

高 职 高 专 规 划 教 材

JING HANG SHEJI YU SHIGONG

井巷设计与施工

李长权 杨建中 主编



冶金工业出版社

<http://www.cnmp.com.cn>

高职高专规划教材

井巷设计与施工

主 编 李长权 杨建中
副主编 杨 平 戚文革 陈国山

冶金工业出版社
2008

内 容 提 要

本书详细阐述了冶金矿山井巷的设计方法及施工技术,取材按照理论联系实际的原则,紧密结合生产实际,力求反映在平巷、天井、竖井、斜井和硐室的设计与施工中所采用的新方法和新技术。另外,对现场施工组织管理、安全操作规程及事故处理程序也作了较详细的介绍,有较强的实用性。

本书除作为高等职业技术学院采矿工程专业教材外,亦可供从事采矿工作的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

井巷设计与施工/李长权,杨建中主编. —北京:冶金工业出版社,2008. 4

高职高专规划教材

ISBN 978-7-5024-4470-9

I. 井… II. ①李…②杨… III. ①井巷工程—工程设计—高等学校:技术学校—教材 ②井巷工程—工程施工—高等学校:技术学校—教材 IV. TD26

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 040426 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 postmaster@cnmip.com.cn

责任编辑 杨 敏 宋 良 美术编辑 李 心 版式设计 张 青

责任校对 刘 倩 责任印制 丁小晶

ISBN 978-7-5024-4470-9

北京兴华印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2008 年 4 月第 1 版,2008 年 4 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16;15.25 印张;407 千字;235 页;1—3000 册

32.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100711) 电话:(010)65289081

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)



前 言

本书是根据职业教育的特点,矿山近些年发展变化,依据高等职业教育大纲编写,供高等职业技术学院采矿工程专业师生使用。

书中主要内容包括:平巷部分,系统介绍平巷断面设计、施工工艺及安全操作规程;天井部分,介绍国内矿山天井各种施工方案及发展前景;竖井部分,介绍竖井设计、施工工艺和竖井延深方案;斜井部分,介绍断面布置、施工工艺及安全操作规程;硐室部分,介绍硐室施工工艺等。

本书主编为吉林电子信息职业技术学院李长权、昆明冶金高等专科学校杨建中;副主编为昆明冶金高等专科学校杨平、吉林电子信息职业技术学院戚文革、陈国山;参加编写的有东北大学初道中、吉林海沟黄金矿业公司马金良、吉林板石沟矿业有限公司杨举、吉林夹皮沟黄金矿业公司曲长辉、赞比亚谦比西铜矿连宝峰;主审为吉林昊融集团赵江、吉林海沟黄金矿业有限公司马金良。全书由李长权统稿。

在编写过程中,借鉴矿山现场实际,在具体内容的组织安排上,突出应用能力培养,力求少而精,通俗易懂,理论联系实际,着重应用。本书对从事现场采矿工作的技术人员有一定的参考价值。

本书在编写过程中引用了一些相关的文献资料,谨向各文献作者、出版社致以诚挚的谢意!

由于我们水平有限,书中难免存在不足之处,恳请读者批评指正。

编 者
2007 年 12 月

目 录

1 平巷施工	1
1.1 平巷断面设计	1
1.1.1 平巷断面形状的选择	1
1.1.2 平巷断面尺寸的确定	2
1.1.3 巷道断面设计实例	17
1.2 巷道掘进	21
1.2.1 凿岩工作	21
1.2.2 爆破工作	23
1.2.3 岩石的装载与转载	32
1.3 巷道支护	42
1.3.1 支护材料	42
1.3.2 棚式支架	54
1.3.3 石材、混凝土整体式支架	57
1.3.4 锚杆支护	60
1.3.5 喷浆与喷射混凝土	69
1.3.6 喷锚支护及其优越性	76
1.3.7 组合锚杆支护	78
1.4 平巷掘进机械化作业线的设备配套	79
1.4.1 平巷掘进机械化配套的意义和原则	79
1.4.2 平巷掘进机械化配套方案	80
1.5 巷道施工组织与管理	82
1.5.1 一次成巷及其作业方式	82
1.5.2 施工组织	83
1.5.3 施工管理制度	86
1.6 复杂地质条件下的巷道施工	88
1.6.1 松软岩层中巷道施工	88
1.6.2 松散岩层巷道的施工方法	100
1.6.3 在含水岩层中的巷道施工	102
复习思考题	104
2 天井施工	106
2.1 天井断面形状与尺寸确定	106
2.1.1 天井断面形状选择	106

