

試用教 材 初 稿

井巷掘进与支护

上 册

中南矿冶学院等院校 合編

• 内部发行 •

冶金工业出版社

試 用 教 材 初 稿

井 巷 掘 進 與 支 護

上 冊

中南矿冶学院 新疆矿冶学院

西安矿业学院 东北工学院

昆明工学院 北京钢铁学院

井巷教研組 合編

(內部發行)

讀 者 注 意

本書系內部資料，只供有關部門、人員工作參考，所有材料、數據，未經冶金工業部同意，不得在公開書籍、文章上引用，亦不得翻印。

冶 金 工 業 出 版 社

井巷掘进与支护 上册

中南矿冶学院等六院校合編

— * —

冶金工業出版社出版(北京市灯市口甲45号)

北京市書刊出版業營業證出字第093号

冶金工業出版社印刷厂印 本社發行

— * —

1959年8月第一版

1959年8月北京第一次印刷

印数2,020册

开本 850×1168·1/32·220,000字·印张12·

— * —

統一書号: 15062·1886 定价1.30元

前 言

中华人民共和国成立已將近十年了，十年来在党的领导下取得了社会主义革命和社会主义建設的巨大成就，特別是1958年的全面大躍进更取得了各方面的輝煌胜利。高等教育事業自教育革命后也一日千里的向前發展，为貫徹党的教育方針，提高教育質量，各校紛紛修訂了教育計劃和新的教学大綱，因此迫切的需要一本結合我国实际情况并反映世界先进水平，按照新教学大綱編写的教材，为此，几个有关的兄弟院校的教師代表齐集長沙合力編写出本試用教材初稿（上下冊），作为向国庆十週年的献礼。

本書的編写是在中南矿冶学院党委领导下，采取党委，教師，学生，現場四結合的方式进行的，在編写过程中得到中南矿冶学院采矿系党总支和行政的指导与大力协助，并承湖南省冶金局，長沙有色冶金設計院，長沙矿山研究所，科学院矿冶研究所等單位提供了寶貴的意見、以及全国有关矿山提供了許多資料，特此致謝。

由于編写小組成員水平所限，加以人数較少，本書質量距要求尚相差很远，其中一定存在許多缺点和錯誤。希望讀者提出批評意見，以便在定稿时改正。

編者 1959 年 7 月 5 日于長沙

目 录

緒論	1
第一章 矿山巷道	8
第一节 矿山巷道的基本概念与分类	8
第二节 垂直巷道	8
第三节 水平巷道	9
第四节 傾斜巷道	10
第五节 峒室	11

第一篇 岩石力学及井巷维护方法

第二章 岩石的物理力学性質	12
第一节 概述	12
第二节 岩石的分类	13
第三节 岩石的物理性質	14
第四节 岩石的力学性質	18
第五节 松散性岩石	27
第六节 連結性岩石	29
第七节 流动性岩石	31
第三章 巷道圍岩中的应力分佈及其稳定性	33
第一节 地下原岩中的应力状态	33
第二节 巷道圍岩中的应力分佈	36
第三节 巷道暴露面的稳定性	40
第四节 層狀岩層中巷道的稳定性	44
第五节 井筒圍岩中的应力分佈及其稳定性	45
第四章 地压	49
第一节 地压的基本概念	49
第二节 擋土牆的主动压力与波动压力	52

第三节 各种巷道的地压	59
第四节 深部地压	78
第五节 地压的测量	79
第六节 地压研究中所存在的问题及今后发展方向	95
第五章 井巷维护方法	97

第二篇 矿井支架

第六章 支架材料	99
第一节 概述	99
第二节 木材	100
第三节 竹材	114
第四节 胶结材料与砂浆	118
第五节 混凝土	123
第六节 石材	130
第七节 金属	135
第八节 其他辅助材料	136
第七章 支架结构	137
第一节 对矿井支架的要求及分类	137
第二节 水平巷道支架	138
第三节 垂直巷道支架	194
第四节 倾斜巷道支架	222
第五节 巷道联接处的支架	233

第三篇 井巷掘进

第八章 井巷掘进的基本概念	241
第一节 巷道的掘进方法	241
第二节 掘进循环及其要素	243
第三节 劳动组织	244
第九章 水平巷道的掘进	247

第一节	水平巷道横断面形状和尺寸的决定	247
第二节	鑿岩爆破綜合工作	255
第三节	通風	294
第四节	裝岩与工作面調車	301
第五节	支架架設	327
第六节	排水溝、管道和电纜的敷設	352
第七节	掘进工作組織与掘进速度	355
第八节	在單質軟岩中掘进水平巷道	368

