

GUOWAI
SHIYOU
ZUANCAI
GANGGUAN
JIAGONG

·增订版·



国外 石油钻采钢管加工

冶金工业出版社

PDG

11599

国外石油钻采钢管加工

(增订版)

王北明 编



00329262



200426976

冶金工业出版社

内 容 提 要

本书内容介绍国外石油钻采钢管即石油套管、钻管、油管、钻铤和方钻杆的品种、材质以及各种加工工艺和设备,其中包括管端加厚工艺和设备,钢管及其接头热处理工艺和设备,钢管及其接头的机械加工工艺和设备,对焊钻杆生产,钢管探伤及防腐等。介绍的重点是适用于现代石油钻井的高强度钢管的加工工艺和设备,同时还介绍了国外几个主要钢管生产国的石油钻采钢管生产的概况和特点。

本书可供从事石油钻采钢管生产、设计和研究工作的同志参考。也可供石油钻采钢管使用部门的同志参考。

国外石油钻采钢管加工

(增订版)。

王北明 编

冶金工业出版社出版

(北京灯市口74号)

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

850×1168 1/32 印张 11 1/2 字数 305 千字

1975年12月第一版 第一次印刷

1983年3月第二版 第二次印刷

印数4,401~5500册

统一书号: 15062·3944 定价1.45元

增订版序

石油被称为“工业的血液”，它是现代工业、现代农业和现代国防上广泛应用的原料，也是目前世界能源中最主要的一种。汽车、拖拉机、飞机、轮船、内燃机车、火箭、导弹等都离不开石油。而且，以石油为原料所生产的数以千计的石油化工产品，应用于国民经济的各个方面，深入到现代生活的各个领域之中。所以，自从1895年世界上钻成所谓“第一口”油井开始，石油产量不断增长。

油(气)井的钻探和开采都离不开钢管。一般称这种钢管为石油钻采钢管，或者称为油井管。通常石油钻采钢管指的是石油钻杆、石油套管、石油油管、钻铤和方钻杆。对于一口油(气)井的钻采，这几种钢管缺一不可。在各产油国家每年钻井的进尺都在数百万米以上，如果井的平均深度以2000米计算，平均每米进尺的金属耗量以50公斤计算，则每年所需要的石油钻采钢管的数量是相当惊人的。而且，随着钻井采油工业的发展，所需要的无缝钢管数量也随着迅速增加。同时，随着钻井深度的增加，对钢管的强度要求也越来越高。

石油钻采钢管分为普通强度钢管和高强度钢管，另外还有所谓超高强度钢管。普通强度钢管用于浅井钻采，高强度钢管用于深井钻采。所谓高强度钻采钢管，也是相对而言，有低才有高，而且还在不断发展中。如在1942年时，屈服点为38公斤/毫米²级的钢管就被称为高强度钢管，而目前屈服点在50公斤/毫米²以下的钢管已不能满足石油钻采的需要。1958年世界上第一次使用了屈服点为74公斤/毫米²的钻杆，因而创造了钻井世界纪录。而现在已经使用屈服点为95公斤/毫米²或更高的钻采钢管了。目前这种钢管可称之为高强度钢管。按API(美国石油协会)标准规定，N-80、P-105、P-110、C-95、X-95、G-105、S-135为高强度钢管，不久就会将V-150列入标准之中，钢管的强度又将向

前迈进一步；按苏联ГОСТ标准规定，Л、М、Р级为高强度钢管。

高强度就意味着其屈强比(屈服点与强度极限之比)的提高。提高屈强比即意味着提高了材料的可用强度，可以减轻钻杆柱和套管柱的重量。但是，屈强比太高也不好，因为容易引起脆性断裂。

要获得高强度钢管通常有两个途径：一是采用增加合金元素，即采用合金钢的办法来获得；一是用热处理的办法，即采用碳钢或低合金钢通过淬火+回火热处理来获得。显然，采用第一种方法在经济上是不合算的。因此，目前多采用热处理方法来获得高强度石油钻采钢管。

