

新编**采矿**
实用技术丛书

主 编 唐敏康
副主编 杜 效 张春雷

井巷工程

吴贤振 冯 锐 刘祥鑫 编著

JINGXIANG GONGCHENG



化学工业出版社

新编**采矿**
实用技术丛书

主 编 唐敏康
副主编 杜 效 张春雷

井巷工程

吴贤振 冯 锐 刘祥鑫 编著



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书综合考虑当前我国金属矿山和煤矿的井巷掘进技术和行业规范,从实用角度出发全面介绍了金属矿和煤矿井巷施工的各项实用技术,主要包括矿山巷道的基本概念、各类巷道设计的基本原理与掘砌方法,以及矿山井巷的技术管理与安全措施,重点介绍了矿山平巷、斜井、竖井、天(溜)井、硐室的设计与施工。书中提供了大量的设计、计算与施工案例供读者参考。

本书适合矿山领域的技术工人以及生产管理人员阅读,也可供采矿、井建等相关专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

井巷工程/吴贤振,冯锐,刘祥鑫编著. —北京:
化学工业出版社, 2013. 3

(新编采矿实用技术丛书)

ISBN 978-7-122-16309-7

I. ①井… II. ①吴…②冯…③刘… III. ①井巷
工程 IV. ①TD26

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 006896 号

责任编辑: 刘丽宏
责任校对: 宋 玮

文字编辑: 汲永臻
装帧设计: 刘丽华

出版发行: 化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装: 北京云浩印刷有限责任公司
710mm×1000mm 1/16 印张 13 $\frac{3}{4}$ 字数 296 千字 2013 年 5 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 49.00 元

版权所有 违者必究

目录

第1章	1
巷道地压	
1.1 地压的概念	1
1.2 巷道顶压的产生	2
1.3 巷道侧压和底压的产生	2
1.4 巷道维护方法	4
1.5 巷道地压与井下安全出口	4
第2章	5
平巷断面的形状和尺寸	
2.1 平巷断面的形状	5
2.2 巷道断面尺寸的确定	7
2.2.1 梯形巷道断面尺寸	7
2.2.2 拱形巷道断面尺寸	10
2.2.3 锚喷支护巷道断面尺寸	11
2.2.4 巷道标准断面的选用	12
第3章	17
平巷支护	
3.1 装配式钢筋混凝土支架	17
3.2 石材支护	17
3.3 金属支架	18
3.4 混凝土支护	20
3.5 锚喷支护	21
3.5.1 锚杆支护	21
3.5.2 喷射混凝土支护	29
第4章	37
平巷掘进	
4.1 破岩	37

4.1.1 钻眼爆破参数的确定	37
4.1.2 打眼工作	39
4.1.3 爆破工作	41
4.2 装岩与调车	43
4.2.1 装岩	43
4.2.2 调车方法及设备	46
4.3 工作面通风及综合防尘	52
4.3.1 工作面通风	52
4.3.2 综合防尘	53
4.4 一次成巷的作业方式及施工组织	54
4.4.1 一次成巷及其作业方式	54
4.4.2 一次成巷的施工组织管理工作	56

第5章

平巷交岔点设计与施工

60

5.1 交岔点的类型	60
5.2 交岔点设计	61
5.3 道岔线路连接系统设计	69
5.4 交岔点设计实例	73
5.4.1 设计步骤	73
5.4.2 工程量及材料消耗量计算	76

第6章

斜井设计及掘砌

78

6.1 斜井井筒断面	79
6.2 斜井井筒内设施	80
6.3 斜井井底结构	82
6.4 甩车场斜面道岔设计	84
6.5 斜井掘砌概述	86
6.5.1 斜井井颈施工	86
6.5.2 斜井的基岩掘砌	89
6.6 斜井断面设计实例	99

