

井巷掘进计算实例

北京矿业学院井巷工程教研组編譯

煤炭工业出版社

井巷掘進計算实例

北京礦業學院井巷工程教研組編譯

煤炭工業出版社

663

井巷掘进計算

北京礦業學院井巷工程教研室編

*

煤炭工業出版社出版 (地址: 北京東三安街煤炭工業出版社)

北京市書刊出版業營業許可証出字第001號

北京市印刷一厂排印 新華書店發行



*

開本85×109.2公分 $1/32$ *印張 $12\frac{5}{8}$ *插頁2*字數287,000

1958年4月北京第1版

1959年11月北京第2次印刷

統一書號: 15035·408 印數: 2,501—4,500冊 定價: 1.95元

序 言

为了积极发展煤炭工业，必须合理地组织井巷掘进工作，力求加快建井速度和缩短建井期限，这在很大程度上取决于设计工作的正确程度。

在设计井巷掘进工作时，常常遇到许多有关计算的问题。井巷掘进计算的特点是灵活性大；选择原始数据的正确与否，直接影响计算结果的正确性。所以，在懂得了理论之后，还必须掌握正确的计算方法。

编写本书的目的是对井巷掘进计算作一个比较系统的介绍，作为采矿及建井工程技术人员和矿业学院师生的参考资料。内容包括井巷普通开掘法的各个主要作业、辅助作业、工作组织以及经济方面的计算。但由于篇幅有限，还有一些不甚重要的计算和井巷特殊开掘法方面的计算未编入本书之内。

在编写本书时，主要参考了苏联可脱辽洛夫(С.И. Котляров)等编的“采矿工作矿山巷道的掘进和支护习题彙编”(Задачник по горным работам проведению и креплению горных выработок)和古谢也夫(А.Г. Гузев)等编的“矿山巷道掘进习题彙编”(Сборник примеров и задач по проведению горных выработок)。由于考虑到实际工作和教学工作两方面的需要，本书根据苏联最近两年来的新成就和我国具体情况作了一些补充。

另外，我们将计算上所用到的主要资料列在书末附录中，作为选用设备和数据之用。

本书由北京矿业学院井巷工程教研组高玉贤等同志编译，由程义法、莫国震、范广勤等同志审校。

由于我们水平不高和初次编写，错误和缺点在所难免。请读者指正。

目 录

序言	5
第一章 井巷断面形状及大小	5
概說	5
第 1-1 节 确定巷道断面尺寸	28
第 1-2 节 确定矿石巷尺寸	31
第 1-3 节 确定井筒断面尺寸	37
第二章 地压和支架的计算	37
概說	37
第 2-1 节 普通深度水平巷道地压的计算	52
第 2-2 节 浅部的水平巷道地压的计算	56
第 2-3 节 垂直巷道地压的计算	63
第 2-4 节 傾斜巷道地压的计算	65
第 2-5 节 木材支架的计算	81
第 2-6 节 石材和混凝土支架的计算	101
第 2-7 节 装配式钢筋混凝土支架的计算	128
第 2-8 节 混凝土和砂浆組成的计算	135
第 2-9 节 編制巷道支架說明書	152
第三章 鑽眼爆破工作的计算	152
第 3-1 节 鑽眼工具和爆破器材的选择	157
第 3-2 节 装药量的计算	165
第 3-3 节 炮眼数目的计算	170
第 3-4 节 炮眼深度的计算	178
第 3-5 节 炮眼排列的选择和计算	192
第 3-6 节 爆破电路的计算	199
第 3-7 节 鑽眼爆破說明書的編制	211
第四章 掘进机械生产率计算	211
第 4-1 节 装岩机生产率计算	211

