

孔内不提钻换钻头钻进

张希浩 编

地 质 出 版 社

孔内不提钻换钻头钻进

张希浩 编

地 质 出 版 社

孔内不提钻换钻头钻进

张希浩 编

*

责任编辑：冯士安

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·各地新华书店经售

*

开本：850×1168¹/₃₂ 印张：5¹/₈ 插图4个 字数：133,000

1987年2月北京第一版·1987年2月北京第一次印刷

印数：1-3,000册 定价：1.90元

统一书号：13038·新374

前 言

不提钻换钻头的设想已经提出多年了,这种设想的目的是在不提出孔内钻具的条件下,将钻头在孔内或以绳索提出孔外进行检查或更换,以降低钻进过程中起下钻辅助作业的次数,增加纯钻进时间,从而提高钻探生产效率。此外,不提钻换钻头还具有其它一些突出的优点,如:便于根据地层条件及时更换钻头;可以降低能源消耗;有利于保护孔壁的安全和减少工人的劳动强度,对钻进超深孔、海洋钻探及高温地层钻进等更具有特殊意义。

在国内外,对不提钻换钻头的研究受到极大的重视并取得了显著的进展。目前,已经研制出数以百计的不提钻换钻头钻具,有一些钻具已在生产中取得较好的钻进效果和经济效益,但大部分钻具尚处于需进一步完善和竞相发展的阶段。可以预料,随着工业水平和钻探技术的不断发展,不提钻换钻头技术将会在钻探或钻井工作中得到广泛的使用。

为了使我国不提钻换钻头的研究能建立在已有成果的基础上,从比较高的起点开始,尽快赶上世界先进水平,本书力图对不提钻换钻头的有关问题进行比较全面的阐述。其中主要涉及各种类型的钻头、钻具的发展和分类;钻具的结构和特点;钻具在钻柱中输送的理论分析以及采用不提钻换钻头可能达到的经济效益等方面的内容。但是由于笔者水平有限,加之编写时间比较仓促,不妥之处殷切希望读者批评指正。

本书在编写过程中得到了多方面的鼓励与支持,张德俊、薛万成等同志为本书提供了极有价值的资料。赵国隆、赵尔信、郭绍什同志对全书和陈纪德同志对本书第四章提出许多宝贵的意见,在此,一并向他们表示感谢!

张希浩

1986年4月于武汉

目 录

绪论	1
一、概述	1
二、不提钻换钻头钻具的基本原理及分类	3
第一章 扩孔翼式可收缩钻具	7
一、扩孔翼式可收缩钻具的产生与发展	7
二、扩孔翼式可收缩钻具的工作原理	13
三、铰链扩孔翼式可收缩钻具	13
1. 铰链扩孔翼式可收缩取心钻具	15
2. 供涡轮钻进用的扩孔翼式可收缩钻具	17
3. 铰链扩孔翼式可收缩式全面钻进钻具	27
四、楔顶扩孔翼式可收缩钻具	31
第二章 拆卸式可收缩钻具	45
一、拆卸式钻具的产生与发展	45
二、完全拆卸式可收缩岩心钻具	51
三、带部分拆卸钻头的可收缩式钻具	60
1. 带中心钻头的部分拆卸式可收缩钻具	60
2. 不带中心钻头的部分拆卸式可收缩钻具	64
3. 适用于石油钻井、水井及其它采取小岩心或全面钻进的 拆卸式可收缩钻具	66
第三章 整体倒转式可收缩钻具	81
一、整体倒转式可收缩钻具的产生与发展	81
二、整体倒转式可收缩钻具的钻头收缩原理	84
三、适合于全面钻进用的整体倒转式可收缩钻具	87
四、适合于岩心钻进用的整体倒转式可收缩钻具	93
第四章 钻进装置在钻柱内的运动	131
一、钻进装置在充满冲洗液的钻杆中下入速度的	

分析与确定·····	131
二、在钻柱内传输可收缩钻进装置的模拟试验·····	134
1. 用试验方法确定阻力系数 C ·····	134
2. 实验的测定方法·····	135
3. 实验结果·····	137
三、钻进装置在钻柱中运动速度的计算·····	145
第五章 不提钻换钻头钻进的经济效益 ·····	148
一、在岩心钻探中采用不提钻换钻头钻进的经济效益	148
二、在石油钻井中采用可收缩式钻具的经济效益·····	152
主要参考文献 ·····	157

