

中等专业学校教材试用本

钻探力学

吉林地质专科学校编



中国工业出版社

本书是根据中等专业学校钻探专业新修订的“钻探力学”教学大纲编写的。

本书主要内容包括：第一篇主要讲述岩心回转钻探设备，其中介绍了钻探设备标准系列、提高各种钻速的途径和设备的发展趋向；第二篇主要讲述钻探设备的动力、传动和操纵系统；第三篇主要讲述钻探设备的回转给进系统，其中对立轴回转给进、主动钻杆回转给进、自动给进以及对孔底钻进机械等做了介绍；第四篇主要讲述钻探设备的升降系统；第五篇主要讲述各种型式的钻塔、钻架和桅杆；第六篇介绍钻杆及其工作条件；第七篇介绍冲洗钻孔用的泵。

书中资料较为丰富，适于中等专业学校教学用书和专业工作人员参考之用。

钻 探 力 学

吉林地质专科学校编

地质部地质书刊编辑部编辑（北京西四羊市大街地质部院内）

中国工业出版社出版（北京佟麟阁路丙10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本 $787 \times 1092^{1/16}$ ·印张 $12^{1/4}$ ·字数271,000

1961年10月北京第一版·1962年1月北京第二次印刷

印数1,544—2,143·定价(9-4)1.20元

统一书号：15165·1030(地质-55)

前 言

本書是根据中等专业学校鑽探专业新修訂的“鑽探力学”大綱編写的。

为了教学上的需要,1958年曾編写了“鑽探力学”講义;1960年根据教育革命的精神,根据在貫徹执行党的“教育为无产階級政治服务,教育与生产劳动相結合”的方針过程中,在教学、生产劳动和双革运动中的体验,对上述講义进行了比較大的修改;为了进一步提高教学质量,于1961年根据地质部的指示,在校党委领导下,由本教研組具体研究、专人执笔,再次修改編写出此書。本書第一篇由徐脉直执笔,其余各篇由阮学謙执笔,全書由阮学謙修訂、整理。

由于“鑽探力学”这門課程講授的历史还极短,我国目前还没有一本完整的“鑽探力学”教材,更由于本書編写者的水平有限,所以本書中一定会存在不少缺点;誠懇地希望讀者、尤其是使用本書的师生們,多多对本書提出宝贵的意見和指正。

本書只討論了目前广泛应用的岩心迴轉鑽探設備,其主要內容包括下列几个方面:

- 1) 从滿足鑽进工艺的要求,保証提高鑽进生产率、提高鑽进质量、降低成本、节约劳动力等观点出发,分析对鑽探設備所提出的要求,并闡明鑽探設備进一步的发展方向;
- 2) 介紹鑽探設備技术特性参数的意义与其确定的原則;
- 3) 分析某些鑽探机械、机构的結構特点与工作原理;
- 4) 介紹鑽探設備中专用机构和零件的設計計算方法。

考虑到地质鑽探工作的特点,所以本書中刪去了对“套管”的分析;根据当前实际工作的需要,所以在本書中,增添或着重介紹了一些在地质鑽探中有发展前途的机械設備和工具,如自动提引器、擰管机、桅杆、~~自动給进器~~、孔底鑽进机械、渦輪传动装置等。

在中等技术学校講授此課程的主要目的在于:

- 1) 明了設計和改进鑽探設備的~~方向~~与基本方法,以便在实际工作中,尤其在技术革命和技术革新运动中,合理地改造現有的設備,并在实际工作中經過一定的鍛鍊,能够設計某些不复杂的机械設備和工具;

- 2) 能够正确地評价、选择和~~使用~~現有的鑽探設備,發揮其最大效能,以迅速地提高鑽探生产效率,滿足我国社会主义建設的需要。

講授和学习本課程时,应着重掌握分析、解决实际問題的原則和方法,應該特別注意密切联系实际,最好在講授中配合一些以解决实际問題为主的作业或不复杂的設計。

吉林地质专科学校 鑽探力学教研組

1961年5月于长春

目 录

前言

第一篇 岩心迴轉鑽探設備

第一章 概述	7
1—1 鑽探設備的用途、組成和基本類型	7
1—2 鑽探設備的技術特性參數	7
1—3 鑽探設備的標準系列	8
1—4 設計的一般步驟	8
1—5 我國鑽探設備的發展概況	10
第二章 對鑽探設備的要求與鑽探設備發展的主要趨向	11
2—1 對鑽探設備的基本要求	11
2—2 為提高機械鑽速對鑽探設備提出的要求	12
2—3 為提高技術鑽速對鑽探設備提出的要求	12
2—4 為提高經濟鑽速對鑽探設備提出的要求	17
2—5 為提高循環鑽速對鑽探設備提出的要求	18
2—6 對鑽探設備的其他要求	19
2—7 我國鑽探設備的主要發展趨向和途徑	20

第二篇 鑽探設備的動力、傳動與操縱系統

第三章 鑽探動力設備的選擇	23
3—1 對鑽探動力設備的基本要求	23
3—2 動力設備類型的選擇	24
3—3 傳動方式的選擇	25
3—4 動力設備功率的確定	26
第四章 鑽探設備的傳動系統與傳動裝置	32
4—1 鑽探設備的傳動系統	32
4—2 變速箱	36
4—3 液壓傳動	37
4—4 渦輪傳動裝置	39
第五章 鑽探設備的操縱系統	42
5—1 對操縱系統的基本要求	42
5—2 操縱系統的類型及其組成部分	42

