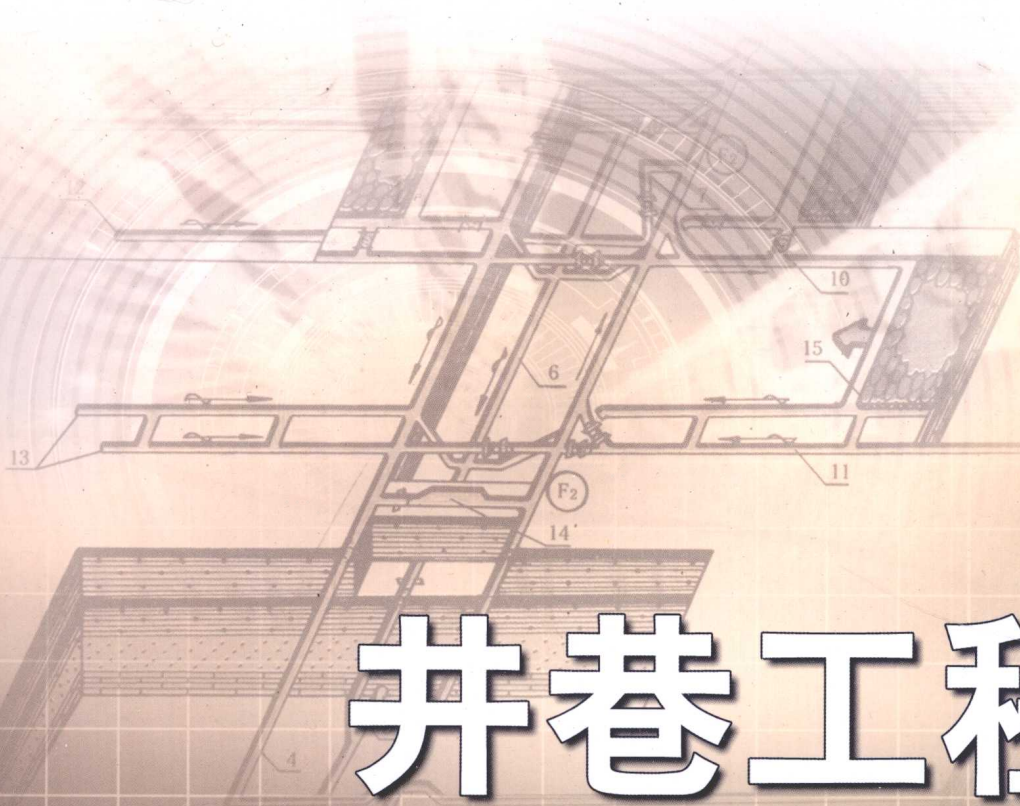




高等学校“十一五”规划教材



井巷工程

Jinghang Gongcheng

林登阁 王有凯 主编

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

高等学校“十一五”规划教材

井巷工程

林登阁 王有凯 主编

中国矿业大学出版社

前 言

本书是高等学校(矿业)“十一五”土木工程(矿井建设)专业规划教材,是根据普通高等学校土木工程(矿井建设)专业教学大纲编写而成的。

井巷工程是一门实践性很强的应用学科,要通过课堂教学、实习、课程设计三个教学环节紧密配合,才能使學生较好地掌握其内容。

本书共分八章,包括岩石平巷,井底车场和硐室,斜井工程,煤巷、半煤岩巷和煤仓,立井井筒设计,立井井筒施工,凿井结构物及主要设备,立井井筒延深等内容,系统介绍了井巷工程的基本理论、施工技术等方面的基本知识。全书内容丰富,实用性及可操作性强。

本书由林登阁、王有凯任主编。具体分工如下:第一章由林登阁(山东科技大学)执笔;第二、第四、第七、第八章由王有凯(河南理工大学)执笔;第三章由东兆星(中国矿业大学)执笔;第五、第六章由刘希亮(河南理工大学)执笔。

在编写过程中,我们参考和引用了有关学术著作、教材、手册,未能在书中一一注明出处,在此一并向有关文献的作者表示衷心的感谢!

鉴于作者的水平所限,书中难免存在缺点和错误,殷切希望读者批评指正。

作 者
2010年1月

目 录

| | |
|-----------------------------|-----|
| 第一章 岩石平巷 | 1 |
| 第一节 概述..... | 1 |
| 第二节 巷道断面设计..... | 2 |
| 第三节 钻眼爆破工作..... | 15 |
| 第四节 装岩工作..... | 26 |
| 第五节 支护工作..... | 40 |
| 第六节 软岩巷道锚注支护技术..... | 56 |
| 第七节 通风与防尘工作..... | 63 |
| 第八节 巷道施工方法及其工作队的组织与管理..... | 64 |
| 第二章 井底车场和硐室 | 69 |
| 第一节 井底车场概述..... | 69 |
| 第二节 井底车场硐室设计..... | 71 |
| 第三节 硐室施工..... | 84 |
| 第四节 交岔点设计..... | 88 |
| 第三章 斜井 | 95 |
| 第一节 斜井结构..... | 95 |
| 第二节 斜井施工..... | 97 |
| 第三节 斜井施工技术现状及其发展趋势..... | 100 |
| 第四章 煤巷、半煤岩巷和煤仓 | 102 |
| 第一节 概述..... | 102 |
| 第二节 煤巷施工..... | 103 |
| 第三节 半煤岩巷施工..... | 108 |
| 第四节 煤仓施工..... | 109 |
| 第五章 立井井筒设计 | 112 |
| 第一节 立井井筒设计综述..... | 112 |
| 第二节 立井井筒装备..... | 115 |
| 第三节 立井井筒断面设计..... | 121 |
| 第四节 井颈、壁座和井底设计..... | 127 |

| | |
|---------------------|-----|
| 第六章 立井井筒施工····· | 131 |
| 第一节 立井井筒施工综述····· | 131 |
| 第二节 立井表土段施工····· | 133 |
| 第三节 立井基岩段施工····· | 136 |
| 第七章 凿井结构物及主要设备····· | 146 |
| 第八章 立井井筒延深····· | 153 |
| 第一节 概述····· | 153 |
| 第二节 自上而下延深井筒····· | 153 |
| 第三节 自下而上延深井筒····· | 157 |
| 第四节 井筒延深的保护设施····· | 161 |
| 参考文献····· | 164 |

