

采空区公路设计与施工技术细则

Guidelines for Design and Construction of Highway Engineering
in the Mined-out Area

2011-05-27 发布

2011-07-01 实施

中华人民共和国行业推荐性标准

采空区公路设计与施工技术细则

**Guidelines for Design and Construction of Highway Engineering
in the Mined-out Area**

JTG/T D31-03—2011

主编单位:山西省交通规划勘察设计院

批准部门:中华人民共和国交通运输部

实施日期:2011 年 07 月 01 日

人民交通出版社

图书在版编目(CIP)数据

采空区公路设计与施工技术细则. JTG/T
D31-03—2011/山西省交通规划勘察设计院主编. —北
京:人民交通出版社,2011.6
ISBN 978-7-114-09181-0

I. ①采… II. ①山… III. ①采空区—道路工程—设
计②采空区—道路工程—工程施工—施工技术 IV.
①U412.36②U415.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 106118 号

中华人民共和国行业推荐性标准
采空区公路设计与施工技术细则
JTG/T D31-03—2011

山西省交通规划勘察设计院 主编
人民交通出版社出版发行
(100011 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号)
各地新华书店经销
北京市密东印刷有限公司

开本:880×1230 1/16 印张:8 字数:164 千

2011 年 6 月 第 1 版

2011 年 6 月 第 1 次印刷

定价:40.00 元

ISBN 978-7-114-09181-0



中华人民共和国交通运输部

公 告

2011 年第 29 号

关于发布《采空区公路设计与施工技术细则》 (JTG/T D31-03—2011)的公告

现发布《采空区公路设计与施工技术细则》(JTG/T D31-03—2011),自 2011 年 7 月 1 日起施行。

该《细则》的管理权和解释权归交通运输部,日常解释和管理工作的由主编单位山西省交通规划勘察设计院负责。请各有关单位在实践中注意总结经验,及时将发现的问题和修改建议函告山西省交通规划勘察设计院(地址:太原市并州南路 69 号,邮政编码:030012),以便修订时研用。

特此公告。

中华人民共和国交通运输部
二〇一一年五月二十七日

主题词:公路 采空区 设计 施工 细则 公告

交通运输部办公厅

2011 年 6 月 1 日印发

前 言

根据交通运输部《关于下达 2008 年度公路工程行业标准制修订项目年度计划的通知》(交公路发[2008]147 号),由山西省交通规划勘察设计院为主编单位,负责《采空区公路设计与施工技术细则》的制定工作。

制定过程中,编制组对全国已建和在建的采空区公路进行了较为全面的技术调研,参考了国内外近十余年来有关采空区公路的科研成果和技术资料,充分吸收了我国采空区公路建设经验,广泛征求了勘察、设计、施工、检测及科研院校等单位专家的意见和建议。本细则以可靠的技术依据和较为成熟的经验为基础,符合我国采空区公路建设的实际情况。

本细则共分 8 章、8 个附录,主要内容包括采空区勘察,采空区稳定性分析与评价,采空区公路设计,采空区处治设计与施工,以及采空区处治监测与检测。本细则系统总结了我国采空区公路设计与施工十余年来的技术与方法,增加了井下测量,确定了场地稳定性和地基稳定性的评价方法及标准,吸纳了多种采空区处治方法,明确了采空区注浆质量验收标准。

请各单位在执行过程中,将发现的问题和意见函告山西省交通规划勘察设计院(地址:太原市并州南路 69 号,邮编:030012,电话:0351-5669914,E-mail:tytzz@163.com),以便修订时研用。

主 编 单 位:山西省交通规划勘察设计院

参 编 单 位:中交第二公路勘察设计院有限公司

中国地质大学(北京)

中交通力建设股份有限公司

主编起草人:郜玉兰 聂承凯 马健中 田志忠 李贵顺 李英杰

何万龙 张永波 孙雅洁 王亚伟 赵虎生 窦随兵

崔 兰 何天牛 陈 林 慎乃齐 张 彬 杨俊生

骆凤涛

目 录

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	5
3	采空区勘察	7
3.1	一般规定	7
3.2	勘察方法	7
3.3	勘察阶段	10
3.4	采空区勘察报告	14
3.5	原始资料归档	15
4	采空区稳定性分析与评价	16
4.1	一般规定	16
4.2	采空区稳定性评价标准	16
4.3	采空区稳定性评价方法	18
4.4	各勘察阶段采空区稳定性评价要求	19
5	采空区公路设计	21
5.1	一般规定	21
5.2	路线设计	21
5.3	路基、路面设计	22
5.4	桥梁设计	23
5.5	隧道设计	24
5.6	公路保护矿柱留设	26
6	采空区处治设计	27
6.1	一般规定	27
6.2	注浆法	27
6.3	其他处治设计方法	34
7	采空区处治施工	39
7.1	一般规定	39
7.2	注浆法处治施工	39
7.3	其他处治方法施工	44
8	采空区处治监测与检测	47