第7章

竖井设计及掘砌

105

7.1 概述	105
7.2 井筒断面设计	106

7.2.1	井筒断面的布置形式	106
7.2.2	提升容器的选择	107
7.2.3	立井井筒装备	109
7.2.4	立井井筒断面尺寸的确定	111
7.3	井筒表土施工	113
7.4	立井基岩施工	114
7.4.1	钻眼爆破工作	114
7.4.2	装岩提升工作	117
7.4.3	井筒支护工作	121
7.4.4	立井施工辅助工作	123
7.4.5	立井施工设备的布置	126
7.4.6	立井井筒安装工作	129
7.4.7	立井井筒施工作业方式	130
7.4.8	立井施工机械化配套	133
7.5	矿井建设施工组织与管理	136
7.5.1	矿井建设施工顺序	136
7.5.2	矿井建设施工管理	142
7.6	竖井施工实例	146
7.6.1	工程概况以及主要工程量	146
7.6.2	施工准备	146
7.6.3	施工方法	148
7.6.4	现场施工组织机构	150
7.6.5	施工顺序、进度安排及施工工期	150
7.6.6	辅助系统	151
7.6.7	保证质量的主要措施	151
7.6.8	安全技术措施	153
7.6.9	环境保护及文明施工	155

第8章

天井、溜井掘砌

156

8.1	天井	156
8.2	溜井类型	157
8.3	溜井设计概述	159
8.4	天井、溜井的施工方法概述	161
8.5	天井吊罐法施工	166
8.5.1	吊罐法施工工艺	166
8.5.2	吊罐法掘进天井所用的设备	166
8.5.3	吊罐法掘进天井前的准备工作	170

8.5.4	掘进工作	173
8.5.5	劳动组织与作业方式	176
8.6	溜井设计与施工实例	176
8.6.1	概述	176
8.6.2	溜井设计的目的和意义	176
8.6.3	主溜矿井设计选择	176
8.6.4	主溜矿井开拓工程量以及设备和耗材	179
8.6.5	通风安全	180

第9章

硐室设计与施工

182

9.1	硐室设计	182
9.1.1	马头门设计	182
9.1.2	中央水泵房与水仓设计	184
9.1.3	箕斗装载硐室及矿（煤）仓设计	187
9.1.4	破碎硐室设计	189
9.1.5	卷扬机硐室设计	195
9.1.6	炸药库	197
9.1.7	机修硐室	199
9.1.8	风门硐室	201
9.2	硐室施工概述	201
9.2.1	硐室的施工特点	201
9.2.2	硐室的施工方法	201
9.2.3	与井筒相连的主要硐室的施工	204

第10章

井巷施工的常见事故及措施

207

10.1	事故类型	207
10.2	预防措施	208

参考文献

211

第1章

巷道地压

1.1 地压的概念

开巷后围岩将发生变形、移动、弯曲、裂缝、掉渣、冒落等一系列的变化，这种现象叫作地压现象。地压可以说是来自巷道围岩的作用力，也可以说是围岩作用到巷道支架上的力。

未经掘进或回采工作破坏的岩层，其中任何一处的岩石都受到上下、左右、前后岩石的挤压，如图 1-1 所示，图中箭头表示挤压力的方向。在这种情况下，如不再受其他外力的干扰，是不可能发生变形和移动的，也不会破坏。这种静止不动的状态，就叫作岩石的平衡状态。凡是未经破坏的地层中的岩石都处于这种平衡状态中。

在岩层中开掘了巷道时，情况就发生了变化，以图 1-2 中靠近巷道顶板部分的一块岩石（图中小方块所示）为例，本来六面受压，现在前后、左右的压力还是保持均势，可是下面的岩石被掘出去了，向上的挤压力也就没有了，由于上面的压力和岩石本身的重量，将使这块岩石发生形状的改变和位置的移动。由此可以看出，掘进巷道后，巷道周围（顶、底、两帮）的岩石，都将发生变化，只是变形和破坏的程度有所不同。