第一章 岩石平巷

第一节 概 述

岩石平巷施工在煤矿新井建设和生产矿井的开拓工程中占有很重要的地位。其工程量约占井巷开拓总工程量的 22%，工期占巷道开拓总工期的 40%~60%。因此，提高岩石平巷掘进速度，对加速煤矿建设具有非常重要的意义。目前，岩巷掘进仍主要采用钻眼爆破方法破岩。因此，我国十分重视发展和完善钻眼爆破法施工技术，大力研制岩巷各种新型掘进设备，积极进行岩巷施工新技术、新工艺、新材料的试验研究，并在生产中推广使用，使我国岩巷掘进机械化水平、施工技术水平和管理水平有了很大的提高。

液压凿岩机、具有独立回转机构的高效凿岩机、凿岩台车和柱齿硬合金镶焊钎头的研制和推广使用，不仅提高了凿岩效率，改善了劳动条件，而且提高了钻孔质量和岩巷掘进机械化水平。

装载机由铲斗后卸式单一机型发展到耙斗式装载机、侧卸式装载机、蟹爪和立爪式装载机等各种类型。这些装载机的推广以及与新型的转载设备和调车设备配套使用，组成了各种不同的配套与工艺合理的岩巷机械化作业线，达到了提高岩巷掘进速度和施工工效的目的。

为实现破岩、装载、运输综合机械化，研制的钻装锚机和全断面岩巷掘进机在使用中均取得了较好的经济、技术效益。

锚喷支护作为一种新型支护形式，在岩巷支护中得到广泛使用。锚喷机具、喷射材料、施工工艺与技术近年来有了很大的发展。锚喷支理论研究在我国也有了突破性的进展。

提高岩巷掘进效率的根本途径在于发展机械化。只有迅速发展掘进机械化，使之同采煤机械化相适应，才能有效促进生产的稳定发展。当前，发展岩巷掘进机械化应从两方面着手：一是在气腿凿岩机、耙斗装载机的基础上，积极组织机械化配套，使凿岩、装载、转载、照明、支护和安全通风方面实现合理配套。目前 95% 以上岩巷掘进工作面采用这类常规装备，即双轨巷道采用带调车盘的耙斗装载机，单轨巷道在耙斗装载机后配以胶带转载机或梭车等转载设备，投入少，见效快，具有现实意义。二是发展以全液压钻车、侧卸装载机为主的岩巷掘进机械化作业线。这种作业线采用了噪声低、效率高的液压技术，能实现打炮眼、锚杆眼和装岩机械化。

此外，对很长的直巷，若断面合适，可选用钻装锚机为主的岩巷掘进机械化作业线，也可在条件允许时选用全断面岩巷掘进机。

但是，不论选用哪一类机械化作业线，必须保证后配套（包括提升、运输等）有足够的能满足快速掘进的需要。

第二节 巷道断面设计

巷道是井下生产的“动脉”，巷道断面设计合理与否，直接影响煤矿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。

巷道断面设计的内容与步骤是：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，根据支架参数与道床参数，计算巷道的设计掘进断面尺寸，并按允许的超挖值，求算巷道的计算掘进断面尺寸；然后，布置水沟与管缆；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及材料消耗量表。

一、巷道断面形状的选择

我国煤矿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；后者如半圆拱形、圆弧拱形、三心拱形、马蹄形、椭圆形和圆形等(图 1-1)。

巷道断面形状的选择，主要应考虑巷道所处的位置及穿过的围岩性质(即作用在巷道上的地压的大小和方向)，巷道的用途及其服务年限，选用的支架材料和支护方式，巷道的掘进方法和采用的掘进设备等因素。

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是主要考虑因素。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，就须选用诸如马蹄形、椭圆形或圆形等断面。

巷道的用途及所需的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。服务年限长达几十年的开拓巷道，采用混凝土和锚喷支护的各种拱形断面较为有利；服务年限 10 a 左右的准备巷道以往多采用梯形断面，现在采用锚喷支护的拱形断面日趋增多；服务年限短的回采巷道，因受动压影响，须采用可缩性金属支架的梯形断面。

矿区原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；混凝土和喷射混凝土，则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。岩石平巷掘进仍是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，由于锚喷支护的广泛应用，为了简化设计和利于施工，巷道断面多采用半圆拱和圆弧拱，三心拱逐渐被淘汰。若使用全断面掘进机组掘进岩石平巷，选用圆形断面无疑是更为合适的。

在需要很大通风量的矿井中，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，应综合分析比较，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。

