 12 采空区场地评价

## 12.1 一般规定

12.1.1 拟建（构）筑物下伏采空区场地应进行稳定性与适宜性评价，并对拟建工程的地基稳定性进行评价。对采空区场地的评价，应通过勘察掌握建筑场地评价因子的主要特征的基础上进行。采空区场地适宜性与稳定性评价因子见表 6、表 7。

**表 6 采空区场地适宜性评价因子**

评价因子	采空区类型			
	长壁综采	条带开采	柱式开采	巷式开采
采空区场地稳定性等级	++	++	++	++
建筑物安全性等级	++	++	++	++
建筑物抗变形能力	++	++	++	++
采掘动态与规划的安全影响	+	+	+	+
运营期保通维护技术难度	+	+	+	+

注：“++”表示应作为主要评价因子；“+”表示可作为辅助评价因子。

**表 7 采空区场地稳定性评价因子**

评价因子		采空区类型			
		长壁综采	条带开采	柱式开采	巷式开采
地质条件	地形地貌	++	++	++	++
	上覆岩性及力学性质	++	++	++	++
	矿层倾角	++	++	+	+
	地质构造	++	++	++	++
	水文地质	+	++	++	++
	矿层埋深（采深）	+	++	++	++
采矿条件	采深采厚比； 采深采宽比	++	+	+	+
	矿（岩）柱稳定性； 矿（岩）壁稳定性	+	++	++	++
	冒落带密实 （充水）程度	+	++	++	++
	终采时间	++	+	+	+
采动情况	地表非连续变形特征	+	++	++	++
	地表剩余变形量	++	+	+	+
	三带发育特征	++	+	+	+
	活化因素	++	++	++	++

注：“++”表示应作为主要评价因子；“+”表示可作为辅助评价因子。

12.1.2 对于未经处理的基本适宜建设的场地和适宜性差、经过处理后可以建设的场地，宜划为对建筑抗震不利地段。

## 12.2 场地稳定性评价

12.2.1 采空区场地稳定性可结合采空区类型，依据表 8 采用定性与定量评价相结合的进行综合评价，场地稳定性可划分为稳定、相对稳定和不稳定三个等级。

表 8 采空区场地稳定性评价方法

评价方法	采空区类型			
	长壁综采	条带开采	柱式开采	巷式开采
依据停采时间评价	++	+	+	+
依据预计的剩余变形量评价	++	+	+	+
依据地表沉降观测评价	++	+	+	+
依据地质条件定性评价	++	++	++	++
依据稳定系数 $F_s$ 评价	+	++	++	++
数值模拟法计算评价	++	++	++	++
各种方法综合评价	++	++	++	++

注：“++”表示可以作为主要评价方法；“+”表示可作为辅助评价方法。

12.2.2 采空区场地稳定性可采用开采条件判别法、地表移动变形判别法、煤（岩）柱稳定分析法等进行评价。各勘察阶段采空区的稳定性评价应符合下列规定：

- 工可勘察阶段应综合分析采空区类型、开采方式、采深采厚比、停采时间、地表变形特征、顶板岩性及覆盖层厚度等因素，采用开采条件判别法对采空区场地稳定性进行初步评价；
- 初步勘察阶段采空区场地稳定性评价应在工可勘察初判的基础上，预计采空区地表剩余变形量，并结合地表移动变形观测资料，应用开采条件判别、极限平衡分析、矿（岩）柱稳定分析等方法对场地稳定性进行综合评价；
- 详细勘察阶段应根据地表移动变形观测结果和验证孔钻探成果，进一步验证、评价采空区场地稳定性，对有重要结构的及复杂采空区建设场地，宜采用数值模拟方法进行评价。

12.2.3 长壁综采形成的采空区建筑场地，地表变形规律性强，可结合工作面停采时间依据表 9 进行场地稳定性分级初判，再结合场地剩余变形量的预计值和地表变形监测指标，依据表 10、表 11 进行定量判定，修正稳定性分级标准。

表 9 按停采时间确定长壁式采空区场地稳定性等级评价标准

稳定等级	场地影响范围内工作面停采时间（年）		
	软弱覆岩	较硬覆岩	坚硬覆岩
稳定	$\geq 1.0$	$\geq 2.5$	$\geq 4.0$
基本稳定	0.6~1.0	1.5~2.5	2.5~4.0
不稳定	$\leq 0.6$	$\leq 1.5$	$\leq 2.5$

表 10 按地表剩余变形值确定长壁式采空区场地稳定性等级评价标准

稳定等级	地表移动变形值			
	下沉值 $W$ (mm)	倾斜值 $i$ (mm/m)	水平变形值 $\epsilon$ (mm/m)	曲率值 $K$ (mm/m <sup>2</sup> )
稳定	$\leq 100$	$\leq 3.0$	$\leq 2.0$	$\leq 0.2$
基本稳定	100~200	3.0~10.0	2.0~6.0	0.2~0.6
不稳定	$\geq 200$	$\geq 10.0$	$\geq 6.0$	$\geq 0.6$

注：1、地表移动变形值为建（构）筑物场地平整后的地表剩余移动变形值。

表 11 按地表沉降观测确定长壁式采空区场地稳定性等级评价标准

稳定等级	地表下沉量 (mm)				下沉速率 $V_w$
	1 个月	3 个月	6 个月	12 个月	
稳定	$\leq 5$	$\leq 15$	$\leq 30$	$\leq 60$	$< 1.0\text{mm/d}$
基本稳定	5~10	15~30	30~60	60~120	
不稳定	$\geq 10$	$\geq 30$	$\geq 60$	$\geq 120$	$\geq 1.0\text{mm/d}$

注：采空区场地稳定~基本稳定类别判定时，地表下沉量与下沉速率应同时满足。

12.2.4 柱式开采、巷式开采及综采下沉盆地边缘区域，地表变形通常持续相当长的时间且难以预测，场地稳定性等级宜结合采深采厚比、上覆岩性和地表变形特征，依据表 12、表 14 综合评定，判据使用过程中应对验证孔钻进特征揭示的地层信息充分解译与利用。

表 12 按上覆地层与验证孔钻进特征确定采空区场地稳定性等级

评价因子	场地稳定性等级			
	稳定	基本稳定	不稳定	
上覆岩层岩性及厚度	有厚层状坚硬岩层分布且层厚 $\geq 15.0\text{ m}$	有厚层状坚硬岩层分布且 $15.0\text{ m} > \text{层厚} \geq 10.0\text{ m}$	有厚层状坚硬岩层分布且 $10.0\text{ m} > \text{层厚} > 5.0\text{ m}$	无坚硬岩层分布或为薄层或软硬岩层互层状分布
松散层厚度 $h(\text{m})$	$h > 30\text{ m}$	$15\text{ m} < h \leq 30\text{ m}$	$5\text{ m} < h \leq 15\text{ m}$	$h \leq 15\text{ m}$
验证孔钻进特征	密实，钻探过程中不漏水、微量漏水但返水或间断返水	基本密实，钻探过程中采空区部位有漏水，但进尺平稳，无掉钻发生	存在空洞，钻探过程中采空区部位大量漏水，局部钻进进尺加快现象明显	存在空洞，钻探过程中出现掉钻、孔口串风，钻进不返水

表 13 不规则柱式采空区场地稳定性等级评价标准

场地稳定等级		稳定	基本稳定	不稳定
采深采厚比 H/M	坚硬覆岩	$\geq 80$	80~60	$\leq 60$
	中硬覆岩	$\geq 100$	100~80	$\leq 80$
	软弱覆岩	$\geq 120$	120~100	$\leq 100$

表 14 按地表变形特征确定采空区场地稳定性等级

稳定性等级	稳定	基本稳定	不稳定	
地表变形特征	连续变形	连续变形	非连续变形	
	盆地中间区	盆地内边缘区	盆地外边缘区	抽冒型或切冒型
	地面无地 裂缝、台阶、塌陷坑	地面倾斜, 张 裂缝、错台、 宽浅洼地不发育, 且为缓变型	地面倾斜, 张裂 缝、小错台、宽 浅小型洼地较发 育, 且属缓变型	地面有塌陷坑、高 错台、宽深大型注 地, 且属 突变型

