

河南省工程勘察设计行业协会团体标准

T/HNKCSJ 012—2024

煤矿采空区变电站地基基础勘察设计标准

Code for investigation and design on geotechnical engineering of
substations in coal mine goaf

2024 -01 -05 发布

2024 - 03 - 01 实施

河南省工程勘察设计行业协会

发 布

前 言

为促进河南省煤矿采空区变电站地基基础勘察设计工作标准化，做到安全适用、经济合理，资源节约、环境友好，编制组收集、整理和总结分析了近年来河南省煤矿采空区变电站建设科研成果及实践经验，并在广泛征求有关单位意见的基础上制定了本标准。

本标准的主要内容：1 总则；2 术语和符号；3 基本规定；4 岩土工程勘察；5 场地评价；6 地基与基础设计；7 变形监测；8 附录 A～附录 C。

本标准由平顶山电力设计院有限公司负责具体技术内容的解释。在标准执行过程中，请各单位结合工程实践，认真总结经验，并将意见或建议寄至平顶山电力设计院有限公司《煤矿采空区变电站地基基础勘察设计标准》管理组（地址：河南省平顶山市新华路南段，邮编：467001；邮箱：hgjpbs@163.com）

本规范主编单位：

国网河南省电力公司

国网平顶山供电公司

平顶山电力设计院有限公司

本规范参编单位：

中国电力科学研究院有限公司

中电联电力发展研究院有限公司

平顶山市城市规划设计研究院

平顶山市勘察设计协会

中国地质大学（北京）

河南城建学院

郑州大学综合设计研究院有限公司

基康仪器股份有限公司

本规范主要起草人员：

胡志华、李发超、乾增珍、王 磊、韩国聚、鲁先龙、刘向实、于秋波
翟礼明、石书梅、汪 峰、郑卫锋、程文刚、王 锴、娄保林、漫红伟
鲍俊立、孙建华、胡军台、刘战凯、李江峰、赵鸿图、郭卫朝、刘艳生

周 怡、屈讼昭、李 怡、刘 强、武东亚、孙才华、千继亮、赵利杰
张月超、寇 耀、周 许、黄甫占、贾子昊、郑宗熙、陈朝生、王克臻
本规范主要审查人员：

邓小宁、郭军辉、贾黎君、梁坤祥、钟士国

目 次

1	总 则	1
2	术语和符号	2
2.1	术 语	2
2.2	符 号	3
3	基本规定	6
4	岩土工程勘察	7
4.1	一般规定	7
4.2	勘察阶段及工作	8
4.3	调查与测绘	9
4.4	物探与钻探	10
4.5	取样与测试	12
5	场地评价	14
5.1	一般规定	14
5.2	采空区场地稳定性评价	15
5.3	变电站建设适宜性评价	16
6	地基与基础设计	20
6.1	一般规定	20
6.2	地基处理	21
6.3	基础设计	21
7	变形监测	24
附录 A	基于概率积分法的采空区地表移动变形计算及参数取值	25
A.1	充分采动条件下采空区地表最大移动变形值计算方法	25
A.2	地表移动变形计算参数	26
附录 B	采动区垮落带和断裂带计算	29
附录 C	采区地表剩余移动变形计算	32
本标准用词说明		34
引用标准名录		35
附：条文说明		38

Contents

1	General provisions.....	1
2	Terms and symbols.....	2
2.1	Terms.....	2
2.2	Symbols.....	3
3	Basic provisions	6
4	Geotechnical engineering survey	7
4.1	Gneral requirement.....	7
4.2	Investigation phases and working contents	8
4.3	Investigation and mapping	9
4.4	Geophysical exploration and drilling	10
4.5	Sampling and testing	12
5	Site evaluation	14
5.1	Gneral requirement.....	14
5.2	Evaluation of site stability	15
5.3	Substation engineering construction suitability	16
6	Design of subgrade and foundation.....	20
6.1	Gneral requirement.....	20
6.2	Site and ground treatment.....	21
6.3	Foundation design	21
7	Settlement monitoring	24
	Appendix A Calculation and parameter selection of surface movement and deformation in goaf based on probability integral method	25
	A.1 Calculation method for maximum surface movement deformation value of goaf under sufficient mining conditions	25
	A.2 Calculation parameters for surface movement and deformation	26
	Appendix B Calculation of collapse and fault zones in mining areas	29
	Appendix C Prediction of residual surface deformation in old goafs.....	32
	Explanation of wording in this code.....	34
	List of quoted standards.....	35
	Addition: Explanation of provisions.....	38

1 总 则

1.0.1 为在河南省煤矿采空区变电站地基基础勘察设计中贯彻执行国家技术经济政策，做到安全可靠、技术先进、经济合理、资源节约、环境友好，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于煤矿采空区 35kV~110kV 变电站新建工程地基基础勘察计。

1.0.3 采空区变电站地基基础设计应从实际出发，结合地区特点，积极采用新技术、新工艺、新设备、新材料，推广采用节能、降耗、环保的先进技术和产品。

1.0.4 采空区变电站地基基础勘察计除应符合本标准的规定外，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，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。本标准中采空区仅指煤矿老采空区。