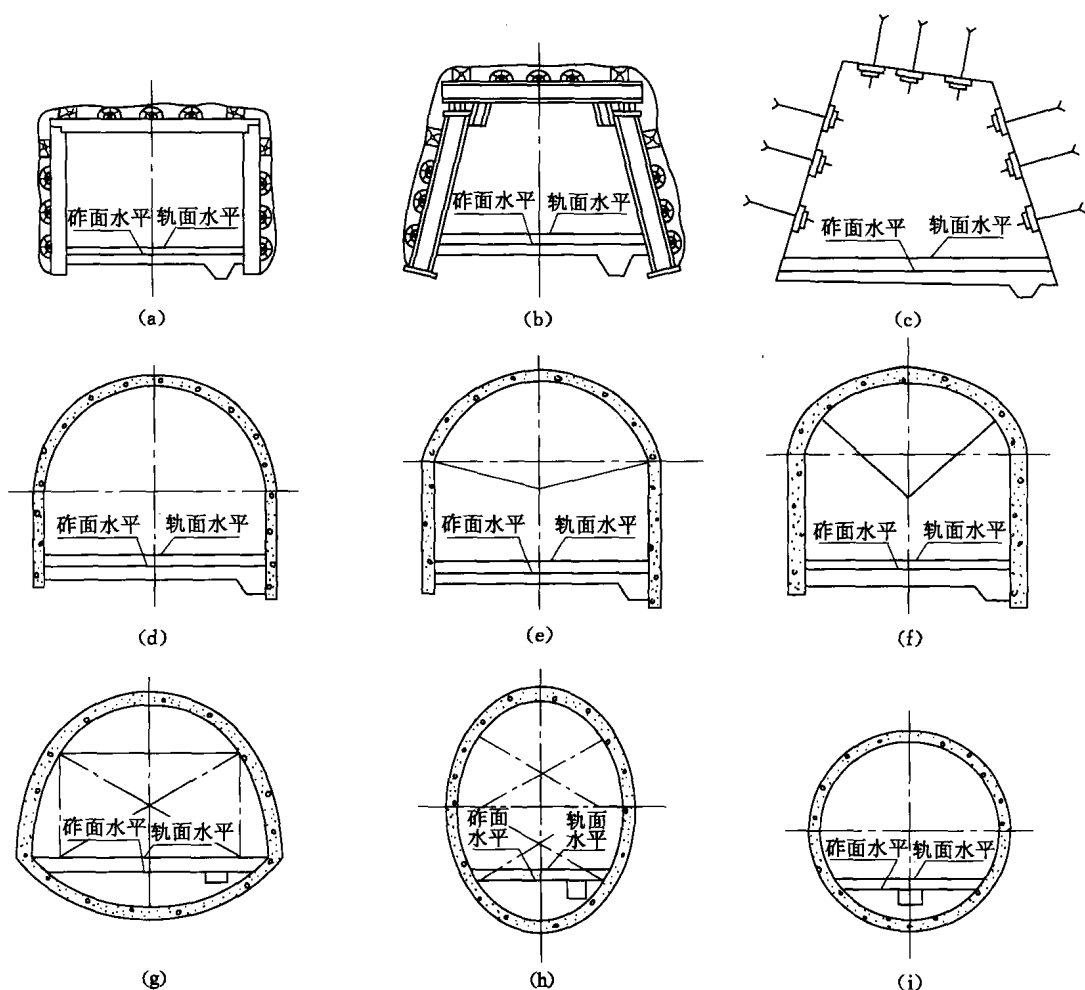


图 1-1 巷道断面形状

(a) 矩形; (b) 梯形; (c) 不规则形; (d) 半圆拱形; (e) 圆弧拱形;
(f) 三心拱形; (g) 马蹄形; (h) 椭圆形; (i) 圆形

二、确定巷道断面尺寸

巷道的用途不同,断面尺寸的确定方法亦有所不同。主要运输巷道的断面尺寸,既要保证各种机械、器材或运输设备在巷道中畅通无阻,又要满足《煤矿安全规程》规定的人行道宽度、各种安全间隙以及通过巷道的风量和风速要求。同时,还要考虑敷设于巷道中的各种管道、电缆的合理布置。专为通风或行人使用的巷道断面尺寸,只需满足通风或行人的要求即可。

(一) 巷道净宽度的确定

岩石平巷最常用的断面形状是直墙拱形(半圆拱形、圆弧拱形、三心拱形,简称拱形)。现以拱形运输巷道为例,阐述巷道净宽度的确定方法(图 1-2)。

$$B = a + 2A_1 + c + t \quad (1-1)$$

式中 B ——拱形巷道净宽度,系指直墙内侧的水平距离,m;

a ——非人行道侧的宽度,《煤矿安全规程》规定: a 不得小于0.3 m(综合机械化采煤矿井为0.5 m);

A_1 ——运输设备的最大宽度,可按表 1-1 选取,m;

c ——人行道的宽度,《煤矿安全规程》规定:从巷道道砟面起 1.6 m 的高度内, c 大于等于0.8 m(综合机械化采煤矿井为 1 m);在人车停车地点的巷道上下人侧,从巷道道砟面起 1.6 m 的高度的, c 大于等于 1.0 m;

t ——在双轨运输巷道中,两列对开列车最突出部分之间的距离,《煤矿安全规程》规定:不得小于 0.2 m,采区装载点不得小于 0.7 m,矿车摘挂钩地点不得小于 1.0 m。

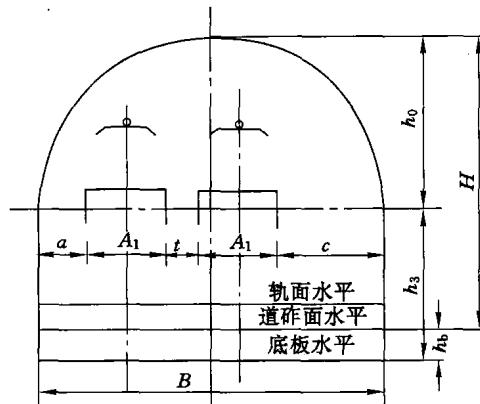


图 1-2 巷道净断面尺寸计算图

巷道净宽度按式(1-1)确定后,还需要检查是否能满足掘进机械化装载和铺设临时双轨调车以及运输综采支架时所需最小净宽度的要求。一般拱形断面的主要运输巷道净宽度不宜小于 2.4 m。

在确定曲线段巷道的净宽时,应该考虑车辆在弯道上运行时,由于车体中心线和线路中心线不相吻合,会发生车辆外角外伸和内侧车帮内移现象。所以,按式(1-1)计算出直线段巷道净宽度后,还需要将上述的安全间隙适当加大,加大值与车辆长度、轴距和弯道半径有关。根据井下实测和理论计算,内侧和外侧均加宽 0.2 m 为宜。注意除曲线段要全部加宽外,与曲线段两端相连的直线段也需加宽,其加宽范围为:采用矿车运输的巷道,取 1.5~3.5 m;电机车通行的巷道,取 3~5 m。

双轨曲线段巷道两条轨道中心线间距,为了保证对开列车最突出部分的安全间隙不小于 0.2 m,一般比直线段两条轨道中心线间距加宽 0.3 m。同理,双轨曲线巷道,两轨道中心线间距加宽起点也应从两端直线段开始。其长度对机车取 5 m;对 3 t 或 5 t 底卸式矿车也取 5 m;对 1 t 矿车取 2 m。

