

T/CAGHP

中国地质灾害防治工程行业协会团体标准

T/CAGHP 012—2018

采空塌陷防治工程设计规范（试行）

Specification of Design for Mined-out Area

2018-01-01发布

2018-04-01实施

中国地质灾害防治工程行业协会 发布

目 次

前言 III

引言 IV

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和符号 2

 3.1 术语 2

 3.2 符号 3

4 采空塌陷防治工程分级及设计安全系数 5

 4.1 采空塌陷防治工程级别划分 5

 4.2 采空塌陷防治工程设计安全系数 5

5 采空塌陷防治工程基本规定 6

 5.1 一般规定 6

 5.2 采空塌陷防治工程设计的依据和基础资料 7

 5.3 采空塌陷防治工程设计阶段及其要求 7

6 灌注充填法 9

 6.1 一般规定 9

 6.2 灌注充填范围 10

 6.3 灌注钻孔 10

 6.4 灌浆材料及配合比 11

 6.5 灌注施工参数 11

 6.6 灌浆量计算 11

 6.7 灌浆施工顺序和工艺要求 12

 6.8 质量检验 13

7 其他防治措施 14

 7.1 一般规定 14

 7.2 开挖回填法设计 14

 7.3 砌筑支撑法设计 16

 7.4 桩基穿(跨)越法设计 17

 7.5 井下巷道加固法设计 18

 7.6 井下防水闸门设计 18

8 采空塌陷防治工程监测 19

 8.1 一般规定 19

 8.2 采空塌陷变形监测的方法及要求 19

9 施工组织 20

 9.1 一般规定 20

9.2 施工组织设计内容和要求 21

10 工程质量验收 21

附录 A（规范性附录） 采空塌陷防治范围计算公式 23

附录 B（规范性附录） 水泥粉煤灰浆和水泥黏土浆中各材料用量计算公式 27

前 言

本规范按照 GB/T 1.1—2009《标准化工作导则 第 1 部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本规范附录 A、B 为规范性附录。

本规范由中国地质灾害防治工程行业协会提出并归口。

本规范主编单位：中煤科工集团西安研究院有限公司、徐州中国矿大岩土工程新技术发展有限公司、中煤地质工程总公司。

本规范参编单位：陕西省地质环境监测总站、太原理工恒基岩土工程科技有限公司、江苏南京地质工程勘察院、广东省地质科学研究所、北京岩土工程勘察院、广东省工程勘察院。

本规范主要起草人：刘天林、吴璋、王玉涛、刘小平、徐拴海、毛旭阁、曹晓毅、汪成、张宝元、吴胜林、丁陈建、王昌举、杨栋梁、王真峰、张立才、刘福胜、石中勇、李成、赵志怀、肖亮、林希强、何怀峰、谢宝堂等。

本规范由中国地质灾害防治工程行业协会负责解释。

引 言

为提高采空塌陷防治技术水平,统一技术标准,贯彻执行国家的技术经济政策,做到安全适用、技术先进、经济合理、确保质量、节约能源、保护环境,特制定本规范。

本规范在充分研究国内外有关采空塌陷防治技术标准和较为成熟的方法技术基础上编写而成,并以各种方式充分征求了全国有关单位和专家的意见,经反复修改完善,最后经审查定稿。

采空塌陷防治工程设计规范(试行)

1 范围

本规范规定了采空塌陷防治工程设计基本规定、采空塌陷分类及防治工程勘查、采空塌陷防治工程分级及设计安全系数、灌浆充填、开挖回填、砌筑支撑、桩基穿(跨)越、井下巷道加固、防治监测、施工组织、质量检验与工程验收等内容。

本规范适用于因地下固体矿床开采所引起的采空塌陷防治工程设计工作。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本规范的引用而成为本规范的条款。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本规范。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本规范。

GB 50007 建筑地基基础设计规范
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
GB/T 50266 工程岩体试验方法标准
GB 50021 岩土工程勘察规范
GB 50830 冶金矿山采矿设计规范
GB 50197 露天煤矿工程设计规范
GB 50330 建筑边坡工程技术规范
JGJ/T 87 建筑工程地质勘探与取样技术规范
JGJ 79 建筑地基处理技术规范
GB 50007 建筑地基基础设计规范
JGJ 94 建筑桩基技术规范
JGJ 106 建筑基桩检测技术规范
GB 50003 砌体结构设计规范
GB 50010 混凝土结构设计规范
GB 50202 建筑地基基础工程施工质量验收规范
DZ/T 0286 地质灾害危险性评估规范
DZ 0238 地质灾害分类分级
JTG/T D31—03 采空区公路设计与施工技术细则
T/CAGHP 005 采空塌陷勘查规范
MT/T 5024 煤矿矿井巷道断面及交岔点设计规范
GB 50026 工程测量规范
JGJ 8 建筑变形测量规范