第 4 2 节 掘进联合机生产率計算	221
第五章 豎井井筒掘进輔助作業	225
概說	225
第 5 1 节 供給壓縮空气	225
第 5 2 节 通風	235
第 5 3 节 提升	241
第 5 4 节 排水	249
第六章 井巷掘进工作組織	260
概說	260
第 6 1 节 巷道掘进的工作組織	260
第 6 2 节 豎井掘进工作組織	272
第七章 掘进組織綜合示例	278
第 7 1 节 掘进水平岩石巷道	278
第 7 2 节 掘进豎井井筒	305
第八章 井巷掘进成本計算	342
概說	342
第 8 1 节 石门掘进成本	344
第 8 2 节 井筒掘进成本	352
主要参考文献	361
附录表 1 国内煤矿普通罐籠技术特征	363
附录表 2 国内煤矿箕斗技术特征	363
附录表 3 煤矿矿車主要技术特征	363
附录表 4 井下运输鋼軌技术特征	363
附录表 5 矿用电机車主要技术特征	364
附录表 6 罐道用的鋼軌技术特征	364
附录表 7a 軌距600公厘單軌双軌巷道	365
附录表 7b 軌距900公厘單軌双軌巷道	367
附录表 8a 排水溝構造	368
1. 鑲木板的排水溝	368
2. 不鑲木板的排水溝	369
3. 混凝土支护的排水溝	370
附录表 9 工字鋼梁的主要技术特征	371
附录表 10 槽鋼主要技术特征	372
附录表 11 岩石的特征	378

附录表 12	計算地压时所用的 θ 角的各种函数值	374
附录表 13	手持式風鑽技术特征	379
附录表 14	鑽架式風鑽技术特征	380
附录表 15	电鑽技术特征	381
附录表 16	旋轉式風鑽技术特征	381
附录表 17	鑽架式电鑽技术特征	382
附录表 18	МБМ 5V 型操縱器技术特征	383
附录表 19	压气鑽架技术特征	383
附录表 20	ПБМ 型鑽架裝量	383
附录表 21	鑽車技术特征	384
附录表 22	螺桿鑽架技术特征	384
附录表 23	風鎬的技术特征	384
附录表 24	国产炸药性能	385
附录表 25	放炮器的技术特征	385
附录表 26	(苏联)掘进井巷的裝药量的临时定額	385
附录表 27	炮眼排列方案表及其应用条件	387
附录表 28	裝岩机的技术特征	391
附录表 29	掘进联合机的技术特征	392
附录表 30	压风机技术特征	392
附录表 31	軸流式局部扇风机技术特征	393
附录表 32	离心式局部扇风机技术特征	394
附录表 33	其他局部扇风机技术特征	394
附录表 34	不旋轉圓股鑿井提升鋼絲繩技术特征	395
附录表 35	建井期間常用的提升設備技术特征(国产)	398
附录表 36	提升机用 AM 6 型繞綫式感应电动机技术特征	398
附录表 37	掘进水泵技术特征	399
附录表 38	井下用的鏈板运输机技术特征	400
附录表 39	井下用的皮帶运输机技术特征	401
附录表 40	主要机械設备折旧年限参考表	402

第一章 井巷断面形状及大小

概 說

井巷断面形状及大小决定于井筒和巷道所穿过的岩层性质、用途和服务年限。

在服务年限不大的准备巷道中，一般均采用梯形或方形的木材支架。

在服务年限較長和压力較大的巷道中，采用金屬、混凝土、钢筋混凝土和石材作为支架材料。断面形状有方形、梯形、拱形(三心拱，半圓拱和缺圓拱)和各种弧形。

豎井井筒多采用石材(料石，混凝土磚)和混凝土作支架材料，所以井筒断面形状多为圓形。服务年限小于十五年而开在坚硬岩层中时，井筒可采用木材支架的方形断面形状。

断面的大小决定于井筒和巷道的用途，提升容器和运输机械的型式、大小和佈置方式，通过的風量和安全空隙。

断面的安全空隙必須符合于保安規程的規定。就上述因素我国矿山主要井筒和巷道断面已編制了标准圖册，并相应的考虑了支架材料。

第 1-1 节 确定巷道断面尺寸

巷道断面的大小按通过的运输机械的規格、用途和安全空隙求得巷道最小净断面尺寸。

运输机械根据煤矿矿井設計技术方向^①，日产量为1000—

^① 煤炭工業部制訂：“第一个五年計劃期 間煤矿矿井設計技术方向”，第115条，第129条，煤炭工業出版社1956年版。

2000 吨的矿井，采用10吨或7吨架綫式电机車，8吨或6.5吨蓄電池电机車。日产量为2000吨以上的矿井，采用14吨或10吨架綫式电机車，12吨或8吨蓄電池电机車。日产1000吨以下的矿井，采用1吨矿車；日产1000—2000吨的矿井，采用2吨或3吨矿車；日产3000吨以上的矿井，采用3吨或5吨矿車。

