

DB41

河南省地方标准

DB 41/T 1648—2018

采空区公路勘察设计规范

2018 - 07 - 30 发布

2018 - 10 - 30 实施

河南省质量技术监督局 发布

目 次

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 总则 5

5 勘察工作内容 5

 5.1 一般规定 5

 5.2 工可勘察 6

 5.3 初步勘察 6

 5.4 详细勘察 7

6 工程地质调绘 8

 6.1 一般规定 8

 6.2 调绘内容 8

 6.3 调绘方法 9

 6.4 调绘报告 9

7 工程物探 9

 7.1 一般规定 9

 7.2 物探方法 10

 7.3 物探报告 10

8 钻探与取样 11

 8.1 一般规定 11

 8.2 钻探方法 11

 8.3 资料整理 13

9 原位测试及室内试验 13

10 地下水 13

 10.1 一般规定 14

 10.2 地下水调查及参数测定 14

 10.3 地下水作用评价 14

11 采空区变形监测 14

 11.1 一般规定 15

 11.2 变形监测 15

 11.3 监测报告 16

12 采空区变形预测 17

 12.1 一般规定 17

12.2 预测内容.....	17
12.3 预测方法与参数选取.....	17
13 采空区场地评价.....	17
13.1 一般规定.....	18
13.2 场地稳定性评价.....	19
13.3 建设适宜性评价.....	21
13.4 地基稳定性评价.....	23
14 采空区公路设计.....	23
14.1 一般规定.....	23
14.2 路线设计.....	24
14.3 路基路面设计.....	24
14.4 桥隧设计.....	25
14.5 交安设计.....	25
15 采空区治理设计.....	25
15.1 一般规定.....	25
15.2 治理设计.....	26
16 采空区勘察与治理设计报告.....	34
16.1 一般规定.....	34
16.2 勘察报告.....	34
16.3 治理报告.....	35
16.4 文件归档.....	36
附录 A（资料性附录） 采空区覆岩破坏类型.....	37
附录 B（资料性附录） 采空区专项调查.....	38
附录 C（资料性附录） 保护矿柱留设与压矿量计算.....	39
附录 D（资料性附录） 采空区地表移动盆地分区.....	43
附录 E（资料性附录） 工程物探方法及适用范围.....	45
附录 F（资料性附录） 采空区钻探方法.....	46
附录 G（规范性附录） 采空区变形监测.....	48
附录 H（规范性附录） 采空区变形预测.....	52
附录 I（规范性附录） 不规则开采安全系数计算.....	54
附录 J（资料性附录） 采空区公路设计.....	58

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由河南省交通运输厅提出。

本标准起草单位：河南省交通规划设计研究院股份有限公司。

本标准主要起草人：杨锋、万战胜、张永雨、高德、魏俊锋、邢小伟、赵甜。

本标准参加起草人：王振民、黄勇博、张世明、李富盈、黄新、雷东锋、王亚奇、陈东海、李永新、朱涛、阮成瑞、韩叙领、关梁超、刘雪、杨博、王卫中、边俊鹏、冯振华、杜鹏瑞、赵伟、马威、李松、谢金伟、张建卫、王博生、韩玉龙、郭永祥、周毛毛、董海婷、周向向、巩立国、李久鹏、李沛、王轲、王利超、杜晓强、卢彦、王场、王宝忠、牛路、雷志强、孙永庆。

采空区公路勘察设计规范

1 范围

本标准规定了煤矿采空区公路勘察与设计内容。

本标准适用于采空区场地新建、改（扩）建公路的勘察与设计。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 50021 岩土工程勘察规范
GB 50026 工程测量规范
GB 50585 岩土工程勘察安全规范
GB 51044 煤矿采空区岩土工程勘察规范
GB 51180 煤矿采空区建（构）筑物地基处理技术规范
JTG C20 公路工程地质勘察规范
JTG/T C22 公路工程物探规程
JTG D30 公路路基设计规范
JTG/T D31-03 采空区公路设计与施工技术细则
JTG D63 公路桥涵地基与基础设计规范
JTG D70 公路隧道设计规范
JTG E40 公路土工试验规程
JTG E41 公路工程岩石试验规程
DZ/T 0286 地质灾害危险性评估规范
JGJ/T 87 建筑工程地质勘探与取样技术规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

采空区

地下固体矿床开采后的空间，及其围岩失稳而产生位移、开裂、破碎垮落，直至发展到地表所引起的岩层和地表变形的范围。狭义的采空区为地下开采空间。

3.2

回采率

矿产采出量占工业储量的百分比。

3.3

采深采厚比

矿层开采深度与法向开采厚度的比值。

3.4

保护矿柱

为了保护建（构）筑物、水体、铁（公）路及主要井巷，在其下方或周围按一定规则和方法设计保留不采的矿层和岩层区段。

3.5

围护带

设计保护矿柱划定地面受护对象范围时，为安全起见沿受护对象四周所增加的带形面积。

3.6

开采沉陷

地下采矿引起岩层移动和地表沉陷的现象和过程。

3.7

岩层移动

因采矿引起的采场围岩直至地表的移动、变形和破坏的现象和过程。

3.8

覆岩破坏“三带”

矿层采出后，其上覆岩层按其破坏程度可分为垮落带、断裂带、弯曲带，简称“三带”。

3.9

垮落带（冒落带）

由采矿引起的上覆岩层破裂并向采空区垮落的岩层范围。

3.10

断裂带（裂隙带）

垮落带上方的岩层产生断裂或裂缝，但仍保持原有层状的岩层范围。

3.11

弯曲带

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

3.12

抽冒

在浅部厚矿层、急倾斜矿层及断层破碎带和基岩风化带附近采矿或者掘巷时，顶板岩层或者矿层本身在较小范围内垮落超过正常高度的现象。

3.13

切冒

当厚层极硬岩层下方采空区达到一定面积后，发生直达地表的岩层一次性突然垮落和地表塌陷的现象。

3.14

采动边坡

位于采动影响范围内的边坡。

3.15

老采空区

已停止开采且地表移动变形衰退期已经结束的采空区。

3.16

新采空区

正在开采或虽已停采但地表移动变形仍未结束的采空区。

3.17

未来（准）采区

具有采矿权企业已经规划设计，尚未开采的采区。

3.18

小窑采空区

一般指采空范围较窄、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。

3.19

浅层采空区

采深小于 50 m或采深采厚比小于30的采空区。

3.20

中深层采空区

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

3.21

深层采空区

采深大于200 m或采深采厚比大于60的采空区。

3.22

水平（缓倾斜）采空区

矿层水平或倾角小于15°的采空区。

3.23

倾斜采空区

矿层倾角介于15°~55°的采空区。

3.24

急倾斜采空区

矿层倾角大于55°的采空区。

3.25

长壁式开采

采矿工作面长度一般在60 m以上的采矿方法，分走向长壁开采和倾向长壁开采。

3.26

短壁式开采

工作面长度一般在60 m以下的采矿方法。

3.27

房柱式开采

从区段平巷每隔一定距离掘出矿房进行采矿至区段上部边界，后退扩采矿房两侧矿柱的采矿方法。

3.28

条带开采

将开采区域划分成规则条带，采一条、留一条，以保留矿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两大类。

3.29

充填开采

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。

3.30

充分采动

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

3.31

非充分采动

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

3.32

超充分采动

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

3.33

地表移动

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。

3.34

地表下沉盆地

由采矿引起的采空区上方地表移动的范围，通常称地表移动盆地或地表塌陷盆地。一般按边界角或者下沉10 mm点划定其范围。

3.35

地表移动盆地边界

地表受开采影响的边界，一般以下沉10 mm确定。

3.36

移动盆地主断面

通过地表移动盆地的最大范围和最大下沉点所做的沿矿层走向方向或倾斜方向的垂直剖面。

3.37

地表移动延续时间

一定区域开采条件下，从地表移动开始（下沉达到10 mm）到结束（连续6个月内下沉小于30 mm）的整个时间。

3.38

地表移动初始期

由地表最大下沉点下沉10 mm时开始，到地表最大下沉点下沉速度达50 mm/月（1.7 mm/d）时所经历的时间，视为地表移动初始期。

3.39

地表移动活跃期

在移动过程的延续时间内，地表最大下沉点下沉速度大于50 mm/月（1.7 mm/d）（矿层倾角小于45°），或大于30 mm/月（1.0 mm/d）（矿层倾角大于45°）所经历的时间，视为地表移动活跃期。

