

无缝钢管 WUFENG GANGGUAN

缺陷与预防

Quexian Yu Yufang

成海涛 编著



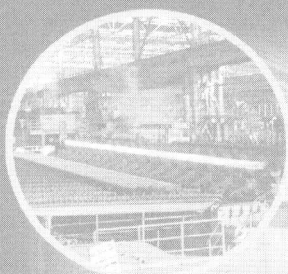
四川出版集团
四川科学技术出版社

无 缝 钢 管 WUFENG GANGGUAN

缺陷与预防

Quexian yu Yufang

成海涛 编著



四川出版集团
四川科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

无缝钢管缺陷与预防/成海涛著. - 成都:四川科学技术出版社,2007. 10

ISBN 978 - 7 - 5364 - 6253 - 3

I. 无... II. 成... III. 无缝钢管 - 质量控制
IV. TG142

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 155465 号

无缝钢管缺陷与预防

著 者 成海涛
责任编辑 张 蓉
编 审 颜幼贤
封面设计 颜幼贤 张 军
版面设计 颜幼贤 赵小浚
电脑制作 周晓军 张 军
责任出版 邓一羽
出版发行 四川出版集团·四川科学技术出版社
成都市三洞桥路 12 号 邮政编码 610031
成品尺寸 240mm × 170mm
印张 24. 125 字数 450 千 插页 8
印 刷 成都市新都华兴印务有限公司
版 次 2007 年 10 月成都第一版
印 次 2007 年 10 月成都第一次印刷
定 价 96.00 元
ISBN 978 - 7 - 5364 - 6253 - 3

■ 版权所有·翻印必究 ■

■ 本书如有缺页、破损、装订错误,请寄回印刷厂调换。
■ 如需购本书,请与本社邮购组联系。
地址/成都市三洞桥路 12 号 电话/(028)87734081
邮政编码/610031



作者简介

成海涛，男，1958年10月生，硕士研究生，高级工程师，享受国务院政府津贴，成都市劳动模范。1982年毕业于武汉钢铁学院(现武汉科技大学)，1987年毕业于北京钢铁学院(现北京科技大学)。

现任攀钢集团成都钢铁有限责任公司副总经理、中国钢标准化委员会钢管分技术委员会主任委员、中国金属学会轧钢学会钢管学术委员会常务副主任委员兼秘书长、四川省金属学会秘书长、成都市金属学会理事长、《钢管》杂志社社长兼主编。

获省、部级科学技术进步奖7项，市级科学技术进步奖11项，国家专利2项。任《中国钢管50年》、《管与钢生产工艺技术》副主编。发表学术论文25篇。

提高质量
制造精品。

为早日把我国建设成为
经济强国而奋斗！

殷国茂

2007年10月

前 言

无缝钢管是一种经济断面钢材，在国民经济中占有极其重要的地位，广泛应用于石油、化工、锅炉、电站、船舶、机械制造、汽车、航空、能源、建筑及军工等各个领域，被称之为工业的“血管”。随着国民经济的快速发展，无缝钢管的使用领域还在不断扩大，对产品质量的要求也越来越高。

新中国成立以来，我国的钢管工业取得了令世人瞩目的成就。1949年，我国的钢管产量仅有0.4万t，而且全部是焊接钢管，没有无缝钢管生产的能力。1994年，我国的无缝钢管生产量达到了304万t，成为当时世界上无缝钢管生产量最多的国家。2005年，我国的无缝钢管产量达到了1 047万t，突破了千万吨大关，成为全世界无缝钢管生产第一大国。目前，我国无缝钢管的装备大多达到世界一流水平，产能已近2 000万t/a。预计2007年的产量将达1 800万t左右，除了能满足国内市场以外，还有占总产量20%左右的钢管出口世界各地，我国钢管供应不足的矛盾基本得到解决。但钢管的品种和质量与世界某些先进的无缝钢管生产国相比还存在一些差距，少数品种尚需进口。

无缝钢管的制造技术复杂，轧管机组机型各异，品种规格众多，质量要求很高。如何加强无缝钢管各生产工序的质量控制，提高产品质量，满足用户需要，提升企业的市场竞争力，已成为各无缝钢管生产企业十分关注的问题。

质量是企业的生命，是企业生存和发展的基础。基础不牢，地动山摇。没有质量就没有市场，企业也难以以为继。市场的竞争，在某种程度上讲，就是产品质量和价格以及服务质量的竞争。

为了提高无缝钢管的质量，必须尽可能了解无缝钢管在生产过程中的变形特点、所产生的缺陷及其成因以及防范措施。笔者在具有50年无缝钢管生产历史、品种规格最为齐全且拥有顶管、周期轧管、扩管、精密轧管、自动轧管、连轧管、冷轧(拔)管各类轧管机组以及套管、合金管生产线等——誉称中国无缝钢管轧机博物馆的原成都无缝钢管厂、现攀钢集团成都钢铁有限责任公司较长时间从事技术研究、品种开发、生产和质量管理等方面的工作，得到了老一辈无缝钢管生产技术专家的指导和同仁的帮助，对于无缝钢管生产过程中因不同的轧管方式及相关生产工序所导致的钢管缺陷的表征形式及其成因有了深入的了解，并不断在思考和探索如何消除钢管缺陷以进一步提高产品质量等问题。

