

美国石油工程师学会转载丛书之 38

SPE REPRINT SERIES

NO.38

连续油管技术

**COILED-
TUBING
TECHNOLOGY**

北京)

石油工业出版社

Petroleum
Industry
Press

美国石油工程师学会转载丛书之 38

连续油管技术

傅阳朝 李兴明 张强德 等译
李 斌 校

石油工业出版社

内 容 提 要

本书是美国石油工程师学会转载丛书之一，书中叙述了连续油管的操作方法，以及当今石油工业中连续油管技术服务方面的最新信息。这些内容对油田从事工程技术的研究人员来说，具有很高的参考价值。

本书的读者对象为油田工程技术研究人员及相关院校的广大师生。

图书在版编目 (CIP) 数据

连续油管技术/美国石油工程师学会主编；傅阳朝等译。
北京：石油工业出版社，2000.11

(美国石油工程师学会转载丛书：38)

ISBN 7-5021-3175-2

I. 连…

II. ①美…②傅…

III. 连续油管

IV. TE931

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 76294 号

石油工业出版社出版

(100011 北京安定门外安华里二区 号楼)

河北省徐水县印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所发行

*

850×1168 毫米 32 开本 9.25 印张 230 千字 印 1—3000

2000 年 11 月北京第 1 版 2000 年 11 月河北第 1 次印刷

ISBN 7-5021-3175-2/TE·2410

定价：25.00 元

版 权 声 明

本书经由美国 Society of Petroleum Engineers Inc. 授权翻译出版，中文版权归石油工业出版社所有，侵权必究。

连续油管技术

参加本书的翻译人员：傅阳朝 李兴明 张强德 贾连璧
王铁林 刘长松 王青涛 朱景川
范冠信 申梅英 王淑英 王志坚
李明志 姚 伟

本书的校对人员：李 斌

翻译工作量一览表

姓 名	工 作 量
傅阳朝	“连续油管——操作与服务（第一部分）”至“硫酸钡垢的连续油管磨铣、管下扩眼及 Forties 油田的防垢”
李兴明	“过油管封隔作业系统”、“水平井中连续油管生产测井设计”和“不用钻机的完井：一种可缠绕的连续油管内气举系统”
张强德	“连续油管打捞”和“用大直径连续油管重新完井：Prudhoe Bay 油田现场实例讨论”
贾连璧	“连续油管在弯曲井中的螺旋弯曲和锁住”的“一”至“三”
王铁林	“连续油管在弯曲井中的螺旋弯曲和锁住”的“四”、“五”及“符号说明”
刘长松	“配用电动潜油泵系统的连续油管”
王青涛	“得克萨斯州 Pesos 镇 Gomez 油田 20500ft 连续油管速度管柱的设计和安装”
朱景川	“压力气井中 2 $\frac{1}{2}$ in 连续油管的安装”
范冠信	“在 COSO 地热油田利用同心连续油管控制碳酸钙垢”
申梅英	“连续油管在高温井中的修井作业”
王淑英	“用连续油管进行小井眼水平井钻井——一个操作者的经验”
王志坚	“连续油管在北海一个平台报废工程中的应用”的“一”至“四”
李明志	“连续油管在北海一个平台报废工程中的应用”的“五”至“十一”
姚 伟	“连续油管在加里弗尼亚 Kern 郡南 Belridge 油田报废浅层地热井中的应用”

转载丛书委员会

主席：Alexander Sas - Jaworsky II (Conoco 股份有限公司)

成员：Carl Jon Bengt (Precision 管道技术公司)

Charles M. Hightower (Arco 勘探开发技术公司)

Michael H. Weatherl (Chevron 石油技术公司)

Sid B. Nice (Western Atlas 服务公司)

William S. Scott (西南管道公司 Cymax 分公司)

序

这部转载系列丛书之一的连续油管技术一书旨在提供一种操作方法，以及为工程师个人提供当今石油工业中连续油管技术服务方面的最新信息。对于初学的工程师，从这些论文中可获得连续油管技术方面有价值的见解，它可为连续油管服务的设计和完成提供方向。熟悉连续油管技术的有经验的工程师会发现，日常操作应用中本书将是一个有价值的参考工具书。从事研究工作的工程师通过本书可对连续油管技术的需求以及哪些地方还需进一步改进方面快速获得一个总的看法，服务工程师可利用这些论文将他们的知识和经验水平与当今石油工业的知识水平进行对比。