2.1.2 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煤矿影响区。

2.1.3 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。

2.1.4 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。

2.1.5 弯曲带 sagging zone

断裂带上方直至地表产生弯曲的岩层范围。

2.1.6 地表移动盆地 subsidence basin

由于采矿引起的采动影响区地表移动变形的整体形态和范围。

2.1.7 浅层采空区 shallow mined-out area

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

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

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

2.1.9 深层采空区 deep mined-out area

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

2.1.10 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。

2.1.11 充分采动 critical mining

地表最大下沉值不随采空区尺寸增大而增加的临界开采状态。

2.1.12 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。

2.1.13 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。

2.1.14 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。

2.1.15 采空区地基 subgrade in mine goaf

变电站建（构）筑物基础附加应力影响范围内的岩土体和其下伏煤矿采空区共同构成的地质单元。

2.1.16 采空区场地处理 site improvement

根据煤矿采空区地质条件、环境条件和变电站建（构）筑物及设备基础特点等，采用适当方法进行处理，使处理后的采空区场地满足强度、变形、稳定性和变电站建设适宜性要求。

2.1.17 采空区地基处理 ground treatment in mine goaf

为增强采空区变电站工程建设场地的稳定性，提高采空区地基的承载力，消除或减缓采空区地表移动变形采取的技术措施。

2.2 符 号

α —— 煤层倾角，°；

b —— 水平移动系数；

b_c —— 倾斜煤层水平移动系数；

c —— 地表移动过程时间影响系数，1/年；

E —— 平均弹性模量, MPa;
 f_r —— 饱和单轴抗压强度, MPa;
 f_t —— 上覆岩层平均抗拉强度, MPa;
 H —— 煤层开采深度, m;
 H_a —— 变电站荷载附加应力影响深度, m;
 H_d —— 断裂带高度, m;
 H_k —— 垮落带高度, m;
 H_s —— 安全保护层厚度, m;
 h —— 地表表土层厚度, m;
 h_c —— 矿层开采阶段垂高, m;
 i_{cm} —— 充分采动条件下采空区地表最大倾斜值, mm/m;
 K —— 跨落岩石的碎胀系数;
 k —— 地表剩余变形计算调整系数;
 k_{cm} —— 充分采动条件下采空区地表最大曲率, $10^{-3}/m$;
 M —— 煤层厚度, mm;
 m_i —— 第 i 层覆岩法向厚度, m;
 P —— 煤层覆岩岩性综合评价系数;
 p —— 上覆岩层岩性参数;
 Q_i —— 第 i 层覆岩评价系数;
 Q_R —— 岩性影响系数;
 q_R —— 地表剩余变形下沉系数;
 q —— 下沉系数;
 r —— 影响半径, m;
 s_1 —— 采空区地表剩余沉降变形, m;
 t —— 终采时间, 年;
 U_{cm} —— 充分采动条件下采空区地表最大水平移动值, mm;

- W ——跨落过程中顶板的下沉值，m；
- W_{cm} ——采空区地表最大沉降变形，mm；
- $W(t)$ ——采动影响时间 t 时刻采空区地表已产生的沉降变形，mm；
- δ ——剩余沉降率，%；
- γ ——上覆岩层平均重度，MN/m³；
- μ ——上覆岩层平均泊松比；
- $\tan\beta$ ——主要影响角正切；
- ε_{cm} ——充分采动条件下采空区地表最大水平变形值，mm/m。

3 基本规定

3.0.1 煤矿采空区变电站地基基础设计及岩土工程勘察等级划分，应按下列规定确定：

- 1 场地及地基复杂等级均为复杂（一级）；
- 2 岩土工程勘察等级为甲级。
- 3 地基基础设计等级为甲级；

3.0.2 煤矿采空区变电站工程设计前，应进行采空区专项调查和岩土工程勘察，评价变电站站址建设场地的稳定性和适宜性。调查、勘察及评价结果应作为变电站工程地基与基础设计的主要依据。

3.0.3 煤矿采空区变电站地基基础设计，应符合下列规定原则及要求：

1 变电站建（构）筑物及设备基础形式、场地与地基处理方法，应根据采空区站址场地条件，结合变电站结构和荷载特点及施工条件进行综合分析确定。

2 煤矿采空区变电站地基基础工程方案，除应保证变电站工程地基开挖和结构施工空间安全外，尚应确保变电站地基基础施工影响区域周边的建（构）筑物、地下管线、道路等设施的安全和正常使用。

3.0.4 煤矿采空区变电站建（构）筑物和设备基础，应进行长期变形监测，并应分析其变化规律和发展趋势，提出针对性防治措施。

4 岩土工程勘察

4.1 一般规定

4.1.1 煤矿采空区变电站的采空区专项调查工作，应包括下列内容：

- 1 搜集变电站场地及区域地质、矿产分布、采掘及压覆资源情况、采空区分布及其要素特征等资料；
- 2 搜集场地和附近建（构）筑物变形资料及其处理措施经验，以及由于地表塌陷、变形引起的其他不良地质作用情况；
- 3 调查采空区与站址场地位置关系，分析并预测采空区地表移动变形特征和规律；
- 4 调查采空区场地地形地貌、岩土类型、成因、地层性质与分布以及区域地质构造和水文地质条件；
- 5 查明开采煤层分布、层数、厚度、深度、采深采厚比、倾角等特征；
- 6 查明采空区地表变形深度、范围，分析采空区地表移动盆地特征和分布，确定地表移动盆地的中间区、内边缘区和外边缘区；
- 7 明确采空区的开采历史、开采方式及其范围、深度、厚度、时间和顶板管理方法；
- 8 分析采空区覆岩及跨落类型、发育规律、岩性组合，评价其稳定性；
- 9 查明开采矿层上覆岩层和地基土的地层结构及岩性等特征，提供地基土的物理力学指标及地基基础设计参数；
- 10 调查变电站工程区域采空区覆岩工程性质，应主要包括岩石的类别、构造、风化程度、坚硬程度以及岩体的完整性和基本质量等级；
- 11 查明采空区垮落带、断裂带、弯曲带高度及采空区充填情况；
- 12 调查地表变形（陷坑、台阶、裂缝）特征及其分布情况；
- 13 分析地下水的类型、埋藏条件、补给排泄条件及其变化幅度，掌握地下水位动态和周期变化规律；
- 14 分析采空区内有害气体类型、浓度，评价其对工程施工和建设影响；
- 15 场地及其附近存在不利于工程安全的采动边坡时，应评价其稳定性。