緒 論

采礦工業是一切工業的基礎，是發展重工業的最基本的，也是最重要的環節之一。它擔負着供給國家各工業部門以工業燃料和原料；特別是冶金工業所必需的有色、稀有及黑色金屬礦石的重大責任。

社會生產過程的高度機械化和電氣化，就直接要求大力發展黑色金屬，有色金屬及稀有金屬工業，而有色及稀有金屬又是科學最新成就和尖端工業（如噴氣式飛機、導彈、人造衛星）的重要原料，是鞏固國防的不可缺少的戰略物資。

為了獲得這些有用礦物就必須開發各種類型的礦床，這些礦床有的露出地表，而大多數則埋藏於地下。開發地下礦床時，必須從地表開掘到達礦床的通路，並在礦床範圍內進行一系列的采礦準備工作，以便給采礦工作創造正常生產的良好工作條件。在開掘井巷的同時還必須採取確保安全的綜合措施。因此，這一規模巨大、技術複雜的井巷掘進與支护工程實際上就是采礦工程的開路先鋒。

井巷掘進與支护工程就其實質來說，是開發礦山的基本建設工程，同時也是生產礦山進行采礦準備所必需的主要工程之一。只有基本井巷及時而成功的掘進與支护，才能保證礦山建設按計劃地完成；而各種準備巷道及時而成功地開掘，則為回采工作的正常開展，順利地完成產量計劃，充分利用設備和保證采掘工作的安全創造條件。如果掘進工作不能及時地給采礦做好準備，就會產生掘進趕不上回采和生產計劃不能完成的嚴重局面。因此必須把掘進工作看做是礦山生產準備工作的關鍵。

由於各種巷道和硯室的斷面尺寸變化很大，其所穿過岩石

的物理力学性質又各有不同，而巷道对水平的位置也有差異（豎井、斜井、平巷），所以在掘进和支护各种巷道时，不仅要求采用各式各样的掘进設備和各种不同的工作組織方法，更要对岩層中的力学現象有全面的了解，并掌握岩石的物理力学性質、圍岩的稳定性和地压的規律，从而确定最合理的井巷布置方案和維護方法。將井巷工程放在科学而可靠的基础上，以保証工人的安全和掘进工作的順利开展。随着科学技术的日益进步和采矿业大規模地發展，井巷掘进与支护工程具有广闊的發展前途，負有更大更艰巨的使命。

我們偉大的祖国是世界上采掘与利用矿石最早的国家，四千多年以前就有了采矿及冶煉技术，周朝（紀元前 1122 年）金屬矿床开采已有相当發展，2100 多年前的西汉时代有了規模頗大的煤矿，唐宪宗（公元 810 年）时开采銀、銅、鉄、錫的矿坑已有一百多所，元朝（公元 1200 年）就有了深达数百余公尺的鹽井，至明朝（公元 1400 年）采煤工业不仅懂得了勘察及开采的技术，而且有了通風、支护和提升的措施，由此可知当时的井巷掘进与支护工程已有了相当的水平。

解放前，由于我国長期受到帝国主义、封建主义和官僚資本主义的統治，特别是近百年来国内外反动派的压迫、剝削和掠夺，使井巷掘进与支护技术处于停滯状态。統治者为了达到掠夺矿物資源和追求最大利潤的目的，不顧矿工的生命安全，不惜采用最落后的技术和手工的方式进行井巷掘进工作。繁重的鑿岩、裝岩和运输过程几乎完全依靠人力完成，开鑿豎井的速度平均每月仅 5~10 米。对待岩石压力 and 支护工作，多憑經驗和估計来决定，这就造成了旧中国井巷工程非常落后，对岩石压力的研究几乎还是空白点。

解放以后，在中国共产党的英明领导下，国民經济得到了

迅速的恢复与發展。在建設社会主义的第一个五年計劃期間，井巷掘进与支护工程随着采矿业大規模地發展起了惊人的变化。在苏联無私的帮助下实现了主要掘进过程的机械化，將工人从繁重的体力劳动中解放出来。采取了一系列新的技术和安全措施，改善了工作組織，从而基本上改变了掘进赶不上回采的落后面貌，使井巷掘进与支护工程不断地創造新記錄。例如：井筒掘进速度平均达到月进18~22米，相当于解放前的2~3倍；阜新平安竖井月进最高成井达80.56米（平行作業）；龙烟铁矿馬万水小組在硬岩中开掘大断面石門，1956年曾創月进128米全国最高記錄，1957年又躍进到月进170米。与此同时，我国的建設者还掌握了許多建井新技术，如在困难地質条件下采用注漿法和冻结法鑿井；使用了吊挂井壁和水平巷道的装配式鋼筋混凝土支架及鉚桿支架等等。在第一个五年計劃期間，冶金工业的矿山基本建設共完成42,000万米³的井巷工程量，其中包括12,000公尺的竖井；655,000公尺平巷和165,500米硐室工程。随着社会主义建設的日益發展，还培养出了一批技术精湛的井巷掘进与支护的技术力量。科学研究工作也相应地大力开展起来了。