连续油管技术早在 20 世纪 60 年代就已经产生。该技术在其发展过程中遇到了大量的难题，给人们造成这种同心修井系统不可靠的假象。由于早期的性能欠佳所造成的影响，几乎判定了连续油管服务的死刑。然而，服务业和制造业的有力支持肯定了这种作业技术的可行性，并建立了设备和服务的可靠性。

在 20 世纪 80 年代中期以前，有关连续油管技术方面所发表的文献很有限，然而在 80 年代后期和 90 年代初期，发表了大量与连续油管有关的论文，这使丛书委员会很受鼓舞，表明这种技术已被接受。许多新的论文反映了这种技术在过去的发展情况，抓住了早期论文的实质，而另外一些新论文则探索和解释了连续油管技术作为一种特殊服务项目于目前的现状，并将注意力集中在今后还需要做的工作方面。

在论文的审查和选拔过程中，丛书委员会同意考虑所有直接与连续油管技术有关的论文。首先的准则是选拔在连续油管的服务和应用方面最好的和最易理解的。在所审查的 140 篇论文中，20 篇被认为是“最优秀”的论文收录到本书中。这本书是贡献

给所有工程操作人员，用于寻求比较好的和更经济的，完成同心修井服务的方法。丛书委员会希望读者审查现有已发表的关于连续油管技术方面的论文，通过发表新的论文和自由交换意见来促进目前这门技术的发展。

Alexandez Sas – Jaworsky II (主席)

目 录

连续油管——操作与服务（第一部分）	(1)
连续油管寿命模拟	(17)
用连续油管进行人工升举的加利福尼亚海上 Monterey	
地层流动试验	(28)
连续油管——操作与服务（第四部分）	(42)
耐高压差连续油管注水泥新技术在 Prudhoe 海湾的	
应用	(61)
硫酸钡垢的连续油管磨铣、管下扩眼及 Forties 油田的	
防垢	(73)
过油管封隔作业系统	(98)
连续油管在弯曲井中的螺旋弯曲和锁住	(123)
水平井中连续油管生产测井设计	(141)
连续油管打捞	(151)
用大直径连续油管重新完井：Prudhoe Bay 油田现场	
实例讨论	(172)
不用钻机的完井：一种可缠绕的连续油管气举系统	(184)
配用电动潜油泵系统的连续油管	(191)
得克萨斯州 Pesos 镇 Gomez 油田 20500ft 连续油管	
速度管柱的设计和安装	(204)
压力气井中 2 $\frac{1}{8}$ in 连续油管尾管的安装	(214)
在 COSO 地热油田利用同心连续油管控制碳酸钙垢	(225)
连续油管在高温深井中的修井作业	(237)

用连续油管进行小井眼水平井钻井——一个操作者的 经验.....	(247)
连续油管在北海一个平台报废工程中的应用.....	(263)
连续油管在加利福尼亚 Kern 郡南 Belridge 油田报废浅层 地热井中的应用.....	(272)
附录 单位换算表.....	(285)

连续油管——操作与服务（第一部分）

Alexander Sas - Jaworsky II

一、前言

这个课题给出了连续油管的历史及其发展情况，解释了操作的概念，对当今油田所用的与连续油管有关的主要设备和内容作了说明。

自 1963 年以来，各种类型的连续油管就已经应用于石油与天然气工业，但由于许多技术上的不足，这种独特的设备几乎被宣告灭绝。1992 年中期，连续油管工业将庆祝它的第 30 个生日。随着这种新技术在油田各个领域内应用的蓬勃发展，可以打赌，这次庆祝只是个开始。

为了了解连续油管的真正特性，带着“从不说被难住”的态度，连续油管工业已经做出了必要的牺牲和投资。结果，连续油管技术在许多领域取得了进展，包括泵、电缆测井以及甚至裸眼钻井。这种油井服务设备的价值似乎只到现在才被了解。

连续油管系统的操作包括将小直径的连续油管柱连续下入井中，进行井的特殊作业，而不会干扰现存的完井管柱和设备。当作业完成后，小直径连续油管从井中收回，盘绕在一个大的卷轴上以便运输。

与常规连接的管柱相比，连续油管有许多优点，包括节省时间、泵送灵活、流体定位、减少地层伤害以及安全等。随着这一系列的进步，连续油管的许多益处和特殊的优点将变得明显起来。