此外，石油钻采钢管的连接也是很重要的。因此，丝扣形式的选择和加工在石油钻采钢管生产中是不可缺少的主要工艺环节，是保证石油钻采钢管的连接强度和密封性能的重要手段。

由此可见，要生产高强度钻采钢管，必须采用适当的热处理设备，制定和掌握高强度钢管的热处理工艺，配备必要的高强度钢管的加工设备(如切管、车丝、矫直等)和检查设备，以及生产适应高强度钢管的管接头等等。

因此，编者收集了国外现代石油钻井采油使用的高强度钻采钢管的加工工艺和设备的一些资料，编写成《国外石油钻采钢管加工》一书，第一版已于1975年出版。

自本书第一版出版以来，整整五年过去了。在这段时间里，世界能源危机还在日益加深，工业发达国家对能源的需求和消耗不断增长。

为了应付能源危机，西方国家加紧了在北海、阿拉斯加、北极圈的石油和天然气勘探。随着勘探开发领域的扩大，钻井数量的增多，钻井深度的增加，因而对钻采用钢管的需要量也大幅度增加，从而促进了石油钻采钢管生产的发展。

近几年来，对石油钻采钢管的需要不仅表现在数量上的增加，而且对钢管的质量也提出了更高的要求。这主要是因为石油

钻采的井深越来越深；向大陆架的海洋开发越来越多；在寒冷地带开发石油和天然气；以及钻采带有腐蚀介质的油气井等等，因此对钢管的要求就更加严格。

在深井钻探时，由于井深（一般超过5000米）、地层温度高、压力大、地质条件恶劣，要求钢管的强度高、耐高温、防腐蚀。而且随着油井深度增加，套管系列的层次增加，要求套管直径增大。

在大陆架的海洋油气井开采时，要求套管、油管要有足够高的强度和螺纹连接的高密封性能，油套管都必须具有抗海水腐蚀的性能，钻杆因采用海水泥浆循环也需要有一定的抗海水腐蚀能力。同时要求使用无磁性的钻铤，使其不受地磁影响，以便测定准确的钻进方向，这点在海洋钻探中非常重要，否则将钻出倾斜度很大的井。

在寒冷地区钻井时，则要求石油钻采钢管具有良好的低温冲击韧性，使其在寒冷地区运输和下井时都不致产生冻裂。

在具有酸性介质的地层钻井时，要求所使用的石油钻采钢管具有良好的抗 H_2S 腐蚀性能或抗酸性介质腐蚀性能。尤其在酸性介质的深井钻探时，更需要钻采钢管的材质具有高强度和抗腐蚀性能相结合的综合性能。

综上所述，对钻采用钢管的材质、强度、抗压溃性能、抗腐蚀性能以及钢管螺纹连接的强度和密封性能等各个方面都提出了新的更高的要求。世界各钢管生产厂为了满足用户对钢管的上述要求，都积极地研制出了各种超高强度的钻采钢管，同时也研制出了各种特殊的螺纹连接型式，以满足高密封性和高连接强度的要求。各钢管生产厂的这些研制都超出了API标准的范围。例如美国钢公司生产的USS-95和V-150钢管，日本住友金属生产的SM-95T和SM-150钢管等等。

因此，为了满足对钢管强度和连接螺纹扣型、精度等要求，近几年来，石油钻采钢管加工的各个工序都有了新的发展。从钢管的材质、热处理技术、螺纹的加工技术和设备，以及钢管的无

损探伤等等，各个方面都有所进步。

为了将石油钻采钢管生产发展中的新技术介绍给我国广大钢管工作者，编者在本书第一版的基础上进行了补充和删改。补充了最新的石油钻采钢管生产技术，删去了比较陈旧和落后的技术。由于编者收集的资料不够全面，在编写过程中难免挂一漏万，欢迎读者批评和指正。