绪 论

一、概 述

钻探（钻井）工作者一直十分重视并努力寻求减少起下钻具的非生产时间的办法，目的是为了增加生产时间，降低钻探成本。

在钻探过程中，作为不可缺少的重要工序——起下钻具，不仅费时，而且劳动强度大。自从钻探工作以工业规模问世以来，钻探工作者为加快起下钻速度和改善起下钻条件进行了不懈的努力。在这方面，已经做过的工作主要是在不改变起下钻的基本方式及已有设备及工艺技术的基础上，使起下钻工序进一步完善。如提高设备的提升能力；加大立根的长度以及改进某些机具；使一些用手工操作的工序成为机械化或半机械化操作；改善劳动组织等。这些措施，在一定程度上发挥了积极的作用，但是作为起下钻具的基本方式并没有发生根本的变化。近年来，由于碎岩工具的改进和采用强力钻进规程等措施，钻进中的机械钻速有逐年稳步增长的趋势，而起下钻速度却不能达到与钻进速度相适应的增长，因而起下钻具在钻探生产中所占的时间比例反有逐年上升的趋势，其结果是限制了钻探生产进一步高速度地发展。

自从绳索取心钻进在地质岩心钻探中广泛使用以来，由于减少了取心的提钻工序，结果使起下钻工序所占的时间比例下降了10%左右，从而较大地改善了起下钻工序的现状。但是为了检查和更换钻头，仍需起下钻具，这项工作约占钻探生产总时间的5~10%，其变化幅度取决于钻孔深度和钻头的寿命。在某些坚硬和研磨性较强的岩层中钻进时，更换钻头的次数仍是很频繁的。此外，从孔内起下钻具容易造成不稳定地层的坍塌。因此，从钻

进过程的需要及当前钻进技术的工艺水平出发，采用不提钻换钻头技术将是一项合理的和可行的措施。

不提钻换钻头的设想并非今天才有，它可以追溯到十九世纪末期，不过只有在当今的工艺技术条件下，这种古老的设想才可能转变成为现实。绳索取心钻进的进一步完善，为不提钻换钻头技术的发展奠定了良好的基础。理想的不提钻换钻头钻进将使起下钻次数减少到最低限度，从而使目前的以机械方法破碎岩石的钻进方式达到比较完善的地步，其结果将导致钻进效率的进一步提高，并从根本上改善工人的劳动条件，特别是钻进深度较大的钻孔时，其效果将更为显著。

当前，完善水力反循环连续取心技术是岩心钻进中另一项重要的改进。但从现有的技术水平出发，其钻进深度尚有一定限度（不能钻进深度较大的钻孔）。展望未来，如果这两种技术能结合成为一体，那将使钻探工作的面貌发生极大的变化。

不提钻换钻头的研究工作在—些国家（如美、苏、日、澳等国）已进行了很多年，取得了较大的进展。其目标首先是要使这种方法在孔深大于300m的钻孔中钻进时，能取得明显的经济效益。再者，随着科学技术的发展，为研究地球深部构造及钻采深部矿体需要钻进的超深孔日益增多，若采用不提钻换钻头钻进，不仅会带来更好的经济效益，而且也关系到超深孔能否顺利钻进，因而具有更深远的意义。特别引人注目的是，在通用的金刚石岩心钻进中，对不提钻换钻头装置的研究，取得了较大的进展。目前所取得的成就，不仅是看到了希望，而且已向商业性使用的阶段迈进。为此，一些国家和公司正投入大量的资金加速进行这方面的研究。刘广志总工程师在“迎接三十五周年国庆展望地质钻探未来”一文中指出：我们期望在不久的将来能采用不提钻换钻头。美国长年公司技术经理W. W. 斯文森（SVENDSEN）在他撰写的“钻探装备现代化”一文中也指出：今后的工作目标是孔底换钻头装置，更多的测试仪器，更先进的测量工具以及更安全的工作环境和工作效率更高的设备和钻具。这些都反映了不提钻

换钻头技术的前景和在钻探工作中所处的重要地位。

我国对不提钻换钻头的研究也取得了一定的进展，一些单位所研制的不提钻换钻头钻具在实验室试验和野外试钻中都已获得成功。目前，从事这项技术研究的人数日益增多，可以预料，今后将会取得更大的进展，为钻探工作的现代化做出贡献。