3 术语和符号

下列术语和符号适用于本规范。

3.1 术语

3.1.1

采空区 mined-out area

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,直到上覆岩层整体下沉、弯曲所引起地表变形和破坏的地区或范围。

3.1.2

采空塌陷 goaf collapse

由于地下资源开采形成空间,造成上部岩土层在自重作用下失稳而引起地面塌陷现象。

3.1.3

灌注充填法 grouting method

采用人工方法向采空塌陷区灌注、投送充填材料,充填、胶结采空区空洞及松散体以改善其物理力学性质的采空塌陷治理方法。

3.1.4

开挖回填法 excavation and backfill method

采用开挖的方式,将采空塌陷区岩土体挖除,并进行分层碾压回填,消除采空塌陷危害的方法。

3.1.5

砌筑支撑法 masonry support method

对洞室空间较大、顶板较稳定、通风条件良好的采空区,采用干砌、浆砌砌体或浇注混凝土等方法,以增强对采空区顶板支撑作用的处理方法。

3.1.6

桩基穿(跨)越法 pile foundation pass through(cross) method

利用桩基础穿透或跨越采空塌陷区,防止采空塌陷变形对上部建(构)筑物造成影响的方法。

3.1.7

井下巷道加固法 underground roadway reinforcement method

在井下通过对采空塌陷巷道加固的方式,阻止采空塌陷变形对上部建(构)筑物造成影响的方法。

3.1.8

围护带 safety berm

在确定采空塌陷防治范围时,为确保安全,在拟保护建(构)筑物周边划定的带状范围。

3.1.9

浆液结石率 stone rate

对采空塌陷区采用灌注充填法进行处理时,灌入浆液固结后的体积与所灌浆液原体积的比值,通常通过室内试验确定。

3.1.10

充填系数 coefficient of grouting

对采空塌陷区采用灌注充填法进行处理时,灌注浆液材料的固结体体积与治理范围内采空塌陷

裂隙及空洞总体积的比值,是反映裂隙、空洞被浆液结石体及骨料充填的密实程度的指标。

3.1.11

回采率 mining rate

矿产采出量占工业储量的百分比。

3.1.12

浆液损耗系数 slurry loss coefficient

灌注充填法处理采空塌陷施工中,用于衡量因“跑、冒、滴、漏”等造成灌浆浆液损失的参数。

3.1.13

采空塌陷剩余空隙率 goaf collapse residential voidage

采空塌陷实际剩余孔隙的体积与矿产资源开采体积之比。

3.1.14

钻孔结构 borehole structure

构成钻孔剖面的技术要素。包括钻孔总深度,各孔段直径和深度,套管直径、长度、下放深度和固管深度等。

3.1.15

下行式灌浆 downward grouting

钻孔钻进与灌浆自上而下分层或分段交替进行的钻孔与灌浆作业,直至终孔。此方法适用于多层采空区治理,或地质条件特别复杂、地层破碎的单层采空区治理。

3.1.16

上行式灌浆 upward grouting

钻孔一次钻至设计深度,自下而上分段依次进行灌浆作业。根据分段不同,可划分为全孔一次性灌注和分段灌注。全孔一次性灌注适用于地层相对较完整的单层采空区治理;分段灌注适用于多层采空区,或地质条件特别复杂、地层破碎的单层采空区治理。

3.1.17

灌浆压力 grouting pressure

灌浆时,克服地下水压力和浆液流动阻力并使浆液扩散到一定范围内所需的压强,通常指钻孔孔口压力。

3.2 符号

i_0 ——地表允许倾斜值(mm/m), $i_0 = \pm 3 \text{ mm/m}$;

k_0 ——地表允许曲率值(m^{-1}), $k_0 = \pm 0.2 \times 10^{-3} / \text{m}$;

ϵ_0 ——地表允许水平变形值(mm/m), $\epsilon_0 = \pm 2 \text{ mm/m}$;

$i_{\text{基}}$ ——采空塌陷防治工程实施后地表倾斜值(mm/m);

$k_{\text{基}}$ ——采空塌陷防治工程实施后地表曲率值(m^{-1});

$\epsilon_{\text{基}}$ ——采空塌陷防治工程实施后地表水平变形值(mm/m);

F_s ——设计安全系数;

S ——采空塌陷治理面积(m^2);

M ——矿层平均采出厚度(m);

ΔV ——采空塌陷剩余空隙率(%);

K ——矿层回采率(%);