编 者

一九八一年八月

目 录

增订版序	Ⅷ
第一章 石油钻采钢管的品种及材质	1
一、石油钻采钢管的种类及用途	1
二、石油钻采钢管的品种及技术要求	4
三、石油钻采钢管的连接结构	20
四、石油钻采钢管的材质	88
第二章 石油钻采钢管生产	96
一、钢管的生产工艺流程	96
二、石油钻采钢管生产	100
第三章 管端加厚	106
一、管端加厚前的加热及加厚工艺	106
二、管端加厚设备	113
三、加厚工具孔型设计	124
四、加厚缺陷	137
第四章 石油钻采钢管的热处理	138
一、概述	138
二、常化和回火	141
三、淬火和回火	147
四、加热设备和淬火装置	154
五、感应热处理和形变热处理	166
六、管端强化热处理	172
七、对焊钻杆的焊缝热处理	174
八、几条热处理作业线	176
第五章 钢管的定径和矫直	199
一、钢管的定径	199
二、管端定径	201
三、钢管的矫直	205
第六章 钢管的机械加工	210
第七章 管接头生产	224

一、管接头生产工艺	224
二、管接头的机械加工	228
三、管接头热处理	240
四、管接头的镀锌、磷化和镀铜	243
第八章 钢管与工具接头对焊	254
第九章 钢管的检查	267
一、水压试验	267
二、无损探伤检查	270
三、钢管及螺纹尺寸的检查	285
第十章 钢管的防腐与涂漆	303
一、腐蚀的种类	303
二、硫化氢腐蚀及其防止	304
三、钢管涂层	310
第十一章 各国石油钻采钢管生产概况及特点	317
一、日本石油钻采钢管生产	317
二、苏联石油钻采钢管生产	333
三、美国石油钻采钢管生产	341
四、西德石油钻采钢管生产	344
五、法国石油钻采钢管生产	347
第十二章 石油钻采钢管生产的经济效果	349
一、高强度钻杆和套管生产的经济效果	349
二、石油钻采钢管加工设备的最佳负荷	353
主要参考文献	358

第一章 石油钻采钢管的品种及材质

一、石油钻采钢管的种类及用途

在石油钻井中，钢管用于传动钻头旋转；用于在钻探和开采过程中固定井壁，用于将原油从地下取出或者运送到炼油厂。

目前，在石油钻采工业上，钻井主要用两种方式的钻机：转盘式和涡轮式。用得比较广泛的是转盘式。图 1 所示即为转盘式钻机打井结构示意图。

转盘旋转钻的主要设备在井下有钻头和钻杆柱，地面上有动力机（柴油机或电动机）、转盘、井架、吊升系统和泥浆泵等。涡轮钻井的地面设备与转盘式一样，所不同的是在地下的钻头上装有涡轮钻具，用涡轮钻具带动钻头转动，进行钻井。另外还有电动钻井，就是利用电动钻具带动钻头旋转。除此之外，随着石油工业的发展，最近几年还出现了许多新的钻井法，现将这些新钻井法列在表 1 里。

新钻井方法的分类

表 1

类 别	方 法
熔化及气化法 热胀裂法	电弧法、原子法、电加热法、等离子法、电子束法 电解法、强制火焰法、高频电法、感应法、喷焰刺穿法、微波法、特拉喷射法
化学反应法	氟钻井法
机械诱导应力法	连续挤进法、冲蚀法、爆炸法、内向爆炸法、喷丸法、火花法、单级涡轮钻头法、超声波法