根据不提钻换钻头技术的现状和发展，本书将各种类型的不提钻换钻头钻具按其结构及功能的特点分为三类。并逐类进行介绍和分析，同时还探讨钻进装置在钻柱中输送的有关理论问题和不提钻换钻头钻进方式可能达到的经济效益，以便使读者尽可能得到比较全面的了解。

二、不提钻换钻头钻具的 基本原理及分类

不提钻换钻头是指钻进过程中不需提出孔内钻具而更换钻头的特殊作业方式。目前主要采用收缩式和置换式两种类型的钻具进行不提钻换钻头。

采用收缩式钻具进行不提钻换钻头作业时，全部钻杆（钻柱）不需提出孔外（即所谓不提钻），而孔底钻头可用绳索打捞装置通过钻柱提到地表进行检查或更换。由于钻头是在孔外更换，因此只能称为不提钻换钻头，或通俗地称为绳索打捞钻头，但不能称为孔底换钻头。采用这种方法更换钻头时，钻头需要经常从钻柱内提出或送入，因此对钻头的结构应具有一些特殊要求。首先，当孔底工作钻头因磨损或其它原因需要提出孔外进行检查或更换时，处于工作状态的钻头，可以在液压或机械力的作用下，通过钻头收缩工具的转换，使其由工作状态转变为收缩状态。处于收缩状态的钻头其外径小于钻杆的内径，因而可以从钻杆（同绳索取心用的钻杆）内送入打捞工具，将已收缩的钻头提到孔外。其次，当钻头需要下入孔内时，可采用钻头安装工具，将钻头以收缩状态通过钻柱送入孔底。钻头安装工具在水压或机械力的作用

下使钻头在孔底扩展成工作状态的钻头，并固定于钻杆的底端，进行钻进。

采用可收缩钻具钻进时，可以由孔内提出或送入的部分包括可收缩式钻头及钻头收缩（安装）工具（其中包括弹卡、悬挂、导向、固定及报信等机构），这两部分合称为可收缩钻具的钻进装置。

目前可收缩钻具的型式日益增多，为深入研究方便起见，可根据钻具结构的特点，其中主要是钻头的收缩特点分为三种型式，即：

1. 带可拆卸钻头的可收缩式钻具（简称可拆卸式钻具）

根据钻头的具体结构，此种钻具又分为完全可拆卸式和部分可拆卸式钻具，后者又分为带中心钻头和不带中心钻头的部分可拆卸式钻具。

2. 带扩孔翼和导向钻头的可收缩式钻具（简称扩孔翼式可收缩钻具） 此种钻具又可根据扩孔翼收缩原理的不同分为铰链扩孔翼式可收缩钻具和楔顶扩孔翼式可收缩钻具。

3. 带整体倒转钻头的可收缩式钻具（简称整体倒转式钻具） 此种钻具也可以根据收缩方式的不同分为两类，即：纯倒转整体倒转式可收缩钻具及倒转加旋转的整体倒转式可收缩钻具。

以上三种不同类型的钻具又可根据使用条件的不同分为全面钻进可收缩钻具及取心钻进可收缩钻具。到目前为止，所出现的各种可收缩钻具其结构特征或单独属于以上某种类型或是以上各种类型的组合。

采用置换式钻具进行不提钻换钻头时，钻头及钻杆都不需从孔内提出，钻头的更换只是通过对组成钻头的特殊的切削单元体在孔底置换更新来实现的。因此，这是一种名符其实的孔底换钻头方式。置换式钻具中所采用的钻头是由多个切削单元体组合而成的组合钻头。钻进时，有一个或少数几个切削单元体接触孔底破碎岩石，其它切削单元体则储备于孔底钻具中。当工作切削单元体磨损后，可通过置换装置，在不提出钻具的情况下，由新切削

单元体所置换。由于钻头上切削单元体的数量是有限的。因此，钻头在孔底的可置换次数也是有限的，即采用这种方式只能提高钻头寿命，减少提钻次数，而不能像收缩式钻具那样实现极多次不提钻换钻头方式。因此，只是一种不完全的不提钻换钻头钻具。目前置换式钻具的类型还比较少，所以只能根据钻具的具体结构分为链条式和双钻头式两种。

