

国家示范院校重点建设专业优质核心课程工学结合系列教材

HANGDAO

SHIGONG JISHU

巷道施工技术

主编 韩恒梅 禄建民

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

内 容 提 要

本教材是为推行任务驱动、项目教学改革方案的实施,按照“学有所用,用有所学,学用结合”的原则,在真实的工作岗位与工作任务基础上编写的。

全书共分巷道断面设计、巷道掘进、巷道支护、特殊条件下的施工和巷道施工组织与管理等五大模块。适合煤炭高等职业技术学院煤矿开采技术专业、矿井通风与安全专业和采矿工程类其他专业的项目教学通用教材,也可作为中等专业学校、成人教育学院采矿工程类相关专业的教材,同时可供煤炭工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

巷道施工技术/韩恒梅,禄建民主编. —徐州:中国矿业大学出版社,2009.8

ISBN 978 - 7 - 5646 - 0085 - 3

I. 巷… II. ①韩…②禄… III. ①巷道—工程施工—高等学校—教材 IV. TD263

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 145514 号

书 名 巷道施工技术

主 编 韩恒梅 禄建民

责任编辑 何 戈 孙建波

责任校对 张 岩

出版发行 中国矿业大学出版社

(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

排 版 徐州中矿大印发科技有限公司排版中心

印 刷 江苏淮阴新华印刷厂

经 销 新华书店

开 本 787×1092 1/16 印张 21.75 字数 543 千字

版次印次 2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷

定 价 32.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

为了满足高等职业技术学院培养煤矿专业应用型人才的需要,推行任务驱动、项目教学改革方案的实施,组织教材编写人员深入现场,在充分调研的基础上,针对煤炭科技发展的要求,站在煤炭科技发展的前沿,按照“学有所用,用有所学,学用结合”的原则,以真实的工作岗位与工作任务,在学科式教材的基础上整合、组织教材内容。《巷道施工技术》全面、系统地介绍了巷道施工方面的基本理论和基本知识,能够反映目前最先进的新技术、新理论、新设备和新工艺。通过项目教学,力争使学生达到能在一般地质条件下组织巷道快速施工和在复杂条件下安全施工的能力。

本教材是煤矿开采技术专业的核心课程之一,教材主要面对现场实际工作需要划分为5个模块,13个课题和28项工作任务,总学时安排150学时,其中理论教学76学时,实践性教学74学时。

本教材由平顶山工业职业技术学院韩恒梅和禄建民编写。初稿完成后,平煤天安四矿高级工程师易先春审阅了书稿,并提出了宝贵意见。在教材编写过程中,得到了平顶山工业职业技术学院领导和平煤集团公司生产矿有关技术人员的关心与支持,并提出了很多宝贵意见,在此谨向他们表示致谢。

本书在编写过程中参考了众多的文献资料,在书后参考文献中可能没有一一列出,在此向所有文献的作者致谢。

由于编者水平有限,书中难免存在缺点或错误,敬请读者指正。

编者

2008年12月

目 录

模块一 巷道断面设计	1
课题一 巷道断面形状	1
任务一 巷道断面形状选择	1
课题二 巷道断面尺寸确定	3
任务一 巷道净断面尺寸确定	3
任务二 巷道断面布置	15
任务三 巷道断面设计示例	21
模块二 巷道掘进	26
课题一 水平岩石巷道掘进	26
任务一 编制爆破图表	26
任务二 掘进通风与综合防尘	91
任务三 装岩与运输	95
任务四 机械化掘进	109
课题二 煤巷及半煤岩巷掘进	119
任务一 半煤岩巷爆破施工方法	120
课题三 煤巷施工	123
任务一 煤巷爆破法施工	123
任务二 掘锚一体化成套技术	129
课题四 倾斜巷道施工	132
任务一 上山掘进	132
任务二 下山掘进	136
模块三 巷道支护	145
课题一 普通支架支护	145
任务一 工程材料	145
任务二 普通支架	157
课题二 锚喷支护	176
任务一 锚杆支护	176
任务二 煤巷锚杆支护	199
任务三 喷射混凝土支护施工	243
模块四 特殊条件下的施工	251
课题一 软岩巷道施工	251
任务一 软岩巷道施工	251
任务二 巷道的维护和修复技术	269

课题二 揭露煤与瓦斯突出煤层的施工方法·····	276
任务一 石门揭露突出煤层的施工方法·····	276
任务二 沿突出煤层掘进平巷的技术措施·····	282
课题三 硐室、交岔点及采区煤仓施工 ·····	286
任务一 硐室施工·····	286
任务二 交岔点设计与施工·····	296
任务三 采区煤仓施工·····	311
模块五 巷道施工组织与管理·····	323
课题一 施工组织与劳动组织·····	323
任务一 施工组织·····	323
任务二 劳动组织与管理·····	326
课题二 作业规程·····	337
任务一 作业规程的编制与贯彻实施·····	337
参考文献·····	342

模块一 巷道断面设计

巷道断面设计,主要是选择断面形状和确定断面尺寸,其合理与否直接影响到煤矿生产的安全和经济效果。设计出的巷道断面直接作为井下巷道施工的依据,也是进行井巷工程概预算的依据。因此,巷道断面设计合理与否,直接影响煤矿生产的安全和经济效益。

巷道断面设计原则是:在满足安全与技术要求的条件下,力求提高断面利用率,缩小断面、降低造价并有利于快速施工。

课题一 巷道断面形状

任务一 巷道断面形状选择

I. 任务描述

主要内容简介:巷道断面形状的类型、特点及适应条件,巷道断面形状选择应考虑的主要因素。

任务要求:能根据不同地质条件和不同工程条件正确选择巷道断面形状。

II. 任务分析

为了合理确定巷道断面形状,首先应分析地质因素(即不同的岩性、不同的地压显现形式、地下水等),工程条件(巷道埋深、用途、服务年限)和施工条件(施工方法、支护方式、施工技术装备)对巷道断面的影响;其次应熟悉各种类型巷道的适应条件。

III. 相关知识

知识点:

- (1) 平顶型巷道的适应条件。
- (2) 拱型巷道的适应条件。
- (3) 巷道断面形状选择依据。

技能点:

- (1) 能根据不同的工程和地质条件,正确选择断面形状。
- (2) 会分析支承压力对巷道断面形状的影响。

一、选择巷道断面应考虑的因素

巷道断面形状的选择,主要取决于下列因素:

- (1) 巷道所处的位置及围岩的物理力学性质、矿山压力的大小及作用方向;
- (2) 巷道的服务年限和用途;
- (3) 巷道支护方式和支护材料;
- (4) 施工技术及装备的情况;
- (5) 邻近矿井同类巷道的断面形状及其维护情况。

这些因素之间是互相联系的,通常是根据前两个因素选择出支护形式和支架材料以后,

就能得出巷道断面形状。

开拓巷道宜采用拱形断面；采区巷道可选用拱形、矩形、梯形断面；在特殊地质条件下，如软弱岩层，可选用圆形、马蹄形和加底拱的断面。

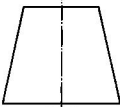
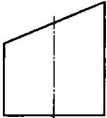
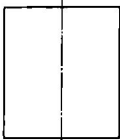
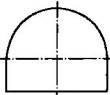
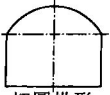
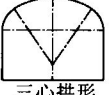
当围岩压力不大、服务年限不长时，一般选用矿用工字钢支架、锚网或可缩性金属支架进行支护，其断面形状一般为梯形或矩形，如采区巷道或回采巷道。

当巷道围岩力学性质较差，围岩压力较大，并且服务年限较长时，一般宜采用锚网喷、混凝土砌碇、料石砌碇或U形钢可缩性支架进行支护，断面一般为拱形、圆形或椭圆形，如井底车场巷道、主要运输大巷、总回风大巷或服务年限较长的采区准备巷道等。

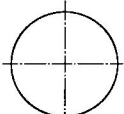
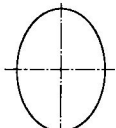
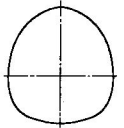
在具体条件下，上述因素有主次差别。例如一些服务年限较长的巷道，虽然所处位置的矿山压力并不太大，围岩相对较稳定，但为了降低巷道的支护成本，也可采用锚喷、料石或混凝土砌碇支护的拱形断面。相反，一些服务年限较短的巷道，其所处位置围岩稳定性相对较差，受到回采影响，围岩压力较大，有时采用锚杆(索)联合支护、U形钢可缩性支架或矿用工字钢架棚支护的梯形或拱形断面。

二、巷道断面基本形状及其适用条件

表 1-1 常用的巷道断面基本形状及其适用条件

 梯形	顶板暴露面积较矩形断面小，可减少顶压，能够承受较大的侧压，多用于采区巷道
 不规则形状	在薄煤层中，为了不破坏顶板，巷道沿煤层顶板布置，使顶板保持稳定，断面形状根据煤层赋存条件而定
 矩形	断面利用率较高，多用于顶压、侧压都较小，维护时间不长的回采巷道
 半圆拱形	目前开拓、准备巷道和硐室采用的断面形状，多在顶压大、侧压小、无底鼓的条件下使用
 切圆拱形	由于光面爆破和锚喷支护的推广，拱部成形好，施工方便，多用于准备巷道。当跨度较大时，较半圆拱形断面利用率高
 三心拱形	与半圆拱形相比，拱顶承压能力差，但断面利用率较高，适用于围岩坚硬的开拓巷道、上下山和硐室

续表 1-1

 圆形	围岩松软、有膨胀性、四周压力均很大,用其他形状不能抵抗围岩压力时采用
 椭圆形	当巷道四周构造应力很大,且分布不均匀时,根据顶压和侧压的大小,采用竖直或水平布置
 马蹄形	用于围岩松软,有膨胀性,顶、侧压很大,且有一定底压的巷道

IV. 任务实施

安排课程设计和模型室参观,建立平顶型巷道、拱形巷道和封闭型巷道断面的空间概念。

课题二 巷道断面尺寸确定

任务一 巷道净断面尺寸确定

I. 任务描述

主要内容简介:巷道断面尺寸的确定方法与设计步骤,梯形断面及三心拱、切圆拱断面的特点与几何尺寸。

任务要求:能绘制巷道净断面图,准确标注断面几何尺寸,能利用作图法绘制三心拱形巷道断面和切圆拱形巷道断面图。

II. 任务分析

为了绘制巷道断面施工图,首先应掌握巷道平面尺寸的确定方法和风速校核方法,熟悉梯形巷道和不规则形巷道,即轨道巷、胶带巷、通风行人巷和切眼平面尺寸的确定方法。

III. 相关知识

知识点:

- (1) 净宽的确定方法。
- (2) 净高的确定方法。
- (3) 净断面积与风速验算。

技能点:

- (1) 能绘制巷道轮廓线图。
- (2) 会准确标定巷道净尺寸。

《煤矿安全规程》第二十一条规定:巷道净断面必须满足行人、运输、通风和安全设施及设备安装、检修、施工的需要。因此,巷道断面尺寸主要取决于巷道的用途,存放或通过它的机械、器材或运输设备的数量与规格,人行道宽度与各种安全间隙以及通过巷道的风量等,并且必须按支护最大允许变形后的断面计算。

设计巷道断面时,应根据上述因素和有关规程、规范的规定,首先定出巷道的净断面尺寸,并进行风速验算;其次,根据支架参数、道床参数、计算出巷道的设计掘进断面尺寸,并按允许加大值(超挖值)计算出巷道的计算掘进断面尺寸;最后,按比例绘制包括墙角、水沟在内的巷道断面图,编制巷道特征表和每米巷道工程量及材料消耗量表。

