

BOOK & MAN

井下 作业

工程师手册

(第二版)

吴 奇 主编



石油工业出版社

井下作业工程师手册

(第二版)

吴 奇 主编

石油工业出版社

内 容 提 要

本书从井下作业所涉及的设备、工具及技术内容入手,介绍了相应的基本数据、基本图件、基本技术规范、基本设备等方面的知识。内容包括:套管、油管、抽油杆、方钻杆、钻杆、钻铤、管柱容积和环空容积、井口装置与采油(气)树、修井工具、井下泵、井下封隔器及控制类工具、井下作业提升设备及地面工具、井控装置、带压作业机及配套工具、连续油管作业、油田作业用入井材料,以及常用计算公式及单位换算等。

本书可供从事油气田开发生产方面的管理人员、工程技术人员和研究人员,特别是井下作业的工程技术人员以及相关院校师生参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

井下作业工程师手册/吴奇主编. —2版.

北京:石油工业出版社,2017.1

ISBN 978-7-5183-1550-5

I. 井…

II. 吴…

III. 井下作业-手册

IV. TE358-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 253687 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里2区1号 100011)

网 址:www.petropub.com

编辑部:(010)64523562 图书营销中心:(010)64523633

经 销:全国新华书店

印 刷:北京中石油彩色印刷有限责任公司

2017年1月第2版 2017年1月第7次印刷

787×1092毫米 开本:1/16 印张:57

字数:1453千字

定价:198.00元

(如出现印装质量问题,我社图书营销中心负责调换)

版权所有,翻印必究

《井下作业工程师手册》编委会

主 编：吴 奇

副 主 编：张守良 赵捍军 兰乘宇 周新宇

成 员：（按姓氏笔画排序）

马龙海	王 林	王国强	王海军	文志雄
申会芹	兰乘宇	成 永	吕 丰	吕维平
刘玉喜	刘国军	刘 鹏	李云鹏	李 刚
李春红	李 超	李 霞	吴 涛	张学东
张维锋	张 磊	陈玉宝	陈 壮	陈波涛
陈显进	范立华	岳太振	金显鹏	周婷婷
周新宇	赵时光	侯 宇	夏 宏	徐晓宇
殷红雯	唐庆春	曹 刚	熊 超	樊 灵
戴 鲲				

审定人员：（按姓氏笔画排序）

王凤山	王永辉	王志明	冯永泉	朱 峰
刘士军	杨 健	李川东	李 涛	张士江
周理志	胡强法	姜初隼	郭建华	韩永恒
韩新利				

第二版前言

2002年9月石油工业出版社出版发行了《井下作业工程师手册》第一版,这本综合技术手册的出版发行为井下作业工程师们在科研攻关、编写工艺设计和作业现场指导等方面提供了技术参考,深受广大技术人员的欢迎,成为井下作业工程师必不可少的工具书。随着油田深度开发,井下作业已成为油气田勘探开发的重要手段,各种工艺技术不断进步,井下作业所用设备、工具、材料不断更新,为适应井下作业新工艺、新技术的发展,满足广大技术人员的需要,对《井下作业工程师手册》第一版进行了补充和完善。本次修订:一是新增了井控装置、带压作业、连续油管、螺杆泵、修井工具、入井液等章节;二是对部分章节结构调整、整合,并删除不再用的技术内容;三是对新型材料、工具等技术参数及数据进行了补充。通过再版修订,提高了《井下作业工程师手册》的实用性和针对性,可以更好地服务于井下作业系统的广大技术人员和现场人员,本手册将成为井下作业工程师必备的工具书。

本书的编写工作得到了中国石油勘探与生产分公司领导的高度重视与指导,大庆油田、辽河油田、吉林油田、冀东油田、西南油气田、中石油钻井院江汉机械研究所、长城钻探井下作业公司、中国石油大学(华东)、中国石油勘探开发研究院廊坊分院给予了大力支持与帮助,在此表示诚挚的感谢!

