



中华人民共和国国家标准

GB/T 43215—2023

采空区地表建设地基稳定性评估方法

Assessment methods for foundation stability of the surface construction above goaf

2023-09-07 发布

2024-04-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
国家标准化管理委员会

目 次

前言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 总体要求	2
4.1 基本要求	2
4.2 工作阶段划分	3
4.3 工作内容	3
5 工作程序	3
5.1 准备阶段	3
5.2 现状调查测试阶段	3
5.3 预测评估阶段	3
5.4 报告编写阶段	3
6 评估与调查范围	4
6.1 评估范围	4
6.2 调查范围	4
7 采空区调查	4
7.1 采空区资料	4
7.2 水文地质条件	4
7.3 开采沉陷资料	4
7.4 已建工程资料	5
7.5 拟建工程资料	5
7.6 岩体物理力学参数资料	5
7.7 调查方法	5
8 地表移动变形计算及影响分析	5
8.1 计算方法	5
8.2 计算参数选取	5
8.3 地表移动变形计算	6
8.4 地表移动变形影响分析	6
9 采空区地基稳定性评估	6
9.1 基本原则	6
9.2 评估方法	6
9.3 地表移动变形值判别法	6
9.4 采空区稳定性分析法	7
9.5 矿(岩)柱稳定分析法	8
9.6 断层构造稳定性评估法	8

10	建设场地适宜性评估	8
10.1	基本要求	8
10.2	评估方法	8
10.3	评估准则	8
10.4	建(构)筑物允许和极限地表变形值	9
10.5	评估内容	9
11	防治措施和变形监测	9
11.1	防治措施分类	9
11.2	防治措施选取原则	9
11.3	采空区治理措施	9
11.4	建筑保护措施	10
11.5	防治措施方案内容	10
11.6	变形监测	10
12	成果提交	10
12.1	成果内容	10
12.2	成果要求	10
附录 A (规范性)	建(构)筑物、装置等的允许和极限地表(地基)变形参考值	11
附录 B (资料性)	地基稳定性评估报告示例	16
参考文献		18

前 言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国煤炭工业协会提出并归口。

本文件起草单位：煤炭科学技术研究院有限公司、天地科技股份有限公司、中煤科工集团沈阳设计研究院有限公司、淮北矿业(集团)有限责任公司。

本文件主要起草人：张俊英、贾新果、陈清通、胡炳南、李杰、陈凯、郭文砚、黄乐亭、孙庆先、张彬、李宏杰、韩洪德、吴海军、林惠立、牟义、董祥林、刘志飞、李文、刘义新、邓伟男、李伟、王志杰、李江华、王勇、毕忠伟、付兴玉、刘学、黎灵、艾畅、闫杰、王焯、何照。

采空区地表建设地基稳定性评估方法

1 范围

本文件规定了采空区地表建设地基稳定性评估的总体要求、工作程序、评估与调查范围、采空区调查、地表移动变形计算及影响分析、采空区地基稳定性评估、建设场地适宜性评估、防治措施和变形监测、成果提交方面的要求。

本文件适用于煤矿采空区地表建设地基稳定性评估工作,非煤矿山可根据具体情况参考使用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中,注日期的引用文件,仅该日期对应的版本适用于本文件;不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 23561.1—2009 煤和岩石物理力学性质测定方法 第1部分:采样一般规定

GB 50007—2011 建筑地基基础设计规范

GB 50009—2012 建筑结构荷载规范

GB 50021—2001 岩土工程勘察规范(2009版)

GB 50026 工程测量标准

GB/T 50123 土工试验方法标准

GB/T 50266 工程岩体试验方法标准

GB 50330—2013 建筑边坡工程技术规范

GB 51044—2017 煤矿采空区岩土工程勘察规范

GB 51180—2016 煤矿采空区建(构)筑物地基处理技术规范

JGJ 8—2016 建筑变形测量规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

采空区 **goaf**

地下煤炭资源通过某种方式开采后留下的空间及其围岩失稳而产生位移、开裂、破碎和垮落的整个地下区域空间。

3.2

开采沉陷区 **mining subsidence area**

由地下采矿引起的采空区上方及受开采影响的地表移动范围,按边界角或者下沉 10 mm 等值线划定其范围。

注:开采沉陷区也称地表移动盆地或地表下沉盆地。

3.3

地表残余移动变形 **surface residual movement and deformation**

在地表移动稳定(连续 6 个月累计下沉不超过 30 mm)后,从地表新建建(构)筑物时刻起,在建

(构) 建筑物建设期和使用期内地表点今后还将可能产生的地表移动变形。

注：地表残余移动变形也称为地表剩余移动变形。

3.4

地表移动参数 surface movement parameters

反映地表移动与变形特征、程度的参数和角值。

注：地表移动参数包括：下沉系数、水平移动系数、主要影响角正切、拐点偏移距、开采影响传播角；边界角、移动角、裂缝角、最大下沉角；充分采动角、超前影响角、最大下沉速度角和移动延续时间等。

3.5

允许地表变形值 allowable surface deformation value

受保护的建(构) 建筑物不需维护或简单维修能保持正常使用所允许的地表最大变形值。

3.6

极限地表变形值 limit surface deformation value

受保护的建(构) 建筑物采取经济合理的维修或加固措施后能保持安全使用所能承受的地表最大变形值。

3.7

地表移动变形计算 prediction of surface movement and deformation

对因地下开采所引起的地表移动和变形值进行的预测计算。

3.8

覆岩破坏高度 overburden failure height

垮落带和裂缝带发育高度范围。

注：垮落带指由采矿引起的上覆岩层破裂并向采空区垮落的岩层范围；裂缝带指在垮落带上方一定范围内的岩层产生裂缝、离层和断裂，但仍保持层状结构的岩层。垮落带和裂缝带两带之间没有明显的界线，均属于破坏性影响区，一般把垮落带和裂缝带合称为垮落裂缝带，又称垮落断裂带或导水裂缝带，垮落裂缝带发育的最大高度称为覆岩破坏高度。