梯形及拱形巷道断面是我国矿山巷道中最常用的断面形状,巷道断面尺寸的决定如下。

一、巷道断面的净宽度

巷道净断面尺寸应该根据巷道内运行车辆或其他运输设备的最大轮廓尺寸、架设管线、行人,以及设备的运送、安装、检修和施工要求等因素确定,并应根据通风要求进行验算。

巷道的净宽度,是设备本身的宽度加上《煤矿安全规程》所规定的相应安全间隙(表 1-2)。

表 1-2 巷道安全间隙表

项 目		规定安全间隙/m
人行侧从道砟面起 1.6 m 高度范围内设备与拱、壁间	综采矿井	1.0
	其他矿井	0.8
非人行侧与拱、壁间	综采矿井	0.5
	其他矿井	0.3
移动变电站或平板车上综采设备最突出部分	与拱、壁间	0.3
	与输送机间	0.7
人车停车地点人行侧从道砟面起 1.6 m 高度范围内设备与拱、壁间		1.0
安设输送机巷道输送机与拱、壁间		0.5
两列对开列车最突出部分之间		0.2
采区装载点两列车最突出部分		0.7
电机车架空线与巷道顶或棚梁间		0.2
导电弓距拱、壁间		0.3
矿车摘挂钩地点两列车最突出部分之间		1.0
导电弓距管子最突出部分间		0.3
运输设备距管子最突出部分间		0.3
运输设备距巷道顶或棚间、壁间		0.3
用架空乘人装置运送人员时,蹬座中心至巷道一侧的距离		0.7

直墙巷道净宽度是指两墙内侧的水平距离。梯形巷道,无运输设备时,是指其净高 1/2 处的宽度;当运行电机车或矿车时,则净宽度是指自道砟面起至车辆最大高度处的巷道宽度;当铺设输送机时,是指自巷道底板(或地板)起 1.6 m 处的巷道宽度。如图 1-1 所示。

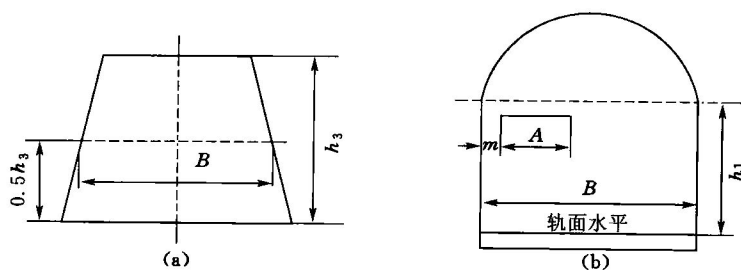


图 1-1 巷道的宽度

(a) 梯形巷道宽度;(b) 拱形巷道宽度

拱形巷道断面的主要运输巷道净宽度,综采不宜小于 3.0 m,其他类型的矿井不宜小于 2.2 m;矩形巷道断面净宽不宜小于 2.0 m;梯形巷道断面顶部净宽不宜小于 1.8 m。

决定巷道净宽度除上述一些规定和经验宽度外,在某些特殊情况下,例如人行道一侧需铺设管路,或是主要的倾斜巷道(斜井井筒)的宽度,都要根据实际情况适当增加。铺设胶带输送机的巷道,还应考虑留出检修道。

巷道净宽度(图 1-2)根据以下公式,采用只进不舍的原则进行计算。

(1) 双轨(包括机轨合一巷道)

$$B = a_1 + b + c_1 \quad (1-1)$$

(2) 单轨(包括输送机)

$$B = a_1 + c_1 \quad (1-2)$$

式中 B ——巷道净宽度,mm;

a_1, c_1 ——非人行侧和人行侧轨道(或)输送机中线到巷墙之间的距离,mm;

b ——轨道(或轨道与输送机)中线之间的距离,mm。

双轨巷道轨心距按照表 1-3 选取。

表 1-3

双轨巷道轨心距表

单位:mm

运输设备	600 mm 轨距		900 mm 轨距	
	直线	曲线	直线	曲线
1.0 t 矿车	1 100	1 300		
1.5 t 矿车	1 300	1 500	1 400	1 600
7 t、10 t、14 t 架线式机车	1 300	1 600	1 600	1 900
8 t、12 t 蓄电池机车	1 300	1 600	1 600	1 900
3.0 t 矿车			1 600	1 800
3.0 t 底卸式矿车	1 500	1 700		
5.0 t 底卸式矿车	1 600	1 800	1 800	2 000

几种常用运输设备主要计算尺寸见表 1-4。

表 1-4

几种常用运输设备主要计算尺寸

单位: mm

运输设备类型	宽度	高度	运输设备类型	宽度	高度
ZK ₇₀ — $\frac{1}{2}$ /250 架线式电机车	1 060 1 360	1 550	XK8—6/10A 蓄电池电机车	1 054	1 550
ZK14—9/550 架线式电机车	1 335	1 600	1 t 固定式矿车	880	1 150
ZK10— $\frac{1}{2}$ /550—7C 架线式电机车	1 050 1 350	1 600	1.5 t 固定式矿车	1 050	1 150
XK2.5—6/48A 蓄电池电机车	920	1 550	3 t 底卸式矿车	1 200	1 400