不管采用什么样的钻井方法，都离不开钢管。在整个钻采设备中，钢管的价格约占60%。从某种意义上来说，钢管在钻井中起着主要作用。

从打井到采油的主要步骤是：首先打好地坪基础，以便于竖立井架；竖好井架后便开始带动钻头下钻，进行钻井；钻到一定

深度后，将钻杆取出，进行下套管的工作。如此循环到下油层套管为止，然后下油管取油。从打井开始到采油的各工序，都离不开钢管。

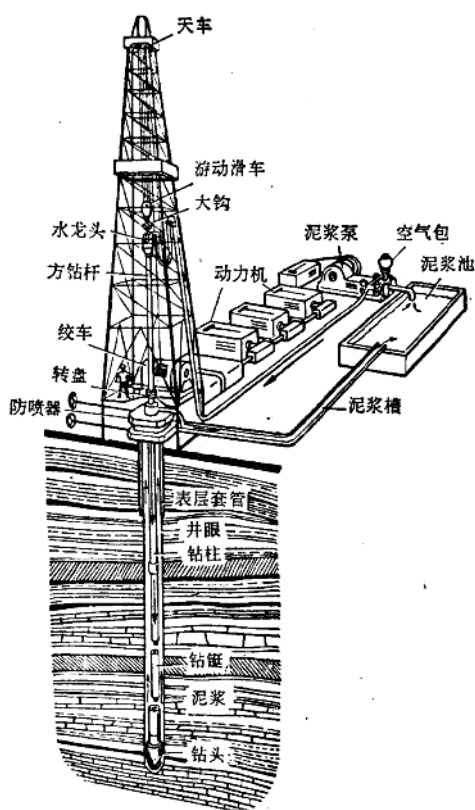


图 1 转盘旋转钻井示意图

按照主要用途，石油钻采用钢管可以分为钻探管、钻铤、方钻杆、套管和油管。在油（气）井的钻探和开采过程中，这几种钢管都要使用。这些单根钢管之间通过管接头用特殊的 螺纹连

接。

钻井时将钢管厂所生产的钻探管用带有螺纹的接头或用焊接的办法连接成几百米或几千米长的钻杆柱。一口深井的钻杆柱往往由3~4种不同外径的钻杆柱组成。越在下面的钻杆柱其外径越小。

钻杆柱由方钻杆、钻杆和钻铤组成。

方钻杆用于传送整个钻杆柱的扭转动力，所以又叫主动钻杆。方钻杆连接在钻杆柱的最上部，它的尺寸大小和转盘中方补心内孔相配合，当方钻杆进入转盘后只能上下移动，而不能左右移动。这样，转盘旋转时，就能带动方钻杆和钻杆柱转动。在方钻杆下面连着钻杆。方钻杆通常为方形或六角形钢管。方钻杆一般壁厚都在40~80毫米范围内。

钻杆是钻杆柱的主要组成部分，其上面连着方钻杆，下面连着钻铤，它的长度一般为6~12米。钻杆的主要作用是传递扭矩，使钻头向下钻进，加深井眼。在钻杆的内孔通入高压泥浆用以冲洗钻头所粉碎的岩石屑，把岩屑排出井口。钻杆是在油井钻探过程中工作条件最恶劣的。它除了承受扭矩之外，还受由管柱本身重量而产生的拉应力，这种应力越往上越大，而且在方钻杆与钻杆连结处应力最大。另外，还有管子和井壁的摩擦等等。由于钻杆工作条件恶劣，所以要求连接强度高。一般钻杆端部丝扣部分均需加厚，而且与接头的连接多采用对焊方式连接。除此之外，近年来随着技术水平的提高已逐渐使用快速接头、无接头钻杆和高强度合金钻杆，以减轻钻杆柱的重量，减少钻杆折断事故的发生。

钻铤又叫加重钻杆，它主要用来增加钻头的配重，掌握钻探方向，加大钻进力。所以钻铤的特点是壁厚、强度大、受压后不易弯曲。

套管是固定井壁用的，和钻杆一样，几十或几百根套管用丝扣或焊接的办法连接成套管柱，一口深井也要用3~4种不同外径的套管柱。靠近井口上部的套管直径较大，下部的套管直径较

小。

根据用途,套管分为表层套管、技术套管和油层套管。一般在地表层的第一层套管叫表层套管,中间的叫技术套管,最后一层下到底的为油层套管。这三种套管的用法如下:当开始钻井时,在钻开了上部表面土地层以后,因这些地层比较松软,容易垮塌。为了保证继续钻进需要下入一层表层套管。表层套管下入后,在钻进中还会遇到各种复杂情况,如井漏、井塌等。当采用调节泥浆和各种措施以后,仍然无法克服,影响继续钻进时,还需要下入技术套管,用以封固复杂地层,保证继续钻进。当钻穿油(气)层以后,为了封隔油(气)、水层,一般都要下入油层套管。

套管上所受的应力主要有:由于套管柱本身重量及注水泥时的压力而产生的拉应力,这种拉应力集中于各套管间的螺纹连接处,越往上越大,到井口应力达最大值;由于在地下数千米深处,套管要承受高达数百个大气压的外部压力,它使钢管压扁或扭曲;还有使钢管胀裂的内部压力。此外,大多数情况下套管处在腐蚀介质中工作。因此,对套管除要求一定的连接强度外,更重要的是要求其密封性能好,同时还要能抗腐蚀和抗压溃。