12.2.5 对几何尺寸较明确的单一巷道的采空区, 可采用极限平衡分析方法, 计算巷道顶板临界深度及稳定系数, 按表 15 评价采空区场地稳定性。

表 15 单一巷道式采空区场地稳定性等级评价标准

稳定系数 ( $F_S$ )	$F_S \geq F_{St}$	$1.5 \leq F_S < F_{St}$	$F_S < 1.5$
稳定性等级	稳定	基本稳定	不稳定

注: 采空区场地稳定安全系数  $F_{St}$ , 一般可取 2, 对地质条件复杂, 结构破坏后果严重场地, 安全系数宜适当提高。

12.2.6 有重要结构的及复杂采空区场地稳定性评价问题, 数值模拟计算可作为一种比较和参考性方法使用。模拟方法可采用有限单元法、有限差分法、离散单元法、边界单元法或多种方法耦合使用。模拟参数指标的选用, 宜根据测试成果、反分析和地区经验综合确定。采空区场地稳定性评价, 也可结合实际采空区地质情况和技术要求, 采用表 8 各种方法综合评价, 以达到技术安全、经济合理, 满足项目建设需求的目标。

12.2.7 对小窑采空区的稳定性评价, 主要是评价巷道顶板的稳定性问题, 考虑到小窑采空区地质条件复杂性及变形失稳的特点, 具体参考附录 G。

12.2.8 对地形地质条件特别复杂, 或对变形要求严格的建(构)筑物采空区建筑场地, 应对建筑场地稳定性与适宜性进行专题研究与评价。

### 12.3 建设适宜性评价

12.3.1 煤矿采空区场地应在稳定性评价基础上进行建设适宜性评价。适宜性评价应综合采空区场地稳定性等级, 建筑物安全性等级和抗变形能力等因素进行。

12.3.2 煤矿采空区对各类工程的影响程度评价, 应根据采空区场地稳定性等级和建设工程重要程度、变形特性综合分析。表 16 给出了场地稳定性等级对变形要求不同的结构物影响程度的定性分级, 勘察设计中需结合具体结构物特征定量分析后参考取用。

表 16 按场地稳定性及工程重要程度和变形要求定性分析采空区对工程的影响程度

影 响 程 度  场地稳定性	工程条件	拟建工程重要程度和变形要求		
		重要拟建工程、 变形要求高	一般拟建工程、 变形要求一般	次要拟建工程、 变形要求低
稳定		中等	中等~小	小
基本稳定		大~中等	中等	中等~小
不稳定		大	大~中等	中等

12.3.3 采空区场地工程建设适宜性，应根据采空区场地稳定性、采空区与拟建工程的相互影响程度、拟采取的抗采动影响技术措施的难易程度、工程造价等，按表 17 划分。

表 17 采空区场地工程建设适宜性评价分级

级别	分级说明
适宜	采空区垮落断裂带密实，对拟建工程影响小；工程建设对采空区稳定性影响小；采取一般工程防护措施（限于规划、建筑、结构措施）可以建设；采空区场地不具有抽排水与回采的进一步采动影响。
基本适宜	采空区垮落断裂带基本密实，对拟建工程影响中等；工程建设对采空区稳定性影响中等；采取规划、建筑、结构、地基处理等措施可以控制采空区剩余变形对拟建工程的影响，或虽需进行采空区地基处理，但处理难度小，且造价低；采空区场地基本不具有抽排水与回采的进一步采动影响。
适宜性差	采空区垮落不充分，存在地面发生非连续变形的可能，工程建设对采空区稳定性影响大或者采空区剩余变形对拟建工程的影响大，需规划、建筑、结构、采空区治理和地基处理等的综合设计，处理难度大且造价高；项目建成后采空区场地仍然存在抽排水与回采的显著采动影响或拟建项目场地为矿方规划采区；采空区场地结构物损害后果严重，社会影响巨大，实施运营维护措施极困难或不具有技术可行性。

12.3.4 拟建工程对采空区稳定性影响程度，应根据建筑物荷载及影响深度等，采用荷载临界影响深度判别法、附加应力分析法、数值分析法等方法，并宜按表 18 划分。

表 18 根据荷载临界影响深度定量评价工程建设对采空区稳定性影响程度的评价标准

评价因子	影响程度		
	大	中等	小
荷载临界影响深度 $H_D$ 和采空区采深 $H$	$H_D \geq H$	$H_D < H \leq 1.5 H_D$	$H > 1.5 H_D$
附加应力影响深度 $H_a$ 和垮落断裂带深度 $H_{lf}$	$H_a \geq H_{lf}$	$H_a < H_{lf} \leq 2.0 H_a$	$H_{lf} > 2.0 H_a$

注：1. 采空区采深  $H$ ，指巷道（采空区）等的埋藏深度，对于条带式开采和穿巷开采指垮落拱顶的埋藏深度；

2. 垮落断裂带深度  $H_{lf}$  指采空区垮落断裂带的埋藏深度， $H_{lf} = \text{采空区采深 } H - \text{垮落断裂带高度 } H_{li}$ ，宜通过钻探及其岩芯描述并辅以测井资料确定；当无实测资料时，也可根据采厚、覆岩性质及岩层倾角等按本规范附录F计算确定。

#### 12.3.5 附加应力分析法应符合下列规定：

- 附加应力分析法可用于工程建设对垮落断裂带发育且密实程度差的浅层、中深层采空区场地稳定性影响程度的定量评价；
- 附加应力影响深度应取地基中附加应力  $\sigma_z$  等于自重应力 0.1 倍的深度，附加应力  $\sigma_z$  计算应按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的有关规定执行；
- 附加应力分析法应根据计算的影响深度和垮落断裂带岩体完整程度、密实程度及本区经验等，按本规范表 18 的规定综合判别。

#### 12.3.6 荷载临界影响深度判别法应符合下列规定：

- 荷载临界影响深度判别法可用于工程建设对穿巷、房柱及单一巷道等类型采空区场地稳定性影响程度的定量评价；
- 荷载临界影响深度计算时，建筑物基底压力、基础尺寸等基本参数应由设计单位提供，暂无准确数据时，可按类似工程经验数据确定；
- 穿巷、房柱开采自然垮落拱高度宜以实际勘探结果为准。采用经验公式计算时，应有本矿区或相同地质条件的邻近矿区的实测资料验证，验证的钻孔不宜少于 2 个；
- 荷载临界影响深度判别法，应根据计算的影响深度、顶板岩性及本区经验等，按本规范表 18 的规定综合判别。

#### 12.3.7 数值分析法应符合下列规定：

- 数值分析法可用于复杂采空区场地对拟建工程的影响规律和程度的定性评价，可作为其他评价方法的补充和参考；
- 数值分析应在查明采空区特征和地质条件、工程地质条件的基础上，建立地质、力学模型。模型计算范围应超过对工程可能有影响的采空区范围，且超出距离不宜小于 100m；
- 模拟所采用的计算参数宜根据本场地实测指标确定，也可根据反演分析和当地经验进行调整。

### 12.4 地基稳定性评价

12.4.1 采空区建（构）筑物地基基础设计，除应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 的相关规定外，还应进行下列工作：

- 分析评价采空区覆岩和顶板的稳定性及其对建（构）筑物地基的影响；

- b) 分析评价采空区的变形趋势及其对地基基础变形的影响。
- 12.4.2 建（构）物地基稳定性，应根据场地稳定性、采空区覆岩垮落状况、工程建设和采空区稳定性的相互影响程度、地基基础设计等级等综合评价，并应符合下列规定：
- a) 对于先建后采类建（构）筑物、采空区覆岩未完全垮落或存在空洞的先采后建类建（构）筑物场地，应分析采空区是否会引起建（构）筑物地基的非连续性变形，以及建（构）筑物附加荷载是否会引起采空区覆岩的垮落、变形；
  - b) 对于先采后建类建（构）筑物，当采空区覆岩完全垮落且充填密实时，可认为垮落断裂带岩体受力；当附加应力影响至垮落断裂带岩体时，应按不均匀地基进行评价；
  - c) 对于先采后建再采类建（构）筑物，应在重复采动的间隔时间、开采条件明确时按本条第1款、第2款的评价标准进行评价，但采空区地表剩余变形值的计算应计入前期残余变形量与后期重复开采时地表变形的叠加；
  - d) 采空区建（构）筑物地基变形计算应包括采空区地表剩余变形值与附加荷载引起的正常地基沉降变形值；
  - e) 当拟建建（构）筑物基础近旁有采动边坡或临空面时，应验算采动边坡滑坡、崩塌或坡脚隆起变形的可能；
  - f) 采用桩基工程穿越采空区时，应根据采空区剩余变形值考虑桩侧负摩阻力及水平变形的不利影响。
- 12.4.3 当符合下列条件之一时，对可不作变形验算、地基基础设计等级为丙级的次要建（构）筑物可不考虑采空区对地基稳定性的不利影响：
- a) 场地处于稳定状态，工程建设对采空区场地稳定性影响小；
  - b) 采空区顶板为完整、较完整的坚硬岩、较硬岩，其厚度大于或等于采空区跨度。