4.1.2 煤矿采空区变电站场地岩土工程专项勘察勘探点布置、岩（土）和水试样

采取及试验、原位测试项目及数量等，除应符合本标准的有关规定外，还应符合国家标准《岩土工程勘察规范》GB50021 和《煤矿采空区岩土工程勘察规范》GB51044 以及行业标准《变电站岩土工程勘测技术规程》DL/T 5170 的有关规定。

4.1.3 煤矿采空区变电站岩土工程勘察应根据拟建变电站站址场地条件、工程特征以及变电站工程各阶段勘察工作深度要求，统筹选配工程地质调查与测绘、工程钻探、工程物探、探井（槽）、原位测试、室内试验等勘察手段和方法，制订勘察工作任务和计划。

4.2 勘察阶段及工作

4.2.1 煤矿采空区岩土工程勘察应根据变电站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、详细勘察三个阶段，必要时也可进行施工勘察。各勘察阶段工作成果应符合下列规定：

- 1 可行性研究阶段应对场地稳定性和变电站工程建设适宜性进行初步评价；
- 2 初步勘察应对采空区场地稳定性和变电站建设适宜性进行评价与分区；
- 3 详细勘察应对变电站站址地基进行岩土工程评价，同时应提供地基基础设计、施工所需的岩土工程参数以及场地与地基处理、采空区治理方案建议。

4.2.2 可行性研究勘察阶段应对拟建变电站场地及采空区影响范围展开调查。勘察工作应以资料搜集、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 初步勘察阶段应以采空区专项调查、工程地质测绘、工程物探为主，辅以钻探工作验证及水文地质观测试验，并应符合下列规定：

- 1 采空区专项调查及工程地质测绘范围，应涵盖对拟建变电站场地可能有影响的煤矿采空区，其调查、测绘内容应符合本标准第 4.3 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，并应符合本标准第 4.4 节的要求。
- 3 工程钻探勘探点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、变电站建（构）筑物平面布置等综合确定，且整个场地钻孔数量不应少于 3 个。

4.2.4 详细勘察阶段应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。勘探工作应以工程钻探为主，并应辅以必要物探、变形观测及调查、测绘工作，并应符合下列规定：

1 勘察范围应为初勘阶段所确定的对工程建设有影响的采空区。

2 对于场地稳定且采空区与拟建变电站工程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》GB50021 等的有关规定。

3 对于稳定性差、需治理的采空区场地，勘探点布置应结合采空区治理方法确定，应至少有 1 个钻孔的深度达到对变电站工程建设有影响的采空区底板以下 3m。

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核查。

4.3 调查与测绘

4.3.1 采空区调查与工程地质测绘，宜在变电站工程建设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作补充地质调查与测绘。

4.3.2 采空区调查与工程地质测绘范围，应包括拟建变电站场地内及其周边对场地稳定性有影响的采空区。在可行性研究阶段，测绘比例尺宜为 1:2000~1:5000。在初勘阶段，测绘比例尺宜为 1:1000~1:2000。在其它勘察阶段或采空区分布复杂地段，测绘比例尺可放大。

4.3.3 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。

4.3.4 调查点布置应符合下列规定：

1 调查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，调查点应具有代表性。

2 每个地质单元体均应有调查点，调查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 调查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。

4.3.5 采空区调查应包括采矿调查、采空区踏勘测量、地表变形观测、地面建筑物破坏情况调查等内容。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 度及以上的场地，应调查由地震造成的地质现象、宏观震害和烈度异常区（带）的范围。

4.3.6 采空区水文地质调绘应包括地表水渗漏情况，地下水的类型、水质情况、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。

4.4 物探与钻探

4.4.1 煤矿采空区变电站场地的地球物理勘探工作，应符合下列规定：

1 地球物理勘探工作应在收集和调查的地形、地质、采矿等资料基础上，根据现场条件、采空区埋深及分布情况、干扰因素等，选择有效的地面物探或井内（间）物探方法。

2 对单一方法不易判定采空区，应采用两种及以上物探方法进行综合解译。

3 地球物理勘探成果判译时，应布置一定数量的钻孔进行验证。

4.4.2 煤矿采空区变电站场地的钻探工作，应在工程地质调查与测绘、地球物理勘探成果的基础上，验证采空区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，开展稳定性评价计算参数确定所需的原位测试与试验，并查明下列内容：