自从党的八大二次會議提出“鼓足干劲，力爭上游，多快好省地建設社会主义”的总路綫以来，我国社会主义建設事業，以排山倒海的声势在全国範圍内开展起学先进、比先进和赶先进的社会主义竞赛高潮。“爭取在15年或更短的时间內，在主要的工业产品产量方面赶上或超过英国”的战斗口号变成了全国人民实现以鋼为綱，全面大躍进的雄偉行动，使第二个五年計劃的第一年，即1958年出现了我国历史上前所未有的国民经济大躍进。工业和手工业总产值达到1170亿元，比1957年增長66%；生鉄、鋼、煤炭、发电設備、动力机械等产品都

比 1957 年增長了一倍以上；鉄矿石产量 达 1 亿吨；64 种有色金屬提煉都已获得成功，而且产量也有空前的增長。

在党中央和毛主席提出的社会主义建設总路綫的光輝照耀下，遵照兩条腿走路的工农業發展方針，采矿工業部門開發和新建了許多大、中、小型矿山，并进一步扩大了現有矿山的生产。由于加强了党的領導，政治挂帅，工人和工程技術人員發揮了冲天的干劲，破除了迷信，解放了思想，运用他們全部的智慧，开展了大規模的技术革新的羣众运动，因而在井巷掘进与支护工程方面，在偉大的 1958 年做出了杰出的貢獻：徐州权台豎井創造了月进成井 160.92 米的全国最高紀錄；鶴壁四矿利用永久設備成功地进行了掘进、砌壁和安裝的三行作業一次成井的新施工方法；豎井表土井壁無壁座施工是世界上的創舉；震动沉井法試驗成功就使特殊鑿井技术向前跨进了一大步；英雄的馬万水小組在破碎的花崗岩中掘进断面为 10.64 平方米的石門，創造月进 429.7 米的紀錄。夾皮溝 101 青年快速掘进队采用多工作面掘进法，在人力裝岩条件下，使平巷月进 966.5 米；为了節約坑木，全国各有关單位正大力研究和推广坑木代用品，新型的玻璃鋼支架已被北京煤炭科学研究院等單位初步試驗成功；不少的科学研究机关和高等院校对岩石力学的研究也取得了一定的成績，利用光測彈性力学法和相似材料模型法研究地压的方法得到了成功的使用。

在 1958 年获得偉大胜利和丰富經驗的基础上，党的八届六中全会又向全党全国人民提出了 1959 年新的更高的躍进指标。計劃鋼产量增加到 1800 万吨，煤炭产量 38000 万吨。由于鋼产量的增加，黑色金屬矿石、熔剂和耐火材料的产量必須相应地增加，有色及稀有金屬工業更要大力發展。采矿工業为了更好地完成这个重大政治經濟任务，必須坚决执行党的社会

主义建設总路綫，坚决貫徹：“在优先發展重工業的基础上，工業和农業同时并举；重工業与輕工業同时并举；中央工業和地方工業同时并举，大型企業和中、小型企業同时并举；土法生产和洋法生产同时并举；并在工業中繼續实行以鋼为綱、全面躍进的方針和集中领导同大搞羣众运动相結合的方針”。井巷掘进与支护工程应当本着多快好省的精神，繼續反对保守，破除迷信，政治挂帅，进一步發揚敢想、敢干的共产主义風格，开展羣众性的技术革命运动，充分地發揮現有設備的潛力，不断地改善鑿岩机、裝岩机、联合掘进机和支架安裝机等机械的構造和性能，爭取最大限度地減輕工人体力劳动，提高劳动生产率，繼續使掘进过程中費力作業机械化，并向远距离自动控制方向發展。在設備供应不足的矿山和基建單位，应当开展小型机械化运动，采用土洋結合的办法，提高掘进效率。井巷掘进与支护工程中还应当采用最先进的掘进方法和工作組織，如采用最优越的綜合工作队的方式，培养工人成为会多种工艺的多面手，实行多工作面、多台鑿岩机鑿岩，多循环和多工序平行作業，縮短掘进循环時間，提高掘进速度。組織工作时必須注意安全，提高劳动工效，大力緊縮材料消耗，提高設備利用率，以减少費用、降低成本。岩石力学与支护这門科学是采矿工業中最复杂和沒有得到完全解决的問題之一，在我国基础更是十分薄弱，我們必須深入地研究岩石力学的各种学說，进行大規模的現場观察和实验工作，以求获得正确的理論，成功地控制岩石的压力；其中特别是深部地压和各种特殊地質条件下井巷工程的掘进和支护問題。

