

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB 51044 – 2014

---

# 煤矿采空区岩土工程勘察规范

Code for investigation of geotechnical  
engineering in the coal mine goaf

2014 – 12 – 02 发布

2015 – 08 – 01 实施

---

中华人民共和国住房和城乡建设部  
中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

联合发布

中华人民共和国国家标准

煤矿采空区岩土工程勘察规范

Code for investigation of geotechnical  
engineering in the coal mine goaf

**GB 51044-2014**

主编部门：中 国 煤 炭 建 设 协 会

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2 0 1 5 年 8 月 1 日

中国计划出版社

2014 北 京

# 中华人民共和国住房和城乡建设部公告

第 653 号

## 住房和城乡建设部关于发布国家标准 《煤矿采空区岩土工程勘察规范》的公告

现批准《煤矿采空区岩土工程勘察规范》为国家标准，编号为GB 51044—2014，自 2015 年 8 月 1 日起实施。其中，第 3.0.2、7.1.4 条为强制性条文，必须严格执行。

本规范由我部标准定额研究所组织中国计划出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2014 年 12 月 2 日

# 前 言

本规范根据住房和城乡建设部《关于印发〈2012 年工程建设标准规范制订修订计划〉的通知》(建标〔2012〕5 号)的要求,由中煤科工集团武汉设计研究院有限公司会同有关单位共同编制而成。

本规范在编制过程中,规范编制组进行了广泛调查研究,认真总结了实践经验,参考了有关国际和国内标准,并广泛征求意见,最后经审查定稿。

本规范共 14 章和 12 个附录,主要技术内容有:总则,术语和符号,基本规定,勘察阶段工作内容,煤矿采空区调查与测绘,地球物理勘探,勘探与取样,采空区地表移动变形监测,地下水,原位测试及室内试验,地表移动和变形预测,采空区稳定性和工程建设适宜性评价,采空区治理措施,岩土工程分析评价和成果报告等。

本规范中以黑体字标志的条文为强制性条文,必须严格执行。

本规范由住房和城乡建设部负责管理和对强制性条文的解释,中国煤炭建设协会负责日常管理,中煤科工集团武汉设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释。本规范在执行过程中,请各单位结合工程实践,认真总结经验,如发现需要修改或补充之处,请将意见和建议寄送中煤科工集团武汉设计研究院有限公司(地址:湖北省武汉市武珞路 442 号,邮政编码:430064, E-mail: wuhan@zh-geo. com),以便今后修订时参考。

本规范主编单位、参编单位、主要起草人和主要审查人:

**主 编 单 位:**中煤科工集团武汉设计研究院有限公司

**参 编 单 位:**中国矿业大学

天地科技股份有限公司开采设计事业部  
煤炭工业太原设计研究院



中煤西安设计工程有限责任公司

中煤科工集团沈阳设计研究院有限公司

中煤科工集团重庆设计研究院有限公司

主要起草人:徐杨青 吴西臣 李凤奇 吴圣林 谭勇强  
隋旺华 丁陈建 石春宇 林杜军 张华兴  
唐秋元 王利群 贺 林 顾凤鸣 陈宗平  
余春林 刘 智

主要审查人:王步云 范士凯 王志杰 韩洪德 张国欢  
李俊山 王彤标 董完毛 张世良

# 目 次

1	总 则 .....	( 1 )
2	术语和符号 .....	( 2 )
2.1	术语 .....	( 2 )
2.2	符号 .....	( 6 )
3	基本规定 .....	( 8 )
4	勘察阶段工作内容 .....	( 10 )
4.1	一般规定 .....	( 10 )
4.2	可行性研究勘察 .....	( 11 )
4.3	初步勘察 .....	( 12 )
4.4	详细勘察 .....	( 13 )
4.5	施工勘察 .....	( 15 )
4.6	小窑采空区岩土工程勘察 .....	( 15 )
4.7	采动边坡岩土工程勘察 .....	( 16 )
5	煤矿采空区调查与测绘 .....	( 19 )
5.1	一般规定 .....	( 19 )
5.2	工程地质调查与测绘方法 .....	( 19 )
5.3	工程地质调查与测绘内容 .....	( 20 )
6	地球物理勘探 .....	( 23 )
6.1	一般规定 .....	( 23 )
6.2	工作方法 .....	( 23 )
6.3	成果解译与报告编写 .....	( 24 )
7	勘探与取样 .....	( 25 )
7.1	一般规定 .....	( 25 )
7.2	钻探 .....	( 25 )

7.3	井探、槽探 .....	(28)
7.4	岩土试样的采取 .....	(28)
8	采空区地表移动变形监测 .....	(29)
8.1	一般规定 .....	(29)
8.2	勘察阶段监测 .....	(29)
8.3	长期监测 .....	(30)
8.4	监测成果报告 .....	(31)
9	地下水 .....	(33)
9.1	一般规定 .....	(33)
9.2	地下水调查及参数测定 .....	(33)
9.3	地下水作用评价 .....	(34)
10	原位测试及室内试验 .....	(35)
10.1	一般规定 .....	(35)
10.2	原位测试 .....	(35)
10.3	有害气体采集与测试 .....	(35)
10.4	岩土室内试验 .....	(36)
11	地表移动和变形预测 .....	(37)
11.1	一般规定 .....	(37)
11.2	预测内容 .....	(37)
11.3	地表移动和变形预测 .....	(38)
12	采空区稳定性和工程建设适宜性评价 .....	(39)
12.1	一般规定 .....	(39)
12.2	采空区场地稳定性评价 .....	(40)
12.3	采空区场地工程建设适宜性评价 .....	(43)
12.4	采空区建(构)筑物地基稳定性分析 .....	(48)
13	采空区治理措施 .....	(50)
13.1	一般规定 .....	(50)
13.2	建筑平面布置及结构处理与预防措施 .....	(50)
13.3	工程治理方法 .....	(52)

13.4 综合治理措施 .....	( 53 )
13.5 采空区地质灾害治理措施 .....	( 54 )
14 岩土工程分析评价和成果报告 .....	( 55 )
附录 A 覆岩破坏类型 .....	( 58 )
附录 B 压矿量估算 .....	( 59 )
附录 C 采动边坡稳定性预测 .....	( 63 )
附录 D 采空区地表移动盆地分区 .....	( 68 )
附录 E 工程物探方法及适用条件 .....	( 71 )
附录 F 钻探施工要点及技术要求 .....	( 73 )
附录 G 采空区钻探现场描述要点及三带判定依据 .....	( 74 )
附录 H 采空区移动变形的计算方法与计算公式 .....	( 75 )
附录 J 部分矿区地表移动实测参数表 .....	( 88 )
附录 K 煤(岩)柱安全稳定性系数计算 .....	(108)
附录 L 采空区垮落带、断裂带计算方法 .....	(111)
附录 M 采空区剩余空隙体积计算 .....	(114)
本规范用词说明 .....	(115)
引用标准名录 .....	(116)
附:条文说明 .....	(117)

# Contents

1	General provisions .....	( 1 )
2	Terms and symbols .....	( 2 )
2.1	Terms .....	( 2 )
2.2	Symbols .....	( 6 )
3	Basic requirements .....	( 8 )
4	Working contents of investigation phases .....	( 10 )
4.1	General requirements .....	( 10 )
4.2	Feasibility study investigation .....	( 11 )
4.3	Preliminary investigation .....	( 12 )
4.4	Detailed investigation .....	( 13 )
4.5	Construction investigation .....	( 15 )
4.6	Geotechnical investigation of small mine gob area .....	( 15 )
4.7	Geotechnical investigation of mined slope .....	( 16 )
5	Investigation and mapping of the coal mine goaf .....	( 19 )
5.1	General requirements .....	( 19 )
5.2	Methods of investigation and mapping .....	( 19 )
5.3	Contents of investigation and mapping .....	( 20 )
6	Geophysical exploration .....	( 23 )
6.1	General requirements .....	( 23 )
6.2	Working methods .....	( 23 )
6.3	Achievement analysis and report writing .....	( 24 )
7	Exploration and sampling .....	( 25 )
7.1	General requirements .....	( 25 )
7.2	Drilling .....	( 25 )

7.3	Well and trench .....	( 28 )
7.4	Sampling of soil and rock samples .....	( 28 )
8	Ground movement deformation monitoring in the goaf .....	( 29 )
8.1	General requirements .....	( 29 )
8.2	Investigation stage monitoring .....	( 29 )
8.3	Long-term monitoring .....	( 30 )
8.4	Monitoring achievement report .....	( 31 )
9	Underground water .....	( 33 )
9.1	General requirements .....	( 33 )
9.2	Investigation and parameters measurement of underground water .....	( 33 )
9.3	Action evaluation of underground water .....	( 34 )
10	In-situ tests and laboratory test .....	( 35 )
10.1	General requirements .....	( 35 )
10.2	In-situ tests .....	( 35 )
10.3	Collection and test of harmful gas .....	( 35 )
10.4	Laboratory test of rock and soil .....	( 36 )
11	Prediction of ground displacement and deformation .....	( 37 )
11.1	General requirements .....	( 37 )
11.2	Prediction contents .....	( 37 )
11.3	Prediction of ground displacement and deformation .....	( 38 )
12	Evaluation of site stability and engineering construction suitability in goaf .....	( 39 )
12.1	General requirements .....	( 39 )
12.2	Goaf site stability evaluation .....	( 40 )
12.3	Evaluation of engineering construction suitability in goaf .....	( 43 )



12.4	Evaluation of foundation stability in goaf .....	( 48 )
13	Management measures of coal mine goaf .....	( 50 )
13.1	General requirements .....	( 50 )
13.2	Construction layout and structure treatment and prevention measures .....	( 50 )
13.3	Engineering control methods .....	( 52 )
13.4	Comprehensive control measures .....	( 53 )
13.5	Control measures for geological hazard in coal mine goaf .....	( 54 )
14	Analysis and evaluation of geotechnical engineering and achievement report .....	( 55 )
Appendix A	Failure types of overlying strata .....	( 58 )
Appendix B	Estimation of coal reserves .....	( 59 )
Appendix C	Stability prediction of mined slope .....	( 63 )
Appendix D	Ground subsidence basin zoning .....	( 68 )
Appendix E	Working methods and application conditions of engineering geophysical .....	( 71 )
Appendix F	Key point and technical requirements of drilling construction .....	( 73 )
Appendix G	In-situ description points and judgment criterion of three zone of drilling in coal mine area .....	( 74 )
Appendix H	Calculation methods and formula of ground movement deformation in goaf .....	( 75 )
Appendix J	Table of measured parameters of ground movement in coal mine area .....	( 88 )
Appendix K	Pillar stability coefficient calculation .....	(108)
Appendix L	Computational method of caving zone and fractured zone .....	(111)

Appendix M	Calculation of residual void volume	
	in goaf .....	(114)
Explanation of wording in this code	.....	(115)
List of quoted standards	.....	(116)
Addition; Explanation of provisions	.....	(117)



# 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** 本规范适用于煤矿采空区的治理、地质灾害防治及在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** 煤矿采空区建设工程勘察应积极采用成熟可靠的新技术和新工艺,并应采取完备的安全生产措施。

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

## 2 术语和符号

### 2.1 术 语

#### 2.1.1 煤矿采空区 coal mine goaf

狭义的煤矿采空区指地下煤炭资源开采空间。本规范也指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

煤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 mining 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**

采深小于 50m 或采深采厚比  $H/M$  小于 30 的采空区。

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

采深大于等于 50m 且小于等于 200m 或采深采厚比  $H/M$  大于等于 30 且小于等于 60 的采空区。

**2.1.13 深层采空区 deep mined-out area**

采深大于 200m 或采深采厚比  $H/M$  大于 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 60m 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 60m 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

地表最大下沉值不随采区尺寸增大而增加的临界开采状态。

**2.1.23 非充分采动**      subcritical mining

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

地表最大下沉值不随开采范围增大而增加的,且超出临界开采的状态。

**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**      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**      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

断裂带上方直至地表产生弯曲的岩层范围。

**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**      boundary of 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 地表下沉值** surface subsidence value

地表点移动向量的竖直分量。

**2.1.34 地表水平移动值** surface displacement value

地表点移动向量的水平分量。

**2.1.35 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。

**2.1.36 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。

**2.1.37 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。

**2.1.38 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。

**2.1.39 地表移动延续时间** lasting time of surface movement

一定区域开采条件下,从地表最大下沉点下沉 10mm 时开始到连续 6 个月内累计下沉小于 30mm 的整个时间。

**2.1.40 边界角** limit angle; boundary angle

在充分或接近充分采动条件下,地表移动盆地主断面上的边界点和采空区边界点连线与水平线在煤壁一侧的夹角。

**2.1.41 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和采空区边界点连线与水平线在煤壁一侧的夹角。

**2.1.42 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。

**2.1.43 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。

**2.1.44 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。

**2.1.45 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。

**2.1.46 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。

**2.1.47 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。

**2.1.48 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;

$H_{II}$ ——垮落断裂带深度;

$H_m$ ——垮落带高度;

$H_{II}$ ——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；  
 $V_w$ ——下沉速率；  
 $i$ ——倾斜值；  
 $\epsilon$ ——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；  
 $\Delta \epsilon$ ——剩余水平变形值。

### 3 基本规定

**3.0.1** 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,并应符合下列规定:

1 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。

2 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。

3 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。

4 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。

5 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。

**3.0.2** 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。

**3.0.3** 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。已建场地或拟建场地施工及运营过程中发生新采或复采时,应进行补充勘察。

**3.0.4** 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。

**3.0.5** 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。

**3.0.6** 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。

**3.0.7** 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。

**3.0.8** 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

#### 4.1.1 煤矿采空区岩土工程勘察工作应包括下列内容：

1 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。

2 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。

3 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。

4 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；采空区覆岩破坏类型应根据矿区资料确定，当无相关资料时，可按本规范附录 A 确定。

5 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。

6 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。

7 分析评价有害气体的类型、分布特征和危害程度。

8 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。

9 收集场地已有建筑物变形和防治措施经验。

10 分析及预测采空区地表移动变形特征和规律。

11 评价其作为工程建设场地的适宜性。

12 提出采空区治理和地基处理建议。

4.1.2 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。

**4.1.3** 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 可行性研究勘察**

**4.2.1** 可行性研究阶段,煤矿采空区岩土工程勘察应对场地的稳定性和工程建设适宜性进行初步评价。

**4.2.2** 可行性研究勘察阶段,应以资料搜集、采空区调查及工程地质测绘为主,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:

1 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、矿井生产地质报告以及交通、气象、地震资料。

2 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。

3 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。

4 搜集与调查采空区已有的勘察、设计、施工资料等,对其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。

5 当有两个或以上拟选场地时,应进行比选分析。

**4.2.4** 当拟建建(构)筑物位于未来(准)采区,需要时可按本规范附录 B 进行压矿量估算。

**4.2.5** 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。

### 4.3 初步勘察

4.3.1 初步勘察应对工程场地的稳定性和工程建设的适宜性进行评价与分区。

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、工程物探为主,辅以适当的钻探工作验证、水文地质观测试验及地表变形观测。

4.3.3 初步勘察应包括下列内容:

1 搜集拟建工程的有关文件、工程地质和岩土工程资料,以及工程场地范围的地形图。

2 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、矿井生产地质报告等资料。

3 在可行性研究搜集资料的基础上,开展采空区专项调查,查明采空区分布、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。

4 初步查明地质构造、地貌、地层岩性、工程地质条件、地下有害气体。

5 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。

6 分析计算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。

7 对可能采取的采空区治理方案进行分析评价。

4.3.4 初步勘察工作应符合下列规定:

1 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。

2 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;对于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。

**3** 工程钻探勘探点的布置应根据搜集资料的完整性和可靠性、物探成果、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、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,钻探验证孔的数量不应少于5个;当采空区对拟建工程影响程度小时,钻探验证孔的数量不应少于3个。对于资料缺乏、可靠性差的采空区场地,应根据物探成果,对异常地段加密布置。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1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。

**4** 当拟建场地下伏新采空区时,应进行地表变形观测;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** 详细勘察应对建筑地基进行岩土工程评价,并应提供地基基础设计、施工所需的岩土工程参数和地基处理、采空区治理方案建议。

**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：

1 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。

2 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：

1 勘察范围宜为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。

2 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。

3 对于稳定性差、需进行治理的采空区场地，勘探点布置应结合采空区治理方法确定，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小于 3m，且应满足地基基础设计要求。

4 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。

5 工程物探宜采用综合测井、跨孔物探、孔内电视、钻孔成像

等方法。对于初勘后新采或复采的采空区,宜补充进行物探。

6 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 施工期间发生下列情况,应进行施工勘察:

1 因设计、施工需要进一步提供岩土工程资料。

2 施工期间发生新采或复采。

3 基坑、基槽开挖后或采空区治理桩基施工过程中,发现岩土条件与勘察资料不符。

4 发现必须查明的其他异常情况。

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。

## 4.6 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:

1 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。

2 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;对于尚未垮落的小窑采空区,应预估其未来对地表的影响。

3 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。

**4 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,并应提供设计、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范围及有影响地段,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,钻探孔深度应达到有影响的开采矿层底板以下不少于 3m,并应满足孔内物探需要。**

#### **4.7 采动边坡岩土工程勘察**

**4.7.1 拟建工程场地或其附近存在不利于工程安全的采动边坡时,应进行专门的采动边坡岩土工程勘察。**

**4.7.2 采动边坡勘察应查明老采空区上覆边坡的稳定性,并应预测新采空区和未来(准)采区边坡移动变形的特征和规律及其对边坡稳定性的影响和可能的失稳模式,同时应对采动边坡提出合理的治理措施与监测方案。**

**4.7.3 采动边坡工程勘察应查明下列内容:**

**1 地形地貌,地质构造,岩土类型、成因、分布及其工程特性,水文地质条件。**

**2 岩石风化程度和岩体基本质量等级,主要结构面的类型、产状、延展情况、闭合程度、充填情况、充水情况、力学属性和组合关系,主要结构面统计及其与临空面关系。**



3 地下采空区分布范围、深度、开采厚度、开采时间、开采方向、开采方法、顶板管理办法、覆岩破坏类型及其分布特征、地表移动变形范围和规律、煤柱分布等各种采矿要素,及其与边坡的空间、时间关系。

4 分析评价采空移动变形对边坡形态、主要结构面产状、岩土体强度、水文地质条件等的影响,并应对变形区进行拉张变形区、剪切下沉区、挤压下沉区、鼓胀隆起变形区划分(图 4.7.3)。

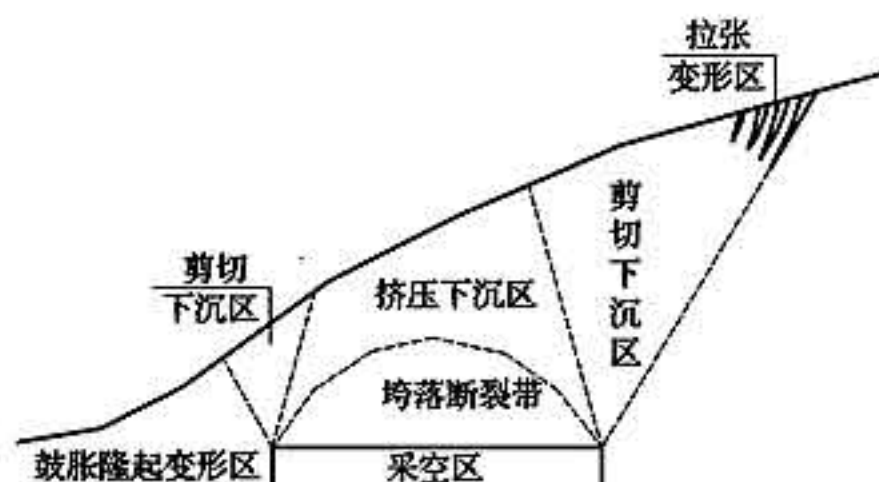


图 4.7.3 采动边坡移动变形分区示意

5 岩土的物理力学性质和软弱结构面的抗剪强度。

6 采动边坡破坏类型、分布、规模及稳定性等。

4.7.4 采动边坡勘察范围应包括对工程安全有影响的边坡及对边坡稳定性有影响的地下采空区。对于存在新采或复采时,还应根据新采或复采的影响范围综合确定。

4.7.5 采动边坡勘察宜采用工程地质调查与测绘、物探、钻探等方法,必要时可辅以坑探和槽探方法。边坡应进行监测,监测内容宜包括边坡变形、地下水动态等。

4.7.6 采动边坡工程地质区(段)应根据边坡安全等级、地层岩性、地质构造、地形地貌、水文地质条件及采空区与边坡的相对关系等综合划分,每个区(段)应至少布置 1 条垂直于边坡走向的勘探线,各勘探线勘探点数量不应少于 3 个。当边坡工程地质条件复杂时,应加密布置。

**4.7.7** 对于采空区资料缺乏或资料可靠性差的采动边坡场地,各勘探线应至少布置 1 个控制性勘探点,孔深进入采空区底板以下不应少于 3m;对于采空区资料完整、可靠的采动边坡,勘探点的深度应穿过最深潜在滑动面并进入稳定层不小于 5m。

**4.7.8** 边坡主要岩土层和软弱层试样采取数量及试验项目应符合现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 的有关规定。抗剪强度指标应根据实测结果结合当地经验确定,宜进行重复剪试验及反分析法验证。对于永久边坡,还应评价采空移动变形对强度的影响。

**4.7.9** 采动边坡稳定性评价应在确定边坡破坏模式的基础上,采用工程地质类比法、结构面组合判断法、极限平衡法、数值分析法进行综合评价,有条件时可进行模型试验。各区段条件不一致时,应分区段评价。当采动边坡坡脚作为建设场地时,尚应评价坡脚鼓胀、隆起变形对工程建设适宜性的影响。

**4.7.10** 采动边坡稳定性极限平衡法验算应根据采厚、采深、坡体岩性及边坡移动变形预测结果等,按本规范附录 C 计算。采动边坡稳定系数的取值,对于永久边坡宜取 1.25~1.35,对于临时边坡宜取 1.15~1.25,地质条件很复杂或破坏后果极严重时应取大值。

**4.7.11** 采动边坡岩土工程勘察报告除应符合本规范第 14 章的规定外,尚应包括下列内容:

- 1 确定边坡可能的破坏形式,分析预测采空移动变形对边坡稳定性的影响;

- 2 提供边坡稳定性、变形和设计所需的计算参数;

- 3 边坡工程是否存在滑坡或潜在滑坡、崩塌及坡脚鼓胀、隆起等不良地质作用,以及对开挖或构筑的适宜性作出结论,并提出潜在不稳定边坡的整治措施和监测方案的建议;

- 4 对正在开采或将要开采的工作面,提出调整开采工作面布置和开采顺序、保护煤岩柱留设等有利采动边坡稳定的合理建议。

## 5 煤矿采空区调查与测绘

### 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:

- 1 可行性研究阶段测绘的比例尺应为 1:2000~1:5000;
- 2 初勘阶段测绘的比例尺应为 1:1000~1:2000;
- 3 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:

- 1 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;

2 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;

3 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;

4 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,并应包括下列内容:

1 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、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。

2 采空区地表移动范围、破坏现状、发展轨迹,确定移动盆地中间区、内边缘区、外边缘区,地表移动盆地分区可按本规范附录 D 划分。

3 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度。

4 采空区地下水赋存、水质和补给状况。

5 已有建(构)筑物的类型、基础形式、变形破坏情况及其原因。

6 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:

1 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。

2 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:

1 地形地貌、地质构造、地层岩性、厚度及产状分布。

2 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变形的相互关系。

3 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 边坡测绘应包括下列内容:

1 测定边坡岩层、节理、风化裂隙等结构面的产状,观察记录结构面及软弱夹层的形态特征、宽度、岩性、产状、厚度、胶结和充填物情况及其特征;应选择代表性地段进行结构面统计,确定优势结构面。

2 调查岩体结构类型,分析地质构造对边坡稳定性的影响。

3 调查工作区及其附近地质条件相似的自然或人工边坡的类型、岩性、岩体破碎情况、节理裂隙、有无危岩及潜在滑体、已滑边坡类型及其形成机制、稳定边坡与不稳定边坡所形成的台阶坡面角等,分析稳定坡角与边坡高度、岩性组合与水文地质条件的关系。

4 对滑坡地段应重点测绘与调查。调查滑坡区地层岩性、地质构造、地表形态；测定滑坡体边界、滑动面位置及其他滑坡要素；分析地下采动与滑坡的相互关系，进行移动变形分区，确定采动对滑坡的影响；确定滑动的外因，推断滑坡的发展趋势。

#### 5.3.6 工程地质图应包括下列内容：

1 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。

2 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。

3 其他有关的图表及资料。

## 6 地球物理勘探

### 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 工作方法

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 E 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。

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。

### **6.3 成果解译与报告编写**

**6.3.1** 物探资料解译应符合下列规定:

1 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。

2 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。

3 应说明探测对象的形态、产状、延伸等要素。

4 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。

5 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:

1 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。

2 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 勘探与取样

### 7.1 一般规定

7.1.1 煤矿采空区勘探工作应在工程地质调查、测绘和地球物理勘探成果的基础上,验证采空区、巷道的分布范围及其覆岩破坏类型与发育特征、地表裂缝的埋深和延展状况,并应开展稳定性评价计算参数确定所需的原位测试和试验工作。

7.1.2 钻探、井探、槽探等方法的选择,应根据地层、采空区和地表裂缝的埋深、取样、原位测试要求及场地现状确定。

7.1.3 岩土试样的采取方法应结合勘察目的、勘察阶段要求、地层条件、采空区覆岩破坏特征、试验要求等确定。

7.1.4 采空区勘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。

### 7.2 钻 探

7.2.1 工程钻探应对搜集、调查的资料、工程地质测绘及物探成果进行验证,并应查明下列内容:

1 采空区覆岩(土)性状、结构特征以及验证采空区的分布范围、空间和顶底板高程。

2 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。

3 采空区中瓦斯等有害气体赋存状况。

4 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。

7.2.2 钻孔布置除应符合本规范第4章相关规定外,还应综合下列因素布置:

- 1 拟建建(构)筑物的重要程度。
- 2 搜集资料的完整性、有效性及工程地质调查与测绘成果。
- 3 工程物探异常区域。
- 4 地表变形观测资料。
- 5 地层产状、简易水文观测。
- 6 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程》JGJ/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 钻探施工要点与技术要求应符合本规范附录 F 的规定。采空区覆岩破坏类型及分布宜通过钻探确定,钻探现场描述要点可按本规范附录 G 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程》JGJ/T 87 的有关规定执行外,尚应符合下列规定:

- 1 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。

- 2 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;对完整地层可采用普通单层岩芯管钻头;对软硬互层、破碎松散层可采用双层岩芯管钻头;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。

- 3 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,再根据采空垮落特征,选择适宜的钻进方法和钻具。

- 4 应准确记录采空区顶、底板的深度,并应描述采空内垮落物性质、成分、粒径、充水情况等。

- 5 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；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：**

**1 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。

**2 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钻进时，可采用优质泥浆、水泥浆或化学浆液护壁；冲洗液严重漏失时，应采取充填、封闭等堵漏措施；必要时可采用早强水泥进行封堵。

**7.2.8 岩芯的保留与存放应符合下列规定：**

**1** 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。

**2** 易冲蚀、风化、软化、崩解的岩芯应进行封存。

**3** 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。

**4** 岩芯应拍摄彩色照片或录像保存。

5 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。

7.2.9 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 井探、槽探

7.3.1 井探、槽探的采用应符合下列规定:

1 当钻探方法难以查明采空区的基本情况时,可结合井探、槽探进行勘探。

2 为查明地表移动盆地地裂缝走向、埋深、宽度等延展情况,可采用井探、槽探。

3 对于埋深浅、覆盖层为第四系或沉积物的小窑采空区,在采取有效安全措施前提下,可采用井探、槽探。

4 对于采空区上边坡或滑坡勘察,当需要详细调查软弱结构面或者滑动面的岩土特征、力学性质时,可采用竖井或平硐。

7.3.2 探井深度不宜超过地下水位,竖井、平硐深度、宽度、长度、断面应按设计要求确定。掘进时,应根据实际情况,采取护壁和支护、送风及有害气体监测与防护等安全措施。

### 7.4 岩土试样的采取

7.4.1 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,应采取Ⅰ、Ⅱ级土试样,试验前应对土试样等级进行评定,试样采取工具和操作方法应符合现行行业标准《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T 87 的有关规定。对于垮落带、断裂带中的岩芯,应以描述为主并进行详细编录,必要时可根据工程需要采取扰动岩、土样进行室内试验。