由于编者的水平有限,错误和不妥之处敬请读者批评指正,以便进行修改和完善。

编者

2016年5月

第一版前言

随着井下作业工艺技术的不断发展,以及各种井下作业所用设备和工具的不断更新,井下作业工程师迫切需要一本综合技术手册,为他们进行科研、编写工艺设计和作业现场指导提供有关数据和资料,为此,编者在参阅了大量的国内外有关手册、专著、技术标准和产品说明书的基础上,结合油田现场实际,组织编写了此手册。

本手册重点介绍了套管、油管、抽油杆、方钻杆、钻杆、钻铤、石油管、杆、井眼管柱容积,石油管、杆、井眼环空容积,修井工具,井下泵,井下封隔器及控制类工具,井下作业提升设备及地面工具,注水泥,油田作业用入井液,压裂用支撑剂, CO_2 和 N_2 在油田中的应用,连续油管有关数据和资料等方面的内容。本手册的主要特点是根据井下作业现场需要,全面搜集了最新的资料数据,参考了最新发布的国家和行业标准,是一套适用于井下作业工程师及井下作业系统的广大技术人员和现场人员使用的工具书。

该书由吴奇任主编。参加本书编写的有王林、陈显进、刘建新、杨能宇、尹修炬、裴晓含、张书进、赵敏、黄玉波、熊涛、张维平、赵建华、宋立波、刘志胜、张显武、田家祥、吴成龙、董得贵、陈国强、张玉龙、王丽、周丽华、于浩波、樊文钢、杨志鹏、何明、刘进义、王丽敏、刘伟、杨万有、刘永喜、刘加宁、吕文忠、谢建华、宋宇波、汪丽丽、王锐。

在本书的编写过程中,得到了采油工艺老专家万仁溥的指导,得到了大庆油田有限责任公司开发部、采油工艺研究所和通化石油工具股份有限公司的大力支持和帮助,在此谨表谢意。由于编写人员水平有限,缺点和错误难免,恳请读者批评指正。

编者

2002 年 7 月

目 录

第一章 套管	(1)
第一节 套管规范	(1)
第二节 套管接箍规范	(24)
第三节 套管使用性能	(27)
第四节 套管扭矩	(89)
第五节 特殊套管	(100)
第六节 膨胀管	(117)
参考文献	(127)
第二章 油管	(128)
第一节 油管种类	(128)
第二节 油管及接箍规范	(130)
第三节 油管及接箍尺寸、公差和质量	(138)
第四节 油管技术性能	(144)
第五节 油管推荐扭矩	(155)
参考文献	(165)
第三章 抽油杆	(166)
第一节 普通抽油杆	(166)
第二节 空心抽油杆	(181)
第三节 驱动螺杆泵专用抽油杆	(188)
第四节 抽油杆扶正器及防脱器	(190)
参考文献	(194)
第四章 方钻杆、钻杆、钻铤	(195)
第一节 方钻杆	(195)
第二节 钻杆	(199)
第三节 钻铤	(233)
参考文献	(241)

第五章 石油管、杆、井眼管柱容积和环空容积	(242)
第一节 容积计算	(242)
第二节 油管容积	(242)
第三节 连续油管容积	(244)
第四节 套管容积	(248)
第五节 钻杆容积	(251)
第六节 井眼容积	(252)
第七节 油管—套管环空容积	(255)
第八节 连续油管—套管环空容积	(264)
第九节 钻杆—套管环空容积	(282)
第十节 套管—井眼环空容积	(284)
第十一节 钻杆—井眼环空容积	(305)
参考文献	(307)
第六章 井口装置与采油(气)树	(308)
第一节 井口装置与采油(气)树简介	(308)
第二节 井口装置	(315)
第三节 热采井口装置	(325)
第四节 采油(气)树	(328)
第五节 法兰、卡箍和密封垫环	(336)
第七章 修井工具	(359)
第一节 检测类工具	(359)
第二节 打捞类工具	(361)
第三节 切割类工具	(396)
第四节 倒扣类工具	(402)
第五节 套管刮削类工具	(411)
第六节 整形类工具	(415)
第七节 钻、磨、铣工具	(420)
第八节 震击类工具	(435)
第九节 套管补接类工具	(442)
第十节 加固类工具	(446)