链条式钻头是一种镶有硬质合金或金刚石切削单元体的链带状钻头。链带的每一个链节是一个切削单元体。其结构有两种；一种是在一个链节上只有一个切削具；另一种是在每一个链节上装一个小型钻头。采用第一种链条式钻头钻进时，有若干个切削单元同时接触孔底，组成一个钻头唇面，破碎孔底岩石。切削单元体磨损后，由链轮带动链条转动，使新链节转动到接触孔底的位置，称为一次置换（如图0—1所示）。如果链带有五十个链节，每次有五个链节的切削具接触孔底，那么这种钻头一共可在孔底置换十次。即钻头寿命的理论值应是切削具（五个）一次工作寿命的十倍，或其不提钻次数可以减少到常规钻头钻进相应进尺所需提钻次数的十分之一。采用第二种链条式钻头钻进时，链条每转动一个链节，即置换钻头一次（如图0—2所示）。链条式钻头目前只能应用于全面钻进。

双钻头是另一种形式的可在孔底置换的钻头。钻头由相互配合在一起的两级单独的钻头所组成。第一级钻头在孔底钻进时，不会造成第二级钻头的损伤。两级钻头在规格方面可保持内外侧尺寸的统一。钻头由粉末冶金方法烧结而成，并采用第二级金刚石胎体的凹凸面与第一级金刚石胎体的内壁精密配合的特殊制造方法。在第一级钻头上安装有能与第二级钻头精密配合的弹簧脚，并由第二级钻头上的弹性圈所固定。钻进中，弹簧脚及弹性圈与内岩心管接触，能稳定地进行钻进。当第一级钻头磨损后，可从钻柱内投入回收夹具。夹具依靠自重下落，到位后利用弹卡机构收缩第二级钻头内的弹簧圈，使第一级钻头从第二级钻头上拉开。同时，弹簧脚及弹簧圈抱住矛头，收缩为能从钻柱内收缩取出的

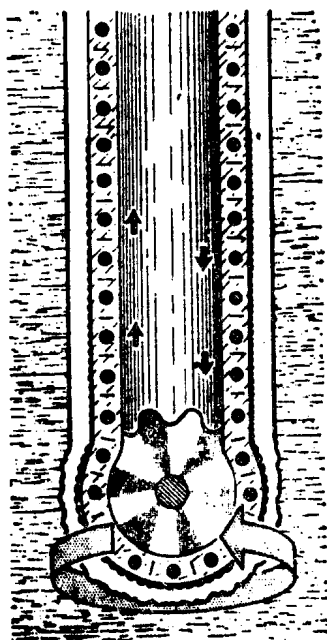


图 0—1 链条式钻头工作原理图

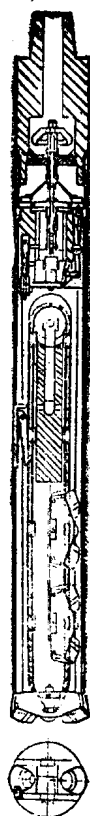


图 0—2 链带式钻具（每一个链节是一个钻头）

状态，然后再下入打捞装置，按绳索取心的方式将第一级钻头提至地表，完成两级钻头在孔底的更换。此时，第二级钻头可代替第一级钻头继续进行钻进。

双钻头是一种取心钻头，其理论工作寿命是常规钻头的两倍，提钻次数可减少一半。

第一章 扩孔翼式可收缩钻具

一、扩孔翼式可收缩钻具的产生与发展

不提钻换钻头的设想几乎是与工业化的钻井技术同时出现的。最早的不提钻换钻头装置是各种型式的扩孔翼式可收缩钻具，这种钻具与早期石油钻井技术相适应，适合于松软地层更换全面钻进用的钻头。其钻进方式是采用以刮刀钻头为前导的钻头钻进，以可收缩的扩孔翼扩壁。1879年在俄国巴库出现了扩孔翼式钻具的专利，由此之后到本世纪初，德、奥、波兰等国相继出现了类似的专利，构成了不提钻换钻头的初期方案。但是由于当时工业技术水平的限制，这些钻具的结构还很不完善。

本世纪四十年代初，苏联M.A.卡别留什尼科夫首次将扩孔翼式钻头与涡轮钻具组合成可由井内收缩取出的不提钻换钻头钻具，如图1—1所示。这种钻具由涡轮系统、扩孔翼（刮刀式）、前导钻头（刮刀式）三部分组成。当扩孔翼收缩后，全部钻具可以由钻柱中提出或送入。当钻具达到钻柱底端时，可以由固定和限位装置对涡轮的定子进行固定及保证转子的旋转，同时也可以防止钻具的轴向移动。扩孔翼以铰链支承，由齿条的轴向