第三篇 鑽探設備的迴轉給進系統

第六章 總述	45
6—1 用途、類型與基本要求	45
6—2 迴轉給進系統的技術特性參數	45
第七章 立軸式迴轉給進系統	49
7—1 特點與應用範圍	49
7—2 迴轉器、立軸和卡盤	49

7-3 手把式給进器	56
7-4 螺旋差动式給进器	59
7-5 油压式給进器	62
第八章 主动鑽杆式迴轉給进系統	63
8-1 特点与应用范围	63
8-2 轉盘和主动鑽杆	64
8-3 浅孔鑽进用的主动鑽杆式給进器	66
8-4 深孔和中深孔主动鑽杆式减压給进器	67
第九章 自动給进器	69
9-1 自动給进的意义与基本要求	69
9-2 自动給进器調节参数与調节特性的选择	70
9-3 自动給进器的基本作用原理与結構特点	71
第十章 孔底鉆进机械	74
10-1 概述	74
10-2 涡轮鑽	75
10-3 电鑽	81
10-4 振动-迴轉和冲击-迴轉鑽	82

第四篇 鑽探設備的升降系統

第十一章 絞車	87
11-1 基本要求与絞車技术特性参数	87
11-2 絞車的卷筒	90
11-3 齒輪-摩擦式絞車	91
11-4 游星式絞車	94
11-5 差动式絞車	95
第十二章 制动器	96
12-1 对制动器的要求	96
12-2 制床式制动器	96
12-3 制带式制动器	100
第十三章 滑車系統	104
13-1 对滑車系統的要求与其基本类型	104
13-2 滑車系統的选择	104
13-3 鋼繩	105
13-4 滑車組的計算要点	107
13-5 提引鉤	108
第十四章 升降輔助机械和工具	111
14-1 概述	111
14-2 提引器和夹持器	112
14-3 擰管机	118

第五篇 鑽塔、鑽架、桅杆

第十五章 总述	127
---------------	-----

15-1 用途、要求与基本类型	127
15-2 基本技术特性参数	128
第十六章 鑽架	129
16-1 鑽架的类型、特点与应用范围	129
16-2 設計鑽架的基本步骤和方法	131
16-3 三脚架的設計	135
第十七章 鑽塔	137
17-1 鑽塔的特点、类型与结构	137
17-2 鑽塔的設計特点	138
17-3 綑繩	141
17-4 鑽塔的基础	142
第十八章 桅杆	143
18-1 桅杆的类型、特点与应用范围	143
18-2 桅杆的計算特点	148
18-3 桅杆的計算	149
18-4 豎立桅杆的計算	157

第六篇 鑽 杆

第十九章 鑽杆及其工作条件	160
19-1 鑽杆	160
19-2 鑽杆的工作条件	162
19-3 升降鑽具时鑽杆柱中产生的拉应力	162
19-4 鑽进时鑽杆柱中产生的应力	164
19-5 鑽杆柱的振动	169
第二十章 鑽杆的合理使用与改进	171
20-1 鑽杆对鑽探工作的影响	171
20-2 提高鑽杆强度和改善鑽杆工作条件的措施	172

第七篇 冲洗鑽孔用的泵

第二十一章 泵的选择	175
21-1 泵量的确定	175
21-2 泵压的确定	180
21-3 泵的功率	188
21-4 泵的类型的选择	188
第二十二章 往复式泵	190
22-1 往复式泵的类型	190
22-2 泵的吸入高度	191
22-3 泵量的計算	192
22-4 液体的排送	193
22-5 空气室和閥	195
22-6 泵主要零件的受力分析	196
主要参考资料	198

第一篇 岩心迴轉鑽探設備

第一章 概 述

1—1 鑽探設備的用途、組成和基本類型

地質勘探工作在我國社會主義建設事業中占有重要地位，它對於保證我國工農業的迅速發展具有很大意義；而在地質勘探工作中，鑽探工作量所占的比重又最大。因此，“多、快、好、省”地完成鑽探工作，以滿足我國社會主義建設對地下資源日益增長的需要，是我們鑽探工作者最光榮而艱巨的任務。在黨的領導下，為了完成這個任務，不僅要求全體鑽探工作者具有高度的政治覺悟、技術、文化水平和完善的勞動組織，而且也必須有先進的鑽探設備。

現在，通常採用岩心迴轉鑽進方法，進行勘探鑽孔的鑽進。岩心迴轉鑽進工作由下列基本過程組成：鑽進—破碎岩石、沖洗鑽孔；升降鑽具—採取岩心更換鑽頭等。此外，還需進行各種特種工作（如護孔、測斜、止水、處理事故、機械維修等等）和鑽探設備的安裝、拆卸和運輸工作。

鑽探設備包括，為完成整個鑽進工作所需要的全部主要的和輔助的機械、工具及設備。主要設備包括：發動機、鑽機、泵、鑽塔或桅杆、鑽具和附屬機械與工具、檢查測量儀器；輔助設備包括：製造泥漿和沖洗液淨化裝置、照明與取暖裝置、廠房等。

在不同的鑽進條件下，採用不同型式、規格的鑽探設備。

鑽探設備按其用途分為：勘探固體礦床用的鑽探設備；勘探石油和天然氣用的鑽探設備；水文地質和工程地質用的鑽探設備；地震勘探用的鑽探設備；金屬、地球化學和放射性測量用的鑽探設備；難通行地區勘探用的鑽探設備以及利用孔底鑽進機械（孔底發動機）鑽進所採用的鑽探設備等。