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，包括地下水的类型、地下水位及水力联系等。

4.4.3 煤矿采空区变电站站址场地钻探施工的钻进方法、钻进工艺及技术应根据采空区埋深、覆岩类别、可钻性和钻探要求等确定，并宜符合下列规定：

1 采用全孔取芯回转钻进工艺；

2 取芯钻进回次进尺不应大于 2.0m；

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

4.4.4 煤矿采空区变电站的场地钻探描述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。

4.4.5 煤矿采空区变电站场地采空区覆岩破坏类型及分布，宜通过钻探工作验证。采空区垮落带、断裂带和弯曲带判定依据，可按下列规定执行：

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。

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%。

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。

4.4.6 煤矿采空区变电站场地的物探与钻探资料应相互补充与验证。

4.5 取样与测试

4.5.1 煤矿采空区变电站场地岩土体原位测试及取样工作应与场地钻探工作相结合。岩土体试样采取与试验方法，应根据勘察目的、勘察阶段要求、地层条件、采空区覆岩破坏特征、试验要求等合理确定，并应符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》GB50021 的有关规定。

4.5.2 煤矿采空区拟建变电站建（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，且试验前应对土试样等级进行评定。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，并应采取扰动岩、土样进行室内试验，岩芯的保留与存放应符合下列规定：

- 1 除作试验的岩芯外，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。

4.5.3 拟建变电站站址采空区场地的原位测试工作，可按下列规定执行：

- 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适用性等综合选用；
- 2 拟建变电站采空区场地浅部岩土层的工程性质、地基承载力确定，宜采

用载荷试验、静力触探、动力触探、标准贯入试验等原位测试方法；

3 可利用场地钻孔中开展场地深部岩土体波速测试。

4.5.4 拟建变电站建（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室内试验及测定指标，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 岩石样宜测定块体密度试验、吸水率和饱和吸水率、单轴抗压强度（饱和、干燥和天然）、直接剪切强度，并测定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》GB50021 的有关规定。

4.5.5 当拟建变电站站址场地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，并进行专项评价。

4.5.6 拟建变电站采空区场地岩土工程评价参数的取值，应根据原位测试及室内试验成果，结合工程经验综合确定，并应评价采空区时空效应对岩土工程参数取值的影响。

5 场地评价

5.1 一般规定

5.1.1 煤矿采空区变电站工程场地评价应包括场地稳定性及工程建设适宜性评价两方面，并应根据采空区类型和特征、岩土工程勘察成果、拟建变电站结构特征与变形要求，采用定性与定量相结合的方法进行综合评价。

5.1.2 变电站站址采空区场地稳定性评价因素可按表 5.1.2-1 确定。采空区对拟建变电站工程的影响程度评价因素可按表 5.1.2-2 确定。

表 5.1.2-1 变电站站址采空区场地稳定性评价因素

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	○	●	△	△
地表移动变形值	●	○	○	○

注：“●”表示作为主控评价因素；“○”表示作为一般评价因素；“△”表示可不作为评价因素。

表 5.1.2-2 采空区对拟建变电站工程影响程度评价因素

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	●	●	○	○
变电站建筑物重要程度	●	●	●	●
地表变形特征及发展趋势	○	●	○	○
地表剩余移动变形	●	○	△	○
采空区密实状态	●	●	●	○
采 深	●	●	●	●
采深采厚比	●	●	●	●
顶板岩性	○	○	●	●
松散层厚度	●	○	△	●
活化影响因素	●	●	●	●

注：“●”表示作为主控评价因素；“○”表示作为一般评价因素；“△”表示可不作为评价因素。

5.2 采空区场地稳定性评价

5.2.1 煤矿采空区变电站场地稳定性评价，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，采用定性定量评价相结合的方法，宜划分为稳定、基本稳定和不稳定。

5.2.2 煤矿采空区变电站场地稳定性可采用开采条件判别法和地表移动变形判别法进行评价。

5.2.3 开采条件判别法的判别标准应以工程类比和本地区经验为主，宜以采空区终采时间为主要因素，结合开采条件、地表移动变形特征、顶板岩性及松散层厚度等因素按表 5.2.3-1～表 5.2.3-3 进行综合判别。

表 5.2.3-1 按终采时间确定采空区场地稳定性等级

稳定等级	终采时间（年）		
	软弱覆岩	较硬覆岩	坚硬覆岩
稳定	$t > 1.0$	$t > 2.5$	$t > 4.0$
基本稳定	$0.6 < t \leq 1.0$	$1.5 < t \leq 2.5$	$2.5 < t \leq 4.0$
不稳定	$t \leq 0.6$	$t \leq 1.5$	$t \leq 2.5$

注：软弱覆岩指采空区上覆岩层的饱和单轴抗压强度小于等于 30MPa；坚硬覆岩指采空区上覆岩层的饱和单轴抗压强度大于 60MPa；较硬覆岩指采空区上覆岩层的饱和单轴抗压强度大于 30MPa、小于等于 60MPa。

表 5.2.3-2 按地表移动变形特征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
地表移动变形特征	非连续变形	连续变形	连续变形
		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 5.2.3-3 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	顶板岩性	松散层厚度 h
不稳定	无坚硬岩层分布或为薄层或软硬岩层互层状分布	$h \leq 5 \text{ m}$
基本稳定	有厚层状坚硬岩层分布，且 $5.0\text{m} < \text{层厚} < 15.0\text{m}$	$5 \text{ m} < h \leq 30 \text{ m}$
稳定	有厚层状坚硬岩层分布，且层厚 $\geq 15.0\text{m}$	$h > 30 \text{ m}$