8.1	一般规定	47
8.2	采空区处治监测	47
8.3	采空区处治检测	49
8.4	采空区处治质量验收标准	50
附录 A	采空区勘察方法有关表格	52
附录 B	采空区移动变形观测有关表格	54
附录 C	采空区冒落带、裂隙带计算方法	61
附录 D	采空区地表移动变形计算	63
附录 E	公路保护矿柱留设	70
附录 F	采空区注浆处治施工	72
附录 G	采空区处治监测	80
附录 H	地表移动变形计算表	82
	本细则用词说明	83
附件	《采空区公路设计与施工技术细则》(JTJ/T D31-03—2011)条文说明	85
1	总则	87
3	采空区勘察	89
4	采空区稳定性分析与评价	93
5	采空区公路设计	100
6	采空区处治设计	105
7	采空区处治施工	109
8	采空区处治监测与检测	115

1 总则

1.0.1 为指导采空区公路工程建设,明确采空区公路勘察、设计、施工、监测与检测要求,保证采空区公路工程建设质量及运营安全,制定本细则。

1.0.2 本细则适用于煤矿采空区新建和改(扩)建各级公路。

1.0.3 公路勘察设计应避让采空区,难以避让时,宜以路基方式通过。

1.0.4 采空区公路建设应合理利用矿渣等采矿废弃物作为筑路材料及处治填充料。

1.0.5 采空区公路勘察、设计、施工、监测与检测,应贯彻国家技术经济政策,积极采用成熟可靠的新技术、新材料和新工艺。

1.0.6 采空区公路勘察、设计、施工、监测与检测,必须符合国家在安全生产方面的有关规定,采取完备的安全生产措施,保障人员和设施安全。

1.0.7 采空区公路勘察、设计、施工、监测与检测,必须符合国家在环境保护方面的有关规定。

1.0.8 采空区公路勘察、设计、施工、监测与检测,除应符合本细则的规定外,尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 基本术语

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、弯曲所引起的地表变形和破坏的地区或范围。狭义的采空区指开采空间。

2 回采率 mining rate

矿产采出量占工业储量的百分比。

3 采深采厚比 ratio of mining depth and working thickness

矿层开采深度与法向开采厚度的比值,简称深厚比。

4 坚硬覆岩 hard overburden

岩体完整,抗扰动能力强,天然单轴抗压强度大于 60MPa 的上覆岩层。

5 软弱覆岩 soft overburden

岩体破碎,抗扰动能力弱,天然单轴抗压强度小于 30MPa 的上覆岩层。

6 中硬覆岩 medium overburden

介于坚硬覆岩与软弱覆岩之间,天然单轴抗压强度介于 30 ~ 60MPa 之间的上覆岩层。

7 矿层顶板 mine seam roof

位于矿层上面的岩层。矿层顶板由下而上可分为伪顶、直接顶和老顶。

8 井巷工程 roadway engineering

在地层内开凿的井巷和洞室等工程。

9 矿柱 mine pillar

在矿井内特定部位为确保井巷、建筑物以及生产安全保留不予开采的部分矿层。矿柱主要有井巷保护矿柱、建(构)筑物保护矿柱、矿井边界矿柱以及防水(沙)安全隔离矿柱等几大类。