7.4.2 岩石试样可利用钻探岩芯制作或在井探、槽探、洞探或平硐中凿取,采取的试样尺寸应满足岩体力学试验试块加工的要求。



## 8 采空区地表移动变形监测

### 8.1 一般规定

8.1.1 采空区变形监测应查明地表变形特征、基本规律和发展趋势。

8.1.2 采空区变形监测点应根据煤层开采深度、开采方式、地层特征、采空区特征和工程建设需要等布设。下列情况应进行采空区地表移动变形监测：

- 1 缺乏资料且勘探难以查明采空区的变形特征时。
- 2 为判断采空区移动变形对地表建(构)筑物的影响和评价采空区治理效果时。
- 3 对新采、复采的已建场地,应进行采空区变形跟踪监测。
- 4 对于重要工程及有特殊要求的采空区应开展地面长期变形监测。
- 5 不稳定采空区上的建(构)筑物。
- 6 基本稳定采空区上的重要建(构)筑物。

8.1.3 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。

8.1.4 基准点应布置在不受采空区影响的稳定区域内。

8.1.5 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。

### 8.2 勘察阶段监测

8.2.1 勘察阶段采空区变形监测宜从可研阶段或初勘阶段开始,并宜与后期的采空区治理、建(构)筑物施工阶段的施工监测、竣工

运营监测相衔接,或根据变形发展趋势监测至变形稳定。

**8.2.2** 观测线宜结合建(构)筑物平面位置平行和垂直于移动盆地主断面布置,数量不宜少于2条,并应满足场地稳定性评价需要。

**8.2.3** 观测点可根据开采深度、监测目的等距离布设,间距不宜超过50m。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。

**8.2.4** 观测周期宜根据开采深度、覆岩性质、变形速率、观测时间等综合确定,对于长壁垮落法采空区,观测周期可按表8.2.4确定,观测期间可根据变形速率、工程重要性等加密或延长;其他非长壁垮落法采空区,其观测周期可根据开采方式和回采率延长。

表 8.2.4 观测周期

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

**8.2.5** 采空区地表移动变形监测点的观测精度要求,应符合表8.2.5的规定。

表 8.2.5 地表移动变形监测点的观测精度要求

监测点类型	等 级	点位中误差(mm)
水平位移	三等	$\pm 6$
垂直位移	四等	$\pm 4$

### 8.3 长期监测

**8.3.1** 当采空区对拟建工程影响中等或影响大时,对建(构)筑物或不良地质作用等应开展长期变形监测。长期变形监测宜结合矿区地表移动变形监测进行。



**8.3.2** 现场监测前应根据委托方要求、工程性质、施工场地条件、采矿影响程度、踏勘成果等编制工作纲要,以及设置监测点和基准点、测定初始值,并应根据现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 及设计要求确定报警值。

**8.3.3** 现场监测的结果应提交当日报表。当监测值达到报警指标时,应签发报警通知,并应根据监测结果提出施工建议和预防措施。

## **8.4 监测成果报告**

**8.4.1** 每次观测工作结束后,应完成下列工作,并应定期提交监测成果阶段报告:

- 1 检查所有原始记录,对观测数据进行平差计算和处理。
- 2 计算各观测点的下沉值  $W$ 、水平移动值  $U$ 、倾斜值  $i$ 、曲率  $K$ 、水平变形  $\epsilon$ 、下沉速率  $V_s$  等各种移动变形量。
- 3 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,绘制比例尺应根据具体情况确定,以在地质断面图上能清楚地表示为宜。

**8.4.2** 当变形监测任务全部完成后,应提交综合技术成果报告,综合技术成果报告应包括下列内容:

- 1 项目概况,应包括项目来源、观测目的和要求,测区地理位置及周边环境、工程地质条件、项目起止时间,完成工作量等。
- 2 作业过程及技术方法,应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,基准点及观测点布设情况,变形测量精度,作业方法及数据处理方法,变形测量周期等。
- 3 变形监测数据统计与分析,求取地表移动和变形的主要参数。
- 4 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,绘制比例尺应根据具体情况确定,以在地质断面图上能清楚地表示为宜。

5 变形测量过程中出现的变形异常和作业中发生的特殊情况等。

6 结论与建议。

7 附图附表应包括基准点及观测点平面布置图,反映采矿、地质条件等与变形过程间关系的各种图表等。

## 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:

1 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。

2 地下水的水质、污染源及其可能的污染程度和腐蚀性。

3 采空区的充水条件、充水方式,采空区的积水程度。

4 垮落带、断裂带、弯曲带的富水性及其与含水层的关系,导水断裂带高度。

5 地下水的动态变化情况及引起地面塌陷、沉降情况。

**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** 煤矿采空区地下水调查宜包括下列内容:

1 降水量、蒸发量、气温等区域气象资料。

2 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。

3 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。

4 采空区充水、排水情况,充水因素。

5 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。

6 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 煤矿采空区地下水作用的评价应包括下列内容:

1 抽水、排水或地下水位下降引起的地基及地面塌陷、沉降的可能性及其对工程的影响。

2 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。

3 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。

## **10 原位测试及室内试验**

### **10.1 一般规定**

**10.1.1** 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,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。

**10.1.2** 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。

**10.1.3** 岩土工程评价参数值的选取,应根据室内试验成果、原位测试成果、原型观测反分析成果等综合确定,并应评价采空区时空效应对岩土工程评价参数值的影响。

### **10.2 原位测试**

**10.2.1** 拟建场地浅部岩土层的工程性质、地基承载力等的确定,宜采用载荷试验、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、现场直接剪切试验等原位测试方法。

**10.2.2** 可在钻孔中对拟建场地深部岩土体进行波速测试。

### **10.3 有害气体采集与测试**

**10.3.1** 当有害气体对采空区稳定性、岩土工程勘察及处治施工有影响时,应进行有害气体的采集与测试,具体采集方法应根据其特性综合选取。



**10.3.2** 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。

## **10.4 岩土室内试验**

**10.4.1** 试样制备前,应对岩土的重要性状做目视鉴定和简要描述。

**10.4.2** 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:

1 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。

2 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。

3 砂土宜测定颗粒级配、比重、最大和最小密度。

4 岩样宜测定岩矿鉴定、颗粒密度和块体密度试验、吸水率和饱和吸水率试验、单轴抗压强度试验(饱和、干燥和天然)、直接剪切试验、抗拉强度、弹性模量及泊松比等。

5 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。

**10.4.3** 对于覆岩破坏范围内的岩土试样,室内试验项目宜根据工程需要确定。

**10.4.4** 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 有关规定,评价其对建筑材料及注浆材料的腐蚀性。

## 11 地表移动和变形预测

### 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:

- 1 地表出现塌坑、台阶状开裂等情况。
- 2 边坡失稳和山崖崩塌等情况。
- 3 开采特厚煤层及厚煤层露头区域。
- 4 开采急倾斜煤层。
- 5 山区及丘陵地段。

### 11.2 预测内容

11.2.1 新采空区和未来(准)采区的地表移动与变形计算或预测,应包括地表任意点的下沉、水平移动、水平变形、曲率变形、倾斜变形等。

11.2.2 对于老采区应计算地表剩余变形值,并应符合下列规定:

1 地表剩余移动变形值可通过该开采条件下引起的地表移动变形预计值,扣除已发生的地表移动变形值确定。

2 已发生的地表移动变形值宜按现状地形与原始地形的差值确定,也可在地表移动变形过程曲线中引入下沉折减系数或时间因子,并应计算开采时段对应的下沉率及相应的地表移动剩余变形值。

### 11.3 地表移动和变形预测

**11.3.1** 地表移动变形计算方法宜采用概率积分法,可按本规范附录 H 计算。有经验地区,可采用典型曲线法、负指数函数法等方法。地表移动与变形预测应根据地质、采矿条件等,选择计算参数和计算公式。

**11.3.2** 概率积分法可用于地表移动变形连续分布时的地表移动和变形预测,应包括缓倾斜、倾斜煤层开采地表移动盆地主断面和任意点的移动与变形计算。急倾斜煤层开采时,瓢形移动盆地的地表移动与变形计算可采用等价工作面计算方法;兜形移动盆地的地表移动与变形计算可采用对深度积分的计算方法。

**11.3.3** 对于多煤层、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。

**11.3.4** 地表移动变形预测计算参数应符合下列规定:

1 计算参数应包括下沉系数、水平移动系数、主要影响角正切、开采影响传播角、拐点偏移距等。

2 已有实测资料的矿区,应采用本矿区的实际观测资料确定。

3 无实测资料的矿区,可采用按本规范附录 H.0.8 确定的采空区覆岩综合评价系数  $P$ ,或按本规范附录 J 参考地质采矿条件相似的其他矿区经验进行工程类比求取预测参数。

## 12 采空区稳定性和工程建设适宜性评价

### 12.1 一般规定

12.1.1 采空区场地稳定性应根据采空区勘察成果进行分析和评价,并应根据建筑物重要性等级、结构特征和变形要求、采空区类型和特征,采用定性与定量相结合的方法,分析采空区对拟建工程和拟建工程对采空区稳定性的影响程度,综合评价采空区场地工程建设适宜性及拟建工程地基稳定性。

12.1.2 不同类型采空区场地稳定性的评价因子可按表 12.1.2-1 确定,采空区对拟建工程的影响程度评价因子可按表 12.1.2-2 确定。

表 12.1.2-1 采空区场地稳定性评价因子

评价因素	采空区类型			
	顶板垮落充分的采空区	顶板垮落不充分的采空区	单一巷道及巷采的采空区	条带式开采的采空区
终采时间	●	●	●	●
地表变形特征	●	●	—	●
采深	●	●	●	●
顶板岩性	—	●	●	
松散层厚度	●	●	—	●
煤(岩)柱稳定性	—	—	●	—

注:“●”表示作为评价因子;

“—”表示不作为评价因子。

表 12.1.2-2 采空区对拟建工程影响程度评价因子

评价因素	采空区类型			
	顶板垮落充分的采空区	顶板垮落不充分的采空区	单一巷道及巷采的采空区	条带式开采的采空区
采空区场地稳定性	●	●	—	●
建筑物重要性	●	●	●	●

续表 12.1.2-2

评价因素	采空区类型			
	顶板垮落充分的采空区	顶板垮落不充分的采空区	单一巷道及巷采的采空区	条带式开采的采空区
地表变形特征	●	●	●	●
地表剩余变形	●	●	—	●
采空区密实及充水状态	●	●	●	●
采深	—	—	●	●
采深采厚比	●	●	—	●
顶板岩性	—	—	●	●
松散层厚度	●	●	—	●
活化效应	●	●	●	●
煤(岩)柱稳定性	—	—	—	●

注：“●”表示作为评价因子；

“—”表示不作为评价因子。

**12.1.3** 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，宜划分为对建筑抗震不利地段。

## 12.2 采空区场地稳定性评价

**12.2.1** 采空区场地稳定性评价，应根据采空区类型、开采方法及顶板管理方式、终采时间、地表移动变形特征、采深、顶板岩性及松散层厚度、煤(岩)柱稳定性等，宜采用定性定量评价相结合的方法划分为稳定、基本稳定和不稳定。

**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。各勘察阶段采空区场地稳定性评价应符合下列规定：

**1** 可行性研究勘察阶段应综合分析采空区类型、开采条件、终采时间、地表移动变形特征、顶板岩性及覆盖土层厚度等因素，采用开采条件判别法对采空区场地稳定性进行初步评价。



2 初步勘察阶段采空区场地稳定性评价应在可研阶段初判的基础上,根据采空区类型及特点,预估采空区地表剩余变形量,并结合地表移动变形观测资料,综合采用开采条件判别法、地表移动变形判别法、煤(岩)柱稳定分析法等方法对场地稳定性进行定性和定量评价。

3 详细勘察阶段应根据地表移动变形观测结果,验证、评价采空区场地稳定性。

### 12.2.3 开采条件判别法应符合下列规定:

1 开采条件判别法可用于各种类型采空区场地稳定性定性评价。

2 对不规则、非充分采动等顶板垮落不充分、难以进行定量计算的采空区场地,可采用开采条件判别法进行定性评价。

3 开采条件判别法判别标准应以工程类比和本区经验为主,并应综合各类评价因子进行判别。无类似经验时,宜以采空区终采时间为主要因素,结合地表移动变形特征、顶板岩性及松散层厚度等因素,按表 12.2.3-1~表 12.2.3-3 综合判别。

表 12.2.3-1 按终采时间确定采空区场地稳定性等级

稳定等级	不稳定	基本稳定	稳定
采空区终采时间 $t(d)$	$t < 0.8T$ 或 $t \leq 365$	$0.8T \leq t \leq 1.2T$ 且 $t > 365$	$t > 1.2T$ 且 $t > 730$

注:  $T$  为地表移动延续时间,无实测资料时按本规范附录 H 中 H.0.6 确定。

表 12.2.3-2 按变形特征确定采空区场地稳定性等级

稳定等级 评价因子	不稳定	基本稳定	稳定
地表变形特征	非连续变形	连续变形	连续变形
	抽冒型或切冒型	盆地边缘区	盆地中间区
	地面有塌陷坑、台阶	地面倾斜、有地裂缝	地面无地裂缝、台阶、塌陷坑

表 12.2.3-3 按顶板岩性及松散层厚度确定浅层采空区场地稳定性等级

稳定等级 评价因子	不稳定	基本稳定	稳定
顶板岩性	无坚硬岩层分布 或为薄层或软硬岩 层互层状分布	有厚层状坚硬岩 层分布且 $15.0\text{m} >$ 层厚 $> 5.0\text{m}$	有厚层状坚硬岩 层分布且层厚 $\geq$ $15.0\text{m}$
松散层厚度 $h(\text{m})$	$h < 5$	$5 \leq h \leq 30$	$h > 30$

#### 12.2.4 地表移动变形判别法应符合下列规定：

1 地表移动变形判别法可用于顶板垮落充分、规则开采的采空区场地的稳定性定量评价。对顶板垮落不充分且不规则开采的采空区场地稳定性，也可采用等效法等计算结果判别评价。

2 地表移动变形值宜以场地实际监测结果为判别依据，有成熟经验的地区也可采用经现场核实与验证后的地表变形预测结果作为判别依据。

3 地表移动变形值确定场地稳定性等级评价标准，宜以地面下沉速度为主要指标，并结合其他参数按表 12.2.4 综合判别。

表 12.2.4 按地表移动变形值确定场地稳定性等级

稳定 状态	评 价 因 子				备注
	下沉速率 $V_w$	倾斜 $\Delta i$ (mm/m)	曲率 $\Delta K$ ( $\times 10^{-3}/\text{m}$ )	水平变形 $\Delta \epsilon$ (mm/m)	
稳定	$< 1.0\text{mm/d}$ , 且连续 6 个月 累计下沉 $< 30\text{mm}$	$< 3$	$< 0.2$	$< 2$	同时具备
基本稳定	$< 1.0\text{mm/d}$ , 但连续 6 个月 累计下沉 $\geq 30\text{mm}$	$3 \sim 10$	$0.2 \sim 0.6$	$2 \sim 6$	具备其一
不稳定	$\geq 1.0\text{mm/d}$	$> 10$	$> 0.6$	$> 6$	具备其一

### 12.2.5 煤(岩)柱稳定分析法应符合下列规定:

1 煤(岩)柱稳定分析法可用于穿巷、房柱及单一巷道等类型采空区场地的稳定性定量评价。

2 巷道(采空区)的空间形态、断面尺寸、埋藏深度、上覆岩层特征及其物理力学性质指标等计算参数,应通过实际勘察的成果并结合矿区经验确定。

3 煤(岩)柱安全稳定性系数计算可按本规范附录 K 计算,场地稳定性等级评价应按表 12.2.5 判别。

表 12.2.5 按煤(岩)柱安全稳定性系数确定场地稳定性等级

稳定状态	不稳定	基本稳定	稳定
煤(岩)柱安全稳定性系数 $K_p$	$K_p < 1.2$	$1.2 \leq K_p \leq 2$	$K_p > 2$

### 12.2.6 下列地段宜划分为不稳定地段:

1 采空区垮落时,地表出现塌陷坑、台阶状裂缝等非连续变形的地段。

2 特厚煤层和倾角大于  $55^\circ$  的厚煤层浅埋及露头地段。

3 由于地表移动和变形引起边坡失稳、山崖崩塌及坡脚隆起地段。

4 非充分采动顶板垮落不充分、采深小于 150m,且存在大量抽取地下水的地段。

## 12.3 采空区场地工程建设适宜性评价

12.3.1 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 12.3.1 划分。

表 12.3.1 采空区场地工程建设适宜性评价分级表

级别	分级说明
适宜	采空区垮落裂隙带密实,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

续表 12.3.1

级别	分级说明
基本适宜	采空区垮落裂隙带基本密实,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
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

**12.3.2 采空区对各类工程的影响程度**,应根据采空区场地稳定性、建筑物重要程度和变形要求、地表变形特征及发展趋势、地表移动变形值、采深或采深采厚比、垮落裂隙带的密实状态、活化影响因素等,采用工程类比法、采空区特征判别法、活化影响因素分析法、地表剩余变形判别法等方法,并宜按表 12.3.2-1~表 12.3.2-4 的规定划分。

表 12.3.2-1 按场地稳定性及工程重要性等级  
定性分析采空区对工程的影响程度

影响程度 工程条件 场地稳定性	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

表 12.3.2-2 采用工程类比法定性分析采空区对工程的影响程度

影响程度	类比工程或场地的特征
大	地面、建(构)筑物开裂、塌陷,且处于发展、活跃阶段
中等	地面、建(构)筑物开裂、塌陷,但已经稳定 6 个月以上且不再发展
小	地面、建(构)筑物无开裂,或有开裂、塌陷,但已经稳定 2 年以上且不再发展;邻近同类型采空区场地有类似工程的成功经验

表 12.3.2-3 根据采空区特征及活化影响因素定性分析  
采空区对工程的影响程度

影响程度	采空区特征			活化影响因素	备注
	采空区采深 $H(m)$	采空区的密实状态及充水状态	地表变形特征及发展趋势		
大	$H < 50m$ 或 $H/M < 30$	存在空洞, 钻探过程中出现掉钻、孔口窜风	正在发生不连续变形, 或现阶段相对稳定, 但存在发生不连续变形的可能性大	活化的可能性大, 影响强烈	具备其一
中等	$50m \leq H \leq 200m$ 或 $30 \leq H/M \leq 80$	基本密实, 钻探过程中采空区部位大量漏水	现阶段相对稳定, 但存在发生不连续变形的可能	活化的可能性中等, 影响一般	具备其一
小	$H > 200m$ 或 $H/M > 80$	密实, 钻探过程中不漏水、微量漏水但返水或间断返水	不再发生不连续变形	活化的可能性小, 影响小	同时具备

表 12.3.2-4 根据采空区地表剩余变形值确定采空区对工程的影响程度

影响程度	地表剩余变形				备注
	下沉值 $\Delta W(mm)$	倾斜值 $\Delta i(mm/m)$	水平变形值 $\Delta \epsilon(mm/m)$	曲率值 $\Delta K$ ( $\times 10^{-3}/m$ )	
大	$> 200$	$> 10$	$> 6$	$> 0.6$	具备其一
中等	$100 \sim 200$	$3 \sim 10$	$2 \sim 6$	$0.2 \sim 0.6$	具备其一
小	$< 100$	$< 3$	$< 2$	$< 0.2$	同时具备

12.3.3 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 12.3.3 划分。



表 12.3.3 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

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

注:1 采空区深度  $H$ ,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  $H_{II}$ 指采空区垮落断裂带的埋藏深度, $H_{II}$ =采空区采深  $H$ -垮落带高度  $H_m$ -断裂带高度  $H_b$ ,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 L 计算确定。

12.3.4 采空区场地工程建设适宜性,应采用定性和定量相结合的评价方法综合确定。对于稳定、基本稳定的采空区场地,对可不作变形验算的次要建(构)筑物,可仅采用工程类比法等定性方法评价。

12.3.5 工程类比法应符合下列规定:

1 工程类比法可用于各种类型采空区对拟建工程的影响程度定性评价。

2 应在对位于地质、采矿条件相同或相似的同一矿区或邻近矿区类似工程进行全面细致调查的基础上,按本规范表 12.3.2-2 的规定进行类比。

12.3.6 采空区特征判别法应符合下列规定:

1 采空区特征判别法可用于各种类型采空区对拟建工程的影响程度定性评价。对不规则、非充分采动等顶板垮落不充分且难以进行定量计算的采空区场地,可仅用采空区条件特征判别法进行定性评价。

2 采空区特征判别法应根据采空区场地稳定性、采深、采深

采厚比、地表变形特征及发展趋势、采空区的充填密实状态等,按本规范表 12.3.2-3 的规定综合评价。

#### 12.3.7 活化影响因素分析法应符合下列规定:

1 活化影响因素分析法可用于不稳定和基本稳定的采空区场地。

2 应评价地下水上升引起的浮托作用、煤(岩)柱软化作用等和地下水位下降引起垮落断裂带压密,以及潜蚀、虹吸作用等的影响;并应评价地下水径流引起岩土流失诱发地面塌陷的可能性。

3 应评价地震、地面振动荷载等引起松散垮落断裂带再次压密诱发地面塌陷和不连续变形的可能性。

4 活化影响因素分析应以定性分析评价为主,预测评价地表变形特征、发展趋势及其对工程的影响,有条件时宜结合数值模拟方法进行综合评价。

#### 12.3.8 地表剩余移动变形判别法应符合下列规定:

1 地表剩余移动变形判别法可用于充分和规则开采、顶板垮落充分的采空区的影响程度的定量评价,对顶板垮落不充分的不规则开采采空区的影响也可采用等效法等计算结果进行判别评价。

2 地表剩余移动变形判别应根据预计的剩余变形值,结合建(构)筑物的允许变形值及本区经验综合判别,按本规范表 12.3.2-4 的规定进行综合评价。

#### 12.3.9 附加应力分析法应符合下列规定:

1 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。

2 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。

3 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 12.3.3 的规定

综合判别。

**12.3.10 荷载临界影响深度判别法应符合下列规定：**

1 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。

2 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。

3 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。

4 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12.3.3的规定综合判别。

**12.3.11 数值分析法应符合下列规定：**

1 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。

2 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,且不宜小于100m。

3 模拟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 采空区建(构)筑物地基稳定性分析**

**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:

1 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。

2 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)筑物地基稳定性**,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:

1 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。

2 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。

3 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。

4 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。

5 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。

6 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,对可不做变形验算、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:

1 场地处于稳定状态,工程建设对采空区场地稳定性影响小。

2 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 建筑平面布置及结构处理与预防措施

13.2.1 采空区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。

13.2.2 煤矿采空区拟建建(构)筑物平面布置,应符合下列规定:

1 拟建建(构)筑物的长轴宜平行于地表下沉等值线。

2 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。

13.2.3 煤矿采空区的新建建(构)筑物的建筑措施,应符合下列规定:

1 建筑物平面形状应力求简单、对称、等高。



2 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。

**13.2.4** 煤矿采空区的新建建(构)筑物的结构措施,应符合下列规定:

- 1 宜选用静定结构体系。
- 2 在地表非连续变形区内,应在框架与柱子之间设置斜拉杆。
- 3 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。

4 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。

**13.2.5** 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:

1 采用刚性原则设计时,基础结构的刚度和强度应足以抵抗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。

2 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)采用弱强度围护结构。

**13.2.6** 煤矿采空区已有建(构)筑物的保护,应根据其损坏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:

1 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。

2 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。

3 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。

### 13.3 工程治理方法

13.3.1 煤矿采空区工程治理方法可分为注浆法、干(浆)砌支撑法、开挖回填法、巷道加固法、强夯法、跨越法、穿越法等。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。

13.3.2 注浆法可用于不稳定或相对稳定的采空塌陷区治理,应根据采空区的形成时间、埋深、采厚、采煤方法、顶板或覆岩岩性及其力学性质、水文地质及工程地质特征等因素进行注浆设计。采空区剩余空隙体积可按本规范附录 M 计算确定。

13.3.3 干(浆)砌支撑法可用于采空区顶板尚未完全塌陷、需回填空间较大、埋深浅、通风良好、具有人工作业条件,且材料运输方便的煤矿采空区。

13.3.4 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。

13.3.5 巷道加固法可用于正在使用的生产、通风和运输巷道,或具备井下作业条件的废弃巷道。

13.3.6 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。

13.3.7 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,应分析评价采空区成桩可能性,并应分析采

空区沉陷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。

### 13.4 综合治理措施

**13.4.1** 采空区综合治理措施应根据建(构)筑物本身的允许变形能力,采取地下开采、地下工程加固、地表建筑物结构加固或预防措施等。

**13.4.2** 地面建(构)筑物的主要开采保护方法的适用范围及技术要求,应符合表 13.4.2 的规定。

表 13.4.2 主要开采保护方法的适用范围及技术要求

开采技术方法	适用范围	技术要求
充填开采	重要建筑物、密集建筑物下,城镇下开采;大倾角、急倾斜矿层开采;对煤层采出率要求较高时	根据充填材料不同分为水砂充填、全砂充填、矸石自溜充填;充填开采地表下沉量控制在采厚的 8%~15%
部分开采	地面建筑物十分密集、结构复杂;有纪念意义的建筑物;由于技术和经济上的原因,不适于采取加固措施的建筑物;地面排水困难;煤层层数少,厚度较稳定,断层少;邻近采区的开采不致破坏煤柱的完整性;对煤层采出率要求达到 50%~60%时	部分开采分为垮落部分开采和充填部分开采;垮落部分开采地表下沉量可控制在采厚的 10%~15%;充填部分开采地表下沉量控制在采厚的 5%以内
限厚开采	煤层全厚开采,地表预计变形超过建筑物允许变形值,采取建筑物结构保护措施有困难,采用限厚开采可行时	根据有关地表移动变形预计结果,确定合理开采厚度,使地表移动变形预计值小于地表移动变形最大允许值
房柱式开采	开采深度较浅,一般不宜超 300m~500m;煤层倾角在 10°以下;煤层较硬,煤柱具有较强稳定性	仅对煤房中的煤进行开采,不进行煤房煤柱的回收

续表 13.4.2

开采技术方法	适用范围	技术要求
协调开采	地面建筑物较少且需要进行保护	通过合理安排开采布局、顺序、方向、时间等方法控制
留保护煤(岩)柱法	重点保护工程、密集建筑群下或水体下,对地表变形有比较严格的要求,而采取其他措施达不到要求或者经济上不合理时	建筑物围护带宽根据受保护对象等级确定;确定建筑物保护煤(岩)柱时的地表允许变形值采用:倾斜 $i = \pm 3\text{mm/m}$ , 曲率 $k = \pm 0.2 \times 10^{-3}/\text{m}$ , 水平变形 $\epsilon = \pm 2\text{mm/m}$

**13.4.3** 对于必须留设保护煤(岩)柱的建(构)筑物,其保护煤(岩)柱留设应进行专项设计。

### 13.5 采空区地质灾害治理措施

**13.5.1** 地面塌陷治理应根据地面塌陷的类型、规模、发展变化趋势、危害大小等特征,因地制宜,综合治理。对未达到稳定状态的区域,宜采取监测、示警及临时工程措施;对达到稳定状态的区域,应采取防渗处理、削高填低、回填整平、挖沟排水等综合治理措施。

**13.5.2** 地裂缝治理应根据规模和危害程度采取不同的措施。规模和危害程度较小时,可采用土石填充并夯实,以及防渗处理等措施;规模和危害程度较大时,可采取填充、灌浆等措施。

**13.5.3** 崩塌、滑坡治理,可采用清理废土石和危岩,或修筑拦挡工程和排水工程;潜在的崩塌、滑坡灾害,可采用削坡减荷、锚固、抗滑、支挡、排水、截水等工程措施进行治疗。对受正在开采的采空区影响的滑坡治理,还应采取留设保护煤(岩)柱的开采保护措施。

**13.5.4** 泥石流治理,可采用清理泥土石,或修筑拦挡工程防止形成新的泥石流物源;潜在的泥石流隐患可采用疏导、切断或固化泥石流物源等措施。



## 14 岩土工程分析评价和成果报告

**14.0.1** 岩土工程分析评价应阐明建筑场地岩土工程条件,并应根据工程结构类别、特点,结合当地经验和类似工程经验,在定性分析的基础上进行定量评价。

**14.0.2** 岩土工程分析评价及编制勘察报告所依据的工程地质测绘、勘探、测试及试验等原始资料,应进行整理、检查、分析,并应确认无误后再使用。

**14.0.3** 岩土参数应根据工程特点和地质条件选用,并应按现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 的有关规定进行参数统计、标准值确定及可靠性和适用性评价。

**14.0.4** 岩土工程勘察报告应资料完整、真实准确、数据无误、图表清晰、结论有据、建议合理、便于使用和适宜长期保存,并应重点突出、有明确的工程针对性。

**14.0.5** 岩土工程勘察报告应根据任务要求、勘察阶段、工程特点和地质条件等编写,勘察报告文字说明宜包括下列内容:

1 勘察工作概况,宜包括拟建工程概况、勘察目的、任务要求和依据的技术标准、勘察等级划分、勘察时间、方法、过程和勘察工作量。

2 场地自然地理概况,宜包括地理位置、地形地貌、气象、水文及交通等。

3 区域地质概况,宜包括地质构造、地层岩性、煤层分布情况、地震等。

4 场地工程地质条件,宜包括地质构造、地层、岩土性质及其均匀性、地基岩土物理力学指标统计与分析。

5 场地水文地质条件,宜包括地下水类型及水位、腐蚀性评



价和补给状况。

6 采空区勘察成果,宜包括采空区范围、层数、埋深、采厚、开采时间、方法、回采率、顶板管理方法、顶板岩性、覆岩破坏类型及分布情况、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。

