

297

岩 心 钻 探 机 械

第 一 分 册

广 西
四 川 地 质 技 工 学 校 合 编

地 质 出 版 社

040079

P634.3
0147.1

地质技工学校试用教材

岩 心 钻 探 机 械

第一分册

液压传动基础

广西
四川地质技工学校 合编

地质出版社

内 容 简 介

本书是地质技工学校钻探专业学生学习《岩心钻探机械》课程的试用教材。全书分三篇共十章：第一篇较详细地介绍了液压传动的理论基础、常用的液压元件工作原理和液压基本回路；第二篇较详细地介绍了常用的岩心钻机，对我国“六·五”期间推广的地质钻探新技术中部分新型钻机，水文、水井钻机和全液压钻机也作了简要的介绍；第三篇较系统地介绍了泥浆泵、钻塔、地质管材、钻探机具及设备安装。

本书也可供从事岩心钻探生产的工人、技术人员和管理干部参考。

地质技工学校试用教材

岩心钻探机械

第一分册

液压传动基础

广西地质技工学校 合编
四川

责任编辑：徐一喙

地质出版社出版

（北京西四）

地质出版社印刷厂印刷

（北京海淀区学院路29号）

新华书店北京发行所发行·全国新华书店经售

开本：850×1168 $1/32$ 印张：6 $1/16$ 字数：168,000

1984年11月北京第一版·1984年11月北京第一次印刷

印数：1—10,710册 定价：1.20 元

统一书号：15038·新1077

前 言

七十年代末，由长春地质学校主编的《岩心钻探工人读本》一书，对提高钻探工人的理论水平和实际生产技能起了良好的作用。不少地质技工学校钻探专业一度作为课本使用，也收到较好的教学效果。

随着时间的推移，技术的进步，在钻探工艺和钻探设备方面，都有了较大的发展，对钻探技术工人的要求也在不断提高。结合各地地质技工学校的教学实践，地质矿产部劳资司培训处组织了云南、四川、湖南、江西和广西五所技工学校重新编写《岩心钻探工艺》和《岩心钻探机械》两书，拟作今后各地地质技工学校钻探专业试用专业课教材。

《岩心钻探机械》是四川和广西两所地质技工学校在《岩心钻探工人读本》的基础上作了较大的增删而重新组编的。全书分三篇，共十章：第一篇介绍液压传动基础，包括液压传动的流体力学基础及液压传动各部件、元件的工作原理，结构特点和基本计算以及液压传动的几种基本回路，第二篇介绍岩心钻探机械及水文、水井等钻探机械，第三篇介绍泥浆泵、钻塔、管材与机具以及钻探设备的安装。总学时为158，其中讲授136学时，实习16学时。参加本教材编写的有四川地质技校张隆举，广西地质技校吴卓贵。参加本教材审定的有吉林地质局探矿处王贵和，吉林地质局第六探矿公司张芝茂、陕西地质技校祖德生、江西地质技校黄尚德等同志。绪论由地质矿产部探矿工程装备工业公司杨子燮同志最后审定。

本教材编写过程中得到中南矿冶学院李焕达老师和长春地质学校梁人祝老师的指点，重庆探矿厂提供部分资料，在此一并致谢。

由于编写时间仓促、资料收集不够充分，加之编者水平有限，因此，无论在系统性和完整性方面，或者在反映最新科技成就方面，均有不足之处，期望读者提出宝贵意见，待今后修改和定稿时加以订正，以使本书日臻完善，为培养又红又专的钻探技术工人作出贡献。

一九八三年七月十五日

第一分册目录

绪论	(1)
----------	-------

第一篇 液压传动基础

第一章 液压传动理论基础	(11)
第一节 液压传动的工作原理	(11)
第二节 液压传动的优缺点	(12)
第三节 液压传动系统的表示法	(14)
第四节 液压油的性质与选用	(23)
一、液压油的主要物理性质	(23)
二、液压油的主要化学性质	(29)
三、液压油的要求与选用	(30)
第五节 静止液体的力学基本性质	(35)
一、液体静压力及其特性	(35)
二、静水压力基本方程式	(36)
三、静压传递原理(巴斯卡定律)	(38)
四、静液作用在平面和曲面上的力	(39)
第六节 流动液体的力学基本性质	(43)
一、液体流动的基本概念	(43)
二、液体流动的两种状态—层流与紊流	(45)
三、稳定流的连续方程式	(47)
四、稳定流的能量方程式	(47)
五、流经薄壁小孔的流量计算	(50)
第七节 液压系统的阻力损失	(51)
一、沿程压力损失	(52)
二、局部压力损失	(53)
三、总压力损失	(55)