第十一节	侧钻类工具	(449)
第十二节	取套类工具	(457)
第十三节	小通径打通道工具	(458)
第十四节	辅助工具	(470)
第十五节	水平井修井工具	(475)
	参考文献	(484)
第八章	井下泵	(486)
第一节	有杆抽油泵	(486)
第二节	螺杆泵	(502)
第三节	潜油电泵	(511)
第九章	井下封隔器及控制类工具	(526)
第一节	封隔器分类及型号编制方法	(526)
第二节	压缩式封隔器	(527)
第三节	水力扩张式封隔器	(558)
第四节	桥塞	(559)
第五节	组合式封隔器	(563)
第六节	特殊用途封隔器	(564)
第七节	控制类工具	(573)
	参考文献	(615)
第十章	井下作业提升设备及地面工具	(616)
第一节	井下作业提升设备	(616)
第二节	地面工具	(643)
	参考文献	(672)
第十一章	井控装置	(673)
第一节	防喷器	(673)
第二节	压井节流管汇	(678)
第三节	液压控制装置	(681)
第四节	内防喷工具	(683)
	参考文献	(685)

第十二章	带压作业机及配套工具	(686)
第一节	带压作业类型及装置	(686)
第二节	油管压力控制工具	(701)
第三节	带压作业施工参数计算	(714)
第十三章	连续油管作业	(718)
第一节	连续油管作业机	(718)
第二节	连续油管设备关键部件	(721)
第三节	连续油管材	(726)
第四节	连续油管专用工具	(755)
第五节	连续油管典型应用	(766)
第十四章	油田作业用入井材料	(776)
第一节	水泥及水泥浆	(776)
第二节	压井液	(786)
第三节	压裂和酸化材料	(788)
第四节	堵水调剖材料	(808)
第五节	CO ₂ 和 N ₂ 在油田中的应用	(816)
	参考文献	(832)
第十五章	常用计算公式及单位换算	(833)
第一节	各种横截面计算公式	(833)
第二节	常用力学计算公式	(836)
第三节	螺纹强度计算	(842)
第四节	圆管紊流沿程水力摩阻计算公式	(845)
第五节	冲砂水力计算	(845)
第六节	堵水参数设计	(846)
第七节	法定计量单位	(847)
第八节	常用单位换算公式	(850)
第九节	井下工艺管柱工具图例	(855)
	参考文献	(867)
附录 A	油气水井井下工艺管柱示意图图例的尺寸比例(资料性附录)	(868)
附录 B	井下工艺管柱工具图例应用示例(资料性附录)	(895)

第一章 套 管

第一节 套管规范

一、API 套管种类

根据 API Spec 5CT(2012) 标准,API 套管种类列于表 1-1-1。其中以 J55,N80 和 P110 钢级套管用量最大。

表 1-1-1 API 套管的种类

分类	种类
钢级	H14,J55,K55,N80,L80,L80(9Cr),L80(13Cr),C90,C95,T95,P110,Q125 (4 组共有 17 个钢级)
外径,in	4½~20(共有 19 个规格)
制造方法	无缝管(S)、点焊管(E)
连接方式	接箍连接、无接箍连接(即直连型)
螺纹类型	短圆螺纹(SC)、长圆螺纹(LC)、偏梯形螺纹(BC)、直连型螺纹(XC)

总的来讲,除 API 标准套管之外,一些非 API 标准套管也得到了广泛应用。这些非 API 标准套管是:超高强度套管、高抗挤套管、低温环境下用套管、耐腐蚀套管、直焊缝(FRW)套管和特殊螺纹接头连接套管。

套管通常是轧制成型的。冷拔套管必须经过适当的热处理。API 套管和有关的制造方法及热处理工艺见表 1-1-2。

表 1-1-2 套管和有关制造方法及热处理工艺(API SPEC 5CT:2011)

组别	钢级	类型	制造方法 ^①	热处理	最低温回火温度,℃
1	H40	—	S 或 EW	—	—
	J55	—	S 或 EW	②	—
	K55	—	S 或 EW	②	—
	N80	1	S 或 EW	③	—
	N80	Q	S 或 EW	Q ^④	—
	R95	—	S 或 EW	Q	538

续表

组别	钢级	类型	制造方法 ^①	热处理	最低温回火温度,℃
2	M65	—	S 或 EW	⑤	—
	L80	1	S 或 EW	Q	566
	L80	9Cr	S	Q ^⑥	593
	L80	13Cr	S	Q ^⑥	593
	C90	1	S	Q	621
	T95	1	S	Q	649
	C110	—	S	Q	649
3	P110	—	S 或 EW ^{⑦⑧}	Q	—
4	Q125	1	S 或 EW ^⑧	Q	—