7 采空区稳定性分析与评价。

8 拟建场地工程建设的适宜性评价与分区。

9 采空区治理措施建议。

10 结论与建议。

14.0.6 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:

1 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。

2 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。

14.0.7 勘察报告图件资料应包括下列内容:

1 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。

2 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、地表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。

**3 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。

**14.0.8 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。**

## 附录 A 覆岩破坏类型

表 A 覆岩破坏类型

序号	覆岩类型	垮落类型	变形特征
1	覆岩全部为可垮落岩层,一般以软岩~较硬岩为主	三带型	覆岩破坏可分为垮落带、断裂带和弯曲带;当垮落带和断裂带未达到地表时,地表应为连续性变形;当垮落带和断裂带能达到地表时,地表应为非连续性变形
2	煤层以上某一高度存在一定厚度的坚硬岩层	拱冒型	长壁式开采时,随着采空区的扩大,坚硬岩层以下的岩层发生拱型垮落,垮落达到坚硬岩层时可形成悬顶;围岩可形成“自然拱”或无支撑“砌体拱”、“板拱”,近煤层的顶板岩层受到破坏,远离顶板的岩层不受破坏,地表只产生微小下沉
3	全部为坚硬覆岩	弯曲型	条带法开采或刀柱法开采时,坚硬岩层可形成悬顶;煤柱面积宜占 30%~35%,覆岩应不发生垮落破坏,地表变形最大值不宜超过煤层采高的 5%~15%
4	全部为坚硬覆岩	切冒型	开采深度较小、煤柱面积小于 30%~35%且坚硬岩层未形成悬顶时,煤柱不应形成稳定支座;地表突然陷落,地表裂缝应直通采空区,地表会形成“断陷”式盆地
5	全部覆岩为极软弱的急倾斜岩层或土层	抽冒型	当开采深度较小或接近冲积层开采时,覆岩变形不应形成悬顶;采空区内无垮落矸石支撑时,覆岩会发生“抽冒型”破坏;地面形成漏斗状陷坑

## 附录 B 压矿量估算

**B.0.1** 对于必须预留保护煤(岩)柱的建(构)筑物,所预留保护煤(岩)柱范围内的矿产量应为建(构)筑物的压矿量。保护煤(岩)柱边界可根据建(构)筑物受护边界按移动角采用垂直剖面法、垂线法及数字高程投影法等方法进行计算,宜采用垂直剖面法。

**B.0.2** 建(构)筑物受护范围应包括受护对象及其周围的围护带。围护带宽度应根据受护对象的保护等级确定,对于重要工程,围护带宽度不应小于 20m;对于一般工程,围护带宽度不宜小于 10m;对于次要工程,围护带宽度不宜小于 5m。

**B.0.3** 用垂直剖面法留设保护煤(岩)柱(图 B.0.3)的方法和步骤,应符合下列规定:

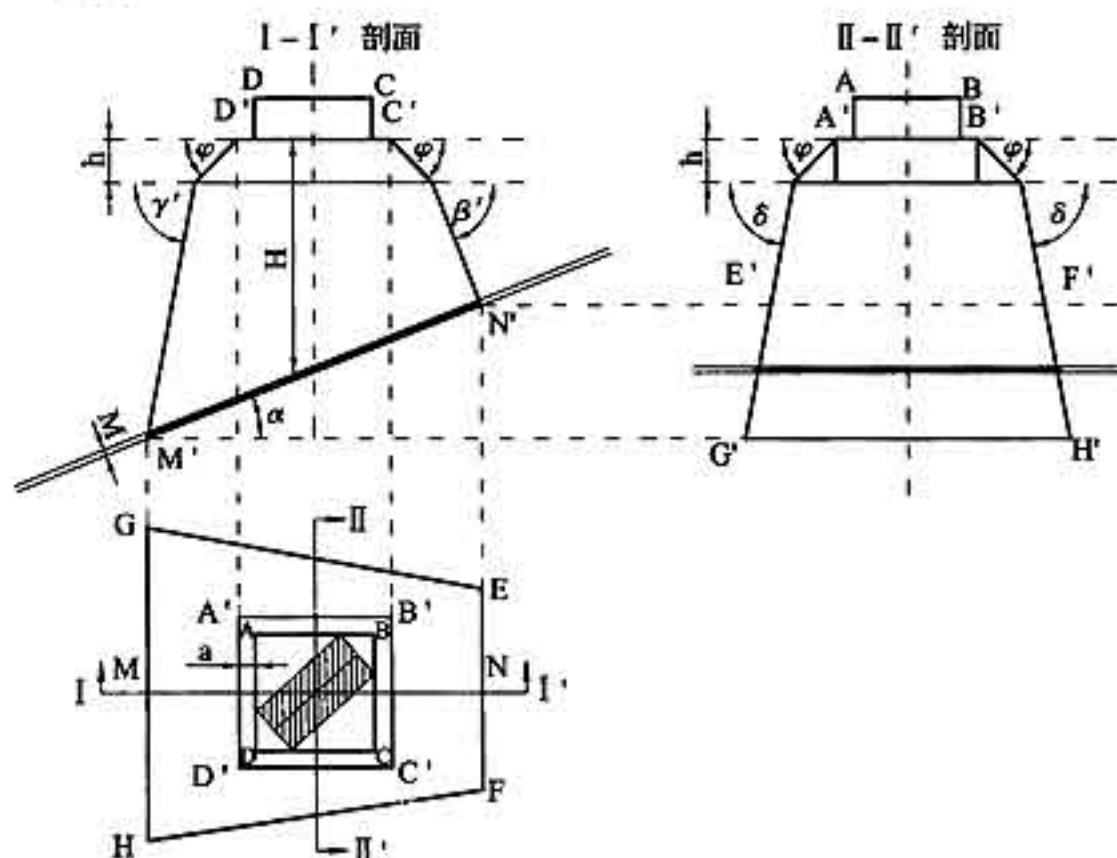


图 B.0.3 垂线剖面法设计保护煤(岩)柱示意图

1 在平面图上,应沿受护建(构)筑物的角点作平行于煤层走向和倾斜方向的四条直线,应两两相交得矩形保护范围 ABCD。在 ABCD 外侧应根据建(构)筑物的保护等级增加围护带宽度,所得矩形 A'B'C'D'应为受护边界。

2 应过四边形 A'B'C'D'中心点作煤层倾向剖面 I-I'和走向剖面 II-II',在 I-I'、II-II'剖面上可求出保护煤(岩)柱边界。

3 在 I-I'剖面上应标出地面线、建(构)筑物轮廓线、松散层、煤层等,并应标出煤层倾角  $\alpha$ 、煤层厚度  $M$  及煤层埋藏深度  $H_0$ 。沿受护边界点 C'、D'应以松散层移动角  $\varphi$ ,基岩内应分别以斜交剖面移动角  $\beta'$ 、 $\gamma'$  代替  $\beta$ 、 $\gamma$  角划直线。直线与煤层底板的交点应为保护煤柱在煤层该斜交剖面上的上、下边界 M'及 N'。应将 M'、N'投影到平面图上,得 M、N 点。 $\beta'$ 、 $\gamma'$  角应按下列公式计算:

$$\cot \beta' = \sqrt{\cot^2 \beta \cos^2 \theta + \cot^2 \delta \sin^2 \theta} \quad (\text{B. 0. 3-1})$$

$$\cot \gamma' = \sqrt{\cot^2 \gamma \cos^2 \theta + \cot^2 \delta \sin^2 \theta} \quad (\text{B. 0. 3-2})$$

式中: $\gamma$ 、 $\beta$ 、 $\delta$ ——分别为上山、下山和走向方向的岩层移动角;

$\theta$ ——围护带边界与煤层倾向线之间所夹的锐角。

4 在 II-II'剖面上应标出地面线、建(构)筑物轮廓线、松散层、煤层等。沿受护面积边界与地面线交点在松散层内应以移动角  $\varphi$  划直线,在基岩内应以走向方向的岩层移动角  $\delta$  划直线。

5 应将 I-I'剖面上 M'、N'点投影到 II-II'剖面上,与 II-II'剖面上基岩内的两条斜线相交,得交点 E'、F'、G'、H'。E'F'应为煤柱上边界在 II-II'剖面上的投影,G'H'应为煤柱下边界在 II-II'剖面上的投影。

6 应将 E'、F'、G'、H'点分别转汇到平面图上得 E、F、G、H 点,EFGH 点围成的四边形应为所求保护煤(岩)柱平面范围。

**B. 0. 4** 用垂线法设计与煤层走向斜交的受护对象保护煤(岩)柱(图 B. 0. 4)时,应符合下列规定:

1 应在受护边界 12346 外侧增加围护带宽度,得受护面积边界 1'2'3'4'6'。



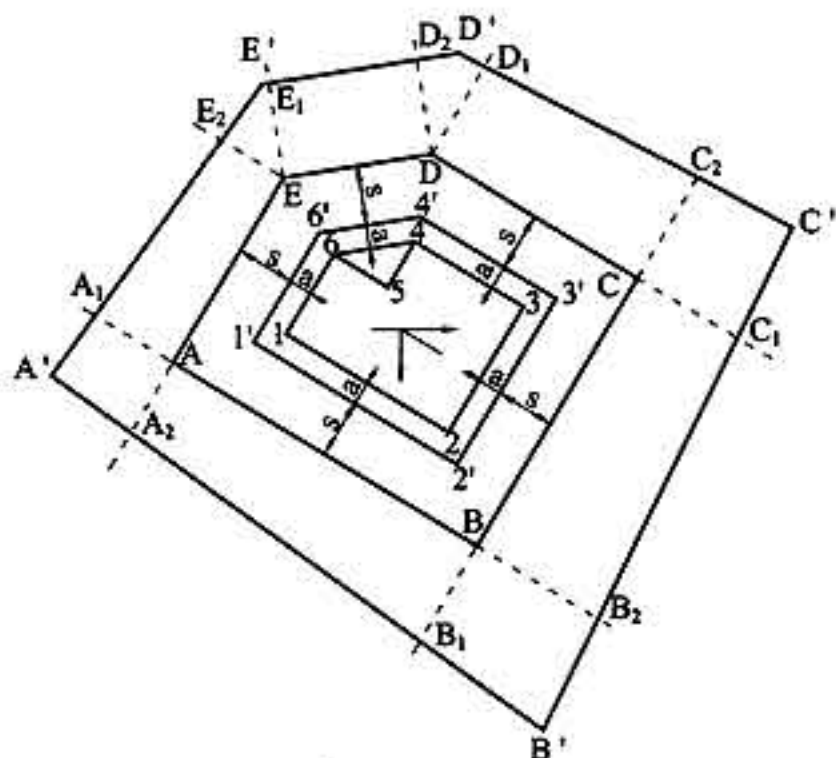


图 B.0.4 垂线法设计保护煤(岩)柱示意图

2 受护面积边界 1'2'3'4'6' 向外应按宽度  $s = h \cdot \cot \varphi$  划出 ABCDE 五边形。

3 应由 A、B、C、D、E 等各点分别作线段 AB、BC、CD、DE、EA 等各边的垂线,在煤层上山方向垂线长度  $L_u$  和下山方向垂线长度  $L_d$  应按下列公式计算:

$$L_u = \frac{(H-h) \cot \beta'}{1 + \cot \beta' \cos \theta \tan \alpha} \quad (\text{B.0.4-1})$$

$$L_d = \frac{(H-h) \cot \gamma'}{1 - \cot \gamma' \cos \theta \tan \alpha} \quad (\text{B.0.4-2})$$

式中:  $h$ ——松散层厚度(m);

$H$ ——煤层到地表的垂深(从受护边界起在松散层中以  $\varphi$  角作直线与基岩面相交,  $H$  值为过此交点的煤层深度);

$\theta$ ——各受护边界与煤层走向所夹的锐角;

$\beta'$ 、 $\gamma'$ ——斜交剖面移动角,分别按本规范公式(B.0.3-1)及公式(B.0.3-2)计算确定。

4 在各垂线上,应按计算垂线长度,用直线分别连接垂线各端点相交于 A'、B'、C'、D'、E' 等点,各点所围成的轮廓应为建筑物

保护煤(岩)柱边界的平面范围。

**B. 0.5** 数字标高投影法可用于设计延伸形建(构)筑物或基岩面标高变化较大情况下的保护煤(岩)柱。采用数字标高投影法设计受护对象保护煤(岩)柱时,应符合下列规定:

1 保护煤(岩)柱空间体的侧平面(即倾角为  $\varphi$ 、 $\beta'$ 、 $\gamma'$  的平面)上等高线的等高距,应与煤层等高线(或基岩面等高线)的等高距  $D$  相同。

2 相邻两等高线之间的水平距离  $d$  应根据  $\varphi$ 、 $\beta'$ 、 $\gamma'$  角及煤层等高距  $D$ ,按  $d = D \cot \varphi$  ( $d = D \cot \beta'$  或  $d = D \cot \gamma'$ ) 求取。

3 连接保护煤(岩)柱侧平面与煤层层面(或基岩面)上同值等高线的交点,所围成的多边形应为保护煤(岩)柱边界。

## 附录 C 采动边坡稳定性预测

C.0.1 单滑面采动边坡坡体(图 C.0.1)稳定性,可按下列公式验算:

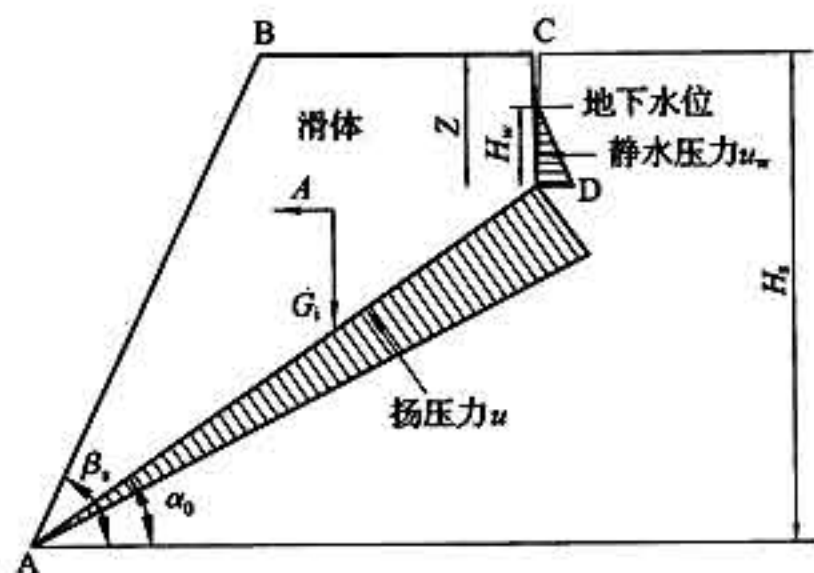


图 C.0.1 单滑面采动边坡计算模型

$$F_k = \{G[(1-\eta)\cos\alpha_0 - (A+B)\sin\alpha_0] - u - u_w\sin\alpha_0\}\tan\phi - [\eta\cos\alpha_0\tan\phi - (1-\eta)]cL \quad (\text{C.0.1-1})$$

$$F_x = G[(1+\eta)\sin\alpha_0 + (A+B)\cos\alpha_0] + u_w\cos\alpha_0 + \eta cL\sin\alpha_0 \quad (\text{C.0.1-2})$$

$$B = P_m[\lambda(\varepsilon + \varepsilon') + \xi(i + i')] \quad (\text{C.0.1-3})$$

$$G = \frac{1}{2}\gamma H_s^2 \left[ \cot\alpha_0 - \cot\beta_0 - \left(\frac{Z}{H_s}\right)^2 \cot\alpha_0 \right] \quad (\text{C.0.1-4})$$

$$K_f = \frac{F_k}{F_x} \quad (\text{C.0.1-5})$$

式中:  $F_x$ ——坡体下滑力(kN);

$G$ ——滑体重量(kN);

$F_k$ ——坡体抗滑力(kN);

$K_t$ ——坡体稳定性评价系数；

$A$ ——地震加速度,重力加速度( $g$ )；

$c$ ——滑动面内聚力( $kPa$ )；

$L$ ——滑动面长度( $m$ )；

$Z$ ——滑体后壁张开性裂缝深度( $m$ )；

$H_w$ ——张性裂缝中充水深度( $m$ )；

$\gamma_w$ ——水的容重( $kN/m^3$ )；

$\alpha_0$ ——滑面倾角( $^\circ$ )；

$\phi$ ——滑面内摩擦角( $^\circ$ )；

$u$ ——沿滑面扬压力,  $u = \frac{1}{2} \gamma_w L H_w$  ( $kN$ )；

$u_w$ ——裂隙水侧压力,  $u_w = \frac{1}{2} \gamma_w H_w^2$  ( $kN$ )；

$\lambda$ ——侧压力系数,  $\lambda = \frac{\mu}{1-\mu}$ ,  $\mu$  为泊松比；

$P_m$ ——坡体采动程度系数,  $P_m = \frac{M \cdot D}{H_0 \cdot \psi} \tan \beta_s \leq 10$ ；

$D$ ——坡体下方开采宽度( $m$ ),  $D \geq 1.5 H_0$  时, 取  $D = 1.5 H_0$ ；

$\Psi$ ——岩(土)性系数,可按表 C.0.1 选取；

$\eta$ ——计算系数；当  $H_i \leq H_s$  时,  $\eta = \frac{P_m \cdot W}{H_i}$ ；当  $H_i > H_s$

时,  $\eta = \frac{P_m \cdot W}{H_i - H_s}$ ；

$\xi$ ——计算系数；当  $H_i < H_s$  时,  $\xi = 0$ ；当  $H_i \geq H_s$  时,  $\xi = \frac{H_s}{H_i}$ ；

$W$ ——坡顶边缘下沉值( $m$ )；

$H_i$ ——坡顶至开采煤层底板垂直高度( $m$ )；

$i, i'$ ——坡顶边缘最终和动态倾斜值,  $mm/m$ , 倾向与坡体相同时取正值, 相反取负值；

$\epsilon, \epsilon'$ ——坡顶边缘最终和动态水平变形值, mm/m, 拉伸为正, 压缩为负, 动态取正值。

表 C.0.1 岩(土)性系数  $\Psi$

岩(土)名称	$\Psi$
坡积物及砂土	1.0~1.2
粉质黏土~黏土	1.2~1.4
泥岩和粉砂岩	1.4~1.6
泥质页岩和砂质泥岩	1.6~1.8
砂质页岩(钙质胶结)	1.8~2.0
较硬砂岩和石灰岩	2.0~2.2
坚硬砂岩和石灰岩	2.2~2.5
坚硬灰岩和石英砂岩	2.8~3.0

C.0.2 厚表土圆弧形滑面采动坡体(图 C.0.2)稳定性计算验算时,宜按岩性、坡度和采动程度等将滑坡体分成  $n$  个垂直条块,第 1 条块抗滑力  $F_{k1}$  和下滑力  $F_{x1}$  应按公式(C.0.1-1)、公式(C.0.1-2)计算,其余条块( $i$ )的抗滑力  $F_{ki}$  和下滑力  $F_{xi}$  应按公式(C.0.2-1)~公式(C.0.2-6)计算,坡体稳定性系数  $K_f$  按式(C.0.2-7)计算:

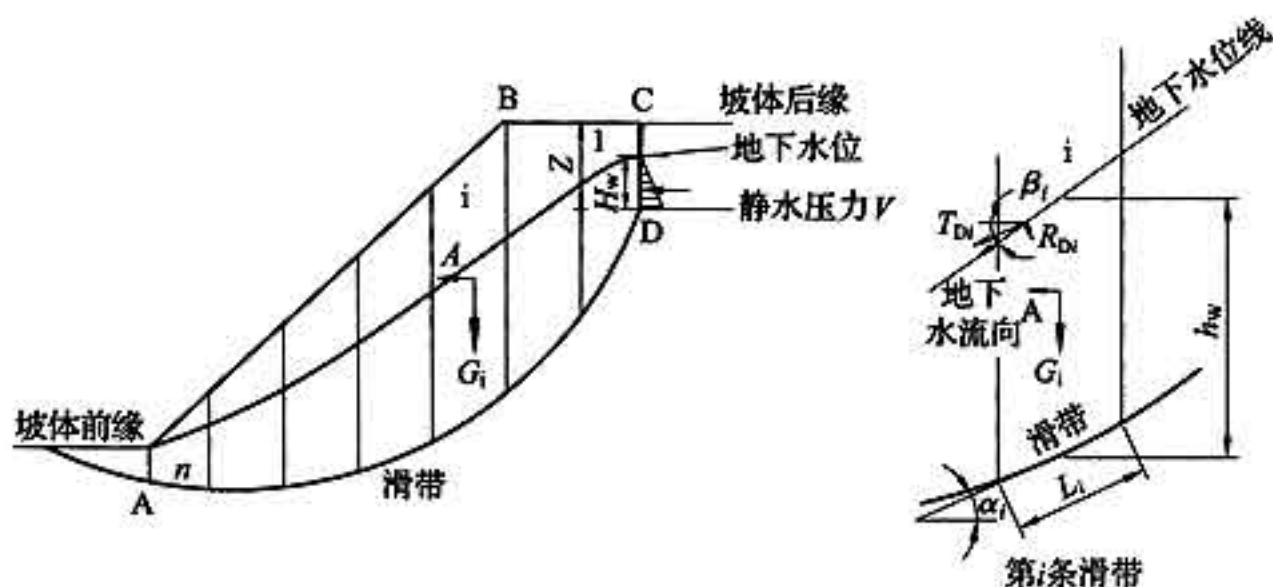


图 C.0.2 圆弧形滑面采动坡体计算模型



$$F_{ki} = \{G_i[(1-r_U-\eta_i)\cos\alpha_i - (A+B_i)\sin\alpha_i] - R_{Di}\} \tan\phi_i - [\eta_i\cos\alpha_i\tan\phi_i - (1-\eta_i)]c_iL_i \quad (C.0.2-1)$$

$$F_{xi} = G_i[(1+\eta_i)\sin\alpha_i + (A+B_i)\cos\alpha_i] - T_{Di} + \eta_i c_i L_i \sin\alpha_i \quad (C.0.2-2)$$

$$B_i = P_m[\lambda(\epsilon_i + \epsilon'_i) + \xi(i_i + i'_i)] \quad (C.0.2-3)$$

$$r_U = \frac{\text{滑体水下体积} \times \text{水的容重}}{\text{滑体总体积} \times \text{滑体容重}} \approx \frac{\text{滑坡水下面积}}{\text{滑坡总面积} \times 2} \quad (C.0.2-4)$$

$$R_{Di} = \gamma_w h_{wi} L_i \sin\beta_i \sin(\alpha_i - \beta_i) \quad (C.0.2-5)$$

$$T_{Di} = \gamma_w h_{wi} L_i \sin\beta_i \cos(\alpha_i - \beta_i) \quad (C.0.2-6)$$

$$K_f = \frac{\sum_{i=1}^n F_{ki}}{\sum_{i=1}^n F_{xi}} \quad (C.0.2-7)$$

式中： $r_U$ ——孔隙压力比；

$T_{Di}$ ——渗透力产生的平行滑面分力(kN)；

$R_{Di}$ ——渗透力产生的垂直滑面分力(kN)；

$\beta_i$ ——第*i*条块地下水流向(°)。

**C.0.3** 采动边坡的滑动角与滑动面的确定,应符合下列规定:

1 坡体内有明显的外倾式软弱层理面或断裂结构面时,可根据层理面或结构面推断采动坡体潜在滑动面及其倾角。

2 坡体内无明显的外倾式软弱层理或断裂结构面时,发生采动崩塌的潜在崩塌面倾角( $\alpha_0$ )可根据坡体高度( $H_s$ )按表 C.0.3 确定。

3 厚表土层圆弧形滑面采动坡体的潜在滑面及后壁裂缝位置,可按非理想松散层介质极限平衡理论用图解趋近法确定,主要参数宜为内摩擦角  $\phi$ ,滑体后壁的张性裂缝深度可根据矿区采动裂缝发育深度的经验数据确定。

表 C.0.3 采动坡体崩塌面倾角( $\alpha_0$ )参考值

岩(土)名称	坡体高度(m)			
	$H_s < 10$	$10 \leq H_s < 30$	$30 \leq H_s < 50$	$H_s \geq 50$
坡积物及含砂黏性土	$> 55^\circ$	$55^\circ \sim 50^\circ$	$50^\circ \sim 45^\circ$	$45^\circ \sim 40^\circ$
具有垂直节理的粉质黏土	$> 60^\circ$	$60^\circ \sim 55^\circ$	$55^\circ \sim 50^\circ$	$50^\circ \sim 45^\circ$
中硬砂岩及砂质页岩	$> 65^\circ$	$65^\circ \sim 60^\circ$	$60^\circ \sim 55^\circ$	$55^\circ \sim 50^\circ$
坚硬砂岩及砂质页岩	$> 80^\circ$	$80^\circ \sim 75^\circ$	$75^\circ \sim 70^\circ$	$70^\circ \sim 65^\circ$

C.0.4 采动边坡稳定性计算所需的有关力学参数,可按表 C.0.4 的规定确定。

表 C.0.4 采动坡体稳定性计算有关力学参数参考值

岩(土)名称	内摩擦角 $\phi(^{\circ})$	黏聚力 $c(\text{kPa})$	侧压系数 $\lambda$
坡积物及砂土	20~23	13~18	0.32~0.35
粉质黏土及含砂黏性土	20~24	22~26	0.32~0.35
泥岩和粉砂岩	22~25	35~50	0.32~0.35
砂质页岩和砂质泥岩	22~26	55~65	0.32~0.35
钙质胶结的砂质页岩	26~28	70~90	0.32~0.35
中砂岩和石灰岩	26~30	80~120	0.30~0.33
坚硬砂岩和石灰岩	28~32	120~150	0.25~0.30
石英砂岩和坚硬灰岩	30~35	150~200	0.20~0.25

## 附录 D 采空区地表移动盆地分区

**D.0.1** 开采煤层倾角  $\alpha < 15^\circ$ , 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 D.0.1), 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:

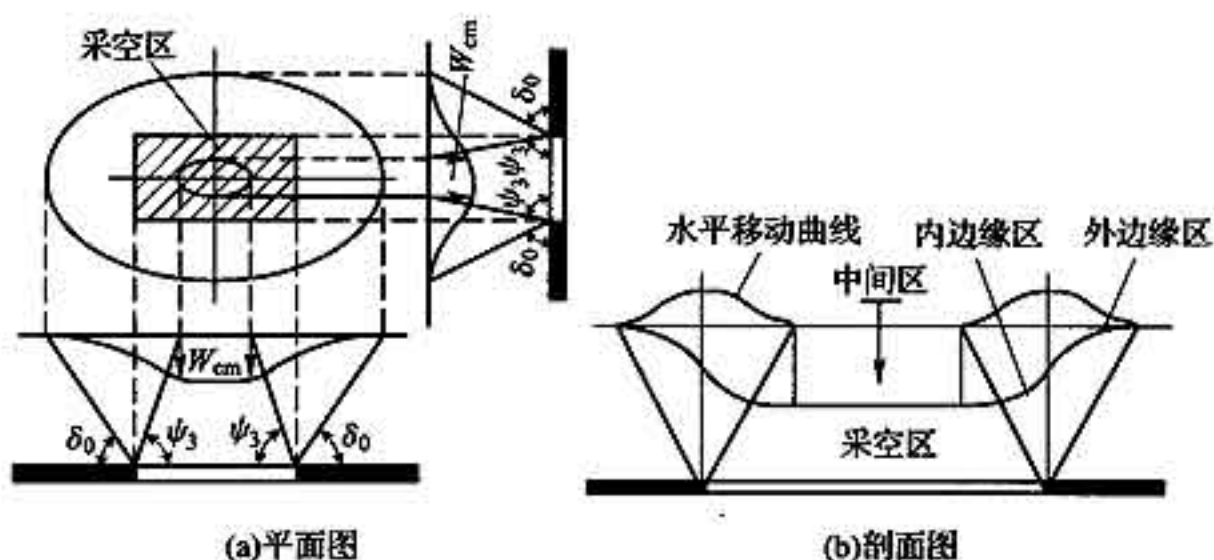


图 D.0.1 开采煤层倾角  $\alpha < 15^\circ$  充分采动时地表移动盆地分区示意

1 中间区域位于采空区的正上方, 地表应均匀下沉, 地表下沉应达到该地质采矿条件下应有的最大值, 其他移动和变形值应近似为零且无明显裂缝。

2 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。

3 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。

4 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。

**D.0.2** 开采倾角为  $15^{\circ} \leq \alpha \leq 55^{\circ}$  煤层时,地表移动盆地(图 D.0.2)应具有下列特征:

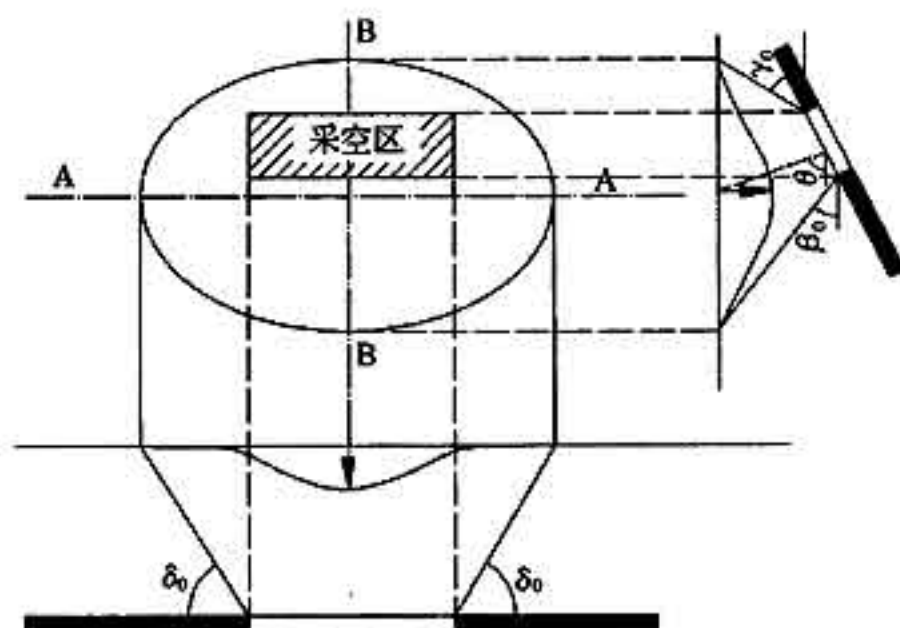


图 D.0.2 开采倾角为  $15^{\circ} \leq \alpha \leq 55^{\circ}$  煤层时地表移动盆地示意

1 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  $90^{\circ}$ 。

2 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。

3 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。

4 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。

**D.0.3** 开采倾角  $\alpha > 55^{\circ}$  煤层时,地表移动盆地(图 D.0.3)应具有下列特征:

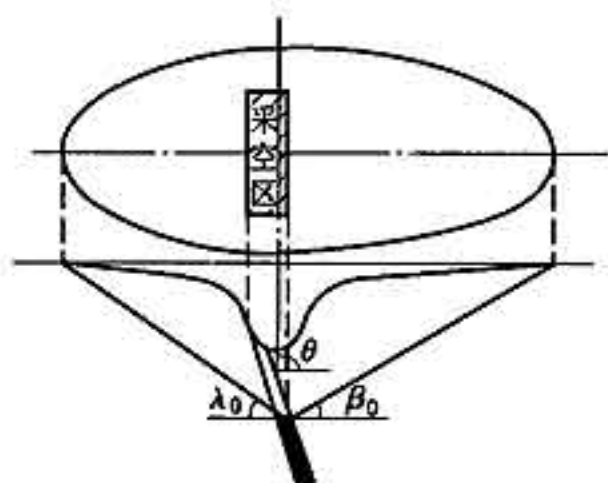


图 D.0.3 开采倾角  $\alpha > 55^\circ$  煤层时地表移动盆地示意

1 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。

2 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。

3 底板的最大水平移动值应大于最大下沉值,最大下沉角应小于  $15^\circ$ 。

4 煤层开采时,可不出现充分采动的情况。



## 附录 E 工程物探方法及适用条件

表 E 工程物探方法及适用条件

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	$\leq 200$	高压电线、 地下管线、 游散电流、 电磁干扰
		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	$\leq 500$	
		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	$\leq 200$	
	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	
		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	剖面	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	地面小于等 于 30 或等效 钻孔深度	极低阻屏 蔽层、地 下水、较 浅的电磁 场源

续表 E

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	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、浅水面埋深大的区域
		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	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	
	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	井地 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、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		
	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		井液污浊干扰
	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:有效性和有效深度宜经现场试验确定。

## 附录 F 钻探施工要点及技术要求

**F.0.1** 工程地质钻探设备应根据采空区的地形地貌、埋深、地层岩性和地质构造等选用。

**F.0.2** 工程地质钻探工艺的选择应符合下列规定：

- 1 完整地层可采用单管钻具钻进。
- 2 软硬互层、破碎松散地层可采用双层岩芯管钻头钻进。
- 3 坚硬岩层可采用双管钻具、喷射式孔底反循环钻进。

**F.0.3** 现场技术要求应符合下列规定：

- 1 地下水位、标志地层界面及采空区顶、底板测量误差应小于 $\pm 0.05\text{m}$ 。
- 2 取芯钻进回次进尺不应大于 $2.0\text{m}$ 。
- 3 钻孔应全取芯，坚硬完整岩层取芯率不应低于 $80\%$ ，强风化、破碎的岩石不应低于 $65\%$ 。
- 4 应观测地下动水位，并宜进行简易水文地质观测。
- 5 钻孔垂直度每百米应小于 $2^\circ$ 。

**F.0.4** 钻孔编录应符合下列规定：

- 1 现场记录应及时、准确，并按回次进行，不得事后追记。
- 2 描述内容应规范、完整、清晰。
- 3 钻探记录和岩芯编录应有记录员、机长及工程负责人验收签字。
- 4 应绘制钻孔柱状图。

## 附录 G 采空区钻探现场描述要点及 三带判定依据

**G.0.1** 当符合下列条件之一时,可判定为垮落带:

- 1 突然掉钻且掉钻次数频繁。
- 2 钻机速度时快时慢,有时发生卡钻或埋钻,钻具振动加剧现象。
- 3 孔口水位突然消失。
- 4 孔口有明显的吸风现象。
- 5 岩芯破碎,层理、倾角紊乱,混杂有岩粉、淤泥、坑木、煤屑等。
- 6 瓦斯、煤层自燃等有害气体上涌。

**G.0.2** 当符合下列条件之一时,可判定为断裂带:

- 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隙。
- 4 钻孔有轻微吸风现象。
- 5 瓦斯、煤层自燃等有害气体上涌。
- 6 岩芯采取率小于 75%。

**G.0.3** 当符合下列条件之一时,可判定为弯曲带:

- 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。

## 附录 H 采空区移动变形的计算方法与计算公式

**H. 0.1** 当采用长壁式开采时,采空区地表移动预计宜采用概率积分法进行计算。

**H. 0.2** 开采煤层倾角  $\alpha < 15^\circ$ , 采用概率积分法进行采空区地表移动变形值计算时,采空区地表移动变形值可按下列公式计算:

1 下沉:

$$W(x, y) = W_{cm} \iint_D \frac{1}{r^2} e^{-\pi \frac{(\eta-x)^2 + (\zeta-y)^2}{r^2}} d\eta d\zeta \quad (\text{H. 0. 2-1})$$

2 倾斜:

$$i_x(x, y) = W_{cm} \iint_D \frac{2\pi(\eta-x)}{r^4} \cdot e^{-\pi \frac{(\eta-x)^2 + (\zeta-y)^2}{r^2}} d\eta d\zeta \quad (\text{H. 0. 2-2})$$

$$i_y(x, y) = W_{cm} \iint_D \frac{2\pi(\zeta-y)}{r^4} \cdot e^{-\pi \frac{(\eta-x)^2 + (\zeta-y)^2}{r^2}} d\eta d\zeta \quad (\text{H. 0. 2-3})$$

3 曲率:

$$K_x(x, y) = W_{cm} \iint_D \frac{2\pi}{r^4} \left( \frac{2\pi(\eta-x)^2}{r^2} - 1 \right) \cdot e^{-\pi \frac{(\eta-x)^2 + (\zeta-y)^2}{r^2}} d\eta d\zeta \quad (\text{H. 0. 2-4})$$

$$K_y(x, y) = W_{cm} \iint_D \frac{2\pi}{r^4} \left( \frac{2\pi(\zeta-y)^2}{r^2} - 1 \right) \cdot e^{-\pi \frac{(\eta-x)^2 + (\zeta-y)^2}{r^2}} d\eta d\zeta \quad (\text{H. 0. 2-5})$$

4 水平移动:

$$U_x(x, y) = U_{cm} \iint_D \frac{2\pi(\eta-x)}{r^3} \cdot e^{-\pi \frac{(\eta-x)^2 + (\zeta-y)^2}{r^2}} d\eta d\zeta \quad (\text{H. 0. 2-6})$$

$$U_y(x, y) = U_{cm} \iint_D \frac{2\pi(\zeta-y)}{r^3} \cdot e^{-\pi \frac{(\eta-x)^2 + (\zeta-y)^2}{r^2}} d\eta d\zeta +$$



$$W(x, y) \cdot \cot \theta_0 \quad (\text{H. 0. 2-7})$$

5 水平变形:

$$\epsilon_x(x, y) = U_{cm} \iint_D \frac{2\pi}{r^3} \left( \frac{2\pi(\eta-x)^2}{r^2} - 1 \right) \cdot e^{-\pi \frac{(\eta-x)^2 + (\zeta-y)^2}{r^2}} d\eta d\zeta \quad (\text{H. 0. 2-8})$$

$$\epsilon_y(x, y) = U_{cm} \iint_D \frac{2\pi}{r^3} \left( \frac{2\pi(\zeta-y)^2}{r^2} - 1 \right) \cdot e^{-\pi \frac{(\eta-x)^2 + (\zeta-y)^2}{r^2}} d\eta d\zeta + i_y(x, y) \cdot \cot \theta_0 \quad (\text{H. 0. 2-9})$$

式中:  $x, y$ ——计算点相对坐标(考虑拐点偏移距)(m);

$D$ ——开采煤层区域。

**H. 0. 3** 开采煤层的倾角为  $15^\circ \leq \alpha \leq 55^\circ$ , 采用概率积分法进行采空区地表移动变形值计算时, 采空区地表移动变形值可按下列公式计算:

1 下沉:

$$W(x, y) = W_{cm} \sum_{i=1}^n \int_{L_i} \frac{1}{2r} \operatorname{erf} \frac{\sqrt{\pi}(\eta-x)}{r} \cdot e^{-\pi \frac{(\zeta-y)^2}{r^2}} d\zeta \quad (\text{H. 0. 3-1})$$

2 倾斜:

$$i_x(x, y) = W_{cm} \sum_{i=1}^n \int_{L_i} \frac{1}{r^2} e^{-\pi \frac{(\eta-x)^2 + (\zeta-y)^2}{r^2}} d\zeta \quad (\text{H. 0. 3-2})$$

$$i_y(x, y) = W_{cm} \sum_{i=1}^n \int_{L_i} \frac{-\pi(\zeta-y)}{r^2} \cdot \operatorname{erf} \frac{\sqrt{\pi}(\eta-x)}{r} \cdot e^{-\pi \frac{(\zeta-y)^2}{r^2}} d\zeta \quad (\text{H. 0. 3-3})$$

3 曲率:

$$K_x(x, y) = W_{cm} \sum_{i=1}^n \int_{L_i} \frac{-2\pi}{r^2} \cdot \frac{\eta-x}{r} \cdot e^{-\pi \frac{(\eta-x)^2 + (\zeta-y)^2}{r^2}} d\zeta \quad (\text{H. 0. 3-4})$$

$$K_y(x, y) = W_{cm} \sum_{i=1}^n \int_{L_i} \frac{\pi}{r^3} \left( \frac{2\pi(\zeta-y)^2}{r^2} - 1 \right) \cdot \operatorname{erf} \frac{\sqrt{\pi}(\eta-x)}{r} \cdot e^{-\pi \frac{(\eta-x)^2 + (\zeta-y)^2}{r^2}} d\zeta \quad (\text{H. 0. 3-5})$$

4 水平移动:

$$U_x(x, y) = U_{cm} \sum_{i=1}^n \int_{L_i} \frac{1}{r^2} e^{-\pi \frac{(\eta-x)^2 + (\zeta-y)^2}{r^2}} d\zeta \quad (\text{H. 0. 3-6})$$

$$U_y(x, y) = U_{cm} \sum_{i=1}^n \int_{L_i} \frac{-\pi(\zeta-y)}{r^2} \cdot \operatorname{erf} \left[ \frac{\sqrt{\pi}(\eta-x)}{r} \right] \cdot e^{-\pi \frac{(\eta-x)^2 + (\zeta-y)^2}{r^2}} d\zeta + W(x, y) \cdot \cot \theta_0 \quad (\text{H. 0. 3-7})$$

5 水平变形:

$$\epsilon_x(x, y) = U_{cm} \sum_{i=1}^n \int_{L_i} \frac{-2\pi}{r^2} \cdot \frac{\eta-x}{r} \cdot e^{-\pi \frac{(\eta-x)^2 + (\zeta-y)^2}{r^2}} d\zeta \quad (\text{H. 0. 3-8})$$

$$\epsilon_y(x, y) = U_{cm} \sum_{i=1}^n \int_{L_i} -\frac{\pi}{r^2} \cdot \frac{\zeta-y}{r} \cdot \operatorname{erf} \left( \sqrt{\pi} \frac{\eta-x}{r} \right) \cdot e^{-\pi \frac{(\eta-x)^2 + (\zeta-y)^2}{r^2}} d\zeta + i_y(x, y) \cdot \cot \theta_0 \quad (\text{H. 0. 3-9})$$

式中:  $r$ ——等价计算工作面的主要影响半径;

$L_i$ ——等价计算工作面各边界的直线段。

**H. 0. 4** 开采煤层倾角  $\alpha > 55^\circ$ , 采用概率积分法进行采空区地表移动变形值计算时, 采空区地表移动变形值可按下列公式计算:

1 下沉:

$$W(x, y) = q \iiint_G \frac{1}{r(z)^2} e^{-\pi \frac{(\eta-x)^2 + (\zeta-y)^2}{r(z)^2}} d\eta d\zeta dz \quad (\text{H. 0. 4-1})$$

2 倾斜:

$$i_x(x, y) = q \iiint_G \frac{2\pi(\eta-x)}{r(z)^4} e^{-\pi \frac{(\eta-x)^2 + (\zeta-y)^2}{r(z)^2}} d\eta d\zeta dz \quad (\text{H. 0. 4-2})$$

$$i_y(x, y) = q \iiint_G \frac{2\pi(\eta - y)}{r(z)^4} e^{-\pi \frac{(\eta - x)^2 + (\zeta - y)^2}{r(z)^2}} d\eta d\zeta dz \quad (\text{H. 0. 4-3})$$

3 曲率:

$$K_x(x, y) = q \iiint_G \frac{2\pi}{r(z)^4} \left( \frac{2\pi(\eta - x)^2}{r(z)^2} - 1 \right) e^{-\pi \frac{(\eta - x)^2 + (\zeta - y)^2}{r(z)^2}} d\eta d\zeta dz \quad (\text{H. 0. 4-4})$$

$$K_y(x, y) = q \iiint_G \frac{2\pi}{r(z)^4} \left( \frac{2\pi(\zeta - y)^2}{r(z)^2} - 1 \right) e^{-\pi \frac{(\eta - x)^2 + (\zeta - y)^2}{r(z)^2}} d\eta d\zeta dz \quad (\text{H. 0. 4-5})$$

4 水平移动:

$$U_x(x, y) = bq \iiint_G \frac{2\pi(\eta - x)}{r(z)^3} e^{-\pi \frac{(\eta - x)^2 + (\zeta - y)^2}{r(z)^2}} d\eta d\zeta dz \quad (\text{H. 0. 4-6})$$

$$U_y(x, y) = bq \iiint_G \frac{2\pi(\zeta - y)}{r(z)^3} e^{-\pi \frac{(\eta - x)^2 + (\zeta - y)^2}{r(z)^2}} d\eta d\zeta dz + W_y(x, y) \cot \theta_0 \quad (\text{H. 0. 4-7})$$

5 水平变形:

$$\epsilon_x(x, y) = bq \iiint_G \frac{2\pi}{r(z)^3} \left( \frac{2\pi(\eta - x)^2}{r(z)^2} - 1 \right) e^{-\pi \frac{(\eta - x)^2 + (\zeta - y)^2}{r(z)^2}} d\eta d\zeta dz \quad (\text{H. 0. 4-8})$$

$$\epsilon_y(x, y) = bq \iiint_G \frac{2\pi}{r(z)^3} \left( \frac{2\pi(\zeta - y)^2}{r(z)^2} - 1 \right) e^{-\pi \frac{(\eta - x)^2 + (\zeta - y)^2}{r(z)^2}} d\eta d\zeta dz + i_y(x, y) \cot \theta_0 \quad (\text{H. 0. 4-9})$$

式中:  $r(z)$ ——深度为  $z$  处的主要影响半径;

$G$ ——开采空间;

$q$ ——下沉系数,对于急倾斜煤层为下沉盆地体积与开采煤层体积的比值。

**H. 0. 5** 采空区地表移动变形最大值计算应符合下列规定:

1 地表最大下沉值可按下列公式计算:

1) 充分采动:

$$W_{cm} = M \cdot q \cdot \cos \alpha \quad (\text{H. 0. 5-1})$$

2) 非充分采动:

$$W_{im} = M \cdot q \cdot n \cdot \cos \alpha \quad (\text{H. 0. 5-2})$$

式中:  $W_{cm}$ ——充分采动条件下地表最大下沉值(mm);

$W_{im}$ ——非充分采动条件下地表最大下沉值(mm);

$n$ ——地表充分采动系数,  $n = \sqrt{n_1 \cdot n_3}$ ,  $n_1 = k_1 \frac{D_1}{H_0}$ ,  $n_3 =$

$k_3 \frac{D_3}{H_0}$ ,  $n_1$  和  $n_3$  大于 1 时取 1;

$k_1$ 、 $k_3$ ——与覆岩岩性有关的系数, 坚硬岩层取 0.7, 较硬岩层取 0.8, 软弱岩层取 0.9;

$D_1$ 、 $D_3$ ——倾向及走向工作面长度(m)。

2 地表最大水平移动值可按下列公式计算:

1) 沿煤层走向上的最大水平移动:

$$U_{cm} = b \cdot W_{cm} \quad (\text{H. 0. 5-3})$$

式中:  $U_{cm}$ ——充分开采的最大水平移动值(mm)。

2) 沿煤层倾斜方向的最大水平移动:

$$U_{cm} = b(\alpha) \cdot W_{cm} \quad (\text{H. 0. 5-4})$$

$$\text{或} \quad U_{cm} = (b + 0.7 P_0) \cdot W_{cm} \quad (\text{H. 0. 5-5})$$

式中:  $h$ ——表土层厚度(m);

$b(\alpha)$ ——水平移动系数, 随倾角  $\alpha$  变化;

$P_0$ ——计算系数,  $P_0 = \tan \alpha - h / (H_0 - h)$ ; 当  $P_0 < 0$  时, 取  $P_0 = 0$ 。

3 最大倾斜变形值可按下列公式计算:

$$i_{cm} = \frac{W_{cm}}{r} \quad (\text{H. 0. 5-6})$$

式中:  $i_{cm}$ ——充分开采的最大倾斜变形(mm/m)。

4 最大曲率变形值可按下列公式计算:

$$k_{cm} = 1.52 \cdot \frac{W_{cm}}{r^2} \quad (\text{H. 0. 5-7})$$

式中:  $k_{cm}$ ——充分开采的最大曲率变形( $10^{-3}/m$ )。

5 最大水平变形值可按式计算：

$$\epsilon_{cm} = 1.52 \cdot b \cdot \frac{W_{cm}}{r} \quad (\text{H. 0.5-8})$$

式中： $\epsilon_{cm}$ ——充分开采的最大水平变形(mm/m)。

H. 0.6 地表移动延续时间  $T$  可按下列方法确定：

1 根据最大下沉点的下沉量、下沉速度与时间关系曲线确定地表移动延续时间  $T$  时，可按下列方法确定：

- 1) 下沉 10mm 时为移动期开始的时间；
- 2) 连续 6 个月累计下沉值不超过 30mm 时，可认为地表移动期结束；
- 3) 从地表移动期开始到结束的整个时间为地表移动的延续时间；
- 4) 在地表移动过程的延续时间内，地表下沉速度大于 50mm/月 (1.7mm/d) (煤层倾角  $\alpha < 55^\circ$ )，或大于 30mm/月 (1.0mm/d) (煤层倾角  $\alpha \geq 55^\circ$ ) 的时间可为活跃期；从地表移动期开始到活跃期开始的阶段可为初始期；从活跃期结束到移动期结束的阶段可为衰退期 (图 H. 0.6)。

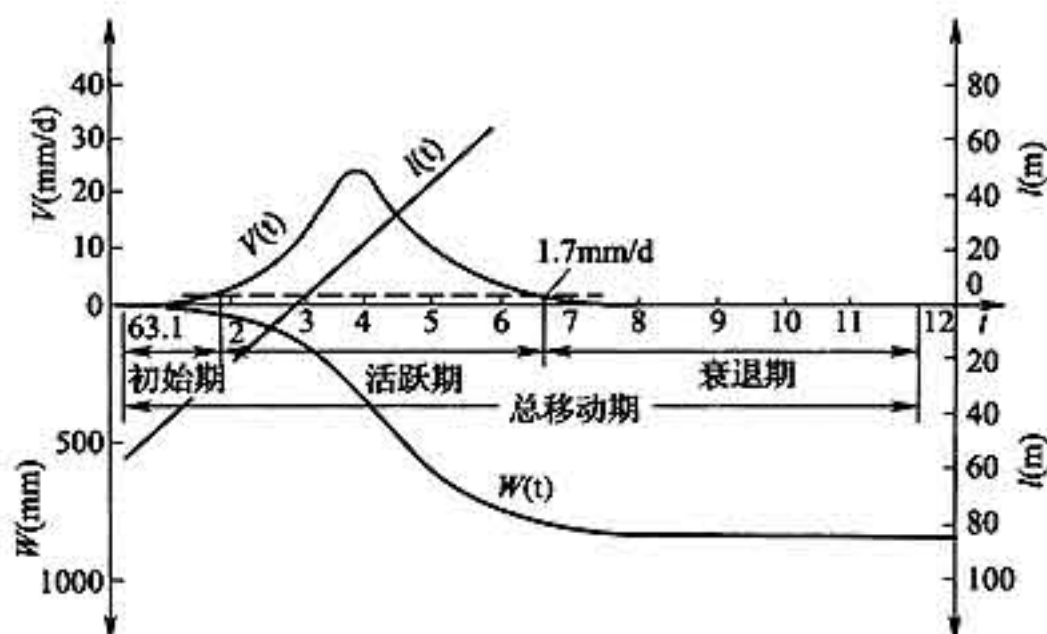


图 H. 0.6 地表移动延续时间的确定方法



2 当无实测资料时,地表移动的延续时间  $T$  可按下列公式确定:

$$\text{当 } H_0 \leq 400\text{m 时: } T = 2.5 H_0 \quad (\text{H. 0. 6-1})$$

$$\text{当 } H_0 > 400\text{m 时: } T = 1000 \exp\left(1 - \frac{400}{H_0}\right) \quad (\text{H. 0. 6-2})$$

**H. 0. 7** 地表移动变形预计的计算参数宜根据实测数据,采用最小二乘法确定,并应符合下列规定:

1 下沉系数可按式拟合求取:

$$q = \frac{W_{cm}}{M \cdot \cos \alpha} \quad (\text{H. 0. 7-1})$$

2 水平移动系数可按式拟合求取:

$$b = \frac{U_{cm}}{W_{cm}} \quad (\text{H. 0. 7-2})$$

3 主要影响角正切可按式拟合求取:

$$\tan \beta = \frac{H_z}{r_z} \quad (\text{H. 0. 7-3})$$

式中:  $H_z$ ——走向主断面上走向边界采深(m);

$r_z$ ——走向主断面上主要影响半径(m),  $r_z$ 为充分采动时走向主断面上下沉值分别为  $0.16W_{cm}$  和  $0.84W_{cm}$  值的点间距的 1.25 倍。

4 开采影响传播角:

$$\theta_0 = \arctan\left(\frac{W_{cm}}{U_{wcm}}\right) \quad (\text{H. 0. 7-4})$$

式中:  $U_{wcm}$ ——倾向剖面上最大下沉值点处的水平移动值(mm)。

5 充分采动时,下沉盆地主断面上下沉值应为  $0.5W_{cm}$ 、最大倾斜和曲率为零的 3 个点的点位  $x$ (或  $y$ )的平均值  $x_0$ (或  $y_0$ )为拐点坐标。应将  $x_0$ (或  $y_0$ )向煤层投影(走向断面按  $90^\circ$ 、倾向断面按开采影响传播角投影),其投影点至采空区边界的距离为拐点偏距  $S$ 。拐点偏距应分下山边界拐点偏距  $S_1$ 、上山边界拐点偏距  $S_2$ 、走向左边界拐点偏距  $S_3$  和走向右边拐点偏距  $S_4$ 。

**H.0.8** 当无实测资料时,概率积分法地表移动变形计算参数,可根据岩性、地质、采矿条件等近似确定,各参数选取方法应符合下列规定:

1 可依据覆岩岩性按表 H.0.8-1 近似确定地表移动一般参数,以及表 H.0.8-2 选取松散层移动角值。

表 H.0.8-1 按覆岩岩性确定地表移动一般参数

覆岩类型	覆岩岩性		下沉系数 $q$	水平移动系数 $b$	移动角( $^{\circ}$ )			边界角( $^{\circ}$ )			主要影响角切 $\text{tg}\beta$	拐点偏移距 $S_0/H$	开采影响传播角 $\theta$ ( $^{\circ}$ )
	主要岩性	饱和单轴抗压强度 (MPa)			$\delta$	$\gamma$	$\beta$	$\delta_0$	$\gamma_0$	$\beta_0$			
坚硬岩	以中生代地层硬砂岩、硬灰岩为主,其他为砂质页岩、页岩、辉绿岩	>60	0.27	0.2	75	75	$\delta-$	60	60	$\delta_0-$	1.20	0.31	$90^{\circ}-$
			~	~	~	~	(0.7~	~	~	(0.7~	~	~	(0.7~
			0.54	0.3	80	80	0.8) $\alpha$	65	65	0.8) $\alpha$	1.91	0.43	0.8) $\alpha$
较硬岩	以中生代地层层中硬砂岩、石灰岩、砂质页岩为主,其他为软砾岩、致密泥灰岩、铁矿石	30~60	0.55	0.2	70	70	$\delta-$	55	55	$\delta_0-$	1.92	0.08	$90^{\circ}-$
			~	~	~	~	(0.6~	~	~	(0.6~	~	~	(0.6~
			0.84	0.3	75	75	0.7) $\alpha$	60	60	0.7) $\alpha$	2.40	0.30	0.7) $\alpha$
较软岩~极软岩	以新生代地层砂质页岩、页岩、泥灰岩及黏土、砂质黏土等松散层	<30	0.85	0.2	60	60	$\delta-$	50	50	$\delta_0-$	2.41	0.00	$90^{\circ}-$
			~	~	~	~	(0.3~	~	~	(0.3~	~	~	(0.5~
			1.00	0.3	70	70	0.5) $\alpha$	55	55	0.5) $\alpha$	3.54	0.07	0.6) $\alpha$

表 H. 0. 8-2 松散层移动角值(单位:°)

松散层厚度 $h(m)$	干燥、不含水	含水较强	含流砂层
<40	50	45	30
40~60	55	50	35
>60	60	55	40

2 依据覆岩综合评价系数  $P$  及地质、开采技术条件等确定地表移动计算参数时,应符合下列规定:

1)覆岩综合评价系数  $P$  可按下列式计算:

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n m_i \cdot Q_i}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad (\text{H. 0. 8-1})$$

式中:  $m_i$ ——覆岩分层法线厚度(m);

$Q_i$ ——覆岩  $i$  分层的岩性评价系数,可由表 H. 0. 8-3 查得;

