

高等学校教材試用本

勘探坑道掘进学基础

长春地质学院 北京地质学院 成都地质学院 合編

只限学校內部使用



中国工业出版社

高等学校教材試用本



勘探坑道掘进学基础

长春地质学院 北京地质学院 成都地质学院 合編

中国工业出版社

本书主要是介绍掘进勘探坑道的技术、方法、劳动组织与安全技术。本书共分两篇，七章。第一篇主要介绍岩石的物理机械性质及其分级；凿岩与爆破的概念和方法。第二篇主要介绍各种坑道(水平、垂直、倾斜)及槽探等的掘进方法，其中包括通风、照明、排水、装岩运输等。

本书适用于“矿产地质普查与找矿”、“水文地质与工程地质勘察”等专业。亦可供其他有关专业参考。

勘探坑道掘进学基础

长春地质学院 北京地质学院 成都地质学院 合编

地质部地质书刊编辑部编辑(北京西四大街地质部院内)

中国工业出版社出版(北京德胜门内大街10号)

(北京地质出版社地质部地质书刊部110号)

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行，各地新华书店经售

*

开本850×1168^{1/32}·印张9·字数225,000

1962年11月北京第一版·1963年6月北京第二次印刷

印数1,241—2,290·定价(10-5)1.30元

*

统一书号: K15165·1740(地质-167)

前 言

“勘探坑道掘进学基础”一书是遵照地质部在1961年所召开的教育会议的精神由长春、北京、成都地质学院掘进教研组的教师合编。

本书是为“矿产地质普查与找矿”专业、“水文地质与工程地质勘察”专业而编写的教材，亦可做为地质院校有关专业的参考书。

本书所研究的问题是：掘进勘探坑道的技术、方法、劳动组织与安全技术。本书在阐述掘进有关的先进科学技术基本理论的同时，力求反映地质勘探的特点，并将解放后，尤其是1958年社会主义建设大跃进以来，在轻型山地工作方面的技术革新与技术革命成果进行初步的概括归纳，以达到在教材内容上理论联系实际的要求。

由于编写人员水平所限，编写的时间比较仓促，因而在内容上一定有许多不足之处，希读者多加批评指导，以便再版时改正。

1961年7月于北京

目 录

前言

緒論	5
一、勘探坑道掘进工程内容	5
二、勘探坑道的作用	5
三、勘探坑道掘进发展简史及解放后我国的成就	6
四、勘探坑道类型	10
五、坑道掘进方法的分类	13

第一篇 岩石性质与凿岩爆破

第一章 岩石物理机械性质及其分级	17
第一节 岩石的物理机械性质	17
第二节 岩石的分级	21
第二章 凿岩	29
第一节 破碎岩石方法概述	29
第二节 直接采掘	30
第三节 迴轉式钻眼	34
第四节 冲击式打眼	44
第五节 防尘	75
第六节 压气供应	79
第三章 爆破	85
第一节 炸药爆炸的基本概念	85
第二节 工业炸药	97
第三节 起爆器材与起爆方法	106
第四节 爆炸材料的保管、运输、检查与销毁	124
第五节 爆破作用原理	128

第二篇 坑道的掘进与支架

第四章 探槽的掘进	140
第一节 探槽的断面形状与尺寸	140
第二节 人工挖掘探槽	142
第三节 机械挖掘探槽	147
第四节 爆破法挖掘探槽	147
第五节 辅助爆破	152
第五章 水平勘探坑道的掘进	155
第一节 断面形状与尺寸的确定	155
第二节 平硐口的掘进与加固	159
第三节 在软岩层中的掘凿工作	160
第四节 在硬岩层中的凿岩爆破综合工作	162
第五节 掘进工作面的通风	181
第六节 坑道的照明	190
第七节 装岩与运输	193
第八节 水平坑道的支护	205
第九节 排水沟的挖掘与管道的敷设	216
第十节 掘进工作组织与掘进速度	217
第十一节 在困难条件下水平坑道的掘进	224
第十二节 掘进水平坑道的安全技术	226
第六章 垂直勘探坑道的掘进	229
第一节 小圆井与浅井的普通掘进法	229
第二节 浅井掘进的机械化	256
第三节 爆炸能压固土壤掘进浅井	257
第四节 插板法掘进浅井	260
第五节 浅井的废除	263
第六节 掘进小圆井与浅井的安全技术	264
第七节 勘探竖井的掘进	265
第七章 倾斜坑道的掘进	274