3.40

地表移动衰退期

从地表活跃期结束到移动期结束的阶段，视为地表移动衰退期。

3.41

下沉系数

水平或近水平矿层充分采动条件下，地表最大下沉值与采厚之比。

3.42

边界角

在充分或接近充分采动条件下，移动盆地主断面上的边界点（下沉10 mm 点）与采空区边界之间的连线和水平线在矿柱一侧的夹角。

3.43

移动角

在充分或接近充分采动条件下，移动盆地主断面上，地表最外的临界变形（水平变形 $\varepsilon = +2 \text{ mm/m}$ ，倾斜 $i = \pm 3 \text{ mm/m}$ ，曲率 $K = +0.2 \times 10^{-3}/\text{m}$ ）点和采空区边界点连线与水平线在矿壁一侧的夹角。

4 总则

4.1.1 采空区工程地质勘察阶段可分为可行性研究勘察（以下简称工可勘察）、初步勘察、详细勘察等。

4.1.2 路线通过采空区及未来（准）采区场地时，应按基本建设程序进行工程地质勘察。

4.1.3 采空区勘察应制定勘察大纲与技术要求。

4.1.4 采空区工程地质勘察应在充分查明采空区地质特征的基础上，评价采空区场地稳定性、工程建设适宜性和地基稳定性，提供的勘察成果资料应满足不同设计阶段技术要求。

4.1.5 公路选线宜避让不稳定采空区、生产采区及规划采区；无法避让时，穿越采空区路段宜选择场地稳定性较好的位置通过，压矿路段宜选择资源压覆量少，对矿企生产影响较小的位置通过。

4.1.6 处治方案设计应结合路基、桥涵、隧道工程可承受变形的限度，采用结构选型，构造措施，地基处理等综合措施。

4.1.7 重视未来（准）采区对项目建设的影 响。对设计、施工及运营阶段受到采矿持续采动影响的复杂采空区建设场地，应对公路建设技术安全问题作专题研究。

4.1.8 采空区勘探过程的安全防护措施应符合 GB 50585 的规定外，尚应重点防止采空区内有害气体、地表裂缝和隐伏塌陷坑洞等对人员、设备等造成潜在危害。

5 勘察工作内容

5.1 一般规定

5.1.1 公路项目采空区勘察主要内容如下：

- a) 查明采空区上覆岩层和地基土的地层岩性、区域地质构造等工程地质条件。
- b) 查明采空区开采历史、开采现状、开采规划、开采方法、开采深度和顶板管理方法等。
- c) 查明采空区的井巷分布、断面尺寸及相应的地表出露位置等。
- d) 查明采空区覆岩垮落类型、发育规律、岩性组合及其稳定性；采空区覆岩破坏类型可根据矿区资料，结合附录 A 进行确定。
- e) 查明地下水的赋存类型、分布范围、补给排泄条件及变化幅度，分析评价地下水对采空区场地稳定性的影响。
- f) 查明地表移动变形盆地特征，采动裂缝、台阶、塌陷分布范围和规律，建筑物开裂损害程度及使用情况等，收集当地采空区已有建筑物变形和防治措施经验。
- g) 分析评价对项目建设安全有关的有害气体的类型、分布范围和危害程度，结合矿区经验提出预防措施。
- h) 预测采空区地表移动变形特征和规律，分析评价采动变形对公路建（构）筑物的可能影响与病害发育趋势。
- i) 结合采空区场地稳定性评价和结构物抗变形特性，综合评价其作为工程建设场地的适宜性，并提出采空区治理建议。

5.1.2 采空区场地拟建建（构）筑物工程地质勘察勘探点布置、岩（土）和水试样采取及试验、原位测试项目及数量等除了应符合本标准 8.2 要求外，还应满足 JTG C20 相关要求。

5.2 工可勘察

5.2.1 工可研究阶段采空区工程地质勘察应对场地的稳定性和工程建设的适宜性进行初步评价，为路线走廊带及重要工点的方案比选提供地质依据。

5.2.2 工可勘察以资料搜集、采空区专项调绘为主，必要时辅以大比例尺航卫片解译以及少量勘探工作，并结合附录 B 开展采空区调查工作。

5.2.3 工可勘察包括下列主要工作内容：

- a) 搜集采空区场地地质、交通、气象和地震等资料，初步查明公路建设范围内地质条件和矿产分布情况。
- b) 搜集采空区场地地下采掘和采动影响资料，初步查明路线走廊范围内采掘及资源压覆情况、采空区分布范围及其要素特征、地表移动变形和建筑物变形情况，以及由于地表塌陷、变形引起的其它不良地质作用情况。
- c) 在搜集和分析已有资料的基础上，通过踏勘了解场地地层、构造、岩性、不良地质作用和地下水等工程地质条件，校验收集资料的准确性和完整性。
- d) 在资料分析与踏勘基础上开展技术分析工作，并结合当地采空区场地建筑物使用情况和建筑经验等，对采空区场地拟建结构的采动危害程度和发展趋势作出判断，对建筑场地的稳定性和工程建设的适宜性进行初步评价。
- e) 当拟建建（构）筑物位于未来（准）采区时，可参见附录 C 进行压矿量计算，并对未来采区开采对项目建设安全影响给出评价与建议。

5.2.4 工可勘察的调绘范围沿路线方向长度应为下伏采空区及变形影响范围，宽度为公路中线两侧各不宜小于 1000 m。调绘范围应包括影响项目安全的未来（准）采区路段。

5.3 初步勘察

5.3.1 初步勘察应基本查明对采空区起主导作用的工程地质条件及因采空区地表沉陷、变形等引起的各种不良地质现象；对建筑场地的稳定性和适宜性进行评价与分区，为确定采空区治理方案、建（构）筑物选型、布置及地基基础设计等提供初步的设计依据。

5.3.2 初步勘察应在工可勘察基础上进一步搜集有关地质、采矿和采动影响的技术资料，并以采空区专项调绘和工程物探为主，辅以适当的钻探验证、水文地质观测试验，必要时可进行地表变形观测。

5.3.3 初步勘察包括下列工作内容：

- a) 搜集采空区场地公路设计资料，具体包括地形图、路线图、结构物设计资料等，基本掌握项目设计情况和结构物技术特征等。
- b) 搜集区域地质报告、区域水文地质报告、勘察区资源勘探地质报告、矿井地质报告等资料。
- c) 搜集采矿资料，具体包括最近年度动检报告、井上下对照图、采掘工程平面图、储量图、采掘规划图等。
- d) 开展采空区专项调绘，校验收集资料的准确性，基本查明采空区分布范围、开采历史和计划、开采方法、开采边界、顶板管理方法、覆岩种类及破坏类型等。
- e) 基本查明地质构造、地貌单元、地层岩性、工程地质条件、有害气体赋存情况等。
- f) 基本查明地下水类型、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。
- g) 分析计算采空区地表已完成的移动变形量及剩余变形量，进行场地稳定性与工程建设适宜性评价与分区。

- h) 对可能采取的采空区治理方案进行分析评价，并对公路设计提出技术建议。

5.3.4 初勘工作应符合下列规定：

- a) 勘察范围沿路线长度应为下伏采空区的影响范围，宽度为路线中心两侧各不宜小于 500 m，并应满足可能的采空区治理工程范围要求；勘察深度应大于采空区埋深。
- b) 工程物探方法应根据场地地形与地质条件、采空区埋深与分布及其与周围介质的物性差异等综合确定，探测有效范围应满足技术需要，物探线不应少于 3 条，路线中线应有 1 条；对于资料缺乏或掌握程度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；物探线距与点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 10 m~30 m。
- c) 工程钻探点的布置应根据搜集资料的完整性和可靠性、物探成果、调绘成果、建（构）筑物特点等综合确定，重点用于对收集资料与物探成果的验证和对采空区赋存特征的控制。对于资料丰富、掌握程度可靠的采空区场地可少量布置；对于资料缺乏、可靠性差的采空区场地，应根据物探成果，对物性异常地段加密布置。钻孔深度应达到开采矿层底板以下不少于 3 m，并满足孔内物探需要。钻探地质描述除应满足一般的工程地质描述要求外，尚应重点描述采空区三带特征。
- d) 当拟建场地地下伏有新采空区时，应进行地表变形观测；当拟建场地地下伏有老采空区时，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标准 11.2 相关技术要求。

5.4 详细勘察

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

5.4.2 详细勘察阶段以工程钻探为主，辅以必要的调绘、物探、变形观测、井下测量等。

5.4.3 详细勘察在初勘工作的基础上，进一步完成下列内容：

- a) 搜集采空区场地地形图、路线图、结构物设计图等资料，掌握项目设计情况和重要结构物技术特征。
- b) 查明对工程建设有影响的采空区分布、规模、历史及其它要素特征，覆岩破坏类型及分布、地表塌陷、移动变形特征等。
- c) 查明采空区上覆岩层结构及岩性，地基土物理力学指标及基础设计参数等。
- d) 查明地下水类型、埋藏条件、补给来源及腐蚀性，采空区充水情况及水文地质条件变化对采空区稳定性的影响。
- e) 查明对工程施工和运营有影响的有毒、有害气体的类型、浓度及运移特征等。
- f) 提供路基和结构物基础设计、施工所需的岩土工程参数和采空区治理、地基基础处理方案建议。