当无实测强度值时,  $Q^0$  值可由表 H. 0. 8-4 查得。

表 H. 0. 8-3 分层岩性评价系数

岩性	饱和单轴 抗压强度 (MPa)	岩性名称	初次采动 $Q^0$	重复采动	
				$Q^1$	$Q^2$
坚硬岩	$\geq 90$	很硬的砂岩、石灰岩和黏土页岩、石英矿脉、很硬的铁矿石、致密花岗岩、角闪岩、辉绿岩	0.0	0.0	0.1
	80	硬的石灰岩、硬砂岩、硬大理石、不硬的花岗岩	0.0	0.1	0.4
	70		0.05	0.2	0.5
	60		0.1	0.3	0.6
较硬岩	50	较硬的石灰岩、砂岩和大理石	0.2	0.45	0.7
	40		0.4	0.7	0.95
	30	普通砂岩、铁矿石	0.6	0.8	1.0

续表 H. 0. 8-3

岩性	饱和单轴 抗压强度 (MPa)	岩性名称	初次采动 $Q^0$	重复采动	
				$Q^1$	$Q^2$
软质 岩石	20	砂质页岩、片状砂岩	0.8	0.9	1.0
	>10	硬黏土质页岩、不硬的砂岩和石灰岩、软砾岩	0.9	1.0	1.1
	$\leq 10$	各种页岩(不坚硬的)、致密泥灰岩 软页岩、很软石灰岩、无烟煤、普通泥灰岩 破碎页岩、烟煤、硬表土一粒质土壤、致密黏土 软砂质土、黄土、腐殖土,松散砂层	1.0	1.1	1.1

表 H. 0. 8-4 初次采动的岩层评价系数  $Q^0$ 

$Q^0$ 岩性	震旦纪 寒武纪 奥陶纪	志留纪	泥盆纪	石炭纪	二叠纪	三叠纪	侏罗纪	白垩纪	第三纪	第四纪
砂岩	0.00	0.05~ 0.15 (0.10)	0.15~ 0.30 (0.22)	0.30~ 0.50 (0.40)	0.40~ 0.60 (0.50)	0.50~ 0.70 (0.60)	0.70~ 0.85 (0.78)	0.85~ 0.95 (0.90)	0.95~ 1.00 (0.98)	
页岩、 泥灰岩 <sup>①</sup>	0.00	0.10~ 0.30 (0.20)	0.30~ 0.50 (0.40)	0.50~ 0.70 (0.60)	0.60~ 0.80 (0.70)	0.70~ 0.85 (0.78)	0.85~ 0.95 (0.90)	0.85~ 0.95 (0.90)		
砂质页岩	0.00	0.10~ 0.20 (0.15)	0.20~ 0.40 (0.30)	0.40~ 0.60 (0.50)	0.50~ 0.70 (0.60)	0.60~ 0.80 (0.70)	0.80~ 0.90 (0.85)	0.85~ 0.95 (0.90)		

注:①泥灰岩指淮南矿区二道河等地区的泥灰岩组。

2) 覆岩综合评价下沉系数可按下式计算:

$$q = 0.5 \cdot (0.9 + P) \quad (\text{H. 0. 8-2})$$

3) 覆岩综合评价主要影响角正切可按下式计算:

$$\tan \beta = (D - 0.0032H) \cdot (1 - 0.0038\alpha) \quad (\text{H. 0. 8-3})$$

式中:  $D$ ——岩性影响系数, 其数值与综合评价系数  $P$  的关系可由表 H. 0. 8-5 查得。

表 H. 0. 8-5 岩性综合评价系数  $P$  与系数  $D$  的对应关系

坚硬岩	$P$	0.00	0.03	0.07	0.11	0.15	0.19	0.23	0.27	0.3
	$D$	0.76	0.82	0.88	0.95	1.01	1.08	1.14	1.20	1.25
较硬岩	$P$	0.3	0.35	0.40	0.45	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70
	$D$	1.26	1.35	1.45	1.54	1.64	1.73	1.82	1.91	2.00
软质岩	$P$	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00	1.05	1.10
	$D$	2.00	2.10	2.20	2.30	2.40	2.50	2.60	2.70	2.80

4) 水平移动系数可按下式计算:

$$b_c = b \cdot (1 + 0.0086\alpha) \quad (\text{H. 0. 8-4})$$

5) 开采影响传播角可按下列公式计算:

$$\alpha \leq 45^\circ \text{ 时, } \theta_0 = 90^\circ - 0.68\alpha \quad (\text{H. 0. 8-5})$$

$$\alpha > 45^\circ \text{ 时, } \theta_0 = 28.8^\circ + 0.68\alpha \quad (\text{H. 0. 8-6})$$

6) 坚硬、较硬和软弱覆岩的拐点偏移距, 宜分别取  $(0.31 \sim 0.43)H$ 、 $(0.08 \sim 0.30)H$  和  $(0 \sim 0.07)H$ 。

**H. 0. 9** 煤层群开采或厚煤层分层开采时, 若下层煤开采的影响超过上层煤开采时已移动的覆岩, 地表受下层煤开采的重复采动参数宜符合下列规定:

1 重复采动条件下的下沉系数可按下列公式计算:

1) 对于不同岩性的覆岩, 可依据重复采动下沉活化系数按下列公式计算重复采动下沉系数:

$$q_{\text{复}1} = (1 + a)q_{\text{初}} \quad (\text{H. 0. 9-1})$$

$$q_{\text{复}2} = (1 + a)q_{\text{复}1} \quad (\text{H. 0. 9-2})$$

式中:  $a$ ——下沉活化系数, 可按表 H. 0. 9 取值;



$q_{初}$ 、 $q_{复1}$ 、 $q_{复2}$ ——分别为初采、第一次复采、第二次复采下沉系数。

表 H. 0. 9 按覆岩性质区分的重复采动下沉活化系数  $a$

岩性	一次重采	二次重采	三次重采	四次及四次以上重采
坚硬岩	0.15	0.20	0.10	0
较硬岩	0.20	0.10	0.05	0

2) 重复采动下沉系数也可按下列公式计算:

$$q_{复} = 1 - \frac{(H_2^2 - H_1^2)(1 - q_{初})M_2}{H_1 H_2} - k \frac{(1 - q_{初})M_1}{M_2} \quad (\text{H. 0. 9-3})$$

$$\text{较硬覆岩: } k = 0.2453 \exp(0.00502 \frac{H_1}{M_1})$$

$$(31 < \frac{H_1}{M_1} \leq 250.4) \quad (\text{H. 0. 9-4})$$

$$\text{厚含水冲积层地区: } k = -27.5807 + 0.6294 \frac{H_1}{M_1} \quad (\text{H. 0. 9-5})$$

式中:  $H_1$ 、 $H_2$ ——分别为第一层煤和第二层煤距基岩面的深度(m);

$M_1$ 、 $M_2$ ——分别为第一层煤和第二层煤的采高(m);

$k$ ——系数。

2 重复采动条件下,水平移动系数可与初次采动相同。

3 重复采动时,主要影响角正切  $\tan\beta$  较初次采动应增加 0.3~0.8。对于较硬岩层可按下式计算:

$$\tan\beta_{复} = \tan\beta_{初} + 0.06236 \ln H - 0.017 \quad (\text{H. 0. 9-6})$$

式中:  $\tan\beta_{复}$ ——重采时主要影响角正切;

$\tan\beta_{初}$ ——初采时主要影响角正切;

$H$ ——第二层煤的采深(m)。

4 当上、下工作面对齐时,重复采动时的拐点偏移距应小于初次采动时的拐点偏移距,并应符合下列规定:

1) 对于较硬覆岩,当上、下工作面对齐时,重复采动时的拐点偏移距可按下列公式计算:

$$S_{\text{复}} = S_{\text{初}} f\left(\frac{H}{M}\right) \quad (\text{H. 0. 9-7})$$

上山:  $f\left(\frac{H}{M}\right) = 0.4236 + 9.36 \times 10^{-4} \frac{H}{M}$

走向:  $f\left(\frac{H}{M}\right) = 0.4644 \ln \frac{H}{M} - 0.81$

2)也可采用下列公式直接计算重复采动时的拐点偏移距:

上山:  $S_2 = 1.13 - 0.1562 \frac{H}{M} \quad (30 \leq \frac{H}{M} \leq 160)$

走向:  $S_{3,4} = 95.38 - 27.676 \ln \frac{H}{M} \quad (30 \leq \frac{H}{M} \leq 169)$

式中:  $H$ 、 $M$ ——第二层煤的采深和采厚。

5 重复采动时的影响传播角较初次采动宜增加  $1^\circ \sim 5^\circ$  ( $10^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$ )。重复采动时最大下沉角较初次采动增大,对于坚硬覆岩,其增大值宜为  $(0.05 \sim 0.20)\alpha$ ;对于较硬覆岩,其增大值宜为  $0.15\alpha$ ;对于软弱覆岩,其增大值宜为  $0.1\alpha$ 。

6 重复采动时,边界角宜减小  $2^\circ \sim 7^\circ$ ;移动角宜减小  $5^\circ \sim 10^\circ$ 。

7 重复采动时,充分采动角宜增大  $1^\circ \sim 5^\circ$ ,超前影响角宜减小  $10^\circ \sim 15^\circ$ ,最大下沉速度角宜增大  $5^\circ \sim 10^\circ$ 。

# 附录 J 部分矿区地表

表 J 部分矿区地表

矿区	地质、开采技术条件	松散层移动角(°)	边界角(°)	移动角(°)	裂缝角(°)	最大下沉角(°)
峰峰	石炭二叠系, 主要为砂岩、页岩、砂质页岩、薄层灰岩互层。松散层厚 0m ~ 30m, 为砂质黏土。上四层煤总厚 8m ~ 9m, 倾角 8° ~ 30°, 采深 90m ~ 460m, 走向长壁全部陷落法开采	$\varphi = 56^\circ$	$\delta_0 = 58^\circ$ $\beta_0 = 58^\circ - 0.3\alpha$ $\gamma_0 = 58^\circ$	$\delta = 74^\circ$ $\gamma = 63^\circ + \alpha$ $\beta = 70^\circ - 0.6\alpha$	—	$\theta =$ $90^\circ - 0.6\alpha$
抚顺	新生代第三系, 为油母页岩、泥岩、页岩。主采煤层平均厚 50m, 倾角 20° ~ 50°, 采深 350m ~ 550m。采区走向长 320m, 倾斜长 60m ~ 100m, 用倾斜分层上行 V 型长壁水砂充填法开采, 充填材料为废油母页岩	$\varphi = 45^\circ$	$\delta_0 = 54^\circ$ $\beta_0 = 53^\circ - 0.27\alpha$ $(14^\circ \leq \alpha \leq 47^\circ)$ $\gamma_0 = 56^\circ$	$\delta = 70^\circ$ $\gamma_0 = 64^\circ$ $\beta = 70^\circ - 0.6\alpha$ (西部) $\beta = 77^\circ - 0.6\alpha$ (东部) $\delta = 65^\circ$ (重采) $\gamma = 63^\circ + 0.1\alpha$ $(20^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ)$	$\delta' = 78^\circ$ $\beta' = 72^\circ - 0.44\alpha$ $(14^\circ \leq \alpha \leq 47^\circ)$	$\theta =$ $90^\circ - 0.8\alpha$ (西部) $(15^\circ \leq \alpha \leq 32^\circ)$ $\theta =$ $97^\circ - 0.8\alpha$ (东部) $(24^\circ \leq \alpha \leq 47^\circ)$

## 移动实测参数表

移动实测参数

开采影响传播角( $^{\circ}$ )	充分采动角( $^{\circ}$ )	下沉系数 (初采、重采)	水平移动系数	主要影响角正切	拐点偏距
$\theta = 90^{\circ} - 0.8\alpha$ $(50\text{m} < H_0 < 300\text{m})$ $\theta = 90^{\circ} - 0.97\alpha$ $(300\text{m} < H_0 < 550\text{m})$	$\psi_3 = 58^{\circ}$ $\psi_1 = 64^{\circ} - 0.55\alpha$ $\psi_2 = 55^{\circ} + 0.4\alpha$	$q = 0.78$ (初采) $q = 0.88$ (厚煤层分层重复采动) $q = 0.94$ (近距煤层重复采动)	$b = 0.25$	—	—
—	$\psi_3 = 63^{\circ}$ $\psi_1 = 57^{\circ}$ $\psi_2 = 80^{\circ}$	—	$b = 0.314$	—	—

续表 J

矿区	地质、开采技术条件	松散层移动角(°)	边界角(°)	移动角(°)	裂缝角(°)	最大下沉角(°)
阜新	晚侏罗系,以页岩、砂质页岩、砂岩为主,坚固性系数 $f=1\sim5$ ,可采煤层总厚 22m,倾角 $10^\circ\sim31^\circ$ ,采深 50m~350m,用走向长壁全部陷落法、刀柱法、水砂充填法和条带法开采	$\varphi=40^\circ$ (含砂黏性土、含水较丰富)  $\varphi=50^\circ$ (含砂黏性土、含水一般)	$\delta_0=64^\circ$ ( $69\text{m}\leq H\leq 475\text{m}$ ) $\beta_0=61^\circ$ ( $\alpha<10^\circ$ )  $\beta_0=65^\circ-0.7\alpha$ ( $\alpha>10^\circ$ ) $\gamma_0=63^\circ$ ( $10^\circ<\alpha<31^\circ$ )	$\delta=72^\circ$ ( $56\text{m}<H\leq 119\text{m}$ ) $\beta=73^\circ$ ( $\alpha<9^\circ$ )  $\beta=79.6^\circ-0.7\alpha$ ( $10^\circ\leq\alpha\leq 31^\circ$ ) $\gamma=76^\circ$ ( $\alpha\leq 10^\circ$ )	$\beta'=91.4^\circ-0.9\alpha$	$\theta=90^\circ-0.9\alpha$
淮南	二叠系,以页岩、砂质页岩为主,第四系厚 18m~128m,中部、东部以黏土、亚黏土为主,西部以砂质黏土、砂、泥灰岩为主。倾斜、缓倾斜煤层用倾斜分层人工假顶全部陷落法和单一长壁全部陷落法开采;急倾斜煤层用平板型掩护支架、伪倾斜柔性掩护支架、水平分层、倒台阶采煤法、全部陷落法管理顶板	$\varphi=41^\circ$	$\delta_0=49^\circ$ $\beta_0=49^\circ-15\sin\alpha$ $\gamma_0=54^\circ$ $\lambda_0=40^\circ$	$\delta=66^\circ$ $\gamma=70^\circ$ ( $\alpha<55^\circ$ ) $\beta=66^\circ-22^\circ\sin\alpha$ ( $0<\alpha<90^\circ$ ) $\lambda=55^\circ-e^{0.16\alpha-12}$ ( $55^\circ<\alpha<90^\circ$ )	—	$\theta=90^\circ-0.6\alpha$ ( $\alpha\leq 55^\circ$ ) $\theta=1.42\alpha-18^\circ$ ( $55^\circ\leq\alpha\leq 76^\circ$ ) $\theta=\arctan \frac{2H_0}{D_{1S}}$ ( $\alpha>76^\circ$ )



开采影响传播角(°)	充分采动角(°)	下沉系数 (初采、重采)	水平移动系数	主要影响角正切	拐点偏距
$\theta =$ $90^\circ - 0.83\alpha$	$\psi_3 = 55^\circ$ $\psi_1 = 49^\circ + 1.1\alpha$ $\psi_2 = 60^\circ - 1.1\alpha$	走向长壁全陷法 $(50\text{m} < H_0 < 350\text{m})$ $q = 0.8 (H_0 < 50\text{m})$ $q = 0.66$ 刀柱采煤法 $q = 0.38$ 水砂充填法 $q = 0.18$ 垮落条带法 $q = 0.12$ 重复开采(活化系数): $56\text{m} \leq H_0 \leq 241\text{m}$ $q_1 = 0.22$ (一次重采) $q_2 = 0.09$ (二次重采) $q_3 = 0.03$ (三次重采) $360\text{m} \leq H_0 \leq 550\text{m}$ $q_1 = 0.19$ (一次重采) $q_2 = 0.06$ (二次重采) $q_3 = 0.06$ (三次重采)	$b = 0.25$ $(H \leq 100\text{m})$ $b = 0.18$ $(H > 100\text{m})$	$\tan\beta = 1.2$ $(H \leq 50\text{m})$ $\tan\beta = 1.7$ $(50\text{m} < H \leq 100\text{m})$ $\tan\beta = 2.6$ $(100\text{m} < H \leq 300\text{m})$ $\tan\beta =$ $2.74 \sim 3.6$ $(360\text{m} < H \leq 550\text{m})$ $\tan\beta =$ $2.48 + 0.325n$ (重采, $n$ 为重采系数)	$S = 0.14H$ $(H \leq 50\text{m})$ $S = 0.3H$ $(50\text{m} < H \leq 300\text{m})$
—	—	$q = 0.6 + 0.12 \ln n$ (不包括急倾斜煤层) $n$ —回采分层数	$b =$ $0.25 + 0.0043\alpha$ $(15^\circ < \alpha < 50^\circ)$	$\tan\beta =$ $1.97 - 1.72\alpha/H_0$ (不包括急倾斜煤层)	$S = 0.1H$ (不包括急倾斜煤层)

续表 J

矿区	地质、开采技术条件	松散层移动角(°)	边界角(°)	移动角(°)	裂缝角(°)	最大下沉角(°)
鸡西	侏罗系, 主要为砂岩、砂质页岩、页岩、坚固性系数 $f=3 \sim 10$ , 第四系厚 2m~10m, 煤层厚度 0.7m~2.4m, 倾角 $3^\circ \sim 24^\circ$ , 采深 23m~456m, 用走向长壁全部陷落法开采, 少部分用长壁带状充填法开采	—	$\delta_0 = 63^\circ$ $\beta_0 = 59^\circ$ $\gamma_0 = 60.5^\circ$	$\delta = 73.5^\circ$ $\beta = 67^\circ$ $\gamma = 70.8^\circ$	$\gamma'' = 83^\circ$ $\beta'' = 80^\circ$	$\theta =$ $90^\circ - 0.64\alpha$ (初次采动) $\theta =$ $98^\circ - 0.75\alpha$ (重复采动)
阳泉	石炭二叠系, 主要为砂岩、砂质页岩, 综合平均坚固性系数 $f=7.6$ , 可采煤层总厚约 10m, 倾角 $3^\circ \sim 6^\circ$ , 局部 $10^\circ \sim 15^\circ$ , 主要地貌为山地, 山势陡峭, 覆盖层很薄, 采深 50m~450m, 用走向长壁全部陷落法开采	$\varphi = 55^\circ$ (黄土层) $\varphi = 45^\circ$ (风化坡积物) $\varphi = 35^\circ$ (含水坡积物)	$\delta_0 = \beta_0 = \gamma_0 = 65^\circ$ (按下沉 10mm 确定) $\delta_0 = \beta_0 = \gamma_0 = 50^\circ$ (按水平移动 10mm 确定)	$\delta = \beta = \gamma = 72^\circ$ (煤层及地表倾角小于 $5^\circ$ ) $\delta = \gamma = 72^\circ$ $\beta = 72^\circ - 0.5\alpha$ (煤层倾角大于 $5^\circ$ )	$\delta'' = \beta'' = \gamma'' = 78^\circ$	$\theta =$ $90^\circ - 0.6\alpha$

开采影响传播角(°)	充分采动角(°)	下沉系数 (初采、重采)	水平移动系数	主要影响角正切	拐点偏距
—	—	全陷初采 $q = 1.21 - 0.09 \ln H$ $(32m \leq H \leq 365m)$ 全陷重采 $q = 0.75 \sim 0.80$	$b =$ $0.25 \sim 0.30$ $(200m \leq H \leq 400m)$ $b =$ $0.20 \sim 0.25$ $(80m \leq H \leq 200m)$ $b =$ $0.15 \sim 0.20$ $(40m \leq H \leq 80m)$	$\tan \beta = 0.518$ $+ 0.268 \ln H$ $(35m \leq H \leq 365m)$	$S_1 =$ $(0.2 \sim 0.35) H_1$ $S_2 =$ $(0.12 \sim 0.28) H_2$ $S_3 = 0.20 H_0$ $S_4 =$ $(0.22 \sim 0.35) H_0$
—	$\phi_1 = \phi_2 = \phi_3$ $= 55^\circ$ $(\alpha < 5^\circ)$ $\phi_1 = 58^\circ$ $\phi_2 = 53^\circ$ $\phi_3 = 55^\circ$ $(\alpha > 5^\circ)$	$q = 0.83$ $(反坡、山地)$ $q = 0.70$ $(正坡、平地)$ $q_1 = 1.1q$ $(一次重采)$ $q_2 = 1.15q$ $(二次重采)$	$b = 0.22$	$\tan \beta = 2.1$ $(初采)$ $\tan \beta = 2.5$ $(重采)$	$S =$ $(0.2 \pm 0.02) H$ $(50m \leq H < 100m)$ $S =$ $(0.12 \pm 0.03) H$ $(100m \leq H \leq 300m)$

续表 J

矿区	地质、开采 技术条件	松散层 移动角(°)	边界角 (°)	移动角 (°)	裂缝角 (°)	最大下 沉角(°)
枣庄	二叠系,以页 岩、砂质页岩、薄 层灰岩为主。可 采 6 层,总厚 10m~11m,倾角 0°~30°,大部分 地区为8°~15°, 采深 36m ~ 300m。用走向 长壁全部陷落 法开采	$\varphi=45^\circ$	$\delta_0=\gamma_0=63^\circ$ $\beta_0=70^\circ-0.7\alpha$	$\delta=\gamma=76^\circ$ $\beta=87^\circ-\alpha$	—	$\theta=90^\circ-0.6\alpha$
平顶山	石炭二叠系, 为钙质页岩、页 岩、砂质页岩及 砂岩互层。第 四系厚 10m~ 260m,为残积、 坡积、洪积物。 可采 10 层,总 厚约 15m,倾角 5°~50°,一般 8°~12°,采深 67m~650m。用 走向长壁全部 陷落开采	$\varphi=45^\circ$ ( $h:H_0\geq 50\%$ ) $\varphi=50^\circ$ ( $h:H_0< 50\%$ )	$\delta_0=54^\circ$ $\beta_0=59^\circ-0.5\alpha$ $\gamma_0=60^\circ$	$\delta=68^\circ$ $\gamma=70^\circ$ $\beta=70^\circ-0.65\alpha$	—	1. 基岩 $\theta_{基} = 90^\circ -$ $0.75\alpha$ 2. 综合 $\beta =$ $\arctan \frac{H_2 \cdot \tan \delta_{基}}{H_{基}}$ $H_{基}$ —基岩 厚(m)

开采影响传播角(°)	充分采动角(°)	下沉系数 (初采、重采)	水平移动系数	主要影响角正切	拐点偏距
—	$\psi_1 = 59.9^\circ - 0.5\alpha$ $\psi_2 = 56.3^\circ + 0.43\alpha$	$q = 0.75$	$b = 0.21$	—	—
$\theta = \arctan \frac{H_0 \cdot \tan \delta_R}{H_R}$	$\psi_1 = 60.5^\circ - 0.87\alpha$ $\psi_2 = 57.5^\circ + 0.34\alpha$	$q = 1.06e^{-0.479H_0/D_1}$ $D_1$ —工作面斜长(m)	—	—	—



续表 J

矿区	地质、开采 技术条件	松散层 移动角(°)	边界角 (°)	移动角 (°)	裂缝角 (°)	最大下 沉角(°)
本溪	石炭二叠系和 侏罗系,以砂岩、 页岩、砂页岩为 主,坚固性系数 $f=3\sim 6$ ,采深 48m~668m,倾 角 $5^{\circ}\sim 29^{\circ}$ ,用走 向长壁全陷法开 采	—	$\delta_0=69.5^{\circ}$ $\beta_0=62.2^{\circ}$ (初采)	$\beta=73^{\circ}$ (初采)	—	—
双鸭山	含煤地层为 中生界侏罗系 的城子河组及 穆棱组,其上 为白垩系、第三 系玄武岩(局 部)及第四系冲 积层。煤层直 接顶和老顶由 粉砂岩、细砂 岩、中砂岩组 成,属中硬岩 层、煤层倾角为 $5^{\circ}\sim 20^{\circ}$ ,采厚 1m~2.1m,采 深45m~250m。 垮落法管理顶 板,少数采用带 状充填法	—	$\delta_0=61^{\circ}$ ( $H<100\text{m}$ ) $\delta_0=67^{\circ}$ ( $H>100\text{m}$ ) $\beta_0=$ $65^{\circ}-0.76\alpha$ $\gamma_0=65^{\circ}$	$\delta=\gamma=70^{\circ}$ $\beta=70^{\circ}-0.25\alpha$ $\gamma=70^{\circ}$	$\gamma'=83^{\circ}$ $\beta'=89^{\circ}-$ $0.14H/m$	$\theta=$ $90^{\circ}-0.64\alpha$

开采影响传播角(°)	充分采动角(°)	下沉系数 (初采、重采)	水平移动系数	主要影响角正切	拐点偏距
$\theta =$ $11.2^\circ - 1.95\alpha$	—	$q = 1.2 - 0.011Q$ (Q—上覆岩层砂岩所占百分数) $q_1 = 0.05$ (一次重采)	$b = -2.043 + 0.571nQ$ (Q为砂岩所占百分数)	$\tan\beta = 2.0$ (初采) $\tan\beta = 2.6$ (重采)	$S = 0.103H$ (初采) $S = 0.122H$ (重采,边界未对齐)
$\theta = 90^\circ - 0.64\alpha$	$\psi_3 = 42^\circ$ $\psi_2 = 55^\circ$ $\psi_1 = 53^\circ$	$q = 0.66$ (中硬) $q = 0.50$ (有玄武岩时) $q = 0.72$ (中硬偏软)	$b =$ $0.02\alpha + 0.04$ ( $\alpha = 6^\circ \sim 15^\circ$ ) (安邦河区,扁食河区) $b = 0.39$ (七星河西,厚冲积层时)	$\tan\beta =$ $1.56 + 0.005H$ (中硬) $\tan\beta =$ $0.93 + 0.005H$ (中硬偏软)	$S_3 = S_4 = -0.19H_0$ $S_1 = -0.13H_0$ $S_2 = -0.17H_0$

续表 J

矿区	地质、开采 技术条件	松散层 移动角(°)	边界角 (°)	移动角 (°)	裂缝角 (°)	最大下 沉角(°)
淮北 (包括 部分皖 北矿区)	冲积层为第 四纪,第三纪, 厚 30m~300m, 煤系地层为石 炭二叠纪,以砂 岩、泥岩为主, 硬度为中等,可 采煤层 1 层~5 层,煤厚 1m~ 14m,单层厚大 多在 2m~4m, 采深 60m~ 700m,以炮采 为主,少数为综 采	$\varphi=40^\circ$ ( $h<100\text{m}$ ) $\varphi=42^\circ$ ( $h>100\text{m}$ , $m\geq 2.5\text{m}$ ) $\varphi=45^\circ$ ( $h>100\text{m}$ , $m<2.5\text{m}$ )	$\delta_0=\gamma_0=69^\circ$ $\beta_0=69^\circ-0.7a$ $\gamma_0=40^\circ$	$\delta=\gamma=73.0^\circ$ $\gamma=73.3^\circ$ $\beta=73^\circ-0.57a$	$\gamma''=67^\circ$ $\delta''=\gamma''=78^\circ$ $\beta''=$ $78^\circ-0.4a$	—
大雁	煤系地层属 侏罗系上统;上 覆第四系松散 沉积物,厚度为 10m~30m,煤 层倾角 $13^\circ\sim$ $25^\circ$ ,采深 50m~ 200m,岩性为 软岩,开采方法 走向长壁全部 垮落法	$\varphi=38^\circ$	$\beta_0=43^\circ$ $\gamma_0=24^\circ$	$\delta=63^\circ$ $\gamma=58^\circ$ $\beta=60^\circ$	—	$\theta=82^\circ$
铜川	煤系地层为 石炭二叠系,上 覆岩层主要为 砂岩、泥岩、砂 质泥岩、松散层 为第四纪黄土, 厚度为 0m~ 200m,全向长 壁全部垮落法 开采	$\varphi=64^\circ$	$\delta_0=69^\circ$ $\gamma_0=80^\circ$	$\delta=80^\circ$ $\gamma=84^\circ$	—	$\theta=$ $90^\circ-0.6a$