5.2.4 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。

2 地表移动变形值确定场地稳定性等级评价标准，宜以地面下沉速度及下沉值为主要指标，并结合其它参数按表 5.2.4 综合判别。

表 5.2.4 按地表剩余移动变形值确定场地稳定性等级

稳定 状态	下沉速率 V_w (mm/d) 及下沉值 (mm)	地表剩余移动变形值		
		剩余倾斜值 Δi (mm/m)	剩余曲率值 ΔK ($\times 10^{-3}/m$)	剩余水平变形值 $\Delta \varepsilon$ (mm/m)
稳定	$V_w < 1.0$, 且连续 6 个月累计下沉值 < 30	$\Delta i < 3$	$\Delta K < 0.2$	$\Delta \varepsilon < 2$
基本稳定	$V_w < 1.0$, 但连续 6 个月累计下沉值 ≥ 30	$3 \leq \Delta i < 10$	$0.2 \leq \Delta K < 0.6$	$2 \leq \Delta \varepsilon < 6$
不稳定	$V_w \geq 1.0$	$\Delta i \geq 10$	$\Delta K \geq 0.6$	$\Delta \varepsilon \geq 6$

5.2.5 煤矿采空区下列地段场地，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° 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。

5.3 变电站建设适宜性评价

5.3.1 煤矿采空区场地变电站工程建设适宜性等级应根据采空区场地稳定性、采空区与拟建变电站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及其工程造价等进行综合评价，可采用定性和定量相结合的评价方法按表 5.3.1 规定划分为适宜、基本适宜和适宜性差三个等级。

表 5.3.1 采空区场地变电站工程建设适宜性评价分级

适宜性等级	分级说明
适 宜	采空区垮落断裂带密实，对拟建变电站工程建设影响小；变电站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）
基本适宜	采空区垮落断裂带基本密实，对拟建变电站工程建设影响中等；变电站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变电站影响，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，变电站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变电站工程的影响大，需规划、建筑、结构、采空区治理和地基处理等的综合设计，但处理难度大且造价高

5.3.2 煤矿采空区对变电站工程建设的影响程度，应根据采空区场地稳定性、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、垮落断裂带的密实状态、活化影响因素等，宜采用工程类比法、采空区特征判别法、地表剩余移动变形判别法等方法综合评价，并可按表 5.3.2-1~表 5.3.2-4 的规定进行划分。

表 5.3.2-1 按场地稳定性定性分析采空区对变电站工程的影响程度

采空区场地稳定性等级	影响程度
稳定	小~中等
基本稳定	中等
不稳定	中等~大

表 5.3.2-2 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 5.3.2-3 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
	采空区采深 $H(\text{m})$ 或采深采厚比 H/M	采空区的密实状态	地表变形特征及发展趋势	
大	浅层采空区	存在空洞, 钻探过程中出现掉钻、孔口串风	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
中等	中深层采空区	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
小	深层采空区	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

表 5.3.2-4 根据采空区地表剩余移动变形值确定采空区对工程的影响程度

影响程度	地表剩余移动变形值			
	剩余下沉值 ΔW (mm)	剩余倾斜值 Δi (mm/m)	剩余水平变形值 $\Delta \varepsilon$ (mm/m)	剩余曲率值 ΔK ($\times 10^{-3}/\text{m}$)
大	$\Delta W \geq 200$	$\Delta i \geq 10$	$\Delta \varepsilon \geq 6$	$\Delta K \geq 0.6$
中等	$100 \leq \Delta W < 200$	$3 \leq \Delta i < 10$	$2 \leq \Delta \varepsilon < 6$	$0.2 \leq \Delta K < 0.6$
小	$\Delta W < 100$	$\Delta i < 3$	$\Delta \varepsilon < 2$	$\Delta K < 0.2$

5.3.3 拟建变电站工程对采空区站址场地稳定性的影响程度, 可根据变电站建(构)筑物和设备荷载及影响深度等, 采用荷载临界影响深度判别法、附加应力分析法、数值分析法等方法按表 5.3.3 进行划分。荷载作用下巷道顶板临界深度和附加应力影响深度可分别按本标准 5.3.4 条和 5.3.5 条规定计算确定。

表 5.3.3 根据荷载临界影响深度定量评价变电站建设对采空区稳定性影响程度

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

注：1 采空区深度 H ，指采空区（巷道）埋藏深度，对于条带式开采和穿巷开采指垮落拱顶的埋藏深度；

2 垮落断裂带深度 H_{lf} 指采空区垮落断裂带的埋藏深度， H_{lf} =采空区采深 H —垮落带高度 H_k —断裂带高度 H_a ，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标准附录 B 计算确定。

5.3.4 采空区巷道顶板荷载临界影响深度 H_D ，可采用下列经验公式计算确定：

$$H_D = \frac{B\gamma + \sqrt{B^2\gamma^2 + 4B\gamma p_0 \tan^2(45^\circ - \frac{\varphi}{2})}}{2\gamma \tan \varphi \tan^2(45^\circ - \frac{\varphi}{2})} \quad (5.3.4)$$

式中： B —— 巷道宽度，m；

γ —— 顶板以上岩层的平均重度，kN/m³；

φ —— 顶板以上岩层的内摩擦角（°），可由岩样剪切试验求得；

p_0 —— 基底平均压力标准值，kPa。

5.3.5 附加应力影响深度 H_a 应根据基础底面以下平均附加应力或基础中心点的附加应力 σ_z 与天然地基自重应力 σ_c 之间相互关系确定，宜取地基中附加应力 $\sigma_z = 0.05\sigma_c$ 的深度作为附加应力影响深度。地基附加应力 σ_z 计算应按现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007 的有关规定执行。