表 1-1

煤矿井下巷道常用运输设备类型及规格尺寸表

mm

| 运输设备类型 | | 外形尺寸 (长×宽×高) | 轨距 | 运输设备类型 | | 外形尺寸 (长×宽×高) | 轨距 | | |
|-------------|-----------------------|-----------------|-------------------|--------|-------------|-----------------------|--------------------------------------|--------------------------|----------------------------|
| 电 机 车 | 直 流 架 线 式 | ZK7—6/250 | 4 500×1 060×1 550 | 600 | 人 车 | 平 巷 | PRC—12—6/3 | 4 280×1 220×1 525 | 600 |
| | | ZK7—9/550 | 4 500×1 360×1 550 | 900 | | | PRC—18—9/3 | 4 280×1 525×1 525 | 900 |
| | | ZK10—6/250 | 4 500×1 060×1 550 | 600 | | 斜 巷 | XRC—15—6/6 _w ^S | 4 970×1 200×1 474 | 600 |
| | | ZK10—9/550 | 4 500×1 360×1 550 | 900 | | | XRC—20—9/6 _w ^S | 4 970×1 518×1 474 | 900 |
| | | ZK14—9/550 | 4 900×1 335×1 550 | 900 | | | | | |
| | | ZK20—9/550 | 7 400×1 600×1 900 | 900 | | | | | |
| | 蓄 电 池 式 | XK2.5—6/48A | 2 100×920×1 550 | 600 | 输 送 机 | 钢 丝 绳 式 | GDS—100 | 130 000×11 430× 1 863 | |
| | | XK2.5—9/48A | 2 100×920×1 550 | 900 | | | GDS—120 | 160 000×14 470× 2 620 | |
| | | CDXT—5 | 3 300×1 030×1 550 | 600 | | 吊 挂 式 | SPJ—800 | 6 600×2 110×1 350 | 机 头 尺 寸 |
| | | CDXT—5 | 3 300×1 260×1 550 | 900 | | | SPJ—800S | 6 600×2 100×1 300 | |
| | | XK8—6/110A | 4 430×1 054×1 550 | 600 | | | | | |
| | | XK8—9/132A | 4 430×1354×1 550 | 900 | | | | | |
| 矿 车 | 固 定 车 箱 式 | MG1.1—6A | 2 000×880×1 150 | 600 | | 固 定 式 | TD—75 | 1 515×1 200 | |
| | | MG1.1—6B | 2 000×880×1 150 | 600 | | | | | |
| | | MG1.7—6A | 2 400×1 050×1 200 | 600 | | | | | |
| | | MG1.7—9B | 2 400×1 150×1 150 | 900 | | | | | |
| | 底 卸 式 | MD3.3—6 | 3 450×1 200×1 400 | 600 | | 可 弯 刮 板 式 | SGW—44A | 1 500×620×180 | 中 部 槽 的 尺 寸 |
| | | MD5.5—9 | 4 200×1 520×1 550 | 900 | | | SGW—40T | 1 500×620×180 | |

(二) 巷道净高度的确定

拱形巷道的净高度系指自道砟面起至拱顶内缘或锚杆露出终端的垂直高度,如图 1-2 所示。

$$H = h_0 + h_3 - h_b \quad (1-2)$$

式中 H ——拱形巷道的净高度, m;

h_0 ——拱形巷道的拱高, m;

h_3 ——拱形巷道的墙高, m;

h_b ——巷道内道砟高度,按表 1-6 选取, m。

1. 拱高 h_0 的确定

拱的高度常以其与巷道净宽的比来表示(称为高跨比)。

半圆拱的拱高 h_0 、拱的半径 R 均为巷道净宽的 $1/2$,即 $h_0 = R = B/2$;圆弧拱与三心拱的拱高,煤矿多取巷道净宽的 $1/3$,即 $h_0 = B/3$ 。

2. 墙高 h_3 的确定

拱形巷道的墙高 h_3 系指自巷道底板起至拱基线的垂直距离(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,设计要求按架线电

导电弓顶端两切线的交点处与巷道拱壁间最小安全间隙要求,按管道的装设高度要求,按人行高度要求,按 1.6 m 高度人行宽度要求以及按设备上缘至拱壁最小安全间隙要求等五种情况按表 1-2 中公式计算,并取其最大者。

表 1-2 煤矿常用拱形巷道断面墙高 h_3 计算公式

mm

| 计算条件 | | 计算公式(图 1-3) | |
|--------------------|--------|---|--|
| | | 半圆拱 | 圆弧拱 |
| 按架线电机车导电弓要求计算 | | $h_3 \geq h_4 + h_c - \sqrt{(R-n)^2 - (K+b_1)^2}$ | $h_3 \geq h_4 + h_c + \sqrt{R^2 - (B/2)^2} - \sqrt{(R-n)^2 - (K+b_1)^2}$ |
| 按管道的装设高度要求计算 | 按双轨 | $h_3 \geq h_5 + h_7 + h_b - \sqrt{R^2 - (K+m+D/2+b_2)^2}$ | $h_3 \geq h_5 + h_7 + h_b + \sqrt{R^2 - (B/2)^2} - \sqrt{R^2 - (K+m+D/2+b_2)^2}$ |
| | 按单轨 | $h_3 \geq h_5 + h_7 + h_b - \sqrt{R^2 - (K+m+D/2-b_1)^2}$ | $h_3 \geq h_5 + h_7 + h_b + \sqrt{R^2 - (B/2)^2} - \sqrt{R^2 - (K+m+D/2-b_1)^2}$ |
| | 按双轨 | $h_3 \geq h_5 + h_7 + h_b - \sqrt{R^2 - (A_1/2+m_1+D/2+b_2)^2}$ | $h_3 \geq h_5 + h_7 + h_b + \sqrt{R^2 - (B/2)^2} - \sqrt{R^2 - (A_1/2+m_1+D/2+b_2)^2}$ |
| | 按单轨 | $h_3 \geq h_5 + h_7 + h_b - \sqrt{R^2 - (A_1/2+m_1+D/2-b_1)^2}$ | $h_3 \geq h_5 + h_7 + h_b + \sqrt{R^2 - (B/2)^2} - \sqrt{R^2 - (A_1/2+m_1+D/2-b_1)^2}$ |
| 按人行高度要求计算 | | $h_3 \geq 1800 + h_b - \sqrt{R^2 - (R-j)^2}$ | $h_3 \geq 1800 + h_b + \sqrt{R^2 - (B/2)^2} - \sqrt{R^2 - (B/2-j)^2}$ |
| 按 1.6 m 高度人行宽度要求计算 | 双轨 | $h_3 \geq 1600 + h_b - \sqrt{R^2 - (c'+A_1/2+b_2)^2}$ | $h_3 \geq 1600 + h_b + \sqrt{R^2 - (B/2)^2} - \sqrt{R^2 - (c'+A_1/2+b_2)^2}$ |
| | 单轨 | $h_3 \geq 1600 + h_b - \sqrt{R^2 - (c'+A_1/2-b_1)^2}$ | $h_3 \geq 1600 + h_b + \sqrt{R^2 - (B/2)^2} - \sqrt{R^2 - (c'+A_1/2-b_1)^2}$ |
| 按设备上缘至拱壁最小安全间隙要求计算 | 人行侧 双轨 | $h_3 \geq h + h_c - \sqrt{R^2 - (c'+A_1/2+b_2)^2}$ | $h_3 \geq h + h_c + \sqrt{R^2 - (B/2)^2} - \sqrt{R^2 - (c'+A_1/2+b_2)^2}$ |
| | 人行侧 单轨 | $h_3 \geq h + h_c - \sqrt{R^2 - (c'+A_1/2-b_1)^2}$ | $h_3 \geq h + h_c + \sqrt{R^2 - (B/2)^2} - \sqrt{R^2 - (c'+A_1/2-b_1)^2}$ |
| | 非人行侧 | $h_3 \geq h + h_c - \sqrt{R^2 - (a'+A_1/2+b_1)^2}$ | $h_3 \geq h + h_c + \sqrt{R^2 - (B/2)^2} - \sqrt{R^2 - (a'+A_1/2+b_1)^2}$ |