按鑽探設備運輸方式又可分為：固定式的、半移動式的、移動式的、自行車式的鑽探設備。

1—2 鑽探設備的技術特性參數

鑽探設備的技術特性參數，是表征鑽探設備生產技術性能的数量和質量指標。它不是固定不變的，而是隨著生產技術水平的發展不斷地修改變化。

對於迴轉鑽探設備，其技術特性參數包括下列主要項目：

一、**鑽孔和鑽進部分：**孔深、鑽孔方向、終孔直徑、開孔直徑、鑽杆直徑、鑽具迴轉速度、立軸（或轉盤）通孔直徑、給進力、給進速度、給進行程、給進機構的起重量、給進機構的類型等；

二、**升降鑽具部分：**提引鉤載荷、提升速度、滑車系統的規格、絞車型式、絞車起重量、鋼繩直徑、絞車卷筒的直徑和容量、鑽塔（或桅杆）的載重量、塔高等；

三、**泵部分：**泵量、泵壓、泵的类型；

四、动力部分：发动机类型、发动机功率。

此外，还有其他的一些技术特性参数，如设备运输、拆卸、安装的特点、机械化、自动化程度等等。

其中，孔深是地质鑽探设备技术特性的主要参数；其他参数大多都与孔深这一主要参数有关。

石油鑽井设备以设备起重量做为主要技术特性参数。因为，孔深并不能表征石油鑽井设备的主要性能；同样孔深的鑽井，由于鑽井目的、鑽进方法、所采用的鑽具规格不同，所采用的鑽井设备也极不相同。

1—3 鑽探设备的标准系列

鑽探设备的标准系列，就是关于鑽探设备型式尺寸方面的国家标准。其中，把不同用途的鑽探设备，按其技术特性的基本参数，划分为若干标准的型式和尺寸，规定出了各技术特性参数的合理范围和间隔。国家出产的每一种鑽探设备都需要服从标准系列的规定。标准系列是符合于一定时间内社会生产需要的。随着社会的发展、生产技术的发展，标准系列在一定时期需要进行修订。

制订标准系列是标准化的措施之一。标准化是我们社会主义国家在生产上的重要特点之一。标准化以后，可以避免制造上的浪费和混乱现象，可以保证以种类最少而数量足够的设备满足生产的需要；这样在设备的使用方面、修配方面也十分便利。

苏联已有了鑽探设备的标准系列。在苏联，对于地质鑽探设备，按其用途的不同，分为几个标准系列。其中都以孔深做为编制标准系列的主要参数。每种地质鑽探设备标准系列中都规定了设备的合理使用范围，规定了技术特性基本参数值（参看表1—1），而且也规定出了各主要设备和辅助设备的基本参数；规定出了每种设备按其运输特点，可以有的某些基本类型（例如，YP6-2型鑽探设备可以装在汽车上、拖拉机上构成为自行式的鑽探设备，可以装在拖车上结成为移动式鑽探设备等）。

表 1—1 苏联勘探金属矿床的地质鑽探设备标准系列

鑽 探 设 备 編 号	牌 号	基 本 参 数					
		钻进深度 (米)	钻进直径 (毫米)		钻进角度 (度)	起 重 量 (吨)	传动功率 (马力)
			终 孔	开 孔			
№1/地下钻	ПРБУ-1	50 +100	46	60	0—360	0.5	10
№2/地表钻	РБУ-2	75 ± 25	76	111	90—50	2.5	20
№3/ "	РБУ-3	150 ± 50	76	131	90—50	2.5	30
№4/ "	РБУ-4	300 100	76	131	90—60	5.0	40
№5/ "	РБУ-5	600 200	76	151	90—80	10.0	80
№6/ "	РБУ-6	1200 400	76	248	90—80	25.0	120

我国1959年制订了石油鑽井设备的标准系列。目前，由一机部和地质部正共同编制着我国的地质鑽探设备标准系列。

1—4 设计的一般步骤

设计鑽探机械，或者是设计某些小型的辅助机械设备，有其一定的设计程序或阶段。

采用合理的設計程序，可以提高設計的进度和质量。

根据設計的对象、目的不同，設計步驟也有所不同；但是其一般步驟是大同小异的。設計的一般步驟是分下列四个阶段：1) 編制設計技术任务書；2) 草图設計；3) 技术設計；4) 施工設計（或工作图設計）。