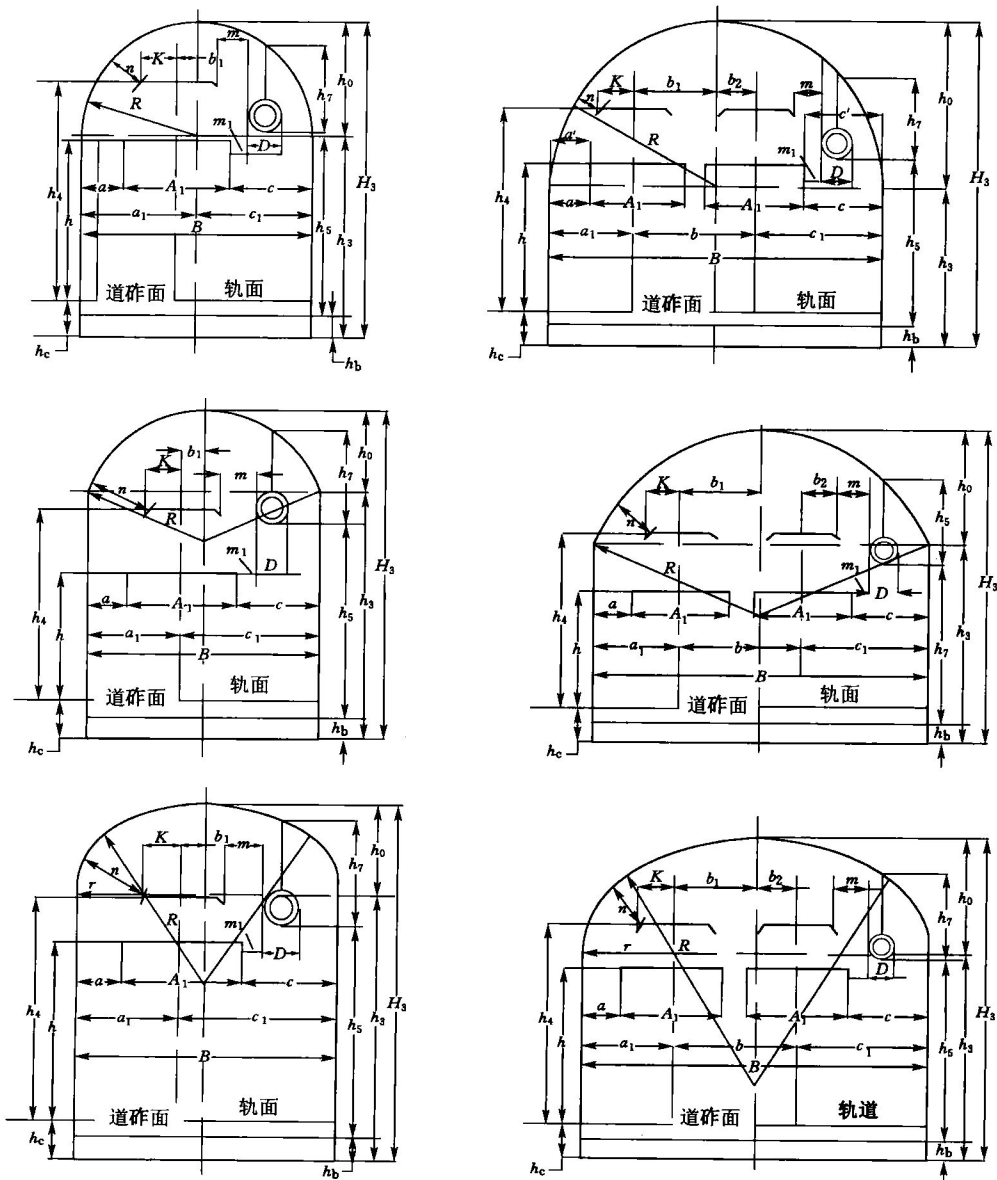


图 1-2 巷道净断面尺寸计算图

(3) 单轨吊运行的巷道净宽度

单轨吊利用吊轨运输,不占用底板,在大断面巷道使用时,底板上可设置胶带输送机等设备,能充分利用巷道空间。自身可随时起吊重物,便于装卸。另外,运距可以很长,也可以分支。一般结构的单轨吊挂机车可以爬 18° 的坡道。

但是单轨吊运行中摆动幅度较大,上下约 200 mm,左右各为 150 mm,可有 15° 的摆动角,因此所需巷道宽度应增加 150 mm,双向运行时增加 300 mm,则巷道要求最小宽度 B (巷道高 1.8 m 处的宽度,见图 1-3)。

$$B = b_1 + b_2 + b_3 \quad (\text{单行}) \quad (1-3)$$

$$B = b_1 + 2b_2 + b_3 + b_4 \quad (\text{双向}) \quad (1-4)$$

式中 b_1 ——巷道非人行侧机车距支架距离, m;

b_2 ——列车装货物运行时的最大宽度, m;

b_3 ——巷道人行侧机车距支架的距离, m;

b_4 ——两列对开单轨列车间的安全间隙, m。

当有其他运输设备在同一巷道运行时,其断面尺寸可以参照图 1-3 中(c)、(d)选取。根据运送设备的不同类型和布置方式,可适当加大巷道断面宽度或高度。

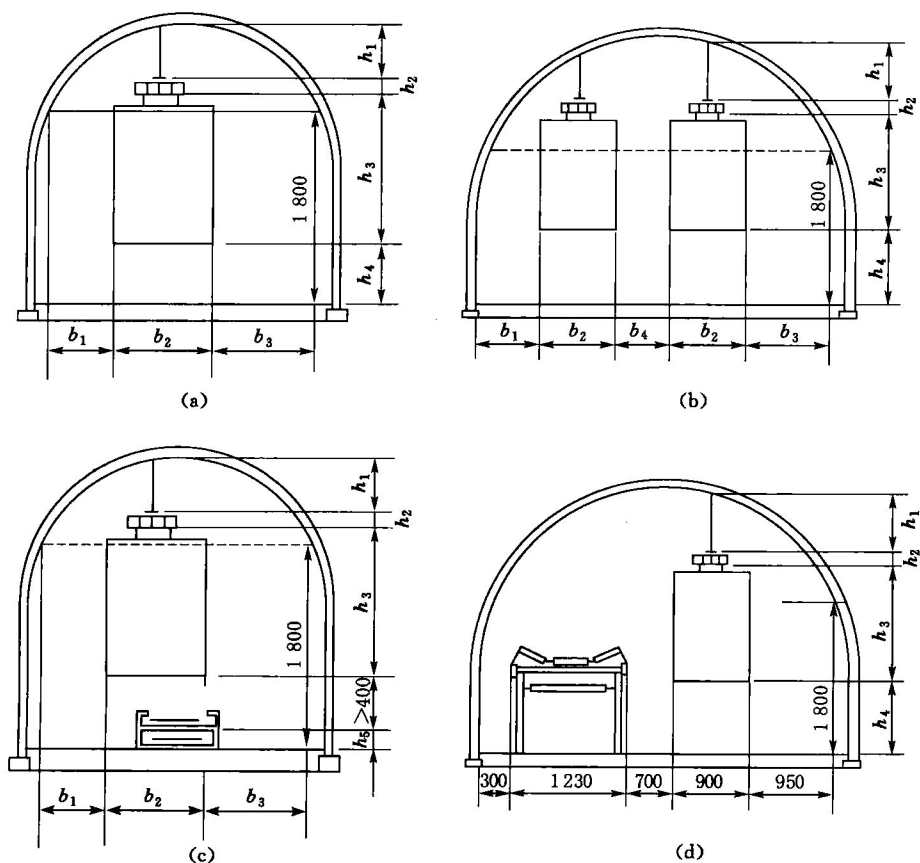


图 1-3 单轨吊运输的巷道断面

二、巷道断面的净高度

(一) 拱形巷道净高度

$$H = h_3 - h_b + h_0 \quad (1-5)$$

式中 H ——净高度, mm;