上述运输机械规格按产品目录列入附录表3和表5。

機車运输时，从軌头算起的機車高度为1500公厘及1450公厘(蓄電池機車)处的宽度，当架綫式機車軌距为600公厘时为1030公厘；蓄電池機車軌距为900公厘时为1300公厘和1330公厘；架綫式機車軌距为900公厘时为1330公厘。

运输机械与支架間空隙，当为直綫段巷道时，支架为混凝土或石材者不应小于200公厘，其他材料支架不应小于250公厘。

機車运输巷道的一側必須留有不小于700公厘的人行道。人行道的数目决定于井下人員行走的方法和巷道所在的地点。在摘掛鈎的采区車場处，当單軌巷道时留有一側人行道，双軌巷道和單軌罐籠井重車綫留有不小于700公厘的兩側人行道。乘人車处，列車至支架間最小距离为1000公厘。

曲綫段巷道时，其空隙在內側增加100公厘，外側增加300公厘。兩列車之間增加300公厘。

巷道支架的淨高和电綫高度根据保安規程的規定^①。

运输巷道支架淨高(軌头起)不应小于1900公厘；架綫式機車运输时軌头至电綫高度不应小于：当車輛运送人員或有隔間人行道时为1800公厘和人員通行时为2000公厘；中間巷道的支架高度不应小于1800公厘。

① 煤炭工業部制訂：“煤矿和油母頁岩矿保安規程”第37条，第514条，燃料工業出版社1955年版。

电机車运输的主要巷道采用 24 公斤/公尺鋼軌，当矿井日产 700 吨以下，而采用 1 吨矿車时允許采用 15 公斤/公尺鋼軌。有箕斗或矿車运输的斜井应采用不小于 24 公斤/公尺的鋼軌。鋼軌規格見附录表 4。

枕木多采用松木、杉木等木料。枕木厚度多为 110—130 公厘，长度为 1200—1600 公厘。鋼軌高度为 80—107 公厘，垫板厚 10 公厘，枕木下边道碴厚度为 80—100 公厘，全高常为 300—350 公厘（見附录表 7）。枕木和鋼軌的型式决定于运输机械的类型。

最后还須按巷道通过的風量加以校正，在主要运输巷道中，風速不应超过每秒 8 公尺，其他巷道每秒不超过 6 公尺。主要巷道中最有利的風速应小于 4—5 公尺/秒。

巷道毛断面尺寸包括有支架、背板和充填的厚度，但这个尺寸为最小的淨尺寸。在决定巷道尺寸时，巷道的可能下沉高度应考虑在內，当为木支架时一般增高 100 公厘；为金屬縮性支架时应增加 350 公厘。

确定了毛断面，再加上掘进中岩壁不平整程度（不大于 3—5% 毛断面），就可求得巷道的掘进断面。

1. 梯形断面形状

梯形为一般常用的断面形状，其支架多采用木材、装配式鋼筋混凝土和金属材料。棚梁一般安放为水平位置，有时安放为傾斜位置。斜柱与水平綫常成为 80° 傾角。背板用 50 公厘厚的半圓木，斜柱和棚梁截成标准尺寸。