- A ——浆液损耗系数；
 η ——浆液充填系数(%)；
 c ——浆液结石率(%)；
 α ——岩层倾角(°)；
 $Q_{\text{总}}$ ——采空塌陷总灌浆充填量(m^3)；
 $Q_{\text{单}}$ ——采空塌陷单孔灌浆充填量(m^3)；
 R ——浆液有效扩散半径(m)；
 Q ——开挖所需的回填总量(m^3)；
 h ——地表松散层厚度(m)；
 H ——采空塌陷上覆岩层厚度(m)；
 V ——放坡开挖实方(m^3)；
 ϕ ——夯实系数；
 P_z ——砌筑法上覆荷载(kN)；
 ρ_0 ——砌筑采空空洞影响高度内岩土体加权平均密度(g/cm^3)；
 a ——砌筑体宽度(m)；
 b ——砌筑体长度(m)；
 l ——砌筑体间距(m)；
 H_a ——砌筑采空空洞上覆岩土体影响高度(m)；
 f_{cu} ——试块强度(MPa)；
 S_c ——砌筑体表面积(m^2)， $S_c = a \cdot b$ ；
 B ——采空塌陷防治的宽度(m)；
 D ——建(构)筑物宽度(m)；
 d ——围护带宽度(m)；
 D_1 ——采空塌陷上山方向覆岩移动影响宽度(m)；
 D_2 ——采空塌陷下山方向覆岩移动影响宽度(m)；
 φ ——松散层移动角(°)；
 δ ——走向方向采空塌陷上覆岩层移动影响角(°)；
 H_1 ——采空塌陷上山边界上覆岩层厚度(m)；
 H_2 ——采空塌陷下山边界上覆岩层厚度(m)；
 β ——采空塌陷下山方向上覆岩层移动影响角(°)；
 γ ——采空塌陷上山方向上覆岩层移动影响角(°)；
 β' ——采空塌陷下山方向上覆岩层斜交移动影响角(°)；
 γ' ——采空塌陷上山方向上覆岩层斜交移动影响角(°)；
 θ ——围护带边界与矿层倾向线之间夹角(°)；
 L_0 ——采空塌陷长度(m)；
 W_c ——水泥质量(kg)；
 W_e ——黏性土(或粉煤灰)质量(kg)；
 W_w ——水的质量(kg)；
 V_g ——水泥浆体积(L)；
 a_c ——浆液中水泥所占质量比例(%)；

- a_c ——浆液中黏性土(或粉煤灰)所占质量比例(%)；
- a_w ——浆液中水所占质量比例(%)；
- d_c ——水泥密度(kg/L)；
- d_e ——黏性土(或粉煤灰)密度(kg/L)；
- d_w ——水的密度(kg/L)。

4 采空塌陷防治工程分级及设计安全系数

4.1 采空塌陷防治工程级别划分

按照《地质灾害分类分级》(DZ 0238)、《地质灾害危险性评估规范》(DZ/T 0286)及《建筑地基基础设计规范》(GB 50007)的相关要求,根据受威胁对象的险情或受灾对象的灾情,以及防治工程施工难度和工程投资因素,将采空塌陷防治工程等级分为四级,见表 1。

表 1 采空塌陷防治工程分级

分级标准		防治工程分级			
		I	II	III	IV
威胁或受灾对象	工程重要性	城市和村镇规划区、放射性设施、军事和防空设施、核电、二级(含)以上公路、铁路、机场、大型水利工程、电力工程、港口码头、矿山、集中水源地、工业建筑(跨度>30m)、民用建筑(高度>50m)、垃圾处理场、水处理厂、油(气)管道和储油(气)库、学校、医院、剧院、体育馆等公共设施	新建村镇、三级(含)以下公路、中型水利工程、电力工程、港口工程、矿山、集中水源地、工业建筑(跨度 24 m~30 m)、民用建筑(高度 24 m~50 m)、垃圾处理场、水处理厂等	小型水利工程、电力工程、港口工程、矿山、集中水源地、工业建筑(跨度≤24m)、民用建筑(高度≤24m)、垃圾处理场、水处理厂等	矿山地质环境类工程、农田等
	建筑基础设计等级	甲级建筑物	乙级建筑物	丙级建筑物	
伤亡人数	死亡(人)	≥100	100~10	10~1	0
	重伤(人)	≥150	150~20	20~5	<5
直接威胁人数(人)		≥500	500~100	100~10	<10
直接经济损失(万元)		≥1 000	1 000~500	500~50	<50
潜在经济损失(万元/a)		≥5 000	5 000~1 000	1 000~100	<100
施工难度		复杂	较复杂	一般	简单
工程投资(万元)		≥3 000	3 000~1 000	1 000~200	<200
注 1:分级确定采取上一级别优先原则,只要有一项要素符合某一级别,就定为该级别。 注 2:表中工程重要性按《地质灾害危险性评估规范》(DZ/T 0286)标准执行。 注 3:表中的甲、乙、丙级建筑物按《建筑地基基础设计规范》(GB 50007)标准执行。					