注: h_3 ——巷道底板至拱基线的垂直距离, mm; h_4 ——从轨面起电机车架线高度, 取 2 000 mm 或 2 200 mm; h_c ——底板至轨面的高度(道床总高度), 按表 1-6 选取; R ——拱形巷道半径, 半圆拱 $R=B/2$, 圆弧拱 $R=0.542B$; n ——电机车导电弓顶端两切线的交点处与巷道拱壁间最小安全间隙, $n \geq 200$ mm, 一般取 $n=300$ mm; K ——导电弓宽度之半, 取 $K=360$ mm; b_1, b_2 ——轨道中心线与巷道中心线间距; b_5 ——从道砟面起管道悬吊高度, 一般取 $h_5 \geq 1800$ mm; h_7 ——管道悬吊件总高, 采用锚杆悬吊时, 一般取 $h_7=900$ mm; h_b ——底板至道砟面的高度, 按表 1-6 选取; h ——从轨面起车辆的高度, 按表 1-1 选取; A_1 ——运输设备最大宽度, 按表 1-1 选取; a, c ——运输设备与巷道墙间宽度, mm; a', c' ——当运输设备上缘进入巷道拱部范围内时, 设备上缘到拱壁间的距离, 一般 $a' \geq 200$ mm, $c' \geq 800$ mm; m ——导电弓距管道间安全间距, 一般取 $m \geq 300$ mm; m_1 ——电机车与管道间安全间距, 一般取 $m_1 \geq 200$ mm; D ——管道接头处最大直径, mm; j ——巷道有效净高不小于 1 800 mm 处到墙的水平距离, 一般取 $j=200$ mm。

对于架线电机车运输的巷道，一般按架线电机车导电弓子和管道装设高度要求计算即能满足设计要求；其他如矿车运输，仅铺设输送机或无运输设备的巷道，一般只按行人高度要求计算即可满足设计要求；但在人行道内，管线和电缆架设高度不得低于 1.8 m。