二、连续油管的发展

现代连续油管起源于 PLUTO 操作（PLUTO 是一个二次世界大战计划中 Pipe Line Under The Ocean 的缩写），主要指 1944

年6月在法国诺曼底的联合登陆。几根长度足以穿过英吉利海峡，内径3in的管线被预先放在4000ft深的部位，管线对头焊接在一起，盘绕在卷轴上，其轮鼓直径为40ft。这些卷轴浮在水里，拖在海底电缆敷设船后，利用浮鼓作为中线支撑，总共23条管线从卷轴放开进入隧道，离岸后被保护，用其输送燃料，支持盟军，维护被占欧洲的解放。在23条管线中，17条约30mile长，其余的6条约70mile长。

在20世纪40年代后期，几个设计用来专门在一定压力下将小直径连续管柱或电缆下入井中的发明获得了专利。之后，各种建议在钻井过程中用连续绕丝软管和连续油管的发明也获得了专利。尽管这些专利在50年代才被授予，但那时没有任何这种设备被制造和测试的记录。

现代连续油管的下管机头设计可追溯到20世纪60年代初期。那时发明了一种装置可使潜水艇在其潜入水下时展开无线电通讯天线至海洋表面。Bowen工具公司(Bowen Tools)研制出了一种垂直的、反向旋转链条牵引装置，叫做“A/N Bra—18A天线传输系统”。它可将一聚乙烯包着的5/8in的黄铜天线从600ft深的水中展至水面。纤维加固的酚醛树脂“鞍形部件”安装在两链的中部，将天线固定在槽形块中，与管柱直径吻合。天线装在滚轴上靠近下管机，以便展开和收回。这种设计的基本原理有助于原型Bowen连续油管下入系统的改进。

1962年，加利福尼亚石油公司和Bowen工具公司研制了第一部“连续油管作业机”样机，用于冲洗墨西哥湾岸区(Gulf Coast)油气井中的砂堵(图1)。原始“1号设备”下管机头设计为一垂直的反向旋转链条驱动系统，用于操作外径为1.315in的管柱和水上高达30000lb的载荷。直径9ft的油管毂和旋转接头安在一起，以便在整个作业过程中能够连续下入油管。首次使用的满毂连续油管是外径为1.315in，50ft一节的合金管对头焊接在一起，然后将这一总长15000ft的油管卷在卷轴上。

1963年中期到1964年，在南路易斯安那内陆和近海油井中

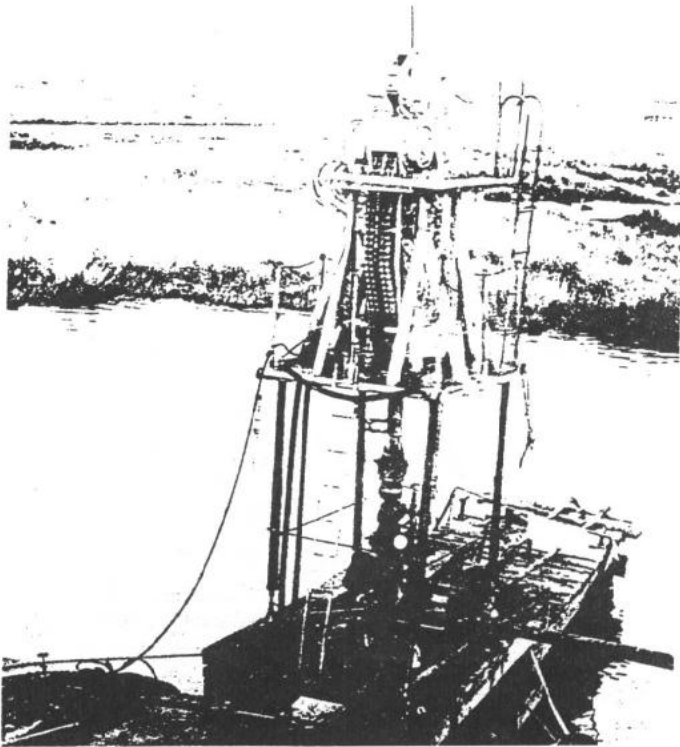


图1 Bowen 工具公司的原始“1号设备”下管机头设计
为一垂直的反向旋转链条驱动系统

对这种设备的性能进行了测试。用这种原始连续油管设备进行的作业包括洗砂和打捞完井管柱中的油管安全阀。加利福尼亚公司卖给路易斯安那 Based 公司的这种设备叫“卷管”。这种设备利用外径为 1.315in 油管成功地进行同轴作业已有好几年。