4.2 采空塌陷防治工程设计安全系数

4.2.1 采空塌陷防治工程实施后,稳定性依据采空塌陷区地表变形进行计算,公式如下:

倾斜: $F_s = \frac{i_0}{i_{基}}$ (1)

曲率： $F_s = \frac{k_0}{k_{基}}$ (2)

水平变形： $F_s = \frac{\epsilon_0}{\epsilon_{基}}$ (3)

式中：

- i_0 ——地表允许倾斜值(mm/m), $i_0 = \pm 3$ mm/m；
- k_0 ——地表允许曲率值(m^{-1}), $k_0 = \pm 0.2 \times 10^{-3}$ /m；
- ϵ_0 ——地表允许水平变形值(mm/m), $\epsilon_0 = \pm 2$ mm/m；
- $i_{基}$ ——采空塌陷防治工程实施后地表倾斜值(mm/m)；
- $k_{基}$ ——采空塌陷防治工程实施后地表曲率值(m^{-1})；
- $\epsilon_{基}$ ——采空塌陷防治工程实施后地表水平变形值(mm/m)；
- F_s ——设计安全系数, F_s 的选取见表 2。

4.2.2 采空塌陷防治工程设计安全系数见表 2。

表 2 采空塌陷防治工程设计安全系数推荐表

防治工程等级	I	II	III	IV
安全系数 F_s	≥ 1.5	≥ 1.3	≥ 1.1	≥ 1.0

4.2.3 对于水利坝基及库区的采空塌陷防治工程设计,除了满足坝基的稳定性要求外,还应满足坝体渗透变形破坏、渗漏的相关要求,应列专题研究。

5 采空塌陷防治工程基本规定

5.1 一般规定

- 5.1.1 采空塌陷防治工程设计前,必须进行采空塌陷防治工程勘查,以判断采空塌陷场地的稳定性及对工程建设的危害性和适宜性。勘查及评价结论应作为采空塌陷防治工程设计的主要依据。
- 5.1.2 采空塌陷场地的稳定性及对工程建设场地的危害性和适宜性评价应符合现行国家标准《煤矿采空区岩土工程勘察规范》(GB 51044)及《采空塌陷勘查规范》(T/CAGHP 005)的有关规定。
- 5.1.3 采空塌陷防治工程设计应遵循“预防为主、防治结合、综合治理”的基本原则,对于条件复杂的采空塌陷区应采取避让措施。
- 5.1.4 采空塌陷防治工程设计,应以防治后地表不发生非连续变形破坏为基本要求。
- 5.1.5 采空塌陷防治工程设计应积极采用和推广可靠的新技术、新工艺和新材料,宜优先考虑利用工程所在地广泛分布存在的工程材料,合理利用矿渣、尾矿等废弃物,并应遵守国家现行安全生产和环境保护等有关规定。
- 5.1.6 采空塌陷防治措施主要有搬迁避让、灌注充填、开挖回填、砌筑支撑、桩基穿(跨)越、井下巷道加固、井下防水闸门、跟踪监测等。采空塌陷防治措施选择应符合下列规定：
 - a) 安全可靠,技术可行,经济合理。
 - b) 施工场地条件便利,施工工期合理。
 - c) 防治效果显著,符合环境保护及国家相关规定。
- 5.1.7 对以下类型采空塌陷防治工程,应在有代表性的区段进行现场试验和试验性施工,并应校核设计参数和施工工艺：

- a) 防治工程等级为Ⅰ级和Ⅱ级的工程。
- b) 无区域防治工程经验的工程。
- c) 采用新材料或新处理工艺的工程。

5.2 采空塌陷防治工程设计的依据和基础资料

5.2.1 采空塌陷防治工程设计的依据主要包括立项任务书、可行性研究报告、工程勘查成果等。

5.2.2 采空塌陷防治工程设计的基础资料应满足各设计阶段的要求。主要包括以下方面：

- a) 地形资料：地形图、平面图、剖面图和坐标控制点。
- b) 气象水文资料：气温、降雨、水文等。
- c) 勘查资料：开采矿层上覆岩层和地基土的地层岩性、区域地质构造、采空区开采历史、开采现状和开采规划，开采方式和顶板管理方法，采空区覆岩及垮落类型、发育规律、岩性组合及其稳定性程度，地下水的赋存类型、分布、补给排泄条件、变化幅度及其对采空区稳定性的影响，采空塌陷范围、程度、地表移动变形盆地特征和分布、裂缝、台阶特征和规律，采空区内有害气体的类型、分布特征和危害程度等。
- d) 其他资料：施工场地的水、电、交通条件，排水、排污条件；振动的限制；防治工程勘查、设计及施工的地方经验；地方的材料及劳务价格等。