井巷掘进与支护工作者应当繼續虛心向世界各国，特别是向苏联學習先进科学技术。苏联采矿科学的發展和其他科学技术一样，早已走在世界的最前列。苏联是最先成功地解决了井

巷掘进过程全面机械化的国家，特别是鑿井时的裝岩机械化远远地超过了资本主义国家。最先进的技术和装备使得苏联矿山的井巷工程保持了最高的掘进效率，例如：1959年4月頓巴斯矿区馬基耶夫卡矿井創造了月进成井264.6米的豎井掘进世界新纪录；1958年12月加里宁矿务局66号矿井用ПК-2M联合掘进机掘进單孔煤巷創月进1670米世界最高纪录。

苏联工程师和学者把井巷工程的先进經驗和科学成就写成了許多有价值的著作。如C.A. 費德洛夫教授和H.M. 伯克洛夫斯基教授写的井巷工程方面的書籍，都是我們学习和参考的主要文献。苏联对岩石力学及支护的研究开始的最早，1907年M.M. 普罗托吉雅可諾夫教授就發表了岩石自然平衡拱的理論。以后他又創始了岩石坚固性系数的学說，相当近似地决定矿山支架的岩石压力大小，因而也决定了支架的类型和尺寸。由于普氏能够用極簡單和便于运用的数学形式来表示科学規律，使采矿工作者能以工程計算的方法确定重要的数据，所以自然平衡拱和岩石坚固性系数的学說在世界各国获得了广泛的应用，它直到現在仍具有極大的科学价值。近二、三十年来苏联学者繼續对深奥的岩石力学与支护問題进行了卓有成效的研究。例如：A.H. 金尼克院士最先建立岩石力学的彈性理論基础，П.М. 秦巴列維奇教授創始了用光測彈性力学法来观测岩石应力的变化。这些理論的出現，大大地促进了井巷掘进与支护工程向更高的科学化和系統化方向發展。我們必須坚定不移地向苏联学习，向世界更高的水平迈进。

本書是按照高等院校采矿系矿区开采專業的教学要求，根据教育革命后新的教学大綱編写的。本書是以我国在矿井建設方面所积累的最先进的經驗为基础，并反映世界各国，特别是苏联的科学成就。本書全面地分析和綜合井巷工程的原理、原

則與方法，以及它們的發展狀況和存在的問題，使同學們在掌握了這些原理、原則和方法的基礎上，能夠按照國家的方針政策，根據各種不同的地質條件正確地進行井巷掘進與支护工程的設計工作，組織和領導此項工程的合理施工，並能參加這一科學領域內的研究工作。

本書主要內容分兩大部分：

一、岩石力學與井巷支护；

二、井巷掘進。

此外，為了維護已有的井巷，使其處於安全狀態或適應新的生產任務的需要，對井巷的修理、恢復和擴大等內容也做了必要的介紹。為了確保工程質量及使同學們不僅注意工程進度與安全，而且要樹立明確的經濟觀點，來編制掘進成本的預算，本書也簡單地闡述了井巷掘進工作的統計、檢查、驗收和成本核算等內容。

井巷掘進與支护這門課程是金屬礦區開采專業學生最重要的專業課之一。它和其他工程技術一樣，是生產實踐中所积累的經驗，經過分析、提煉、抽象和概括而成的系統的技术理論。所以對本課程必須以理論聯繫實際的方法進行學習。學習之前應具備高等數學、化學、理論力學、材料力學等基礎知識。本課程除了課堂講授以外，還應伴之進行生產勞動、現場教學、試驗室試驗、做習題、集體討論和科學研究活動，以求提高學習質量，牢固地掌握知識。在講授本課程時要運用采礦概論、采礦機械、鑿岩爆破等方面的知識，並與金屬礦床開采、礦山通風及安全、礦山運輸、礦山機械設備以及礦山企業經濟組織與計劃等專業課有密切關係，對以上課程，同學們必須很好地配合起來學習。