3.9

建筑荷载影响深度 influence depth of structure loads

当建筑物的荷载在地基岩土层中产生的附加应力等于相应深度处地基岩土层的自重应力的 10% 时的深度。

3.10

建筑保护措施 construction protection measure

以提高建(构) 建筑物抵抗或适应地表移动变形能力，达到保障建(构) 建筑物正常使用的目的的，而采取专门的建(构) 建筑物平面布置、构件及结构等的措施。

注 1：建筑措施指通过调整或改变建(构) 建筑物平面布置、建筑体型等方法，以提高建(构) 建筑物抵抗或适应地表移动变形能力而采取的措施。

注 2：结构措施指通过改变或提高建筑构件的刚度和强度，增强建(构) 建筑物整体刚度和强度，以提高建(构) 建筑物抵抗地表移动变形能力而采取的措施。

注 3：建筑保护措施也称为抗变形措施，包括建筑措施和结构措施。

4 总体要求

4.1 基本要求

在进行采空区地表建设利用时，应进行采空区地表建设地基稳定性评估工作。

采空区地表建设地基稳定性评估，应对评估区内工程建设遭受采空区移动变形影响的可能性、程度以及对地基的长期稳定性做出评估，提出具体的预防治理措施。

4.2 工作阶段划分

采空区地表建设地基稳定性评估按工作阶段分为总体规划、地块项目和重要单体建筑三个阶段,分别进行相应的评估工作。依据评估对象的差异,可以分阶段开展相应的评估工作,也可以只进行某一阶段的评估工作。

总体规划阶段评估是针对地表建设项目总体规划开展的地基稳定性评估,为采空区地表总体规划建设用地的选择、各地块项目布局或重要单体建(构)筑物的布置提供依据。

地块项目阶段评估是针对总体规划确定的若干地块中某一具体地块项目开展的地基稳定性评估,通过该阶段评估为本地块项目内各建(构)筑物、设备等的布局、技术措施和场地治理措施的制定提供技术支撑,为地块项目建设提供依据。

重要单体建筑阶段评估是针对总体规划或地块项目内某一重要单体开展的地基稳定性评估,通过该阶段评估给出建设场地的稳定性结果、提出重要单体项目建设适宜性及建设具体技术措施,为重要单体建(构)筑物建设提供依据。

注:重要单体建筑是指按照 GB 50007—2011 确定的设计等级为甲级、乙级的建筑物,或经论证认为对其单独进行地基稳定性评估工作的建(构)筑物。

4.3 工作内容

进行采空区地表建设地基稳定性评估时,应当进行下列工作:

- a) 建设工程概况与地质采矿条件分析;
- b) 采空区地表残余移动变形计算;
- c) 将来开采影响地表移动变形计算;
- d) 覆岩破坏高度与建筑荷载影响深度的计算;
- e) 建筑荷载(动荷载)对采空区稳定性的影响分析;
- f) 对于条带开采、房柱式开采等采空区,对矿柱的长期稳定性、覆岩的突陷可能性进行分析;
- g) 对于山区地形,对采动坡体的稳定性进行分析;
- h) 其他(如地下水、地表裂缝、塌陷坑、煤柱风化、地质构造等)对建设场地稳定性的影响分析。

5 工作程序

5.1 准备阶段

收集区域自然地质采矿条件等资料;初步调查采空区赋存状况;了解拟建设项目概况;初步分析采空区对建设项目的影 响,确定评估/调查范围,制定评估实施方案。

5.2 现状调查测试阶段

有针对性地开展现场调查、勘探、地表移动变形监测、室内外力学或相似模拟试验等;分析采空区覆岩采动影响情况;结合拟建工程制定采空区地表建设地基稳定性的评估准则。

5.3 预测评估阶段

依据采空区分布特征、形成时间和覆岩结构等条件,进行采空区地表残余移动变形计算,并分析其对拟建建(构)筑物的影响;计算采空区覆岩破坏高度与建筑荷载影响深度并分析判断采空区地基的稳定性;建立建(构)筑物适宜性评估准则,进行建设适宜性评估。

5.4 报告编写阶段

综合分析各阶段成果,提出建(构)筑物布置方案、采空区治理措施、建筑措施、结构措施及其综合防

治对策,编写报告。

6 评估与调查范围

6.1 评估范围

6.1.1 采空区地表建设地基稳定性评估范围,不局限于建设用地区和规划用地范围内,应视评估阶段予以确定。

6.1.2 总体规划阶段评估范围应当包括与规划的建设项目相关的区域,以规划用地和可能的调整规划用地范围作为评估范围。

6.1.3 地块项目阶段评估范围原则上以地块项目用地红线或规划地块用地和可能调整的用地范围作为评估范围。

6.1.4 重要单体阶段评估范围原则上是以重要单体基础外扩 50 m~100 m 圈定的范围。

6.2 调查范围

6.2.1 基本要求

采空区地表建设地基稳定性调查范围,在评估范围的基础上,应视评估阶段和地质采矿环境等条件予以确定。

6.2.2 调查范围确定

调查范围一般应以评估范围边界向外侧扩展 1.0 倍~2.0 倍采空区最大埋深。

总体规划阶段调查范围应当以评估范围边界向外侧扩展 1.0 倍~1.5 倍采空区最大埋深。

地块项目阶段和重要单体阶段调查范围应当以评估范围边界向外侧扩展 1.5 倍~2.0 倍采空区最大埋深。

受特殊地质构造、地下水等不利条件影响的,调查范围取其较大值。

受山区地形影响的,应考虑采空区可能引发采动滑坡或者可能引起陡崖峭壁崩塌危害建(构)筑物,将可能发生采动滑坡或崩塌的坡体划入调查范围。

7 采空区调查

7.1 采空区资料

开采范围、开采层数、开采高度、矿层倾角、开采时间、开采深度、开采方法和顶板管理方法等资料,井上下对照图、采掘工程平面图、底板等高线图和地质钻孔柱状图等图件,以及地质报告、矿井设计文件和采掘作业规程等相关文件。