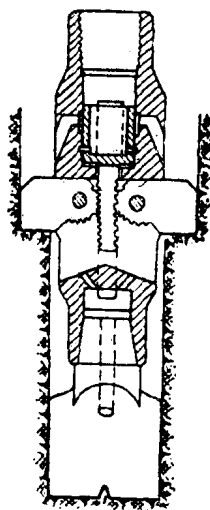


图 1—1 涡轮扩孔翼式可收缩全面钻进钻具

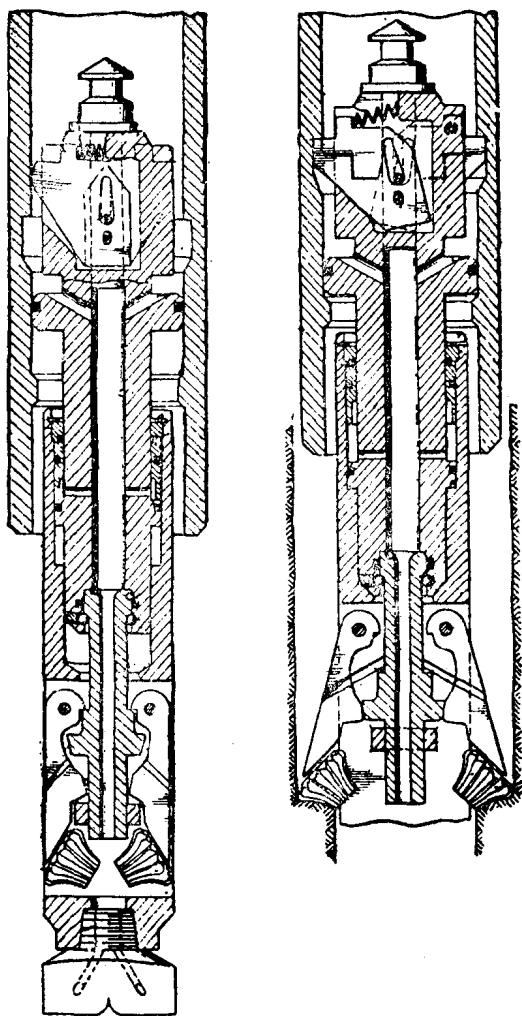


图 1-2 牙轮扩孔翼式可收缩全面钻进钻具

运动带动扩孔翼张开或收缩。通过试验证实，此种钻具可以与涡轮钻具组合进行钻进，并能从钻柱内顺利地收缩和送入。

由于刮刀钻头不适应在坚硬的或软硬互层的岩层中钻进，因

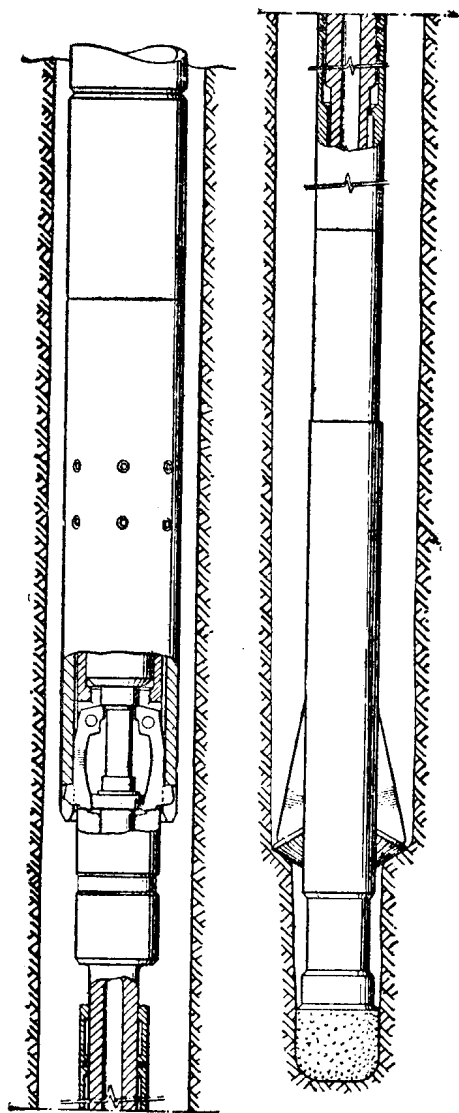


图 1—3 牙轮扩孔翼式全面钻进钻具

而逐步被牙轮钻头所取代。特别是从三十年代以后,出现了自洁式牙轮钻头及带滚珠轴承的牙轮钻头之后,牙轮钻头已发展到能适应各种地层钻进的程度。在这种条件下,可收缩钻头也由刮刀钻头逐步向牙轮钻头过渡。从破碎岩石的角度来看,这种转变无疑是十分正确的。但从孔底更换钻头的角度分析,牙轮钻头的收缩与安装机构比刮刀钻头要复杂的多。因此,可收缩牙轮钻头的出现比一般牙轮钻头约晚10年左右。

1947~1948年苏联卡别留什尼科夫等初试双牙轮扩孔翼可收缩钻具,取得较好的效果。经三年试验,在深度为60~650m井段中钻进数百米,除11个回次有事故和其它故障外,此种钻具的机械钻速比普通三牙轮钻头提高了20%,钻头的消耗减少36~43%。

1961年美国A. W. 卡米诺等设计与上述相似的扩孔翼式钻具,如图1—2所示。该钻具的扩孔翼是由一对由铰链支承的双牙轮所组成,通过带凸块的中心杆沿轴向上下运动,可以挤楔扩孔翼的下端(牙轮部分)扩展和收缩。由于此种钻具的设计出现在绳索取心钻具被广泛使用之后,故其弹卡,限位及悬挂等机构主要受绳索取心钻具的影响,较以前各种可收缩钻具的设计有了很大的改进。