5.3 采空塌陷防治工程设计阶段及其要求

5.3.1 采空塌陷防治工程设计宜采用三阶段设计，即可行性方案设计、初步设计和施工图设计。对于应急抢险类项目，可视情况简化为一个或两个阶段设计，应急治理工程设计应与后续的长期治理相衔接，并为长期治理提供基础。

5.3.2 可行性方案设计阶段是采空塌陷防治工程设计的重要阶段，应根据防治目标，对采空塌陷的危害性和实施防治工程的必要性和可行性进行论证；根据防治工程等级，结合当地地质条件和工程特点，提出工程经济、技术可行的多种设计方案，并对各设计方案从技术、经济、社会和效益等多个方面进行全面的对比分析，提出优化的推荐设计方案，编制投资估算。该阶段设计应符合下列规定：

- a) 可行性方案设计应在可行性研究阶段勘查成果的基础上进行编制。根据勘查成果，选定有关的岩土体物理力学参数，进行稳定性分析与评价；根据防治工程等级，选定设计安全系数，结合拟采取的工程措施，计算治理后采空塌陷的稳定性。
- b) 可行性方案设计应从技术、经济、社会和效益等多个方面对两个以上的防治工程方案进行对比分析，提出优化的推荐设计方案；做到推荐方案安全可靠、技术科学、经济合理。
- c) 可行性方案设计阶段的设计文件应以文字论述为主，辅以必要的方案图表。图表主要包括：
 - 1) 防治工程平面图：应标明地形地物、防治工程布置、采空塌陷分布位置及井上下对照图等要素，比例尺为 1:10 000~1:5 000。
 - 2) 防治工程断面图：应标明地形地物、矿层或采空塌陷、防治工程等要素，比例尺为 1:10 000~1:5 000。
 - 3) 综合地质柱状图：应包括所有可能开采的矿层深度，比例尺为 1:5 000~1:2 000。
 - 4) 工程数量一览表、工程估算（总估算表、工程建设其他费用表、建筑安装工程费计算表等）。
 - 5) 必要的其他资料。

5.3.3 初步设计阶段应针对可行性方案设计推荐的方案,结合初步勘查成果进一步论证实现目标的可行性;对项目进行分解,提出具体的工程实现步骤,进行必要的工程试验,确定合理的工程设计参数,计算并分析对比采空塌陷处置前后的稳定性,确保防治工程安全及防治效果;编制以地质资料为主体的工程图件,进行工程概算。该阶段设计应符合下列规定:

- a) 初步设计应在可行性方案设计和采空塌陷初步勘查成果的基础上进行编制。
- b) 初步设计应根据采空塌陷初步勘查成果,结合场地工程地质条件,在进行必要的工程试验和室内模拟分析的基础上,按照防治工程等级,提出合理的工程设计参数。
- c) 初步设计应对采空塌陷处置前后的稳定性进行充分计算分析,确保防治工程安全有效。
- d) 初步设计应对采空塌陷监测工程、质量检验等内容提出建议。
- e) 初步设计应对采空塌陷防治工程进行效益、效果评估,包括工程实施后的经济效益、社会效益、环境效益及防灾效益。
- f) 初步设计阶段的设计文件宜文字说明与图表并重,并提交有关试验报告等内容。图表主要包括:
 - 1) 防治工程平面图:应标明地形地物、防治工程布置、矿山法定开采边界,采空塌陷的分布范围及开采时间,采空塌陷底板等高线,矿山开采规划,地面塌陷、裂缝位置,比例尺为 1:2 000~1:1 000。
 - 2) 防治工程断面图:应在地质断面[含建(构)筑物基础平面布置]上绘出采空塌陷的形态及“三带”发育范围,标明底板高程、地下水位线、防治工程布置等,比例尺为 1:1 000~1:500。
 - 3) 钻孔结构示意图:应包括钻孔总深度,各孔段直径和深度,套管直径、长度、下放深度和固管深度等要素,比例尺为 1:100~1:200。
 - 4) 工程数量一览表、材料用量一览表、工程概算文件(总概算表,工程建设其他费用表,建筑安装工程费计算表,人工、材料、机械台班单价汇总表,施工机械台班费计算表,建筑工程单价汇总表,单价分析表等)。
 - 5) 必要的其他资料。

5.3.4 施工图设计阶段是在初步设计及详细勘查成果的基础上,对初步设计确定的工程结构与构造进行细部设计,详细说明设计的基本思路,提出施工技术、施工组织、安全措施和施工工期等要求,以满足工程施工和工程招标投标的要求;编制工程措施的具体结构、工程施工图件及说明,进行工程预算。该阶段设计应符合下列规定:

- a) 施工图设计应在防治工程初步设计及采空塌陷详细勘查成果的基础上编制,是对初步设计确定的工程图进一步细化。
- b) 施工图设计应详细说明设计的基本思路、原则、依据及标准,并对各分项分部工程提出具体的技术要求,详细计算工程数量及材料用量。
- c) 施工图设计应从施工条件、施工方法、施工工艺、施工顺序、施工安全、施工工期等方面对施工组织提出要求。
- d) 施工图设计应进行详细的监测工程设计,明确监测目的、方法、内容、工程量及相关要求,并应对防治工程施工过程质量控制、施工后质量检测与验收提出详细要求。
- e) 施工图设计阶段的设计文件宜以图表为主,辅以简要的文字说明。设计附图一般包括下列图件:
 - 1) 防治工程平面图:应标明地形地物、防治工程布置、矿山法定开采边界,采空塌陷的分

布范围及开采时间,采空塌陷底板等高线,矿山开采规划,地面塌陷、裂缝位置,比例尺为 1:2 000~1:1 000。

- 2) 防治工程断面图:应在地质断面[含建(构)筑物基础平面布置]上绘出采空塌陷的形态及“三带”发育范围,标明底板高程、地下水位线、防治工程布置等,比例尺为 1:1 000~1:500。
- 3) 监测点布置图:应包括监测点类型、监测内容、方法等,比例尺为 1:5000~1:2 000。
- 4) 钻孔结构详图:应包括钻孔总深度、各孔段直径和深度,套管直径、长度、下放深度和固管深度等要素,比例尺为 1:100~1:200。
- 5) 结构详图:应包括浇筑孔口管结构图、监测点埋设结构图、施工工艺流程图等。
- 6) 其他图件:临时占地平面图、施工总平面布置图、灌浆站布置图等。
- 7) 控制点坐标及钻孔坐标一览表、工程数量一览表、材料用量一览表、浆液配比一览表、工程预算(总预算表,工程建设其他费用表,建筑安装工程费计算表,人工、材料、机械台班单价汇总表,施工机械台班费计算表,建筑工程单价汇总表,单价分析表等)。
- 8) 必要的其他资料。

5.3.5 对于采空塌陷防治工程等级为Ⅲ级和Ⅳ级,且地质及采矿资料齐全可靠的采空塌陷,可简化设计阶段。将可行性方案设计与初步设计合并,编制能达到初步设计要求的可行性方案设计。

6 灌注充填法

6.1 一般规定

6.1.1 灌注充填法适用于各类矿山采空塌陷防治,特别是矿层开采后覆岩发生了较严重的垮塌、滑落或顶板较完整的空洞但不具备井下施工条件(通风、排水等),经稳定性评价结果显示处于基本稳定或不稳定的采空塌陷区。

6.1.2 灌注充填材料除应满足环境保护要求外,所选用材料的规格、配比及各项指标均应满足采空塌陷防治工程的需要。

6.1.3 灌注充填施工前,应根据防治工程等级及项目特点,在具有代表性的区段进行现场试验和试验性施工,现场灌浆试验钻孔数量宜为设计灌浆孔总数的 3%~5%,试验内容包括钻探成孔工艺、浇注孔口管工艺、浆液的配比、注浆设备、注浆施工工艺等,并按照动态设计、信息化施工的原则,校核设计参数和施工工艺,优化设计文件。

6.1.4 灌注充填施工时,为防止灌注浆液流失或采空塌陷中的积水进入矿井生产系统,影响矿井生产安全,造成次生灾害,宜在巷道中修建防水闸门,具体要求详见本规范 7.6。

6.1.5 灌注充填设计说明应包括下列内容:

- a) 工程概况,包括工程概述及主要勘查成果结论。
- b) 设计原则、依据、等级及标准。
- c) 治理工程设计,包括治理方案、治理范围、灌浆量计算、灌浆孔布设、灌浆施工工艺、施工技术要求、施工质量检测(包括施工过程质量控制及施工后质量检测)。
- d) 工程监测设计,包括目的、原则及依据、监测等级、监测网络布置、监测周期及结束标准、监测成果要求、监测数据异常及处理。
- e) 施工组织,包括施工条件、施工工期、临时征地范围等。
- f) 其他工程说明,包括井下工程、临时占地环境恢复、保护煤柱留设、设计基准期。

6.2 灌注充填范围

6.2.1 采空塌陷灌注充填范围应根据地面工程保护范围、采空塌陷平面的分布、埋藏深度以及上覆岩性等因素综合确定。充填范围可按本规范附录 A 计算。

6.2.2 灌浆充填的平面边界不宜出现过多的边、角。当建(构)筑物受保护面积较小时,应视情况加大其范围,以避免在建(构)筑物受保护面积内因地表变形叠加而超过其允许变形值。

6.3 灌注钻孔

6.3.1 灌注钻孔宜采用梅花型方式,结合地面保护对象的平面分布布置。钻孔排距、间距应根据现场试验确定;在有经验的地区可根据采矿方法、覆岩地层结构及岩性、回采率、顶板管理方法、冒落带和裂隙带的空隙、裂隙之间的连通性,并根据防治工程等级,按表 3 综合确定。