7.2 水文地质条件

调查收集评估区域自然地理、地形地貌、雨水汇流情况,地下含(隔)水层特征、富水特征、补径排条件,附近抽排水情况等。

7.3 开采沉陷资料

本矿井(区)或者类似条件下的地表移动变形、地表裂缝、塌陷坑和顶板跨落带、导水裂缝带高度等覆岩破坏等实测资料。

7.4 已建工程资料

调查附近开采沉陷区地表已建工程建设情况,建(构)筑物变形、破坏情况及其防治措施。

7.5 拟建工程资料

建设规划总平面图,建(构)筑物设计图(平面尺寸、高度、结构类型、基础类型和荷载等)、允许地表变形值、极限地表变形值等资料。

7.6 岩体物理力学参数资料

岩土体天然重度、孔隙比、压缩模量、弹性模量、泊松比、黏聚力、内摩擦角、抗拉强度、抗压强度、地基承载力特征值等。

对于缺乏岩体物理力学参数的,应进行原位测试或室内试验。原位测试和室内试验的方法和内容应当根据工程要求和岩土性质的特点综合确定,并符合 GB 51044—2017、GB/T 50123、GB/T 50266 和 GB/T 23561.1—2009 等有关规定。

7.7 调查方法

采空区调查资料宜通过资料收集、遥感调查、地面调查、测量测绘、测试与试验等方法获取。

对于调查范围内采空范围、开采方法等基础资料不清楚的采空区,尤其是小窑采空区,宜采取地球物理探测、地质钻探等方法获取。

8 地表移动变形计算及影响分析

8.1 计算方法

连续性地表移动变形计算方法可采用概率积分法和数值计算分析法等。

非连续性地表移动变形计算方法可采用岩石力学理论分析法和数值计算分析法等。

8.2 计算参数选取

8.2.1 地表移动变形计算应当根据地质采矿条件等,合理地选择计算参数。

8.2.2 长壁垮落法开采形成的采空区地表残余移动变形可通过选取残余下沉系数,采用概率积分法进行计算。残余下沉系数(q_c)可根据开采结束时间按照公式(1)计算:

$$q_c = (1 - q) \cdot k \cdot [1 - e^{-\left(\frac{50-t}{50}\right)}] + c \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

q ——长壁垮落法下沉系数;

k ——调整系数,根据实践经验一般取 0.5~1.0;

t ——距工作面开采结束时间,单位为年(a);

c ——考虑地下水位变化、地震或地应力等作用后的残余下沉系数,一般取 0~0.05。

8.2.3 条带开采、房柱式开采等采空区地表残余下沉系数可根据开采结束时间、地表已沉陷状况综合确定,残余下沉系数可取 0.05~0.45。

8.2.4 水平移动系数、主要影响角正切、拐点偏移距和开采影响传播角,可参照对应的常规地表移动参数确定。

8.2.5 将来开采形成的采空区地表移动变形计算,优先利用本矿区或临近矿区已有岩移观测数据确定地表移动参数;对于没有可利用参数的,其地表移动参数的确定可参考《建筑物、水体、铁路及主要井巷

煤柱留设与压煤开采规范》(2017)的有关规定,并分析参数选取的合理性。

8.2.6 采用数值计算分析法时,应当根据煤岩物理力学参数测试的室内试验成果、原位测试成果等综合确定数值计算模型参数。

8.3 地表移动变形计算

包括采空区地表残余移动变形和将来开采影响地表移动变形的计算。

计算结果应当给出评估范围内地表下沉、水平移动、水平变形、倾斜和曲率数值大小,并绘制等值线图。

8.4 地表移动变形影响分析

分析评估范围内地表下沉、水平移动、水平变形、倾斜和曲率最大值及分布情况,分析地表移动变形值的变化趋势,结合建(构)筑物布局 and 不同类型建(构)筑物承受地表移动变形能力,评估地表移动变形对建(构)筑物的影响程度。

9 采空区地基稳定性评估

9.1 基本原则

可根据评估范围内建筑荷载、采空区赋存条件、矿(岩)柱稳定性等情况划分成若干区(块),进行采空区地基稳定性评估。

依据场地条件,选择适宜的评估方法,分析评估范围内每个区(块)不同评估方法的地基稳定性程度,按不利条件得出综合评估结果。地基稳定性评估结果分为稳定、基本稳定和不稳定三种。

9.2 评估方法

9.2.1 采空区地基稳定性评估方法有地表移动变形值判别法、采空区稳定性分析法、矿(岩)柱稳定性分析法等,根据采空区赋存条件选择适宜的评估方法。

9.2.2 对于长壁垮落法开采采空区可采用地表移动变形值判别法、采空区稳定性分析法进行综合评估;对于条带开采、房柱式开采等采空区可采用地表移动变形值判别法、采空区稳定性分析法、矿(岩)柱稳定性分析法进行综合评估。

9.2.3 当评估区(块)存在较大断层构造可能影响地表移动变形分布及大小时,应当对断层构造稳定性进行评估。

9.2.4 当评估区(块)为山地地貌时,应当进行坡体稳定性评估,其评估方法应按照 GB 50330—2013 的有关规定执行。

9.3 地表移动变形值判别法

依据计算得到的评估区域内在建(构)筑物建设后可能产生的地表(残余)移动和变形大小与分布情况,按表 1 地表移动变形数值范围对采空区地基稳定性进行评估,判定稳定性时应由不稳定到稳定以最先符合者确定。