1970~1971年卡米诺等又设计了可以用于水下钻进的两扩孔翼式钻具。这两种钻具都采用牙轮扩孔翼,而主导钻头分别采用刮刀钻头和金刚石全面钻头,如图1—3所示。

从七十年代以来,各国竞相研制各种型式的适合于岩心钻进的扩孔翼式可收缩钻具。1972年美国由澳大利亚明德利尔(MIN'DRILL)公司引进扩孔翼式可收缩钻具的设计,其目的是为了制造一种与现在通用的管材及地面钻进设备相适应的可收缩钻进装置。该钻进装置的样机已试制成功,并在许多钻孔中试钻,总进尺约17,000m左右。目前存在的问题是:钻具的密封质量不好;可收缩机构易卡死;钻具存在较严重的振动;导向钻头的对中以及扩孔翼的结构不够完善等。因此,这种钻具的进一步试验中断了。日本住友金属矿山公司研制成功一种扩孔翼式钻具(钻井者

表 1—1 住友金属矿山公司“钻井者”号钻具的技术规格

(单位: mm)

		4—0	5—6	8—0
孔 径		101.6	146.0	210.0
外 径	外 管	92.0	130.0	194.0
	内 管	88.9	127.0	190.7
内 径		72.8	104.5	168.0
重 量 (kg)		25	63	170

号)。这是一种适合于岩心钻进用的钻具,已初步形成系列供生产使用,其技术规格见表1—1。曾在本州、四国架桥(本四桥)工程中钻进工程地质孔获得成功,其施工现场如图1—4所示。这种钻

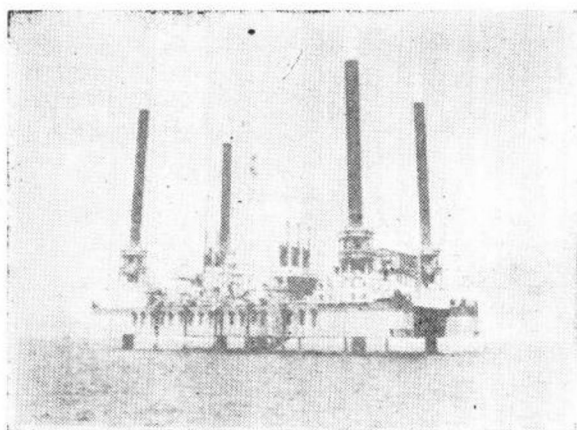


图 1—4 本四桥海上钻探
(采用“钻井者”号钻具钻进)

具的结构比较简单,是一种带中心钻头和铰链式扩孔翼的可收缩钻具,结构见图1—5。苏联1979年设计的嵌入式钻具也是一种铰