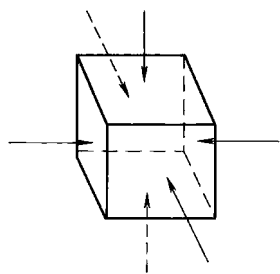


图 1-1 原岩受力情况

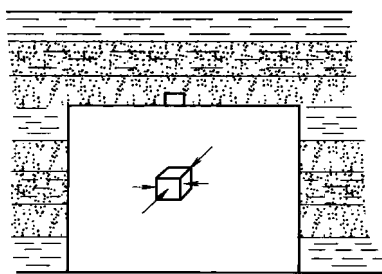


图 1-2 开巷后围岩的受力情况

为了使巷道保持一定的断面形状和大小，需要阻止巷道围岩发生变形和破坏。有的围岩本身的强度就可以抵抗这种变形的发生。当围岩的强度不够时，就要在巷

道中架设支架。

地压的大小，是随巷道围岩的性质、巷道的形状大小、开巷后的时间长短等因素而变化的。在矿山设计和生产实践中，研究和掌握巷道地压现象及其规律，对合理设计巷道支护方法、保证安全生产、节约国家资源，具有重要的意义。矿山生产中常常由于巷道布置和支架结构不合理，巷道维护十分困难，支架需经常翻修，有时支架的承载力不够，支架被压坏，影响正常生产，甚至发生冒顶事故。有时支架承载能力过大，超过实际的需要，因而浪费支架材料和费用。这些现象的发生，主要是由于未能掌握各种情况下巷道地压规律所致。由此可见，研究巷道地压是十分必要的，其目的在于：

- ① 选择合理的巷道断面形状和尺寸；
- ② 合理地设计和改善支架结构形式和尺寸；
- ③ 合理选择巷道布置位置，以改善巷道维护条件。

1.2 巷道顶压的产生

巷道开掘出以后，顶板岩石就暴露出来了，好像一根梁一样承受上部岩石的压力。受力后的“梁”将向下弯曲，靠近巷道顶板线的岩石承受拉力。由于岩石的抗拉强度很低，岩石承受拉力后将产生裂缝，如图 1-3（a）所示。随着裂缝不断增多和加大，岩石就要开始冒落，冒落范围也不断向上发展。随着顶板岩石的冒落，顶板的压力逐渐降低，作用到巷道两帮岩石上的压力逐渐加大，如图 1-3（b）、图 1-3（c）所示，到适当的时候，所有向下作用的力都传到两帮岩石上，而顶板上的力将取得新的平衡，岩石也不再冒落了。从实际中观察到，停止冒落后的顶板形状很像大石桥的墩拱一样，如图 1-3（d）所示。这种拱形的顶，一般叫自然平衡拱。拱以上的岩石不再冒落时，也就是那里的岩石在经过这一段时间的变化后，又重新得到了暂时的平衡。

开巷后，除了岩石特别坚固根本不需要支护以外，一般的还是要及时支护的。自然平衡拱的形成，需要一定的时间，有时是看不到的，可是自然平衡拱总是要形成。支护后，支架就阻止了顶板岩石的冒落，这部分岩石压在支架上所产生的作用力，就是我们常说的顶压。由上述可知，顶压的大小就是自然平衡拱内全部岩石的重量。可见顶压的大小，决定于冒落拱的形状和大小，冒落拱的形状一般认为是抛物线形，拱的大小同顶板岩石性质和巷道宽度有关，岩石软、巷道宽度大时，冒落范围大。