开采影响传播角(°)	充分采动角(°)	下沉系数 (初采、重采)	水平移动系数	主要影响角正切	拐点偏距
$\theta_{\text{岩}} =$ $94.09^\circ - 0.89\alpha$ (重采与初采相同)	$\psi_1 = \psi_2 = \psi_3$ $= 60^\circ$	$q = 0.5905 +$ $0.117 \frac{D_0}{H_0} +$ $0.5198 \frac{h}{H_0} -$ $0.0001H_{\text{基}} \pm 0.104$ $q = 0.18$ (一次重采)	$b = 0.2801 +$ $0.0037\alpha$ 或 $b = 0.225 +$ $0.2116(h/H_0)$ $b_{\text{重}} = b_{\text{初}}$	$\tan\beta = 1.593 +$ $0.1754 \frac{h}{H} +$ $0.0004H -$ $0.0088\alpha \pm$ $0.28$ 重采 $\tan\beta$ 较 初采增加 $0.25$	$S_2 =$ $(-0.1949 -$ $0.2341\alpha \frac{D_0}{H_0} +$ $0.11 \frac{h}{H_2}) H_2$ $S_1 =$ $(-0.1531 -$ $0.0881\alpha \frac{D_0}{H_0} +$ $0.1355 \frac{h}{H_1}) H_1$
$\theta_0 = 83^\circ$	$\psi_1 = 51^\circ$ $\psi_2 = 59^\circ$ $\psi_3 = 48^\circ$	—	—	—	—
—	—	$q = (H_{\pm} +$ $0.765H_{\text{岩}})/H_0$	—	—	—

续表 J

矿区	地质、开采 技术条件	松散层 移动角(°)	边界角 (°)	移动角 (°)	裂缝角 (°)	最大下 沉角(°)
乌鲁木齐	侏罗系, 主要为砂岩、砂质页岩、泥岩。第四系厚20m~30m, 可采煤层33层, 总厚130m~170m, 倾角为60°~88°, 采深70m~200m, 仓储式采煤法	—	—	顶板 35° 底板 65° 走向 70°	—	—
开滦	煤系地层为石炭二叠系, 上覆岩层主要为砂岩、砂质页岩、页岩及泥岩。第四系松散层厚15m~250m不等, 部分含水丰富。可采煤层5层~7层, 有薄、中厚及厚煤层, 煤层倾角10°~20°, 局部为急倾斜及倒转	黄土, 黏土为主 $\varphi=45^\circ$ 以含水砂层为主 $\varphi=35^\circ$ 以流砂层为主 $\varphi=30^\circ$	$\gamma_0=46^\circ+0.5(H-50)$ ( $30^\circ \leq \gamma_0 \leq 55^\circ$ ) $\beta_0=40^\circ-0.6(\alpha-40^\circ)$ ( $28^\circ \leq \beta_0 \leq 55^\circ$ ) $\delta_0=55^\circ$	$\gamma=55^\circ+0.5(H-50)$ ( $35^\circ \leq \gamma \leq 72^\circ$ ) $\beta=72^\circ-0.67\alpha$ ( $30^\circ \leq \beta \leq 72^\circ$ ) $\delta=70^\circ$	$\beta'=74^\circ-0.59\alpha$ ( $35^\circ \leq \beta \leq 74^\circ$ )	$\theta=90^\circ-0.6\alpha$ ( $\alpha \leq 55^\circ$ ) $\theta=57^\circ-0.8(\alpha-55^\circ)$ ( $\alpha > 55^\circ$ )

开采影响 传播角(°)	充分采 动角(°)	下沉系数 (初采、重采)	水平移 动系数	主要影响 角正切	拐点 偏距
—	—	—	—	—	—
—	—	缓倾斜 $q=0.74$ 急倾斜 $q=0.11$	缓倾斜 $b=0.34$ 急倾斜 $b=0.96$	上山: $\operatorname{tg}\beta=1.8\sim 2.0$ 下山: $\operatorname{tg}\beta=1.4\sim 1.6$	



续表 J

矿区	地质、开采 技术条件	松散层 移动角(°)	边界角 (°)	移动角 (°)	裂缝角 (°)	最大下 沉角(°)
萍乡、 高安	上三叠安源煤 系,主要为砂岩、 粉砂岩、东部上 覆第三系红色砂 砾层,底部为茅 口灰岩含水层。 可采煤层五层, 总厚度 10m 左 右	$\varphi=55^\circ$ $\varphi_{\text{砂}}=55^\circ$	$\gamma_0=46^\circ$ $\beta_0=60^\circ-0.6\alpha$ $\delta_0=60^\circ$	$\delta=\gamma=74^\circ$ $\beta=74^\circ-0.8\alpha$ ( $20^\circ\leq\alpha\leq40^\circ$ ) $\beta=74^\circ-\alpha$ ( $\alpha<20^\circ$ )	$\delta''=75^\circ$ $\beta'=42^\circ$ $\gamma'=53^\circ$	$\theta=$ $90^\circ-0.95\alpha$
英岗岭	二叠纪乐平 煤系,主要为砂 岩、泥岩互层。 松散层 0m ~ 8m,为第四纪红 土,开采煤层 6 号煤,平均厚度 1.6m,倾角 $9^\circ$ , 采深 287m ~ 303m	—	$\beta_0=68^\circ$ $\delta_0=60^\circ$	$\beta=70^\circ20'$ $\delta=73^\circ$	$\beta'=80^\circ$	$\theta=89^\circ$

开采影响 传播角(°)	充分采 动角(°)	下沉系数 (初采、重采)	水平移 动系数	主要影响 角正切	拐点 偏距
—	—	$q=0.64$ $q=0.48$ (上覆岩层有第三 系红色砂砾层 80m) $q=1.1$	$b=0.3$	—	—
—	—	$q=0.633$	$b=0.254$	—	—

续表 J

矿区	地质、开采 技术条件	松散层 移动角(°)	边界角 (°)	移动角 (°)	裂缝角 (°)	最大下 沉角(°)
盘江	三叠系,主要 为砂岩、泥岩。 煤层倾角 $10^\circ$ , 主要地貌为山 地。采深 129m~290m, 用走向长壁全 部垮落法开采, 煤层厚度 2m~ 6m,倾角 $2^\circ \sim$ $10^\circ$	—	$\gamma_0 = 54^\circ$ $\beta_0 = 63.5^\circ$ $\delta_0 = 59.5^\circ$	$\delta = 65.5^\circ$ $\beta = 67.5^\circ$ $\gamma = 59.5^\circ$	—	$\theta = 80^\circ$
澄合	石炭二叠纪煤 田,松散层为黄 土,基岩为砂岩、 粉砂岩、砂质泥 岩和泥岩互层缓 斜煤层,走向长 壁全部垮落法开 采。煤层厚度 2.6m,倾角 $2^\circ \sim$ $10^\circ$	$\varphi = 43^\circ$	$\gamma_0 = 76.590^\circ -$ $25.644^\circ V$ $\beta_0 = 70.444^\circ -$ $30.39^\circ V$ $\delta_0 = 72.59^\circ -$ $27.513^\circ V$ ( $V = h/H_0$ )	$\delta = 78.164^\circ -$ $16.571^\circ V$ $\beta = 75.869^\circ -$ $14.451^\circ V$ $\gamma = 76.003^\circ -$ $15.553^\circ V$	$\delta' = 85.322^\circ -$ $21.14^\circ V$ $\beta' = 76.280^\circ -$ $10.563^\circ V$ $\gamma' = 79.151^\circ -$ $13.34^\circ V$	$\theta = 87^\circ$

开采影响 传播角(°)	充分采 动角(°)	下沉系数 (初采、重采)	水平移 动系数	主要影响 角正切	拐点 偏距
—	—	—	—	—	—
$\beta = 90^\circ - K_*$	—	—	—	$\tan\beta = 0.209$	$S = (0.01 \sim 0.14) H_0$

续表 J

矿区	地质、开采 技术条件	松散层 移动角(°)	边界角 (°)	移动角 (°)	裂缝角 (°)	最大下 沉角(°)
西山	石炭二叠系, 主要为砂岩、砂 质泥岩,主要可 采煤层 6 层,总 厚度为 16m~ 18m,倾角一般 3°~8°,局部为 10°~20°。主要 地貌为山地,山 势陡峭,地形起 伏剧烈,盖山厚 度变化较大,采 深一般小于 400m,大多为 100m~300m。 用走向长壁全 部陷落发开采	$h=10\text{m},$ $\varphi=45^\circ$ $h=10\text{m}\sim$ $20\text{m},$ $\varphi=50^\circ$ $h=20\text{m}\sim$ $40\text{m},$ $\varphi=55^\circ$ $h=40\text{m}\sim$ $60\text{m},$ $\varphi=60^\circ$ $h\geq 60\text{m},$ $\varphi=65^\circ$ 如松散层 含水量较 大,上述 $\varphi$ 值应减 少 5°	$\alpha\leq 5^\circ,$ $H\leq 100\text{m}$ 时, $\beta_0=\gamma_0=\delta_0$ $=55^\circ$ $\alpha\leq 5^\circ,$ $100\text{m}<H<$ $300\text{m}$ 时, $\beta_0=\gamma_0=\delta_0$ $=60^\circ$ $\alpha\leq 5^\circ,$ $H\geq 300\text{m}$ 时, $\beta_0=\gamma_0=\delta_0$ $=65^\circ$ $\alpha>5^\circ$ 时, $\gamma_0=\delta_0$ $\beta_0=\delta_0-0.5\alpha$	$\alpha\leq 5^\circ,$ $H\leq 100\text{m}$ 时, $\alpha\leq 5^\circ,$ $H\leq 100\text{m}$ 时, $\beta=\gamma=\delta=68^\circ$ $\alpha\leq 5^\circ,$ $100\text{m}<H<$ $300\text{m}$ 时, $\beta=\gamma=\delta=72^\circ$ $\alpha\leq 5^\circ,$ $H\geq 300\text{m}$ 时, $\beta=\gamma=\delta=76^\circ$ $\alpha>5^\circ$ 时, $\gamma=\delta$ $\beta=\delta-0.6\alpha$	$\alpha\leq 5^\circ,$ $H\leq 100\text{m}$ 时, $\beta'=\gamma'=\delta'$ $=70^\circ$ $\alpha\leq 5^\circ,$ $100\text{m}<H<$ $300\text{m}$ 时, $\beta'=\gamma'=\delta'$ $=75^\circ$ $\alpha\leq 5^\circ,$ $H\geq 300\text{m}$ 时, $\beta'=\gamma'=\delta'$ $=80^\circ$ $\alpha>5^\circ,$ $\gamma'=\delta'$ $\beta'=\delta'-0.6\alpha$	$\alpha\leq 3^\circ$ $\theta =$ $90^\circ-0.8\alpha$ $\alpha>3^\circ$ $\theta =$ $90^\circ-0.6\alpha$

开采影响传播角( $^{\circ}$ )	充分采动角( $^{\circ}$ )	下沉系数 (初采、重采)	水平移动系数	主要影响角正切	拐点偏距
本矿区煤层倾角较小,开采影响传播角与最大下沉角可取相同的值	走向充分采动角 $\varphi_0 = 58^{\circ} \pm 3^{\circ}$ , 下山充分采动角 $\varphi_1 = \varphi_0 - 0.5\alpha$ , 上山充分采动角 $\varphi_2 = \varphi_0 + 0.5\alpha$ , 开采深厚比 $H/M < 30$ , 覆岩性质较软的用上限值; 深厚比 $H/M > 30$ , 覆岩性质较硬的用下限值	在充分采动条件下, 下沉系数为 $q = 0.8 \pm 0.1$ , 式中上限用于重复开采或工作面宽深比 $L/H > 1.0$ , 下限用于工作面宽深比 $L/H < 0.3$ 的极不充分开采条件	在充分开采条件下地表水平移动系数: ① 开采深厚比 $H/M < 30$ ; 或采深 $H < 50\text{m}$ 且地表为马兰黄土新地或厚度较大的风化松散层时, $b = 0.4$ ; ② 初次开采深厚比 $H/M > 100$ ; 且地表为基岩, 或风化层厚度小于 $2\text{m}$ , 或地表为有植被的砂质黏土层, $b = 0.25$ ; ③ 一般条件下, $b = 0.33$	在充分开采条件下, $\tan\beta = 2.0 \pm 0.2$ , 上限用于开采深厚比 $H/M < 30$ , 或采深 $H < 50\text{m}$ 且地表松散层较厚的条件, 下限用于 $H/M > 100$ 或地表松散层较薄的条件	在充分开采条件下, 拐点偏距 $S_i = (0.1 \pm 0.05) H_i$ , 式中上限用于深厚比 $H/M < 30$ , 且顶板岩性较硬的条件下; 下限用于深厚比 $H/M > 50$ , 且顶板岩性较软的条件; 一般情况下取 $S_i = 0.1 H_i$ , $i$ 取值为 $1 \sim 4$ , $H_1$ 、 $H_2$ 、 $H_3$ 、 $H_4$ 表示下山、上山走向左和走向右工作面边界的开采深度



## 附录 K 煤(岩)柱安全稳定性系数计算

**K. 0.1** 当采用条带式开采时,煤(岩)柱安全稳定性系数可按下式计算(图 K. 0. 1):

$$K_p = \frac{\gamma_0 H_1 (A+B)}{A \cdot \sigma_m} \quad (\text{K. 0. 1})$$

式中: $\gamma_0$ ——上覆岩层的平均重度( $\text{kN}/\text{m}^3$ );

$H_1$ ——煤(岩)柱埋深(m);

$A$ ——保留煤(岩)柱条带的宽度(m);

$B$ ——采出条带宽度(m);

$\sigma_m$ ——煤(岩)柱的极限抗压强度(kPa)。

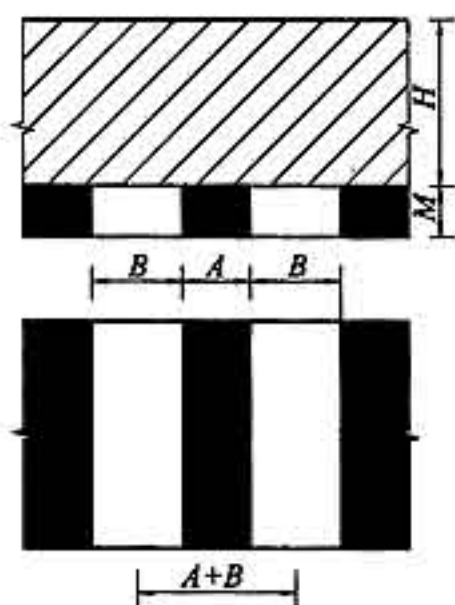


图 K. 0.1 条带式开采计算示意

**K. 0.2** 当采用充填条带式开采或条带煤(岩)柱有核区存在时,煤(岩)柱安全稳定性系数可按下式计算:

$$K_p = \frac{P_u}{P_z} \quad (\text{K. 0. 2})$$

式中:  $P_U$ ——煤(岩)柱能承受的极限荷载(kN);

$P_z$ ——煤(岩)柱实际承受的荷载(kN)。

**K. 0. 3** 煤(岩)柱能承受的极限荷载  $P_U$  计算, 应符合下列规定:

1 对于矩形煤(岩)柱, 其所能承受的极限荷载  $P_U^l$ , 可按下式计算:

$$P_U^l = 40\gamma_0 H_1 [AL - 4.92(A+L)MH_1 \times 10^{-3} + 32.28M^2 H_1^2 \times 10^{-6}] \quad (\text{K. 0. 3-1})$$

2 对于长条形煤(岩)柱, 其所能承受的极限荷载  $P_U^l$ , 可按下式计算:

$$P_U^l = 40\gamma_0 H_1 (A - 4.92MH_1 \times 10^{-3}) \quad (\text{K. 0. 3-2})$$

式中:  $L$ ——煤(岩)柱长度(m);

$M$ ——采出煤层厚度(m)。

**K. 0. 4** 煤(岩)柱实际承受的荷载  $P_z$  计算, 应符合下列规定:

1 对于房柱式开采, 当采区的宽度足够大且煤(岩)柱尺寸比较规则、各煤(岩)柱的刚度相同时, 煤(岩)柱实际承受的荷载  $P_z$  可按下式计算(图 K. 0. 4):

$$P_z = \frac{\gamma_0 H_1 (A+B)(B+L)}{AL} \quad (\text{K. 0. 4-1})$$

2 对于条形开采所形成的矩形煤(岩)柱, 其实际承受的荷载  $P_z^l$  可按下式计算:

$$P_z^l = 10\gamma_0 L \left[ AH_1 + \frac{B}{2} \left( 2H_1 - \frac{B}{0.6} \right) \right] \quad (\text{K. 0. 4-2})$$

3 对于条形开采所形成的长条形煤(岩)柱, 其实际承受的荷载  $P_z^l$  可按下式计算:

$$P_z^l = 10\gamma_0 \left[ AH_1 + \frac{B}{2} \left( 2H_1 - \frac{B}{0.6} \right) \right] \quad (\text{K. 0. 4-3})$$

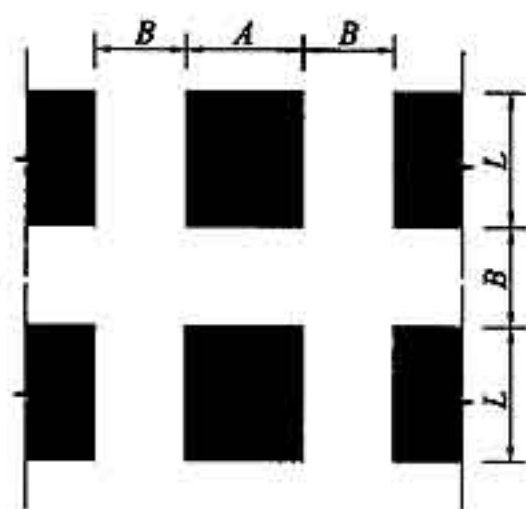


图 K. 0. 4 房柱式开采计算示意

## 附录 L 采空区垮落带、断裂带计算方法

**L. 0. 1** 当煤层倾角  $\alpha < 55^\circ$  时,采空区垮落带及断裂带高度计算,应符合下列规定:

1 当煤层顶板覆岩内存在坚硬岩层,煤层回采后能形成悬顶,而开采空间及垮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下式计算:

$$H_m = \frac{M}{(k-1)\cos\alpha} \quad (\text{L. 0. 1-1})$$

式中: $k$ ——垮落岩石的碎胀系数。

2 当煤层顶板为硬质岩、软质岩层或其互层时,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填满,开采单一煤层时垮落带的最大高度可按下式计算:

$$H_m = \frac{M-W}{(k-1)\cos\alpha} \quad (\text{L. 0. 1-2})$$

3 当煤层顶板为硬质岩、软质岩层或其互层时,厚层煤分层开采的垮落带最大高度,可按表 L. 0. 1-1 中的公式计算。

表 L. 0. 1-1 厚煤层分层开采的垮落带最大高度计算公式

饱和单轴抗压强度 $f_r$ (MPa) 及主要岩石名称	计算公式(m)
$40 \leq f_r < 80$ , 石英砂岩、石灰岩、砂质页岩、砾岩	$H_m = \frac{100 \sum M}{2.1 \sum M + 16} \pm 2.5$
$20 \leq f_r < 40$ , 砂岩、泥质灰岩、砂质页岩、页岩	$H_m = \frac{100 \sum M}{4.7 \sum M + 19} \pm 2.2$
$10 \leq f_r < 20$ , 泥岩、泥质砂岩	$H_m = \frac{100 \sum M}{6.2 \sum M + 32} \pm 1.5$
$f_r < 10$ , 铝土岩、风化泥岩、黏土、含砂黏性土	$H_m = \frac{100 \sum M}{7.0 \sum M + 63} \pm 1.2$

注: $\sum M$  为累计开采厚度;公式应用范围为单层开采厚度不超过 3m,累计采厚不超过 15m;计算公式中“ $\pm$ ”号项为中误差。

4 当煤层顶板为硬岩、软岩或其互层时,厚煤层分层开采的断裂带最大高度( $H_{li}$ ),可按表 L. 0. 1-2 中的公式计算。

表 L. 0. 1-2 厚煤层分层开采的断裂带最大高度计算公式

饱和单轴抗压强度 $f_r$ (MPa)	计算公式之一(m)	计算公式之二(m)
$40 \leq f_r < 80$	$H_{li} = \frac{100 \sum M}{1.2 \sum M + 2.0} \pm 8.9$	$H_{li} = 30 \sqrt{\sum M} + 10$
$20 \leq f_r < 40$	$H_{li} = \frac{100 \sum M}{1.6 \sum M + 3.6} \pm 5.6$	$H_{li} = 20 \sqrt{\sum M} + 10$
$10 \leq f_r < 20$	$H_{li} = \frac{100 \sum M}{3.1 \sum M + 5.0} \pm 4.0$	$H_{li} = 10 \sqrt{\sum M} + 5$
$f_r < 10$	$H_{li} = \frac{100 \sum M}{5.0 \sum M + 8.0} \pm 3.0$	—

L. 0. 2 当煤层倾角  $\alpha \geq 55^\circ$ ,煤层顶板、底板为硬质岩、软质岩层,用垮落法开采时,采空区垮落带和断裂带最大高度( $H_m$ 、 $H_{li}$ ),可按表 L. 0. 2 中的公式计算。

表 L. 0. 2 急倾斜矿层开采垮落带和断裂带最大高度计算公式

饱和单轴抗压强度 $f_r$ (MPa)	垮落带高度(m)	断裂带高度(m)
$40 \leq f_r < 80$	$H_m = (0.4 \sim 0.5) H_{li}$	$H_{li} = \frac{100 M h_c}{4.1 h_c + 133} \pm 8.4$
$f_r < 40$	$H_m = (0.4 \sim 0.5) H_{li}$	$H_{li} = \frac{100 M h_c}{7.5 h_c + 293} \pm 7.3$

注:式中  $h_c$  为开采阶段垂高。

L. 0. 3 近距离煤层垮落带和断裂带高度计算(图 L. 0. 3),应符合下列规定:

1 上、下煤层的最小垂距  $h_{1-2}$  大于回采下层煤的垮落带高度  $H_{xm}$  时,上、下层煤的断裂带最大高度,可按上、下层煤的厚度分别按表 L. 0. 1-2 中的公式计算,并应取其中标高最高者作为两层煤的断裂带最大高度。

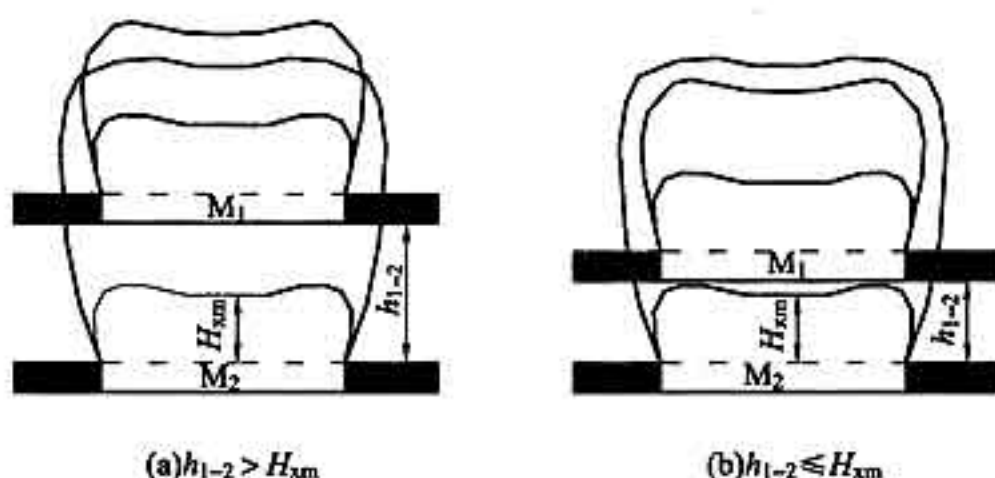


图 L. 0. 3 近距离煤层导水断裂带高度计算示意

2 下层煤的垮落带接触到或完全进入上层煤范围内时,上层煤的断裂带最大高度应采用本层煤的开采厚度计算,下层煤的断裂带最大高度应采用上、下层煤的综合开采厚度计算,并应取其中标高最高者为两层煤的断裂带最大高度。上、下层煤的综合开采厚度可按下式计算:

$$M_{Z1-2} = M_2 + \left( M_1 - \frac{h_{1-2}}{y_2} \right) \quad (\text{L. 0. 3-1})$$

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;

$y_2$ ——下层煤的垮落带高度与采厚之比。

3 上下层煤之间的距离很小时,综合开采厚度可按下式计算:

$$M_{Z1-2} = M_1 + M_2 \quad (\text{L. 0. 3-2})$$



## 附录 M 采空区剩余空隙体积计算

**M. 0.1** 采空区垮落带剩余体积  $Q(\text{m}^3)$  可按下列式计算：

$$Q = S \cdot M \cdot K_c \cdot \Delta V \quad (\text{M. 0.1})$$

式中： $S$ ——采空区治理面积( $\text{m}^2$ )；

$K_c$ ——煤层采出率(回采率)，一般通过矿山实际情况调查确定；

$\Delta V$ ——采空区剩余空隙率，垮落岩块充填后剩余的空隙率，其取值为 0.2~1。

**M. 0.2** 采空区剩余空隙率可按下列方法确定：

- 1 利用矿山已有的沉降及采空区观测资料。
- 2 利用采空区勘察孔内空洞和裂隙的资料。
- 3 利用地区已有的工程资料。

## 本规范用词说明

**1** 为便于在执行本规范条文时区别对待,对要求严格程度不同的用词说明如下:

1)表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2)表示严格,在正常情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3)表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4)表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

**2** 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为:“应符合……的规定”或“应按……执行”。

## 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
- 《土工试验方法标准》GB/T 50123
- 《工程岩体试验方法标准》GB/T 50266
- 《建筑边坡工程技术规范》GB 50330
- 《城市工程地球物理探测规范》CJJ 7
- 《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T 87

中华人民共和国国家标准

煤矿采空区岩土工程勘察规范

GB 51044-2014

条文说明

## 制 订 说 明

《煤矿采空区岩土工程勘察规范》GB 51044—2014,经住房和城乡建设部 2014 年 12 月 2 日以第 653 号公告批准发布。

为便于广大设计、施工、科研、教学等单位有关人员在使用本规范时能正确理解和执行条文规定,《煤矿采空区岩土工程勘察规范》编制组按章、节、条顺序编制了本规范的条文说明。对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明,并着重对强制性条文的强制性理由作了解释。但是,本条文说明不具备与规范正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握规范规定的参考。

# 目 次

1	总 则 .....	(123)
3	基本规定 .....	(125)
4	勘察阶段工作内容 .....	(127)
4.1	一般规定 .....	(127)
4.2	可行性研究勘察 .....	(127)
4.3	初步勘察 .....	(128)
4.4	详细勘察 .....	(129)
4.5	施工勘察 .....	(129)
4.6	小窑采空区岩土工程勘察 .....	(130)
4.7	采动边坡岩土工程勘察 .....	(130)
5	煤矿采空区调查与测绘 .....	(134)
5.1	一般规定 .....	(134)
5.2	工程地质调查与测绘方法 .....	(134)
5.3	工程地质调查与测绘内容 .....	(135)
6	地球物理勘探 .....	(136)
6.1	一般规定 .....	(136)
6.2	工作方法 .....	(136)
6.3	成果解译与报告编写 .....	(136)
7	勘探与取样 .....	(137)
7.1	一般规定 .....	(137)
7.2	钻探 .....	(137)
7.4	岩土试样的采取 .....	(138)
8	采空区地表移动变形监测 .....	(139)
8.1	一般规定 .....	(139)



8.2	勘察阶段监测 .....	(139)
8.3	长期监测 .....	(139)
9	地下水 .....	(141)
9.1	一般规定 .....	(141)
9.2	地下水调查及参数测定 .....	(141)
9.3	地下水作用评价 .....	(142)
10	原位测试及室内试验 .....	(143)
10.1	一般规定 .....	(143)
10.2	原位测试 .....	(143)
10.3	有害气体采集与测试 .....	(143)
10.4	岩土室内试验 .....	(144)
11	地表移动和变形预测 .....	(145)
11.1	一般规定 .....	(145)
11.3	地表移动和变形预测 .....	(145)
12	采空区稳定性和工程建设适宜性评价 .....	(147)
12.1	一般规定 .....	(147)
12.2	采空区场地稳定性评价 .....	(148)
12.3	采空区场地工程建设适宜性评价 .....	(149)
12.4	采空区建(构)筑物地基稳定性分析 .....	(154)
13	采空区治理措施 .....	(158)
13.1	一般规定 .....	(158)
13.2	建筑平面布置及结构处理与预防措施 .....	(158)
13.3	工程治理方法 .....	(159)
13.4	综合治理措施 .....	(159)
14	岩土工程分析评价和成果报告 .....	(161)
附录 M	采空区剩余空隙体积计算 .....	(162)