h_3 ——墙高, mm;

h_b ——从巷道底板到道砟面的高度, 由铺轨参数确定, mm;

h_0 ——拱高, mm。

1. 拱高 h_0

半圆拱形拱高为巷道净宽度一半, 即 $h_0 = B/2$; 圆弧拱形及三心拱形拱高, 煤矿一般采用 $h_0 = B/3$ 。

2. 墙高 h_3

为了满足行人安全, 运输通畅, 设备运送、安装和检修的需要, 拱形巷道墙高一般按照表 1-5 中所列的公式计算确定。

对于架线电机车运输的巷道, 一般情况下按照架线高度和管子架设要求计算; 其他运输方式或无运输设备的巷道, 按行人要求计算即可。人行侧不允许敷设管线及其他固定设施。

计算结果必须按照只进不舍的原则进行, 以 100 mm 进级。凡用两种以上方法计算者, 取其最大值。

表 1-5

拱形巷道墙高 h_3 计算公式

单位: mm

计算条件			计算公式		
			半圆拱形	圆弧拱形	三心拱形
按人行高度要求计算			$h_3 \geq 1800 + h_b - \sqrt{R^2 - (R-j)^2}$	$h_3 \geq 1800 + h_b + R - h_0 - \sqrt{R^2 - (B/2-j)^2}$	$h_3 \geq 1800 + h_b - \sqrt{r^2 - (r-j)^2}$
按架线式电机车导电弓要求计算			$h_3 \geq h_4 + h_c - \sqrt{(R-n)^2 - (K+b_1)^2}$	$h_3 \geq h_4 + h_c + R - h_0 - \sqrt{(R-n)^2 - (K+b_1)^2}$	$h_3 \geq h_4 + h_c + R - h_0 - \sqrt{(R-n)^2 - (K+b_1)^2}$
按管子悬吊高度要求计算	按导电弓	双轨	$h_3 \geq h_5 + h_7 + h_b - \sqrt{R^2 - (K+m+\frac{D}{2}+b_2)^2}$	$h_3 \geq h_5 + h_7 + h_b + R - h_0 - \sqrt{R^2 - (K+m+\frac{D}{2}+b_2)^2}$	$h_3 \geq h_5 + h_7 + h_b - \sqrt{r^2 - [r - (\frac{B}{2} - b_2 - K - m - \frac{D}{2})]^2}$
		单轨	$h_3 \geq h_5 + h_7 + h_b - \sqrt{R^2 - (K+m+\frac{D}{2}-b_1)^2}$	$h_3 \geq h_5 + h_7 + h_b + R - h_0 - \sqrt{R^2 - (K+m+\frac{D}{2}-b_1)^2}$	$h_3 \geq h_5 + h_7 + h_b - \sqrt{r^2 - [r - (\frac{B}{2} + b_1 - K - m - \frac{D}{2})]^2}$
	按电机车	双轨	$h_3 \geq h_5 + h_7 + h_b - \sqrt{R^2 - (\frac{A_1}{2} + m_1 + \frac{D}{2} + b_2)^2}$	$h_3 \geq h_5 + h_7 + h_b + R - h_0 - \sqrt{R^2 - (\frac{A_1}{2} + m_1 + \frac{D}{2} + b_2)^2}$	$h_3 \geq h_5 + h_7 + h_b - \sqrt{r^2 - [r - (\frac{B}{2} - b_2 - \frac{A_1}{2} - m_1 - \frac{D}{2})]^2}$
		单轨	$h_3 \geq h_5 + h_7 + h_b - \sqrt{R^2 - (\frac{A_1}{2} + m_1 + \frac{D}{2} - b_1)^2}$	$h_3 \geq h_5 + h_7 + h_b + R - h_0 - \sqrt{R^2 - (\frac{A_1}{2} + m_1 + \frac{D}{2} - b_1)^2}$	$h_3 \geq h_5 + h_7 + h_b - \sqrt{r^2 - [r - (\frac{B}{2} + b_1 - \frac{A_1}{2} - m_1 - \frac{D}{2})]^2}$
按 1.6 m 高度内行人宽度要求计算		双轨	$h_3 \geq 1600 + h_b - \sqrt{R^2 - (C' + \frac{A_1}{2} + b_2)^2}$	$h_3 \geq 1600 + h_b + R - h_0 - \sqrt{R^2 - (C' + \frac{A_1}{2} + b_2)^2}$	$h_3 \geq 1600 + h_b - \sqrt{r^2 - [r - (\frac{B}{2} - b_2 - \frac{A_1}{2} - C')]^2}$
		单轨	$h_3 \geq 1600 + h_b - \sqrt{R^2 - (C' + \frac{A_1}{2} - b_1)^2}$	$h_3 \geq 1600 + h_b + R - h_0 - \sqrt{R^2 - (C' + \frac{A_1}{2} - b_1)^2}$	$h_3 \geq 1600 + h_b - \sqrt{r^2 - [r - (\frac{B}{2} + b_1 - \frac{A_1}{2} - C')]^2}$