1.3 巷道侧压和底压的产生

上节介绍的是只有顶压的情况，上部传来的力全部压在两帮岩石上，两帮岩石所承受的压力没有超过岩石本身的强度，所以两帮岩石也没有压坏。如两帮岩石较

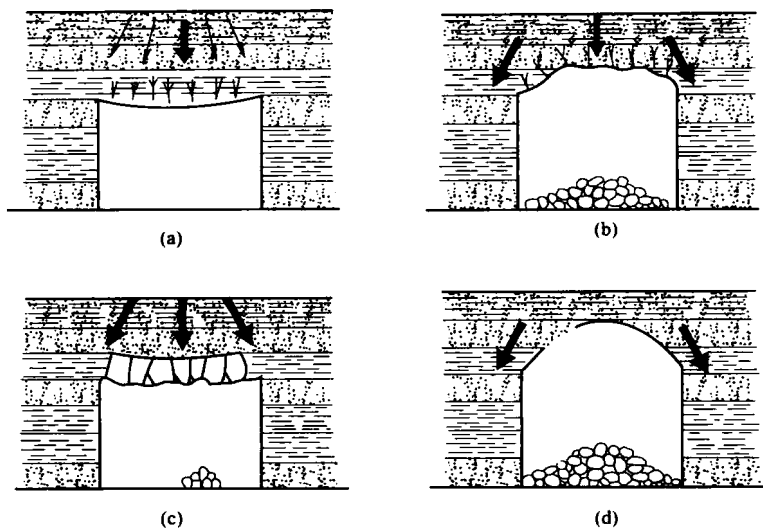


图 1-3 巷道顶压的产生

松软，承受不住上面传来的压力时，两帮岩石就要沿着图 1-4 中所表示的斜面垮落下来，这时由于巷道垮落后的宽度加大了，自然平衡拱也将随着扩大，直到形成图中虚线所表示的新的自然平衡拱为止。在这种情况下，支架的柱腿将承受岩帮垮落所产生的水平推力，这种水平推力就是巷道的侧压。巷道侧压的大小，同两帮岩石的性质、巷道高度和顶压的大小有关。

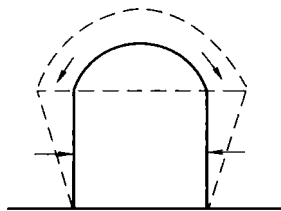


图 1-4 巷道侧压的产生

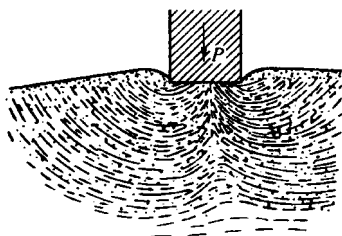


图 1-5 木块压沙试验

为了说明底压的产生，可以做如图 1-5 的试验，把一定体积的沙子放到一个玻璃箱中，在沙面上加一个方木块，并用力向下压它，开始时，木块下的沙粒会向下移动，可是当沙子被压实到一定程度时，下移的阻力增大了，沙粒将折向木块以外的范围向上移动，而使木块附近的沙面隆起，这个试验说明了沙粒受压后力的传递情况。巷道底压的产生过程也是这个道理。

巷道产生侧压，得到新的平衡之后，新的自然平衡拱，仍然把压力传给两帮，再传给底板，当底板岩石不坚固时，受到上面压力之后，就会向沙箱中的沙粒一样，从两边朝底板方向移动，从而使底板鼓起来，这就是产生底压的道理。

另外，要是巷道底板岩石具有遇水膨胀的特性（如黏土质岩石），当巷道中有积水时，也会由于岩石的膨胀而产生底压。

以上只是说明了开巷后地压产生的过程 and 情况。巷道地压研究内容主要包括下列两方面：

- ① 巷道围岩的应力、位移和破坏规律；
- ② 巷道支架承受的围岩的压力。

地压的研究来源于生产实践，为生产实践所推动，并需回到生产实践中去能动地指导生产实践。至今国内外在地压理论的研究方面与解决生产实践问题还有一定距离。但不能因此否定研究地压的必要，而应在今后科学研究和生产实践中进一步研究解决。

1.4 巷道维护方法

从长期的生产实践中，人们找到许多种维护巷道的方法。

(1) 合理地选择井巷位置和断面形状 服务年限较长的巷道，应布置在较坚固的岩层中，尽量避开不利的地质条件，如含水过大的岩层、断层破碎带等。也可以把巷道开成拱形，以降低支架的压力。