# 1 总 则

**1.0.1** 本条主要明确了制定本规范的目的和指导思想。煤矿采空区属于隐蔽、复杂、地表变形范围大、容易引发地质灾害的不良场地,对地面工程建设危害性很大,煤矿采空区问题是世界性难题。煤矿采空区工程勘察、设计和施工不但技术复杂,而且涉及的法律法规和行业规范较多。我国采空区建设已经历了十几年的历程,在煤矿采空区的勘察、设计、施工等方面积累了一定的经验,但还未形成系统的技术标准。各地区、各行业对煤矿采空区的勘察、稳定性评价、处治设计、施工和检测等方面的认识,因煤矿采空区的类型、规模及开采条件的不同,存在较大的差别。因此,有必要制定煤矿采空区岩土工程勘察规范,认真贯彻国家有关防灾减灾的法规,在面对煤矿采空区问题时做到有章可循、有法可依,帮助工程技术人员有针对性布置岩土工程勘察的工作范围、工作重点及工作量,指导和服务于煤矿采空区工程建设的全过程,确保煤矿采空区工程建设的质量和运营使用安全。在制定煤矿采空区岩土工程勘察方案、选择勘察手段和方法、进行岩土工程分析评价、提出勘察报告以及在建设期间的全过程都应做到技术先进、经济合理、保护环境。

**1.0.2** 本条规定了本规范的适用范围。随着工程建设发展和外扩,土地资源越来越紧缺,原来的煤矿采空区可能成为未来的工程建设中心,工业与民用建筑工程建设已无法避让煤矿采空区。煤矿采空区岩土工程的业务范围很广,行业种类较多,本规程的勘察适用范围也较广,一般土木工程勘察项目都适用,但对水利、铁路、公路和桥隧等工程,由于专业性强,技术上有特殊要求,因此,上述工程的岩土工程勘察可结合自身专业特点参照使用。

**1.0.3** 先勘察,后设计,再施工,是工程建设必须遵守的程序。岩土工程勘察的任务,除了应正确反映场地工程地质条件外,对于场地及其附近存在对工程安全和环境保护威胁很大的不良地质作用和地质灾害也必须精心勘察、精心分析评价,判定其作为工程场地的适宜性,并提出工程处理措施建议。

**1.0.4** 由于煤矿采空区特有的复杂性,在煤矿采空区勘察过程中,应积极采用成熟可靠的新技术、新工艺,不断提高煤矿采空区工程建设的勘察水平,做到技术先进、经济合理、保护环境。另外,在进行采空区岩土工程勘察时,常因工作特点对周边自然环境、居民的生产与生活等产生影响;而赋存于煤矿采空区中的空洞、有毒(害)气体会对工作人员和机具的安全造成威胁。因此,勘察全过程都应遵守国家、地方和相关部门有关技术经济、安全生产及环境保护等方面的法规,严格执行相关规范和操作规程,确保人员和机具安全。

### 3 基本规定

**3.0.1** 由于不同采空区的勘察内容、勘察手段和评价方法不同,因此,本规范依据采空区开采规模和面积、开采形式、开采时间和采空区地表变形阶段、采深及采深采厚比、矿层倾角等对采空区进行划分。

除上述分类方法外,目前还常以煤层厚度进行划分:地下开采煤层厚度  $M \leq 1.3\text{m}$  的为薄煤层,地下开采煤层厚度  $1.3\text{m} < M \leq 3.5\text{m}$  的为中厚煤层,地下开采煤层厚度  $3.5\text{m} < M \leq 8.0\text{m}$  的为厚煤层,地下开采煤层厚度  $M > 8.0\text{m}$  的为巨厚煤层。

**3.0.2** 我国煤矿采空区分布较广,属于隐蔽、复杂、地表变形范围大、容易引发地质灾害的不良地质场地。采空区地表的不均匀下沉和水平变形、垮塌等灾害给工程建设及运营带来了较为严重的安全隐患。由地表移动和变形引起地面塌陷、滑坡和崩塌等次生灾害也时有发生,大面积煤矿采空区垮落甚至可能诱发地震,严重威胁工程安全。故本条强调“拟建工程场地或其附近分布有不利于场地稳定与工程安全的采空区时,应进行采空区岩土工程勘察”。本条为强制性条文,必须严格执行。

**3.0.3** 岩土工程勘察工作应按相应的勘察阶段进行,而勘察阶段的划分应与设计阶段相适应,不同的勘察阶段应有不同的勘察要求和工作深度。在已建工程场地或其附近,施工及运营过程中发生新采或复采时,由于场地工程地质条件发生变化,原有勘察资料已无法满足场地稳定性评价及处治设计要求,因此需进行补充勘察。

**3.0.4** 由于采空区类型不同,所掌握的采空区资料完整程度也不尽相同,因此,采空区稳定性评价应根据其特点和所掌握的资料,

采用定性与定量相结合的方法进行。采空区场地的稳定性是建(构)筑物稳定的先决条件,应首先评价。在此基础上,根据拟建建(构)筑物的工程条件,分析采空区剩余变形对拟建工程及拟建工程对采空区稳定性的影响程度,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,并提出煤矿采空区治理措施建议。

**3.0.5** 本条主要规定了搜集资料的内容,并强调对资料的完整性和可靠性应加以分析和验证。

**3.0.8** 勘探完工后,勘探单位应认真做好回填封孔工作,避免引发次生灾害。钻孔回填材料可根据不同要求选用,回填孔段宜按“以土还土、以砂还砂”的原则执行,分段回填击实;基岩段可采用水泥砂浆封孔。对隔水有特殊要求时,可用水泥、膨润土浆液通过泥浆泵由孔底逐步向上灌注回填。探井、探槽可用原土回填,分层夯实,有特殊要求时可用低标号混凝土回填。



## 4 勘察阶段工作内容

### 4.1 一般规定

**4.1.1** 本条规定了煤矿采空区岩土工程勘察所应达到的目的及工作内容。由于煤层的赋存条件、覆岩性质及其组合类型、采煤方法和顶板管理方法不同,其移动与破坏形式也不相同。已故刘天泉院士总结概括出了覆岩移动与破坏形式分为“三带型”、“拱冒型”、“弯曲型”、“切冒型”和“抽冒型”五种基本类型,可供参考确定。

**4.1.2** 煤矿采空区围岩塌陷及地表移动变形受地层岩性、地质构造、开采规模、开采方式等控制,宏观上虽有发育规律,但在具体场地上,其分布和形态则是无常的;因此,施工阶段补充勘察或施工勘察非常必要。

**4.1.3** 本章主要针对煤矿采空区场地稳定性及工程建设适宜性评价所应达到的目的、工作内容、勘察范围、勘察工作量布置及勘察深度作出规定;而对于拟建建(构)筑物地基主要受力层的勘察与评价,应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021 相关规定。

### 4.2 可行性研究勘察

**4.2.1** 对拟建场地稳定性和工程建设适宜性进行初步评价,为城乡规划、场址选择、工程建设的可行性和方案设计提供依据,是可行性研究阶段勘察的主要工作内容,以定性评价为主,不得留给下一阶段。若到初勘或详勘阶段再进行场地稳定性和工程建设适宜性评价,一旦评价为不稳定或不适宜,必将造成前期投入的浪费。

**4.2.2** 本条对可行性研究勘察阶段的勘察手段进行规定。受勘



察深度所限,本阶段可在资料搜集、采空区调查及工程地质测绘的基础上进行;当拟建场地工程地质条件复杂,已有资料不能满足要求时,应根据具体情况辅以适量的物探和钻探工作。

**4.2.3** 本条对可行性研究勘察阶段的主要工作内容进行规定。在所搜集的各类地质报告中,勘察区煤炭资料详查及勘探报告一般包含区域地质资料,因此,地质资料的搜集应以勘察区煤炭资料详查及勘探报告为主。

**4.2.4** 在未来(准)采区的预测影响范围内新建建(构)筑物时,为确保新建建(构)筑物的安全稳定,有时需留设保护煤(岩)柱。当压矿量作为建设方投资建设的一个主要考虑因素时,在可行性研究阶段应进行估算。

**4.2.5** 可行性研究阶段勘察的调查范围不仅应包括对拟建场地稳定性有影响的采空区,还宜向场地周边外扩 500m,其目的是为城乡规划、场址选择、工程建设的可行性和方案设计优化提供空间。

### **4.3 初步勘察**

**4.3.1** 煤矿采空区岩土工程初步勘察阶段主要任务除包括常规场地初勘工作内容外,应侧重于采空区专项调查及分析计算采空区地表已完成的移动变形量及剩余移动变形量,定量分析评价场地稳定性及工程建设的适宜性,为确定建(构)筑物总平面布置、采空区治理方案及地基基础类型提供初步设计依据。

**4.3.2~4.3.4** 这三条规定了煤矿采空区初步勘察的勘察内容和方法。规定初步勘察宜以采空区专项调查、工程地质测绘、工程物探为主,并结合工程需要,辅以钻探工作、简易水文地质观测试验和地表变形观测工作。

采空区专项调查的任务是查明采空区分布、开采历史、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和基本要素、地表移动变形特征及参数等,为定量评价采空区稳定性和

建设适宜性提供资料,为布置物探和钻探工作量提供依据。在煤矿采空区勘察中,采空区专项调查做好了,可以起到事半功倍的效果。

工程物探方法应根据场地地形地质条件、采空区埋深、分布及其与周围介质的物性差异等综合确定,并宜采用多种方法探测。物探工作量的确定应根据采空区资料的完整性及可靠性综合确定,对于资料缺乏、可靠性差的采空区场地,物探应覆盖全部拟建工程场地及可能影响的采空区范围,以查明拟建场地及邻近区域是否分布有采空异常区;对于资料丰富、可靠的采空区场地,物探可仅作为资料验证手段。

工程钻探主要用于物探成果验证和采空区特征探查,勘探点的布置应根据搜集资料的完整性和可靠性及物探成果综合确定。

在开采期间,矿产开采单位一般会开展采空区的地表移动变形观测工作,该部分观测资料可供勘察、设计利用。勘察期间,勘察单位应根据具体情况开展必要的观测工作,为采空区稳定性准确评价提供依据。

## 4.4 详细勘察

4.4.1~4.4.4 详细勘察的主要任务是为地基基础设计、地基处理和采空区治理提供详细的岩土工程资料及设计、施工所需的岩土参数。

对于采空区场地稳定且对工程建设影响小的场地,岩土工程详细勘察主要针对地基压缩层范围内的地基土开展勘察工作,其勘探线、点间距符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021和其他行业规范、规程相关要求。对于稳定性差、需进行处治的采空区场地,详勘勘探线、点的布置结合采空区处置方法确定。

## 4.5 施工勘察

4.5.1 煤矿采空区工程建设常因地质条件变化而发生施工安全

事故,因此,施工阶段的勘察非常重要,是信息化施工的重要手段。本条列举了施工中需开展的施工勘察工作的几种情况,在实际工作中可根据具体情况开展:

1 采空区治理方案在施工图设计阶段才能确定,详细勘察阶段的勘察工作缺乏针对性,需要在施工阶段补充相应的岩土工程资料的。

2 施工期间发生新采或复采,产生新的变形破坏或对原地基土体产生扰动,导致详勘报告分析推测内容无法满足设计、施工需要的。

3 钻孔为点状地质信息,地质条件复杂时在钻孔之间会出现大的地层异常情况,超出详细勘察报告分析推测范围的。

4.5.2 由于勘察阶段距离施工阶段的时间跨度较大,场地周边环境可能发生较大变化,如地基土、边坡体、地下水等发生变化时,应进行监测,必要时应进行补充勘察。

## 4.6 小窑采空区岩土工程勘察

4.6.1 由于开采范围小,地表一般不会产生移动盆地。但由于开采深度小,又任其垮落,因此地表变形剧烈且以非连续变形为主,大多数产生较大的裂缝和陷坑,对地表建(构)筑物影响较大。由于小窑一般采用非正规方式开采,资料完整性及可靠性较差,因此,小窑采空区岩土工程勘察应采用搜集资料、调查访问、地质测绘、物探和钻探等综合勘察手段,了解地区开采历史、开采方式、开采能力等,分析区域地质资料和水文地质条件,初步确定开采层位,圈定采空范围和采空程度,应以物探为先导,指导钻探验证采空范围。

## 4.7 采动边坡岩土工程勘察

4.7.1 当拟建工程场地或其附件存在不利于工程安全的采动边坡时,地下采动可能造成边坡变形或失稳破坏,将严重威胁到邻近



工程建设及人员、财产的安全,故本条强调开展专门的岩土工程勘察是十分必要的。岩土工程专项勘察可以提高勘察工作的针对性,以便给边坡治理提供更充分的依据,进而达到安全、合理的整治边坡的目的。

**4.7.2** 对于老采空区,地表及岩层的移动变形已基本完成,处于其上的采动边坡勘察的重点为查明其可能发生的破坏模式及其稳定性;对于新采空区和未来(准)采区,采空移动变形处于发展阶段或将要发展阶段,因此,采动边坡勘察的重点是预测边坡移动变形的特征和规律及其对边坡稳定性的影响和可能的失稳模式。

**4.7.3** 本条规定了采动边坡勘察的主要工作内容。除常规边坡的勘察内容外,重点应查明采空区分布、变形规律及其对边坡稳定性的影响。

一般情况下,地下矿产开采对边坡稳定性将产生四方面影响:一是改变了边坡坡体内原有应力平衡状态,应力发生重分布,边坡不同位置处形成不同的应力变化空间;二是井工开采区上覆岩体中将产生垮落带、断裂带等,边坡岩土体的结构性被一定程度破坏,致使边坡岩土体强度降低;三是井工开采后在地表形成移动盆地,导致不同区域边坡坡度发生改变,改变地表边坡形态;四是改变了边坡岩体的水文地质条件。这四方面的作用将直接影响边坡岩体的稳定性。因此,采空区边坡工程勘察除查明边坡的基本工程地质条件及水文地质条件外,还应查明采空区的各种采矿要素及其与边坡的空间、时间关系,分析评价采空移动变形对边坡形态、主要结构面产状、岩土体强度、水文地质条件等的影响。

国内外多个采动边坡调查及数值分析结果表明,采动边坡一般可分为“拉张变形区”、“挤压下沉区”、“剪切下沉区”及“鼓胀隆起变形区”四种类型,其中:“拉张变形区”位于采空区外侧边坡坡肩侧,产生拉伸变形;“挤压下沉区”位于采空区上方,地表下沉值最大,伴随小量的挤压变形,一般不出现裂缝;“剪切下沉区”位于

采空区两侧,产生压缩、剪切变形;“鼓胀隆起变形区”位于采空区外侧边坡坡脚,产生水平剪切及鼓胀变形。

采空区边坡破坏类型一般可概括为滑坡、崩塌及坡脚的鼓胀隆起变形三种结果。发生滑坡必先具备产生滑坡的基本条件,即具有形成滑坡的临空面、可形成滑带的软弱层和促成滑动的地下水或其他外在因素,多是古滑坡的复活或正在活动的滑坡在采动效应的影响下诱发或加剧了滑坡活动。否则,只能发生处于合适部位的高陡边坡发生崩塌、堆塌破坏,崩塌是我国国内采动边坡破坏的主要形式。采空塌陷盆地外侧的鼓胀变形也是采动边坡破坏的一个主要基本形式,若保安煤(岩)柱设置范围不足,使坡脚发生鼓胀变形,将导致相关建(构)筑物变形破坏,如陕西韩城电厂地面隆起变形。因此,采动边坡勘察应查明采动边坡的破坏类型,为治理设计提供依据。

**4.7.4** 地下开采后,采空区一定范围内围岩发生应力重分布,而地表边坡的存在打破了原始应力的对称分布关系,地表并不形成典型的移动盆地,而是产生山体的“倾摆”效应。此时,除山体上方出现拉应力区和拉张裂缝外,变形与破坏主要表现在边坡一侧因压应力、剪应力和鼓胀应力的作用而产生的变形或破坏,坡脚区域通常出现鼓胀剪切变形区。当该区域作为拟建场地时,勘察范围应扩大至该区域。

**4.7.6** 边坡安全等级参照现行国家标准《建筑边坡工程技术规范》GB 50330 确定。

**4.7.9** 对于采空区边坡,其破坏模式及稳定性是地下采空引起顶板、覆岩及地表移动过程与地表边坡相互作用的结果,也可以说是地表边坡岩体固有的“本底稳定性”和地下采空塌陷作用“复合”的结果。因此,在边坡稳定性评价过程中,应充分运用工程地质理论、“三下采煤”理论和岩体工程地质力学理论,将工程地质类比法、结构面组合判断、极限平衡计算、采煤沉陷预计理论与数值分析方法等相结合进行综合评价。该方法总体上可按图 1 分步骤进行:

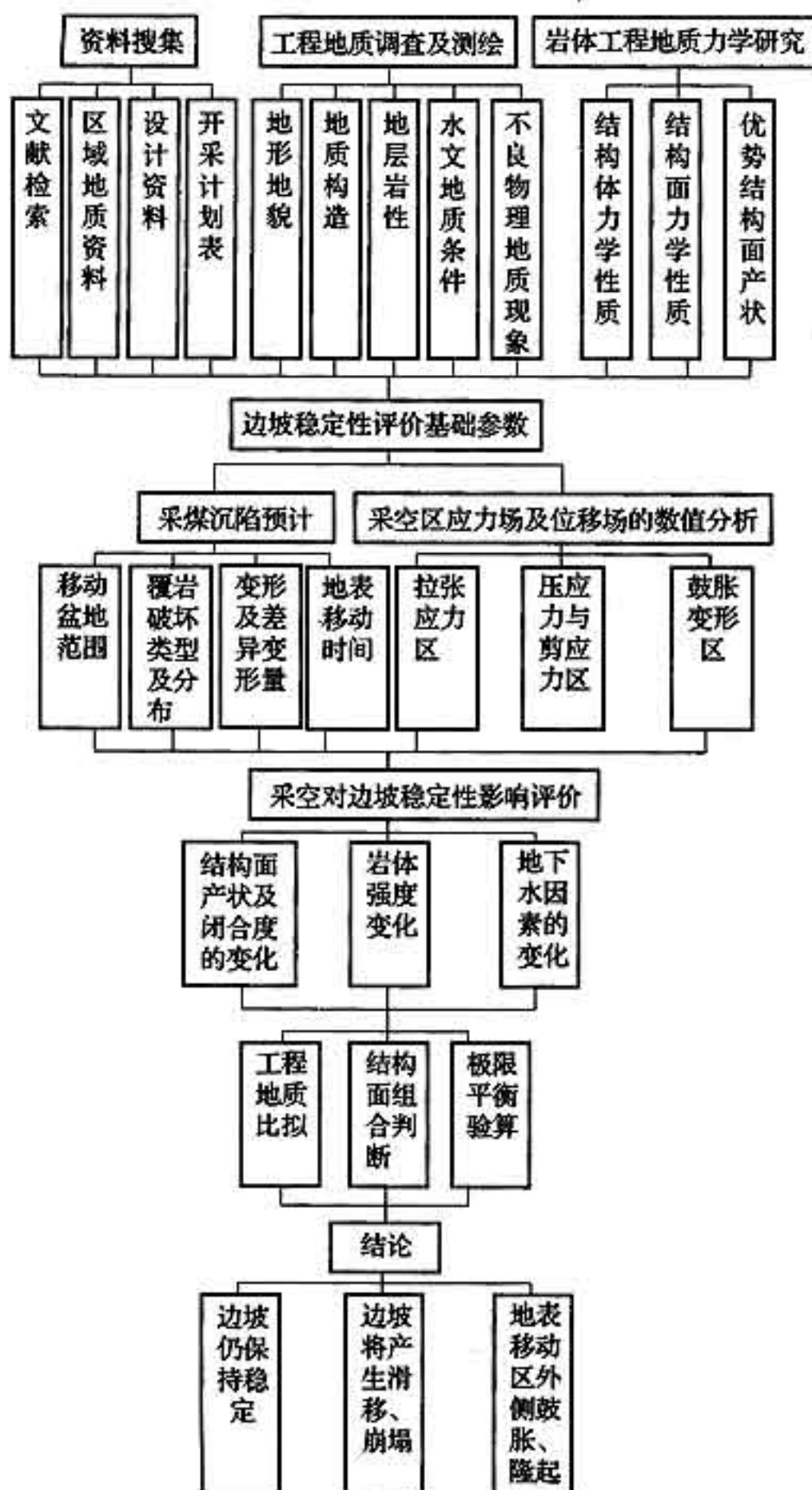


图1 采空区边坡稳定评价工作程序及步骤



## 5 煤矿采空区调查与测绘

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 采空区场地作为建设工程场地使用,其勘察工作阶段的划分相对于一般场地勘察阶段划分具有其特殊性,一般情况下,采空区稳定性评价应前置,在初步设计之前,对采空区稳定性应作出初步评价。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作出评价,以避免工作滞后给后续设计工作造成被动。

**5.1.2** 对工程有特殊意义的地质单元体,如滑坡、断层、洞穴、泉等应进行测绘,必要时可用扩大比例尺表示,以便更好地解决岩土工程的实际问题。

**5.1.3** 为了达到测绘精度,通常要求在测绘填图时,采用比提交成图比例大一级的地形图作为填图的底图。如进行 1:10000 比例尺测绘时,通常采用 1:5000 的地形图作为外业填图底图,外业填图完成后再缩成 1:10000 的成图,以提高测绘的精度。

### 5.2 工程地质调查与测绘方法

**5.2.1** 测线测绘法适用于整个采空区移动盆地的控制测绘。测线应按垂直岩层走向或主要构造线、拉状裂缝线布置。对于“品”字型房柱式开采煤炭矿山,可结合开采时房、柱留设情况,采用测线测绘法进行采空区的全面测绘,测线可按网格布设,间距应根据场地工程地质条件的复杂程度确定,宜为 30m~50m。对于复杂的采空区场地或地表变形较大的场地,测线间距可小于 30m。测点间距宜按采房布设,但不宜大于两个采房的距离。

界线追踪法适用于壁式开采(或条带房柱式开采)的煤炭矿

山,应结合工作面长度和年推进参数,沿地面变形形迹和不连续界面进行追踪,布置观测点。

露头标绘法适用于开采年代久远的小煤窑,这类矿山主要以沿煤层浅表部或露头煤开采,开采深度一般较浅,应进行露头的全面测绘。

**5.2.3** 地质观测点的布置是否具有代表性,对于成图的质量至关重要。观测点宜布置在移动盆地分区界线、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处,并应充分利用天然和人工露头。

### **5.3 工程地质调查与测绘内容**

**5.3.2** 测绘内容包含了采空区的充填情况、坍塌状况,在不能保证工作人员的人身安全的情况下,禁止进入井下实地调查。

**5.3.5** 采动边坡滑动的外因主要包括堆载、切方、边坡地下水漏渗及与采空区的关系等。

## **6 地球物理勘探**

### **6.1 一般规定**

**6.1.1~6.1.3** 工程物探是在资料搜集、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。

### **6.2 工作方法**

**6.2.1** 常用的地面物探方法主要有电法、电磁法、地震法、地质雷达等,井内(间)物探方法主要有 CT 成像、测井法、孔内成像、孔内地质雷达等。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。拟勘察采空区埋深大时,可优先采用大地电磁法;勘察区地表接地条件较差时,可采用不需要接地的瞬变电磁法;勘察区有高压电线干扰时,可采用高密度电阻率法。

**6.2.3** 每一种物探方法在应用时都不是万能的,都有其局限性。为了获得较好的探测效果,通常情况下,宜采用两种方法组合进行,相互验证,尽量排除其他原因引起的数据异常和多解性。

### **6.3 成果解译与报告编写**

**6.3.2** 本条规定了物探成果报告应包含的内容与要求。成果报告不仅应包括检查资料,还应包括相应的验证资料。

## 7 勘探与取样

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 勘探与取样是煤矿采空区岩土工程勘察最重要的手段之一,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覆岩破坏特征及勘察成果质量起至关重要的作用。

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,反映出采空区的覆岩破坏特性。钻探在可行性研究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。

**7.1.4** 采空区勘察不同于一般工程地质勘察,外业钻探过程中会遇到瓦斯、煤层自燃及突然塌陷等不良地质作用,威胁施工人员的安全。故强调“采空区勘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、设备和环境等造成的潜在危害的措施。”勘探作业应严格执行有关特殊作业条件勘察的有关规定,确保人身安全。本条为强制性条文,必须严格执行。

### 7.2 钻 探

**7.2.1** 钻孔作为主要的验证或确认勘察手段,目的是检验所搜集资料的可靠性及物探解译的准确性,通过钻探过程中的掉钻、卡钻、漏钻等现象及岩芯描述,可直观判定覆岩破坏分布,初步判定采空区塌落情况。

**7.2.3** 为满足本条规定的精度要求,初勘和详勘阶段,一般应采

用仪器测定钻孔位置与高程数据。勘探点设计位置与实际位置允许偏差因勘察阶段、采空区特点、工程规模等会有不同要求。实际工作中应根据任务书的要求进行,但应满足本条提出的要求。

**7.2.5 钻探施工要点与技术要求(附录 F)、采空区钻探现场描述要点及三带判定依据(附录 G),是根据我国几十年煤矿采空区工程勘察经验积累而制定的。**

**7.2.6 选择钻进方法考虑的因素包括:**

- (1)钻进方法能适应采空钻探地层的特点;
- (2)能保证一定精度鉴别地层,了解地下水及三带特征;
- (3)尽量避免或减轻对三带特征鉴别及取样段的扰动影响;
- (4)能满足原位测试的钻探要求。

采用回转方式钻进是为了尽量减少对地层的扰动,保证地层和覆岩破坏层鉴别的可靠性和取样质量。金刚石钻头或硬质合金钻头钻速高,切削锐利,对岩芯产生的扭矩较小,可有效保证取芯率和取芯质量。在软硬互层、风化、破碎、松散层中,采用双层岩芯管金刚石钻头钻进,可获取有代表性的岩芯样品。

**7.2.7 煤矿采空塌陷区钻探过程中经常遇到严重漏水情况,泥浆护壁和化学浆液护壁是行之有效的护壁方式,既可提高钻进速度,又利于减轻对地层的扰动破坏。钻孔护壁堵漏可根据采空区坍塌或漏失的实际状况,选择一种或综合几种护壁堵漏方法。**

冲洗液除冷却和润滑钻头、带走岩粉外,还可以起到保护孔壁和岩芯等作用。合理选择冲洗液,可以保证采空区勘察钻探质量和效率。

## **7.4 岩土试样的采取**

**7.4.1 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。**



## 8 采空区地表移动变形监测

### 8.1 一般规定

**8.1.1** 采空区地表变形观测是对采空区地表移动变形发生、发展过程的跟踪监测,为评价采空区稳定性及处治效果提供参考依据,是采空区稳定性评价最可靠的依据。

### 8.2 勘察阶段监测

**8.2.1** 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,有条件时延续至采空区治理阶段或建(构)筑物竣工、运营1年~2年后停止,或根据变形发展趋势至变形稳定。以便详细勘察阶段的采空区稳定性评价准确。

**8.2.2** 为准确查明采空区地表移动变形特征,观测线布置宜结合建(构)筑物平面位置或沿移动盆地主断面布置。

**8.2.4** 在监测过程中,监测周期并非一成不变。当观测数据出现变形量达到预警值或接近允许值,或观测点变形速率明显增大,或建(构)筑物出现裂缝时,应增加监测频率。

对于巷道式和不规则的房柱式采空区,因覆岩和地表移动变形具有潜伏性和突发性,观测周期可根据开采方式和回采率适当延长,沉降速率快、沉降量大应取小值,反之取大值。

**8.2.5** 采空区地表移动变形监测网和监测点的精度要求参照现行国家标准《工程测量规范》GB 50026 确定。

### 8.3 长期监测

**8.3.1** 本条规定了需进行长期变形监测的几种情况。为准确查



明地表及建(构)筑物变形情况,长期变形监测宜结合矿区地表移动变形监测进行。一般情况下,矿产开采单位都会开展新采空区及未来(准)采区的地表移动和建筑物变形观测工作,勘察单位可向其搜集资料。

**8.3.3 监测报警值的确定**应根据上部结构对地基变形的适应能力和使用上的要求及设计要求等综合确定。

## 9 地 下 水

### 9.1 一 般 规 定

**9.1.2** 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断裂等。充水方式有：主要充水含水层与矿体（含垮落带和底板破坏带）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垮落带之上，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、导水断裂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。

当导水断裂带不进入含水层时，含水层对采空区无充水影响。当导水断裂带进入含水层时，含水层可对采空区充水。当导水断裂带发展到地表时，大气降水及地表水体可对采空区充水。“三带型”、“拱冒型”冒落应根据导水断裂带高度来确定含水层及地表水体对采空区有无充水条件。“切冒型”、“抽冒型”冒落导水断裂带已发展到地表，大气降水及地表水体对采空区有充水条件。