6 地基与基础设计

6.1 一般规定

6.1.1 采空区变电站地基基础应具备将上部建（构）筑物结构及设备荷载传递给地基的承载力和刚度，且地基基础沉降变形不得影响变电站工程建（构）筑物结构及设备的安全和正常使用。

6.1.2 采空区变电站地基基础设计，除应符合现行国家标准《建筑地基基础设计规范》GB50007 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变电站建（构）筑物和设备地基的影响；

2 分析评价采空区的变形趋势及其对变电站建（构）筑物和设备地基基础变形的影响。

3 变电站建（构）筑物和设备地基稳定性，应根据场地稳定性、采空区覆岩垮落状况、变电站工程建设与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。

6.1.3 采空区变电站建（构）筑物的荷载及荷载效应组合，应按电力行业标准《变电站建筑结构设计技术规程》DL/T 5457 的规定进行确定。

6.1.4 采空区拟建变电站建（构）筑物和设备及其基础的平面布置，应符合下列规定：

1 配电装置楼（室）、大型变电构架等重要建（构）筑物应选择在地表变形小、变形均匀的连续变形区内布置，且长轴方向宜平行于地表下沉等值线或与煤层走向（倾向）一致或以较小夹角与其斜交；

2 GIS 设备组合电器、主变压器、高压电抗器、电容器等大型设备基础，当采用天然地基时应布置在土质均匀的可靠地基上。

6.1.5 采空区变电站建（构）筑物及设备基础沉降变形计算前，可根据矿区已有实测资料确定采空区地表最大移动变形与参数，也可基于概率积分法并根据煤层顶板覆岩性质，按本标准附录 A 计算确定采空区地表最大移动变形与参数。

6.1.6 采空区变电站设备与基础间宜采用地脚螺栓连接，并可适当增加地脚螺栓外露丝扣长度。同时，在地表压缩变形区内宜采取挖掘变形补偿沟和缓冲沟措施。

6.2 地基处理

6.2.1 采空区变电站基础设计前，应根据煤矿采空区地质条件、环境条件以及变电站建（构）筑物及设备基础特点进行场地处理。

6.2.2 采空区变电站地基处理方案确定时，应考虑变电站建（构）筑物结构及设备与基础、地基和采空区之间的协同作用，进行地基处理方案的技术经济比较，并同时按变电站工程整体要求采取建筑措施、结构措施和地基基础措施。

6.2.3 采空区变电站地基处理方法，应根据采空区变电站结构类型、荷载大小，结合采空区地表土质条件、地下水特征、环境情况和对邻近建筑的影响等因素因地制宜进行综合分析，可采用换填垫层法、压实地基法，夯实地基法，也可采用复合地基方案。

6.2.4 采空区变电站地基处理设计，应符合现行国家标准《煤矿采空区建（构）筑物地基处理技术规范》GB 51180 和建筑行业标准《建筑地基处理技术规范》JGJ 79 的有关规定。

6.3 基础设计

6.3.1 煤矿采空区变电站建（构）筑物及设备基础应尽可能浅埋，基础结构的刚度和强度应满足抵抗地表水平变形影响及承受地基不均匀沉降所产生附加内力的要求。

6.3.2 煤矿采空区变电站建（构）筑物及设备基础选型设计可按下列规定进行：

1 配电装置楼（室）、大型变电构架等重要建（构）筑物基础宜采用现浇钢筋混凝土平板式筏基或梁板式筏基型式；

2 GIS 设备组合电器、主变压器、高压电抗器、电容器等大型设备基础宜采用现浇钢筋混凝土平板式筏基型式；

3 其他设备构（支）架宜采用混凝土刚性基础或钢筋混凝土扩展基础，基础之间可设置钢筋混凝土连系梁。

4 电缆沟侧壁宜采用钢筋混凝土结构，盖板宜采用双面配筋混凝土结构。

6.3.3 采空区变电站建（构）筑物及设备基础稳定计算，应符合现行电力行业标准《变电站建筑结构设计技术规程》DL/T 5457 的规定要求。

6.3.4 煤矿采空区变电站建（构）筑物及设备基础的地基变形验算，应分析评价采空区剩余变形的影响。变电站站址区域地表剩余移动变形值计算，可按本规范附录 C 规定执行。

6.3.5 煤矿采空区变电站建设后的基础沉降变形，应由下列两部分组成：

- 1 采空区地表的剩余变形；
- 2 采空区覆盖层地基在变电站工程荷载作用下的压缩变形，可根据地基内的应力分布及本规范第 5.3.5 条计算确定的荷载影响深度，按照国家标准 GB50007《建筑地基基础设计规范》计算确定。

6.3.6 煤矿采空区变电站建（构）筑物及设备基础的变形应满足其上部电气设备正常安全运行要求，且不宜大于表 6.3.6 的规定值。

表 6.3.6 采空区变电站建（构）筑物及设备基础变形控制值

设备名称	沉降量 (mm)	沉降差 (倾斜)
GIS 等气、油管道连接设备	200	0.002 L
主变压器	—	0.003 L
刚接构架	150	0.003 L
铰接构架	200	—
支持式硬母线及隔离开关支架基础	—	0.002 L