表 1 按地表(残余)移动变形值评估采空区地基稳定性

稳定性程度	水平变形 ϵ mm/m	曲率 K $10^{-3}/m$	倾斜 i mm/m	判定条件
稳定	$\epsilon \leq 2.0$	$K \leq 0.2$	$i \leq 3.0$	同时具备

表 1 按地表(残余)移动变形值评估采空区地基稳定性(续)

稳定性程度	水平变形 ϵ mm/m	曲率 K $10^{-3}/m$	倾斜 i mm/m	判定条件
基本稳定	$2.0 < \epsilon \leq 4.0$	$0.2 < K \leq 0.4$	$3.0 < i \leq 6.0$	具备其一
不稳定	$\epsilon > 4.0$	$K > 0.4$	$i > 6.0$	具备其一

9.4 采空区稳定性分析法

9.4.1 为保证覆岩破坏高度不会受到地表新建建(构)筑荷载扰动而重新移动,依据公式(2)、公式(3)进行采空区地基稳定性判断:

$$H_{\min} < H_p + H_y \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$H_{\min} \geq H_p + H_y + h \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中:

H_{\min} ——评价区(块)内采空区最小埋深,单位为米(m);

H_p ——覆岩破坏高度,单位为米(m);

H_y ——建筑荷载影响深度,单位为米(m);

h ——考虑计算误差的安全高度,单位为米(m),一般取 5 m~20 m。

当满足公式(2)时,评价区(块)采空区地基处于不稳定状态;当满足公式(3)时,评价区(块)采空区地基处于稳定状态;不满足公式(2)和公式(3)时,可判定评价区(块)采空区地基处于基本稳定状态。

9.4.2 覆岩破坏高度(H_p),可采用矿区已有的实测资料,也可对评估区域进行钻探实测覆岩破坏高度。对于未进行过覆岩破坏高度探测的矿区,覆岩破坏高度(H_p)可参考《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规范》(2017)中导水裂缝带高度(H_{II})计算公式进行计算。

9.4.3 建筑荷载影响深度(H_y),通过计算建筑荷载在该深度处地基中的附加应力等于该深度处地基中的自重应力的 10%确定。建筑荷载既要考虑建设工程静荷载,还应当考虑建设过程及使用中的各种动荷载的影响。各荷载按 GB 50009—2012 确定或计算。

地基中的自重应力按照公式(4)计算:

$$\sigma_c = \gamma_1 h_1 + \gamma_2 h_2 + \dots + \gamma_n h_n = \sum_{i=1}^n \gamma_i h_i \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中:

σ_c ——地表下任意深度处的自重应力,单位为千牛每平方米(kN/m^2);

$\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n$ ——地基中自上而下各层土或岩石的容重,单位为千牛每立方米(kN/m^3);

h_1, h_2, \dots, h_n ——地基中自上而下各层土或岩石的厚度,单位为米(m)。

地下水水位也应当作为分层的界面,地下水水位以下的土岩层取浮容重。地下水水位以下如有隔水层,隔水层面及其下的自重应力应当按上覆岩土层的水土总重计算。

地基中的附加应力按照公式(5)计算:

$$\sigma_z = \beta_z P_0 \quad \dots\dots\dots(5)$$

$$P_0 = P - \gamma_0 D \quad \dots\dots\dots(6)$$

式中:

σ_z ——地基中的附加应力,单位为千牛每平方米(kN/m^2);

β_z ——各种荷载(矩形、圆形、三角形、条形等)下的竖向附加应力系数,应按 GB 50007—2011 附录中查表求出;

P_0 ——地表荷载作用于基础底面平均附加压力,按公式(6)计算,单位为千牛每平方米(kN/m^2);

P ——作用于基础底面处竖向荷载,单位为千牛每平方米(kN/m^2);

γ_0 ——基础底面标高以上各土层按厚度的加权平均容重,处于地下水位以下的土层取浮容重,单位为千牛每立方米(kN/m^3);

D ——基础底面埋深,单位为米(m)。

当地表有多个荷载作用时,计算地基附加应力时应考虑相邻荷载的叠加影响。

9.5 矿(岩)柱稳定分析法

采空区内残矿(岩)柱安全稳定性系数(F_s)按照公式(7)计算:

$$F_s = \frac{P_u}{P_z} \dots\dots\dots(7)$$

式中:

P_u ——矿(岩)柱能承受的极限荷载,单位为千牛(kN);

P_z ——矿(岩)柱实际承受的荷载,单位为千牛(kN)。

依据稳定性系数的大小,按表 2 的准则评估残留矿(岩)柱的采空区地基稳定性。

表 2 按矿(岩)柱安全稳定性系数评估采空区地基稳定性

稳定性程度	稳定	基本稳定	不稳定
稳定性系数 F_s	$F_s > 2.0$	$1.2 \leq F_s \leq 2.0$	$F_s < 1.2$

9.6 断层构造稳定性评估法

采用地质剖面法,垂直断层构造走向绘制地质剖面,推断断层在基岩与第四系冲积层交界面露头位置,再按松散层移动角向两侧划定地表影响范围。该范围圈定的区域为断层构造不稳定区域。

10 建设场地适宜性评估

10.1 基本要求

不同建(构)筑物,应进行建设场地适宜性评估,给出工程建设建议及防治措施。

10.2 评估方法

建设适宜性评估,应建立不同建设目标的建设适宜性评估准则,依据准则对各建设目标的建设适宜性进行分区评估,建设适宜性可分为适宜性好区、适宜性中等区、适宜性差区三个等级。