第八节 液压系统的容积损失	(55)
一、两平行板两端无压力差而有相对运动时的泄漏计算	(56)
二、两平行板两端有压力差而无相对运动时的泄 漏计算	(56)
三、两平行平板两端有压力差并有相对运动时的泄 漏计算	(56)
四、同心环形缝隙两端有压力差而无相对运动时的 泄漏计算	(58)
五、偏心环状缝隙两端有压力差而无相对运动时的 泄漏计算	(58)
第九节 液压系统中的热与热平衡	(59)
第十节 液压冲击	(60)
一、液体运动的惯性所引起的液压冲击	(61)
二、执行机构惯性引起的液压冲击	(63)
第十一节 气穴与气蚀现象	(64)
第二章 液压泵、液压马达与液压油缸	(66)
第一节 液压泵和液压马达的概念	(66)
第二节 液压泵及液压马达的基本性能参数	(67)
一、液压泵的基本性能参数	(67)
二、液压马达的基本性能参数	(72)
第三节 齿轮油泵与齿轮油马达	(74)
一、CB型外啮合齿轮油泵	(74)
二、摆线泵	(81)
三、齿轮液压马达	(83)
第四节 叶片泵与叶片油马达	(84)
一、单作用叶片泵的工作原理	(84)
二、双作用叶片泵的工作原理	(85)
三、YB—25 叶片泵	(86)
四、叶片油马达工作原理与结构特点	(86)
第五节 轴向柱塞式油泵和油马达	(88)
一、轴向柱塞油泵工作原理	(88)

二、CY ₁₄₋₁ 型轴向柱塞式油泵	(89)
三、轴向柱塞油泵马达工作原理	(92)
四、ZM ₇₋₁₄ 型轴向柱塞油泵	(93)
第六节 径向柱塞油泵与油马达	(95)
一、径向柱塞油泵	(95)
二、径向柱塞油马达	(97)
第七节 油泵的串、并联	(100)
一、油泵的串联	(100)
二、油泵的并联	(101)
第八节 液压泵和液压马达的使用	(101)
一、使用条件不能超过泵和马达性能所允许的范围	(101)
二、安装时要充分考虑泵和马达的正常工作要求	(102)
第九节 液压油缸	(102)
一、液压油缸的分类与基本结构	(102)
二、液压油缸牵引力与运动速度	(103)
第三章 控制阀及辅助元件	(105)
第一节 控制阀的作用与分类	(105)
第二节 方向控制阀	(105)
一、单向阀	(105)
二、换向阀	(108)
三、三位换向阀的滑阀机能	(111)
第三节 压力控制阀	(112)
一、溢流阀	(112)
二、减压阀	(117)
三、顺序阀	(120)
四、压力继电器	(121)
第四节 流量控制阀	(122)
一、节流口的形式与流量特性	(123)
二、简单节流阀	(125)
三、调速阀	(128)
四、同步阀	(132)
五、单泵单路稳定分流阀	(134)

第五节 阀的油口连接	(134)
一、阀类各油口的作用	(134)
二、阀的连接形式	(135)
第六节 辅助元件	(135)
一、油箱	(136)
二、油管和管接头	(138)
三、滤油器	(143)
四、蓄能器	(147)
五、冷却器	(151)
六、密封与密封件	(152)
第四章 液压基本回路与液压系统简介	(157)
第一节 压力控制回路	(157)
一、调压回路	(158)
二、减压回路	(158)
三、增压回路	(159)
四、背压回路	(161)
五、卸荷回路	(161)
第二节 速度控制回路	(164)
一、节流调速回路	(165)
二、容积调速回路	(167)
第三节 方向控制回路	(172)
一、换向回路	(172)
二、顺序回路	(173)
三、锁紧回路	(173)
第四节 液压系统简介	(175)
一、采用单向行程节流阀实现“快、慢、快”的基本回路	(176)
二、采用调速阀和二位二通阀实现“快、慢、快”的基本回路	(179)
第五章 液压系统的维护与故障分析	(182)
第一节 液压系统的安装与试车	(182)
一、液压系统的安装	(182)
二、液压系统的试车	(183)