注：1 L 为基础对应方向的长度；
2 本表所列控制值仅是一般情况，当设备有特别注明的要求时，应执行其所规定的标准。

6.3.7 采空区变电站地基稳定性及覆岩失稳“活化”风险评价，可采用图 6.3.7 所示计算模型，并按下列规定执行：

- 1 根据煤层顶板覆岩垮落断裂带高度、变电站工程荷载影响深度并考虑安全保护厚度，按下式计算确定深度 H_0 ：

$$H_0=H_a+H_k+H_d+H_s \tag{6.3.7}$$

式中：

- H_a ——荷载附加应力影响深度，m，可按本标准第 5.3.5 条计算确定；
 H_k ——垮落带高度，m；
 H_d ——断裂带高度，m；

H_s ——安全保护层厚度，m。一般可取 $H_s = (1.0 \sim 1.5) H_a$ 。

2 根据煤层开采深度 H 和计算深度 H_0 之间关系，可将采空区变电站地基稳定性评价结果及相应采空区覆岩“活化”风险大小划分为下列三种情形：

- 1) 当 $H > H_0$ 时，地基稳定，无失稳“活化”风险；
- 2) 当 $H = H_0$ 时，地基稳定性处于临界状态，失稳“活化”风险小；
- 3) 当 $H < H_0$ 时，地基不稳定，覆岩失稳“活化”风险大。

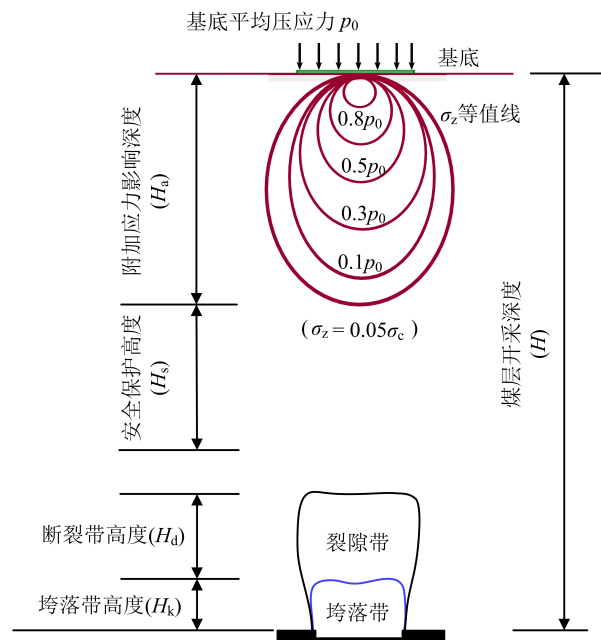


图 6.3.7 采空区变电站地基稳定性及覆岩失稳“活化”风险评价模型

7 变形监测

7.0.1 采空区变电站地基基础变形监测点布置、测量精度、基准点设置应符合现行国家标准《煤矿采空区岩土工程勘察》GB51044、《工程测量标准》GB50026以及行业标准《建筑变形测量规范》JGJ 8 的有关规定。

7.0.2 采空区变电站建（构）筑物和设备基础及地表变形监测前，应编制监测大纲。

7.0.3 采空区变电站地基基础沉降监点布置方案，应考虑采空区变电站工程地质情况及其结构特点，并符合变电站建（构）筑物和设备基础及地基变形特征。

7.0.4 采空区变电站地基基础变形监测频率，可按下列规定执行：

1 采空区场地处理、地基处理施工期间以及变电站建（构）筑物建设和设备安装施工期间，地面变形可每半月观测 1 次；

2 变电站工程建设竣工后，宜采用智能化实时监测装置与技术开展长期变形监测。当不具备条件时，经论证后也可采用人工方法每半月观测一次。当地表水平变形达到场地变形允许值时，可每月观测 1 次。当半年的地表下沉量小于 10mm 时，可每年观测 1 次。

7.0.5 采空区变电站地基基础变形长期监测宜采用静力水准观测方法。具备条件时，宜优先采用自动化监测。

附录 A 基于概率积分法的采空区地表移动变形计算及参数取值

A.1 充分采动条件下采空区地表最大移动变形值计算方法

A.1.1 采空区地表最大沉降变形量，可按照下列公式计算确定：

$$W_{\text{cm}} = qM \cos \alpha \quad (\text{A.1.1})$$

式中： W_{cm} —— 充分采动条件下，采空区地表最大沉降变形，mm；

q —— 下沉系数；

M —— 煤层厚度，mm；

α —— 煤层倾角，°；

A.1.2 采空区地表最大水平移动值，可按照下列公式计算确定：

$$U_{\text{cm}} = bW_{\text{cm}} \quad (\text{A.1.2})$$

式中： U_{cm} —— 充分采动条件下采空区地表最大水平移动值，mm；

b —— 水平移动系数。

A.1.3 采空区地表最大倾斜值，可按照下列公式计算确定：

$$i_{\text{cm}} = \frac{W_{\text{cm}}}{r} \quad (\text{A.1.3-1})$$

$$r = \frac{H}{\tan \beta} \quad (\text{A.1.3-2})$$

式中： i_{cm} —— 充分采动条件下采空区地表最大倾斜值，mm/m；

r —— 影响半径，m；

H —— 开采深度，m；

$\tan \beta$ —— 主要影响角正切；

α —— 煤层倾角，°；

A.1.4 地表最大曲率值，可按照下列公式计算确定：

$$k_{\text{cm}} = \pm 1.52 \frac{W_{\text{cm}}}{r^2} \quad (\text{A.1.4})$$

式中： k_{cm} —— 充分采动条件下采空区地表最大曲率值， $10^{-3}/\text{m}$ ；

A.1.5 充分采动条件下地表最大水平变形值，可按照下列公式计算确定：

$$\varepsilon_{\text{cm}} = \pm 1.52b \frac{W_{\text{cm}}}{r} \quad (\text{A.1.5})$$