10.3 评估准则

不同建设目标的建设适宜性分区准则,一般应当考虑该建设目标的允许和极限地表变形值情况、采空区地基稳定性评估结果、防治措施难度及经济成本等因素,按表 3 评估准则对建设目标建设适宜性分区进行评估。评估时应由适宜性差区到适宜性好区以最先符合者确定。

表 3 建设目标建设适宜性分区评估准则

适宜性分区	采空区地基稳定性程度	地表下沉值 W mm	地表最大变形值			判定条件	防治措施
			水平变形 ϵ mm/m	曲率 K $10^{-3}/m$	倾斜 i mm/m		
适宜性好区	稳定	$\leq W_A$	$\leq \epsilon_A$	$\leq K_A$	$\leq i_A$	同时具备	简易抗变形结构措施
适宜性中等区	基本稳定	$\leq W_L$	$\leq \epsilon_L$	$\leq K_L$	$\leq i_L$	具备其一	抗变形结构措施、 简易采空区治理措施 或综合措施
适宜性差区	不稳定	$> W_L$	$> \epsilon_L$	$> K_L$	$> i_L$	具备其一	采空区治理和抗变形结构措施或异地建设
注 1: $W_A, \epsilon_A, K_A, i_A$ 分别为建设目标允许地表下沉值、水平变形、曲率、倾斜变形值。 注 2: $W_L, \epsilon_L, K_L, i_L$ 分别为建设目标极限地表下沉值、水平变形、曲率、倾斜变形值。							

10.4 建(构)筑物允许和极限地表变形值

- 10.4.1 砖混结构建筑物的允许和极限地表(地基)变形值见附录 A 的表 A.1。
- 10.4.2 工业构筑物的允许和极限地表(地基)变形值见表 A.2。
- 10.4.3 技术装置的允许和极限地表(地基)变形值见表 A.3。
- 10.4.4 暖卫工程管网的允许和极限地表(地基)变形值见表 A.5。
- 10.4.5 输电线路杆塔的允许地表(地基)变形值见表 A.6。
- 10.4.6 公路和高速公路的允许地表(路基)变形值见表 A.7。
- 10.4.7 光伏电站项目光伏组件与光伏支架构筑物的允许和极限地表(地基)变形值见表 A.8。
- 10.4.8 油气管道的允许和极限地表(地基)变形值见表 A.9。

10.5 评估内容

依据不同建设目标的评估准则,划分出建设目标在整个评估范围内适宜性好区、中等区、差区分区范围,依据分区结果调整不同建设目标在整个评估范围内的布局,制定建设目标的调整方案,决策防治措施。

11 防治措施和变形监测

11.1 防治措施分类

防治措施包括采空区治理措施、建筑保护措施。

11.2 防治措施选取原则

根据建设场地适宜性评估和地基稳定性评估结果,适宜性好和地基稳定的区域选用简易抗变形结构建筑保护措施;适宜性中等和地基基本稳定的区域选用抗变形结构建筑保护措施、简易采空区治理措施或综合措施;适宜性差和地基不稳定的区域选用采空区治理和抗变形结构建筑保护措施,如果措施费用过高、经济成本不合理时,选择异地建设。

11.3 采空区治理措施

包括采空区灌注充填法、跨越法、剥挖回填法、强夯法和爆破法等。具体措施应按照 GB 51180—

2016 执行。

11.4 建筑保护措施

11.4.1 建筑措施

建筑场地应当优先选择地表变形小、变形均匀的地段；建（构）筑物的长轴宜平行于地表下沉等值线走向布置；建（构）筑物体型应当力求简单、对称，平面形状以矩形为宜；建（构）筑物过长或立面高低起伏时，应当设置变形缝，变形缝应当由屋顶直至基础底面设置。

11.4.2 结构措施

建筑结构设计分刚性措施和柔性措施。

增强建筑物强度和刚度的刚性措施：砖混结构建筑物应当设置钢筋混凝土基础、层间、檐口圈梁及立柱；框、排架结构建筑物采用独立柱基础的，应当在各基础之间设置联系梁；对于地表不均匀沉降较敏感的重要建筑物，优先采用钢筋混凝土板式基础或十字交叉钢筋混凝土梁式基础、现浇楼面和屋面板。

增强建筑物柔性和可弯性的柔性措施：地基土要求均匀一致，承载力不宜过高；承载力高或承载力差异较大的地基，应在基础底面下置换适当厚度的砂层、碎石层或其他均匀垫层；宜采用浅基础，在基础底面设置水平滑动层；在地表压缩变形区内，宜设置变形缓冲沟措施。

11.5 防治措施方案内容

防治措施方案应当分析选用采空区治理措施、建筑保护措施以及涉及将来开采区域的还可以采取开采技术措施等的可行性、必要性，进行方案比选后确定采用一种或几种防治措施。采空区治理措施应初步确定采取何种治理方案、治理范围、简要的工艺参数以及预期效果等，建筑保护措施应初步确定建筑平面布局以及建筑和结构哪些保护措施等。

采空区治理措施实施之前应编制单独的采空区治理设计，建筑保护措施应进行专项抗变形建筑设计。

11.6 变形监测

对采空区地表建设场地，应在建（构）筑物建设和建设后进行场地和建（构）筑物的变形监测。

变形监测应设立基准点、工作基点、变形监测点，组成变形监测网，监测点应避开障碍物，便于观测和长期保存。

变形监测点埋设、监测内容、监测方法、监测精度、监测周期等应当符合 GB 50021—2001、GB 50026 和 JGJ 8—2016 的要求。

12 成果提交

12.1 成果内容

包括采空区地表建设地基稳定性评估报告书，各矿层采空区分布图、地表（残余）移动和变形等值线图、地表建筑适宜性评估分区图和有关的地质地貌剖面图等。

12.2 成果要求

采空区地表建设地基稳定性评估报告是评估工作最终成果，应当在综合分析全部资料的基础上进行编写。报告书参考附录 B。报告书要力求简明扼要、重点突出、论据充分、内容详实、结论可靠；附图规范、实用易懂、图面布置合理、美观清晰、便于阅读。