上述计算出的墙高 h_3 值，必须按只进不舍的原则，以 0.1 m 进级。

(三) 巷道的净断面积

拱形巷道的净宽和净高确定后，巷道的净断面积便可求出。

半圆拱巷道净断面积：

$$S = B(0.39B + h_2) \tag{1-3}$$

圆弧拱巷道净断面积：

$$S = B(0.24B + h_2) \tag{1-4}$$

式中，符号意义见图 1-3 和表 1-8。

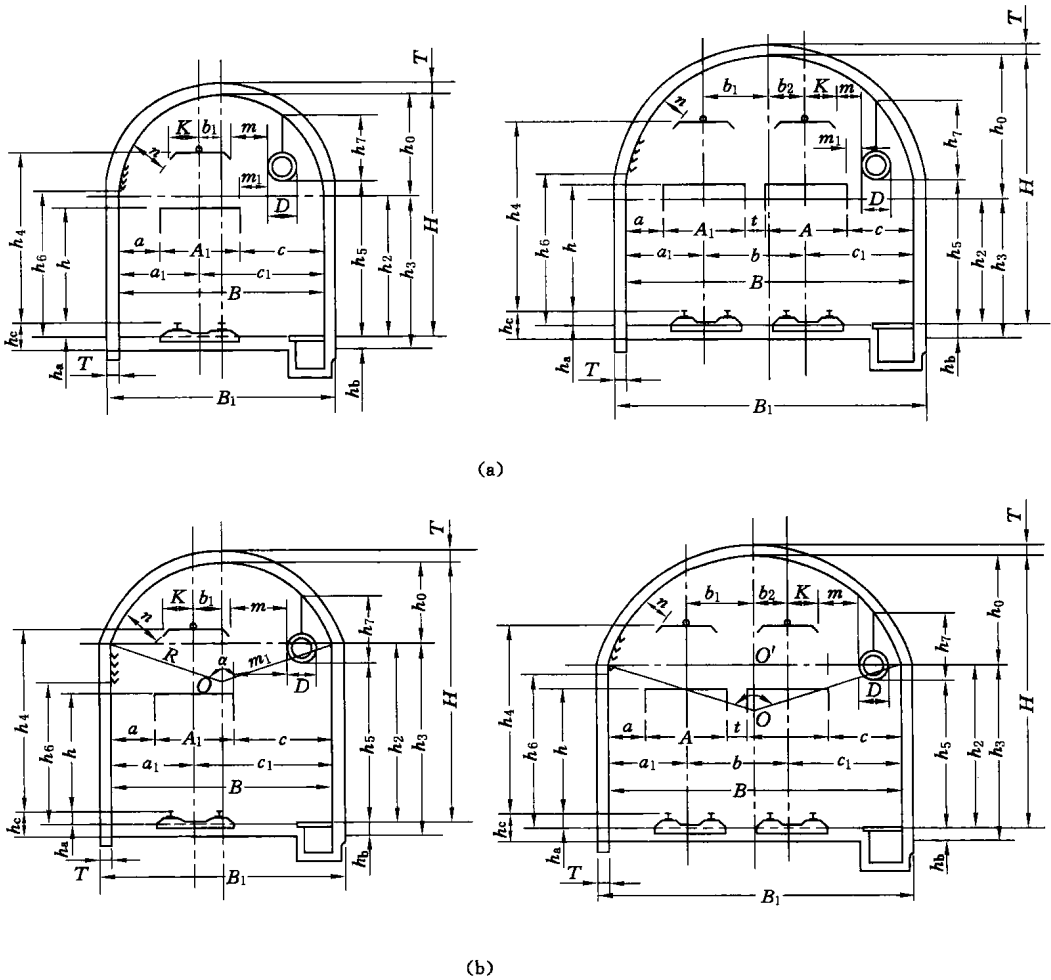


图 1-3 拱形巷道断面
(a) 半圆拱；(b) 圆弧拱

(四) 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对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。风速大,不仅会扬起煤尘,影响工人身体健康和工作效率,而且易引起煤尘爆炸事故。为此,《煤矿安全规程》规定了各种不同用途的巷道所允许的风速(表 1-3)。同时,为使矿井增产留有余地和经济风速的要求,一般不选用表 1-3 中所列的最高风速。《煤炭工业设计规范》规定,矿井主要进风巷的风速一般不大于 6 m/s。所以设计出巷道净断面后,还必须进行风速验算。

$$v = \frac{Q}{S} \leq v_m \quad (1-5)$$

式中 v ——通过巷道的风速, m/s;

Q ——根据设计要求通过巷道的风量, m^3/s ;

S ——巷道的净断面积, m^2 ;

v_m ——巷道允许通过的最大风速,按表 1-3 确定, m/s。

表 1-3 井巷允许风速

| 井巷名称 | 允许风速/(m/s) | | 说 明 |
|-------------------|------------|----|--|
| | 最低 | 最高 | |
| 无提升设备的风井和风硐 | | 15 | 1. 设有梯子间的井筒或进行修理的井筒,风速不得超过 8 m/s;如果梯子间四周封闭后,各类井筒的最高允许风速,仍可按表中规定执行。 2. 综采工作面,当采取煤层注水湿润煤体和采煤机喷雾降尘等措施后,经矿总工程师批准,可以适当加大风速,但不得超过 5 m/s |
| 专为升降物料的井筒 | | 12 | |
| 风桥 | | 10 | |
| 升降人员和物料的井筒 | | 8 | |
| 主要进、回风巷道 | | 8 | |
| 架线电机车巷道 | 1 | 8 | |
| 运输机巷道,采区进、回风巷道 | 0.25 | 6 | |
| 采煤工作面、掘进中的煤巷和半煤岩巷 | 0.25 | 4 | |
| 掘进中的岩巷 | 0.15 | 4 | |
| 其他通风、行人巷道 | 0.15 | | |

一般对低瓦斯矿井,按前述方法设计出的巷道净断面尺寸均能满足通风要求。但是对高瓦斯矿井,往往不能满足。这时巷道的净断面尺寸就需要根据允许的巷道最高风速和《煤炭工业设计规范》规定的最高风速要求进行计算。

(五) 巷道掘进断面的确定

1. 支护参数的选择

巷道支护是影响煤矿技术经济指标及安全生产的关键技术问题。长期以来,棚式支架和混凝土砌碛一直是煤矿巷道的主要支护形式。近年来,锚喷支护发展较快,锚喷支护在岩石巷道支护中占的比例已超过 80%。

支护方式确定后,即可进行支护参数的选择。支护参数是指各种支架的规格尺寸,如混

凝土的厚度,木棚子的直径,钢筋混凝土棚子的断面高度(厚度)及背板厚度,矿用工字钢和U型钢的型号,锚喷支护的锚杆类型、长度、直径、间距和排距,喷射混凝土的厚度和标号等。

各种支架的规格尺寸,取决于巷道的跨度和高度、围岩的性质以及支架材料本身的性能和结构形式等因素。迄今为止,国内外学者对支架参数的计算与选取方法进行了许多研究和探讨。有的还编制了支架结构计算的程序,利用计算机进行计算。但是鉴于目前作用于支架上的外荷载——地压值尚不能准确地事先确定,而使计算结果的准确性受到影响。因此目前支架参数的选择,一般通过工程类比、现场实测和参考理论计算来确定。

对岩石平巷的支护而言,锚喷支护是主要支护形式。目前,锚喷支护已形成一个支护系列,包括喷射混凝土支护,锚杆支护,锚杆与喷射混凝土联合支护,锚杆、喷射混凝土与金属网联合支护以及与锚注联合支护,锚喷网与混凝土等的联合支护。

岩石平巷的锚喷支护参数,可以参考本章第五节支护工作中的有关内容,或者根据《煤矿矿井采矿设计手册》第四篇第四节中提供的经验数据进行具体确定。

2. 道床参数的选择

道床参数的选择是指钢轨型号选取,以及轨枕规格和道砟高度的确定。

钢轨的型号是以每米长度的质量来表示的。煤矿常用的型号是 11 kg/m, 18 kg/m, 24 kg/m, 30 kg/m 和 33 kg/m。钢轨型号根据巷道类型、运输方式及设备、矿车容积和轨距来选用,见表 1-4。

表 1-4 巷道钢轨型号选择表

| 巷道类型 | | 运输方式及设备 | 矿车容积 | 轨距/mm | 钢轨型号/(kg/m) |
|-----------------|--------------|--------------------------------------|-----------|---------|-------------|
| 井底车场 及主要运输大巷 | | 8 t, 10 t 电机车或 12 t, 14 t 机车牵引 列车 | 5 t 底卸式 | 900 | ≥30 |
| | | | 3 t 底卸式 | 600 | |
| | | <8 t 机车 | 1 t 固定式 | 600 | 18 |
| | | 无极绳, ≤5 t 机车 | 1 t 固定式 | 600 | 15 |
| 采区 运输巷道 | 上、下山 | 钢丝绳运输 | 1.5 t 固定式 | 600/900 | 15 |
| | | | 1.0 t 固定式 | 600 | |
| | 运输中巷、 回风巷 | ≤5 t 机车或钢丝绳运输 | 1.5 t 固定式 | 600/900 | 15 |
| | | | 1.0 t 固定式 | 600 | 11/15 |