10 自然垮落 spontaneous collapse

让采空区顶板自然塌落的一种顶板管理方法。

11 覆岩破坏三带 three zone of deformation of strata above an extracted area

矿层采出后,其覆岩在垂直方向上的破坏可分为冒落带、裂隙带、弯曲带,简称“三带”。

12 冒落带 zone of shattered

直接位于采空区上方的顶板岩层,在自重和上覆岩层重力作用下,所受应力超过本身强度时,断裂、破碎、塌落的岩层。

13 裂隙带 zone of fracture

冒落带上部的岩层在重力作用下,所受应力超过本身的强度时,产生裂隙、离层及断裂,但未塌落的岩层。

14 弯曲带 zone of curve

裂隙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。

15 地表松散层沉陷变形带 zone of subsidence deformation of surface overburden

地下矿层大面积采出后,矿层上部岩层失去支撑,平衡条件被破坏,使岩层弯曲、塌落,引起地表松散层下沉变形或裂缝的区域。

2.1.2 采空区类型、开采方式有关术语

1 长壁式开采 long-wall mining

工作面较长的壁式开采方式,工作面长度一般为 100 ~ 300m,分走向长壁和倾向长壁。

2 房柱式开采 room and pillar mining

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,后退扩采矿房两侧煤柱的开采方式。

3 短壁式开采 short-wall mining

为长壁式开采和房柱式开采的结合。采用房柱式开采出煤柱,煤柱的回采是靠沿其一侧的长壁式开采方式进行。

4 巷柱式开采 roadway and pillar mining

在区段范围内,每隔 10 ~ 30m 沿煤层切割成 10 ~ 30m 的方形或矩形煤柱,然后按区段后退式开采顺序陆续回采的开采方式。

5 条带式开采 partial mining

复杂地质条件下将采区分成条带进行开采的方式,分充填条带和非充填条带两大类。

6 充填式开采 filled mining

边开采边在采空区进行充填的开采工艺。

7 充分采动 full mining

地下煤层采出后,地表下沉值达到该地质采矿条件下应有的最大值的采动。

8 非充分采动 insufficiency mining

采空区的尺寸没有达到充分采动的临界值,地表下沉也未达到该地质采矿条件下应有的最大下沉值时的采动。

9 超充分采动 ultra full mining

采空区的尺寸超过充分采动的临界值,地表下沉也达到该地质采矿条件下应有的最

大下沉值并且形成平底下沉盆地时的采动。

10 浅层采空区 shallow mined-out area

采深采厚比不大于 40 的采空区。

11 中深层采空区 middle-deep mined-out area

采深采厚比介于 40 ~ 120 的采空区。

12 深层采空区 deep mined-out area

采深采厚比不小于 120 的采空区。

13 准采区 preparatory mining area

已经规划设计,尚未开采的采区。

14 新采空区 new mined-out area

正在开采或停采时间少于一年的采空区。

15 老采空区 old mined-out area

已停止开采且停采时间超过一年的采空区。

16 水平(缓倾斜)采空区 level mined-out area

矿层水平或倾角不大于 15° 的采空区。

17 倾斜采空区 inclined mined-out area

矿层倾角介于 $15^\circ \sim 75^\circ$ 的采空区。

18 急倾采空区 acute inclined mined-out area

矿层倾角不小于 75° 的采空区。

2.1.3 地表移动变形有关术语

1 地表移动 ground movement

地下矿层开采引起上覆岩层自下而上直至地表产生移动、变形和破裂,导致地表产生的位移。

2 地表移动盆地 ground subsidence basin

地下矿层开采引起地表下沉,从而在采空区上方地面形成比采空区范围大的洼地。

3 移动盆地主剖面 main profile of movement basin

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。

4 地表下沉 surface subsidence

地表移动盆地内地表点移动矢量的垂直分量。

5 地表水平移动 surface horizontal movement

地表移动盆地内地表点移动矢量的水平分量。

6 地表倾斜变形 surface inclined movement

由于地表相邻两点的不均匀下沉而产生的相对垂直位移。

7 地表水平变形 surface horizontal deformation

由于地表相邻两点的不均匀水平移动而产生的相对水平位移。

8 地表曲率变形 surface curvature deformation

由于地表相邻点间的倾斜变形不均匀而产生的地表弯曲。

9 下沉系数 subsidence coefficient

在充分采动条件下,开采近水平矿层时地表最大下沉值与开采厚度之比。

10 边界角 boundary angle

在充分采动或接近充分采动情况下,地表移动盆地主剖面上盆地边界点(下沉值为10mm)至采空区边界的连线与水平线在矿柱一侧的夹角。考虑松散层时,尚应根据松散层移动角确定。

11 移动角 displacement angle

在充分采动情况下,移动盆地主剖面上临界变形值的点和采空区边界连线在矿柱一侧与水平线之间所夹的锐角。

2.2 符号

2.2.1 采空区地表移动变形有关符号

W ——下沉值(mm);

i ——倾斜值(mm/m);

K ——曲率值(mm/m²);

U ——水平移动值(mm);

ε ——水平变形值(mm/m);

q ——下沉系数;

M ——矿层采出厚度(m);

r ——主要影响半径(m);

b ——水平移动系数;

L, l ——采空区走向、倾向计算长度(m);