5.4.4 详细勘察的勘探工作应符合下列规定：

- a) 勘察范围沿路线长度应为压覆采空区的影响范围；宽度应为初勘阶段所确定的采空区影响宽度，并考虑新采和复采的影响；勘探深度应达到采空区底板以下 3 m。
- b) 采空区专项调绘应对初勘阶段确定的采空区范围进行核实，并对初、详勘阶段相隔时间段内采空区变化情况进行补充调查。
- c) 地表变形监测宜沿用初勘阶段观测网，按周期持续观测，初勘后新采和复采的采空区，或当场地位移较大时，应扩大原有观测网控制范围，观测技术要求应满足场地稳定性评价技术需求。
- d) 钻探应在初勘工作基础上结合工程类型及规模恰当布置，钻孔数量应满足场地稳定性评价及重要结构物采动风险控制需求。钻探深度应达到采空区底板以下不小于 3 m。钻探宜一孔多用，完成采空区地层及地下水勘探、原位测试与取样、孔内物探等多项工作。

- e) 孔内物探宜采用综合测井、跨孔物探、孔内电视等方法。地面物探应结合钻探成果进行二次解译；对于初勘后新采和复采的采空区，宜进行补充物探。

6 工程地质调绘

6.1 一般规定

6.1.1 采空区工程地质调绘应与路线及沿线结构物设置相结合，为路线方案比选、结构物选址以及勘探、测试工作量的布置等提供依据。

6.1.2 调绘长度方向应为下伏采空区及变形影响范围，并适当沿公路纵向大小桩号方向各延伸 200 m~500 m；工可阶段调绘宽度为路线两侧各不宜小于 1000 m，初勘阶段调绘宽度为公路路线两侧各不宜小于 500 m，详勘调绘范围应根据初勘确定的采空区影响范围，考虑新采和复采的影响，并应满足可能的采空区治理工程范围要求。调绘的比例尺应符合下列要求：

- a) 工可勘察阶段 1: 10000~1: 50000；
- b) 初勘、详勘阶段 1: 1000~1: 2000；
- c) 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。

6.1.3 地质界线和地质观测点的调绘精度，在图上不应低于 2 mm，界线误差不应超过 0.5 mm。对不同勘察阶段、不同复杂程度的采空区场地，调绘精度可有所侧重。

6.2 调绘内容

6.2.1 采空区调绘应收集以下资料：

- a) 地质资料：包括区域地质勘察报告、区域水文地质报告、项目压覆资源报告和地灾评估报告及相应的图纸资料。反映矿产赋存特征的矿体勘探报告及相关图纸资料。矿企生产中掌握的与采空区场地评价密切相关的技术资料。
- b) 采矿资料：具体包括采掘工程平面图、井上下对照图、采区平面布置图、矿产开采规划图以及相关的文字资料。
- c) 采动资料：采空区的覆岩破坏和地表移动变形调绘和观测资料，采动引起的地质灾害防治工程的勘察设计及施工技术资料。
- d) 建筑经验：收集拟建采空区场地已有工程的处治、设计、施工和修复等技术资料。

6.2.2 采空区调绘应包含下列主要内容：

- a) 地形地貌、地质构造、地层岩性、矿层厚度及产状分布。
- b) 滑坡、崩塌、陷坑、裂缝、煤矸石渣堆、泥石流等不良地质体（作用）的类型、成因、分布范围、基本特征和发育规律及其与采空区地表变形的相互关系。
- c) 对地震动峰值加速度大于或等于 0.10 g 的勘察区，应调查当地由地震造成的地质灾害现象、宏观震害和烈度异常区（带）的范围。
- d) 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。
- e) 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、矿柱留设情况和采区划分等。
- f) 调查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，地表移动盆地分区参见附录 D；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。

- g) 调查采空区采动地层垮落带、断裂带和弯曲带高度、采空区充填情况及密实度；有条件的矿区可进入巷道进行内部测绘，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。
- h) 矿区突水、冒顶和有害气体赋存及发生情况。
- i) 采动影响场地已有建（构）筑物的类型、基础形式、变形破坏情况及其原因。

6.3 调绘方法

6.3.1 采空区调绘应充分收集、分析采空区场地已有矿产勘探和采掘资料，进行踏勘测绘、井下测量、地表变形观测、地面建筑物破坏情况调查等。实地调绘方法可根据采空区特征采用测线测绘法、界线追踪法、露头标绘法和井下测量等。

6.3.2 调绘点可用手持 GPS 定位并拍摄照片，同时应记录调绘点的地形地貌、地表裂缝发育程度、沉降变形情况等内容；当调绘点附近有建筑物时，应记录建筑物、民井变形破坏和使用情况以及当地建筑经验等。

6.3.3 调绘点的布置应符合下列要求：

- a) 调绘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，调绘点应具有代表性。
- b) 每个地质单元体均应有调绘点，调绘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、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分布区。
- c) 岩层露头、地层界线、断层、地面塌陷、地表裂缝、地表井巷、可能受影响的建筑物等宜布置调绘点。

6.3.4 工程地质调绘手段的选用、工作量的布置、精度要求需结合采空区场地复杂程度、构筑物特点和勘察阶段任务要求等综合确定，并满足勘察设计技术要求。

6.4 调绘报告

采空区调绘报告的编写应符合下述规定：

- a) 采空区工程地质调绘成果应及时整理，并编制对应的文字材料或调绘报告。
- b) 工程地质平面图，除标注地层岩性、地质构造、不良地质等常规内容外，还应标出路线、矿界、井口、采空区（巷道）位置、地表移动范围、地表裂缝分布等采空区要素。
- c) 工程地质断面图除标注常规地质内容外，还应标出矿界，采空区（巷道）位置，垮落带、断裂带、弯曲带，地表塌陷、裂隙位置及深度，开采移动角等角量参数。
- d) 整理其它有关的图表及影像资料。

7 工程物探

7.1 一般规定

7.1.1 公路建设遇到的采空区场地，当资料缺乏或可靠性较差，对采空区技术特征难以准确把握时应进行工程物探。

7.1.2 物探应在搜集采空区地质、采矿、采动等资料基础上，结合现场踏勘情况，选择合适有效的方法进行。物探方法的应用需符合下列技术条件：

- a) 被测地质体或岩土体的尺度应具有相应的施工和观测条件；
- b) 被测地质体或岩土体应具有足够的物性差异；
- c) 干扰背景不影响有效信号的观测和识别；

d) 不利的地形、地物不致影响正常的推断与解译。

7.1.3 物探成果判译时，应结合收集资料和踏勘成果进行综合判译，并宜布置适量钻孔进行验证和二次解译。

7.2 物探方法

7.2.1 采空区场地物探方法的选用应满足相应的地球物理条件，并宜通过现场试验确定物探技术参数。初步可结合现场地形地质条件和采空区赋存情况，根据勘探的目的和技术要求，参见附录 E 选择相应的地面物探或井内（间）物探方法。

7.2.2 对于单一方法不易判定的采空区，宜采用两种或两种以上的物探方法进行综合解译。可先选择一种物探方法进行大面积扫面，再用第二种方法在异常区加密探测，物探组合可参考表 1 调试选用。

表1 物探组合方法

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

7.2.3 采空区物探内容应视现场条件而定，一般包括：

- a) 采空区范围、埋藏深度、采空巷道的大小及充填情况。
- b) 覆盖层和顶板岩层厚度、覆岩塌陷破坏情况和密实程度等。
- c) 地下水埋藏和分布情况。

7.2.4 物探野外作业工作参数的选择，检查点的数量，观测精度，测点或测线平面布置和高程的测量精度等，应符合 JTG/T C22 相关规定，并满足勘察技术需要。

7.2.5 工程物探使用的设备应符合工程物探要求，外业工作严格遵守操作程序，符合相应的安全规定。外业记录应真实、详细、全面。物探外业工作完成后，应进行检查验收。

7.3 物探报告

7.3.1 物探资料解译应符合下列规定：

- a) 物探资料应在充分掌握测区各项物性参数和其它勘探方法获得的地质资料基础上进行整理解译。对于综合物探资料，各种方法的解译成果应相互补充、互相验证，并经综合分析研究后取舍。
- b) 所需物性参数宜通过多种方法求得，必要时选择典型断面作正演计算；在分析各项物性参数的基础上，按从已知到未知、先易后难、点面结合的原则进行。
- c) 说明探测对象的形态、产状、延伸等要素，并充分利用钻孔资料对解译成果进行修正。