油管主要用于采取油(气)。油(气)井中的油(气)通过油管导出井外。由于采油时的技术需要,有时通过油管向油层注入高压水或气体,有时还要注酸(盐酸等),即作酸化处理(气井)。因此油管在使用中主要承受管柱本身的自重,以及取油和技术作业时管内油(气)、水、酸的内部压力。

在有酸性腐蚀的油(气)田中使用的油管还要受到腐蚀介质的侵蚀。对油管的要求基本上和套管一样。

二、石油钻采钢管的品种及技术要求

石油钻采用钢管是根据专门的标准或者技术条件来生产的。在标准中明确规定了钢管尺寸(钢管外径和壁厚、钢管长度、接头尺寸)、材料的强度等级、以及钢管和螺纹生产的精度、试验的方法和形式。

国外，钻杆（包括对焊接头的钻杆）、套管和油管大都采用美国石油协会标准API5A、5AX和5AC，如日本、法国、捷克斯洛伐克、加拿大、意大利、西德、英国、匈牙利等等都采用API标准。

苏联的钻杆标准为ГОСТ 631—63，其中规定钻杆为内加厚、外加厚两种，采用细扣连接方式。包括直径60.3~168.3毫米的内加厚管和直径60.3~140毫米的外加厚管。管子壁厚等于7~11毫米。直径60毫米到102毫米时，钻杆长度为6米、8米和11.5米三种。直径从114毫米到168毫米时，长度为11.5米（其中8米允许到25%；6米允许到15%）。

图2及表2所示为苏联ГОСТ631—63规定的钻杆及接头尺寸。

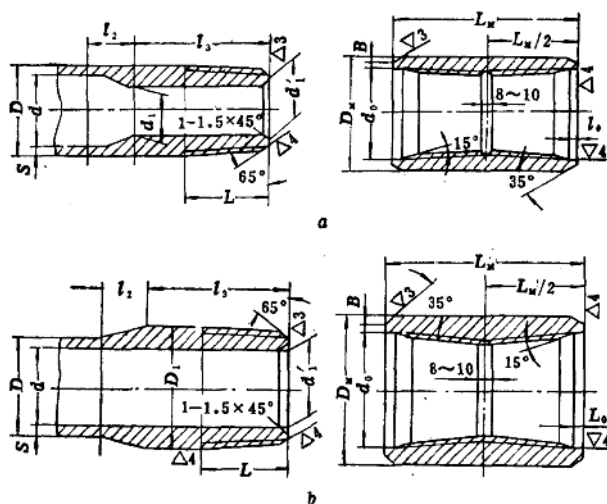


图2 钻杆及其接头的尺寸

a—内加厚管及接头；b—外加厚管及接头

另外，苏联还生产对焊接头的钻杆。钻杆的尺寸示于表3及

苏联ГОСТ631—63规定的

钢管 名义 直径	钢 管										接		
	外径 D	壁厚 S	内径 d	加 厚 端								外 径 D_M	
				外加厚的 外径 D_1	加厚部分的 长度 l_1		过渡部分的 长度 l_2		孔径 d_1				
					内加厚	外加厚	内加厚	外加厚	内加厚	外加厚			
											内加厚	外加厚	
60	60.3	7	46.3	67.46	90	110	40	65	32	40	80	86	
		9	42.3						24	32			
73	73	7	59	81.76	100	120	40	65	45	54	95	105	
		9	55						34	43			
		11	51						28	37			
89	89	7	75	97.13	100	120	40	65	60	69	108	118	
		9	71						49	58			
		11	67						45	54			
102	101.6	7	87.6	114.3	115	145	55	65	74	83	127	140	
		8	85.6						70	79			
		9	83.6						66	75			
		10	81.6						62	71			
114	114.3	7	100.3	127	130	145	55	65	82	94	140	152	
		8	98.3						78	87			
		9	96.3						74	83			
		10	94.3						70	79			
		11	92.3						68	77			
127	127	7	113		130		55		95	104	152		
		8	111						91	100			
		9	109						87	96			
		10	107						83	92			
140	139.7	8	123.7	154	130	145	55	65	105	114	171	185	
		9	121.7						101	110			
		10	119.7						97	106			
		11	117.7						91	100			
168	168.3	9	150.3		130		55		128	137	197		
		10	148.3						124	133			