### 9.2 地下水调查及参数测定

**9.2.1、9.2.2** 地下水调查要求主要针对采空区水文地质调查，不同于一般建筑场地水文地质调查。

### 9.3 地下水作用评价

**9.3.2 采空区地下水位变动引起的塌陷原因**有潜蚀作用、真空吸蚀作用等。水位降深越大,越易产生塌陷;塌陷区多分布在降水漏斗中部及附近;地下水水力坡度及流速越大越易形成塌陷;地下水主要径流方向易产生塌陷。地下水活动对遇水强度极易降低的煤岩柱,会加剧采空区移动变形速度,扩大地表变形范围,增大地表变形值。地下水引起采空区塌陷的处治措施有:对采空区进行灌浆或充填处理;抽排水位置离建(构)筑物应有一定的距离,使建(构)筑物位于降落漏斗之外;控制地下水的降深及抽排量。

## 10 原位测试及室内试验

### 10.1 一般规定

**10.1.1** 原位测试是岩土工程勘察的一个十分重要的手段。在选择原位测试方法时,应考虑岩土性质、设备要求、测试方法的适用性等因素,其成果的应用,应以地区经验的积累为依据。

**10.1.3** 由于岩土试样和试验条件不能完全代表现场的实际情况,且采空区覆岩变形与破坏具有时间效应,故规定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,并做必要的修正。

### 10.2 原位测试

**10.2.1** 各类原位测试手段的适用范围、技术要求、成果整理等详见现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB 50021。

**10.2.2** 波速测试主要有评价岩层的完整性、场地土类型及场地类别划分、采空区处治效果评价三方面的作用,不同的测试目的应制定相应的技术方案。

### 10.3 有害气体采集与测试

**10.3.1** 煤矿采空区有毒、有害气体的采集应根据其特性综合选取。对于硫化氢、二氧化硫、二氧化氮、氨气等溶水性气体可选用化学吸收采样法采集,不同的气体应采用不同的吸收药剂;对于不溶于水的甲烷、一氧化碳和氢气等可采用气袋采样法。

**10.3.2** 强腐蚀性和毒性气体采取试样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。

## **10.4 岩土室内试验**

**10.4.3** 采空区覆岩破坏范围内的钻探难度较大,采取原状土试样的难度较大,致使其物理力学参数难以准确确定。因此,应尽量利用钻孔开展孔内波速试验或其他原位测试手段,室内试验项目宜根据工程需要确定,具体使用过程中需根据实际情况进行调整。

## 11 地表移动和变形预测

### 11.1 一般规定

**11.1.2** 现有的开采沉陷理论基本上都是以均匀连续介质假设作为理论研究前提,而实际上开采主要是在岩体内进行的,岩层中存在大量的节理裂隙和规模不等的断层,这些不连续面的存在影响了开采沉陷规律。另外,山区开采地表移动是地下采矿作用和采动影响下的边坡移动变形作用两因素的综合作用结果。因此,规范中提出对上述情况应根据地形、地貌、特殊地质条件等对预计结果进行修正。

### 11.3 地表移动和变形预测

**11.3.1** 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,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表示地表下沉盆地剖面方程的方法,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。

**11.3.2 急倾斜煤层开采时,地表移动盆地表现为瓢形或兜形,瓢形移动盆地的地表移动与变形计算可采用等价工作面计算方法,兜形移动盆地的地表移动与变形计算可采用深度积分的计算方法。**

## 12 采空区稳定性和工程建设适宜性评价

### 12.1 一般规定

**12.1.1** 建设于采空区场地的建(构)筑物,无论其重要性如何,采空区场地本身的稳定性为先决条件,应首先评价。在此基础上,根据拟建建(构)筑物的工程条件,分析采空区剩余变形对拟建工程及工程建设活动对采空区稳定性的影响程度,综合评价采空区拟建工程的工程建设适宜性和地基稳定性。

**12.1.2** 本条针对不同的采空区类型、顶板管理方式等给出了采空区场地稳定性及采空区对拟建工程的影响程度的评价因子。

**12.1.3** 目前针对地震作用对采空区稳定性的影响研究尚不充分,垮落带岩体在地震作用下的稳定性具有不确定性。目前的采空区治理范围仅局限于对工程有影响的范围,大部分为孤岛状态,周边尚有大范围未治理的采空区,从建设场地的角度考虑,对于未经治理的基本适宜建设的场地和适宜性差、经过治理后可以建设的场地,宜考虑采空区垮落断裂带在地下水、地震等因素的作用下发生再次压密、垮落变形的危险性,导致地面建(构)筑物产生变形或破坏。因此,在此类采空区场地上建设的工程,宜适当加强结构的抗变形能力。结构抗变形能力加强的程度,建议参照现行国家标准《建筑抗震设计规范》GB 50011,将此类场地划分为对建筑抗震不利地段,参照设计地震动参数可能产生的放大作用,地震影响系数最大值应乘以增大系数 1.1~1.6,其值可根据采空区的埋深、密实程度等具体情况确定。埋深大、垮落断裂带密实的可取小值;埋深较浅、垮落断裂带密实程度差的宜取大值。

## 12.2 采空区场地稳定性评价

**12.2.2** 本条列出了三种适用于不同勘察阶段和开采条件的评价方法。在应用时,应根据采空区勘察资料,选择适宜的评价方法。在可行性研究勘察阶段,受勘察手段及资料所限,难以取得全面的勘察资料,该阶段可采用开采条件判别法对场地稳定性进行初判;在初步勘察设计阶段,应在可研阶段初判的基础上,根据本阶段所取得的物探、钻探及地表移动变形监测成果等基础资料,采用开采条件判别法、地表移动变形判别法、煤(岩)柱稳定分析法等定性与定量相结合的方法,对场地稳定性进行综合评价;因前期各勘察阶段工期一般较短,难以取得完整的监测数据,详细勘察设计阶段则应侧重于综合各勘察阶段的地表移动变形实际观测结果,进一步验证、评价采空区场地稳定性。

**12.2.3** 采空区的稳定性与停采时间、覆岩岩性、覆盖土层厚度、变形特征等因素有关。开采条件判别法是综合上述因素进行采空区稳定性评价的一种定性评价方法,主要用于采空区稳定性的初步评判。对不规则、非充分采动等顶板垮落不充分的难以进行定量计算的采空区场地,可仅采用开采条件判别法进行定性评价。

开采条件判别法判别标准以工程类比和本区经验为主,综合各类评价因素综合判别。无类似经验时,本规范根据已有的采空区场地建筑经验,提供了各类因素的评价的最低参考标准,评价时一般宜以采空区终采时间为主要因素,结合地面剩余变形特征等因素参照表 12.2.3-1~表 12.2.3-3 综合判别。

**12.2.4** 地表移动变形判别法是根据地面剩余变形值、地面变形速率,定量评价场地稳定性的方法,宜以现场监测结果为准。没有实测资料的,可根据地质、采矿条件,按照本规范第 11 章的规定选择适宜的预计方法,计算出采空区地表剩余变形值,评价采空区场地稳定性。

**12.2.5** 对于穿巷、房柱及单一巷道等类型采空区,其开采深度和

相对空间尺寸一般不大,其场地稳定性评价主要是评价巷道煤(岩)柱的稳定性。

**12.2.6** 本规范针对目前技术水平尚难以作出准确预测评价,但破坏后果可能特别严重的采空区地段,专门列出,宜划分为不稳定地段,工程建设时宜采取避让措施。

**1** 对于垮落不充分、埋深浅的采空区,勘察时地面可能处于相对稳定状态,但在地质环境条件发生变化时,采空区垮落可能引起地表出现塌陷坑、台阶状开裂缝等非连续变形的地段。非连续变形是没有规律的、突变的,其基本指标目前尚无严密的数学公式表示,其对地面建筑的危害比连续变形大得多;建设工程难以抵抗此类不连续变形,危害大。

**2** 特厚煤层和倾角大于  $55^{\circ}$  的厚煤层浅埋及露头附近,当地表覆盖层较薄,即使是活跃期以后,仍然存在出现非连续变形的危险的地段。

**3** 采空区地表移动和变形可能诱发其他地质灾害,如山体滑坡、崩塌等地段。

**4** 采空区地段存在大量抽排地下水引起地下水位大幅度变化的,对非充分采动、采深小于 150m 的采空区,易引起采空区活化的地段。

另外,有工程实例表明,当地表覆盖土层中浅表 10m 深度范围内分布有粉土、粉砂地层,采空区引起的地面移动变形边缘地带及采动地面水平位移大于 6mm/m 的区域,由于水平变形的拉张作用,土层中易产生地裂缝,在强降水或灌溉等引起地表水强烈径流补给地下水时,将产生土洞或地面塌陷,威胁建设工程的安全。当遇到类似工程场地时,其稳定性评价应予以重视。

### **12.3 采空区场地工程建设适宜性评价**

**12.3.1** 采空区场地工程建设适宜性评价,应以采空区场地的稳定性为主控因素,并考虑采空区剩余移动变形与拟建工程间的相



互影响程度、拟采取的抗采动影响技术措施的难易程度及工程造价等方面进行综合评价。

在采动影响区或不稳定场地修建建(构)筑物,需采取一定的抗采动技术措施或采空区地基处理措施,才能有效地保证建(构)筑物的安全和使用功能,这些技术措施的实施,必然导致建(构)筑物修建成本的增加。技术措施的难易程度,基本决定了投资增加程度。与通常情况相比,如采取的技术措施使建造建筑物的土建投资增加量不超过正常情况下投资额的 15% 时,可认为拟建建(构)筑物“适宜”修建;超过正常情况下土建投资额的 15%,而不超过 30% 时,则认为拟建建(构)筑物“基本适宜”修建;超过正常情况下土建投资额的 30%,则认为拟建建(构)筑物修建“适宜性差”。

**12.3.2 采空区对拟建工程的影响程度评价方法和评判标准,**应在考虑主要因素的情况下由岩土工程师根据本区经验作出综合评价。一般情况下,采空区场地稳定性、地面变形特征和变形量为主要因素,其他因素应根据采空区的特征及危害后果结合本区经验综合评价。无地区经验时可参照本规范判定。

对于处于地表下沉盆地的形成过程和地表变形移动期的场地,应评价为不稳定场地,工程建设应尽可能避开此类场地。在地表移动期内进行建设,地表变形会对正在施工的建(构)筑物结构或构件产生附加力,而在地表变形活跃期,产生的附加力较大,但建(构)筑物的结构或构件的强度和刚度尚未达到设计值,因此在此时间段内,在地表变形活跃的地段不应进行工程建设的施工。

从采动影响角度,地表下沉盆地的形成至下沉盆地的稳定具有时间上的相对性(经过一定的时间段,下沉盆地将达到全区稳定),地表变形移动期也具有空间上的相对性(即使在移动期内,下沉盆地的部分地段也是稳定或基本稳定的,这方面实施的工程实例也较多)。即使在地表移动与变形的剧烈期或活跃期,变形剧烈的地段仅是整个沉陷区的一部分,沉陷区的一些地段的地表移动

与变形也不会剧烈；另外，在一些采深较大、采厚较小的开采条件下，地表移动不一定存在活跃期，也不存在地表移动活跃的地段。因此这些地段经过评价，可以建设一些对变形不敏感或采取抗采动影响措施的建（构）筑物。

因此，在有经验或监测资料齐全可靠的地区，可以根据计算的地表变形进行地表变形等级划分（见表 1），评判地表变形的剧烈程度，作为抗采动建（构）筑物设计的依据。

表 1 采空区影响下的地表变形分级

地表 变形分级	预计地表变形值指标(最大值)			备 注
	$  \epsilon  $ (mm/m)	$  i  $ (mm/m)	$  k  $ ( $\times 10^{-3}/m$ )	
I	$\leq 2.0$	$\leq 3.0$	$\leq 0.2$	三项指标同时具备
II	$\leq 4.0$	$\leq 6.0$	$\leq 0.4$	三项指标至少 具备其一
III	$\leq 6.0$	$\leq 10.0$	$\leq 0.6$	
IV	$> 6.0$	$> 10.0$	$> 0.6$	

一些浅埋的采空区，虽然停采时间较长，由于垮落不充分，地表尚未出现或仅出现少量移动与变形，该类采空区以后具有突发性的抽冒、切冒等引起地表出现塌坑、台阶状裂缝不连续变形的潜在危害。

**12.3.4** 采空区场地工程建设适宜性综合评价以定性评价为主，有经验的地区可在工程类比的基础上采用模糊综合评判等定量评价方法进行。

可不作变形验算的建筑物参照现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007 中相关规定确定。

**12.3.7** 对划分为稳定及基本稳定的煤矿采空区场地，确定煤矿采空区治理设计方案时，尚应考虑下列影响煤矿采空区稳定性的“活化”因素：

(1) 非充分采动的煤矿采空区及小窑煤矿采空区，地下水长期对煤（岩）柱、顶底板岩石的软化作用；

(2) 充分采动煤矿采空区垮落、断裂带地下水长期对岩石的潜



蚀、软化作用；

(3)地表水经塌陷坑、采动裂缝等长期入渗对煤矿采空区的作用；

(4)多煤层重复采动及邻近矿区开采的作用；

(5)地质构造褶皱、断裂强烈发育的煤矿采空区，受邻近矿区采动、爆破震动、地震等作用；

(6)充水煤矿采空区，因相邻矿区开采的疏排水作用；未充水煤矿采空区，因外界因素积水的软化作用。

**12.3.8** 地表变形特征值的大小反映了采动对地表的影响程度，进而也反映了地表变形对于建(构)筑物的影响程度，尽管建(构)筑物的实际受损害程度还取决于其自身的整体刚度和构件强度，但对同类建(构)筑物，地表变形特征值越大，则受到的影响也越大。不同变形特征值对应的抗采动影响建筑物的适宜性也不尽相同。

采动影响下的地表的工程性利用，应根据工程实施的具体时间结合地表移动的不同时间阶段判断拟实施工程场地的稳定性。如场地的工程利用在采动影响显现之前或地表移动期中，则

浅层、中深层采空区场地。但该方法难以考虑上覆岩层复杂的地质构造条件及垮落断裂带的后期变化,应用时应加以注意。

垮落断裂带的高度,部分矿区有实测结果,但一般均为采矿活动过程中的数据,随着地质条件的变化、采空终采时间的延长、地下水的软化作用等,垮落断裂带将发生闭合,高度将会发生变化,一般比矿井实测参数要小,所以,采空区勘探过程中应重点查明。

垮落断裂带岩体破碎,在建(构)筑物荷载附加应力作用下,将发生进一步的压密变形。当垮落断裂带岩体完整、密实时,附加应力作用下影响小,反之则影响大。分层计算基础地面以下平均附加应力或基础中心点的附加应力 $\sigma_z$ ,分层厚度不宜大于5m,取附加应力值为 $0.1\sigma_c$ (自重应力)深度为建(构)筑物附加应力影响深度(附加应力分析法计算模型见图2)。

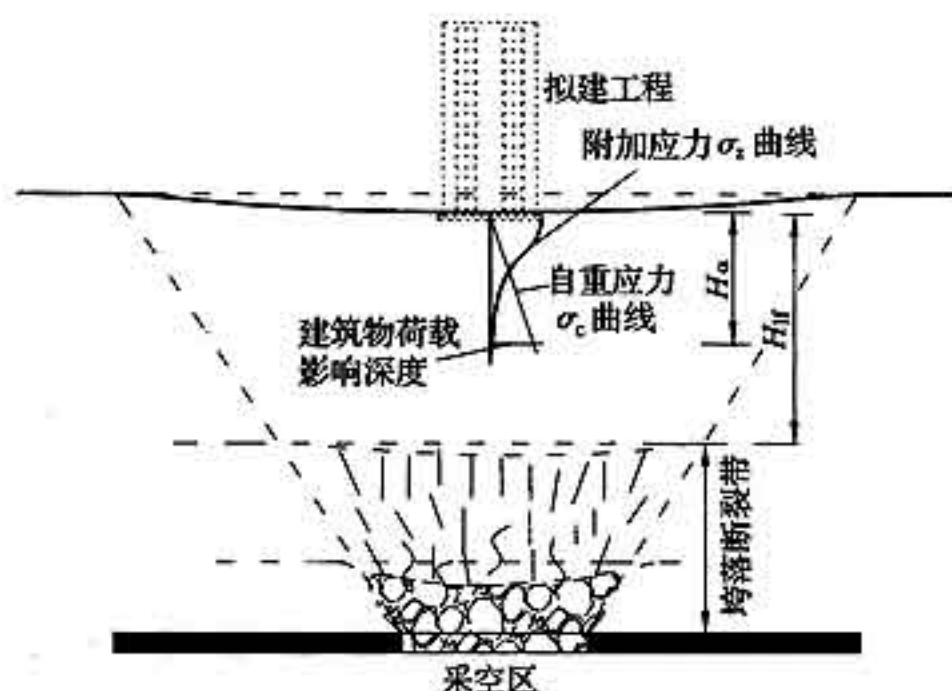


图2 附加应力分析法计算模型

**12.3.10** 对于穿巷、房柱及单一巷道等浅埋非充分采动类型采空区,首先是根据调查和测绘圈定地表裂缝和陷坑范围,该区域内属不稳定地段,未经处理不适宜建筑;在其附近进行建筑时,需有一定的安全距离。安全距离大小可根据建筑物等级、性质确定,一般应大于5m~15m。当建筑物位于采空区影响范围之内时,应进行

顶板稳定性分析,因其计算方法尚不成熟,故本规范未推荐计算公式。目前,国内外相关文献中亦有采用力平衡分析法计算极限顶板稳定性的成功案例。当建筑物建在采空区上时,按式(1)计算顶板保持自然平衡状态时采空区巷道顶板临界深度  $H_D$ :

$$H_D = \frac{B\gamma + \sqrt{B^2\gamma_0^2 + 4B\gamma_0 p_0 \tan^2\left(45^\circ - \frac{\phi}{2}\right)}}{2\gamma_0 \tan\phi \tan^2\left(45^\circ - \frac{\phi}{2}\right)} \quad (1)$$

式中: $B$ ——巷道宽度(m);

$\gamma_0$ ——顶板以上岩层的重度(kN/m<sup>3</sup>);

$p_0$ ——建筑物基底单位压力(kPa);

$\phi$ ——顶板以上岩层的内摩擦角(°),由岩样剪切试验求得。

计算所采用的基底单位压力和基础尺寸应按设计值确定。暂无准确数据时,可根据类似工程经验数据考虑适当安全系数后确定。

**12.3.11** 数值分析法适用于复杂采空区场地对拟建工程的影响程度的定性评价,作为其他定性定量评价的补充和参考,其结果未经验证不得用于预测评价。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,建立合理的地质、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不宜小于100m。模拟用的计算参数宜根据本场地实测指标确定,也可根据反分析和当地经验做合理的调整。

## 12.4 采空区建(构)筑物地基稳定性分析

**12.4.2** 本条提出了采空区建(构)筑物地基稳定性分析时需考虑的因素和方法。

任何建(构)筑物都具有适应一定地表变形的能力(依靠建筑物自身强度和刚度对一定的地表或地基变形进行调节),在采动影响区,地表移动变形的发展具有时间上的阶段性,拟建的建(构)筑物主要是必须适应建筑物竣工后地基的移动与变形,因此应明确

建(构)筑物的修建时间与地表移动与变形显现时间的关系。在采动影响显现之前修建建(构)筑物,则竣工的建(构)筑物必然要承受之后地表移动的全过程影响;在地表移动期结束之后修建的建(构)筑物,仅受地表移动残余变形的影响;在地表移动期内修建的建(构)筑物,则受地表移动剩余变形的影响。因此对采动影响区建(构)筑物的建设类型进行划分,有利于判断建(构)筑物与地表变形所处阶段的对应关系。

1 先建后采类。在地下可采煤层开采之前,或采空区尚未垮落之前,建(构)筑物拟修建完成。建(构)筑物将受到采动影响下的地表移动的初始期、活跃期、衰退期及其残余变形影响。

2 先采后建类。在地下可采煤层已开采,或采空区已垮落,地表移动与变形已发生时修建建(构)筑物,建(构)筑物建成之后不再开采地下煤层。该类建(构)筑物往往是在地表移动的活跃期之后修建(即使在活跃期,也有在非活跃地段修建的工程实例),新建的建(构)筑物仅受到地表移动的剩余变形影响(包括衰退期地表变形及残余变形影响)。

3 先采后建再采类。在地下可采煤层部分开采之后修建建(构)筑物,建(构)筑物建成之后再开采地下煤层。该类建(构)筑物不仅受到前期采煤时的地表移动的剩余变形影响,而且还要受到以后新的采煤活动引起的地表移动的初始期、活跃期、衰退期及其残余变形影响。

在矿区,上述三种类型的工程建设活动都比较常见。不同工程建设类型的拟建建(构)筑物的地基稳定性评价,考虑的因素各不同:

(1)对于先建后采类或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,可根据拟建建(构)筑物的附加应力影响深度、采空区垮落断裂带高度、煤层采深之间的关系,按本规范表12.3.3评价工程建设对采空区稳定性的影响程度,分析建(构)筑物附加荷载是否会引起采空区覆岩的提前垮落及其垮落是否会引



起建(构)筑物地基的非连续性变形。

在采深较小的地段修建的建(构)筑物,当建(构)筑物的附加应力影响深度与采空区垮落断裂带形成交叉时,其浅部地基与深部地基之间存在两种相互影响的关系:一方面,建(构)筑物的荷载在地基中的附加应力有可能会影响到采空区上覆岩层的稳定,引起采空区“活化”,使采空区提前垮落;另一方面,采空区垮落时,上覆岩层的垮落和裂缝向上发展,不仅有可能使建(构)筑物地基的下卧层出现开裂、台阶等非连续变形,影响建(构)筑物的基础和上部结构的安全性,而且加剧了建(构)筑物的附加沉降。

(2)对于采空区覆岩完全垮落且充填密实的先采后建类建(构)筑物,即使建(构)筑物的附加应力影响深度与断裂带已形成交叉,因先前开采的采空区垮落后经历的时间较长,新的平衡状态已基本形成。虽然岩块间仍存有的空隙、裂缝及弯曲带间有可能存在的离层、土层颗粒间仍不一定完全密实,但这类空隙、离层及土颗粒间隙等随着岩块碎胀、离层膨胀、土体颗粒在自重作用下由高密度区向低密度区移动等小范围的自身调节,并不会在后来修建的建(构)筑物的基础的持力层、下卧层土体中产生台阶、塌坑等非连续的土体变形,因此对后来修建的建(构)筑物不会产生显著的影响;加之新建建(构)筑物载荷对老采空区覆岩的稳定性产生的影响仅限于“缩短了采空区已垮落岩块、上部覆岩破碎岩块及空隙的进一步压实所需的时间”,而该部分岩块及空隙的进一步压实,对建(构)筑物的影响,也仅是增加了建筑物的附加沉降量,不会对建(构)筑物的结构产生安全性影响。

(3)对于先采后建再采类建(构)筑物,应在重复采动的间隔时间、开采条件明确时参照前两种类型的评价标准进行评价,但地表变形值的计算需考虑前期的剩余地表变形与以后再行开采时的地表变形叠加。

(4)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。在有经验或监测

资料齐全可靠的地区,可以根据地表变形值计算结果进行地表变形等级划分,评判地表变形的剧烈程度,作为抗采动建(构)筑物设计的依据。

**12.4.3** 可不作变形验算的地基基础设计等级为丙级的次要建(构)筑物,参照现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB 50007中相关规定确定。



## 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除包括对拟建工程有影响的地下采空区外,还包括与之相伴生的地裂缝及塌陷坑。

**13.1.3** 采空区治理效果检测是确保工程质量及运营安全的重要环节,它与采空区的勘察、设计及施工共同构成采空区治理的一个完整系统。

(1)钻探是最直观、最有效的检测方法,通过对钻探过程中的埋钻、掉钻、进尺快慢、循环液消耗、岩土体完整程度等情况的分析对比,对采空区治理效果进行评价;

(2)对钻孔取芯所得的浆液结石体,按现行有关标准进行室内无侧限抗压强度测试;

(3)注浆检测时,浆液一般采用纯水泥浆,根据注入浆量的多少,评价采空区处治效果;

(4)物探、孔内电视等为采空区处治效果的辅助检测方法,可参考使用。

### 13.2 建筑平面布置及结构处理与预防措施

**13.2.1** 采空区移动变形强烈、剩余变形大等地段,采空区治理难度大、费用高,所以工程建设规划时设计应引起足够重视,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地带。

**13.2.3** 本条规定煤矿采空区拟建建(构)筑物的建筑措施,其目的是为了

**13.2.6** 建(构)筑物受开采影响的损坏程度取决于地表变形值的大小和建(构)筑物本身抵抗采动变形的能力。对于轻度损

坏,通过简单维修并可继续使用的可采取一般加固措施;对于中度损坏,需要中等维修才能继续使用的可采取中等加固措施;对于严重损坏,需要大修才能继续使用或拆建的应采取专门加固措施。

### 13.3 工程治理方法

**13.3.2** 注浆法系指向采空区的垮落、断裂带注入具有充填、胶结性能的浆液材料,以便充填其裂隙和空洞。对于地质条件复杂、多层采空区分布、勘察精度低、施工经验较少的地区,在施工前应进行现场注浆试验。

**13.3.5** 巷道加固法是采用人工对现有巷道进行加固,保证其稳定,以防止上覆建(构)筑物破坏。如不具备井下作业条件,可采用注浆法进行处治。

**13.3.6** 强夯法应根据采空区的覆岩强度、完整性及埋深等,参照现行行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 选用合适的夯击能和夯击遍数,并根据现场试验确定。

**13.3.7** 跨越法包括梁、板跨越和桩基穿越采空区两种方式。埋深浅、范围小、不易处理的采空区主要有:埋深大于 30m、坑洞复杂的小窑采空区;注浆处治难以达到预期效果的多层、充水采空区;年代久远,处治条件困难的老采空区等。采用桩基穿过采空区时对采空区进行注浆或浆砌工程处治的目的,主要在于避免采空区塌陷对桩基所产生的负摩阻,并确保桩基的成孔和成桩质量。

### 13.4 综合治理措施

**13.4.2** 地面建(构)筑物开采保护方法总体分为四类:以充填体为核心的岩层控制技术、以部分支撑矿柱为核心的开采技术、以协调开采为核心的变形控制技术和以建(构)筑物为核心的保安煤(岩)柱设计技术。

地表移动变形值与其最大下沉值呈正比,因此,减小煤层的开采厚度可以有效地降低地下开采对建(构)筑物的损坏程度。充填法是利用充填材料来充填开采产生的空间,相当于减小了煤层开采厚度,是减小地表沉陷的有效措施。

## 14 岩土工程分析评价和成果报告

**14.0.1** 本条规定了定性分析是评价的首要步骤和基础,应在定性分析的基础上进行定量分析。

**14.0.2** 原始资料是岩土工程分析评价和报告编写的基础,加强原始资料的编录工作是保证成果报告质量的基础条件。对原始资料的检查、整理、分析、鉴定不够重视,不能如实反映实际情况,将会导致分析评价的失误。本条强调,对岩土工程分析所依据的一切原始资料,均应进行整理、检查、分析、鉴定,认为无误后方可使用。

**14.0.6、14.0.7** 与传统的岩土工程勘察报告不同,煤矿采空区岩土工程勘察报告增加了下列内容:

(1)采空区范围、层数、埋深、采厚、开采时间、方法、回采率、顶板管理方法、顶板岩性、覆岩破坏类型及分布情况、地表移动变形范围及位移量、采空区充水情况、有毒(害)气体等采空区基本要素特征;

(2)采空区稳定性分析与评价,包括采空区场地稳定性及建(构)筑物地基稳定性分析与评价;

(3)拟建场地工程建设的适宜性评价与分区;

(4)采空区防治措施建议等。

## 附录 M 采空区剩余空隙体积计算

**M. 0.2** 当利用矿山已有的沉降及采空区观测资料估算采空区剩余空隙率时,可先计算采空区上方地面的最大沉降量,并通过已有的观测资料确定已完成的沉降量,两者的差值与地面的最大沉降量之比即为采空区剩余空隙率。

当利用采空区勘察孔内空洞和裂隙的资料估算采空区剩余空隙率时,孔内空洞和裂隙发育的平均高度与矿层开采厚度之比即为采空区剩余空隙率。

当利用地区已有的工程资料估算采空区剩余空隙率时,一般情况下闭矿时间在五年之内,采空区剩余空隙率介于 30%~100%之间;闭矿时间在五年之上,采空区剩余空隙率介于 20%~50%之间。当采空区的顶板和覆岩为坚硬的岩石时,取值宜稍大。