续表 1-5

计算条件			计算公式		
按设备上缘至拱壁最小安全间隙要求计算	行人侧	双轨	$h_3 \geq h + h_c - \sqrt{R^2 - (C' + \frac{A_1}{2} - b_2)^2}$	$h_3 \geq h + h_c + R - h_0 - \sqrt{R^2 - (C' + \frac{A_1}{2} + b_2)^2}$	$h_3 \geq h + h_b - \sqrt{r^2 - \left[r - \left(\frac{B}{2} + b_1 - \frac{A_1}{2} - C' \right) \right]^2}$
		单轨	$h_3 \geq h + h_c - \sqrt{R^2 - (C' + \frac{A_1}{2} - b_1)^2}$	$h_3 \geq h + h_c + R - h_0 - \sqrt{R^2 - (C' + \frac{A_1}{2} - b_1)^2}$	$h_3 \geq h + h_c - \sqrt{r^2 - \left[r - \left(\frac{B}{2} + b_1 - \frac{A_1}{2} - C' \right) \right]^2}$
	非行人侧	双轨	$h_3 \geq h + h_c - \sqrt{R^2 - (a' + \frac{A_1}{2} + b_1)^2}$	$h_3 \geq h + h_c + R - h_0 - \sqrt{R^2 - (a' + \frac{A_1}{2} + b_1)^2}$	$h_3 \geq h + h_c - \sqrt{r^2 - \left[r - \left(\frac{B}{2} - b_1 - \frac{A_1}{2} - a' \right) \right]^2}$
		单轨			
符号注释			h_3——从巷道底板算起巷道的墙高; h_b——底板至道砟面高度; h_c——底板至道轨面高度; h_1——从轨面起至电机车架线高度; h_0——巷道拱高; h_7——管子悬吊件总高,取 900 mm; h_5——从道砟面起至管子悬吊高度; h——从道砟面起至车辆上缘高度; n——导电弓距拱壁间安全距离,可取 300 mm; K——导电弓宽度一半,取 360 mm; B——巷道净宽度; b_1, b_2——双轨和单轨轨道(输送机)中线与巷道中线间的距离; m——导电弓距管子安全距离; m_1——电机车距管子安全距离; R——半圆拱形、圆弧拱形或三心拱形大圆半径; r——三心拱形小圆半径; A_1——电机车或矿车最大宽度; a_1, c_1——非行人侧和行人侧轨道(或输送机)中线到巷道墙间距离; a', C'——当运输设备上缘进入巷道拱部范围时,非行人侧和行人侧轨道(或输送机)上缘到拱内侧的距离; j——巷道有效净高不小于 1 800 mm 处到墙的水平距离,可取 200 mm; D——管子直径		

3. 直墙拱形巷道断面尺寸计算公式

半圆拱、圆弧拱、三心拱巷道断面尺寸及工程量、材料消耗计算公式见表 1-6、表 1-7、表 1-8。

(二) 梯形和矩形巷道净高度

1. 主要运输巷道

$$H = h_1 - h_a - h_b \quad (1-6)$$

式中 H ——梯形或矩形巷道净高度, mm。

h_1 ——从底板到顶梁的巷道高度, mm。

h_a ——从巷道内缘到砟面高度, mm。

h_b ——从巷道底板到道砟面高度, mm; 无道砟面时, $h_b = 0$ 。

2. 采区巷道

$$H \geq 2\,000 \text{ mm}$$

对于薄煤层

$$H \geq 1\,800 \text{ mm}$$

3. 单轨吊运输巷道净高度

对于仅有辅助运输设备的轨道运输巷,其巷道最小高度 H 为

$$H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 \quad (1-7)$$

式中 h_1 ——吊轨顶面至棚梁的距离,大于或等于 300 mm;

h_2 ——吊轨轨高, I140E 轨道高 155 mm;

h_3 ——单轨吊本身或载物的高度, mm;

h_4 ——运输物件或单轨吊车底至巷道底面安全高度,一般取 300~500 mm,巷道最小净高度为 1 900~2 300 mm。

表 1-6 半圆拱形巷道断面计算公式

顺序	项 目	单位	计算公式
1	轨面起车辆的高度	mm	h
2	轨面起巷道的壁高	mm	h_1
3	轨面起巷道的壁高	mm	$h_2 = h_1 + h_a$
4	底板起巷道的壁高	mm	$h_1 = h_2 + h_b$
5	拱高	mm	$h_0 = B/2$
6	巷道净高	mm	$H = h_2 + h_0$
7	巷道设计掘进高度	mm	$H_1 = H + h_0 + T$
8	巷道计算掘进高度	mm	$H_2 = H_1 + \sigma$
9	巷道净宽	mm	单轨 $B = a_1 + c_1$ 双轨 $B = a_1 + b + c_1$
10	巷道设计掘进宽度	mm	$B_1 = B + 2T$
11	巷道计算掘进宽度	mm	$B_2 = B_1 + 2\delta$
12	巷道净面积	mm ²	$B_3 = B_2 - 2T$
13	净断面面积	m ²	$S = B(0.39B_2 + h_2)$
14	净周长	m	$P = 2.57B + 2h_2$
15	设计掘进断面面积	m ²	$S_1 = B_1(0.39B_1 + h_3)$
16	计算掘进断面面积	m ²	$S_2 = B_2(0.39B_2 + h_3)$
17	锚喷巷道每米端掘进体积	m ³	$V_3 = 0.2(T + \sigma)$
18	每米巷道喷射材料消耗	m ³	$V_2 = 1.57(B_2 - T_1)T_1 + 2h_2T_1$
19	每米巷道端喷射材料消耗	m ³	$V_1 = 0.2T_1$
20	每米巷道锚杆消耗	根	$N = (P_1 - 0.5M)/MM'$
21	仅拱部打锚杆时的消耗	根	$N = [2(P_1/2M) + 1]/M'(P_1'/2M \text{ 整数})$
22	每米巷道锚杆注浆消耗	m ³	$V_0 = NIS_a$
23	每米巷道托板消耗	个	$N_1 = N$
24	每米巷道金属网消耗	m ²	$N_2 = 1.57B_2$
25	计算锚杆消耗周长	m	$P_1 = 1.57B_2 + 2h_3$
26	仅拱部打锚杆时的周长	m	$P'_1 = 1.57B_2$
27	每米锚喷巷道粉刷面积	m ²	$S_a = 1.57B_1 + 2h_2$
28	每米砌墙巷道砌拱所需材料	m ³	$V_1 = 1.57(B + T')T$
29	每米砌墙所需材料	m ³	$V'_2 = 2h_3T'$
30	每米基础所需材料	m ³	$V_2 = (m_1 + m_2)T' + m_1e$
31	每米充填所需材料	m ³	$V_4 = 1.57B_2\delta + 2h_3\delta + V'_4$
32	每米充填基础所需材料	m ³	有水沟 $V'_4 = (m_1 + 2m_2 + 2T + 3\delta + e)\delta$ 无水沟 $V''_4 = 2(m_1 + m_2 + T + 2\gamma)\delta$
33	每米基础掘进体积	m ³	有水沟 $V'_0 = (m_1 + \delta)(T + \sigma + e) + (m_2 + \sigma)(T' + 2\sigma)$ 无水沟 $V''_0 = (m_1 + m_2 + 2\sigma)(T' + 2\sigma)$
34	每米砌墙巷道计算掘进体积	m ³	$V = S_2 + V'_0$
35	每米砌墙巷道粉刷面积	m ²	$S'_0 = 1.57B + 2h_2$