第二节 液压系统的维护	(184)
一、防止油液中进入污物	(185)
二、防止空气进入液压系统	(186)
三、防止油温过高	(187)
第三节 液压系统常见故障与排除	(188)
一、泵的故障	(188)
二、溢流阀的故障	(188)
三、系统产生的噪音及振动	(189)
四、快速行程时速度不够	(190)
五、系统爬行	(190)
附 录	
附录一 力学单位制表(公制)	(191)
附录二 常用单位换算	(192)
第一篇 液压传动基础习题	(193)

绪 论

在社会主义现代化建设中，地质工作的主要任务是不断地向国家提供各种矿产资源和地质资料。为探明矿产储量，在各种地质勘探手段中岩心钻探是主要手段之一。本教材将着重介绍和讨论岩心钻探机械及其配套设备的结构特点、工作原理、主要技术性能、型号、规格、使用、维修保养和安装等知识。

一

钻探工作所需的技术装备，我们统称为钻探设备。它包括：

- (一) 钻探机械——钻机、泥浆泵和动力机；
- (二) 附属设备——钻塔、泥浆搅拌机、拧管机、千斤顶等；
- (三) 钻探工具及管材；
- (四) 仪表。

本教材主要涉及钻机、泥浆泵、钻塔、管材和机具等内容。动力机和仪表则由专门课程讨论。

钻探机械是钻孔施工的重要设备。“工欲善其事，必先利其器。”钻探设备的先进程度反映了钻探技术工艺水平的高低，而钻探工艺和钻探方法的发展又促进着钻探机械设备的演变和提高。另一方面，随着科学技术的不断发展和科学技术新成就不断被引进到钻探技术装备中来，也促使钻探设备不断改造、更新和发展。

二

我们伟大的祖国是世界上历史最悠久的国家之一。我国古代劳动人民有过许多创造和发明，对人类作出过许多卓越的贡献。

我国史书、地方志及有关历史文献，多处记载了二千多年来我国劳动人民开凿水井、盐井的史实；距今九百多年，我国古代钻井工艺已经创造了现代盐井、油井、气井的雏形。这些技术发明是我们引为自豪的。但是，近百年来，由于帝国主义的侵略和掠夺，国内封建主义的反动统治，使我国科学技术的发展受到了严重束缚，以致停滞不前。在这种情况下，旧中国没有制造一台自己的钻机，轧出一根自己的钻探管材，更谈不上钻探设备制造业了。

解放初期，我们从旧中国地质机构接收过来的仅有14台半破旧不堪的钻机*。台数虽少，但型号却十分复杂，有美国长年和沙利文型钻机、日本利根、长谷川、大和型钻机等。旧中国钻探事业薄弱到何等程度，便可见一般了。

新中国成立后，随着国家经济建设的发展，地质工作得到了重视，地质勘探事业迅速发展，钻探工作得到了新生。

建国卅多年来，就地质系统钻探设备方面的发展历程，大致可划分为四个阶段。

第一阶段（1952年到1957年）

为了迎接国民经济大发展的需要，必须迅速开展地质勘探工作。在这种情况下，当时没有自己的钻探设备，只好引进国外的。当时引进的有苏制的KAM系列和ЗИВ系列钻机和瑞典的B—3型钻机及其配套设备。这些设备笨重，机械化程度低，性能参数落后，钻进效率低，安全可靠性能差。引进后，我们几经改革，以手轮代替手把，配置不停钻倒杆卡盘，配用拧管机，等等。但仍不能解决其性能参数落后与钻探工艺水平不断提高的矛盾。1957年又引进了苏制ЗИФ系列和瑞典XH—60型油压钻机。这批钻机的投入使用，标志着我国钻探设备从纯机械传动的手把（手轮）给进式开始向半液压传动的油压给进式过渡。

在水文地质、工程地质钻探和凿井设备方面，引进了苏制的YKC系列钢丝绳冲击钻机和ABE—100m汽车钻机。

在这一时期，我国开始建立自己的探矿机械制造厂，培养设

计人才，同时开展了设计仿制工作。

第二阶段（1958年到1967年）

1958年，我们的设计人员开始自行设计和制造钻探设备。XU—600型液压钻机就是这时期研制成功的第一台钻探600m的钻机。与此同时，还先后研制成功了10m，25m，100m，300m和600m等系列产品。

水文地质和水井钻机的研制工作也开始起步，研制成功300m磨盘钻并定型生产。此外，坑道钻机，物探钻机，工程钻机，三缸单作用泥浆泵，管子钻塔，小口径钻具等也先后研制成功，从此结束了钻探设备依靠进口的局面。