2.1.2 天井断面尺寸确定	106
2.2 天井掘进方法	107
2.2.1 普通法掘进天井	107
2.2.2 吊罐法掘天井	109
2.2.3 深孔爆破法掘天井	123
2.2.4 爬罐法掘天井	130
2.2.5 钻进法掘天井	133
2.3 天井施工现状与发展	136
复习思考题	138
3 竖井施工	139
3.1 竖井断面布置与尺寸确定	139
3.1.1 井筒类型	139
3.1.2 井筒内的装备	140
3.1.3 竖井断面的布置形式	143
3.1.4 竖井断面尺寸确定	145
3.1.5 绘制井筒施工图并编制井筒工程量及材料消耗量表	148
3.2 竖井施工方案	149
3.2.1 长段掘、砌单行作业	149
3.2.2 短段掘、砌(喷)单行作业和短段掘、砌混合作业	149
3.2.3 长段掘、砌平行作业	149
3.2.4 短段掘、砌平行作业	150
3.2.5 掘、砌、安一次成井	150
3.2.6 反井刷大与分段多头掘进	151
3.3 凿岩爆破工作	152
3.3.1 凿岩工作	152
3.3.2 爆破工作	155
3.4 装岩、翻矸、排矸	161
3.4.1 装岩设备	161
3.4.2 翻矸方式	167
3.4.3 排矸方式	167
3.4.4 矸石仓	168
3.5 排水与治水	168
3.5.1 排水工作	168
3.5.2 治水方式	170
3.6 竖井井筒支护	172
3.6.1 临时支护	172
3.6.2 永久支护	174
3.7 掘砌循环与劳动组织	183
3.7.1 掘砌循环	183

3.7.2 劳动组织	183
3.8 凿井设备	184
3.8.1 提升方式	185
3.8.2 竖井提升设备	185
3.8.3 竖井悬吊设备	189
3.8.4 建井结构物	189
3.9 竖井井筒延深	193
3.9.1 概述	193
3.9.2 竖井延深要注意以下几个问题	194
3.9.3 常用竖井延深方案	195
3.9.4 竖井延深方案的选择	201
3.10 竖井井筒快速施工实例	201
复习思考题	204
4 斜井施工	205
4.1 斜井井筒断面布置	205
4.1.1 串车斜井井筒断面布置	205
4.1.2 箕斗斜井井筒断面布置	206
4.1.3 胶带机斜井井筒断面布置	206
4.1.4 斜井断面尺寸确定	206
4.2 斜井井筒内部设施	207
4.2.1 水沟	207
4.2.2 人行道	207
4.2.3 躲避硐	208
4.2.4 管路和电缆敷设	208
4.2.5 轨道铺设	208
4.3 斜井掘砌	210
4.3.1 斜井井颈施工	210
4.3.2 斜井基岩掘砌	211
4.3.3 斜井快速施工实例	218
复习思考题	221
5 硐室施工	222
5.1 硐室施工的特点及方法选择	222
5.1.1 硐室施工的特点	222
5.1.2 施工方法选择	222
5.2 硐室的施工方法	222
5.2.1 全断面法	222
5.2.2 分层施工法	223
5.2.3 导坑施工法	224

5.2.4 留矿法	225
5.3 光爆、喷锚技术在硐室施工中的应用实例	226
5.4 硐岔施工	228
5.4.1 硐岔类型	228
5.4.2 硐岔尺寸确定	229
5.4.3 硐岔支护厚度的确定	232
5.4.4 硐岔工程量及材料消耗量计算	232
5.4.5 硐岔施工图	233
复习思考题	233
参考文献	235

1 平巷施工

地下开采的矿山,无论是建井时期还是生产时期,井巷工程占有很重要的地位。在新建矿山的大量井巷工程中,巷道掘进的工程量最大,其速度快慢直接影响到矿山的投产时间;在生产矿山,为了保证三级矿量平衡,实现高产,开拓、探矿、采准切割的巷道工程量也是很大的,一般中型矿山每年的井巷工程量都在万米以上。因此,不断提高平巷掘井速度,确保施工质量,对促进矿山生产建设的发展具有十分重要的意义。

1.1 平巷断面设计

巷道是井下生产的动脉,巷道断面设计合理与否,直接影响到矿山生产的安全和经济效益。巷道断面设计的原则是:在满足安全、生产和施工要求的条件下,力求提高断面利用率,取得最佳的经济效果。

矿山平巷的种类很多,诸如平硐、石门、阶段运输巷道、回风平巷、电扒道、出矿通道等。这些平巷的断面形状和尺寸,有的只根据某一主要因素(如矿车尺寸、出矿设备等)进行确定,其方法比较简单,而有些平巷,如平硐、石门、阶段运输平巷等主要巷道,则需要根据多种因素设计断面,其方法比较复杂。