1964 年，Bowen 石油工具公司 (Bowen Oil Tools) 和埃索公司采用了一种用于油井作业的交替连续油管下入系统 (图 2)。这一修订设计要求连续油管沿槽形轮转动，由一套弧形链滚轴固定。这些“弧形链滚轴”与锻造的鞍形部件结合，类似于 Bowen

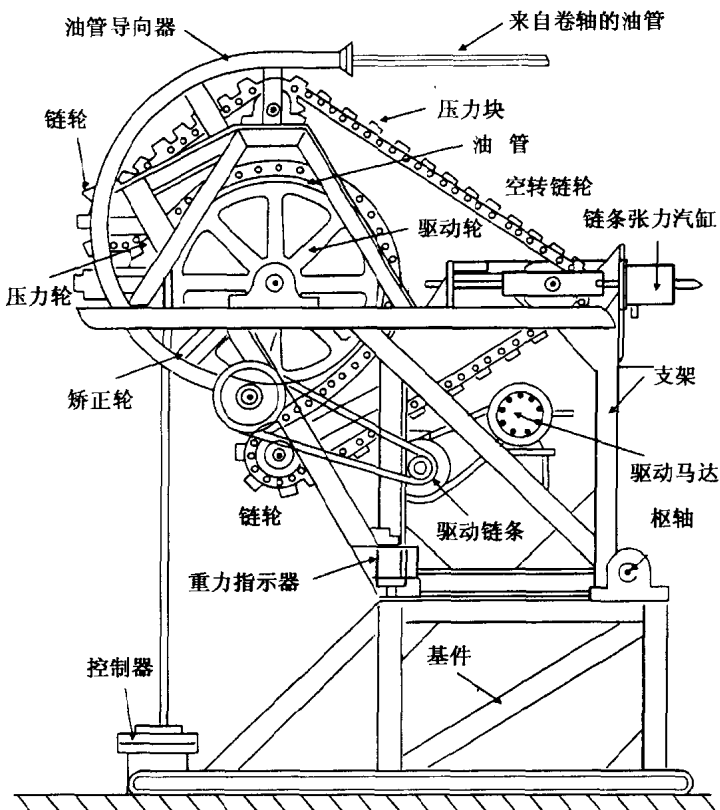


图2 Bowen 工具公司的连续油管下管机头，这个修订设计
要求连续油管完全沿槽形驱动轮运转

式链条，用于防止连续油管脱离槽轮。下入机构由一轻便的液柱支持，将链条驱动机构悬挂在井眼上方。这种设备用于操作 3/4in 的连续油管，并已在几口井中进行了应用，包括陆上和海上的井筒的清洗。

1967年，Bowen 工具公司原始下管机头下部的部件被 Bowen 改进，用来操作 1/2in 的连续油管，并将其出租给

NOWSCO，利用氮对盐水沉淀的井进行反冲洗。由于这种连续油管服务理论的成功，NOWSCO与Bowen石油工具公司签订了12个“5M”连续油管设备的合同，该设备可操作5000lb重的1/2in的连续油管。1968年后期，Bowen研制出了“8M”的连续油管下管机头，这种设备被设计用来操作8000lb重的3/4in的连续油管。

从60年代后期到70年代中期，Bowen工具公司和Bowen石油工具公司对其各自连续油管设备的设计又进行了几项改进。在这期间，石油工业中所用连续油管的外径增加到了1in。70年代初期，这些液压作业设备在油、气井上的应用迅速增加。事实上，200多套连续油管设备都用来冲洗和喷氮服务。不幸的是，用连续油管作业的成功率都不高。随着连续油管设备的发展，其可靠性有限的名声持续了好几年。

70年代末，一些新的连续油管设备制造商出现了，如Uni-Flex有限公司（Uni-Flex Inc.），Hydra Rig有限公司（Hydra Rig Inc.）和Otis工程公司（Otis Engineering）。他们的下管机头的设计类似于Bowen工具公司的设计。Uni-Flex下管机头设计是1975年研制的，它提供了一个改进的鞍形部件链条系统，并加强了驱动马达的性能。Uni-Flex下管机头所吸收的几种设计特性影响着后来大多数连续油管设备制造商们的设计理论。但到了1978年，Uni-Flex有限公司和Bowen石油工具公司所有的连续油管系统的结构研制却停滞不前了。

从70年代末到80年代初，Bowen工具公司，Hydra Rig有限公司和Otis工程公司对连续油管设备的设计和维修计划做了许多改进。这些改进在改善设备性能和地面设备的可靠性方面是很成功的，并大大降低了设备的故障率。