第三阶段（1968年到1976年）

这是科研工作遭到大破坏的时期。但我国科技人员克服重重困难，坚持工作，研制成功了人造金刚石钻头、JU—1000型金刚石钻机、争光-10型取样钻机等，使我国岩心钻机向金刚石钻进方向迈出了一大步。

第四阶段（1977年到1982年）

这是钻探设备设计与制造向纵深发展的时期。为适应祖国四化建设的需要，广大科技人员精神焕发，在短短的五年间，使地质钻探设备研制工作及其他各项重大技术研究工作得到全面发展。除原来完成的大口径岩心钻机系列外，又研制了300m、600m、1000m、1500m金刚石岩心钻机系列；水文地质和水井钻机及其他专业钻机也先后被研制成功；岩心钻探设备不仅满足了国内建设需要，还支援了第三世界，进入了国际市场；产品性能和质量不断提高。这些都表明我们对自已的能力和事业充满着信心。

三

各国机械工业趋向生产专业化，机械零部件标准化，这就大大地缩短了机械设备的研制周期。从世界范围看，钻探设备正处在迅速发展的时期。

据不完全统计，目前世界上所用的钻探机械95%以上是机械传动液压给进立轴式钻机。全液压动力头钻机正处在发展阶段，并已占相当比重。从发展趋势看，浅孔及中深孔钻进采用移动式回转器的给进油缸代替升降机的功能，回转器导向滑架代替钻塔，即所谓“无塔”“无升降机”的钻机，在传动和变速方面，扩大了回转器转速和扭矩的调节范围。车装式、拖车式等新型移动式钻探设备发展也很迅速。为了节省钻探工作量，加速勘探周期和提高勘探工作的经济效益，国外往往采用坑钻结合的坑道钻探方法。因而，各种小型坑道钻机也很多。为探索地球的奥秘，新设计、制造的钻机，其钻探深度也在不断突破。澳大利亚《明德利尔》公司的F150型钻机，钻进深度达3500m。JOY公司的“50”型钻机取心钻进深度为4990m。

作为钻探设备主要部件之一的泥浆泵，目前的发展趋势是可调速的多挡变量泵，挡数从2~14挡都有。

钻杆在接头结构、螺纹形式、材质等方面进行了研究，正广泛采用轻质高强度钻杆。

钻探设备发展的另一趋势是操作自动化、自控化、联动化、程序化。利用传感装置将孔底压力、泵量泵压、转速扭矩、瞬时机械钻速、过载警报等信息自行反馈在操作台上，自动显示和记录。用电子计算机处理数据，变成指令，自控与调整钻进参数。电子计算机技术在石油钻探设备上已经使用。岩心钻探最优化的提出，表明了凭经验打钻的时代即将结束，科学打钻的新时代就要到来。

岩心钻探设备的现状与发展，必须与地质勘探工作的现状与发展相适应。设备性能直接影响探矿工程的技术经济指标。对设备提出要求的基本观点是：钻探设备的性能应该满足钻探生产过程的工艺现状及其发展要求。当然，与任何机械设备一样，还要提出一些一般性的制造工艺要求。

根据钻探的基本程序，提出下面五个技术经济指标，作为衡量岩心钻探设备的依据。

〈一〉平均机械钻速 $V_{机}^{**}$

为提高机械钻速，对岩心钻探设备有如下要求：

1. 钻机应有足够的功率，回转器的转速与给进系统的性能参数，能适应现阶段甚至若干年后的钻进方法和钻进规程的要求；
2. 泥浆泵的泵压与泵量关系符合孔内特点，泵压泵量足够，流量均匀可调；
3. 钻机与水泵应配备必要的指示仪表。现代钻机应配有钻压表、转速表、钻速表、扭矩表、泵压表与泵量表。
4. 设备运转（尤其高速运转）稳定性好，震动小，噪音小。

〈二〉技术钻速 $V_{技}^{**}$

为提高技术钻速，要求钻探设备应该具有以下技术性能：

1. 尽可能提高回次进尺长度，减少提钻次数；
2. 适当提高提升速度；
3. 适当增长立根长度和增加钻塔高度，以减少起下立根次数；
4. 确保升降机工作平稳，机械化程度高。