- ① S—无缝工艺;EW—电焊工艺。
- ② 由制造厂选择,或者根据订单规定进行全管体、全长正火、正火+回火或淬火+回火。
- ③ 全管体、全长热处理是强制性的。由制造厂选择进行正火或正火+回火。
- ④ 包括分级淬火随后控制冷却的方法。
- ⑤ 全管体、全长热处理是强制性的。由制造厂选择产品可进行正火、正火十回火或淬火+回火。当订单上有规定时,产品应进行正火、正火十回火或淬火+回火。
- ⑥ 类型为 9Cr 和 13Cr 钢级的管可采用空气淬火。
- ⑦ 对 P110 钢级电焊管化学成分的特殊要求见表 1-1-5 规定。
- ⑧ 产品应进行全管体、全长热处理。仅对 P110 和 Q125 钢级电焊管才有的特殊要求见 API Spec 5CT;2011《套管和油管规范》中 A.6 SRI1 规定。

此外还有一些特殊钢级材质、用途、螺纹的套管,我们在特殊套管部分介绍。

二、套管的尺寸系列

目前有 99 种 API 标准尺寸系列的套管(表 1-1-3),非 API 标准尺寸系列的套管也有数十种以上,部分非 API 标准套管尺寸系列在特殊套管部分介绍。

表 1-1-3 API 标准套管尺寸

外径 D		壁厚 t mm	内径 d mm	通径 mm	外径 D		壁厚 t mm	内径 d mm	通径 mm
in	mm				in	mm			
4½	114.3	5.21	103.88	100.7	5	127	12.14	102.72	99.54
		5.69	102.92	99.74			12.7	101.6	98.42
		6.35	101.6	98.42	5½	139.7	6.2	127.3	124.12
		7.37	99.56	96.38			6.98	125.74	122.56
		8.56	97.18	94			7.72	124.26	121.08
5	127	5.59	115.82	112.64			9.17	121.36	118.18
		6.43	114.14	110.96			10.54	118.62	115.44
		7.52	111.96	108.78			12.7	114.3	111.12
		9.19	108.62	105.44			14.27	111.16	107.98
		11.1	104.8	101.62			15.88	107.94	104.76

续表

外径 <i>D</i>		壁厚 <i>t</i> mm	内径 <i>d</i> mm	通径 mm	外径 <i>D</i>		壁厚 <i>t</i> mm	内径 <i>d</i> mm	通径 mm
in	mm				in	mm			
5½	139.7	17.45	104.8	101.62	7¼	196.85	15.11	166.63	165.10 ^①
		19.05	101.6	98.42			15.11	166.63	163.45
		20.62	98.46	95.28	8⅝	219.08	6.71	205.66	202.48
		22.22	95.25	92.08			7.72	203.64	200.46
6⅝	168.28	7.32	153.64	150.46			8.94	201.2	200.02 ^①
		8.94	150.4	147.22			8.94	201.2	198.02
		10.59	147.1	143.92			10.16	198.76	195.58
		12.06	144.16	140.98			11.43	196.22	193.68 ^①
7	177.8	5.87	166.06	162.88			11.43	196.22	193.04
		6.91	163.98	160.8			12.7	193.68	190.5
		8.05	161.7	158.75 ^①			14.15	190.78	187.6
		8.05	161.7	158.52	9⅝	244.48	7.92	228.6	224.66
		9.19	159.42	156.24			8.94	226.6	222.63
		10.36	157.08	153.9			10.03	224.4	222.25 ^①
		11.51	154.78	152.40 ^①			10.03	224.4	220.45
		11.51	154.78	151.6			11.05	222.4	218.41
		12.65	152.5	149.32			11.99	220.5	216.54
		13.72	150.36	147.18			13.84	216.8	215.90 ^①
		15.88	146.04	142.86			13.84	216.8	212.83
		17.45	142.9	139.72			15.11	214.25	212.72 ^①
		19.05	139.7	136.52			15.11	214.25	210.29
		20.62	136.56	133.38			15.47	213.5	209.58
		22.22	133.36	130.18			17.07	210.3	206.38
7⅝	193.68	7.62	178.44	175.26			18.64	207.2	203.23
		8.33	177.02	173.84			20.24	204	200.02
		9.52	174.64	171.46	10¾	273.05	7.09	258.9	254.91
		10.92	171.84	168.66			8.89	255.3	251.31
		12.7	168.28	165.1			10.16	252.7	250.82 ^①
		14.27	165.14	161.96			10.16	252.7	248.77
		15.11	163.46	160.28			11.43	250.2	246.23
		15.88	161.92	158.74			12.57	247.9	244.48 ^①
		17.45	158.78	155.6			12.57	247.9	243.94
		19.05	155.58	152.4			13.84	245.4	241.4