表 3 灌注钻孔排距和间距推荐值

序号	判别条件	排距(m)	孔间距(m)	
			建(构)筑物基础范围内	建(构)筑物基础范围外
1	有坚硬顶板,回采率不小于 60%,采空塌陷冒裂带的岩石空隙、裂隙之间连通性较好	25±10	20±5	25±5
2	无坚硬顶板,回采率不小于 60%,采空塌陷冒裂带的岩石空隙、裂隙之间连通性较差	20±10	15±5	20±5
3	有坚硬顶板,回采率小于 60%,采空塌陷冒裂带的岩石空隙、裂隙之间连通性较好	20±10	15±5	20±5
4	无坚硬顶板,回采率小于 60%,采空塌陷冒裂带的岩石空隙、裂隙之间连通性较差	15±10	10±5	15±5

注:防治工程等级为 I、II 时宜取“—”,防治工程等级为 III、IV 时宜取“+”。

6.3.2 采空塌陷治理范围外侧仍为采空塌陷,应在外侧边缘部位设帷幕钻孔,并宜按多排、梅花型方式布设,间距可取一般灌注孔间距的 1/2~2/3,且不宜大于 10m,偏差不宜超过钻孔间距的 10%。

6.3.3 灌注钻孔施工中应开展施工地质工作,取芯孔的数量应为钻孔总数的 3%~5%。取芯钻孔应为全孔取芯,对完整、较完整岩层,岩芯采取率应大于 80%,对破碎岩层应大于 70%,并应统计岩石质量指标 RQD。

6.3.4 灌注钻孔孔深、孔径、止浆位置、灌浆管材料与管径设计应符合下列规定:

- 当灌注钻孔位于采空塌陷边界范围以内时,应钻至采空塌陷底板以下 1m 处;当灌注钻孔位于采空塌陷边界外侧至岩层移动影响范围以内时,孔深可按本规范附录 A.3 计算确定。
- 灌注钻孔开孔孔径宜为 130 mm~150 mm,终孔孔径不应小于 91 mm,当需投入骨料时,终孔孔径不宜小于 110 mm。
- 止浆位置应选择孔在壁围岩稳定、岩层无纵向裂缝发育地段,一般为钻孔进入完整基岩的 5 m~8 m 处。
- 灌浆管材料应根据采空塌陷地层结构、破碎程度及治理深度综合确定,治理深度不超过 50 m 时可采用 PVC 管或 PE 管,治理深度超过 50 m 时可采用钢管。
- 灌浆管管径不应小于 $\Phi 50$ mm,需投入骨料时,管径不宜小于 $\Phi 89$ mm。

6.4 灌浆材料及配合比

- 6.4.1 采空塌陷灌浆宜采用水泥、粉煤灰、黏土等材料,在满足设计要求的条件下,也可选用其他替代材料。
- 6.4.2 当采空塌陷空洞、裂隙发育或存在积水时,宜先灌注砂、砾石、石屑、矿渣等粗骨料,骨料粒径的控制标准以满足灌注施工为准。灌注过程中,可根据需要加入适量的水玻璃、三乙醇胺等添加剂改变浆液性能,缩短凝结时间。灌浆材料的规格要求应符合表 4 的规定。

表 4 灌浆材料的规格要求

序号	原料	规格要求
1	水	应符合拌制混凝土用水要求,pH 值大于 4
2	水泥	强度等级不低于 32.5 级,普通硅酸盐水泥
3	粉煤灰	应符合国家二、三级质量标准
4	黏性土	塑性指数不宜小于 10,含砂量不宜大于 3%
5	砂	天然砂或人工砂,粒径不宜大于 2.5 mm,有机物含量不宜大于 3%
6	石屑或矿渣	最大粒径不宜大于 10 mm,有机物含量不宜大于 3%
7	水玻璃	模数 2.4~3.4,浓度 50°Bé 以上

- 6.4.3 灌注材料的配合比应通过现场试验确定。浆液的浓度使用应由稀到浓,水固质量比宜取 1:1.0~1:1.3。当治理影响带范围内的采空塌陷时,水泥宜占固相的 15%,粉煤灰或黏土占固相的 85%;当治理建(构)筑物下伏采空塌陷时,水泥宜占固相的 30%,粉煤灰或黏土占固相的 70%。骨料与浆液的质量比应根据勘查成果结合现场试验综合确定。
- 6.4.4 浆液材料用量计算按本规范附录 B 执行。