## 13 采空区治理措施

### 13.1 一般规定

13.1.1 煤矿采空区治理范围应包括对拟建工程有影响的采空区。

13.1.2 不同区段的采空区，应根据采空区规模、采空区稳定性评价结论、拟建建（构）筑物重要性等级及特点等，采取分区治理措施。治理效果应经检测符合要求后，再进行主体工程施工。

13.1.3 采空区治理效果检测可采用钻探、物探、室内试验、孔内电视和钻孔注浆等方法，检测项目宜包括波速测试、浆液结石体的抗压强度测试和变形监测等。

13.1.4 采空区治理效果应通过变形监测验证确定，监测项目应包括水平位移、垂直位移、建（构）筑物倾斜和裂缝监测。

### 13.2 治理措施

13.2.1 煤矿采空区工程治理方法可分为灌浆充填法、穿（跨）越法、砌筑法、剥挖回填法、强夯法、堆载预压法等。工程治理方法应根据工程特点及处治目的、采空区地质条件、开采方式、拟建建（构）筑物地基条件、现场施工条件等综合确定。表19给出了各治理方法的适用条件。

13.2.2 小窑采空区的处理措施：

- a) 小窑采空区隐患较大，易发生突然变形，对建筑物危害严重，因此建筑物一般应以避让为宜；若必须建设，也必须尽可能查明情况，彻底处理，不留后患；

- b) 探灌结合的方法进行处理，但坑洞较大时，灌注数量难以估计，钻探量大，质量不好控制；
- c) 用洞探的方法查清建筑基底的坑洞，进行回填处理，回填材料一般用毛石混凝土或粉煤灰；
- d) 采用桩柱梁跨越小窑采空区，使桩柱梁基础置于坑洞底板以下；
- e) 地下水位的变化对小窑采空区影响较大，因此对小窑采空区附近的抽水以及河流水位变化，要作为重要因素，慎重考虑。

表 19 煤矿采空区治理措施

治理方法	适用条件
注浆法	可用于不稳定或欠稳定的采空塌陷区治理，治理设计应综合考虑采空区的形成时间、埋深、采厚、采矿方法、顶板或覆岩岩性、水文地质及工程地质特征等因素进行设计
干（浆）砌支撑法	可用于采空区顶板坚硬且尚未完全塌陷、需回填空间较大、埋深浅、通风良好、具有人工作业条件，且材料运输方便的采空区治理
开挖回填法	可用于挖方规模较小、易开挖且周边无任何建筑物的采空区。回填时可采用强夯或重锤夯实处理
巷道加固法	可用于正在使用的通风和运输巷道，具备井下作业条件的废弃巷道
强夯法	可用于埋深小于 10m、上覆顶板完整性差、岩体强度低的采空区地段或采空区地表裂缝区的处治
跨越法	可用于埋深浅、范围小、不易处理的采空区。当采用桩基穿过采空区时，应分析评价成桩可能性，并应分析采空区沉降可能性及其对桩基稳定性和承载力的影响，必要时应对采空区进行注浆或浆砌工程处治
综合治理法	综合采用地下特殊开采、地下工程加固、地表建筑物结构加固或预防措施的采空区治理工程

### 13.3 建筑设计及结构预防措施

13.3.1 采空影响范围内工程建设规划应与煤矿采掘计划结合，宜布置在地表变形过程已经结束或预估地表剩余变形值最小的区域。

13.3.2 煤矿采空区拟建建（构）筑平面布置，应符合下列规定：

- a) 拟建建（构）物的长轴宜平行于地表下沉等值线；
- b) 应选择地表变形小、变形均匀的地段，并应避开地表裂缝、塌陷坑、台阶等分布地段，不得将同一建（构）筑物置于地基土层软硬不均的地层上。

13.3.3 煤矿采空区的新建建（构）筑物的建筑措施，应符合下列规定：

- a) 建筑物平面形状应力求简单、对称、等高；
- b) 建筑物过长时，应设置变形缝，变形缝应与建筑物的纵向中心线垂直，且应由屋顶直至基础底面。

13.3.4 煤矿采空区的新建建（构）筑物的结构措施，应符合下列规定：

- a) 宜选用静定结构体系；
- b) 地表非连续变形区内，应在框架与柱子之间设置斜拉杆；
- c) 楼板和屋顶不应采用易产生横向推力的砖拱或混凝土拱形结构；
- d) 对在长壁垮落法开采的老采空区上方新建建（构）筑物时，宜采取抗变形的结构措施。

13.3.5 煤矿采空区的新建建（构）筑物及其基础与地下室部分，可根据结构特点和建（构）筑物用途按刚性或柔性原则设计，采取的措施应符合下列规定：

- a) 采用刚性原则设计时，基础结构的刚度和强度应足以抵抗应地表水平变形的影响和承受采动时所产生的附加内力。在基础与地下室结构中，采取的结构措施应符合下列规定：
    - 1) 条形基础，应在基础顶部设置钢筋混凝土圈梁；
    - 2) 钢筋混凝土板式基础，应根据地表水平变形引起的附加内力大小配置钢筋；
    - 3) 单独基础，应在各基础之间设置联系梁；
    - 4) 在地表压缩变形区内，宜挖掘变形补偿沟。
  - b) 采用柔性原则设计时，基础结构或基础与地下室部分应具有足够的柔性和可弯性，可根据不同情况采取下列结构措施：
    - 1) 采用滑动层和可倾式基础；
    - 2) 采强度围护结构。
- 13.3.6 煤矿采空区已有建(构)筑物的保护，应根据其损坏程度等级及特点采取加固措施，加固措施的选择应符合下列规定：
- a) 预计建(构)筑物将受到轻微损坏或轻度损坏时，可采用设置地形补偿沟、钢拉杆、钢筋混凝土圈梁、增加变形缝等一般保护措施进行处理；
  - b) 预计建(构)筑物将受到中度损坏时，除一般加固保护措施外，还应增设钢筋混凝土基础梁(包括纵、横向梁及斜梁)、层间及檐口钢筋混凝土圈梁、钢筋混凝土柱等加固措施，并可采取一定的开采技术措施；
  - c) 预计建(构)筑物将受到严重损坏时，应根据建(构)筑物可能出现的破坏形式采取专门加固方案，并应采取减小地表移动变形破坏的开采技术措施。

## 14 勘察成果报告

14.1 勘察报告应根据勘察阶段、任务要求、工程特点和地质条件进行编写，报告的文字说明宜包括下列内容：

- a) 勘察工作概况，包括拟建工程概况、勘察目的、任务要求、依据的技术标准、勘察等级、勘察时间、勘察方法、勘察过程和工作量统计等；
  - b) 场地自然地理概况，包括地理位置、地形地貌、气象、水文和交通条件等；
  - c) 区域地质概况，包括区域地质构造、地层岩性、矿层分布和地震等；
  - d) 场地工程地质条件，包括场地地质构造、地层岩性、岩土物理力学指标统计与分析；
  - e) 场地水文地质条件，包括地下水类型、水位、补排状况和腐蚀性评价等；
  - f) 采空区勘察成果，包括采空区范围、层数、埋深、采厚、开采时间、开采方法、回采率、顶板管理方法、顶底板岩性、覆岩破坏类型及三带分布情况、地表移动变形范围及位移量、采空区剩余空隙体积、采空区充水情况、有害气体等采空区基本要素特征；
  - g) 采空区稳定性分析与评价；
  - h) 采空区建设场地适宜性评价；
  - i) 采空区治理措施建议；
  - j) 勘察结论与建议。
- 14.2 勘察报告附件(表)资料除应包括常规内容外，还宜包括下列内容：