1985年，研制出了一种新的连续油管下入系统（图3）。它可以操作和支撑长达8500ft，外径为3/4in的连续油管。这种下管机头带有一个带槽轮的大驱动轮，类似于Brown石油工具公司的原始下管机，用于驱动连续油管出入井中，但它是用滚轴轮

固定连续油管，而不是弧形链条滚轴驱动系统。这种连续油管后来的改进导致了使用连续油管尺寸的增加和作业深度的增加。

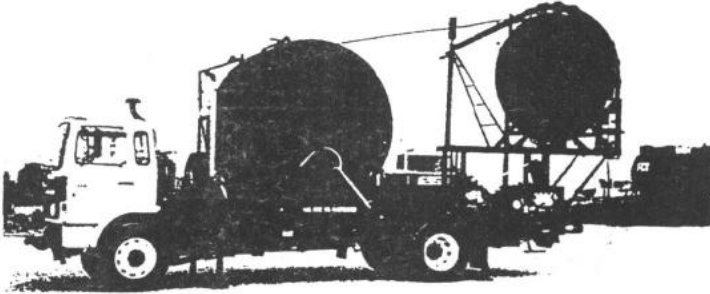


图3 设计用一带滚轴轮的大的槽形轮代替链条驱动的 Fleet Cementer 连续油管设备

尽管地面设备的改进提高了连续油管的可靠性，但最引人注目的改进还是制造连续油管的新方法和引入了质量控制。

三、连续油管设备的设计

有几家制造商为石油行业销售连续油管。当今所用的主要设备是垂直反向旋转链条驱动下管机头。下面描述的设备是用于支持这种下管机头的专用设备部件。

连续油管设备是一种轻便的液动服务系统，被设计成运送和回收与大内径油管 and 套管同轴的连续管柱。目前现有的连续油管尺寸范围外径从 $3\frac{1}{4}$ in 到 $2\frac{3}{8}$ in。连续油管设备的基本部件如下：

- (1) 连续油管下管机头；
- (2) 连续油管卷轴；
- (3) 井口防喷器；
- (4) 液压驱动装置；
- (5) 控制台。

图4是简化了的连续油管设备示意图。下面将讨论各部件的设计和操作。另外有一些示意图将更详细地显示其操作和设计。

连续油管下管机头设计有三个基本功能：

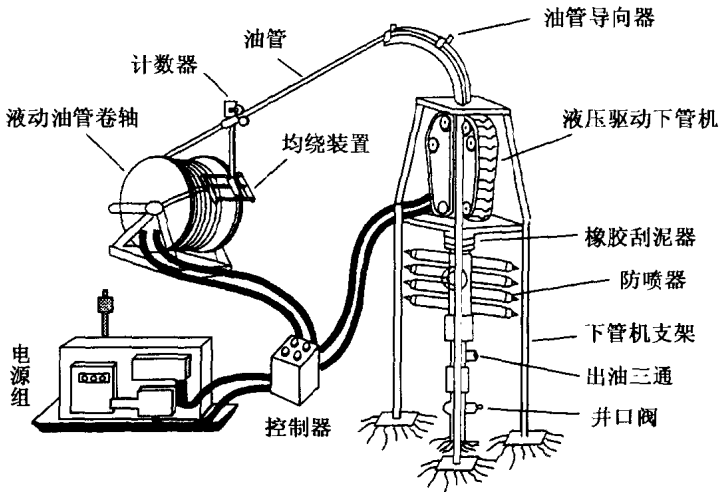


图 4 液动连续油管设备的机械组成

- (1) 为连续油管下井提供推力，以克服井内压力和井筒摩擦力；
- (2) 在各种井况条件下控制连续油管下入速度；
- (3) 承受整个悬挂连续油管的质量。当其从井中起出时，使其加速以达到操作速度。

将连续油管拉紧使其端部开口，用于运送安装在连续油管端部的井下工具和装置。

图 5 表示的是一简化的连续油管下管机头的安装和井口的防喷器。Bowen 石油工具公司连续油管下管机头的剖面图见图 6。它是当今石油工业所应用的最基本的下管机头的代表。连续油管下管机头利用两个反向链轮驱动牵引链操作连续连续油管柱。这种牵引链由反向旋转的液压马达提供动力。这些牵引链和安装在链节两边的鞍形部件装在一起，用于拟合连续油管柱的周边。利用一系列的液压轴，通过链内的鞍形部件向管柱加压，鞍形部件传递建立磨擦驱动系统所需要的压力。