6.5 灌注施工参数

- 6.5.1 灌浆压力宜通过现场灌浆试验确定,以不出现地表隆起为控制标准。一般情况下,影响带范围内下伏采空塌陷灌浆压力宜控制在 1.0 MPa~1.5 MPa,建(构)筑物下伏采空塌陷灌浆压力宜控制在 2 MPa~3 MPa。
- 6.5.2 单孔灌浆结束标准:灌浆结束压力宜为灌浆压力的 1.5~2.0 倍,灌浆压力达到设计结束压力后,单位时间灌浆量应小于 50 L/min 且持续时间超过 15 min 作为结束灌浆控制标准。

6.6 灌浆量计算

6.6.1 灌浆总量 $Q_{\text{总}}$ 可按式(4)计算:

$$Q_{\text{总}} = \frac{A \cdot S \cdot M \cdot K \cdot \Delta V \cdot \eta}{c \cdot \cos \alpha} \dots\dots\dots (4)$$

式中:

- $Q_{\text{总}}$ ——采空塌陷总灌浆充填量(m^3);
- A ——浆液损耗系数,可取 $A=1.0\sim1.2$;
- S ——采空塌陷治理面积(m^2);
- M ——矿层平均采出厚度(m);
- K ——矿层回采率(%),通过实际调查确定;

ΔV ——采空塌陷剩余空隙率(%)；

η ——浆液充填系数(%),可取 $\eta=85\%\sim 95\%$ ；

c ——浆液结石率(%),经试验确定,无试验数据时 $c=70\%\sim 95\%$ ；

α ——岩层倾角($^{\circ}$)。

6.6.2 单孔灌浆量 $Q_{\text{单}}$ 可按式(5)计算：

$$Q_{\text{单}} = \frac{A \cdot \pi \cdot R^2 \cdot M \cdot \Delta V \cdot \eta}{c \cdot \cos \alpha} \dots\dots\dots (5)$$

式中：

R ——浆液有效扩散半径(m),按 1/2 孔距计算；

其他符号意义同前。

6.6.3 采空塌陷剩余空隙率应根据采空塌陷勘查成果确定。对于未进行勘查的采空塌陷,可初步按以下三种方法确定：

- a) 利用矿山已有的沉降及采空塌陷观测资料:可先计算采空塌陷上方地面的最大沉降量,通过已有的观测资料确定已完成的沉降量,空隙率为两者的差值与地面的最大沉降量之比。
- b) 对于长(短)壁式开采的采空塌陷,利用地区已有的工程资料:一般情况下闭矿时间在 5 年之内,取值在 20%~40%之间;闭矿时间在 5 年以上,取值在 10%~20%之间。
- c) 对于部分开采(房柱式或条带式)的采空塌陷,通过调查治理范围内采空塌陷的回采率来确定。

6.6.4 充填系数应根据设计安全系数确定。一般情况下,治理影响带范围内下伏采空塌陷治理充填系数应达到 85%~90%,建(构)筑物下伏采空塌陷治理充填系数应达到 90%~95%。

6.7 灌浆施工顺序和工艺要求

6.7.1 施工应按下列顺序进行：

- a) 先施工边缘帷幕孔,后施工中间灌注孔,形成有效的止浆帷幕,阻挡浆液外流。
- b) 钻孔应分序次间隔进行,宜分二至三个序次成孔,第一序次孔对采空塌陷可以起到施工地质工作的作用,根据实际地层及采空塌陷情况对后序孔的孔位、孔距、孔数进行适当调整,弥补均匀布孔设计的不足。
- c) 灌浆应间隔式分序次进行,第一序次孔浆液可能扩散范围较大,第二、三序次孔灌浆将使前序次未充填的空洞得到充填。
- d) 倾斜煤层采空塌陷应先施工沿倾向深部采空塌陷边缘孔,采取从深至浅的施工序次。

6.7.2 灌浆施工工艺可按以下三种情况选择：

- a) 当采空塌陷为单层采空塌陷时,宜采用一次成孔、自下至上,一次全灌注施工。
- b) 当采空塌陷为多层采空塌陷,矿层间隔较小,各矿层冒落、裂隙带互相贯通时,宜采用上行法灌浆施工工艺,一次成孔、自下至上,分段灌注施工。
- c) 当采空塌陷为多层采空塌陷,矿层间隔较大,各矿层冒落、裂隙带没有互相贯通时,宜采用下行法灌浆施工工艺,自上至下,分段成孔,分段注浆。

6.7.3 对于存在较大空洞的采空塌陷,需投入骨料(矿渣、风积砂等),骨料与浆液可采用孔内混合或孔外搅拌混合两种施工工艺。施工工艺选择应符合下列规定：

- a) 对于地形起伏大,施工条件差,且存在大量空洞的采空塌陷,宜采用孔外搅拌的施工工艺,浆液与骨料混合物可采用泵送的方式进行输送。
- b) 浆液与骨料混合物的强度指标应符合设计要求。

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/228002005077007034>