θ ——开采影响传播角(°);

T ——移动延续期;

T_c ——移动初始期;

T_h ——移动活跃期;

T_s ——移动衰退期;

ΔT ——剩余移动期;

H_m ——冒落带高度(m);

H_l ——裂隙带高度(m);

H_i ——建筑物基础深度(m);

H_r ——建筑物加载对地基的扰动深度(m);

ΔW ——剩余下沉值(mm);

Δi ——剩余倾斜变形值(mm/m);

ΔK ——剩余曲率变形值(mm/m^2)；

ΔU ——剩余水平移动值(mm)；

$\Delta \varepsilon$ ——剩余水平变形值(mm/m)。

2.2.2 注浆技术参数有关符号

A ——注浆浆液损耗系数；

C ——注浆浆液结石率；

η ——注浆浆液充填系数；

ΔV ——采空区剩余空隙率；

V_1 ——浆液结石体体积。

3 采空区勘察

3.1 一般规定

3.1.1 采空区公路工程地质勘察必须根据公路基本建设程序分阶段并按各阶段深度的要求开展工作。施工过程中发生新采或复采时,应进行补充勘察。

3.1.2 采空区勘察应满足采空区稳定性分析与评价的要求,且应根据现场地形地质条件、工程结构设置、勘察手段的适用条件等,选择适宜的勘察方法。

3.1.3 采空区勘察应充分收集矿产及其采掘资料,以及压覆资源、地灾评估报告等资料,且应对收集到的资料的完整性、可靠性进行分析和验证。

3.1.4 采空区勘察报告应由文字说明和图件资料组成,并附有必要的影像资料。文字说明应按任务要求、勘察阶段和工程项目的特点进行编写,内容应符合勘察报告的要求。

3.1.5 采空区有害气体的专项检测与评价,应委托具备相应资质的单位进行。

3.1.6 对破坏严重的大型、复杂、多层开采的采空区,应进行专题研究。

3.2 勘察方法

3.2.1 采空区勘察应收集以下资料:

- 1 区域地质勘察报告、区域水文地质报告、项目压覆资源和地灾评估报告及其相应的图纸资料。
- 2 矿区地质报告,包括矿产的种类、分布、厚度、储量、深度和埋藏特征。
- 3 矿产采掘工程平面图、井上井下对照图、采区平面布置图、开采规划图以及相关的文字资料。
- 4 采空区的覆岩破坏和地表移动、变形观测资料。
- 5 采空区公路已有的勘察、设计、施工、监测与检测资料。

3.2.2 采空区调查与测绘应符合下列规定：

1 区域工程地质调绘应查明下列主要内容：

- 1) 地形地貌,地质构造,地层的时代、成因、岩性、产状及厚度分布。
- 2) 地下水的埋深及动态变化,地表水和地下水水质及其腐蚀性。
- 3) 不良地质的类型、分布范围、基本特征及其与采空区的相互关系。

2 采空区专项调查应包括以下内容：

1) 矿产的经营性质、开采矿种、开采规模、开采层位、开采方式、回采率、顶板管理方式及开采的起始、终止时间。

2) 采空区的埋深、采高、开采范围、空间形态、顶板支护方式、顶板垮落情况(冒落带、裂隙带高度和垮落物充填情况)。

3) 采空区地下水赋存、水质和补给状况。

4) 矿渣堆放的位置、规模及其对公路工程的影响。

5) 矿区突水、冒顶和有害气体等灾害性事故情况。

6) 采空区地表变形程度、影响范围和地表移动盆地特征。

7) 采空区地表建(构)筑物的类型、基础形式、变形破坏情况及其原因。

3 采空区地表测绘和井下测绘应符合下列规定：

1) 应通过现场测绘和描述等手段,对矿井口、巷道口及地表塌陷裂缝的形状、走向、宽度、深度等变形要素进行标定和编录,确定采空区的地表变形范围及程度。

2) 有条件的矿区,应深入井下,对巷道和采空区内部进行测绘,并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。

3.2.3 移动变形观测应符合下列要求：

1 观测线宜平行和垂直路线布设,长度应大于采空区的地表移动变形范围。

2 观测点宜等间距布置,其间距可按表 3.2.3-1 确定。

表 3.2.3-1 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

3 对于长壁陷落法采空区,观测周期可按表 3.2.3-2 确定。其他非长壁陷落法采空区,其观测周期可根据开采方式和回采率适当延长。

表 3.2.3-2 观测周期取值

开采深度 H (m)	≤ 50	50 ~ 100	100 ~ 150	150 ~ 200	≥ 200
观测周期(d)	10 ~ 20	20 ~ 30	30 ~ 60	60 ~ 90	90