第 一 节	概 述	274
第 二 节	斜井断面形状与尺寸的确定	274
第 三 节	井口位置的选择与井口的修筑	276
第 四 节	斜井井筒的掘进	277
第 五 节	斜井掘进的循环組織与速度	285
第 六 节	天井的掘进	286

緒 論

一、勘探坑道掘进工程内容

在地质矿产普查与勘探工作中以及水文地质与工程地质勘查工作中，为了研究地质规律或对已发现的矿产进行地质测量、取样、试验等，须采用挖掘或爆破工作揭露岩层或矿体，制造人为的露头，如剥土、浅坑与探槽以及为了了解深部而进行的坑道工程均叫做勘探坑道。完成坑道工程的工序总称为坑道掘进。

二、勘探坑道的作用

水文地质与工程地质勘查的任务是为工程建筑与水利工程方面提供设计与施工所需要的地质资料。而地质矿产普查与勘探的任务是寻找矿产资源、研究矿床成因与类型、以合理的找矿勘探方法，求得工业储量，作出正确的工业评价，为矿山企业设计提供地质资料。而勘探坑道是达到上述目的最全面最可靠的手段与方法。因为坑道掘进可以为进入地下进行地质观察、编录、取样、试验以及详细研究地质构造创造了有利条件，因而坑道掘进工程就成为地质勘查与勘探工作中一项重要组成部分。在整个地质工作中地质理论是主导的而方法和技术是必需的。

坑道的类型与工作量的大小，在地质矿产普查与勘探工作中取决于勘探阶段与矿床的构造特点。而在工程地质与水文地质工作中，则决定于设计建筑物地段的地质条件、设计阶段与建筑物的复杂程度等。

在地质勘查与勘探工作中，其所采用的坑道类型可以从简单的浅坑、剥土与探槽到复杂的各种水平勘探坑道、斜井与勘探竖井。必须指出：当需要探明形状不规则的矿体，或者需要进入矿

体作地质观察、素描和取样以及提高矿产储量等级，或者检查钻探、物探工程的成果，坑道掘进是一项不可缺少的重要手段。而在水文地质与工程地质勘查工作中，尤其在工程地质勘查工作中，随着设计阶段的提高，掘进工作量随之增多，根据用途而将坑道划分为勘探的、构造的、水文地质的与试验的等几种。在水文地质与工程地质勘查工作中，掘进工程与其他手段相比，则具有下列优点：1) 可以采取原状试样；2) 允许直接观测水从岩石裂缝中流出的情形；3) 可以在工作面直接进行岩石力学的试验。故在整个工程地质勘查工作中，坑道掘进是一项不可缺少的手段，尤其是在确定坝址的位置、隧道线路和滑坡与基岩的接触面等方面可以获得准确而可靠的资料。

故在地质勘查与勘探工作中，如果不能合理地运用坑道掘进，将影响地质工作的质量，甚至阻碍地质任务的完成。

此外在整个地质勘查与勘探工作中，坑道掘进与地质工作是相互关联相互影响，掘进坑道的目的是为了查明岩石性质与地质构造，或者是为了圆满地穿透矿体，以便进行地质素描、取样、观察和试验。因而坑道的位置、掘进方向、坑道的类型、数目以及长度（或深度），必须完全依靠地质科学理论与勘探方法的知识，进行合理布置和确定。在满足地质要求的前提下，应当考虑到坑道掘进技术与经济的合理性，忽视其中任何一项都将造成资金与时间的浪费。当坑道的数目、长度或深度不断增长的同时，将提供更多的地质资料帮助地质工作者深入地研究矿体赋存规律，并进一步指导坑道的掘进。坑道掘进的速度与质量好坏，同样也影响地质资料的准确性与勘探任务完成的期限。因此地质勘探工作者必须掌握一定的坑道掘进技术知识，以便编制出合乎多快好省的勘探设计，正确地组织和指导普查与勘探工作。