有时也可以将其第一和第二两阶段合併，构成为一个阶段。此时，設計分为三个步驟：1) 編制設計技术任务書和草图設計；2) 技术設計；3) 施工設計。

各阶段主要内容如下：

設計技术任务書，包括：

- 1) 所設計机械的用途、使用范围、使用条件。
- 2) 設計、制造这种机械設備的目的或依据。
- 3) 所設計机械設備預定完成的工艺程序和規程。

只有清楚地了解，所設計的机械将来是怎么样工作的，其工作过程、工作規程如何，才可能設計出符合生产实际需要的机械設備。

为了了解这点，必須深入实际、調查研究，并分析采用新工艺、新規程的可能性，才能合理地解决这个問題。

4) 确定所設計机械設備技术特性参数和結構特点。

为此，需分析对比已有的一些相类似的机械設備，从实际出发，批判地采納其优点，并且估計到将来技术水平进一步发展的趋势。

最終的质量，很大程度上决定于上述問題确定的細致和合理程度。

草图設計

这个阶段主要是进一步确定出符合于設計任务書要求的机械設備传动系统与結構草图。

拟訂出的符合于一定要求的方案，可能不止一个。因此，需要通过多方面的評價比較，而确定出其中最符合要求、最简单和可靠的一种。

这个阶段要繪出总装配草图和部件的装配草图。其中主要的零件并經過概略地核算。

除草图以外，还应该必要的文字說明和計算資料。

技术設計

对每个零件和部件通过詳細的計算，确定出各零件和部件的詳細結構尺寸。

这个阶段要繪出总装配图、各部件装配图；对复杂設備，尚需提交出液压、电力传动图、潤滑系统、軸承部位图等。

設計中，应该尽量采用标准零件；应该使各零件和部件的結構合理。設計中需特別注意各部件之間的联系。

技术設計除图以外，还要有文字說明。其中包括有关的計算和說明書；标准零件、部件明細表；螺紋、配合直径、齒輪模數明細表等。

施工設計（工作图設計）

主要是繪出各零件的工作图，在图中注明其加工要求和加工技术条件。

根据零件图繪制檢驗装配图——（包括总装配图、部件装配图）以檢驗零件尺寸和构造的准确性。这种装配图可以做为最終完成的图紙。

这些图紙都是供制造过程中，加工、檢驗、装配用的工作图。

除此之外，这阶段还需制訂出使用该机械設備的說明書和文件。

应该指出，上述几个阶段并非绝对分开的。根据实际情况的不同，可以将其中的某些阶段合併在一起进行。

事实証明，欲設計得好，首先必須要有正确的設計思想，必須时刻考虑使用、生产鑽机部門的实际情况，必須时刻按照党的总路綫精神和有关方針政策的要求，进行設計。

大搞群众运动是搞好設計的重要途径。貫徹在党的领导下，干部、工人、技术人員“三結合”的方針，尤其是在前两个設計阶段，貫徹設計、制造、使用部門“三結合”进行設計的方針，是多快好省地完成設計任务的重要保証。

我国在大跃进中积累了許多新的設計方法，这些都是值得在設計中很好的推广运用。

設計完成之后，設計是否正确和先进，还需經過反复实践的考驗，并通过多次的修改。因此，設計完成后，到正式生产还要有一段試制过程。

1—5 我国鑽探設備的发展概况

我們祖国是世界上历史最悠久的国家之一。早在二千多年前，由于凿井取水和开盐井等生产的需要，就有了鑽井設備。

但是近百年来，我国解放前，长期受帝国主义的侵略和压迫及国内封建、买办资产阶级的統治，生产发展十分迟緩。买办资产阶级与帝国主义相勾結，对资源的开采是掠夺式的。在这种情况下，勘探事业根本不会得到迅速的发展，当然更談不上使用和生产先进的鑽探設備問題。从解放初期我們所接管的仅有的十几台鑽机中，就可以看出我国的鑽探設備十分落后。

解放后，党和国家对地质勘探工作十分重视。地质勘探事业的发展，給鑽探設備的发展开辟了广阔的天地。

由于旧中国机械制造业十分落后，在解放初期，我們主要的是依靠进口和仿制外国的鑽探設備，来满足勘探事业对鑽探設備的需要。各地許多机械制造厂，仿制了苏联和其他国家的一些鑽探設備，其中有КАМ-500、КА-2М-300、ЗИВ-150、АВБ-300、В-3等型鑽机，并且还仿制了ЗИФ型油压鑽机。

由于上述措施，使我国解放后，仅經過了十年，鑽机数量就比解放前增加了几百倍，类型也比较全，基本上保証了我国地质勘探迅速发展的迫切需要；与此同时，我国并积累了許多使用和制造鑽探設備的宝贵經驗。

由于生产的发展，单纯依靠进口和仿制外国的鑽探設備，已不能适应我国勘探事业大跃进的要求。已有的鑽机、类型規格十分混乱，而且大多是老式的，許多工序还是手动的。这就給使用、維修、制造带来了许多不便、不經濟之处；其中新式的外国机，也并不完全适合于我国多山、多丘陵自然条件的需要。

为了适应生产发展的需要，并促进生产的发展，1958年以来，在党的领导，在总路綫、大跃进和人民公社三面紅旗照耀下，大搞以四化为中心的技术革新和技术革命运动，采取了群众运动和专业队伍相結合的方針，一方面改进了原有的鑽机，另一方面开始由仿制发展到自行設計自行制造适合于我国特点的鑽机。其中，尤其是在升降輔助工序机械化、自动化和設備輕便化方面几乎是全国遍地开花，层出不穷。

我国已正在編制我国鑽探設備的标准系列，正在組織力量着手設計适合于我国特点的新式鑽探設備。可以相信不久的将来，我国将出现独立的鑽探設備設計制造体系，用更

多更好的鑽探設備來滿足地質勘探和其他工農業部門的需要。

第二章 對鑽探設備的要求與 鑽探設備發展的主要趨向

2—1 對鑽探設備的基本要求

從事鑽探工作，不僅要合理地使用現有的鑽探設備，而且要清楚地了解鑽探設備的進一步發展趨向。只有這樣，才能夠更好地使用現有的設備，才能有根據地改進和發展鑽探設備。

鑽探設備的發展方向和其他設備一樣，決定於社會生產對設備所提出的要求。

社會制度不同，對設備提出的要求不同，因而設備的發展方向也不同。

在資本主義社會里，設備的發展決定於資本家是否能得到最大限度的利潤。因而，在資本主義制度下，限制了設備的發展；設備的發展的方向也是畸形的，設備發展的結果是工人勞動條件的惡劣、貧困和失業。