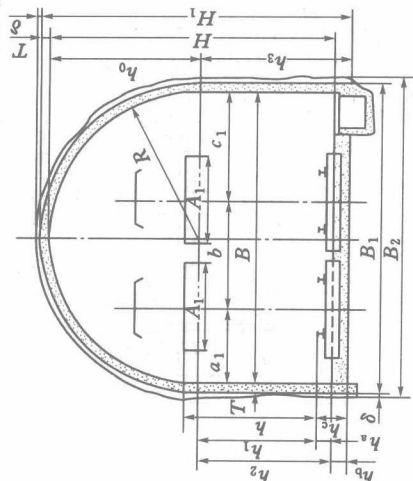
注: M, M' ——锚杆间距、排距; l ——锚杆深度; T_1 ——喷射厚度; 通常水沟一侧基础深 $m_1 = 500$ mm; 无水沟一侧基础深 $m_2 = 250$ mm; e 值随水沟的砌法不同而定, 一般 $e = 50$ mm 或 $e = 0$ 。

表 1-7 圆弧形巷道断面计算公式

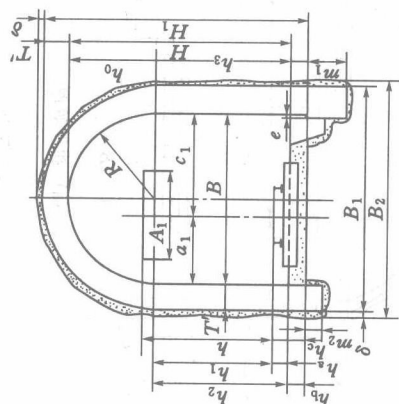
顺序	项 目	单位	计算公式
半圆拱形巷道断面尺寸图			
1	轨面起车辆的高度	mm	h
2	轨面起巷道的壁高	mm	h_1
3	轨面起巷道的壁高	mm	$h_2 = h_1 + h_a$
4	底板起巷道的壁高	mm	$h_3 = h_2 + h_b$
5	拱高	mm	$h_0 = B/2$
6	巷道净高	mm	$H = h_2 + h_0$
7	巷道设计掘进高度	mm	$H_1 = H + h_0 + T$
8	巷道设计掘进高度	mm	$H_2 = H_1 + \delta$
9	巷道净宽	mm	单轨 $B = a_1 + c_1$ 双轨 $B = a_1 + b + c_1$
10	巷道设计掘进宽度	mm	$B_1 = B + 2T$
11	巷道计算掘进宽度	mm	$B_2 = B_1 + 2\delta$
12	巷道计算净宽	mm	$B_3 = B_2 - 2T$
13	净断面积	m ²	$S = B(0.24B + h_2)$
14	净周长	m	$P = 2.27B + 2h_2$
15	设计掘进断面积	m ²	$S_1 = 0.24B^2 + 1.27BT + 1.57T^2 + B_1h_3$
16	计算掘进断面积	m ²	$S_2 = 0.24B^2 + 1.27BT + 1.57T^2 + 0.24T + 0.1B + 0.01 + B_2h_1$
17	锚喷巷道每米掘进掘进体积	m ³	$V_3 = 0.2(T + \delta)$
18	每米巷道喷射材料消耗	m ³	$V_2 = (1.27B + 1.57T + 0.24)T_1 + 2h_1T_1$
19	每米巷道锚杆材料消耗	m ³	$V_1 = 0.2T_1$
20	每米巷道锚杆消耗	根	$N = (P_1 - 0.5M)/MM'$
21	仅拱部打锚杆时的消耗	根	$N = [2(P_1/2M) + 1]/M' (P_1/2M \text{ 整数})$
22	每米巷道锚杆注浆消耗	m ³	$V_0 = NIS_a$
23	每米巷道托板消耗	个	$N_1 = N$
24	每米巷道金属网消耗	m ²	$N_2 = 1.27B + 3.14T + 0.24$
25	计算锚杆消耗周长	m	$P_1 = 1.27B + 3.14T + 0.24 + 2h_3$
26	仅拱部打锚杆时的周长	m	$P'_1 = 1.27B + 3.14T + 0.24$
27	每米锚喷巷道粉刷面积	m ²	$S_a = 1.27B_3 + 2h_2 + 0.24$
28	每米砌碇巷道砌排所需材料	m ³	$V'_1 = 1.27(B + T)T'$
29	每米砌碇所需材料	m ³	$V_2 = 2h_3T'$
30	每米基础所需材料	m ³	$V'_2 = (m_1 + m_2)T' + m_1e$
31	每米充填所需材料	m ³	$V_4 = 1.27B_2\delta + 2h_3\delta + V''_4$
32	每米充填基础所需材料	m ³	有水沟 $V''_4 = (m_1 + 2m_2 + 2T + 3\delta + e)\delta$ 无水沟 $V''_4 = 2(m_1 + m_2 + T + 2\delta)\delta$
33	每米基础掘进体积	m ³	有水沟 $V'_0 = (m_1 + \delta)(T + \sigma + e)(m_2 + \delta)(T' + 2a)$ 无水沟 $V'_0 = (m_1 + m_2 + 2a)(T' + 2a)$
34	每米砌碇巷道计算掘进体积	m ³	$V'_1 = S_2 + V'_0$
35	每米砌碇巷道粉刷面积	m ²	$S'_0 = 1.27B + 2h_2$