巷道断面设计的内容和步骤是:首先选择巷道断面形状,确定巷道净断面尺寸,并进行风速验算;其次,根据支架参数和道床参数计算出巷道的设计掘进断面尺寸,并按允许的超挖值求算出巷道的计算掘进断面尺寸,然后布置水沟和管缆;最后,绘制巷道断面施工图,编制巷道特征表和每米巷道工程量以及材料消耗量一览表。

1.1.1 平巷断面形状的选择

1.1.1.1 断面形状

我国矿山井下使用的巷道断面形状,按其构成的轮廓线可分为折线形和曲线形两大类。前者如矩形、梯形、不规则形等;后者如半圆拱形、圆弧拱形、三心拱形、椭圆形和圆形等(见图1-1)。

1.1.1.2 断面形状选择时主要考虑的因素

巷道断面形状的选择,主要考虑下列因素:

- (1)巷道穿过岩层的物理、力学性质和地压的大小与压力方向;
- (2)巷道的用途和服务年限;
- (3)支护方式,即支架材料与支架结构。

一般情况下,作用在巷道上的地压大小和方向在选择巷道断面形状时起主要作用。当顶压和侧压均不大时,可选用矩形或梯形断面;当顶压较大、侧压较小时,则应选用直墙拱形断面(半圆拱、圆弧拱或三心拱);当顶压、侧压都很大同时底鼓严重时,就必须选用诸如马蹄形、椭圆形或圆形等封闭式断面。

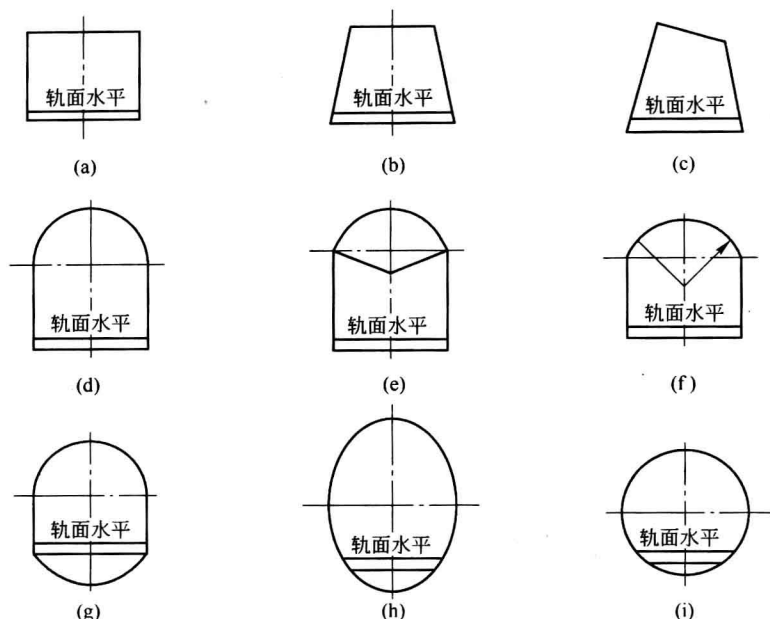


图 1-1 巷道断面形状

(a)矩形; (b)梯形; (c)半梯形; (d)半圆拱形; (e)圆弧拱形;
(f)三心拱形; (g)封闭拱形; (h)椭圆形; (i)圆形

巷道的用途和服务年限也是考虑选择巷道断面形状不可缺少的重要因素。服务年限长的开拓巷道,多采用砖石、混凝土和喷锚支护的各种拱形断面较为有利;服务年限相对较短的采准切割巷道,以往多采用梯形断面,现在采用喷锚支护拱形断面日趋增多。

矿区富有的支架材料和习惯使用的支护方式,往往也直接影响巷道断面形状的选择。木支架和钢筋混凝土棚子,多适用于梯形和矩形断面;砖石、混凝土和喷射混凝土支护方式,更适用于拱形等曲线断面;而金属支架和锚杆可用于任何形状的断面。

掘进方法和掘进设备对于巷道断面形状的选择也有一定的影响。目前,岩石平巷掘进仍是采用钻眼爆破方法占主导地位,它能适应任何形状的断面。近年来,由于锚喷支护广泛应用,为了简化设计和有利于施工,巷道断面多采用半圆拱和圆弧拱,三心拱逐渐被淘汰。在使用全断面掘进机组掘进的岩石平巷,选用圆形断面无疑是更为合适的。

在需要通风量很大的矿井中,选择通风阻力小的断面形状和支护方式,既有利于安全生产又具有明显经济效益。

上述选择巷道断面形状应考虑诸因素,彼此是密切联系而又相互制约的。条件要求不同,影响因素的主次位置就会发生变化。所以,应该综合分析,抓住主导因素兼顾次要因素,以便能选用较为合理的巷道断面形状。