三、勘探坑道掘进发展简史及解放后我国的成就

勘探坑道的掘进规模与目的，虽然与矿山生产坑道不同，但

其掘进工序基本相似，因而勘探坑道掘进技术的发展与采矿工业有很大的关系。

在最初小规模手工采矿时期，探矿坑道与采矿坑道之间，并无显著的区别。以后由于人类社会的发展，对矿产资源的种类与数量要求逐年增多，研究地壳的科学——地质学——成为独立的科学，因而勘探坑道的掘进，便成为矿产普查与勘探工作中的一项不可缺少的手段。

坑道掘进技术是随人类对矿物原料需求的增长而发展起来的。在科学技术不断发展的同时，坑道掘进技术也逐渐由手工掘进转到高度的机械化、电气化与自动化。

坑道掘进开始于石器时代，当时人们由于对石头的需要增长，不仅在地面上寻找而且也在表土下寻找，在氏族制度的初期，与开采燧石有关的采矿工程得到了发展，人们已能用鹿角和石头制造各种采矿用的掘凿工具掘进水平的、倾斜的与垂直的坑道，并已经知道支护工作。

约在纪元前三千年，人们掌握了从一部分金属矿石中提取金属的冶炼方法，石器工具开始被青铜所代替。以后又由于大规模开采和炼铁，铁制工具开始广泛地被使用于掘进和开采。从石器时代到炸药发明以前，人们在掘进坑道与开采有用矿物工作中，有些用铁制工具凿进；有的用火工方法，即先用火烧岩石，再用水激，岩石发生裂缝后，再沿裂缝掘进。由于采掘工具的简陋与矿石需要量不大，通常均沿矿体露头掘进和开采，因而探矿坑道与采矿坑道之间没有严格的区别。

我国唐朝（约在纪元600年）炼丹家孙思邈在其所著“丹经”中，已有类似火药成分的处方，宋朝时（纪元960—1279年）已大规模设厂制造火药，开始用于爆破岩石，使破坏岩石的工作发生了重大的革命，从此凿岩爆破便成为开采矿石与掘进坑道的重要环节。

破碎岩石方法的革命，使掘进的速度加快。由于坑道的长度与深度增加，要求通风、排水与提升等能够与其相适应，于是简

单的手动扇风机、水泵、提升机相继发明，使坑道掘进速度、长度与深度有了相当的提高。

18世紀初蒸汽机的发明与资本主义制度的产生，促进了社会生产力的发展，大规模的机器生产与资本主义工业化，要求供应大量矿物原料，于是在坑道掘进与有用矿物开采方面以机械代替手工工具成为生产发展的必然趋势。首先出现以蒸汽与压缩空气为动力的钻眼机。简单的手动扇风机、水泵和提升机均被蒸汽动力代替，随后动力又改为电力与内燃机，同时科学技术的发展，新型的設備与机械相继出现，以及在19世紀五十年代猛烈的硝化甘油炸药的发明等等，上述发明与創造，革新了坑道掘进与开采有用矿物的技术与装备，使坑道掘进工作中各项作业逐渐走上机械化、电气化与自动化。

在资本主义国家，其机械化、电气化与自动化的目的，是为了追求最大利潤，故束縛了生产力，其发展速度是极其緩慢的，同时很不均衡，有的地方完整地保留着原始落后的生产方式。

自从苏联十月社会主义革命成功以后，世界上出现了社会主义国家。由于社会制度的优越性，国民經济是有计划按比例发展，故掘进与开采在高速度地进行机械化、电气化与自动化。同时也特別重視科学技术的发展，并使科学技术真正为改善和不断提高人民生活水平服务，使广大劳动人民从失业、飢餓和繁重体力劳动中获得解放。

我国正規地利用坑道掘进进行地质勘探，开始于全国解放后。旧中国的地质事业不仅規模狭小，經費不足，而且脱离生产建設，同时帝国主义与反动統治者为了追求利潤，不要求有计划地利用矿产資源。因此，在旧中国的地质事业中，不仅采用的探矿工程数量很少，而且技术水平非常落后。

解放后十年来，在党和毛主席的领导下，开始了大规模的社会主义經济建設，随着工业的发展，对矿物原料的要求日益迫切，所以要求地质工作者能够迅速地找到各种矿产，并能精确的提出矿产的工业儲量与开采技术条件，以便建立矿山企业，进行