7.3.2 物探工作完成后应编制物探报告。物探报告应由说明书、图件和附件组成。物探报告应在综合分析的基础上编制，编制的报告应内容全面，重点突出，结论明确，结构严谨，文字简练，图表齐全。物探报告的编制应符合下列规定：

- a) 物探成果报告包括：项目概况，任务来源和技术要求，地形地质条件，采空区分布，工作方法的选择与确定，仪器设备工作参数，完成的工程量，采空区的地球物理特征，技术资料的解译与推断，物探成果的验证要求，结论和建议等。

- b) 附图包括：工程布置图、成果平面图、断面图、测试成果曲线图、解译成果图等。其中解释成果图至少应包括工程物探异常区域、采空区平面分布及断面图（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、成果解译表、精度表等。
- c) 附件包括基础数据、原始记录、影像资料等。

8 钻探与取样

8.1 一般规定

- 8.1.1 采空区钻探工作应在工程地质调绘、工程物探和变形监测的基础上，验证采空区、巷道的分布范围及其覆岩破坏类型与发育特征，并开展原位测试与试验工作。
- 8.1.2 岩土试样的采取位置、数量、技术要求等应结合勘察阶段、勘察目的、地层条件、采空区覆岩破坏特征等综合确定，并满足场地稳定性评价技术需求。
- 8.1.3 工程地质钻探应与物探、原位测试、试验等工作密切配合，重视钻孔的综合利用。

8.2 钻探方法

8.2.1 钻探勘察内容

- 8.2.1.1 查明工作区的地层结构，地下采空区的埋深、厚度、顶底板岩性和地基土的物理力学性质等，并建立柱状图。
- 8.2.1.2 查明采空区垮落带、断裂带和弯曲带的分布、密实程度和发育状况。
- 8.2.1.3 查明采空区地下水赋存情况，包括地下水的类型、水力联系、水位和水量等。
- 8.2.1.4 采集岩、土、水样品，测试岩土物理力学指标和水土腐蚀性等。
- 8.2.1.5 进行必要的原位测试及注水或抽水试验，测试岩体物理力学性质，裂隙发育及风化程度等。
- 8.2.1.6 利用钻孔进行必要的井内物探，如超声波测井、弹性波 CT 和孔内摄像等。
- 8.2.1.7 查明对项目建设安全有影响的采空区有毒、有害气体赋存状况。

8.2.2 钻探布置原则

- 8.2.2.1 应布置在地表变形较大及物探异常的区域。
- 8.2.2.2 钻孔应结合构筑物布置，桥梁钻孔应尽量布置在墩台处。
- 8.2.2.3 钻孔深度应达到采空区或矿层底板以下不小于 3 m。
- 8.2.2.4 不同勘察阶段可结合现场情况参考表 2 合理布孔，以能查明采空区赋存特征，满足技术需求为准。物探解译异常区原则上不宜少于 1 孔；初设阶段采空区桥梁勘察宜隔墩布孔，施工图阶段桥梁勘察宜逐墩布孔；采空区隧道勘察不宜少于 2 孔。

表2 隧道、路基钻孔布置参考值

单位为个

工程类型	采空区长度（m）		
	≤500	500~2000	≥2000
隧道	2~4	4~6	≥7
路基	1~3	3~5	≥6

注：初勘取低值，详勘取高值。

8.2.3 钻探技术要求

- 8.2.3.1 孔位平面误差应小于 0.5 m，高程误差应小于 0.05 m。钻孔直径可参考 JGJ/T 87 相关规定选用，并应满足岩土试验和孔内测试的要求。
- 8.2.3.2 采空区钻进方法和钻进工艺应根据岩土类别、岩土可钻性分级和钻探技术要求确定。破碎地层和含空洞地层的钻进方法和技术要点参见附录 F 论述。
- 8.2.3.3 钻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、地下水水位及岩芯采取率等反映采空区“三带”特征的钻探要素。钻探施工要点与技术要求应符合表 3 的规定，采空区“三带”的确定宜通过钻探现场描述并辅以测井资料综合确定。

表3 钻探施工要点与技术要求

钻机	钻具	冲洗液	现场技术要求	钻孔编录
根据采空区所处的地形和埋深合理选用钻机，必要时可采用地锚加固钻架。	1)完整地层可用普通单管钻具钻进。 2)软硬互层、破碎松散地层宜采用压卡式单动双管钻具钻进。 3)坚硬岩层宜采用喷射式反循环钻具钻进。	1)为了统计地层耗水量、冲洗液消耗量，一般采用清水钻进，为治理时的注浆量确定提供直接的参考依据。 2)黄土地层可采用无冲洗液钻进。 3)冲洗液和护壁堵漏材料可结合实际情况，参考 JGJ/T87 相关规定选用。	1)地下水位，标志地层界面及采空区顶底板测量误差应控制在 ± 0.05 m以内。 2)取芯钻进回次进尺应限制在2 m以内。 3)除原位测试及有特殊要求的钻孔外，一般钻孔均应全孔取芯，取芯率参见表4。 4)注意观测地下水位并进行简易水文地质观测。 5)孔斜每百米宜小于1°。	1)现场记录应及时、准确、按回次进行，不得事后追记。 2)描述内容要规范、完整、清晰。 3)钻孔记录和岩芯编录，应由专业技术人员承担。

- 8.2.3.4 钻孔冲洗液和护壁堵漏材料选用应根据采空区预测的覆岩破坏类型特征、覆岩岩性、任务要求、钻进方法、设计条件和环境保护等确定。
- 8.2.3.5 钻孔应全孔取芯，钻探每个回次进尺不得大于 2 m，岩芯采取率应符合表 4 要求，断层破碎带和三带区段宜提高岩芯采取率，并不得遗漏对工程有重要影响的软弱夹层和滑动面等。

表4 采空区钻探岩芯采取率

岩土类别	岩芯采取率 (%)
黏土层	≥ 90
砂类土层、强风化岩层	≥ 65
完整岩层	≥ 80
碎石土层、破碎岩层、裂隙带地层	≥ 50
垮落带地层	≥ 30

8.2.4 取样与试验

- 8.2.4.1 采空区埋深小于 50 m，对每个钻孔内岩石力学性质相近的岩层，如砂岩、灰岩、砂质页岩和泥岩等均应采样试验。对埋深大于 50 m 的较深采空区，验证孔必须对采空区顶底板取样，确定物理力学性质。采空区场地验证孔取样位置、数量、原位测试和岩土样试验项目等应满足场地稳定性评价、采空区处治和建筑物基础设计需求。
- 8.2.4.2 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；易冲蚀、风化、软化、崩解的岩芯，应进行封存；存放岩芯的岩芯

盒应平稳安放，不得日晒、雨淋和冻融；搬运时应加盖并轻拿轻放；岩芯应拍摄彩色照片或录像保存；岩芯保留时间应根据勘察要求确定，并至少应保留至勘察外业工作验收完成。

8.2.4.3 岩石坚硬程度、风化程度和岩体完整性程度的划分按 JTG C20 执行。岩芯描述应重点以三带岩层为主，并按表 5 进行详细编录。

表5 采空区钻探现场描述要点与三带判定依据

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

8.2.4.4 岩土样品根据基础设计需要做常规土工试验，岩石可根据技术需要选做点荷载试验、饱和单轴抗压强度和抗剪强度试验等。

8.2.4.5 钻孔或矿井中采取的地下水应做简分析，并评价其对注浆材料的腐蚀性。

8.2.4.6 对采空区中的有毒、有害气体，根据工程影响程度可做专项测试和评价。

8.3 资料整理

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

9 原位测试及室内试验

- 9.1.1 宜充分利用验证孔钻探工作条件，及时开展与采空区治理相关的原位测试项目。常用的原位测试包括剪切波速试验、超重型动力触探、岩石旁压试验、注水试验、压水试验、水泥浆灌注试验及岩石原位应力测试等项目。
- 9.1.2 岩土室内试验的项目和方法应根据工程要求和岩土性质的特点综合确定，并符合 JTG C20 有关规定；其具体操作和试验仪器应符合 JTG E40 和 JTG E41 有关规定。
- 9.1.3 岩土工程评价参数值的选取，可根据室内试验成果、原位测试成果及原型观测反分析成果等综合确定，并评价采空区时空效应对岩土工程评价参数值的影响。
- 9.1.4 对工程地质勘察和处治施工有影响的有害气体，可根据项目需要采集与测试，并进行专项评价。
- 9.1.5 对钻孔或矿井中采取的岩样、土样和水样，应按 JTG C20 有关规定评价其对建筑材料和注浆材料的腐蚀性。