续表

外径 <i>D</i>		壁厚 <i>t</i> mm	内径 <i>d</i> mm	通径 mm	外径 <i>D</i>		壁厚 <i>t</i> mm	内径 <i>d</i> mm	通径 mm
in	mm				in	mm			
10¾	273.05	15.11	242.8	238.86	13¾	339.72	9.65	320.42	316.45
		17.07	238.9	234.95			10.92	317.88	313.91
		18.64	235.8	231.8			12.19	315.34	311.37
		20.24	232.6	228.6			13.06	313.6	311.15 ^①
11¾	298.45	8.46	281.5	279.40 ^①			13.06	313.6	309.63
		8.46	281.5	277.5	16	406.4	9.53	387.4	382.57
		9.52	279.41	275.44			11.13	384.1	379.37
		11.05	276.4	272.39			12.57	381.3	376.48
		12.42	273.6	269.88 ^①			16.66	373.1	368.3
		12.42	273.6	269.65	18¾	473.08	11.05	450.98	446.2
		13.56	271.3	269.88 ^①	20	508	11.13	485.7	480.97
		13.56	271.3	267.36			12.7	482.6	477.82
		14.78	268.9	264.92			16.13	475.7	470.97
13¾	339.72	8.38	322.96	318.99					

数据来源:《钻井手册(甲方)》(石油工业出版社,2013)。

① 适用于大多数通用钻头尺寸的通径规直径。

三、套管钢级

套管钢级种类繁多,分为 API 标准及非 API 标准。尤其是非 API 标准,各厂家有较多的种类,现将主要钢级列于表 1-1-4。

表 1-1-4 套管钢级

项目	钢级	
	适用于酸性条件	不适用于酸性条件
API 标准	H40, J55, C75, C90, X52, K55, L80	N80, P110, T95, C95, Q125
非 API 标准	S80, SS95	S95, S0095, S105, V150, S140, S155

四、套管化学成分

套管化学成分见表 1-1-5。

表 1-1-5 化学成分要求(质量分数)

组别	钢级	类型	碳		锰		钼		铬		镍 (最大值)	铜 (最大值)	磷 (最大值)	硫 (最大值)	硅 (最大值)
			最小值	最大值	最小值	最大值	最小值	最大值	最小值	最大值					
1	H40	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.030	0.030	—
1	J55	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.030	0.030	—

续表

组别	钢级	类型	碳		锰		钼		铬		镍 (最大值)	铜 (最大值)	磷 (最大值)	硫 (最大值)	硅 (最大值)
			最小值	最大值	最小值	最大值	最小值	最大值	最小值	最大值					
1	K55	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.030	0.030	—
1	N80	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.030	0.030	—
1	N80	Q	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.030	0.030	—
1	R95	—	0.45 ^③	1.90	—	—	—	—	—	—	—	—	0.030	0.030	0.45
2	M65	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.030	0.030	—
2	L80	1	—	0.43 ^①	—	1.90	—	—	—	—	0.25	0.35	0.030	0.030	0.45
2	L80	9Cr	—	0.15	0.30	0.60	0.90	1.10	8.00	10.00	0.50	0.25	0.020	0.010	1.00
2	L80	13Cr	0.15	0.22	0.25	1.00	—	—	12.00	14.00	0.50	0.25	0.020	0.010	1.00
2	C90	1	—	0.35	—	1.20	0.25 ^②	0.85	—	1.50	0.99	—	0.020	0.010	—
2	T95	1	—	0.35	—	1.20	0.25 ^④	0.85	0.40	1.50	0.99	—	0.020	0.010	—
2	C110	—	—	0.35	—	1.20	0.25	1.00	0.40	1.50	0.99	—	0.020	0.005	—
3	P110	⑤	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.030 ^⑤	0.030 ^⑤	—
4	Q125	1	—	0.35	—	1.35	—	0.85	—	1.50	0.99	—	0.020	0.010	—