(2) 在巷道内架设支架 这是过去应用最广的一种方法。支架的作用，一方面可以阻止围岩的变形和破坏的发生，另一方面可以承托破碎了的岩石，防止垮落。

(3) 尽量防止由于掘巷而破坏围岩稳定性 如利用喷浆法加固围岩并防止风化，利用锚杆加固围岩，或采取其他加固围岩的措施。

支护方法要根据当地的具体条件合理选择，充分考虑地质条件、矿山压力、支护材料来源和技术水平等因素，确定采用技术上可行、经济上合理的支护方法。目前广泛采用的光爆锚喷是一项符合多快好省的井巷施工新技术。

1.5 巷道地压与井下安全出口

加强巷道的支护与维护是十分必需的，但矿山生产中巷道的地压情况有时是复杂的，任何巷道的“意外垮塌”对井下人员都是安全上的威胁。为了体现“安全第一”、“以人为本”理念，我国《矿山安全法》规定，矿山每个坑口、每个中段、每个采场至少应有两个以上的安全出口，这是矿山技术人员以及生产管理者务必把握的。

第2章

平巷断面的形状和尺寸

顾名思义，平巷是水平巷道。平巷是矿山基建、生产中最常见的井巷工程，它包括平硐（也叫平窿或隧道）、沿脉巷道、穿脉巷道、中段运输巷道、拉底巷道、凿岩巷道、电耙道、回风道等。平硐是指出口通地表的平巷。主平硐是主要用于运输矿石的平硐，服务年限较长。其实，很多情况下平巷不是绝对水平的，为了使矿车运输能够重车下行、空车上行，从而提高运输效率，同时也为了使平巷能起到自流排水的作用，在平巷的设计与施工中通常保持 $0.3\% \sim 0.5\%$ 的微小坡度。

2.1 平巷断面的形状

巷道断面的形状有多种，主要有以下几种。

(1) 自然拱形（图 2-1） 在地压小、含水不大、坚硬与不易风化的岩层中开掘巷道时，采用合适的拱形断面，可使得巷道处于自然平衡拱的稳定状态，而不用任何支护。这种断面形状的巷道，因为没有支护，所以只能在特殊的条件下采用。

(2) 矩形（图 2-2） 适用在断面不大，没有侧压或侧压很小的巷道，如侧压大，两帮支架将发生移动或破坏。

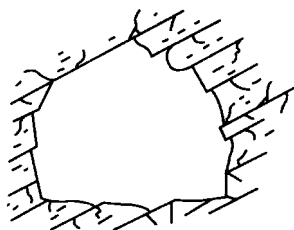


图 2-1 自然拱形巷道

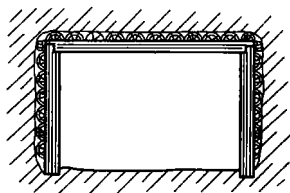


图 2-2 矩形巷道

(3) 梯形（图 2-3） 这种断面形状的巷道比矩形稳定，它的两帮不是垂直的，而略有一倾角，棚腿可以承受一定的侧压。

(4) 多角形（图 2-4） 多用于宽度较大，顶压也较大的巷道。支架可用几节

短的构件拼接成，顶部近似拱形，以减少顶压，但架设时比较复杂，现已很少采用。

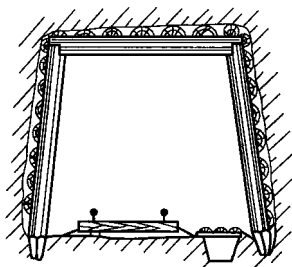


图 2-3 梯形巷道

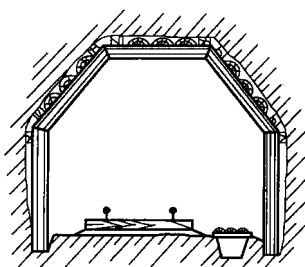


图 2-4 多角形巷道

上述矩形、梯形和多角形的巷道，一般都是采用木棚子、金属棚子、装配式钢筋混凝土棚子等。

(5) 拱形（图 2-5）当巷道的顶压较大，服务年限较长并采用金属或石材支架时，可以掘成直墙拱形巷道。这类巷道多作为井下的主要运输或通风巷道用。拱形的形状常为半圆形、圆弧形、三心圆弧形。三心圆弧形拱正中间一段为较大半径的圆弧，其左右两边对称分布有与之相内切且与巷道壁相切的两小圆弧，圆心总数为三个。三心拱与圆弧拱、半圆拱相比，其优点是既降低了拱高，又避免了应力尖点的存在。