例题和習題

1-1 确定直綫段双軌运输大巷梯形断面尺寸，当采用 8—

APB-600 型蓄电池機車（規格見附录表 5）和牵引 1 吨的矿車
时，平巷支架用直径为 20 公分圆形松木所組成（圖 1-1）。

解：下沉后支架棚梁至軌头的高度 $h_1 = 1900$ 公厘。

軌头至道碴面的高度 $h_a = 160$ 公厘。

道碴厚度 $h_5 = 190$ 公厘。

底板到軌头面的高度

$$h_b = h_a + h_5 = 160 + 190 = 350 \text{ 公厘。}$$

下沉后道碴面至棚梁的高度

$$h_2 = h_1 + h_a = 1900 + 160 = 2060 \text{ 公厘。}$$

下沉后底板到棚梁的高度

$$h_3 = h_2 + h_5 = 2060 + 190 = 2250 \text{ 公厘。}$$

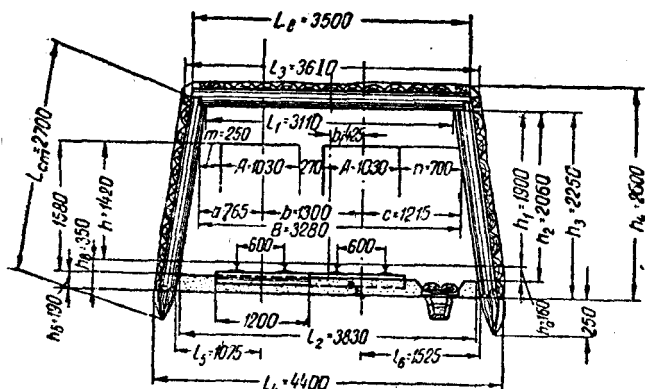


圖 1-1 梯形巷道断面尺寸

下沉前底板到頂板的巷道掘进高度

$$h_4 = h_3 + d + 50 + 100 = 2250 + 200 + 50 + 100 = 2600 \text{ 公厘。}$$

軌头算起的機車高度 $h = 1420$ 公厘。

機車寬度 $A = 1030$ 公厘。

軌道中心距離 $b = 1300$ 公厘。

機車與立柱間空隙（機車車箱水平上） $m = 250$ 公厘。

人行道寬度 $n = 700$ 公厘。

在高度 h 水平上軌道中心到支架間距離

$$a = \frac{A}{2} + m = \frac{1030}{2} + 250 = 765 \text{ 公厘,}$$

$$c = \frac{A}{2} + n = \frac{1030}{2} + 700 = 1215 \text{ 公厘,}$$

在高度 h 水平處巷道高度

$$B = a + b + c = 765 + 1300 + 1215 = 3280 \text{ 公厘。}$$

斜柱傾角 $\alpha = 80$ 度。

巷道支架棚梁的淨寬度

$$l_1 = B - 2(h_1 - h) \cot \alpha$$

$$= 3280 - 2(1900 - 1420) \times 0.176 = 3110 \text{ 公厘。}$$

道硿面水平的巷道底板寬度

$$l_2 = B + 2(h + h_a) \cot \alpha$$

$$= 3280 + 2(1420 + 160) \times 0.176 = 3830 \text{ 公厘。}$$

軌道中心到巷道中心的距離

$$h_1 = \frac{B}{2} - c = \frac{3280}{2} - 1215 = 425 \text{ 公厘。}$$

沿巷道底板軌道中心到柱腳的距離

$$l_3 = a + (h + h_a) \cot \alpha$$

$$= 765 + (1420 + 350) \times 0.176 = 1076 \text{ 公厘。}$$

$$l_4 = c + (h + h_a) \cot \alpha$$

$$= 1215 + (1420 + 350) \times 0.176 = 1526 \text{ 公厘。}$$

棚梁長度

$$L_B = l_1 + 2d \pm \Delta = 3110 + 2 \times 200 - 10 = 3500 \text{ 公厘,}$$

巷道頂板掘進寬度

$$l_3 = l_1 + 2d + 100 = 3110 + 2 \times 200 + 100 = 3610 \text{ 公厘。}$$

巷道底板的掘进宽度

$$l_4 = l_5 + l_6 + b + 2d + 100 \\ = 1075 + 1525 + 1300 + 2 \times 200 + 100 = 4400 \text{ 公厘。}$$

斜柱长度

$$L_{\text{CT}} = \frac{h_2}{\sin \alpha} + 330 \pm \Delta = \frac{2250}{0.984} + 330 + 80 = 2700 \text{ 公厘。}$$

巷道净断面积

$$S_{\text{CB}} = \frac{l_1 + l_2}{2} \cdot h_2 = \frac{3.11 + 3.83}{2} \times 2.06 \\ = 7.15 \text{ 平方公尺。}$$

巷道掘进断面积(不包括岩壁不平整的多余面积)

$$S_{\text{np}} = \frac{l_3 + l_4}{2} \cdot h_4 = \frac{3.61 + 4.4}{2} \times 2.6 \\ = 10.5 \text{ 平方公尺。}$$

巷道的净周长

$$P = l_1 + l_2 + \frac{2h_2}{\sin \alpha} = 3.11 + 3.83 + \frac{2 \times 2.06}{0.984} \\ = 11.1 \text{ 公尺。}$$