矿物原料的开采；因而利用坑道探矿提到了相当重要地位，得到了极大的发展。

在技术装备方面，正在逐步以半机械化与机械化代替了落后的手工操作。从1953年开始，在坑探工作方面陆续配备了我国出品的成套新型掘进设备。到1957年我国地质部系统的坑探工作，已有22%的工作量由机掘完成，手掘坑道目前已有50%采用了半机械化掘进，而机械比重逐年都在增加，并向小型、轻便和配套的方向发展。

在技术操作方面，由于大闹技术革新与技术革命，各生产单位不断地积累、交流和推广先进经验，而日趋完备，故在手掘与机掘方面都创造了新方法和新纪录，同时根据生产发展改善了劳动组织，制订了适应和促进生产发展的技术操作规程、安全规程与管理制度，从而为多快好省地完成勘探任务奠定了良好的基础。

1958年，广大群众在党的建设社会主义总路线的光辉照耀下，革命干劲空前高涨，开展了社会主义劳动竞赛，出现了一个空前的大跃进高潮，坑探工作在机械化程度不高的情况下，出现了很多新的掘进纪录，例如：有些队在机掘坑探中改进了爆破方法和斜井提升设备，采用多工作面顺序作业，深眼爆破法手掘坑探方面，在3—5级岩石中采用了L形钎头，松动爆破，木軌木矿車，快速支护和多工作面顺序作业法，创造了月进311米以上的纪录。槽探方面广东蒙辉信小组采用木車翻土分段挖掘，工班效率达到728米³。同时在许多队先后采用了松动爆破与抛掷爆破挖掘探槽，不仅提高了劳动生产率缩短工期，而且大大减轻了工人的繁重体力劳动。

目前坑探工作是在1958年社会主义建设大跃进的基础上继续跃进，并向着半机械化、机械化、半自动化、自动化迈进。在坑道掘进速度方面连续不断地出现许多高产纪录的同时，还创造了許多凿岩爆破、通风排水、装岩运输、提升与支护等新方法及新类型设备与工具。例如在机械化设备方面，已试制成功适合地质勘

探特点的高頻率凿岩机、干式吸尘凿岩机、內燃凿岩机、小型輕便的軸流式扇风机、电动潜水泵、气动潜水泵、自动水泵、小型的轉載机与装岩机、万能式矿車和机动手搖两用自动卸碴提升机。內燃凿岩机已試制成功，而电动凿岩机的設計、試制和工业試驗也获得了良好进展。从而为勘探坑道掘进的机械化創造了良好条件。

半机械化设备和工具的发明和創造极为丰富多彩，如軟岩层中钻眼的手搬钻、适用水平坑道或浅井的冲击式打眼机、手搖与脚踏的扇风机，架空索道的运输或提升设备，浅井半自动化卸碴装置与自动卸碴的木矿車等。

此外在土炸药与土起爆器材、拉杆支柱、临时支架等等的使用，都获得了良好的效果。

当前在各生产单位已从单項革新走向配套成龙，使手掘坑道正在从笨重的体力劳动走向半机械化或机械化。

解放以来，地质勘探事业中的坑探工作取得了巨大的成績，为快速完成地质勘探做出了貢獻。但机掘的比重远不能适应生产发展的需要，而在槽井探方面人力操作仍然占相当大的比重，因此，在今后必須繼續貫徹土洋結合，两条腿走路的方針，发动群众，大力开展技术革新与技术革命运动，积极設計和制造适合我国地质勘探特点的小型、輕便、高效率的机械設備，同时大力推广半机械化工具，不断提高工人的技术水平，研究破碎岩石的新方法，迅速赶上世界先进水平，以适应我国大規模經濟建設发展的需要。

四、勘探坑道类型

在地质普查与勘探工作中，为发现或研究被掩盖的岩层或矿体，必須根据岩层与矿体的赋存条件，掘进各种类型的坑道进行勘探。按坑道所处的位置可分为地表工程（地表坑道）与坑道工程（地下坑道）两种。在揭露距离地表很近的岩层或矿体时可采