- a) 报告附件，宜包括勘探任务委托书及技术要求、工程地质测绘报告、工程物探成果报告、水文地质试验成果报告、原位测试成果报告、室内试验成果报告及其他专题报告；
  - b) 附表，宜包括勘探点数据一览表、采空区调查表、采空区变形参数表、采空区对拟建工程影响程度综合评价表等。
- 14.3 勘察报告图件资料应包括下列内容：
- a) 工程地质平面图：除应包括常规地质内容外，还应标出拟建建(构)筑物、矿界、井口、采空区(含巷道)位置、地表移动盆地范围及分区、地表裂缝分布、地表移动变形等值线图(实测及预测)工程建设适宜性分区界线等，工程地质平面图比例尺应根据工程规模和勘察阶段确定，宜采用 1:500，也可采用 1:1000~1:2000；
  - b) 工程地质纵、横断面图：除应包括常规地质内容外，还应标出拟建建(构)筑物位置及基底埋深、矿界、井口、采空区(含巷道)位置、垮落带、断裂带、弯曲带移动盆地范围及裂缝分布等；在工程地质概况中应对采空区基本要素特征、采空区稳定性与拟建工程相互影响程度进行分析评价，工程地质纵、横断面图水平比例尺及垂直比例尺宜采用 1:200，也可采用 1:100 或 1:500；在基岩及斜坡地区水平比例尺与垂直比例尺宜相同；
  - c) 钻孔柱状图。除应包括常规地质内容外，还应标出矿产或采空区、垮落带、断裂带、弯曲带、含水情况并应描述钻进速度、掉钻、漏水等情况。
- 14.4 采空区勘察过程中及结束后，应将搜集、调查、物探、钻探等原始资料及测量、观测、试验数据及时归档。

表 A 采空区场地类型划分

分类依据	采 空 区 类 型		
开采时间	老采空区	新采空区	未来(准)采区
开采方式	壁式开采(含分层开采)	柱式开采(含条带式)	巷式开采
开采深度	浅埋( $H < 50$ m)	中深( $50 \text{ m} \leq H \leq 200 \text{ m}$ )	深埋( $200 \text{ m} < H$ )
矿层倾角	缓倾斜( $\alpha < 15^\circ$ )	倾斜( $15^\circ \leq \alpha \leq 55^\circ$ )	急倾斜( $55^\circ < \alpha$ )
采动程度	非充分采动	充分采动	超充分采动

表 B 采空区专项调查表

调查对象					
矿区名称		矿产权		开矿日期	
		开采方式		闭矿日期	
矿界与路线位置关系平面示意图		矿井位置坐标			
		矿区边界（坐标）			
采空区场地工程地质情况	地层层序及岩性				
	矿层分布范围、储量情况				
	矿层的埋深、厚度、代号、产状、时代				
	采区的开采方式、回采率、生产情况				
	矿区开采历史、采掘规划				
	采空区范围、顶板管理方式				
	建设项目影响范围内巷道空间形态、大小、断面尺寸、衬砌支护参数、废巷塌陷情况				
	地表水及地下水情况				
	有害气体赋存情况				
	地表变形、地裂缝发育情况及矿区采动监测与地裂缝处理情况				
	采空区场地建筑物变形与使用情况				
	当地采空区场地建筑技术经验				
	其它与工程建设有关的情况				

填表：

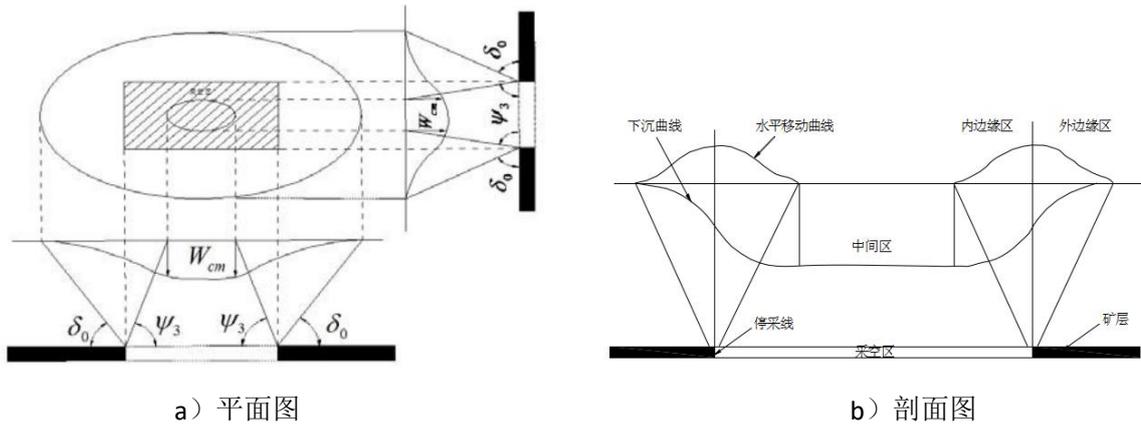
复核：

日期：

## 附录 C 采空区地表移动盆地分区

## C.1 缓倾斜矿层

开采近水平、缓倾斜（倾角 $\alpha < 15^\circ$ ）矿层时，如果地表平坦，且达到超充分采动，采动影响范围内无大型地质构造时，最终形成的静态地表移动盆地（图 C.1）可划分为移动盆地的中间区域、内边缘区、外边缘区，并应符合下列规定：



图C.1 缓倾斜矿层超充分采动时地表移动盆地分区示意

- 中间区域位于采空区的正上方，地表均匀下沉，地表下沉应达到该地质采矿条件下应有的最大值，其它移动和变形值应近似为零且无明显裂缝；
- 内边缘区位于采空区外侧上方，地表应不均匀沉降，且地面应向盆地中心倾斜呈凹形，并应产生压缩变形，可不出现裂缝；
- 外边缘区位于采空区外侧矿层上方，地表应不均匀沉降，且地面应向盆地中心倾斜呈凸形，并应产生拉伸变形，当拉伸变形超过一定数值后，地面可出现拉伸裂缝；
- 在地表刚达到充分采动或非充分采动条件下，地表移动盆地内可不出现中间区域。

## C.2 倾斜矿层

开采倾斜（倾角 $\alpha = 15^\circ \sim 55^\circ$ ）矿层时，地表移动盆地（图 C.2）应具有下列特征：

- 在倾斜方向上，移动盆地的中心（最大下沉点）应偏向采空区的下山方向，并与采空区中心不重合，最大下沉点同采空区几何中心的连线与水平线在下山一侧夹角（最大下沉角）应小于  $90^\circ$ ；
- 移动盆地与采空区的相对位置，在走向上应对称于倾斜中心线，而在倾斜方向上应不对称，且矿层倾角越大，不对称性越加明显；
- 移动盆地的上山方向较陡，移动范围较小；下山方向较缓，移动范围较大；
- 采空区上山边界上方地表移动盆地拐点应偏向采空区内侧，采空区下山边界上方地表移动盆地拐点应偏向采空区外侧；拐点偏离的位置大小与矿层倾角和上覆岩层的性质有关。

## C.3 急倾斜矿层

开采急倾斜（倾角 $\alpha > 55^\circ$ ）矿层时，地表移动盆地（图 C.3）应具有如下特征：

- 地表移动盆地形状的不对称性更加明显；工作面下边界上方地表的开采影响达到开采范围以外很远，上边界上方开采影响则达到矿层底板岩层；整个移动盆地明显地偏向矿层下山方向；
- 最大下沉值不应出现在采空区中心正上方，而应向采空区下边界方向偏移；
- 底板的最大水平移动值大于最大下沉值，最大下沉角应小于  $15^\circ$ ；
- 矿层开采时，可不出现充分采动的情况。