10 地下水

10.1 一般规定

10.1.1 采空区工程地质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。根据工程需要和水文地质特点,评价地下水对采空区场地稳定性、地基岩土体及拟建工程的作用和影响,并提出防治措施及技术建议。

10.1.2 采空区工程地质勘察应查明下列水文地质条件:

- a) 区域性气候资料,如年降水量、蒸发量及其变化对地下水位的影响。
- b) 地表水体类型、水系分布,地下水的补给排泄条件,地表水与地下水的补排关系及对地下水位的影响。采矿活动对地表水和地下水的影响。
- c) 泉的成因类型、出露高程、流量涌势及动态特征。集水井(孔)深度、水位埋深、出水量、水温及使用情况。对工程有影响的各地下含水层层位、厚度、水位及水力联系。
- d) 采空区的充水条件、充水方式和积水程度。垮落带、断裂带和弯曲带的富水性及其与含水层的关系,导水裂隙带的高度。
- e) 地表水和地下水的水质,污染源及其可能的污染程度和腐蚀性。
- f) 地下水动态变化情况引起的地面塌陷、沉降情况及其对已有建筑物的安全影响等。了解采空区附近工农业抽水和水利工程建设情况及其对采空区建筑场地稳定性的影响。

10.1.3 当水文地质条件对拟建场地稳定性或拟建工程有重大影响时,宜进行专门的水文地质勘察。

10.2 地下水调查及参数测定

10.2.1 采空区水文地质调查包括下列内容:

- a) 降水量、蒸发量、气温等区域气象资料。
- b) 采空区场地附近的河流、渠道、湖泊和水库等地表水体的相对位置、水位和流量等水文情况。对项目建设有影响的井泉位置、标高、深度、出水层位、涌水量、水位、水质、水温和气体溢出情况。
- c) 搜集矿区勘探和生产中获得的水文地质资料,调查矿井生产期间井巷出水层位、涌水量、充水因素、水害及防治情况。了解采空区充水、排水情况及充水影响因素等。
- d) 矿区抽排水情况及其引起的地面塌陷、变形和建筑物损害情况。

10.2.2 采空区水文地质参数选择与测定,应满足采空区场地稳定性评价与注浆设计需要,测定方法按 GB 50021 论述选用。

10.2.3 采空区水文地质勘探与水土腐蚀性评价工作应符合 JTJ C20 相关规定,并应满足采空区场地评价与处治设计需要。

10.3 地下水作用评价

10.3.1 采空区地下水作用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评价。

10.3.2 采空区地下水作用的评价包括下列内容:

- a) 抽水、排水或地下水位下降引起的地基与地面塌陷、沉降的可能性及其对工程的影响。
- b) 采空区水位上升是否产生基础底部隔水层突涌,或对建(构)筑物产生上浮作用。
- c) 采空区地下水是否对保护矿(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。
- d) 实施采空区注浆处治的水文地质条件适宜性及其对地下水体的不良环境影响。

11 采空区变形监测

11.1 一般规定

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

- a) 初步评价为基本稳定、欠稳定和不稳定采空区路段。
- b) 对新采、复采的待建和已建场地。
- c) 对地质条件复杂和有桥梁或隧道等重要建筑物的采空区场地。
- d) 采空区变形特征难以判明的建筑场地。
- e) 评价采空区治理效果的采空区场地。

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

11.2 变形监测

11.2.1 采空区变形监测项目包括地表水平位移、地表下沉、深部位移、建筑物变形及裂缝监测等，监测方案设计中可结合开采深度、开采方式、地层分布、地表采动特征和工程建设需要等确定监测项目。

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

11.2.3 移动变形监测网设计应符合下列要求：

- a) 变形监测的平面坐标系统和高程系统宜采用国家平面坐标系统和高程系统或所在矿区使用的平面坐标系统和高程系统，也可采用独立系统。当采用独立系统时，必须在技术设计文件和技术报告中明确说明。
- b) 采空区场地观测线宜结合建筑物平面位置平行和垂直于移动盆地主断面布置，长度应大于采空区的地表移动变形范围，数量不宜少于 2 条，条件允许时可网格状布点观测。公路建设场地采动监测方案布置应满足下列技术要求：
 - 1) 路基观测网：当路基填、挖高度小于等于 10 m 时，沿路线方向宜布设 3 条观测线，当填挖高度大于 10 m 时，沿路线方向布设 5 条观测线，测线分别布置在路线中心及两侧坡脚或堑顶。每条测线的第 1 个点及最后 1 个点应布设在采空区两端，其余测点均匀布设。
 - 2) 桥梁观测网：根据桥梁孔跨，应逐墩在墩台位置上布置横向测线，每条测线宜布设 5 个点，其中墩台中心 1 个点，两侧 15 m 各 1 个点，再向两侧延伸 30 m 各 1 个点，可结合采空区地质特征补充其它测点，以能有效控制地表采动变形特征，满足技术分析为宜。
 - 3) 隧道观测网：分离式隧道观测线宜沿隧道走向设计线方向布置 5 条，其中左、右洞顶部各 1 条，两洞之间 1 条，两洞外侧 30 m 各 1 条，每条测线的第 1 个点及最后 1 个点应布设在两端洞口附近，其余测点均匀布设。
 - 4) 测线长度应大于采空区地表移动变形范围，观测点宜等间距布设，也可考虑场地实际地形地质条件和采动发育特征局部加密或扩大监控范围，测点间距可参考表 6 确定。

表6 观测点间距

开采深度 H (m)	≤ 50	50~100	100~200	200~300	300~400	≥ 400
观测点间距 L (m)	10	10~20	20~30	30~40	40~50	50

- 5) 裂缝观测宜结合采空区地质特征选择典型裂缝统一编号施测，应测定建筑物上的裂缝分布位置和裂缝走向、长度、宽度及变化情况。裂缝宽度数据应精确至 0.1 mm，每次观测应绘出裂缝的位置、形态和尺寸，并注明日期，拍摄裂缝照片。

- 6) 观测周期宜根据开采深度、覆岩性质、变形速率和观测时间等综合确定。对于长壁陷落法采空区，观测周期可参考表 7 确定，观测期间可根据变形速率、工程重要性等适当缩短或延长；其它非长壁垮落法采空区，其观测周期可根据开采方式、回采率及阶段性观测成果灵活调整。

表7 观测周期取值

开采深度 H (m)	≤ 50	50~100	100~200	≥ 200
观测周期(d)	10~20	20~30	30~60	60

- c) 采空区地表移动变形观测点的精度等级需结合地表建筑物变形要求依据表 8 合理选取。变形监测方法选择和技术等级要求见表 G. 1~表 G. 5。

表8 地表移动变形监测点的精度要求

等级	水平位移 监测点点位中误差 (mm)	垂直位移 监测点高程中误差 (mm)	适用范围
二等	± 3.0	± 0.5	特大型和大型桥梁、直立岩体、高边坡、重要隧道、危害性较大的滑坡监测等
三等	± 6.0	± 1.0	直立岩体、高边坡、深基坑、普通隧道、危害性一般的滑坡监测、大型桥梁等
四等	± 12.0	± 2.0	普通路基，观测精度要求较低的建（构）筑物、普通滑坡监测、中小型桥梁等

- d) 观测基准点应设在不受采空区影响的稳定区域，每个场地不应少于 3 个基准点，基准点的标石、标志埋设后，应达到稳定后方可开始观测，稳定期应根据观测要求与地质条件确定，不宜少于 15 天。工作基点应选在比较稳定且方便使用的位置，每期变形观测时均应将其与基准点进行联测，然后再对观测点进行观测。
- e) 分析整理变形观测资料，填写水平与下沉位移变形观测成果表，经计算分析后形成变形速率统计表，为采空区稳定性评价提供量化依据。有关移动变形观测表格可按表 G. 6~表 G. 9 选用。
- f) 当采空区对地质条件复杂路段及建（构）筑物影响较大，影响公路运营安全时应顺接前期监测工作开展长期变形观测，长期变形观测宜结合地质采矿条件和构筑物特征开展，观测项目包含场地采动观测与构筑物变形观测，并设置报警值和对应的预防措施。

11.3 监测报告

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

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

11.3.2 当变形监测任务全部完成后，应提交监测成果报告。报告内容应真实完整，重点突出，结构清晰，论证严密，结论明确，建议合理可行。技术报告应包括下列内容：

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

12 采空区变形预测

12.1 一般规定

12.1.1 对地表移动和变形在时间与空间上有明显连续性规律的采空区场地,宜进行地表移动变形预测。

12.1.2 对出现非连续变形采空区场地,如急倾斜矿层露头区域,采动场地边坡失稳山崖崩塌区域,受节理、褶皱和断层控制的采动区域,采动场地地下水影响显著区域,地表已出现塌坑、台阶状开裂的区域和矿层回采正在持续影响的区域,应参考变形预测结果,结合地形地质条件、采矿因素、采动发育程度、地表变形特征和地区经验进行综合评判。