〈三〉经济钻速 $V_{经}^{**}$

提高经济钻速除提高技术钻速外，应力求缩短因设备不完善而造成的停顿和非计划修理时间。因此，要求：

1. 提高设备生产可靠性。设备应有过载保护装置和互锁机构。重要机构要具有重复装置；
2. 配备必需的检查测量仪表和信号装置；
3. 设备配套齐全，结构易于检修。

〈四〉循环钻速 $V_{循}^{**}$

影响循环钻速主要是设备的拆装和搬迁性能。为提高循环钻速，要求设备拆、迁、安性能好，解体性（可拆性）好，最大可拆部件重量轻或有先进的装载方式等。

〈五〉对设备的一般要求

要求设备操纵灵便，易于控制，体力消耗少；工作安全可靠，使用寿命长；尽量实行标准化，系列化，通用化；结构紧

凑，尺寸重量小，外形美观。

以上对钻探设备的五个方面的要求，将提高钻进质量与提高钻进速度结合在一起。

四

本教材为钻探专业的主要课程之一。

钻探机械属工程机械类。近几十年来，液压技术在工程机械中广泛应用，液压技术使钻探机械在适应钻探工艺要求的能力上大大提高，并在很大程度上减轻了操作人员的劳动强度。因此，液压技术成了学习这门课不可缺少的知识。所以本课程增加了液压传动基础一篇，较系统地介绍液压传动的力学基础及液压元件的构造原理及其应用，比过去钻探工程学教程中的内容增加了不少知识。

钻探工艺的不断发展，相应的钻探机械产品也日益增多。为适应发展的需要，又不脱离目前国内普遍使用的钻探机械设备，本课程除重点介绍一些新型号金刚石液压钻机，变量泵、螺杆泵外，也介绍部分目前还普遍使用的钻机和泥浆泵。对国外有代表性的新型设备也适当作些介绍，以扩大知识领域和深化所学的基本内容。

钻探机械是一门综合性的技术课程，学习前必须具备一定的技术基础理论知识，如机械制图，机械基础及工程力学等课程的有关知识，还要求具有一定的钻探施工和钻探工艺的常识。

学习这门课程，要求掌握各类钻探机械的工作原理和结构特点；正确选择、安装、使用和维护保养；掌握一般故障的判断、检查、调整、修理方法。

在学习方法上，应遵循实践——理论——实践的公式。在学会某一理论的结论或分析某一具体问题的方法后，在以后类似的情况下，学会用对比的方法，从中找出讨论对象的共同性和差异性，使自己学到的知识系统化。

钻探机械是一门以使用为主的技术课程，学习本课程必须要结合到另一门专业课——钻探工艺学去思考、分析问题。

最后应强调的是，学习不能习惯于单纯的死记教材内容，而应力求融会贯通。在理解的基础上结合实验或实习，加深认识，发现问题和解决问题。要努力培养自己主动的活泼的学习风气。

*因十五台中有一台无管材等附属设备，只算半台，故称十四台半。

**机械钻速：就一个钻进回次而言，分瞬时机械钻速 $v_{机}$ （瞬）和平均回次机械钻速

$$v_{机} \text{ (瞬)} = \frac{\Delta h}{\Delta t} \quad v_{机} = \frac{h}{t_1}$$

Δh —瞬时钻进深度； Δt —瞬时钻进时间； h —回次进尺； t_1 —回次纯钻进时间。就一个钻孔而言，称平均机械钻速 $v_{机} = \frac{H}{T_{纯}} = \frac{\Sigma h}{\Sigma t_1}$

H —孔深； $T_{纯}$ （即 T_1 ）—纯钻进时间。

技术钻速：就一个钻进回次而言，称回次钻速： $v_{回} = \frac{h}{t_1 + t_2}$ ， t_2 —回次升降辅助时间；就一个钻孔而言，称技术钻速。

$$v_{技} = \frac{H}{T_{技}} = \frac{H}{T_1 + T_2} = \frac{\Sigma h}{\Sigma(t_1 + t_2)}, \quad T_{技} \text{—技术时间； } T_2 \text{—升降辅助时间。}$$

$$\text{经济钻速： } v_{经} = \frac{H}{T_{经}} = \frac{H}{T_1 + T_2 + T_3}$$

$T_{经}$ —经济时间； T_3 —特种工作（测井、止水、冲孔、扩孔）、检修、事故及其他停钻时间。

$$\text{循环钻速： } v_{循} = \frac{H}{T_{循}} = \frac{H}{T_1 + T_2 + T_3 + T_4}$$

$T_{循}$ —循环时间；

T_4 —结束阶段（起拔套管、封孔、拆迁）时间与下孔准备阶段（按装、开孔）时间之和。