4 观测控制点应设在不受采空区影响的稳定区域。冻土地区控制点基底应在冰冻线以下不小于 0.5m。

5 变形观测点的埋设、观测方法和精度应参照现行《工程测量规范》(GB 50026)变形测量部分的相关要求执行。

3.2.4 物探可采用电法、电磁法、地震法、测井法、重力法、放射性等方法。各物探方法的适用条件可按本细则附录表 A.0.2 的规定采用。

1 物探应综合考虑现场地形地质条件、采空区埋深及分布情况。当采用两种以上物探方法时,宜按表 3.2.4 选用,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。

表 3.2.4 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	地震反射波法
第三种方法	瞬态面波法	瞬态面波法	可控源音频大地电磁法		

2 在有钻孔的工作区,应采用综合测井、孔内电视及跨孔物探等方法进行井中物探。

3.2.5 工程钻探应符合下列要求：

1 工程钻探应对收集、调查的资料、测绘及工程物探成果进行验证,并查明以下内容：

- 1)采空区覆岩岩性、结构特征以及采空区的分布范围、空间形态和顶底板高程。
- 2)采空区引起的冒落带、裂隙带和弯曲带的分布、埋深和发育状况。
- 3)采空区中是否赋存瓦斯等有害、有毒气体。
- 4)采空区顶板、上覆岩层的岩性及其物理力学性质。
- 5)采空区的水文地质条件,包括地下水位、水化学类型及其对混凝土的腐蚀性。

2 钻孔应综合考虑下列情况进行布置：

- 1)资料收集的完整性、有效性及调绘成果；
- 2)工程物探异常区域；
- 3)地表变形观测资料；
- 4)综合测井和跨孔物探的需要；
- 5)采空区上覆工程类型的重要程度。

3 钻孔地质描述除应满足一般工程地质地层描述的要求外,尚应重点描述采空区三带特征。

4 钻探施工要点与技术要求及三带判定依据应分别符合表 3.2.5-1 和表 3.2.5-2 的规定。

表 3.2.5-1 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工程地质钻机,必要时可采用地锚加固钻架	1. 一般完整地层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. 坚硬岩层宜采用喷反钻具钻进	1. 致密稳定地层中宜采用清水钻进; 2. 黄土地层可采用无冲洗液钻进	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±0.05m以内。 2. 取芯钻进回次进尺应限制在2.0m 以内。 3. 除原位测试及有特殊要求的钻孔外,钻孔均应全孔取芯。坚硬完整岩层取芯率不应低于 85%,强风化、破碎的岩石不应低于 50%。 4. 注意观测地下水位并进行简易水文地质观测。 5. 孔斜每百米应小于 1°	1. 现场记录应及时、准确、按回次进行,不得事后追记; 2. 描述内容应规范、完整、清晰; 3. 钻探记录和岩芯编录,应由专业技术人员承担,并有记录员及机长签字; 4. 绘制钻孔柱状图

表 3.2.5-2 采空区钻探现场描述要点与三带判定依据

冒落带判定依据	裂隙带判定依据	弯曲带判定依据
1. 突然掉钻; 2. 埋钻、卡钻; 3. 孔口水位突然消失; 4. 孔口吸风; 5. 进尺特别快; 6. 岩芯破碎混杂,有岩粉、淤泥、坑木等; 7. 瓦斯等有害气体上涌	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. 瓦斯等有害气体上涌; 6. 岩芯采取率小于 75%	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. 开采矿层岩芯完整,无漏水现象

3.3 勘察阶段

3.3.1 预可阶段勘察应符合下列要求:

1 应了解公路建设范围内地质条件、矿产分布、采掘及压覆资源情况,研究项目区内各路线方案采空区的分布范围及工程地质特征,分析评价采空区对路线方案及工程方案的影响程度,依据工程地质条件论证路线方案的可行性与合理性,为编制预可行性研究报告提供资料。

2 本阶段应以收集资料和采空区专项调查为主,勘察区域应满足预可研究要求,勘察成果应汇总在预可研究报告中。

3.3.2 工可阶段勘察应符合下列要求:

1 应初步查明公路建设范围内地质条件、矿产分布、采掘及压覆资源情况,定性评价采空区稳定性,论证拟建公路采空区及矿产资源的分布特征及其对公路工程的影响,为路线走廊带及方案比选提供依据。