附录 A

(规范性)

建(构)筑物、装置等的允许和极限地表(地基)变形参考值

A.1 砖混结构建筑物的允许和极限地表(地基)变形值

对于长度或者变形缝区段内长度不大于 20 m 的砖混结构建筑物,其安全使用允许和极限地表(地基)变形值见表 A.1。

表 A.1 砖混结构建筑物的允许和极限地表(地基)变形值

建筑物及其特征	允许变形值			极限变形值		
	$\epsilon_A/(mm/m)$	$i_A/(mm/m)$	$K_A/(10^{-3}/m)$	$\epsilon_L/(mm/m)$	$i_L/(mm/m)$	$K_L/(10^{-3}/m)$
砖混结构建筑物	2.0	3.0	0.2	4.0	6.0	0.4

A.2 工业构筑物的允许和极限地表(地基)变形值

工业构筑物的允许和极限地表(地基)变形值见表 A.2。

表 A.2 工业构筑物的允许和极限地表(地基)变形值

构筑物及其特征		允许变形值			极限变形值			
		$\epsilon_A/(mm/m)$	$i_A/(mm/m)$	$K_A/(10^{-3}/m)$	$\epsilon_L/(mm/m)$	$i_L/(mm/m)$	$K_L/(10^{-3}/m)$	
地下蓄水池和沉淀池	钢筋混凝土	70/L	—	—	—	—	—	
	砖(有钢筋混凝土)	40/L	—	—	—	—	—	
塔形构筑物	在钢筋混凝土基础上长度小于 30 m 的筒仓式构架		—	7.0	—	—	12.0	—
	在混凝土和毛石混凝土基础上的水塔		3.0	8.0	—	5.0	12.0	—
	煤仓		—	8.0	—	—	—	—
	砖和钢筋混凝土烟囱	高度 20 m	—	10.0	—	—	—	—
		高度 30 m	—	8.0	—	—	—	—
		高度 40 m	—	7.0	—	—	—	—
		高度 50 m	—	6.0	—	—	—	—
		高度 60 m	—	5.0	—	—	14.0	—
		高度 70 m	—	4.5	—	—	10.0	—
	电视塔和无 线电转播塔	高度 ≤ 50 m	—	—	—	—	7.0	—
高度 > 50 m		—	—	—	—	5.0	—	
钢井架		—	6.0	—	—	—	—	

表 A.2 工业构筑物的允许和极限地表(地基)变形值(续)

构筑物及其特征			允许变形值			极限变形值		
			$\epsilon_A/$ (mm/m)	$i_A/$ (mm/m)	$K_A/$ ($10^{-3}/m$)	$\epsilon_L/$ (mm/m)	$i_L/$ (mm/m)	$K_L/$ ($10^{-3}/m$)
变电所	40×10 ⁴ V 室内变电所	有同步补偿器	—	—	—	6.0	—	—
		无同步补偿器	—	—	—	8.0	—	—
	露天变电所	(11×10 ⁴ V)~ (40×10 ⁴ V)	—	—	—	7.0	11.0	—
		<11×10 ⁴ V	—	—	—	10.0	14.0	—
浅仓	钢筋混凝土装载仓		—	—	—	—	—	0.33
	钢制装载仓		—	—	—	9.0	—	0.5
工业用炉(多排焦炉)			100/L	4.0	0.1	—	—	—
坝和堤	砖和混凝土的		—	—	—	2.5	—	0.08
	有溢水设施的土坝和堤		6.0	—	—	9.0	—	—
	无溢水设施的土坝和堤		4.0	—	—	—	—	—
索道	牵引站		—	—	—	4.0	—	—
	有单独基础的支座		—	—	—	4.0	—	—
	在整体钢筋混凝土基础上的 支座		—	—	—	7.0	12.0	—
注: L—构筑物的长度或直径,单位为米(m)。								

A.3 技术装置的允许和极限地表(地基)变形值

技术装置的允许和极限地表(地基)变形值见表 A.3。

表 A.3 技术装置的允许和极限地表(地基)变形值

技术装置及其特征		允许变形值			极限变形值		
		$\epsilon_A/$ (mm/m)	$i_A/$ (mm/m)	$K_A/$ ($10^{-3}/m$)	$\epsilon_L/$ (mm/m)	$i_L/$ (mm/m)	$K_L/$ ($10^{-3}/m$)
往复式压风机		—	4.0	—	—	—	—
桥式天车的轨道	横向	$\frac{35H}{m_c \cdot B \cdot d}$	5.0	—	—	—	—
	纵向	—	6.0	1/6	—	—	—
龙门吊车轨道	横向	—	—	1/12	—	—	—
	纵向	—	3.0	—	—	—	—
矿井提升绞车	滚筒直径 5 m	—	6.0	—	—	8.0	—
	滚筒直径 > 5 m	—	4.0	—	—	6.0	—

表 A.3 技术装置的允许和极限地表(地基)变形值(续)

技术装置及其特征		允许变形值			极限变形值		
		$\epsilon_A/$ (mm/m)	$i_A/$ (mm/m)	$K_A/$ ($10^{-3}/m$)	$\epsilon_L/$ (mm/m)	$i_L/$ (mm/m)	$K_L/$ ($10^{-3}/m$)
矿井扇风机	轴流式	—	—	—	7.0	10.0	—
	离心式	—	—	—	9.0	12.0	—
锅炉	立式水管式锅炉	—	—	—	8.0	10.0	—
	卧式水管式锅炉	—	—	—	12.0	20.0	—
长度大于 6 m 的旋床和大型龙门刨床		5.0	—	—	—	—	—
<p>注: H——柱子由基础底面到上部结构支座的高度,单位为米(m);d——柱子由天车轨道到上部结构支座的高度,单位为米(m);</p> <p>B——桥式吊车的跨度,单位为米(m);m_e——工作条件系数,按表 A.4 选用。</p>							