1.1.2 平巷断面尺寸的确定

《矿山安全规程》(以下简称《规程》)规定:巷道净断面,必须满足行人、运输、通风、安全设施服务、设备安装、检修和施工的需要。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及规格,人行道宽度和各种安全间隙,以及通过巷道的风量等。

设计巷道断面尺寸时,根据上述诸因素和有关规程、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,根据支护参数、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,按比例绘制包括墙脚、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。

1.1.2.1 巷道净宽度(B_0)的确定

直墙拱形和矩形巷道的净宽度,系指巷道两侧内壁或锚杆露出长度终端之间的水平距离。对于梯形巷道,当其内通行矿车、电机车时,净宽度系指车辆顶面水平的巷道宽度;当其内不通行运输设备时,净宽度系指从底板起 1.6 m 水平的巷道宽度。

运输巷道净宽度,由运输设备本身外轮廓最大宽度和规程所规定的人行道宽度以及有关安全间隙相加而得;无运输设备的巷道,可根据行人及通风的需要来选取。

如图 1-2 所示(图中未注释字母的意义见表 1-10),拱形净宽度按下式计算。

$$\left. \begin{aligned} \text{单轨巷道 } B_0 &= a + c = b_1 + b + b_2 \\ \text{双轨巷道 } B_0 &= a + s + c = b_1 + 2b + m + b_2 \end{aligned} \right\} \quad (1-1)$$

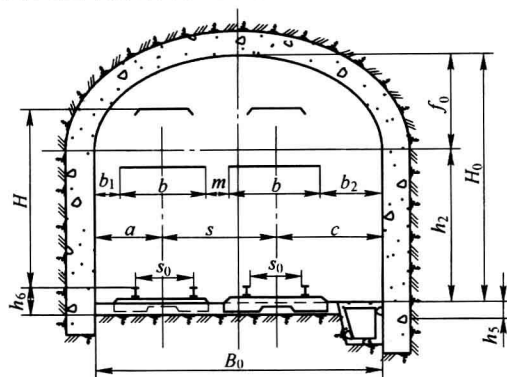


图 1-2 巷道净尺寸计算图

a —非人行道线路中心线到支架的距离;
 c —人行道侧线路中心线到支架的距离

式中 B_0 ——巷道净宽度,指直墙内侧的水平距离,m;

b_1 ——运输设备与支护之间的安全间隙,按表 1-1 选取;

b ——运输设备的最大宽度,按表 1-2 选取;

b_2 ——人行道宽度,按表 1-3 选取,并要求两条线路之间及溜口或卸矿口侧,禁止设置人行道;人行道尽量不穿越或少穿越线路;在人行道侧敷设管路(架空敷设除外)时,要相应增加人行道宽度;

m ——运输设备之间的安全间隙,按表 1-1 选取;

s ——线路中心距,应保证两列对开列车最突出部分之间的间隙 m 不小于表 1-1 内所列数值,并应考虑设置渡线道岔的可能性。各种电机车、矿车的线路中心距见表 1-2。

一般按表 1-2 选取 s 值,然后按运输设备的最大宽度来验算 s 值是否符合要求。

计算后的平巷净宽按 50 mm 向上进级选取。

在巷道弯道处,车辆四角要外伸或内移,应将上述安全间隙适当加大,加大值与车厢长度、轴距和弯道半径有关。所以按式 1-1 计算出的平巷宽,还要适当加宽,可按表 1-4 选取加宽值。

为了使双轨巷道对开列车车辆之间有足够的间隙,两条平行轨道的中心距可按表 1-2 选取。

巷道的净宽度必须满足从道渣面起 1.6 m 的高度内留有宽不小于 0.7 m 的人行道,否则应重新设计。在设计梯形巷道的净宽度时,常常采用根据标准顶梁的尺寸、棚腿斜角来推算巷道净宽度的方法来确定巷道的净宽度。

表 1-1 安全间隙表

(mm)

运输设备	设备之间			与支护之间		
	冶金部门	建材部门	化工部门	冶金部门	建材部门	化工部门
有轨运输	≥300	≥250	≥300	≥300	≥250	≥300
无轨运输				≥600		≥600
皮带	≥400			≥400	≥400	≥400

表 1-2 设备外形尺寸及线路中心距表

(mm)