轨枕的类型及规格应与选用的钢轨型号相适应。目前多使用钢筋混凝土轨枕,木轨枕主要用在道岔处。由于预应力钢筋混凝土轨枕有较好的抗裂性和耐久性,构件刚度大,节约木料,造价低,应大力推广使用。常用的轨枕规格见表 1-5。

道床应选用坚硬且不易风化的碎石或卵石,其粒度以 20~30 mm 为宜。并不准掺有碎末等杂物,使其具有适当空隙率,以利排水和有良好的弹性。道砟的高度也应与选用的钢轨型号相适应,其厚度不得小于 100 mm,至少应把轨枕埋入道砟内。道床宽度可按轨枕长再加 200 mm 考虑。道砟、道床有关参数见表 1-6 和图 1-4。

井巷工程

表 1-5

常用的轨枕规格

mm

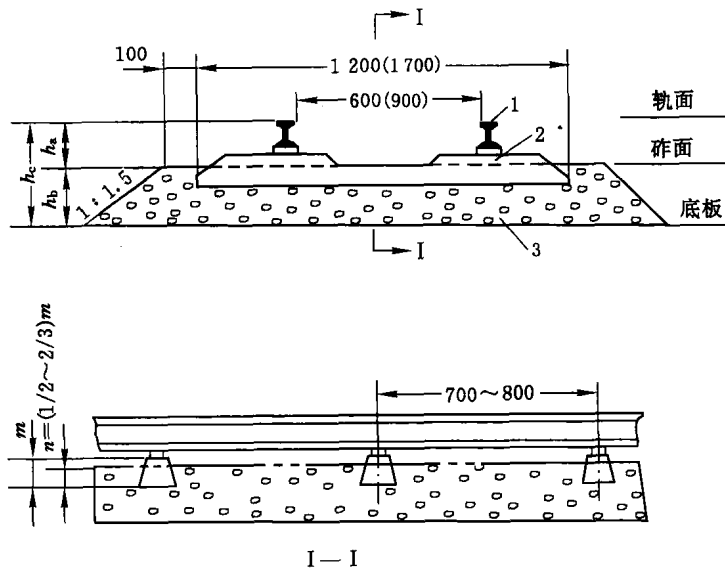
| 轨枕类型 | 轨距 | 钢轨型号/(kg/m) | 全长 | 全高 | 上宽 | 下宽 |
|------------|-----|-------------|-------|-----|-----|-----|
| 木轨枕 | 600 | 11 | 1 200 | 100 | | 120 |
| | | 15/18 | | 120 | 120 | 150 |
| | | 24 | | 140 | 130 | 160 |
| | 900 | 15/18 | 1 600 | 120 | 120 | 150 |
| 24/30 | | 140 | | 130 | 160 | |
| 钢筋混凝土轨枕 | 600 | | 1 200 | 130 | 120 | 140 |
| | | | | 130 | 160 | 180 |
| | 900 | | 1 700 | 145 | 170 | 200 |
| 预应力钢筋混凝土轨枕 | 600 | 15/18 | 1 200 | 115 | 100 | 140 |

表 1-6

道砟、道床参数选择表

mm

| 巷道类型 | | 钢轨型号 (kg/m) | 道床总高度 h_c | 道砟高度 h_b | 道砟面至轨道面垂高 h_a |
|-------------|----------|----------------|----------------|---------------------------------|--------------------|
| 井底车场及主要运输巷道 | | ≥ 24 | 360 | 200 | 160 |
| | | 18 | 320 | 180 | 140 |
| 采区运输巷道 | 上、下山 | 15/18 | 220 | 可不铺道砟, 轨枕沿底板浮放, 也可在浮放轨枕两侧充填掘进矸石 | |
| | 运输中巷、回风巷 | 15/18 | 220 | | |



I—I

图 1-4 道砟、道床结构图

1—钢轨; 2—轨枕; 3—道砟

3. 巷道掘进断面积的确定

巷道的净尺寸、支架和道床参数确定后,便可获得巷道的设计掘进尺寸,进而求出巷道的设计掘进断面积。

半圆拱巷道设计掘进断面积:

$$S_1 = B_1(0.39B_1 + h_3) \quad (1-6)$$

圆弧拱巷道设计掘进断面积:

$$S_1 = 0.24B^2 + 1.27BT + 1.57T^2 + B_1h_3 \quad (1-7)$$

式中,符号意义参见图 1-3 和表 1-8。

巷道设计掘进断面尺寸加上允许的掘进超挖误差值 $\delta(75 \text{ mm})$,即可算出巷道计算掘进断面尺寸。

三、水沟设计

为了排除井下涌水及其他污水,创造好的生产环境,巷道的底板需设置水沟。一般水沟布置在人行道一侧,并加设盖板。若非人行道侧有较大空间时,水沟也可设在非人行道侧,可不加盖板;在有底拱的巷道,水沟一般布置在巷道中间。

水沟盖板顶面与道砟面齐平,水沟底板掘进标高应比巷道壁的基础标高高出 50~100 mm。为了使水沟中水流通畅,水沟纵向坡度一般与巷道坡度相同,即为 3‰~5‰。为了不使巷道内积水,巷道横向水沟一侧应有 2‰的坡度,并且在水沟侧面壁上每隔一定距离开设直径为 50 mm 的泄水孔(图 1-5)。