12.1.3 采空区地表移动变形预测结果,宜通过地表变形监测进行验证。

12.2 预测内容

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

12.2.2 对于老采空区应计算地表剩余移动变形值。

12.3 预测方法与参数选取

12.3.1 地表移动变形计算方法宜采用概率积分法。缓倾斜矿层,倾斜矿层和急倾斜矿层计算公式按 GB 51044 相关论述恰当选用。有地表采动实测成果的矿区,可采用典型曲线法、剖面函数法;地质和采矿条件复杂的场地也可采用数值算法。地表移动与变形预计应根据地质、采矿条件等,结合附录 H 合理选择计算方法和参数。

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

12.3.3 概率积分法预计参数主要包括下沉系数、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。一般应采用矿区实际观测资料确定;无实测资料的矿区可结合本矿区采矿和地质特点,参考表 H.1,经综合分析后合理赋值。

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

13 采空区场地评价

13.1 一般规定

13.1.1 公路下伏采空区场地应进行稳定性与适宜性评价。对采空区场地的评价，应通过勘察掌握建筑场地评价因子的主要特征，并在采空区类型划分的基础上进行。常见的采空区场地类型见表 9，采空区场地稳定性与适宜性评价因子见表 10、表 11。

表9 公路采空区场地类型划分

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

13.1.2 采空区稳定性评价可分为场地稳定性评价和地基稳定性评价两部分。评价应综合考虑矿层开采方法、顶板管理方式、开采时间以及采空区类型、范围、埋深、采深采厚比和覆岩特征及地表变形情况等因素，针对性地选用评价标准和评价方法。

13.1.3 应在不同类型采空区场地稳定性评价基础上，根据公路工程路基路面、桥涵、隧道和支挡结构的重要性等级及其可承受地表变形的限度，分析采空区地表变形对公路工程的安全影响及危害程度，综合评价采空区场地公路工程建设的适宜性。

表10 采空区场地稳定性评价因子

评价因子		采空区类型			
		长壁综采	条带开采	柱式开采	巷式开采
地质条件	地形地貌	++	++	++	++
	上覆岩性及力学性质	++	++	++	++
	矿层倾角	++	++	+	+
	地质构造	++	++	++	++
	水文地质	+	++	++	++
	矿层埋深（采深）	+	++	++	++
采矿条件	采深采厚比；采深采宽比	++	+	+	+
	矿（岩）柱稳定性； 矿（岩）壁稳定性	+	++	++	++
	冒落带密实（充水）程度	+	++	++	++
	终采时间	++	+	+	+
采动情况	地表非连续变形特征	+	++	++	++
	地表剩余变形量	++	+	+	+
	③三带④发育特征	++	+	+	+
	活化因素	++	++	++	++
注：“++”表示应作为主要评价因子；“+”表示可作为辅助评价因子。					

表11 采空区场地适宜性评价因子

评价因子	采空区类型			
	长壁综采	条带开采	柱式开采	巷式开采
采空区场地稳定性等级	++	++	++	++
建筑物安全性等级	++	++	++	++
建筑物抗变形能力	++	++	++	++
采掘动态与规划的安全影响	+	+	+	+
运营期保通维护技术难度	+	+	+	+
注：“++”表示应作为主要评价因子；“+”表示可作为辅助评价因子。建筑物一般指隧道、桥涵、支挡结构、路基路面等，不同建筑物安全等级与抗变形能力是不同的。				

13.2 场地稳定性评价

13.2.1 采空区场地稳定性等级可划分为稳定、基本稳定、欠稳定和不稳定四个等级，评价方法可结合采空区类型，依据表 12 结合不同勘察阶段技术要求恰当选用。

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

表12 采空区场地稳定性评价方法

评价方法	采空区类型			
	长壁综采	条带开采	柱式开采	巷式开采
依据停采时间评价	++	+	+	+
依据预计的剩余变形量评价	++	+	+	+
依据地表沉降观测评价	++	+	+	+
依据地质条件定性评价	++	++	++	++
依据稳定系数 F_s 评价	+	++	++	++
数值模拟法计算评价	++	++	++	++
各种方法综合评价	++	++	++	++
注：“++”表示可以作为主要评价方法；“+”表示可作为辅助评价方法。				

13.2.2 长壁综采形成的采空区建筑场地，地表变形规律性强，可结合工作面停采时间依据表 13 进行场地稳定性分级初判，再结合场地剩余变形量的预计值和地表变形监测指标，依据表 14、表 15 进行定量判定，修正稳定性分级标准。

表13 按停采时间确定长壁式采空区场地稳定性等级评价标准

稳定等级	场地影响范围内工作面停采时间（年）		
	软弱覆岩	中硬覆岩	坚硬覆岩
稳定	≥ 2.0	≥ 3.0	≥ 4.0
基本稳定	1.0~2.0	2.0~3.0	3.0~4.0
欠稳定	0.5~1.0	1.0~2.0	2.0~3.0
不稳定	≤ 0.5	≤ 1.0	≤ 2.0

注：覆岩坚硬程度划分见表H.1。

表14 按地表剩余变形值确定长壁式采空区场地稳定性等级评价标准

稳定等级	地表移动变形值			
	下沉值 W (mm)	倾斜值 i (mm/m)	水平变形值 ε (mm/m)	曲率值 K (mm/m ²)
稳定	≤ 100	≤ 3.0	≤ 2.0	≤ 0.2
基本稳定	100~200	3.0~6.0	2.0~4.0	0.2~0.4
欠稳定	200~400	6.0~10.0	4.0~6.0	0.4~0.6
不稳定	≥ 400	≥ 10.0	≥ 6.0	≥ 0.6

注：地表移动变形值为建（构）筑物场地平整后的地表剩余移动变形值。

表15 按地表沉降观测确定长壁式采空区场地稳定性等级评价标准

稳定等级	地表下沉量 (mm)				下沉速率 V_s
	1 个月	3 个月	6 个月	12 个月	
稳定	≤ 5	≤ 15	≤ 30	≤ 60	$< 1.0\text{mm/d}$
基本稳定	5~10	15~30	30~60	60~120	
欠稳定	10~30	30~60	60~120	120~240	$\geq 1.0\text{mm/d}$
不稳定	≥ 30	≥ 60	≥ 120	≥ 240	

注：采空区场地稳定~基本稳定类别判定时，地表下沉量与下沉速率应同时满足。

13.2.3 柱式开采、巷式开采及综采下沉盆地边缘区域，地表变形通常持续相当长的时间且难以预测，场地稳定性等级宜结合采深采厚比、上覆岩性和地表变形特征，依据表 16~表 18 综合评定，判据使用过程中应对验证孔钻进特征揭示的地层信息充分解译与利用。

表16 不规则柱式采空区场地稳定性等级评价标准

场地稳定等级		稳定	基本稳定	欠稳定	不稳定
采深采厚比 H/M	坚硬覆岩	≥ 80	80~60	60~40	≤ 40
	中硬覆岩	≥ 100	100~80	80~60	≤ 60
	软弱覆岩	≥ 120	120~100	100~80	≤ 80

表17 按上覆地层与验证孔钻进特征确定采空区场地稳定性等级

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

表18 按地表变形特征确定采空区场地稳定性等级

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

13.2.4 对几何尺寸较明确的单一巷道的采空区，可采用极限平衡分析方法，计算巷道顶板临界深度及稳定系数，按表 19 评价采空区场地稳定性。

表19 单一巷道式采空区场地稳定性等级评价标准

稳定系数 (F_s)	$F_s \geq F_{st}$	$1.5 \leq F_s < F_{st}$	$1.0 \leq F_s < 1.5$	$F_s < 1.0$
稳定性等级	稳定	基本稳定	欠稳定	不稳定
注：采空区场地稳定安全系数 F_{st} ，一般可取2，对地质条件复杂，结构破坏后果严重场地，安全系数宜适当提高。				

13.2.5 对多层采空区，隧道穿越或桥梁结构压覆的采空区场地稳定性评价问题，数值模拟计算可作为一种比较和参考性方法使用。模拟方法可采用有限单元法、有限差分法、离散单元法、边界单元法或多种方法耦合使用。模拟参数指标的选用，宜根据测试成果、反分析和地区经验综合确定。采空区场地稳定性评价，也可结合实际采空区地质情况和技术要求，采用表 12 各种方法综合评价，以达到技术安全、经济合理，满足项目建设需求的目标。