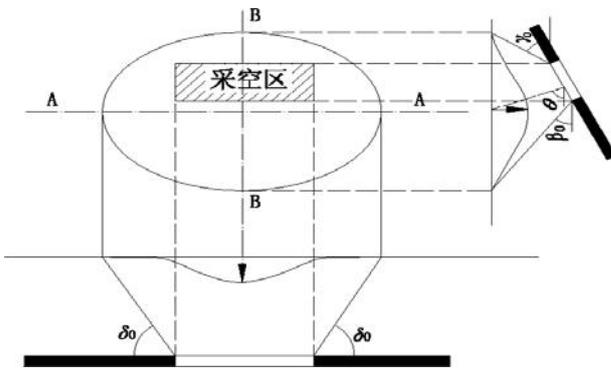


图 C.2 倾斜矿层充分采动时地表移动盆地示意

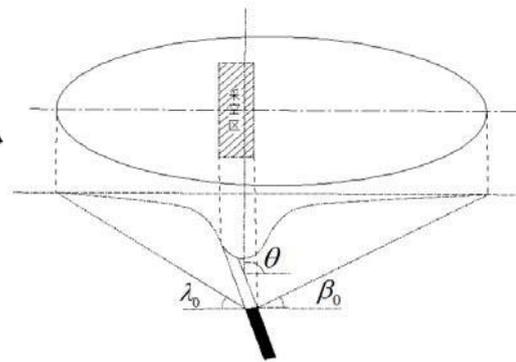


图 C.3 急倾斜矿层采动时地表移动盆地示意

表 D 工程物探方法及适用范围

方法名称		成果形式	适用条件	有效深度(m)	干扰及缺陷	
地面物探	电法勘探	高密度电阻率法	平面、剖面	任何地层及产状,其上方没有极高阻或极低阻的屏蔽层;地形平缓,覆盖层薄。	≤100	高压电线、地下管线、游散电流电磁干扰
		电测深法	剖面	地形平缓,具有稳定电性标志层,地电层次不多,电性层与地质层基本一致,各层厚度相对于埋深不太小,适于深埋采空区探测	≤1000	
		电剖面法	平面、剖面	被测岩层有足够厚度,岩层倾角小于20°;相邻层电性差异显著,水平方向电性稳定;地形平缓	≤200	
		充电法	平面	充电体相对围岩应是良导体,要有一定规模,且埋深不大	≤200	
	电磁法	瞬变电磁法	平面、剖面	被测目标相对规模较大,且相对围岩呈低阻;其上方没有极低阻屏蔽层	50~600	极低阻屏蔽层、地下水、较浅的电磁场源
		大地电磁法		被测目标有足够厚度及显著的电性差异,电磁噪音比较平静;地形开阔起伏平缓	500~1000	
		探地雷达		被测目标与周围介质有一定电性差异,且埋深不大或基岩裸露区	小于等于30或等效钻孔深度	
	地震法	折射波法	平面、剖面	折射波法适用于被测目标的波速大于上覆地层波速	深部采空区探测	黄土覆盖层较厚、古河道砾石潜水面埋深大的区域
		反射波法	平面、剖面	反射波法要求地层具有一定波阻抗差异,采空区面积较大	100~1000	
		瑞雷波法(瞬态面波法)	平面、剖面	覆盖层较薄,采空区埋深浅,地表平坦、无积水	≤40	
		地震映像	剖面	覆盖层较薄,采空区埋深浅	≤150	
		地震频率谐振法	剖面	被测目标与周围介质有一定波阻抗差异	≤1000	
	重力法	微重力勘探	平面	地形平坦,无植被,透视条件好	≤100	地形、地物
放射法	放射性勘探	平面、剖面	探测对象要具有放射性			
井内(间)物探	井底CT层析成像(弹性波、电阻率、电磁波、声波)	平面、剖面	井况良好、井径合理,激发与接受配合良好	2/3等效钻孔深度	游散电流、电磁干扰	
	测井(电、声波、反射性)	剖面	在无套管的、有井液的孔段进行	等效钻孔深度		
	井间CT层析成像(弹性波、电阻率、电磁波、声波)	剖面	井况良好、井径合理,激发与接受配合良好		井液污浊干扰	
	孔内电视摄像	视频图像	在无套管的干孔和清水钻孔中进行			等效钻孔深度
	孔内光学成像	柱状				
孔内超声波成像	柱状	在无套管、有井液的孔段进行				

注:物探质量控制应符合《城市工程地球物理探测规范》(CJJ7-2017)规定;有效性和有效深度宜经现场试验确定。

## 附录 E 采空区钻探方法

## E.1 空区钻进方法

采空区地层钻进可根据需要选用工程钻机或水文钻机，表 E.1~表 E.3 给出了不同钻进方法的适用范围及常用冲洗液和护壁堵漏材料。

表 E.1 工程地质钻进方法

钻进方法		钻进地层					勘察要求	
		粘性土	粉土	砂土	碎石土	岩石	直观鉴别， 采取不扰样	直观鉴别， 采取扰样
回转	螺旋钻进	++	+	+	—	—	++	++
	无岩芯钻进	++	++	+	+	++	—	—
	岩芯钻进	++	++	++	+	++	++	++
冲击钻进		—	+	++	++	+	—	—
锤击钻进		++	++	++	+	—	+	++
振动钻进		++	++	+	+	—	+	++
冲洗钻进		+	++	++	—	—	—	—

注：++：适用；+：部分适用；—：不适用；螺旋钻进不适用于地下水以下的松散粉土和饱和砂土。

表 E.2 水文地质钻进方法

钻进方法	适用范围
硬质合金钻进	基岩一次成孔：可钻性Ⅵ级以内岩石常规口径；可钻性Ⅳ级以内岩石大口径。砂、土、砾石层、小卵石层一次成孔或多级扩孔
钢粒钻进	基岩：可钻性Ⅶ—Ⅹ级岩石常规口径；可钻性Ⅴ—Ⅸ级岩石大口径。大漂石、卵石层一次成孔
大口径泵吸、气举或射流反循环钻进	第四系砂、土、砂砾层，基岩一次成孔
牙轮钻头钻进	可钻性Ⅹ级以内岩石基岩、卵砾石层、漂石层用大口径钻铤加压一次成孔
冲击钻进	浅孔中的砂、土、砾石、小卵石用各种肋骨抽砂筒钻进；大卵石、漂石层、胶结层用冲击钻头钻进，配合抽砂筒捞砂

注：常规口径 $\phi 91\sim\phi 172\text{mm}$ ；大口径指 $\phi 172\text{mm}$ 以上；岩土可钻性分级可参考 JGJ/T 87 相关内容。

## E.2 破碎地层钻探要点

当钻探遇破碎岩石时，其钻探工艺需满足以下要点：

- 软质岩可采用双管取芯钻具或无泵反循环钻进；硬质岩可采用双管钻具或喷射式孔底反循环钻进；
- 破碎岩石钻探应符合下列规定：采用双动双管取芯钻具钻进时，岩芯管长度应为 1.5 m~2.0 m；钻头轴向差距应视岩石而定，可为 30 mm~50 mm，软质岩石差距应大些，反之则小些；钻进中不宜提动钻具，回次进尺宜为 0.5 m~1.0 m；无泵反循环钻进回次进尺视岩性而定，软质岩石应为 1.0 m~1.5 m，破碎岩石应为 0.5 m~0.7 m。

- c) 采用射流反循环钻进时, 应满足以下要求:
- 1) 回次终止时应停钻冲除孔底岩粉, 待停泵沉淀 3 min~5min 后卡取岩芯。提钻时应轻、稳;
  - 2) 钢粒钻进时宜采用直径 3.5mm~4.0mm 的钢粒, 钻头有效底層面积的压强宜用 3.0MPa~3.5MPa, 转速 120r/min~180r/min, 泵量 40L/min~80L/min, 一次投粒量 0.5~2.0 kg;
  - 3) 硬质合金钻进时钻进压力宜采用钻头上每块合金为 0.7kN~0.8kN, 转速 150r/min~180 r/min, 泵量 60L/min~100 L/min;
  - 4) 水泵运转应正常, 中途不应停泵;
  - 5) 泥浆稠度宜为 15s~25 s, 失水量控制在 10 L/30min~15L/30min 以下。