第一章 矿山巷道

第一节 矿山巷道的

基本概念与分类

为了勘探、开拓及开采矿床，或为达成其他种种采矿技术目的，在有用矿物矿床或岩石中进行开凿工作时所形成的孔洞叫做矿山巷道。

矿山巷道是由几个岩石面所围成的空间。其两侧的面叫做墙帮或巷道壁，上面的面叫做顶板，下面的面叫做底板。而随着掘进工作向前推进的面叫做工作面。

每条巷道均有中心线，沿着它可以测量巷道的长度或距离。垂直巷道中心线的切面叫做横断面。巷道通到地面的一端叫做巷道出口。

开采有用矿物床时，必然要开掘很多的巷道，这些巷道可根据以下的原则进行分类。

按巷道的用途可分为：勘探巷道、开拓巷道（或称基本巷道）、采准巷道及回采巷道。

按巷道对地面的关系可分为：露天巷道及地下巷道。

属于露天巷道的有：探槽及塹沟等。

属于地下巷道的又可根据巷道中心线与水平面所成的角度区分为：水平巷道、倾斜巷道和垂直巷道。

第二节 垂直巷道

凡是巷道的中心线与水平面成垂直的巷道，都称为垂直巷道，属于这一类巷道的有：小井、探井、竖井、盲井和天井等

(圖 1)。

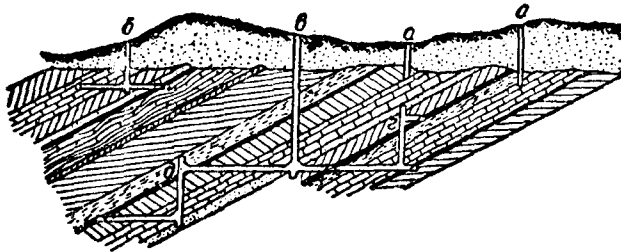


圖 1 各种垂直巷道

小井是用以勘探矿床或作爆破用的断面小且深度不大，并有直通地面出口的垂直巷道（圖 1 a）。

探井一般是断面小，深度淺，具有直通地面出口，用以勘探矿床、通風以及升降人員的垂直巷道（圖 1 b）。探井通常在其兩側开掘水平巷道，进行有用矿物的部分采掘，以便詳細勘探矿床。

豎井是有直接通到地面的出口，用以提升有用矿物、人員、材料和各种設備，以及通風等用途的垂直巷道（圖 1 c）。豎井按其主要的用途又可分为提升井、通風井和充填井等。

盲井的作用与豎井一样，但没有直接通到地面的出口，它只將下部水平的有用矿物、人員等提升到上部水平（圖 1 d）。

天井就是沒有直接通到地面的出口，用以將上部开采水平的有用矿物和材料下放到下部水平的垂直巷道（圖 1 e）。天井有时也称为溜矿井。

第三节 水平巷道

凡是中心綫与水平面平行的巷道，都称为水平巷道。但实际上，这些巷道都不是絕對水平的，为了便于运输和排水，它

們均稍微帶有某種程度的坡度。屬於這類的巷道有：平窿、隧道、石門、平巷和橫巷等（圖 2）。

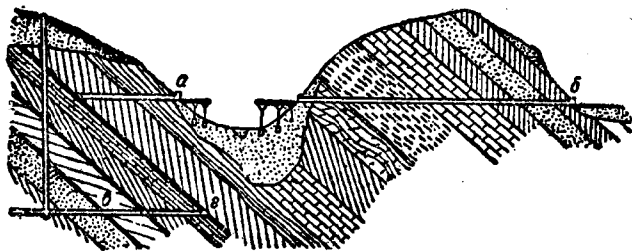


圖 2 各種水平巷道

平窿是具有直接通至地面出口的水平巷道（圖 2 a）。它作為地下探礦及開采時的運輸、通風和排水之用。平窿可以沿礦床走向開掘，也可與走向成一定角度開掘。

隧道是在地面上有兩個直接出口的水平巷道。用以進行運輸和排水等工作（圖 2 b）。

石門是沒有直通地面出口，而與礦床走向相交的開掘在岩層中的水平巷道（圖 2 c）。它作為運輸、通風和排水之用。

平巷是沒有直通地面出口，沿着礦床走向開掘的水平巷道（圖 2 d）。其用途和石門一樣，有時也稱為沿脈巷道。

橫巷的特徵和平巷一樣，但它只開在厚礦體或礦層的內部，並與礦床走向成一定角度，有時也稱為穿脈平巷。

第四節 傾斜巷道

凡是巷道中心綫與水平面成各種傾斜角度的巷道，都稱為傾斜巷道。屬於這類巷道的主要有：斜井，輪子坡，傾斜天井（一般稱為天井）、溜道和下山等（圖 3）。

斜井是直接從地面沿礦體或岩層傾斜方向開掘的巷道（圖