注: M, M' ——锚杆间距、排距; l ——锚杆深度; S_a ——钻孔面积; T_1 ——喷射厚度; 通常水沟一侧基础深 $m_1 = 500$ mm; 无水沟一侧基础深 $m_2 = 250$ mm; e 值随水沟的砌法不同而定, 一般 $e = 50$ mm 或 $e = 0$ 。

半圆拱形巷道断面尺寸图



(a) 锚喷

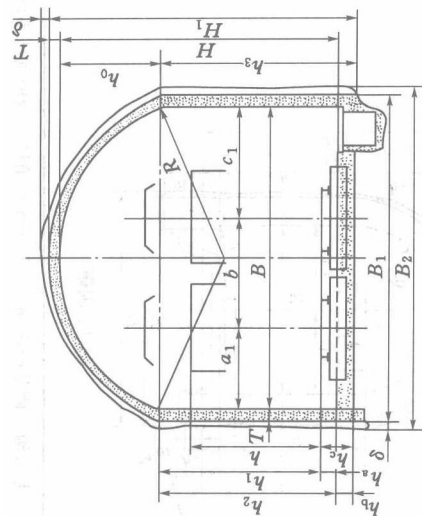


(b) 砌碇

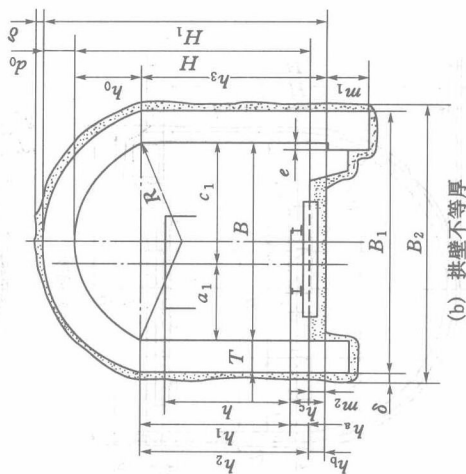
表 1-8 三心拱形巷道断面计算公式

项 目	单 位	计 算 公 式	
		拱壁等厚	拱壁不等厚
轨面起车辆的高度	mm	h	h
轨面起巷道的壁高	mm	h_1	h_1
砑面起巷道的壁高	mm	$h_2 = h_1 + h_a$	$h_2 = h_1 + h_a$
底板起巷道的壁高	mm	$h_3 = h_2 + h_b$	$h_3 = h_2 + h_b$
拱高	mm	$h_0 = B/3$	$h_0 = B/3$
巷道净高	mm	$H = h_2 + h_0$	$H = h_2 + h_0$
巷道设计掘进高度	mm	$H_1 = H + h_0 + T$	$H_1 = H + h_0 + T$
巷道计算掘进高度	mm	$H_2 = H_1 + \delta$	$H_2 = H_1 + \delta$
巷道净宽	mm	单轨 $B = a_1 + c_1$ 双轨 $B = a_1 + b + c_1$	单轨 $B = a_1 + c_1$ 双轨 $B = a_1 + b + c_1$
巷道设计掘进宽度	mm	$B_1 = B + 2T$	$B_1 = B + 2T$
巷道计算掘进宽度	mm	$B_2 = B_1 + 2\delta$	$B_2 = B_1 + 2\delta$
巷道净宽	mm	$B_3 = B_2 - 2T$	$B_3 = B_2 - 2T$
净断面面积	m ²	$S = B(0.26B + h_2)$	$S = B(0.26B + h_2)$
净周长	m	$P = 2.33B + 2h_2$	$P = 2.33B + 2h_2$
设计掘进断面面积	m ²	$S_1 = B_1[0.26(B_1 + T) + h_3]$	$S_1 = B_1[0.26(B_1 + 3d_0) + h_3]$
计算掘进断面面积	m ²	$S_2 = B_2[0.26(B_2 + T + \delta) + h_3]$	$S_2 = B_2[0.26(B_2 + T + 3\delta) + h_3]$
每米巷道砌拱所需材料	m ³	$V_1 = 1.33(B + T)T$	$V_1 = 1.33(B + T)\left(\frac{T + d_0}{2} + \delta\right)$
每米巷道砌壁所需材料	m ³	$V_2 = 2h_3T$	$V_2 = 2h_3T$
每米巷道基础所需材料	m ³	$V_3 = (m_1 + m_2)T + m_1e$	$V_3 = (m_1 + m_2)T + m_1e$
每米巷道充填所需材料	m ³	$V_4 = 1.33B_2\sigma + 2h_3\sigma + V'_4$	$V_4 = 1.33B_2\sigma + 2h_3\sigma + V'_4$
充填基础所需材料	m ³	有水沟 $V'_4 = (m_1 + 2m + 2T + 3\delta + e)\delta$	$V'_4 = (m_1 + 2m + 2T + 3\delta + e)\delta$
		无水沟 $V'_4 = 2(m_1 + m_2 + T + 2\delta)\delta$	$V'_4 = 2(m_1 + m_2 + T + 2\delta)\delta$
每米巷道基础掘进体积	m ³	有水沟 $V_0 = (m_1 + \delta)(T + \delta + e)(m_2 + \delta)(T + 2\delta)$	$V_0 = (m_1 + \delta)(T + \delta + e)(m_2 + \delta)(T + 2\delta)$
		无水沟 $V_0 = (m_1 + m_2 + 2\delta)(T + 2\delta)$	$V_0 = (m_1 + m_2 + 2\delta)(T + 2\delta)$
每米巷道计算掘进体积	m ³	$V = S_2 + V_0$	$V = S_2 + V_0$
每米巷道道面粉刷面积	m ²	$S_0 = 1.33B + 2h_2$	$S_0 = 1.33B + 2h_2$

注：通常有水沟一侧基础深 $m_1 = 500$ mm，无水沟一侧基础深 $m_2 = 250$ mm； e 值随着砌水沟的方法不同而定，一般 $e = 500$ mm 或 $e = 0$ ；三心拱净断面面积按椭圆公式计算，长轴之半 $a = B/2$ ，短轴之半 $b = B/3$ ； T 为墙厚， d_0 为拱厚，当拱壁等厚时 $T = d$ 。



(a) 拱壁等厚



(b) 拱壁不等厚