表 E.3 常用冲洗液和护壁堵漏材料

冲洗液和漏浆堵漏材料	适用范围
清水	致密稳定地层。
泥浆(无固相冲洗液)	松散破碎地层, 吸水膨胀性地层, 节理裂隙较发育的漏失性地层。
黏土	局部孔段的塌陷漏失地层, 钻孔浅部或覆盖层有裂隙, 产生漏、涌水等情况的地层。
水泥浆	较厚的破碎带, 塌陷较重的地层, 特殊泥浆及黏土处理无效, 漏失严重的裂隙地层等。
生物、化学浆液	裂隙很发育的破碎、坍塌漏失地层, 一般用于短孔段局部护壁堵漏。
植物胶	松散、掉块、裂隙地层或胶结较差地层, 如卵砾石层、砂层。
套管	严重坍塌、缩孔、漏失、涌水性地层, 较大的溶洞, 松散的土层, 砂层, 其他护壁堵漏方法无效时, 水文地质试验需封闭的孔段, 水上钻探的水中孔段。

### E.3 含洞穴地层钻探要点

当钻探遇洞穴地层时, 其钻探工艺需满足以下要点:

- a) 含洞穴地层钻探应根据地层情况选择钻进方法, 只探测洞穴可采用潜孔锤不取芯钻进。
- b) 含洞穴地层钻探应符合下列规定:
  - 1) 孔径应根据地质条件和洞穴分布情况选择。
  - 2) 钻进时应采用低钻压、慢转速。发现进尺突然加快、漏水、掉钻或有异响时, 应立即检查钻具连接情况或用轻压、慢转速探索钻进。
  - 3) 钻穿空洞或大裂缝顶板时应立即停钻, 将钻具缓慢下落至底板, 并应记录顶、底板的深度, 洞内充填物及其性质、成分、水文地质情况等。
  - 4) 洞内有充填物时应采用干钻或双管钻具钻进。
  - 5) 钻过空洞后应下导向管或接长岩芯管, 其长度为空洞高度的 2 倍~3 倍, 并用轻压、慢速钻至空洞底板下 2 m~3 m 后, 用套管隔离空洞。
  - 6) 倒杆时应吊住钻具, 升降钻具应减速, 并注意遇阻情况。
  - 7) 岩芯应采用卡簧或爪簧取芯钻具卡取。

表 E. 4 采空区钻探现场描述要点与三带判定依据

弯曲带判定依据	断裂带判定依据	垮落带判定依据
1) 全孔返水; 2) 无耗水量或耗水量小; 3) 取芯率大于75%; 4) 进尺平稳; 5) 岩芯完整, 无漏水现象。	1) 突然严重漏水或漏水量显著增加; 2) 钻孔水位明显下降; 3) 岩芯有纵向裂纹或陡倾角裂缝; 4) 钻孔有轻微吸风现象; 5) 孔口有瓦斯等有害气体上涌; 6) 岩芯采取率小于75%。	1) 突然掉钻; 2) 埋钻、卡钻事故频发; 3) 孔口水位突然消失; 4) 孔口吸风; 5) 钻探进尺特别快; 6) 岩芯破碎混杂, 有岩粉、淤泥、矿渣、坑木、砖瓦片等; 7) 瓦斯等有害气体上涌。

## 附录 F 采空区垮落带、断裂带计算方法

F. 1 当煤层的倾角缓倾斜 $\alpha < 55^\circ$ 时，应符合以下规定

- a) 当煤层顶板覆岩内存在极坚硬岩层，煤层回采后能形成悬顶，而开采空间及跨落岩层本身的空间只能由碎胀的岩石填满时，垮落带最大高度可按式 (F. 1) 计算：

$$H_m = \frac{M}{(K-1)\cos\alpha} \dots\dots\dots (F. 1)$$

式中： $M$ —煤层开采厚度，m；

$K$ —垮落岩石的碎胀系数；

$\alpha$ —煤层的倾角 ( $^\circ$ )。

- b) 当煤层顶板为坚硬、中硬、软弱和极软弱岩层或其互层时，开采空间和垮落岩层本身的空间可由顶板的下沉和垮落岩石的碎胀来填满，开采单一煤层时垮落带的最大高度可按式 (F. 2) 计算：

$$H_m = \frac{M-W}{(K-1)\cos\alpha} \dots\dots\dots (F. 2)$$

式中： $W$ —跨落过程中顶板的下沉值。

- c) 当煤层顶板为坚硬、中硬、软弱、极软弱岩层或其互层时，厚层煤分层开采的垮落带最大高度可按表 F. 1 中的公式计算。

表 F. 1 厚煤层分层开采的垮落带最大高度计算公式

覆岩岩性 (单向抗拉强度及主要岩石名称)	计算公式 (m)
坚硬 (40~80MPa, 石英砂岩、石灰岩、砂质页岩、砾岩)	$H_m = \frac{100 \sum M}{2.1 \sum M + 16} \pm 2.5$
中硬 (20~40MPa, 砂岩、泥质灰岩、砂质页岩、页岩)	$H_m = \frac{100 \sum M}{4.7 \sum M + 19} \pm 2.2$
软弱 (10~20MPa, 泥岩、泥质砂岩)	$H_m = \frac{100 \sum M}{6.2 \sum M + 32} \pm 1.5$
极软弱 (<10MPa, 铝土岩、风化泥岩、黏土、砂质黏土)	$H_m = \frac{100 \sum M}{7.0 \sum M + 63} \pm 1.2$

注：1.  $\sum M$ 为累计开采厚度；

2. 公式应用范围：单层开采厚度不超过3.0m，累计采厚不超过15m；计算公式中“±”号项为中误差。

- d) 当煤层顶板为坚硬、中硬、软弱、极软弱岩层或其互层时，厚煤层分层开采的导水裂缝带最大高度 ( $H_{li}$ ) 可按表 F. 2 中的公式计算。

表 F. 2 厚煤层分层开采的导水裂缝带最大高度计算公式

岩性	计算公式之一 (m)	计算公式之二 (m)
坚硬	$H_{li} = \frac{100 \sum M}{1.2 \sum M + 2.0} \pm 8.9$	$H_{li} = 30\sqrt{\sum M} + 10$
中硬	$H_{li} = \frac{100 \sum M}{1.6 \sum M + 3.6} \pm 5.6$	$H_{li} = 20\sqrt{\sum M} + 10$

软 弱	$H_{li} = \frac{100\sum M}{3.1\sum M + 5.0} \pm 4.0$	$H_{li} = 10\sqrt{\sum M} + 10$
极软弱	$H_{li} = \frac{100\sum M}{5.0\sum M + 8.0} \pm 3.0$	

F. 2 当煤层的倾角缓倾斜 $\alpha \geq 55^\circ$ 时，应符合以下规定：

当矿层顶板为坚硬、中硬、软弱、极软弱岩层或其互层时，急倾斜矿层开采形成的垮落带和导水裂缝带最大高度（ $H_m$ 、 $H_{li}$ ）可按表 F.3 中的公式计算。

表 F.3 急倾斜矿层开采垮落带和导水裂缝带最大高度计算公式

覆岩岩性	垮落带高度（m）	导水裂缝带高度（m）
坚硬	$H_m = 0.4 \sim 0.5H_{li}$	$H_{li} = \frac{100Mh}{4.1h + 133} \pm 8.4$
中硬、软弱	$H_m = 0.4 \sim 0.5H_{li}$	$H_{li} = \frac{100Mh}{7.5h + 293} \pm 7.3$