① 若产品采用油淬,则 L80 钢级的碳含量上限可增加到 0.50%。
② 若壁厚小于 17.78mm,则 C90 钢级 1 类的钼含量无下限规定。
③ 若产品采用油淬,则 R95 钢级的碳含量上限可增加到 0.55%。
④ 若壁厚小于 17.78mm,则 T95 钢级 1 类的钼含量下限可降低至 0.15%
⑤ 对于 P110 钢级的电焊管,磷的含量最大值是 0.020%;硫的含量最大值是 0.010%。

五、拉伸性能和硬度要求

拉伸性能和硬度要求见表 1-1-6。

表 1-1-6 拉伸性能和硬度要求

组别	钢级	类型	载荷下的总伸长率,%	屈服强度,MPa		抗拉轻度 最小,MPa	硬度最大 ^①		规定壁厚,mm	允许硬度变化,HRC
				最小值	最大值		HRC	HBW		
1	H40	—	0.5	276	552	414	—	—	—	—
	J55	—	0.5	379	552	517	—	—	—	—
	K55	—	0.5	379	552	655	—	—	—	—
	N80	1	0.5	552	758	689	—	—	—	—
	N80	Q	0.5	552	758	689	—	—	—	—
	R95	—	0.5	655	758	724	—	—	—	—
2	M65	—	0.5	448	586	586	22.0	235	—	—
	L80	1	0.5	552	655	655	23.0	241	—	—
	L80	9Cr	0.5	552	655	655	23.0	241	—	—
	L80	13Cr	0.5	552	655	655	23.0	241	—	—

续表

组别	钢级	类型	载荷下的总 伸长率,%	屈服强度,MPa		抗拉轻度 最小,MPa	硬度最大 ^①		规定壁厚,mm	允许硬度 变化,HRC
				最小值	最大值		HRC	HBW		
2	C90	1	0.5	621	724	689	25.4	255	≤12.70	3.0
	C90	1	0.5	621	724	689	25.4	255	12.71~19.04	4.0
	C90	1	0.5	621	724	689	25.4	255	19.05~25.39	5.0
	C90	1	0.5	621	724	689	25.4	255	≥25.40	6.0
	T95	1	0.5	655	758	724	25.4	255	≤12.70	3.0
	T95	1	0.5	655	758	724	25.4	255	12.71~19.04	4.0
	T95	1	0.5	655	758	724	25.4	255	19.05~25.39	5.0
	T95	1	0.5	655	758	724	25.4	255	≥25.40	6.0
3	P110	—	0.6	758	965	862	—	—	—	—
4	Q125	1	0.65	862	1034	931	②	—	≤12.70	3.0
	Q125	1	0.65	862	1034	931	②	—	12.71~19.04	4.0
	Q125	1	0.65	862	1034	931	②	—	≥19.05	5.0

- ① 若有争议时,应采用试验室的洛氏硬度作为仲裁方法。
② 未规定硬度极限,但按 API Spec 5CT《套管和油管规范》7.8 和 7.9 规定限制最大变化量可作为生产控制。

六、伸长率

伸长率见表 1-1-7。

表 1-1-7 伸长率表 (API Spec 5CT:2011)

拉伸试样				50.8mm 标距内最小伸长率 %								
				钢级								
				H40	J55	M65	K55 L80	N80 1 类 N80Q C90	R95 T95	C110	P110	Q125
试样 面积 mm ²	规定壁厚 mm			规定最小抗拉强度 MPa								
	19mm 宽试样	25mm 宽试样	38mm 宽试样	414	517	586	655	689	724	793	862	931
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
490	≥25.53	≥19.41	≥12.77	30	24	22	20	19	18	16	15	14
480	25.00~25.52	19.00~19.40	12.51~12.76	29	24	22	20	19	18	16	15	14
470	24.48~24.99	18.61~18.99	12.24~12.50	29	24	21	19	19	18	16	15	14
460	23.95~24.47	18.20~18.60	11.98~12.23	29	24	21	19	18	18	16	15	14
450	23.43~23.94	17.81~18.19	11.72~11.97	29	24	21	19	18	18	16	15	14
440	22.90~23.42	17.40~17.80	11.45~11.71	29	24	21	19	18	18	16	15	14
430	22.37~22.89	17.01~17.39	11.19~11.44	29	24	21	19	18	17	16	15	14