运 输 设 备		设备外形尺寸			轨 距	中心距
		长	宽	高		
井下矿用架 线式电机车	1.5t	2420	920 1090 1220	1550	600 762 900	1250 1400 1550
	3t	2980	980 1150 1280	1550	600 762 900	1300 1450 1600
	6t	4500	1060 1230 1360	1600	600 762 900	1400 1550 1700
	10t	4800	1060 1230 1360	1600	600 762 900	1400 1550 1700
	14t	4900	1360	1600		1700
	20t	7390	1600	1700		1900
固定式矿车	YGC0.5(6)	1200	850	1000	600	1150
	YGC0.7 $\left(\frac{6}{7}\right)$	1500	850	1050	600 762	1150
	YGC1.2 $\left(\frac{6}{7}\right)$	3000	1200	1200	600 762	1350
	YGC2.0 $\left(\frac{6}{7}\right)$	3000	1200	1200	600 762	1500
	YGC4.0	3700	1300	1550	762 900	1650
	YGC10.0	7200	1500	1550	762 900	1800
翻转车厢车	YFC0.5	1500	850	1050	600	1150
	YFC0.7	1650	980	1050	600 762	1300
	YFC1.2				900	
单侧曲轨 侧卸式	YCC0.7	1650	980	1050	600	1300
	YCC1.2	1900	1050	1200	600	1350
	YCC2.0	3000	1250	1300	600 762	1550
	YCC4.0	3900	1400	1650	762 900	1700
	YCC6.0	5000	1800	1700	762 900	2100
底卸式	YDC4.0	3900	1600	1600	762	1900
	YDC6.0	5400	1750	1650	762 900	2050
	YDC10.0				900	

注:由电机车和矿车决定的线路间距 s ,取其中最大值。

表 1-3 人行道宽度表

(mm)

部 门	电机车		无轨运输	皮 带	人力运输	人车停车处的 巷道两侧	矿车摘挂钩 处巷道两侧
	<14t	≥14t					
冶金部门	≥800	>800	≥1000	≥800	≥700	≥10000	≥10000
建材部门	≥800	≥800	≥1000		≥700	≥10000	
化工部门	≥800	≥800	≥1000			≥10000	

表 1-4 弯道加宽值表

(mm)

运 输 方 式	内 侧 加 宽	外 侧 加 宽	线路中心距加宽
电机车运输	100	200	200
人力运输	50	100	100

1.1.2.2 巷道净高(H_0)确定

A 矩形、梯形平巷的净高度

矩形、梯形巷道的净高度系指自道渣面或底板至顶梁或顶部喷层面、锚杆露出长度终端的高度。

B 拱形巷道净高度的确定

拱形巷道的净高度(H_0)指自道渣面至拱顶内沿或锚杆露出长度终端的高度。确定拱形巷道高度,主要是确定其净拱高和自底板起的壁(墙)高。由图 1-2 可知:

$$H_0 = f_0 + h_2 \quad (1-2)$$

式中 H_0 ——拱形巷道的净高度, m;

f_0 ——拱形巷道的拱高, m;

h_2 ——拱形巷道的墙高, m。

a 拱高 f_0 的确定

拱的高度常用高跨比来表示,即拱高与巷道净宽之比。

工程中常用的拱形有半圆拱、圆弧拱和三心拱三种。具体选用应根据围岩的稳定性、地压大小及施工技术等因素进行选择。选用较高的拱时,有利于围岩的稳定和支架受力,反之则不利于围岩稳定和支架受力,但前者巷道的断面利用率较低,后者则巷道的断面利用率较高。

(1)半圆拱。其拱高及拱的半径 R 均为巷道净宽的 $1/2$,即 $f_0 = R = B_0/2$ 。

(2)圆弧拱。一般情况下,矿山多取巷道净宽的 $1/3$,即 $f_0 = B_0/3$;个别矿井为了提高圆弧拱的受力性能,取拱高 $f_0 = 2B_0/5$ 。当矿山巷道围岩稳定性较好时,为了提高断面利用率,减少巷道的开挖量,可将圆弧拱的拱高 f_0 取为巷道净宽的 $1/4$ 或 $1/5$ 。拱形几何参数见图 1-4 和表 1-5。

(3)三心拱。常用三心拱的拱高为 $f_0 = B_0/3$,冶金矿山一般围岩较稳定,拱高可取小些, $f_0 = B_0/4$ 或 $f_0 = B_0/5$ 。三心拱拱形曲线可由作图法求得。

如图 1-3 所示,按 B_0 和 f_0 作矩形 $AFEG$, $AF = B_0$, CD 垂直平分 AF , $CD = f_0$,连接 AC 、 CF ,过 C 点作 $\angle ECF$ 与 $\angle ACG$ 的平分线,同时过 F 、 A 作 $\angle EFC$ 与 $\angle GAC$ 的平分线,两角的平分线相交于 K 、 M 点。由 K 作 CF 的垂线,由 M 点作 AC 的垂线,两垂线同时交于 CD 的延长线上之 O 点,与 AF 线分别交于 O_1 、 O_2 点,则 $OK = OM = R$, $O_1A = O_2F = r$ 。以 O_1 、 O_2 为圆心,以 r 为半径作弧 $\widehat{AM}$ 与 $\widehat{KF}$,再以 O 为圆心,以 R 为半径作弧