(6) 圆形（图 2-6）当巷道的顶压、侧压和地压都很大时，为了使支架能承受四周的地压，往往开掘成圆形。

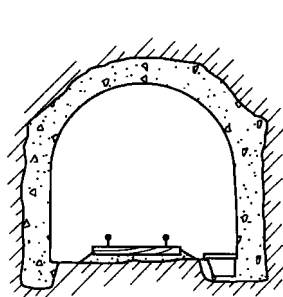


图 2-5 拱形巷道

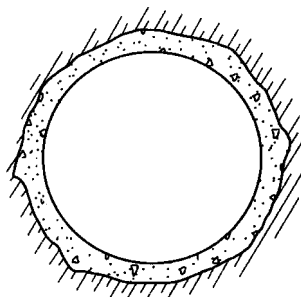


图 2-6 圆形巷道

(7) 不规则形状（图 2-7）在薄煤层中沿煤层掘进平巷时，为了不破坏顶板的稳定性，巷道断面就要适应煤层埋藏的情况而变化。

合理选择巷道断面形状，主要取决于下列因素：

- ① 巷道所穿过岩层的性质，也就是地压的大小和方向；
- ② 巷道的服务年限和用途；
- ③ 所用的支架材料和结构形式；
- ④ 岩层的埋藏情况。

上述断面形状中，梯形为煤矿井下常用的巷道断面形状，而拱形为金属矿山井

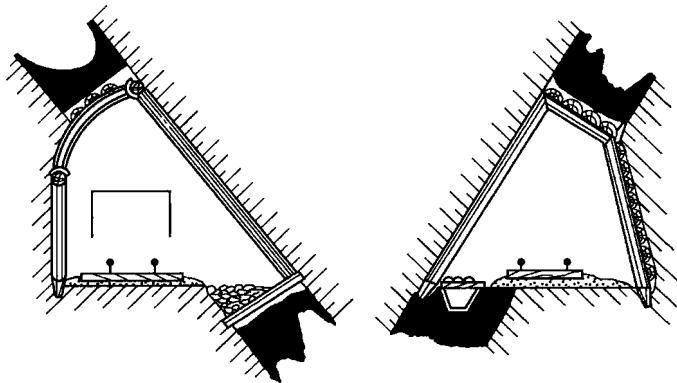


图 2-7 不规则形状的巷道

下常用的巷道断面形状。

2.2 巷道断面尺寸的确定

确定了巷道断面形状以后，可进一步确定巷道的断面尺寸。对于运输巷道应当既满足运输设备在巷道内畅通无阻，也要满足通风的要求，同时要求能合理地布置管路和电缆。对于其他的巷道（行人、通风等）主要应满足通风的要求。因此，巷道断面尺寸应当根据巷道的用途轨道的数目（单双轨）、运输设备的类型（架线式电机车或蓄电池机车）及支架规格等因素来决定。最后再根据巷道内通过的风量加以校验，应不超过保安规程上规定的允许风速。在保证安全生产的条件下，降低成本。

2.2.1 梯形巷道断面尺寸

首先要知道巷道内运输设备的最外轮廓尺寸（见表 2-1、表 2-2）及轨道数目。根据已选定的某一类型的矿车和电机车，从表 2-1 中查得其中最突出部分的宽度，作为设计依据。

表 2-1 我国煤矿部分矿用车辆尺寸

车 辆 类 型	轨 距 /mm	外形尺寸			轴 距 /m
		宽 度 /mm	高 度 /mm	长 度 /mm	
7t 或 8t 架线电机车(或 8t 蓄电池机车)	600	1060	1550	4500	1100
10t 架线或 8t 蓄电池机车	900	1360	1550	4500	1100
0.5t 矿车	600	750	1100	1500	
1.0t 矿车	600	880	1150	2000	550