生產關係適合於生產力發展的社會主義制度，給鑽探設備的發展开辟了廣闊的前途。在我們社會主義制度下，對鑽探設備的主要要求，首先就是要保證多快好省地完成鑽探生產任務，也就是要保證鑽探生產的高效率、高質量，並降低單位進尺的成本。另一重要的要求就是，設備在使用上安全方便、減輕工人的勞動強度和改善工人的勞動條件，並且要節約勞動力。後者在我國當前更為重要。

節約勞動力，提高勞動生產率，是我們國家發展生產的根本性措施，也是對鑽探設備的根本要求。

馬克思曾指出：“無論是個人，無論是社會，其發展、需求和活動的全面性，都是由節約時間來決定的。一切節省，歸根到底都歸結為時間的節省。”^①其實質就是指出了時間對效率或速度的重要性。

鑽探生產率以鑽進速度衡量。一般採用四級鑽速，即機械鑽速、技術鑽速、經濟鑽速和循環鑽速（又稱為台月效率）。它們都表示單位時間內的進尺數，即鑽進速度

$$v = \frac{h}{t}$$

式中 t ——時間；

h ——該時間內的進尺數。

但是，各鑽速包含的時間概念不同：機械鑽速僅包括純鑽進時間，技術鑽速包括升降工序和鑽進工序的全部時間，經濟鑽速包括安裝、拆卸、運輸以外的全部時間，循環鑽速包括鑽一個鑽孔所需要的全部時間。

以下幾節中，將着重分析影響鑽進速度的時間因素，說明縮短各個時間的措施，並依

① 馬克思：1857—1858年經濟學手稿之一“貨幣論”，“馬克思恩格斯文庫”，俄文版第四卷，第117—119頁。

此找出鑽探設備進一步的發展方向和措施。

2—2 為提高機械鑽速對鑽探設備提出的要求

機械鑽速：

$$v_{\text{机}} = \frac{h}{t_{\text{机}}} \text{米/小時} \quad (2-1)$$

式中 h ——進尺數，米；

$t_{\text{机}}$ ——純鑽進時間，小時。

為了提高機械鑽速，必須：

- 1) 正確的選擇鑽進方法，擬訂合理的鑽進規程。這是屬於鑽進工藝方面的問題。
- 2) 保證最優規程的實現。這在很大程度上決定於鑽探設備。

鑽探工作的特點，一方面在於鑽進規程的日益提高；另一方面鑽進是在孔底進行，其過程複雜而且是經常變化着的。因此，對鑽探設備（主要是迴轉給進系統）就提出了比較高的要求。

最主要的是：

1) 應該能及時反映孔底情況，為此就需要鑽探設備有足夠數量的檢測記錄儀表，以便測量、記錄鑽進過程和鑽進規程（如：測量和記錄壓力、沖洗液量、轉矩、轉數、進尺和鑽速的儀表等）；

2) 迴轉器和給進系統在技術特性方面要能滿足鑽進規程的要求，而且便於準確地調節和保持合理鑽進規程。最好能夠合理的實現規程的自動控制。

在提高機械鑽速方面，合理地使用和改进鑽杆、深孔中採用孔底鑽進機械（孔底發動機）鑽進也是很重要的問題。

2—3 為提高技術鑽速對鑽探設備提出的要求

回次鑽速與技術鑽速的概念

我們把每次提升鑽具、更換鑽具和鑽頭、下降鑽具、鑽進，一直到下次提升鑽具前為止，整個過程叫做一個“回次”。該回次過程中所需的時間和進尺分別稱為“回次時間（ $t_{\text{回}}$ ）”和“回次進尺（ h ）”。回次鑽速 $v_{\text{回}}$ 可以下式表示：

$$v_{\text{回}} = \frac{h}{t_{\text{回}}} \text{米/小時} \quad (2-2)$$

鑽進整個鑽孔或某一段鑽孔，是由若干個“回次”組成的。技術鑽速是表示鑽進整個鑽孔或某一段鑽孔的平均回次鑽速：

$$v_{\text{技}} = \frac{\sum h}{\sum t_{\text{回}}} \cdot 720 \text{米/台月}$$

或

$$v_{\text{技}} = \frac{H}{T_{\text{技}}} \cdot 720 \text{米/台月} \quad (2-3)$$

式中 H ——孔深或鑽進深度，米；

$T_{\text{技}} = \sum t_{\text{回}}$ ——總回次時間，小時。

組成回次过程的最繁重的工序，几乎完全借助于鑽探設備完成。因此，整个鑽探設備的完善程度直接影响了回次鑽速和技术鑽速的高低。

回次時間的組成

回次時間包括：

- 1) 純鑽進時間；
- 2) 升降工序時間；
- 3) 輔助工序時間。

为了提高技术鑽速，应该在提高机械鑽速的基础上，力求縮短升降工序時間和輔助工序時間。

輔助工序時間中，有些是与設備关系不大的，例如：投砂、卡取岩心、冲孔等；有些是与設備的完善程度有关的，例如：

1) 立軸式鑽机中松紧卡盘、倒立軸時間，在机械鑽速日益增高的情况下，这个時間占的比重日益增高；

2) 提升鑽具前和下降鑽具后的开合立軸箱或移动鑽机所需要的時間；等等。

从鑽探設備方面講，我国目前不少单位，采用轉盘式鑽机代替立軸式鑽机、改进卡盘用主动鑽杆鑽進、設計制造不停鑽倒立軸的机构和新結構的卡盘、自动移动鑽机的机构等等措施，对于縮短上述輔助時間很有好处。