注：式中  $h$  为开采阶段垂高。

F. 3 近距离煤层垮落带和导水裂缝带高度计算应符合下列要求：

- 上、下煤层的最小垂距  $h$  大于回采下层煤的垮落带高度  $H_{xm}$  时，上、下层煤的导水裂缝带最大高度可按上、下层煤的厚度分别按表 F.2 中的公式计算，取其中标高最高者作为两层煤的导水裂隙带最大高度。
- 下层煤的垮落带接触到或完全进入上层煤范围内时，上层煤的导水裂缝带最大高度采用本层煤的开采厚度计算，下层煤的导水裂缝带最大高度，则应采用上、下层煤的综合开采厚度计算，取其中标高最高者为两层煤的导水裂缝带最大高度。上、下层煤的综合开采厚度可按式（F.3）计算：

$$M_{z1-2} = M_2 + (M_1 - \frac{h_{1-2}}{y_2}) \quad (\text{F.3})$$

式中： $M_1$ —上层煤开采厚度，m；

$M_2$ —下层煤开采厚度，m；

$h_{1-2}$ —上、下层煤之间的法向距离；

$y_2$ —下层煤的冒高与采厚之比。

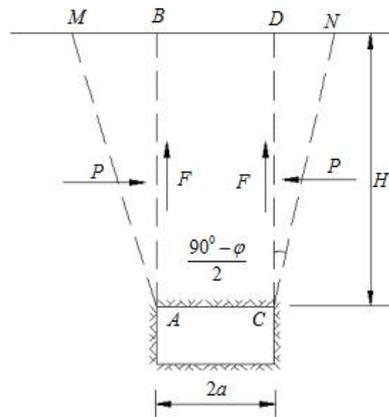
- 如果上下层煤之间的距离很小时，则综合开采厚度可按式（F.0.1-4）计算：

$$M_{z1-2} = M_1 + M_2 \quad (\text{F.4})$$

## 附录 G 小窑采空区稳定性评价

G.1 小窑采空区的稳定性可根据以下情况进行判断：

- 当拟建建筑范围内，地表产生裂缝和塌陷发育地段，属于不稳定地段，不宜于建筑。在附近建筑时，需有一定的安全距离，安全距离的大小按建筑物的性质而定，一般应大于 5~15m。
- 小窑采空区顶板的稳定性：  
矿层开采前岩体内部应力是平衡的，一般情况下，只存在垂直应力和水平应力，如图 G.1 所示：



G.1 小窑开采示意

矿层采空后采空段周围岩土失去支撑，围岩压力发生变化，不同部位所受应力状态也不同；顶板冒落一般是拉应力起主导作用；巷道侧壁主要受垂直压应力作用；巷道四角一般受剪应力作用。

$$Q = G - 2f \quad (G.1)$$

$$G = 2\alpha\gamma H \quad (G.2)$$

$$f = P \tan \varphi \quad (G.3)$$

$$P = \frac{\gamma H^2}{2} \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \quad (G.4)$$

- 式中：
- $Q$  — 巷道单位长度顶板上所受的压力 (kN/m)；
  - $G$  — 巷道单位长度顶板上岩层所受的总重力 (kN/m)；
  - $F$  — 巷道单位长度侧壁的摩阻力 (kN/m)；
  - $P$  — 楔体 ABM 和 CDN 作用在 AB 和 CD 面上的主压应力的最大值 (kN/m)；
  - $H$  — 矿层顶板埋藏深度 (m)
  - $a$  — 巷道宽度的一半 (m)
  - $\varphi$  — 岩层的内摩擦角 ( $^\circ$ )
  - $\gamma$  — 上覆岩层的重度 ( $\text{kN/m}^3$ )

当  $H$  增大到某一深度，使顶板岩层呈自然平衡 (即  $Q=0$ )，此时的  $H$  称为临界深度  $H_0$

$$H_0 = \frac{B}{\tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \tan \varphi} \quad (G.5)$$

当:  $H < H_0$  时, 顶板不稳定,  $H_0 \leq H \leq 2H_0$  时, 顶板基本稳定性,  $H > 2H_0$  时, 顶板稳定。

c) 地基稳定性评价

当建筑物位于影响范围以内时, 可按下式近似地验算地基稳定性。该建筑物基地的单位压力为  $P_0$ , 则作用在采空区顶板上的压力为:

$$Q = \gamma H \left[ 2\alpha - H \tan \varphi \tan^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \right] \quad (\text{G.6})$$

式中:  $Q$  — 巷道单位长度顶板上所受的压力 (kN/m);

$G$  — 巷道单位长度顶板上岩层所受的总重力 (kN/m);

$F$  — 巷道单位长度侧壁的摩阻力 (kN/m);

$P$  — 楔体 ABM 和 CDN 作用在 AB 和 CD 面上的主压应力的最大值 (kN/m);

$H$  — 矿层顶板埋藏深度 (m)

$a$  — 巷道宽度的一半 (m)

$\varphi$  — 岩层的内摩擦角 ( $^\circ$ )

$\gamma$  — 上覆岩层的重度 ( $\text{kN/m}^3$ )

当  $H$  增大到某一深度, 使顶板岩层呈自然平衡 (即  $Q=0$ ), 此时的  $H$  称为临界深度  $H_0$ ;  $H < H_0$  时, 地基不稳定,  $H_0 \leq H \leq 2H_0$  时, 地基基本稳定性,  $H > 2H_0$  时, 地基稳定。

d) 当拟建建筑为次要建筑物, 在避开地表裂缝和塌陷地段, 且  $H/m > 30$  地表已经稳定时, 可不进行稳定性评价。重大工程结合工程重要性, 单独研究确定。

## 引用标准名录

- 《建筑地基基础设计规范》 GB 50007
- 《岩土工程勘察规范》 GB 50021
- 《工程测量规范》 GB 50026-2020
- 《土工试验方法标准》 GB/T 50123
- 《工程岩体试验方法标准》 GB/T 50266
- 《煤矿采空区岩土工程勘察规范》 GB 51044-014
- 《采空区公路勘察设计规范》 DB41/T 1648—2018
- 《广西壮族自治区岩土工程勘察规范》 DBJ/T 45-066
- 《工程物探规范》 DB45/T 983
- 《建筑工程地质勘探与取样技术规范》 JGJ-T 87-2012
- 《城市工程地球物理探测规范》 CJJ / T 7-2017

# 团体标准

## 广西煤矿采空区岩土工程勘察规范

Code for investigation of geotechnical engineering in the coal mine goaf in Guangxi  
Zhuang Autonomous Region

T/GEDA XXX-2023

# 条文说明

## 目 次

1 总则 .....	46
2 术语和符号 .....	46
3 基本规定 .....	46
4 勘察阶段工作内容 .....	46
5 工程地质调查与测绘 .....	47
6 工程物探 .....	47
7 钻探与取样 .....	47
8 原位测试及室内试验 .....	48
9 地下水 .....	48
10 采空区变形监测 .....	48
11 采空区变形预测 .....	48
12 采空区场地评价 .....	49

## 条文说明

### 1 总则

- 1.1 本条明确制定本规范的目的和指导思想。
- 1.2 本条界定本规范的适用范围。
- 1.3 强调了先勘察、后设计、再施工，是工程建设必须遵守的程序。
- 1.4 在执行本规范时，尚应符合现行国家标准。

### 2 术语和符号

对本规范采用的各类术语和符号定义解释。

### 3 基本规定

- 3.1 本规范依据采空区开采规模和面积、开采时间和采空区地表变形阶段、采矿方法、顶板管理方法、矿层倾角等对采空区进行划分。
- 3.2 本条强调“拟建工程场地或其附近存在对工程安全有影响的采空区时，应进行采空区勘察”。
- 3.3 本条文划定了煤矿采空区场地的复杂程度，用于替代《岩土工程勘察规范》（GB 50021-2001）中的场地复杂程度。同时工程重要性等级和地基复杂程度等级沿用国标，从而判定工程勘察等级。
- 3.4 常规划分了勘察分阶段进行。并强调可合并勘察阶段或常规岩土工程勘察合并进行。
- 3.5 本条文说明了整个勘察的技术分析过程。
- 3.6 本条文强调了收集资料的重要性。
- 3.7 本条文强调了技术依据，并说明了勘察手段的权重。
- 3.8 本条文强调了勘察成果需影像资料。
- 3.9 本条文为勘察施工时的其他注意事项。

### 4 勘察阶段工作内容

#### 4.1 一般规定

先明确煤矿采空区岩土工程勘察工作的一般内容，提出一个完整的技术要求，为下文分阶段勘察工作量布置做准备。强调对于建（构）筑物地基勘察，应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》（GB50021）和《煤矿采空区岩土工程勘察规范》（GB 51044-2014）相关规定。

#### 4.2 工可勘察

明确可行性研究阶段以搜集资料、调查访问和工程地质测绘为主，以适量的物探和钻探工作为辅。视条件，从经济角度，实物工作量可只采用物探。明确物探方法为电法，浅层地震，电磁法等，测线不应少于2条。