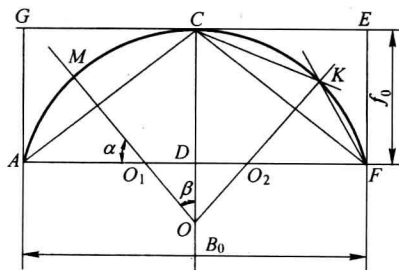


图 1-3 三心拱的作图法

$\widehat{MCK}$, 即得三心拱曲线 $\widehat{AMCKF}$ 。

拱形几何参数见图 1-4 和表 1-5。

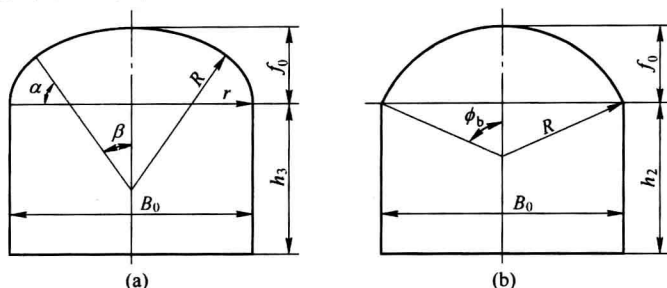


图 1-4 拱形几何参数图
(a) 三心拱断面; (b) 圆弧拱断面

表 1-5 拱形几何参数表

结构形式	项 目		几 何 参 数		
			$f_0 = B_0/3$	$f_0 = B_0/4$	$f_0 = B_0/5$
三心拱	小圆弧圆心角 α	弧度	0.982794	1.107149	1.190290
		角度	$56^{\circ}18'36''$	$63^{\circ}26'06''$	$68^{\circ}11'55''$
	大圆弧圆心角 β	弧度	0.588003	0.463648	0.380506
		角度	$33^{\circ}41'24''$	$26^{\circ}33'54''$	$21^{\circ}48'05''$
	大圆弧半径 R		$0.691898B_0$	$0.904509B_0$	$1.128887B_0$
	小圆弧半径 r		$0.260957B_0$	$0.172746B_0$	$0.128445B_0$
	拱高 f_0		$0.333333B_0$	$0.25B_0$	$0.2B_0$
	拱弧长度 P		$1.326610B_0$	$1.221258B_0$	$1.164871B_0$
圆弧拱	圆弧圆心角 ϕ_b	弧度	1.176005	0.927295	0.761013
		角度	$67^{\circ}22'48''$	$53^{\circ}07'48''$	$43^{\circ}36'10''$
	圆弧半径 R		$0.541667B_0$	$0.625B_0$	$0.725B_0$
	拱高 f_0		$0.333333B_0$	$0.25B_0$	$0.2B_0$
	拱弧长度 P		$1.274006B_0$	$1.159119B_0$	$1.103469B_0$

b 净墙高(h_2)的确定

拱形巷道的墙高(h_2),指自巷道渣面至拱基线的垂直距离(见图 1-2)。为了满足行人安全、运输通畅以及安装和检修设备、管缆的需要,拱形巷道的墙高 h_2 设计按架线电机车导电弓子顶端两切线的交点处与巷道拱壁间最小安全间隙要求、管道敷设、人行高度和宽度以及设备上缘距拱壁的安全间隙要求等来确定,并取其最大者。