注：1. 尺寸 l_2 为参考数。2. 尺寸 d_1' 可以等于 d_1 。3. 内加厚管 d_1' 可以比 d 大6毫米

钻杆及接头尺寸 (毫米)

表 2

头								理论重量, 公斤					
长度L。		镗 孔				端面宽B		一米 光管	两加厚端		接 头		
		直径d ₀		深度l ₀					(一根管)				
内加厚	外加厚	内加厚	外加厚	内加厚	外加厚	内加厚	外加厚		内加厚	外加厚	内加厚	外加厚	
140	140	63.5	70.6	3	3	5	5	9.15	1.5	1.5	2.7	2.7	
								11.3					
166	165	76.2	84.9	3	3	6	6	11.4	2.0	2.5	4.2	4.7	
								14.2					
								16.8					
166	165	92	100.3	3	3	6	7	14.2	3.2	3.5	4.4	5.2	
								17.8					
								21.2					
184	204	104.8	117.5	3	3	7	7	16.4	5.0	4.5	7	9	
								18.5					
								20.4					
								22.4					
204	204	117.5	130.2	3	3	7	7	18.5	6.0	5.0	9	11	
								20.9					
								23.3					
								25.7					
								28.0					
204		130.2		3		7		20.7	6.5		10		
								23.5					
								26.2					
								28.9					
215	215	144.5	157.2	3	3	8	8	26	7.5	7.0	14	15	
								29					
								32					
								35					
229		171.5		3		8		35.3	9.5		16.7		
								39					

米。

图3，接头尺寸示于表4及图4。用于对焊的钻杆用Ⅱ级钢制造，而对焊的接头则按ГОСТ1050—74的要求用45号钢制造。

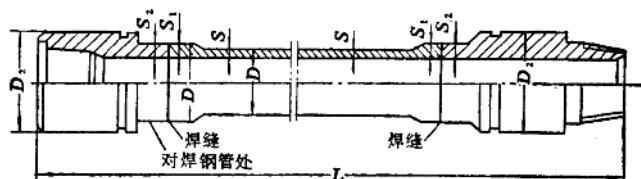


图3 对焊连接的外加厚钻杆尺寸

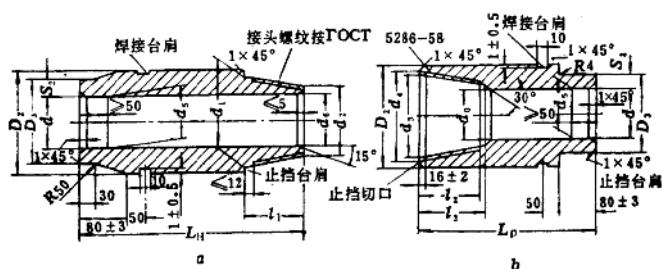


图4 对焊用的接头尺寸

a—公接头；b—母接头

除此之外，苏联还生产高强度和高密封性的钻杆，以ТБHK（锥形密封带的外加厚钻杆）和ТБBK（锥形密封带的内加厚钻杆）为代表。高强度钻杆的尺寸列于表5及图5。

美国API标准中规定的钻杆尺寸范围与苏联标准相似，表6及图6所列API标准规定的钻杆尺寸。钻杆的外径公差：直径101.6毫米以下的钢管为 ± 0.79 毫米，其余为 $\pm 0.75\%$ 。壁厚公差为 -12.5% 。对于钢管长度，API标准规定是，一个车皮里95%以上的长度范围允许变化如下：6米的为5.49~6.71米；8米的为8.23~9.14米；12米的为11.58~13.72米。加厚端的外径公差为 $^{+3.18}_{-0.79}$ 毫米（负公差适用于内加厚钢管），内径公差为 ± 1.59 毫米。加厚端外径的椭圆度公差不大于2.36毫米。