13.2.6 对于采动坡体稳定性评价，可参考 GB 51044 与 GB 51180 相关内容进行。

13.2.7 对地形地质条件特别复杂，或对变形要求严格的桥隧结构物采空区建筑场地，应对建筑场地稳定性与适宜性进行专题研究与评价。

13.3 建设适宜性评价

13.3.1 公路下伏采空区场地应在稳定性评价基础上进行建设适宜性评价。适宜性评价应综合采空区场地稳定性等级，建筑物安全性等级和抗变形能力，采掘动态与规划的安全影响，运营保通维护成本与技术难度等因素进行。

13.3.2 根据结构破坏后果的严重程度，对公路工程结构设计安全等级划分为三级，各级涵盖的结构物类型见表 20 所示。

表20 公路工程结构设计安全等级

安全等级	重要性分级	公路工程主要结构物类型
一级	重要结构	特大桥、大桥、中桥、重要小桥、隧道、高速公路路面
二级	一般结构	小桥、重要涵洞、重要挡土墙、一级公路路面
三级	次要结构	涵洞、挡土墙、防撞护栏、二级公路路面

13.3.3 公路下伏采空区场地不同结构物地基允许变形值见表 21，对变形要求严格的复杂桥梁和隧道工程，场地变形指标的控制应满足结构物受力要求。

表21 采空区地基容许变形值

公路工程类型			地基容许变形指标		
			倾斜值 i (mm/m)	水平变形值 ε (mm/m)	曲率值 K (mm/m ²)
路基	高速、一级公路	高级路面	3.0	2.0	0.2
	二级~四级公路	高级及次高级路面	6.0	4.0	0.3
	简易路面		10.0	6.0	0.6
桥梁	简支结构		3.0	2.0	0.2
	非简支结构		2.0	1.0	0.15
隧道			3.0	2.0	0.2
注：本表不包括对变形要求严格的复杂结构桥梁和隧道工程。					

13.3.4 公路下伏采空区对各类工程的影响程度评价，应根据采空区场地稳定性等级和公路工程重要程度、变形特性综合分析。表 22 给出了场地稳定性等级对变形要求不同的结构物影响程度的定性分级，勘察设计中需结合具体结构物特征定量分析后参考取用。

表22 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	拟建工程重要性程度和变形要求		
	重要结构，变形要求高	一般结构，变形要求一般	次要结构，变形要求低
稳定	中等	中等~小	小
基本稳定	较大~中等	中等	中等~小
欠稳定	较大	较大~中等	中等
不稳定	大	大	大

13.3.5 采空区场地适宜性评价应在场地稳定性评价基础上，关注矿区的采掘动态和生产规划，结合拟建结构物变形特征，对拟建项目建设期和运营期的长期安全影响进行评价，必要时对其进行专题研究。采空区场地适宜性类型可分为适宜、基本适宜、适宜性差和不适宜，分级说明见表 23 论述。

表23 采空区场地适宜性评价

适宜性级别	分级说明
适宜	采空区垮落裂隙带密实，对拟建工程安全影响小；工程建设对采空区场地稳定性活化影响小；采取一般工程防护措施（限于规划、建筑、结构）可以建设；采空区场地不具有抽排水与回采的进一步采动影响；采空区场地结构物损害后运营维护技术措施简单
基本适宜	采空区垮落裂隙带基本密实，对拟建工程影响较小；工程建设对采空区场地稳定性活化影响较小；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，但处理技术难度小，造价低。采空区场地基本不具有抽排水与回采的进一步采动影响；采空区场地结构物损害后运营维护技术措施较简单
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性，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综合设计，处理难度大且造价高。采空区场地一般具有抽排水与回采的进一步采动影响；采空区场地结构物损害后运营维护技术措施实施较困难
不适宜	采空区垮落不充分，地面存在且正在发生非连续变形；工程建设对采空区稳定性影响极大或者采空区剩余变形对拟建工程的影响极大；采空区处理技术难度极大且造价昂贵。项目建成后采空区场地仍然存在抽排水与回采的显著采动影响或拟建项目场地为矿方规划采区；采空区场地结构物损害后果严重，社会影响巨大，实施运营维护措施极困难或不具有技术可行性

13.4 地基稳定性评价

13.4.1 采空区场地地基基础设计，除应符合 JTG D30、JTG D63 和 JTG D70 相关规定外，还应进行下列工作：

- a) 分析评价采空区覆岩和顶板稳定性及其对建（构）筑物地基的影响。
- b) 分析评价采空区地层变形趋势及其对地基基础的安全影响。
- c) 分析评价地基基础的施工过程与建（构）筑物地基荷载对采空区场地长期稳定性的活化影响。

13.4.2 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：

- a) 对于先建后采类建（构）筑物、采空区覆岩未完全垮落或存在空洞的先采后建类建（构）筑物场地，应分析采空区是否会引起建（构）筑物地基的非连续变形，以及建（构）筑物附加荷载是否会引起采空区覆岩的垮落、变形。
- b) 对于先采后建类建（构）筑物，当采空区覆岩完全垮落且充填密实时，可认为垮落断裂带岩体受力；当附加应力影响至垮落断裂带岩体时，应按不均匀地基进行评价。
- c) 对于先采后建再采类建（构）筑物，应在重复采动的间隔时间、开采条件明确时按本条第 a 款、第 b 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，并与后期重复开采时地表变形叠加。
- d) 采空区建（构）筑物地基变形计算应包括采空区地表剩余变形值与附加荷载引起的正常地基沉降变形值。
- e) 当拟建建（构）筑物基础近旁有采动边坡或临空面时，应验算采动边坡滑坡、崩塌或坡脚隆起变形的可能。
- f) 采用桩基工程穿越采空区时，应根据采空区剩余变形值考虑桩侧负摩阻力及水平变形的不利影响。
- g) 采空区场地的隧道工程建设，应分析隧道开挖支护与采空区地层之间的交互影响关系，并对洞身围岩及进出口坡体长期稳定性有准确评价。

14 采空区公路设计

14.1 一般规定

14.1.1 采空区场地稳定性与适宜性评价、选线设计、处治设计、结构物设计和运营维护措施宜全面考虑，综合平衡，以做到建设项目技术安全，经济合理，确保工程质量，提高投资效益。

14.1.2 采空区路线设计应对穿越和绕避等方案进行论证比选。当必须穿越时，应选择合适位置，分析评价可能的病害，并采取切实可行的工程措施确保公路建设和运营安全。

14.1.3 对通过未来（准）采区路段，需充分预计将来回采对道路的安全影响。对预测安全影响严重路段，应对缓建、临时路和强维护保通等方案进行深入技术、经济和社会影响可行性论证工作。通过论证确认技术可行，经济合理的方案，方可付诸于设计施工。

14.1.4 对高速公路和一级公路路基、隧道、桥梁以及地下开采会有严重滑坡危险而又难以处理的路段，应按 JTG D30 技术要求划定维护带，并落实禁采。

14.1.5 对变形与位移未达到稳定标准，安全影响较大的采空区场地，需进行有效处治，处治效果经检测确认应满足公路设计技术要求。

14.1.6 采空区场地路线、路基路面、支挡结构、桥涵与隧道设计应符合 JTG/T D31-03 相关技术条款。复杂采空区场地特殊结构物设计，应进行专题研究与设计。

14.2 路线设计

14.2.1 采空区场地公路选线原则：

- a) 选线应广泛搜集与路线方案有关的规划、计划、统计资料，相关部门的各种地形、地质、采矿、气象等资料，并深入现场对采空区进行专项调查与勘探，以避免遗漏有价值的路线方案。
- b) 路线宜绕避大型、重要矿区或规划矿区，应避开地下采空加剧或引发斜坡失稳、山体开裂、崩塌滑坡和地表沉陷等地质灾害发育的危险区域。
- c) 路线宜绕避密集分布的小窑采空区、时间久远难以查明的古窑以及人为坑洞分布密集的地带。路线必须通过人为坑洞路段时，宜绕避采空区地表变形活跃、移动盆地边缘地带、急倾斜矿层露头与开采区域。
- d) 路线宜设在充分采动或接近充分采动的采空区地表移动盆地中部平底部分和勘察定性为基本稳定～稳定区域；穿越沉陷盆宜大角度穿越。
- e) 采空区路段线位设计、路线指标控制、采空区处治、结构物选型和运营维护预案设计宜统筹考虑，综合平衡。

14.2.2 采空区路线设计应符合下列规定：

- a) 路线方案应根据地形地貌、工程地质、水文地质、采空区分布范围和稳定性等级，结合道路等级、结构物技术特征和病害维护难易程度，多方案综合比选，确定合理的路线线位和采空区通过方式。
- b) 矿产地路线设计应充分利用矿层赋存薄，品位低，资源开采价值不大的地段通过；对有或规划中的保护矿柱宜充分利用，减小资源压覆。
- c) 采空区场地路线设计，应在采空区场地稳定性和建设适宜性论证基础上合理选线，必要条件下对结构物进行特殊设计，以确保安全。
- d) 桥梁、隧道、互通及服务区宜避开采空区，无法避开时应充分考虑采空区安全影响，保守选址，确保安全。