(1)按架线要求计算净墙高。架线式电机车的导电弓子与巷道壁的距离应满足安全间隙的要求。

1)三心拱巷道。图 1-5 为墙高计算图,当导电弓子进入小圆弧断面内,即当 $\frac{r-a+K}{r-b_1} \geq 0.554$ 时,

$$h_2 = H + h_4 - \sqrt{(r-b_1)^2 - (r-a+K)^2} \quad (1-3)$$

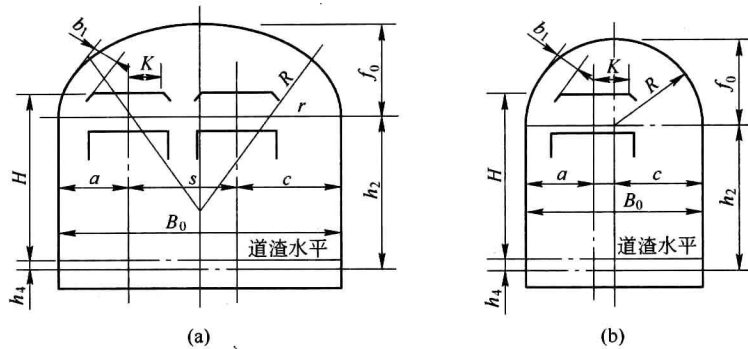


图 1-5 计算墙高

(a) 三心拱巷道; (b) 半圆拱巷道

当导电弓子进入大圆弧断面内, 即当 $\frac{r-a+K}{r-b_1} < 0.554$ 时,

$$h_2 = H + h_4 - f_0 + R - \sqrt{(R - b_1)^2 - \left(\frac{B_0}{2} - a + K\right)^2} \quad (1.4)$$

式中 r ——三心拱的小半径, mm;

R ——三心拱的大半径, mm;

a ——非人行道一侧线路中心至墙的距离, mm;

K ——电机车导电弓子宽度的 1/2, 一般按 $2K = 800 \sim 900$ mm 计算;

H ——从轨面算起电机车的架线高度, mm; 按《规程》规定, 主要运输平巷, 当电源电压小于 500 V 时, 其架线高度不低于 1.8 m, 当电源为 500 V 或 500 V 以上时, 不低于 2 m; 井下调车场、人行道与架线式运输巷道的交叉点, 当电源电压小于 500 V 时, 不低于 2 m, 当电源电压为 500 V 或 500 V 以上时, 不低于 2.2 m; 井底车场(至运送人员车站), 不低于 2.2 m;

f_0 ——拱高, mm;

b_1 ——电机车导电弓子与巷道壁(支护)之间的安全间隙, $b_1 \geq 200$ mm, 一般取 $b_1 = 300$ mm;

h_4 ——道渣面至轨面的高度, mm。

2) 半圆拱巷道。计算公式为:

$$h_2 = H + h_4 - f_0 + R - \sqrt{(R - b_1)^2 - \left(\frac{B_0}{2} - a + K\right)^2}$$

式中 R ——半圆拱半径, mm;

其他符号同前。

3) 圆弧拱巷道。计算公式为:

$$h_2 = H + h_4 - f_0 + R - \sqrt{(R - b_1)^2 - \left(\frac{B_0}{2} - a + K\right)^2}$$

式中 R ——圆弧拱半径, mm;

(2) 按管道架设要求计算墙高。管道法兰盘最下边应满足 1800 mm 的人行高度要求, 架线电机车的导电弓子与管道的距离应满足安全间隙的要求。

1) 三心拱巷道。参考图 1-6a, 计算公式为:

$$h_2 = 1800 + h' - \frac{D}{2} - \sqrt{\left(r - \frac{D}{2} - b'\right)^2 - \left(K + b_1 + \frac{D}{2} - c + r\right)^2} \quad (1-5)$$

式中 h' ——管道占用的垂直距离, mm;

D ——管道法兰盘直径, mm;

b' ——管道法兰盘与支架间隙, 当管道直径 d 大于 150 mm 小于 250 mm 时, 可取 $b' = 0$; 当 $d \geq 250$ mm 时, 可取 $b' = 50$ mm;

b_1 ——电机车架线弓子与管道之间的安全间隙, $b_1 \geq 200$ mm, 一般取 $b_1 = 300$ mm。

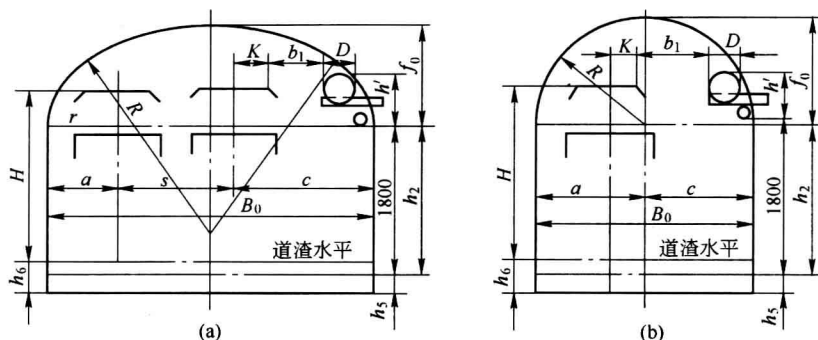


图 1-6 管道架设要求墙高计算图

(a) 三心拱巷道; (b) 半圆拱巷道

2) 半圆拱巷道。参考图 1-6b, 计算公式为:

$$h_2 = 1800 + h' - \frac{D}{2} - \sqrt{\left(R - \frac{D}{2} - b'\right)^2 - \left(K + b_1 + \frac{D}{2} - c + R\right)^2} \quad (1-6)$$