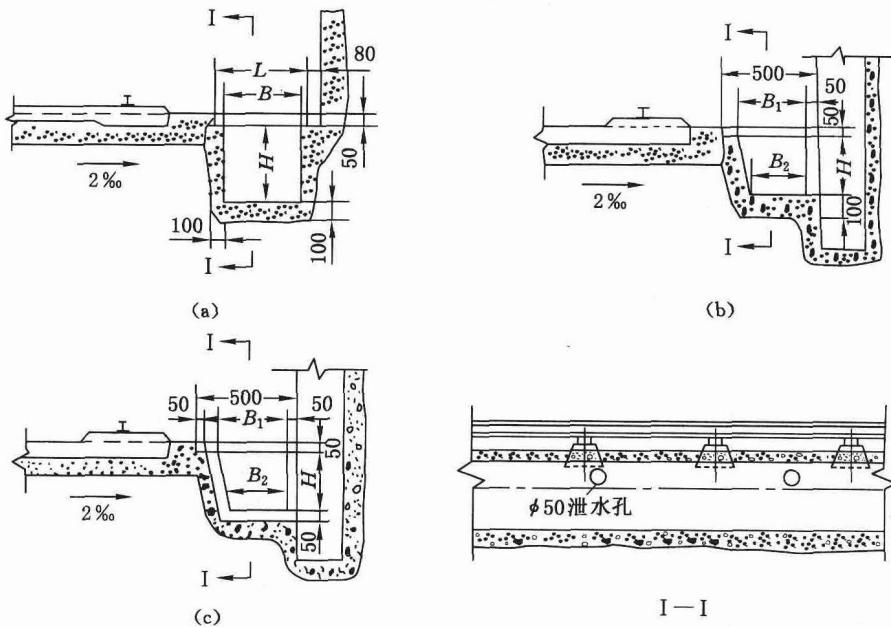


图 1-5 拱形巷道水沟断面

(a) 锚喷支护巷道水沟;(b) 砌碛巷道水沟(现浇);(c) 砌碛巷道水沟(预制)

水沟断面形状常用矩形、半倒梯形或倒梯形。一般开拓和准备巷道中的水沟均需进行

支护。支护材料多用现浇混凝土,锚喷支护巷道可利用喷射混凝土回弹物。回采巷道中的水沟一般不予支护。对于岩性坚硬的巷道中的水沟,也可不予支护。

水沟断面尺寸应根据水沟的流量、坡度、支护材料及其粗糙系数、断面形状等因素来确定。为了简化设计,可以直接选用设计部门提供的各种断面形状水沟的技术特征值。表 1-7 是拱形巷道水沟规格及材料消耗表。

表 1-7 常用拱形巷道水沟规格及材料消耗量表

| 巷道类别 | 序号 | 支护类别 | 流量/(m ³ /h) | | | 净尺寸/mm | | | 断面积/m ² | | 每米材料消耗量 | | |
|------|----|------|------------------------|---------|---------|-------------------|-------------------|-----|--------------------|-------|---------|--------------------|--------------------|
| | | | 坡度 | | | 宽 B | | 深 H | 净断面积 | 掘进断面积 | 盖板 | | 水沟 |
| | | | 3‰ | 4‰ | 5‰ | 上宽 B ₁ | 下宽 B ₂ | | | | 钢筋/kg | 混凝土/m ³ | 混凝土/m ³ |
| 拱形 | 1 | 锚喷 | 0~86 | 0~97 | 0~112 | 300 | 300 | 350 | 0.105 | 0.144 | 1.336 | 0.022 6 | 0.114 |
| | | 砌碛 | 0~96 | 0~100 | 0~123 | 350 | 300 | 350 | 0.114 | 0.139 | 1.336 | 0.022 6 | 0.099 |
| | 2 | 锚喷 | 86~172 | 97~205 | 112~227 | 400 | 400 | 400 | 0.160 | 0.203 | 1.633 | 0.027 6 | 0.133 |
| | | 砌碛 | 96~197 | 100~227 | 123~254 | 400 | 350 | 450 | 0.169 | 0.207 | 1.633 | 0.027 6 | 0.120 |
| 大巷 | 3 | 锚喷 | 172~302 | 205~349 | 227~382 | 500 | 500 | 450 | 0.225 | 0.272 | 2.036 | 0.032 3 | 0.152 |
| | | 砌碛 | 197~349 | 227~403 | 254~450 | 500 | 450 | 500 | 0.238 | 0.278 | 2.036 | 0.032 3 | 0.137 |
| 巷 | 4 | 锚喷 | 302~374 | 349~432 | 382~472 | 500 | 500 | 500 | 0.250 | 0.306 | 2.036 | 0.032 3 | 0.161 |
| | | 砌碛 | 349~397 | 403~458 | 450~512 | 500 | 450 | 550 | 0.261 | 0.309 | 2.036 | 0.032 3 | 0.145 |

注:水沟断面尺寸是按满流情况计算的,在选用时,应以最大涌水量除以 0.70~0.75 的系数后,再选择水沟断面尺寸。

四、管缆布置

根据生产需要,巷道内需要敷设诸如压风管、排水管、供水管、动力电缆、照明和通讯电缆等管道和电缆。管缆的布置要考虑安全和架设与检修的方便,一般应符合下列要求:

① 管道通常设置在人行道一侧,也可设在非人行道侧。管道架设可采用管墩架设、托架固定或锚杆悬挂等方式。若架设在水沟上方,管道下部距道砟或水沟盖板的垂高不应小于 1.8 m;若架设在水沟上,应以不妨碍清理水沟为原则。

② 在采用架线式电机车运输的巷道内,不要将管道直接置于巷道底板上(用管墩架设),以免电流腐蚀管道。管道与运输设备之间必须留有不小于 0.2 m 的安全距离。

③ 通讯电缆和电力电缆不宜设在同一侧。如受条件限制设在同一侧时,通讯电缆设在动力电缆上方 0.1 m 以上的距离处,以防电磁场作用干扰通讯信号。

④ 高压电缆和低压电缆在巷道同侧敷设时,相互之间距离应大于 0.1 m;同时高压电缆之间,低压电缆之间的距离不得小于 50 mm,以便摘挂方便。

⑤ 电缆与管道在同一侧敷设时,电缆要悬挂在管道上方,并保持 0.3 m 以上距离。

⑥ 电缆悬挂高度应保证当矿车掉道时不会撞击电缆,或者电缆坠落时不会落在轨道上或运输设备上。所以,电缆悬挂高度一般为 1.5~1.9 m;电缆两个悬挂点的间距不应大于 3.0 m;电缆与运输设备之间距离不应小于 0.25 m;电缆同风筒之间应保持 0.3 m 以上距离。