升降工序時間 ($T_{\text{升降}}$) 实质上是非生产時間。这个時間在回次時間中所占的比重很大；随着机械鑽速的提高，孔深的增加，升降工序時間所占的比重也将更加增高。因此縮短升降工序時間是提高技术鑽速的关键。

我們將整个升降工序的过程分析一下，不难看出：升降工序時間主要是由机动時間 ($T_{\text{机}}$)、手动和机手动時間 ($T_{\text{机手}}$) 組成的。

图2—1是 3HΦ-1200A 型鑽机在不同孔深下所消耗的机动時間 ($T_{\text{机}}$) 与手动和机手动時間 ($T_{\text{机手}}$)。

机动時間 $T_{\text{机}}$ 是指提升鑽杆柱、下降鑽具时提升空提引器所需要的時間。这个時間內发动机是有負荷的。在升降工序时

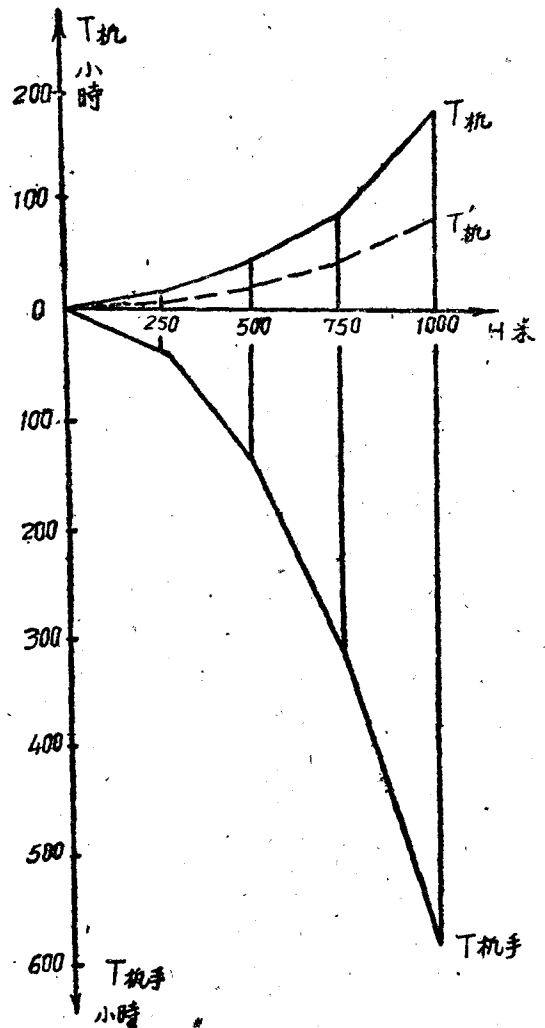


图 2—1 3HΦ-1200A 型鑽探設備鑽進时，机动時間 ($T_{\text{机}}$)、手动与机手动時間 ($T_{\text{机手}}$) 鑽孔深度 (H) 的关系 (数据是理論計算得到的)。

孔深 $H=1000$ 米；立根长度 $l=18$ 米；平均回次進尺 $h=2$ 米；实线—发动机功率为 40 瓩；虚线—发动机功率为 80 瓩。

間中机动時間約占15—20%左右。

手动和机手动時間 $T_{机手}$ ，大多是人力和简单的机械完成的。它在升降工序時間中約占60—70%。可見，尽力縮短手动和机手动時間是縮短升降時間的主要环节。

縮短机动時間的途径

在实际鑽探工作中可以明显地看出，升降工序中机动時間主要取决于，

1. 孔深 (H)；
2. 回次进尺 (h)；
3. 提升速度 (v)。

当 h 和 v 一定时，通过理論分析可以得到下列关系：机动時間

$$T_{机} = \frac{H^2}{2hv} \quad (2-4)$$

实际上 h 和 v 是变化的，因此实际計算公式要复杂。但是上式可以給出机动時間与其影响因素之間的大致的关系。

从公式 2—4 和图 2—1 中，都可以看出，随孔深 H 的增高，机动時間将急剧地增多，但是目前孔深实际上又是逐年增高的。因此，通过其他办法縮短机动時間就显得十分重要了。

随回次进尺 h 的增高，升降次数将正比地减少。因此，采取各种措施在不影响鑽进质量和效率的前提下提高回次进尺可以显著地縮短机动時間。我国当前合理地扩大无岩心鑽进的采用范围，改进磨料和鑽头的耐久性等对于增高回次进尺具有很大意义。