式中 R ——半圆拱半径, mm。

(3) 按人行道要求计算净墙高。对于非架线式电机车运输、无管道架设的巷道, 巷道净墙高度应保证行人避车靠壁站立时, 距壁 100 mm 处的巷道有效净高度不小于 1800 mm, 如图 1-7 所示。

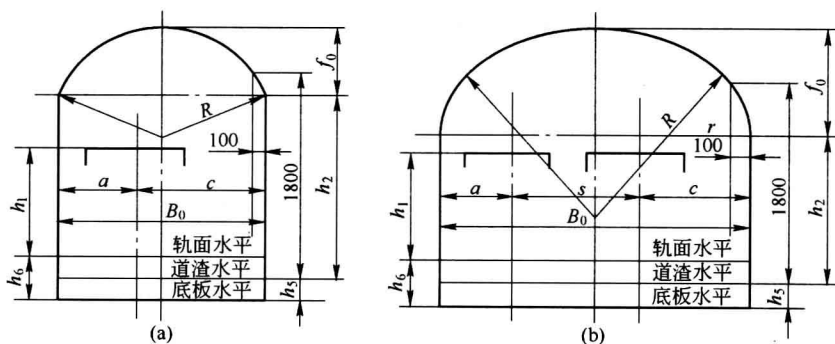


图 1-7 行人要求的墙高计算图

(a) 圆弧拱巷道; (b) 三心拱巷道

1) 圆弧拱巷道。参考图 1-7a, 计算公式为:

$$h_2 = 1800 + \left[R - \sqrt{R^2 - \left(\frac{B_0}{2} - 100\right)^2} \right] - f_0 \quad (1-7)$$

2)半圆拱巷道。计算公式为:

$$h_2 = 1800 + \sqrt{R^2 - (R - 100)^2} = 1800 - 14.1 \sqrt{R - 50}$$
 (1-8)

3)三心拱巷道。参考图 1-7b,计算公式为:

$$h_2 = 1800 + \sqrt{R^2 - (R - 100)^2} = 1800 - 14.1 \sqrt{R - 50}$$
 (1-9)

上述计算出的墙高 h_2 值,应取其大值,并按只进不舍的原则,以 10 mm 进位向上选取。

1.1.2.3 巷道的净断面积

巷道的净宽和净高确定后,巷道的净断面面积便可以求出;亦可按表 1-10 ~ 表 1-13 所列公式进行计算。

1.1.2.4 巷道风速验算

井下几乎所有巷道都起通风作用,巷道通过的风量是根据整个矿井生产通风网络求解得到的。当通过该巷道的风量确定后,断面越小,风速越大。风速过大,会扬起粉尘,影响工作效率和工人健康。为此,《规程》规定了各种不同用途巷道所允许的最高风速(见表 1-6),故设计出巷道净断面后,还必须进行风速验算。若风速超限,则应重新修改断面尺寸,满足风速要求。通常用下式进行验算:

$$V = \frac{Q}{S_0} \leq V_{允}$$
 (1-10)

式中 Q ——根据设计要求通过该巷道的风量, m^3/s ;

S_0 ——巷道的净断面积, m^2 ;

$V_{允}$ ——允许通过该巷道的最大风速, m/s ,按表 1-6 确定。

表 1-6 巷道允许最高风速

井 巷 名 称	允许最高风速/ $m \cdot s^{-1}$
专用风井、风硐	15
专用物料提升井	12
风桥	10
提升人员和物料的井筒,主要进风道,回风道、修理中的井筒	8
运输巷道、采区进风道	6
采矿场、采准巷道	4

1.1.2.5 道床结构参数

道床结构如图 1-8 所示。

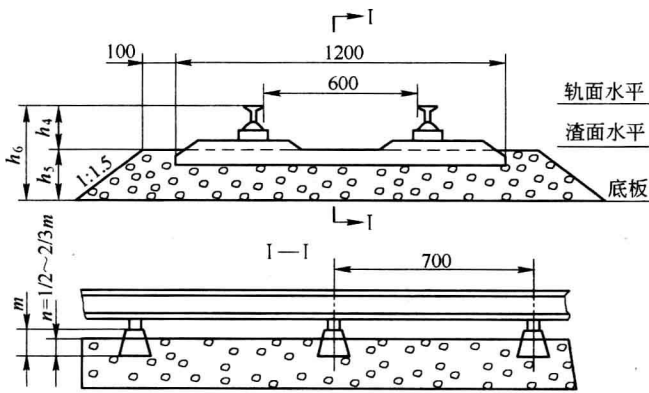


图 1-8 道床结构