续表

车 辆 类 型	轨 距 /mm	外形尺寸			轴 距 /m
		宽 度 /mm	高 度 /mm	长 度 /mm	
3.0t 矿车	900	1320	1300	3450	1100
斜井人车	600	1040	1450	4500	
斜井人车	900	1340	1450	4500	

表 2-2 我国金属矿山部分车辆尺寸

车 辆 类 型	轨 距 /mm	外形尺寸			线路中 心距 /m
		宽 度 /mm	高 度 /mm	长 度 /mm	
架线电机车 ZK1.5-6/100	600	920	1550	2100	1200
架线电机车 Zk3-6/250	600	1250	1550	2700	1500
架线电机车 ZK7-6/250	600	1060	1550	4500	1300
架线电机车 ZK1.5-7/250	762	1040	1550	2100	1300
翻转式矿车 YFC0.5(6)	600	850	1050	1500	1200
翻转式矿车 YFC0.7(6)	600	980	1200	1650	1300
固定式矿车 YGC0.7(6)	600	850	1050	1500	1100
侧卸式矿车 YCC0.7(6)	600	980	1050	1650	1300
底卸式矿车 YDC4(7)	762	1600	1650	3900	1900

(1) 高度的确定：首先，根据相关《安全规程》确定由轨面到顶梁的高度 h_1 。当用蓄电池机车时， h_1 不应小于 1.9m；用架线式机车时，工人也用人车运送或人行道用隔板与运输部分隔开时，轨面到架空线的高度，不得小于 1.8m。如无隔板、工人不用人车运送时，轨面到架空线的高度不应小于 2.0m。架空线的吊钩到支架顶梁的距离不小于 200mm，故用架线式机车时， h_1 不得小于 2.0m 或 2.2m。

① 由道砟面至顶梁的高度 h_2 （净高）为

$$h_2=h_1+h_a$$

式中 h_a ——由道砟面至轨面的高度，根据所用钢轨大小选取。使用钢轨为 24kg/m 时， $h_a=160\text{mm}$ ， $h_b=190\text{mm}$ 。使用钢轨为 18kg/m 时， $h_a=140\text{mm}$ ， $h_b=180\text{mm}$ 。