当以最大允许风速($v=8$ 公尺/秒)来计算时巷道通过的风量

$$Q_s = S_{\text{CB}} \cdot v = 7.15 \times 8 = 57.2 \text{ 立方公尺/秒。}$$

1-2 确定直线段双轨运输大巷梯形断面尺寸, 当采用10-KP-900型架线式电机车和3吨矿车。梯形木材支架直径为22公分(圖1-2)。

解: 下沉后轨头至棚梁的高度 $h_1 = 2200$ 公厘。

下沉后轨头至电車綫的高度 $h_2 = 2000$ 公厘。

轨头至道砟面的高度 $h_a = 160$ 公厘。

道硯厚度 $h_5 = 190$ 公厘。

底板至軌頭面高度 $h_n = h_a + h_6 = 160 + 190 = 350$ 公厘。

下沉后道硯面至棚梁的高度 $h_s = h_1 + h_a = 2200 + 160 = 2360$ 公厘。

下沉后底板至棚梁的高度 $h_4 = h_s + h_6 = 2360 + 190 = 2550$ 公厘。

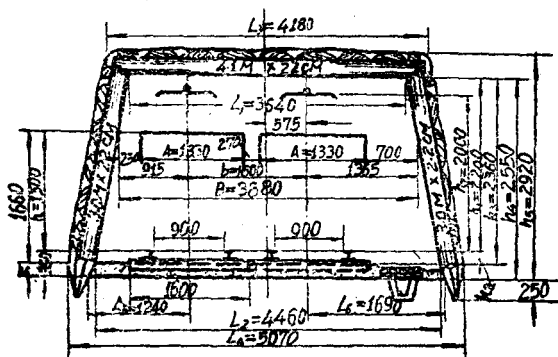


圖 1-2 梯形断面尺寸

下沉前底板至頂板的巷道掘进高度

$$h_s = h_4 + d + 50 + 100 = 2550 + 220 + 50 + 100 = 2920 \text{ 公厘。}$$

軌頭算起的機車高度 $h = 1500$ 公厘。

機車寬度 $A = 1330$ 公厘。

軌道中心距離 $b = 1600$ 公厘。

機車與柱間空隙 $m = 250$ 公厘。

人行道寬度 $n = 700$ 公厘。

在高度 h 水平上軌道中心到支架間距離

$$a = \frac{A}{2} + m = \frac{1330}{2} + 250 = 915 \text{ 公厘。}$$

$$c = \frac{A}{2} + n = \frac{1330}{2} + 700 = 1365 \text{ 公厘。}$$

在高度 h 水平上巷道寬度

$$B = a + b + c = 1600 + 915 + 1365 = 3880 \text{ 公厘。}$$

斜柱傾角採用 $\alpha = 80^\circ$ 。

巷道支架棚梁淨寬度

$$l_1 = B - 2(h_1 - h) \cot \alpha = 3880 - 2(2200 - 1500) \times 0.176 \\ \cong 3640 \text{ 公厘。}$$

道碴面水平的巷道寬度

$$l_2 = B + 2(h + h_a) \cot \alpha = 3880 + 2(1500 + 160) \\ \times 0.176 \cong 4460 \text{ 公厘。}$$

軌道中心至巷道中心的距離

$$b_1 = \frac{B}{2} - c = \frac{3880}{2} - 1365 = 575 \text{ 公厘。}$$

沿巷道底板軌道中心至柱腳的距離

$$l_3 = a + (h + h_a) \cot \alpha = 915 + (1500 + 350) \times 0.176 \\ \cong 1240 \text{ 公厘。}$$

$$l_4 = c + (h + h_a) \cot \alpha = 1365 + (1500 + 350) \times 0.176 \\ = 1690 \text{ 公厘。}$$

棚梁長度

$$L_3 = l_1 + 2d \pm \Delta = 3640 + 2 \times 220 + 20 = 4100 \text{ 公厘。}$$

巷道頂板掘進寬度

$$l_5 = l_1 + 2d + 100 = 3640 + 2 \times 220 + 100 = 4180 \text{ 公厘。}$$

巷道底板掘進寬度

$$l_4 = l_5 + l_6 + b + 2d + 100 \\ = 1240 + 1690 + 1600 + 2 \times 220 + 100 \\ = 5070 \text{ 公厘。}$$