14.3 路基路面设计

14.3.1 采空区路基路面设计，应在建筑场地稳定性与适宜性评价的基础上，考虑采空区地表变形与路基后沉降的组合影响，进行采空区处治与路基路面的综合设计，必要条件下辅以运营维护方案。

14.3.2 采空区场地公路设计，应查明小窑采空区赋存特征，针对性处治。

14.3.3 采空区公路设计应重视防排水设计,考虑工农业抽水、沉陷区汇水和采矿防排水活动对项目建设的安全影响。

14.3.4 路基支挡结构和路堑边坡防护设计应考虑采空区场地稳定性等级与地表剩余变形量的影响。

14.3.5 对采动影响较大,需定期通车的公路设计项目,宜在采动场地变形观测基础上论证路基路面设计方案,可参见附录J设计示例。

14.4 桥隧设计

14.4.1 采空区建筑场地路线宜以路基形式通过,必须设计桥涵结构物的,宜布置在场地稳定性等级较高的区域。结构物选型宜采用对变形适应性强,易于维护的结构形式,如钢波纹管涵、钢筋混凝土箱涵、轻型结构等。

14.4.2 采空区路段桥涵结构物设计,需进行基础沉降计算,沉降计算应考虑进采空区剩余沉降量的不利影响。相邻墩台间不均匀沉降差值(不包括施工中的沉降),不应使桥面形成大于0.2%的附加纵坡(折角)。

14.4.3 采空区路段桥涵结构物基础抗倾覆和抗滑动稳定性计算,应考虑进建筑场地剩余沉降量的不利影响。桩基础设计应结合采空区三带分布特征,预计采动地层的不利安全影响,合理选择桩型和持力层。

14.4.4 采空区场地埋深较浅的隧道宜以挖方路基通过。必须设置的隧道可选择在通过采空区长度最短,围岩条件相对较好的地层中通过。隧道宜布置在采空区下方,采用分离式方案通过。

14.4.5 当隧道必须通过采空区破碎地层时,应对围岩地层长期稳定性和老采空区活化因素有充分预计,必要时进行采空区处治与隧道支护综合设计。

14.4.6 设置在采动影响范围内易崩塌、滑坡的隧道洞口,应考虑采空区对洞口斜坡长期稳定性的安全影响,必要时可采取防护措施。

14.4.7 穿越小窑采洞、综采破碎地层的隧道支护设计,应根据空穴大小、塌陷充填与充水情况及其与隧道的关系,采取下列措施:

- a) 对老空水的处理应因地制宜,采取截、堵、排结合的综合治理措施。
- b) 干且小的空穴,可采取堵塞封闭;有水且空穴较大,不宜堵塞封闭的,可根据具体情况,采取梁、板、拱跨越通过。
- c) 当空穴岩壁强度不够或不稳定,影响隧道结构安全时,应采取支顶、锚固、注浆等措施。

14.4.8 对需处治的采空区路段结构物设计,采空区处治效果需满足结构物设计场地稳定性指标要求后方可进行结构物施工。对不稳定场地临时保通的结构物设计施工,需从结构选型、安全设计、保通实施等多方面综合考虑,确保通行的基本要求。

14.5 交安设计

采空区场地公路设计,宜结合场地处治方案技术特征和运营风险程度,配套适宜的警告、限速标志、交通标线、信息牌、监控设施等。

15 采空区治理设计

15.1 一般规定

15.1.1 采空区处治设计前,应具备详实的采空区勘察报告和准确的采空区场地稳定性、适宜性评价结论。治理设计范围应包括对拟建工程有安全影响的区域。

15.1.2 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,采取分区治理的措施。治理效果经检测符合要求后,方可进行主体工程施工。

15.1.3 采空区处治设计宜落实动态设计，信息化施工技术理念。

15.1.4 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。当以路基方式通过新采区时，宜进行采空区变形监测；当采空区以桥涵或隧道方式通过采空区时，应进行全过程综合监测。

15.1.5 采空区处治设计，应根据采空区场地稳定性评价结果，结合公路等级及结构物类型，参考表24进行。对不符合表中处治原则，但已进行主体施工的项目，应对技术危害、经济损失、社会影响等有风险控制措施和应对预案。

表24 采空区处治判据

工程类别		场地稳定性等级			
		稳定	基本稳定	欠稳定	不稳定
路基	高速公路、一级公路	—	+	+	++
	二级及二级以下公路	—	—	+	++
桥梁、隧道		—	++	++	++
砖混结构建筑物		—	+	++	++
注：—：不处治；+：经论证后确定是否处治；++：处治					

15.1.6 对因采空沉陷诱发的危及工程安全的地质灾害，应依据 DZ/T 0286 进行安全评估，并提出针对性的防治措施和技术建议。

15.2 治理设计

15.2.1 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、跨越法等。治理方法的合理选用应根据工程特点、处治目的、采空区地质条件、开采方式、拟建建（构）筑物地基条件、现场施工条件等综合确定。表25给出了各治理方法的适用条件。

15.2.2 采空区工程治理范围应根据采空区分布、埋藏深度、上覆岩性、地形地貌、结构物技术特征及危害评估结论等因素综合划定。

表25 公路下伏采空区治理措施

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

15.2.2.1 采空区处治宽度

采空区处治宽度由路基或桥隧宽度、围护带宽度、采空区覆岩移动影响宽度三部分组成。

a) 对于路线与矿层走向垂直的倾斜矿层和水平矿层，处治宽度按式（1）计算（图1）：

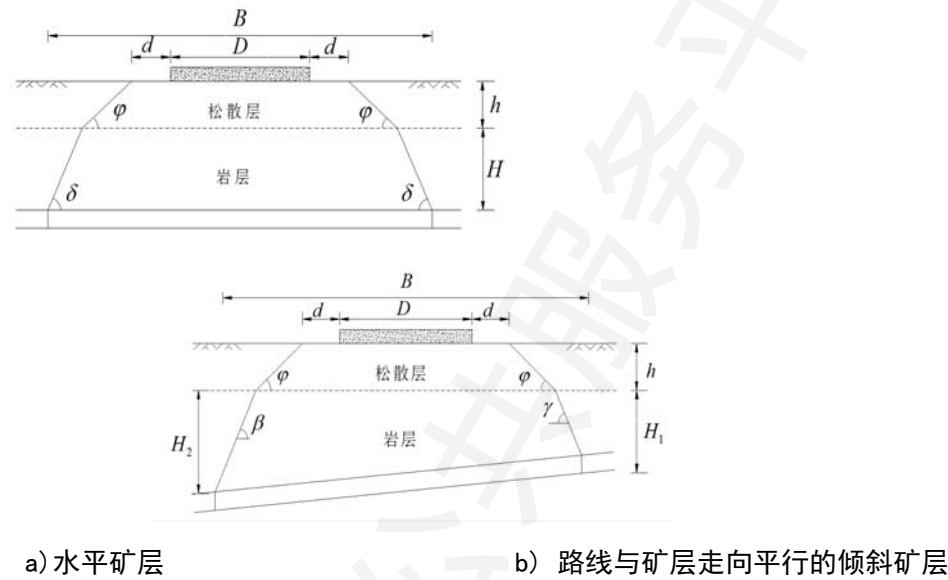


图1 采空区处治宽度计算简图

$$B = D + 2d + 2(h \cot \varphi + H \cot \delta) \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- B ——采空区处治宽度（m）；
- D ——路基或桥隧的宽度（m）；
- d ——围护带的宽度（m）；
- h ——地表松散层厚度（m）；
- H ——采空区上覆岩层厚度（m）；
- φ ——地表松散层移动角（ $^{\circ}$ ）；
- δ ——走向方向采空区上覆岩层移动影响角（ $^{\circ}$ ）。

路基或桥隧宽度 D 的确定：路堤部分以公路两侧路堤坡脚外1 m为界；路堑部分以两侧堑顶边界为界；桥梁以桥宽为界；隧道以隧道宽为界。围护带宽度可参照表 26 取值，地层移动角参照表 H.1取值。

表26 围护带宽度

保护等级	公路等级及构筑物	围护带宽度（m）
I	桥梁和隧道	≥ 20
II	高速公路路基	20
III	一级公路路基	15
IV	二级及以下公路路基	≤ 15

b) 对于倾斜矿层，当路线与岩层走向平行时，处治宽度按式（2）计算：

$$B = D + 2d + 2h \cot \varphi + H_1 \cot \gamma + H_2 \cot \beta \dots\dots\dots (2)$$

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/296033205231011001>