式中： ε_{cm} —— 充分采动条件下采空区地表最大水平变形值，mm/m。

A.2 地表移动变形计算参数

A.2.1 根据煤层覆岩岩性综合评价系数求取地表移动变形计算参数时，可按下列规定执行：

1 煤层覆岩岩性综合评价系数，可根据覆岩分层评价系数按下列公式计算确定：

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n m_i Q_i}{\sum_{i=1}^n m_i} \quad (\text{A.2.1-1})$$

式中： P —— 煤层覆岩岩性综合评价系数；

m_i —— 第 i 层覆岩法向厚度，m；

Q_i —— 第 i 层覆岩评价系数，可根据覆岩单轴抗压强度按表 A.2.1-1 取值。

表 A.2.1-1 覆岩分层评价系数

覆岩单轴抗压强度 (MPa)	代表性岩石	初次 采动 Q_0	重复采动	
			Q_1	Q_2
≥ 90	很硬的砂岩、石灰岩、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
50	较硬的石灰岩、砂岩和大理岩 普通砂岩、铁矿石 硬质页岩、片状砂岩 硬黏土质页岩、不硬的砂岩和石灰岩、软砾岩	0.2	0.45	0.7
40		0.4	0.7	0.95
30		0.6	0.8	1.0
20		0.8	0.9	1.0
> 10		0.9	1.0	1.1

覆岩单轴抗压强度 (MPa)	代表性岩石	初次 采动 Q_0	重复采动	
			Q_1	Q_2
≤ 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—砾质土壤、 致密黏土 软砂质土、黄土、腐殖土、松散砂层	1.0	1.1	1.1

2 根据煤层覆岩岩性综合评价系数，按下列公式计算下沉系数 q 值：

$$q = 0.5(0.9 + P) \quad (\text{A.2.1-2})$$

3 根据煤层覆岩岩性综合评价系数和岩性影响系数，按下列公式计算确定主要影响角正切 $\tan\beta$ 值：

$$\tan\beta = (Q_R - 0.0032H)(1 - 0.0038\alpha) \quad (\text{A.2.1-3})$$

式中： Q_R —— 岩性影响系数，可根据煤层覆岩岩性综合评价系数按表 A.2.1-2 取值。

表 A.2.1-2 煤层覆岩岩性综合评价系数与岩性影响系数的对应关系表

覆岩单轴抗压强度 (MPa)					
$f_r \geq 60\text{MPa}$		$30\text{MPa} \leq f_r < 60\text{MPa}$		$f_r < 30\text{MPa}$	
P	Q_R	P	Q_R	P	Q_R
0	0.76	0.30	1.26	0.70	2.00
0.03	0.82	0.35	1.35	0.75	2.10
0.07	0.88	0.40	1.45	0.80	2.20
0.11	0.95	0.45	1.54	0.85	2.30
0.15	1.01	0.50	1.64	0.90	2.40
0.19	1.08	0.55	1.73	0.95	2.50
0.23	1.14	0.60	1.82	1.00	2.60
0.27	1.20	0.65	1.91	1.05	2.70
0.3	1.25	0.70	2.00	1.10	2.80

4 开采煤层倾斜角确定水平移动系数时，其水平移动系数 b_c 按下列公式计算：

$$b_c = b(1+0.0086\alpha) \quad (\text{A.2.1-4})$$

式中： b_c —— 倾斜煤层水平移动系数；

b —— 水平煤层水平移动系数，一般取 $b = 0.3$ ；

α —— 煤层倾角， $^{\circ}$ ；

A.2.2 对无实测资料矿区，可根据覆岩岩性条件，参考表 A.2.2 选取地表移动变形计算参数。

表 A. 2. 2 煤层覆岩岩性条件与地表移动变形计算参数相关关系表

覆岩单轴抗压强度 (MPa)	参数值	矿区 (矿)
$f_r \geq 60$	$q=0.27\sim0.54$ $b=0.2\sim0.3$ $\tan\beta=1.2\sim1.91$	山西的大同，辽宁的北票（局部）、南票，黑龙江省的鹤岗，吉林的通化、鸡西（局部）、双鸭山矿区的局部，四川的南桐矿区局部，内蒙古包头矿区局部
$30 \leq f_r < 60$	$q=0.55\sim0.85$ $b=0.2\sim0.3$ $\tan\beta=1.92\sim2.40$	山西的阳泉、西山、潞安、晋城、汾西和霍县、河北的峰峰、开滦，山东的枣庄、新汶，河南的焦作、平顶山、鹤壁、郑州，吉林的蛟河、辽源、舒兰，辽宁的沈阳、阜新、北票、南票、铁法，黑龙江的双鸭山、鹤岗（北部）、鸡西、七台河，江苏的徐州、大屯，安徽的淮南、四川的南桐、广旺，湖南的涟邵
$f_r < 30$	$q=0.86\sim1.00$ $b=0.2\sim0.3$ $\tan\beta=2.41\sim3.54$	抚顺、淮北、理春、黄县、大雁矿区、淮南、辽源、开滦、徐州、北票、大屯、焦作等矿区局部以及鹤岗和南桐矿区的个别矿

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/395331011313011120>