斜柱長度

$$L_{CT} = \frac{h}{\sin \alpha} + 330 \pm \Delta = \frac{2550}{0.984} + 330 + 79 = 3000 \text{ 公厘。}$$

巷道淨斷面積

$$S_{CB} = \frac{l_1 + l_2}{2} h_3 = \frac{3.64 + 4.46}{2} \times 2.36 \approx 9.6 \text{ 平方公尺。}$$

巷道毛斷面積

$$S_{BY} = \frac{l_3 + l_4}{2} h_5 = \frac{4.18 + 5.07}{2} \times 2.92 \approx 13.5 \text{ 平方公尺。}$$

巷道掘進斷面積

$$S_{ND} = S_{BY} \cdot 1.03 = 13.5 \times 1.03 \approx 14 \text{ 平方公尺。}$$

巷道淨周長

$$P = l_1 + l_2 + \frac{2h_3}{\sin \alpha} = 3.64 + 4.46 + \frac{2 \times 2.36}{0.984} = 12.9 \text{ 公尺。}$$

當以允許的最大風速 $v = 8$ 公尺/秒時，巷道通過的風量

$$Q_3 = S_{CB} \cdot v = 9.6 \times 8 = 76.8 \text{ 立方公尺/秒。}$$

1-3 確定直綫段單軌中間運輸巷道斷面尺寸。煤層傾角 $\beta = 10^\circ$ ，運輸用 2 噸礦車。木材支架直徑為 18 公分（圖 1-3）。

解：軌道中心綫下沉後軌頭至支架梁的高度 $h_1 = 1800$ 公厘。

軌頭至道碴面的高度 $h_a = 140$ 公厘。

道碴厚度 $h_6 = 180$ 公厘。

底板至軌頭的高度 $h_b = h_a + h_6 = 140 + 180 = 320$ 公厘。

軌頭算起的礦車高度 $h = 1150$ 公厘。

礦車寬度 $A = 1240$ 公厘。

在高度 h 水平上巷道寬度。

頂板傾斜方向的淨寬度。

$$l_1 = \sin \alpha \left[\frac{a - (h_1 - h) \cot \alpha}{\sin (\alpha + \beta)} + \frac{c - (h_1 - h) \cot \alpha}{\sin (\alpha - \beta)} \right]$$

当 $\alpha = 80^\circ, \beta = 10^\circ$

$$\begin{aligned} l_1 &= 0.98[a + 1.06c - 0.36(h_1 - h)] \\ &= 0.98[870 + 1.06 \times 1320 - 0.36(1800 - 1150)] \\ &\approx 2000 \text{ 公厘。} \end{aligned}$$

道碴面上底板寬度

$$\begin{aligned} l_2 &= B + 2(h + h_a) \operatorname{tg} \alpha \\ &= 2190 + 2(1150 + 140) \times 0.176 \\ &\approx 2640 \text{ 公厘。} \end{aligned}$$

底板水平上軌道中心至柱腳的距离

$$\begin{aligned} l_3 &= a + (h + h_B) \operatorname{tg} \alpha \\ &= 870 + (1150 + 320)0.176 \\ &\approx 1120 \text{ 公厘。} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l_4 &= c + (h + h_B) \operatorname{tg} \alpha \\ &= 1320 + (1150 + 320)0.176 \\ &\approx 1570 \text{ 公厘。} \end{aligned}$$

棚梁的長度

$$l = l_1 + 2d \pm \Delta = 2000 + 2 \times 180 + 80 = 2440 \text{ 公厘。}$$

巷道頂板掘进寬度

$$l_2 = l_1 + 2d + 100 = 2000 + 2 \times 180 + 100 \approx 2460 \text{ 公厘。}$$

下帮斜柱長度

$$L_H = \frac{h_1 + h_B}{\sin \alpha} - N_1 \frac{\sin \beta}{\sin (\alpha - \beta)} + 330 \pm \Delta$$

式中 $N_1 = c - (h_1 - h) \cot \alpha$

$$\begin{aligned} N_1 &= c - (h_1 - h) \cot \alpha = 1320 - (1800 - 1150) \times 0.176 \\ &= 1205.6 \text{ 公厘。} \end{aligned}$$