② 由底板至顶板的高度 h_3 （掘高）为

$$h_3=h_b+h_2+d+50+\Delta H$$

式中 h_b ——由底板至道砟面的高度，mm，根据所用钢轨大小选取，其值参看 h_a 的取法；

d ——顶梁的直径或高度，mm；

50——背板的厚度，mm；

ΔH ——巷道顶板下沉量，mm，一般为 100~350mm。

(2) 宽度的确定：根据《安全规程》，确定如下一些宽度上的间隙尺寸：

① 运输设备与运输设备之间的安全间隙，不应小于 200mm。

② 运输设备最外轮廓与支架一侧的安全间隙，不应小于 250mm。

③ 运输设备的另一侧，必须留有人行道；当用机械运输时，人行道的宽度应不小于 700mm，其他运输时另有规定。

④ 在巷道拐弯的地方，将上述安全间隙加大，内侧安全间隙加大 100mm，外侧及运输设备间安全间隙加大 300mm。

知道了巷道内运输设备的规格尺寸，轨道数目和安全间隙后，即可求得在运输设备高度 h 水平上的巷道净宽度 B 。

对于单轨巷道

$$B = m + A + n$$

对于双轨巷道（图 2-8）

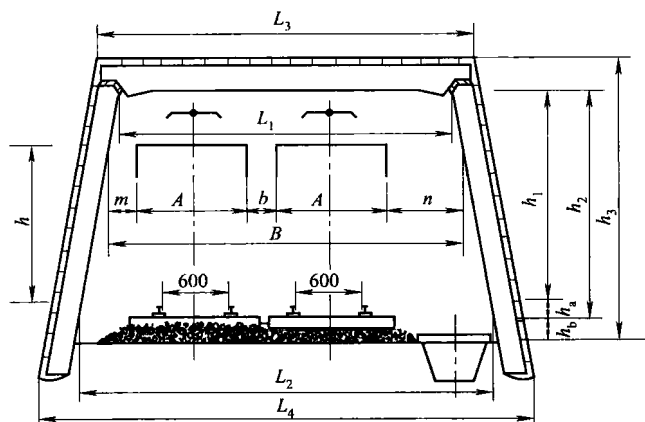


图 2-8 双轨巷道断面尺寸的确定

$$B = m + 2A + b + n$$

式中 m ——非人行道一侧安全间隙，mm；

A ——运输设备最大宽度，mm；

b ——运输设备之间间距，mm，不小于安全间隙 200mm 或者在满足安全间隙的条件下按标准的双轨线路中心距选取；

n ——人行道宽度，mm。

通常梯形巷道两帮的斜度为 80° ，这样就可以根据这一角度和已知的净宽 B 求得其他各处的宽度：

巷道上部的净宽度

$$L_1 = B - 2(h_1 - h)0.1763$$

巷道下部的净宽度

$$L_2 = B + 2(h + h_a)0.1763$$

巷道上部的掘进宽度

$$L_3 = L_1 + 2d + 100$$

巷道下部的掘进宽度

$$L_4 = L_1 + 2(h_b \times 0.1763 + d) + 100$$

式中符号意义同前。

(3) 确定巷道的断面积 根据上述已得的高度和宽度, 当巷道为梯形时, 巷道的净断面积为:

$$S_{\text{净}} = \frac{1}{2} (L_1 + L_2) h_2$$

式中符号意义同前。

(4) 风速的校验 为了使工人有良好的工作条件, 保证安全, 各种巷道中最高风速不得大于表 2-3 所列数值。

表 2-3 井巷中最高允许风速

井 巷 名 称	最高风速 /(m/s)	附 注
无提升设备的风井、风硐	15	①设梯子间的井筒风速不得超过 8m/s
专为升降物料用的井筒	12	
风桥	10	②修理井筒时, 风速不得超过 8m/s
升降人员与物料的井筒	8	
主要进、回风道	8	
运输机巷道、采区进、回风道	6	
采掘工作面	4	

$$\text{巷道的风速}(V) = \frac{\text{通过该巷道的风量}(Q)}{\text{净断面积}(S)} \quad (\text{m/s})$$

如求得的风速大于表 2-3 的规定, 就须加大巷道的净断面。

管路可以设于自道砟面算起 1.8m 以上的位置。如果巷道高度不够时, 也可以考虑将管路设于人行道一侧的下角底板上, 但应以木架托起。

(5) 确定巷道的掘进断面积 巷道的掘进断面积为净断面积、支架断面积和道砟面积之和。但由于掘进时, 岩帮不可能很光滑, 所以实际计算断面积应比掘进断面积大一些, 一般按巷道周边向外超挖 50mm 计算。

2.2.2 拱形巷道断面尺寸

拱形巷道断面尺寸的确定方法与梯形巷道基本相同。下面只介绍其不同之处。

(1) 宽度 确定的方法与梯形巷道宽度的确定法相同, 只是非人行道一侧运输设备与墙的安全间隙为 200mm。如有电缆时, 其间隙应取为 270mm (图 2-9)。

(2) 高度 分为墙高和拱高两部分, 墙高是指自轨面至拱基的高度, 根据运输设备的类型决定, 最小值可由表 2-4 中选取, 也可结合巷道具体使用要求, 通过计算求得。拱高 (h_0) 与岩石性质有关, 当岩石较软 ($f \leq 3$) 时, 通常采用半圆拱。则

$$h_0 = B/2$$

岩石较硬 ($f > 3$) 时, 常采用圆弧拱或三心圆拱, 拱高与巷道净宽之比为矢