用地表工程，而地下深部的揭露，則采用坑道工程。

1. 地表工程

地表勘探坑道包括：浅坑、剝土与探槽。

浅坑与剝土 系形状不規則，深度通常不大于1米的坑道。

探槽 在表土层厚度不大于3米，为了揭露矿床或基岩而掘进的长槽形沟，其横断面尺寸与长度相比很小，而长度可由几米到数百米或更长。

2. 坑道工程

坑道由坑口、工作面、頂板、底板与帮（或壁）所构成。地下坑道的起点叫做坑口，可經它直接到达地面或进入其它坑道。随着开掘工作的进行，逐漸向前推移的面叫做工作面。在水平或傾斜坑道中坑道兩側的岩石面叫做帮、（或壁），坑道上部的面叫做頂板，下部的面叫做底板。与坑道中心綫垂直的面叫做坑道的横断面。沿坑道中心綫可度量坑道的长度或深度。

按坑道所在空間位置可分为水平的、垂直的与傾斜的三种。上述坑道可布置在围岩內或矿体内。坑道又有直接通达地表与不直接通达地表之分。

水平勘探坑道 此类坑道包括平硐（平窿）、石門沿脉与穿脉。而石門、沿脉与穿脉统称之為平巷。

1) **平硐** 具有直通地表出口的水平坑道。掘进平硐的地形条件必須是多山或河谷地区，其布置可与矿体走向平行或相交。断面形状多为梯形，断面积介于 $1.8—3.6$ 米²，很少达到 9 米²，长度通常在 1000 米以內。

2) **石門** 沒有直通地表出口，是在豎井、斜井或浅井下部掘进在围岩內，并与矿体走向成直交的水平坑道。断面积为 $2.7—5$ 米²，长度不大于 $300—500$ 米²。

3) **沿脉** 沿矿体走向开掘，无直通地表出口的水平坑道。断面积为 $2.7—3.6$ 米²，很少达到 9 米²，其长度决定于矿体走向长度。

4) **穿脉** 垂直于矿体走向并掘进在矿体内，无直通地表出

口的水平坑道。坑道断面积为 $1.7-3.6$ 米²，其长度与矿体厚度有关。

垂直勘探坑道 此类坑道包括小圆井、浅井与勘探竖井等。

1) **小圆井** 有直通地表出口，断面为圆形的垂直坑道。通常开掘在稳定干燥的表土层中，通常不支撑。井筒直径为 $0.6-1.2$ 米，深度不超过 20 米。

2) **浅井** 与小圆井不同的是其横断面的形状多为矩形，通常用于需要支撑的岩层中，断面积为 $1.25-2.0$ 米²，深度一般不超过 30 米。

3) **勘探竖井** 断面积比浅井大，深度超过 30 米。可从勘探竖井不同水平层开掘水平的与倾斜的坑道，进行深部探矿。没有直通地表出口的竖井则叫做暗井。

倾斜勘探坑道 此类坑道包括斜井、天井、上山与下山等。

1) **斜井** 有直通地面出口的倾斜坑道。井筒可布置在矿体内或围岩内，其倾斜角度不超过 45° ，断面积由 $1.25-4$ 米²，长度为 $100-150$ 米。