与鑽探设备密切相关的是提升速度問題。影响提升速度的主要是立根长度和发动机功率。

提升一个立根的过程中，速度并不是恒定的，其变化情况如图 2—2 所示。其中加速期 t_1 和制动时的減速期 t_3 分別約为 1.5—2 秒。稳定运动期，提升速度阶段式地增大，这是因为鋼繩在卷筒上纏繞的层数增多，因而圓周速度增高的緣故。随立根长度的增高，提升一个立根过程中的平均提升速度可以增高；随发动机功率加大，加速期和減速期将縮短。这两个措施都可以降低机动時間，但是效果并不明显。

我們知道，提升載荷、提升速度与发动机功率間有下列关系，

$$Qv = 75N\eta \quad (2-5)$$

式中 Q ——提升載荷（鑽具重量），公斤；

v ——提升速度，米/秒；

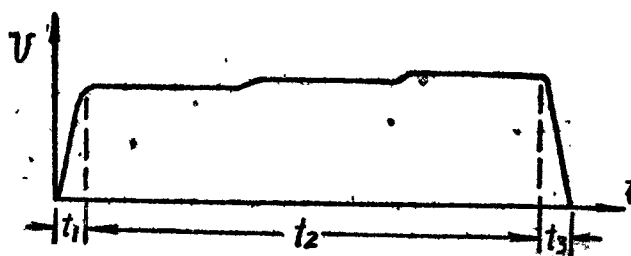


图 2—2 提升速度变化情况

t_1 —加速期； t_2 —稳定运动期； t_3 —減速（制動）期。

N ——提升所需功率，馬力；

η ——传动效率。

提高发动机功率，可以提高提升速度，降低机动时间；但过高地增高反而会加大设备重量和尺寸，同时提升速度过高也不安全。

实际在提升工序中，鑽具重量是变化的，发动机功率远未被充分地利用。因此，在发动机功率一定的条件下，提高发动机功率利用系数是降低机动时间最重要的措施。最理想的是随鑽具重量 Q 的改变相应地改变提升速度 v ，使 Qv 永远保持为一常量：

$$Qv = 75N_0\eta = C \quad (2-6)$$

以卷筒扭矩 M 和轉速 n 代替 Q 和 v ，可以得到：

$$Mn = 716.2N_0\eta = C \quad (2-6A)$$

上述关系如图2-3中实线所示。

能符合上述要求的是无级变速装置，目前无级变速装置有机械、液力、电气和气动式的。其中液力无级变速装置——涡轮变矩器优点比较多，苏联和其他国家已在石油鑽井和一些新式地质鑽探设备中应用。

目前鑽探设备中应用最广泛的是有级变速装置——变速箱。采用合理的变速箱，也可以保证比较充分地利用发动机的功率，图2-3中虚线表示出了用三速变速箱时，提升载荷与提升速度关系。

缩短手动与机手动时间 $T_{机手}$ 的途径

从图2-1中可以看出，升降工序中手动与机手动时间 $T_{机手}$ 最多；而且在这时发动机大多是空轉。因此，无论采用了多么好的变速装置，实际上的功率利用系数仍然是很低的。

从图2-1中还可看出，当发动机功率由40千瓦增加到80千瓦时，机动时间可降低（图2-1中的虚线 $T_{机}'$ ），但是手动与机手动时间 $T_{机手}$ 仍未降低。采取这种措施仅能缩短升降工序时间的13%。

由此可见缩短手动与机手动时间是最重要的。

手动与机手动时间 $T_{机手}$ ，决定于鑽完一个鑽孔总的升降立根数 K 和升降一个立根所需之手动与机手动时间 $t_{机手}$ 。当回次进尺 h 为常量时，可以得到下列关系：

$$T_{机手} = K \cdot t_{机手} \quad (2-7)$$

升降的立根数：

$$K = \frac{H^2}{2hl} \quad (2-8)$$

式中 H ——孔深，米；

h ——回次进尺，米；

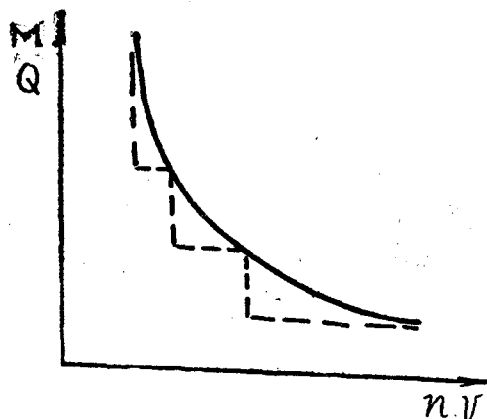


图 2-3 提升速度 (v) 或卷筒轉速 (n) 与提升载荷 (Q) 或卷筒扭矩 (M) 间的关系

实线——采用无级变速装置充分利用发动机功率的情况；
虚线——采用三速变速箱的情况。

l ——立根长度，米。

孔深与回次进尺对 $T_{机手}$ 的影响和对机动时间 $T_{机}$ 的影响是一样的。

立根长度 l 增大，鑽一个鑽孔升降的总立根数 K 减少，因而 $T_{机手}$ 可减少。

图2-4表明了立根长度 l 对升降的总立根数 K 的影响。随立根长度 l 增加，立根数 K 将减少，但 l 继续增大， K 减少得并不显著，可见 l 有其最优值（如图中 B 点所决定的最优立根长度 $l_{优}$ ）。最优立根长度 $l_{优}$ 还与孔深 H 和回次进尺 h 有关，如图中的 B_1 和 B_2 点。