表 A.4 工作条件系数 m_e

建筑物(分段)的长(宽)度/m	<15	15~30	31~45	46~60	>60
m_e	1.00	0.85	0.70	0.60	0.50

A.4 暖卫工程管网的允许和极限地表(地基)变形值

暖卫工程管网的允许和极限地表(地基)变形值见表 A.5。

表 A.5 暖卫工程管网的允许和极限地表(地基)变形值

暖卫工程管网及其特征		允许变形值			极限变形值			
		$\epsilon_A/$ (mm/m)	$i_A/$ (mm/m)	$K_A/$ ($10^{-3}/m$)	$\epsilon_L/$ (mm/m)	$i_L/$ (mm/m)	$K_L/$ ($10^{-3}/m$)	
有接头的 煤气管,接头与管体 等强度	地面干管	8.0	—	—	15.0	—	—	
	地下干管和分送管, 钢管材质 为 3 号钢, 铺设在:	砂土上	2.5	—	—	—	—	—
		砂质黏土上	2.0	—	—	—	—	—
		中密实度黏土上	1.5	—	—	—	—	—
		密实黏土上	1.0	—	—	—	—	—
	地下干管和分送管,钢管材质优于 3 号钢,铺设在:	砂土上	3.5	—	—	—	—	—
		砂质黏土上	2.5	—	—	—	—	—
		中密实度黏土上	2.0	—	—	—	—	—
密实黏土上		1.5	—	—	—	—	—	
有接头的 输油管,接头与管体 等强度	地面干管	8.0	—	—	15.0	—	—	
	地下干管, 铺设在:	砂土上	3.0	—	—	6.0	—	—
		砂质黏土和黏土上	2.0	—	—	4.0	—	—

表 A.5 暖卫工程管网的允许和极限地表(地基)变形值(续)

暖卫工程管网及其特征		允许变形值			极限变形值			
		$\epsilon_A/$ (mm/m)	$i_A/$ (mm/m)	$K_A/$ ($10^{-3}/m$)	$\epsilon_L/$ (mm/m)	$i_L/$ (mm/m)	$K_L/$ ($10^{-3}/m$)	
供热管道	地面干管		10.0	—	—	15.0	—	—
	设于地沟内		6.0	6.0	—	10.0	12.0	—
	无地沟的干管和分送管,铺设在:	砂土上	4.0	5.0	—	7.0	8.0	—
		砂质黏土和黏土上	3.0	4.0	—	5.0	7.0	—
自来水管	地面干管		10.0	—	—	15.0	—	—
	地下钢管管道和分水管,铺设在:	砂土上	5.0	—	—	8.0	—	—
		砂质黏土和黏土上	4.0	—	—	6.0	—	—
	分区地下管		$[c]/S$	—	—	—	—	—
	有整体混凝土和钢筋混凝土干管沟的		1.0	—	0.05	—	—	—
排水管网	分区无压的		$[c]/S$	—	—	—	—	—
	有接头的钢制压力管道,接头和管体等强度	地面的	8.0	—	—	15.0	—	—
		地下的,铺设在砂土上	4.0	—	—	6.0	—	—
		地下的,铺设在砂质黏土和黏土上	3.0	—	—	5.0	—	—

注: $[c]$ ——接头的补偿能力,单位为毫米(mm);S——管子的长度,单位为米(m)。

A.5 输电线路杆塔的允许地表(地基)变形值

输电线路杆塔的允许地表(地基)变形值见表 A.6。

表 A.6 输电线路杆塔的允许地表(地基)变形值

电压等级	变形类别	钢筋混凝土电杆	钢管杆	角铁塔	钢管塔
110(66)kV~750 kV 交流	直线杆塔倾斜度(包括挠度)/‰	15	5 (倾斜度)	5(50 m 及以上铁塔) 10(50 m 以下铁塔)	5
1 000 kV 交流	直线杆塔倾斜度/‰	—	—	3(100 m 以下铁塔) 1.5(100 m 及以上铁塔)	—
	直线猫头塔 K 点水平位移/mm	—	—	75	
±660 kV 直流	铁塔倾斜度(包括挠度)/‰	—	—	2.5(100 m 以下铁塔) 1.5(100 m 及以上铁塔)	5

表 A.6 输电线路杆塔的允许地表(地基)变形值(续)

电压等级	变形类别	钢筋混凝土电杆	钢管杆	角钢塔	钢管塔
±800 kV 直流	杆塔倾斜度 (包括挠度)/%	2.5(100 m 以下杆塔) 1.5(100 m 及以上杆塔)			
注: 35 kV 交/直流输电线路参照 110(66)kV~750 kV 交流输电线路变形允许值执行。					

A.6 公路和高速公路的允许地表(路基)变形值

公路和高速公路的允许地表(路基)变形值见表 A.7。

表 A.7 公路和高速公路的允许地表(路基)变形值

工程类型			变形指标		
			$\epsilon_A/(mm/m)$	$i_A/(mm/m)$	$K_A/(10^{-3}/m)$
路基	高速公路、一级公路	高级路面	3.0	4.0	0.30
	二级及二级以下公路	高级及次高级路面	3.0~4.0	4.0~6.0	0.30~0.40
		简易路面	6.0	10.0	0.60
桥梁	简支结构		2.0	3.0	0.20
	非简支结构		1.0	2.0	0.15
隧道			2.0	3.0	0.20
注: 该表不包括对变形有严格要求的复杂结构桥梁和隧道工程。					