续表

拉伸试样				50.8mm 标距内最小伸长率								
				%								
				钢级								
				H40	J55	M65	K55 L80	N80 1 类 N80Q C90	R95 T95	C110	P110	Q125
试样 面积 mm ²	规定壁厚 mm			规定最小抗拉强度 MPa								
	19mm 宽试样	25mm 宽试样	38mm 宽试样	414	517	586	655	689	724	793	862	931
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
420	21.85 ~ 22.36	16.60 ~ 17.00	10.93 ~ 11.18	29	24	21	19	18	17	16	15	14
410	21.32 ~ 21.84	16.21 ~ 16.59	10.66 ~ 10.92	29	23	21	19	18	17	16	15	14
400	20.79 ~ 21.31	15.80 ~ 16.20	10.40 ~ 10.65	28	23	21	19	18	17	16	15	14
390	20.27 ~ 20.78	15.41 ~ 15.79	10.14 ~ 10.39	28	23	21	19	18	17	16	15	14
380	19.74 ~ 20.26	15.00 ~ 15.40	9.87 ~ 10.13	28	23	21	19	18	17	16	15	14
370	19.22 ~ 19.73	14.61 ~ 14.99	9.61 ~ 9.86	28	23	20	19	18	17	16	14	13
360	18.69 ~ 19.21	14.20 ~ 14.60	9.35 ~ 9.60	28	23	20	18	18	17	16	14	13
350	18.16 ~ 18.68	13.81 ~ 14.19	9.08 ~ 9.34	28	23	20	18	18	17	15	14	13
340	17.64 ~ 18.15	13.40 ~ 13.80	8.82 ~ 9.07	28	23	20	18	17	17	15	14	13
330	17.11 ~ 17.63	13.01 ~ 13.39	8.56 ~ 8.81	27	22	20	18	17	17	15	14	13
320	16.58 ~ 17.10	12.60 ~ 13.00	8.29 ~ 8.55	27	22	20	18	17	16	15	14	13
310	16.06 ~ 16.57	12.21 ~ 12.59	8.03 ~ 8.28	27	22	20	18	17	16	15	14	13
300	15.53 ~ 16.05	11.80 ~ 12.20	7.77 ~ 8.02	27	22	20	18	17	16	15	14	13
290	15.01 ~ 15.52	11.41 ~ 11.79	7.51 ~ 7.76	27	22	20	18	17	16	15	14	13
280	14.48 ~ 15.00	11.00 ~ 11.40	7.24 ~ 7.50	26	22	19	18	17	16	15	14	13
270	13.95 ~ 14.47	10.61 ~ 10.99	6.98 ~ 7.23	26	22	19	17	17	16	15	14	13
260	13.43 ~ 13.94	10.20 ~ 10.60	6.72 ~ 6.97	26	21	19	17	16	16	15	13	13
250	12.90 ~ 13.42	9.81 ~ 10.19	6.45 ~ 6.71	26	21	19	17	16	16	14	13	12
240	12.37 ~ 12.89	9.40 ~ 9.80	6.19 ~ 6.44	26	21	19	17	16	16	14	13	12
230	11.85 ~ 12.36	9.01 ~ 9.39	5.93 ~ 6.18	25	21	19	17	16	15	14	13	12
220	11.32 ~ 11.84	8.60 ~ 9.00	5.66 ~ 5.92	25	21	18	17	16	15	14	13	12
210	10.79 ~ 11.31	8.21 ~ 8.59	5.40 ~ 5.65	25	20	18	17	16	15	14	13	12
200	10.27 ~ 10.78	7.80 ~ 8.20	5.14 ~ 5.39	25	20	18	16	16	15	14	13	12
190	9.74 ~ 10.26	7.41 ~ 7.79	4.87 ~ 5.13	24	20	18	16	15	15	14	13	12
180	9.22 ~ 9.73	7.00 ~ 7.40	4.61 ~ 4.86	24	20	18	16	15	15	14	13	12
170	8.69 ~ 9.21	6.61 ~ 6.99	4.35 ~ 4.60	24	20	18	16	15	14	13	12	12
160	8.16 ~ 8.68	6.20 ~ 6.60	4.08 ~ 4.34	24	19	17	16	15	14	13	12	11
150	7.64 ~ 8.15	5.81 ~ 6.19	3.82 ~ 4.07	23	19	17	15	15	14	13	12	11
140	7.11 ~ 7.63	5.40 ~ 5.80	3.56 ~ 3.81	23	19	17	15	15	14	13	12	11