#### 4.3 初步勘察

本条文明确初步勘察阶段工程钻探及物探的布置进行详细说明，弥补了国标的不足。

#### 4.4 详细勘察

本条文明确详细勘察阶段工程钻探及物探的布置进行详细说明，弥补了国标的不足。

#### 4.5 施工勘察

本条文明确施工勘察阶段工程钻探及物探的布置进行详细说明，弥补了国标的不足。

#### 4.6 小窑采空区岩土工程勘察

本条文明确小窑采空区场地内的工程钻探及物探的布置进行详细说明，弥补了国标的不足。

### 5 工程地质调查与测绘

采空区场地作为建设工程场地使用，其勘察工作阶段与一般场地勘察阶段划分具有特殊性，一般情况下，采空区稳定性评价应前置，在初步设计之前，对采空区稳定性应做出初步评价。这就要求，对于采空区场地勘察，在可行性研究阶段通过对矿山地质环境背景调查、了解，对采空区场地的稳定性和适宜性做出评价，以避免工作滞后给后续设计工作造成被动。

一般已有资料对于采空区进行了区域性研究，但相对作为建设场地使用，其工作目的是不同的，可在此基础上进行分析研究，不可直接套用。

测绘可采用目测、仪器及半仪器方法，根据煤矿开采工艺布的差异、可能出现的地面塌陷特点、和煤层埋深、露头的特点划分了三种方式，重点是采空区分布范围、地表塌陷变形特征及对环境的影响确定，不局限单一方法，可据现场实际情况综合确定。但对于特殊观测点（如移动盆地和地表拉伸地带）应采用仪器准确定位。

### 6 工程物探

工程物探是在资料收集、采空区专项调查、工程地质调绘的基础上，针对资料完整性及可靠性差的小型矿区、老矿区，尤其是开采不规范的采空区，根据地形、地质、采矿等资料选择适宜的物探方法。物探最终成果应根据钻探验证情况进行修正。

常用的几种物探方法是根据相关规范、规程及采空区勘察经验综合而成，使用时应根据地形、地质、采矿等资料及勘探目的和要求选择。

### 7 钻探与取样

勘探与取样是煤矿采空区岩土工程勘察的最重要的手段之一，在工程地质调查、测绘和地球物理勘探成果的基础上，其成果是验证拟建场地范围内采空区发育特征并进行采空区稳定性评价和处治设计、施工的基础资料。勘探和取样质量的高低对查明采空区三带特征及勘察成果质量起至关重要作用。

工程钻探是采空区勘察最直接、最可靠的方法，其最大优点可通过岩芯的观察和描述，直观反映岩土的基本特性，并可通过钻进速度、掉钻及漏水情况，反映出采空区的三带特

性。钻探在可研阶段为辅助验证勘察手段，工作量不宜过大，（初）详勘阶段作为主要勘探方法，在拟建场地重要建筑物地段应适当加密布置。

## 8 原位测试及室内试验

在预计的采空区拟建建（构）筑物地基附加应力影响深度范围内，规定应采取 I、II 级土试样，是采空区覆岩（土）试样采取的基本要求；在地基附加应力影响深度以外范围，采取土试样的质量等级参照相关规定可适度放宽。

## 9 地下水

采空区的充水条件是指采空区的充水水源类型，充水通道和影响采空区充水强度的各种因素。充水水源类型有大气降水、地表水及含水层地下水。充水通道有空隙、断层、构造破碎带、风化构造溶蚀裂隙、岩溶管道及采动形成的导水裂隙等。充水方式有：主要充水含水层与矿体（含冒落带和底板破坏带）直接接触，地下水直接进入采空区的直接充水；主要充水含水层位于冒落带之上，矿层与主要充水含水层之间有隔水层或弱透水层，地下水通过断层、构造破碎带、裂隙、导水裂缝带或弱透水层等进入采空区的顶板间接充水；主要充水含水层位于矿层之下，矿层与主要充水含水层之间有隔水层或弱透水层，地下水通过底板破坏带、断层、构造破碎带、裂隙、弱透水层等进入采空区的底板间接充水。

当导水裂缝带不进入含水层时，含水层对采空区无充水影响。当导水裂缝带进入含水层时，含水层可对采空区充水。当导水裂缝带发展到地表时，大气降水及地表水体可对采空区充水。“三带型”、拱冒型冒落应根据导水裂缝带高度来确定含水层及地表水体对采空区有无充水影响。切冒型、抽冒型冒落导水裂缝带已发展到地表，大气降水及地表水体对采空区有充水影响。弯曲型冒落情况下含水层对采空区一般无充水影响。

## 10 采空区变形监测

地表变形观测时间愈长，所获得的相关参数愈准确，而各阶段勘察工期相对较短。因此，变形观测宜尽早启动，建议从可研或初勘阶段开始开展，至详勘阶段结束，有条件时延续至采空区治理阶段或建（构）筑物竣工、运营1至2年后停止，或根据变形发展趋势至变形稳定。以便于详细勘察阶段的采空区稳定性准确评价。

为准确查明采空区地表移动变形特征，观测线布置宜平行和垂直于采掘工作面布置，设在移动盆地主断面位置。

## 11 采空区变形预测

经过几十年的研究与实践，我国矿业工作者已总结出多种预计地表移动变形值的科学计算方法和参数的求取方法。《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程》中推荐三种计算方法，即“典型曲线法”、“负指数函数法”和“概率积分法”。

典型曲线法是用无因次曲线表示移动盆地断面的下沉曲线，而倾斜、曲率、水平移动和水平变形曲线则是按它们之间或与下沉之间的数学关系由下沉曲线导出的一种方法，它适用于矩形或近似矩形采空区的地表移动预计。

负指数函数法是用负指数函数来表示地表下沉盆地剖面方程的方法。它用于计算矩形和近似矩形采空区的地表移动变形。

概率积分法是以正态分布函数为影响函数，用积分式表示下沉盆地的方法。

以上三种方法基本上可以满足不同煤层的赋存条件和开采条件的下沉盆地计算。由于计算机的广泛应用,各种计算均有软件可供选用,使原本复杂的计算变得快速简捷。

## 12 采空区场地评价

采空区稳定性评价建立在采空区勘察基础上,因此应与采空区勘察阶段相适应。由于采空区类型各异、特点不同,不同勘察阶段所掌握的采空区资料程度也不尽相同,因此采空区稳定性评价应根据其特点和所掌握资料的程度采用定性与定量相结合的方法进行。

采空区稳定性与矿层的开采方式、顶板管理方法、开采时限,以及矿层采深、采厚等因素有关,因此在稳定性评价之前,必须通过各种勘察手段尽可能查清这些影响因素,然后针对性地按工程具体要求选择评价标准和评价方法。

极限平衡分析法是一种根据刚体极限平衡理论评价采空区场地稳定性的方法。对于开采面积小,且近水平的单一巷道式小窑采空区,当顶板岩层节理发育或被裂隙贯通时,上覆岩层可形成冒落拱,采用极限平衡分析方法可计算出维持巷道顶板稳定的临界深度。

数值模拟方法应用于采空区稳定性评价的计算精度及可靠程度,取决于地质力学模型的合理性、计算参数的准确性等诸多因素,包括计算模型范围的确定、边界条件及初始条件的设置、计算工况的设计以及采动岩体物理力学参数的取值等。由于目前工程应用经验不足,因此在采空区覆岩破坏、地表沉陷预计及稳定性评价时,数值模拟法通常作为一种比较和参考方法来使用。

以小窑为代表的单一巷道式采空区在南宁三塘煤矿区比较普遍,这类采空区的开采深度及巷道空间尺寸一般不大,其场地稳定性评价主要是评价巷道顶板的稳定性问题。对于近水平的单一巷道式采空区,当顶板岩层节理发育或被裂隙贯通时,可采用极限平衡分析方法计算出巷道顶板临界深度和顶板稳定系数。考虑到小窑采空区地质条件复杂性及变形失稳的特点,结合多年实践经验,并参考《工程地质手册》(第4版)相关规定,确定巷道式小窑采空区稳定性评价标准。