2) **天井** 从地下水平坑道向上掘进的垂直的或倾斜的坑道，天井主要用于金属矿床的详细勘探或生产阶段，天井可布置在围

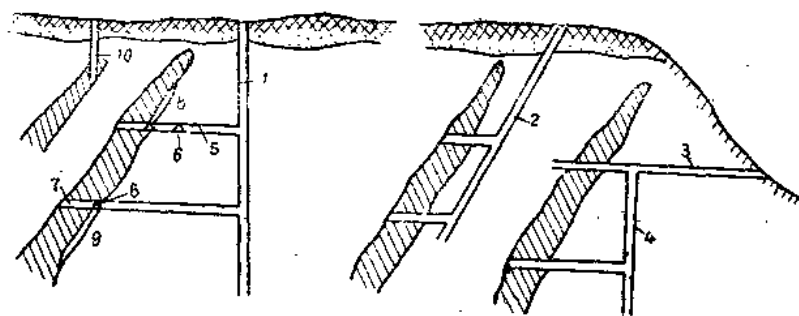


图 1 地下坑道

1—勘探竖井；2—斜井；3—平窿；4—暗竖井；5—石门；
6—沿脉；7—穿脉；8—天井；9—暗斜井；10—小圆井或浅井

岩或矿体中。断面积由 $2-3.75$ 米², 长度通常不大于 $40-50$ 米。

3) 上山和下山 没有直通地表出口的倾斜坑道, 用以勘探矿体, 和向下或向上运送货载与人员, 以及作通风坑道之用。

五、坑道掘进方法的分类

坑道掘进方法, 主要决定于坑道所穿过的岩石物理机械性质、掘进方向、横断面的大小与深度、坑道服务期限的长短及坑道的用途等。

岩石物理机械性质影响着掘进方法、工作组织、机械设备与工具型式的选择。

掘进方向决定着掘进施工的特点, 例如掘进水平坑道, 仅需掘进排水沟即可, 但在掘进垂直坑道与倾斜坑道时, 必须安装排水设备进行排水。

影响选择掘进方法的最主要因素是岩石物理机械性质。根据坑道所穿过的岩石物理机械性质坑道掘进方法可分为普通掘进法与特殊掘进法两大类。

1. 普通掘进法

在岩层稳固涌水量不大的条件下, 掘进时坑道四周与工作面允许有一定时间的暴露而不发生坍塌时, 可用普通法掘进坑道。

其主要掘进过程为: 破碎岩石(直接采掘或凿岩爆破)、工作面通风、装运岩石与支护等。为上述主要掘进过程创造条件的还有排水、照明、接长轨道以及敷设管道电缆等辅助工作。

1) 岩石的破碎 在坚硬岩石中, 现阶段广泛采用凿岩爆破, 其工作程序为: 钻炮眼、装填炸药、起爆。为获得最佳的爆破效果, 必须正确地鉴定岩石的物理机械性质, 并根据岩石的性质正确选取凿岩的方法、机械与工具、选择炸药与雷管、计算和确定爆破参数(炸药消耗量、炮眼数目、直径与深度), 以及炮眼在工作面上的分布等。

采用凿岩爆破破碎岩石, 能大大地加快工作过程, 而且减轻

了体力劳动，但凿岩爆破仍然是一项繁重的工作过程。实践证明凿岩爆破所花费的时间占掘进工作循环总时间的 30—40% 以上，占掘进总成本的 25—30% 以上。

松软岩石，可直接挖掘或用风镐直接破碎。

2) 工作面通风：地下坑道的四周为周围岩石所包围，经坑道口进入坑内的新鲜空气数量有限而且流动性差，同时由于炸药爆炸、岩尘、灯火燃烧、人员呼吸与瓦斯喷出等原因，改变了空气的原有成分，恶化工人劳动条件。必须向坑内输送新鲜空气，经常冲淡和排出污浊空气，保证工作地点的卫生条件。

3) 装岩与运输(或提升) 为使已破碎的岩石不妨碍继续破碎工作面岩石工作的进行，必须迅速地将已破碎的岩石运离工作面。此项工作过程在现阶段不论用人工或机械都是一项繁重的工作过程。人工装岩所需时间很长。

装入盛器内(矿车、吊桶、箕斗)的岩石，运往地面，其运输量及运输速度应保证工作面装岩工作不间断地进行。

4) 支护 坑道掘进破坏了地下岩石的均衡状态使坑道周围产生压力，因此必须确定坑道的维护方法，使坑道在整个使用期间处于安全状态，不改变断面形状与尺寸。

掘进的主要工序完成一次，工作面向前推进一定的距离。为使工作面继续不断地向前推进，必须合理地组织各主要工序。掘进工作的组织形式可采用顺序作业与平行作业，使各项主要工序密切配合。

各主要掘进过程，经过一定时间重复出现，每重复一次叫做一个掘进循环，循环一次所需的时间叫做循环时间。

在掘进循环中，辅助工作是不单独占用作业循环的时间，而是与主要工作过程平行进行。但是掘进的主要工序和辅助工序应该紧密的配合，如果辅助工序的组织或进行得不好，则主要工序便失去保证。

为保证坑道掘进的正常进行，辅助工序与主要工序同样具有重要的作用。必须合理地加以组织。因而正确的循环组织是开展