确定最优立根长度还应该考虑到：立根长度过长立根将失掉其稳定性，并且也不便于进行拆卸，立根长度增加，鑽塔高度和鑽塔成本也增高，安装、拆卸、运输都将比较困难。

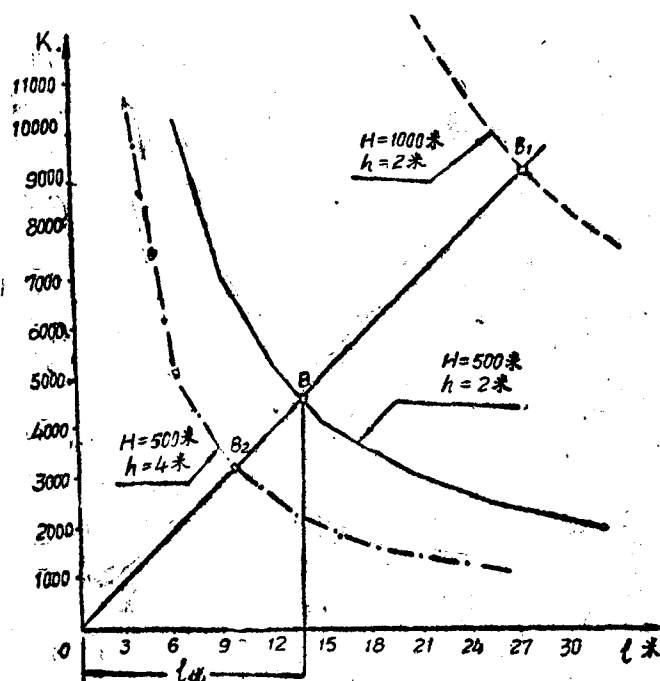


图 2-4 立根长度(l)对鑽完一鑽孔所升降的总立根数(K)的影响

升降一个立根中手动与机手动时间，与设备的完善程度尤其是操縱系統的完善程度有关。

从实际生产中体会到，升降过程中，工人要不停地频繁地操作各种手柄，这样工人很易疲劳，而且会降低生产率。因此操縱系統的完善程度，尤其是其自动化程度对縮短 $T_{机手}$ 有很大意义。

表 2-1

工 序 名 称	下 降 时		提 升 时	
	占下降一个立根总时间的百分比	占总鑽探工作时间的百分比	占提升一个立根总时间的百分比	占总鑽探工作时间的百分比
拆卸鑽杆	31	4.4	20	2.8
摘挂提引器	15	2.1	13	1.8
摆移立根	14	2.0	5	0.7

手动与机手动工序中，例如摘卸鑽杆、摘挂提引器、摆移立根等工作，所占的时间相当多。从上表实际统计数字中可以明显看出这个问题。

上述工作目前大多由人力完成，不仅效率低，而且最繁重。因此，使这些工序实现机械化和自动化，以及从设备和劳动组织方面解决有关工序平行作业问题，对于提高效率、改善工人劳动条件、节约劳动力等等，具有巨大意义。

2—4 为提高经济鑽速对鑽探设备提出的要求

经济鑽速：

$$v_{\text{經}} = \frac{H}{T_{\text{經}}} \cdot 30 \text{米/台月} \quad (2-9)$$

式中 H ——孔深，米；

$T_{\text{經}}$ ——自开鑽起至封孔止所需之全部时间，日。

$T_{\text{經}}$ 中包括：

1. 回次时间，前节已分析过了；

2. 特种工作时间：测斜、止水、鑽孔水文观测、起拔套管、封孔等等，这是工艺上必须进行的。

3. 停歇时间：如，孔内事故，机械事故，机械定期维修，设备配备以及劳动组织不完善造成的停歇等。

为了提高经济鑽速，应该在提高回次（或技术）鑽速的基础上，力图缩短特种工作时间和停歇时间。与设备关系最密切的是停歇时间。为了缩短停歇时间，鑽探设备应该保证：1）生产的可靠性；2）设备配备齐全；3）检修的方便性。

保证生产可靠性的措施

1. 过载限制器：

鑽进过程中，发动机、鑽机的迴转部分和迴转中的鑽杆，具有很大的动能；轉速最高的发动机，具有的迴转动能最大。当孔底发生卡鑽、埋鑽等故障，鑽杆突然停止迴转的时候，迴转动能将变为鑽杆的扭转变形位能，而产生扭转冲击作用，结果可能使鑽杆折断。为了防止这种现象发生，在发动机至鑽杆的传动装置中，应该装有过载限制器。属于过载限制器的，主要是摩擦离合器、涡轮联轴器、涡轮变矩器等。旧式鑽机靠皮带打滑起保护作用，但是不可靠。

2. 检测记录信号保护仪器和装置。

指示和记录孔底压力、泵压、轉速、发动机、电流、扭矩等仪器，可以指示出鑽进情况，从而可以保证工人及时发现异常情况，并及时采取措施，预防事故的发生。

装设信号保护装置，可以保证在异常情况下，及时发出信号或者自动起到保护作用。例如，提引器高度限制器、安全阀、继电器等等。

3. 重复机构：

例如，3ИФ-300型鑽机的絞車，当发动机或某些传动装置损坏时，可以在絞車軸端套上专门手把，手动提升，这就可以及时预防孔内事故的发生。3ИФ-650A型鑽机中除有机动油泵外，还有手动油泵。

采用两台以上的发动机和泵，在石油鑽井中很广泛，这也具有重复机构的性质。当一