A.7 光伏电站项目光伏组件与光伏支架构筑物的允许和极限地表(地基)变形值

光伏电站项目光伏组件与光伏支架构筑物的允许和极限地表(地基)变形值见表 A.8。

表 A.8 光伏电站项目光伏组件与光伏支架构筑物的允许和极限地表(地基)变形值

工程类型	允许变形值			极限变形值		
	$\epsilon_A/(mm/m)$	$i_A/(mm/m)$	$K_A/(10^{-3}/m)$	$\epsilon_L/(mm/m)$	$i_L/(mm/m)$	$K_L/(10^{-3}/m)$
光伏电站项目光伏组件与 光伏支架构筑物	—	6.0	—	—	12.0	—

A.8 油气管道的允许和极限地表(地基)变形值

油气管道的允许和极限地表(地基)变形值见表 A.9。

表 A.9 油气管道的允许和极限地表(地基)变形值

工程类型	允许变形值			极限变形值		
	$\epsilon_A/(mm/m)$	$i_A/(mm/m)$	$K_A/(10^{-3}/m)$	$\epsilon_L/(mm/m)$	$i_L/(mm/m)$	$K_L/(10^{-3}/m)$
油气管道	2.0	3.0	0.25	6.0	6.0	0.40

附 录 B
(资料性)
地基稳定性评估报告示例

地基稳定性评估报告可参照图 B.1 进行编制。

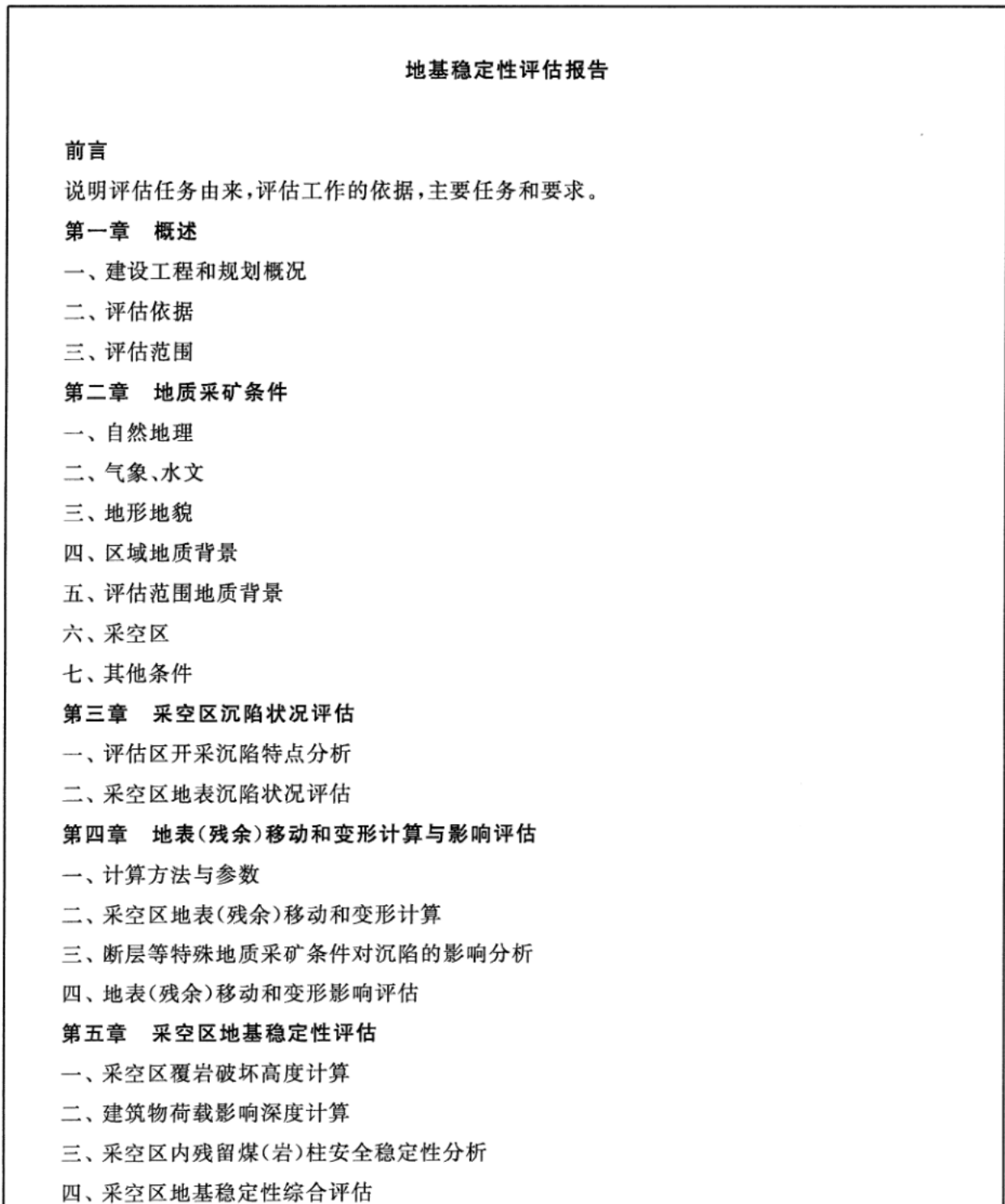


图 B.1 地基稳定性评估报告示例

<p>第六章 建设适宜性评估</p> <p>一、建设适宜性评估原则与评估标准的确定</p> <p>二、建设场地适宜性分区评估</p> <p>三、建设可行性评估</p> <p>第七章 防治措施和变形监测</p> <p>一、采空区治理措施</p> <p>二、建筑保护措施</p> <p>三、变形监测方案</p> <p>第八章 结论与建议</p>

图 B.1 地基稳定性评估报告示例（续）

参 考 文 献

[1] 国家安全监管总局,国家煤矿安监局,国家能源局,等.建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规范[M].北京:煤炭工业出版社,2017.