《无缝钢管缺陷与预防》一书，旨在于汇聚业界同仁的有关研究与分析成果，全面总结无缝钢管各生产工序的工艺、技术、设备、操作技术等方面的不足而致的产品质量缺陷，翔实列举常见的各种轧管机产生的缺陷类型、形貌特征，详尽分析各种缺陷的成因及危害性，并对各生产环节如何防范产品质量缺陷提出建议。

全书总9章，共45万字。第1章 - 简要介绍无缝钢管的质量要求，包括化学成分、几何尺寸精度、表面质量、物理化学及工艺性能、金相组织、特殊要求、质量检验方法及其仪器和设备、现行标准；第2~7章 - 依据无缝钢管生产流程，从管坯的准备到成品管生产，系统阐述各生产环节所造成的产品质量缺陷，包括管坯和管坯加热质量缺陷及其预防，穿孔毛管、轧制荒管、顶管、定(减)径管、轧(扩、拔)管的变形特点及其变形过程中所产生的产品质量缺陷的类型、成因、形貌特征以及消除办法；第8~9章 - 侧重介绍钢管精整和油井管的质量缺陷及其防范措施。编排说明：①计量单位，基本统一使用法定计量单位；②技术标准因时间跨度大，有关版本年号有所省略；③图(表)分章编号，即图(表)1~9-1~n表示第1~9章-第1~n号图(表)。

本书稿的撰就，承蒙中国工程院院士(原成都无缝

钢管厂厂长、中国钢结构协会钢管分会理事长、中国金属学会钢管学术委员会主任委员)殷国茂和教授级高级工程师(原攀钢集团成都钢铁有限责任公司副总工程师、《钢管》杂志主编)刘松泉的多方赐教及详尽的技术审核和大笔斧正,在此深表谢意。

本书的问世,深得有关专家和技术人员乐敏毅、李奇、张友鹏、赵小浚、晏如、黄英、席正海、李平、王宝峰等同志的鼎力支持,特此致谢。

本书由颜幼贤编审。制作:张军、周晓军。校核:张瑛、齐红芳、曾其良、陈莉、喻丽红。

本书得到攀钢集团成都钢铁有限责任公司、《钢管》杂志社、太原通泽成套设备有限公司、衡阳金化实业有限责任公司、华中理工大学机电工程公司、美柯达探伤器材(上海)有限公司、太原科大重工科技有限公司、亮克威泽(北京)涂料科技有限公司、江苏射阳赛福探伤设备制造有限公司的大力支持,谨此鸣谢。

囿于时间及著者水平,不妥之处敬请批评指正。

编著者

2007年10月

目 录

无缝钢管缺陷与预防



第一章 无缝钢管的质量要求	1
第一节 无缝钢管的质量要求	2
1 钢的化学成分	2
2 钢管几何尺寸精度和外形	2
3 钢管表面质量	4
4 钢管物理化学性能	5
5 钢管工艺性能	6
6 钢管金相组织	6
7 钢管特殊要求	6
第二节 无缝钢管质量检查(验)方法与仪器和设备	6
1 钢管化学成分分析	6
2 钢管尺寸及外形检查	7
3 钢管表面质量检查	8
4 钢管物理化学性能检验	10
5 钢管工艺性能检验	13
6 钢管金相分析	17
7 石油专用管螺纹参数检测	18
第三节 我国现行无缝钢管标准	19
第二章 管坯质量缺陷及其预防	21
第一节 管坯标准简介	22
1 连铸圆管坯标准	23
2 轧制圆管坯标准	24
第二节 管坯缺陷的检查与清理	25
1 管坯质量检查(验)方法	26
2 管坯表面缺陷的清理	27
第三节 管坯的外观形状缺陷	27

1	圆管坯直径及椭圆度超差	28
2	钢锭尺寸超差	29
3	圆管坯端面切斜度超差	29
第四节	管坯的表面质量缺陷	30
1	管坯表面裂纹	30
2	管坯结疤与重皮	32
3	管坯气孔(针孔)	33
4	管坯凹坑与沟槽	33
5	管坯“耳子”	34
第五节	管坯的低倍组织缺陷	34
1	管坯皮下气泡	35
2	管坯皮下裂纹	37
3	管坯中间裂纹和中心裂纹	38
4	管坯疏松和缩孔	41
5	管坯偏析	46
第六节	管坯的显微组织缺陷	47
1	钢中的有害元素	47
2	管坯成分及组织偏析	48
3	管坯非金属夹杂物	48
第三章	管坯加热缺陷及其预防	53
第一节	加热炉炉型及其特点	53
1	加热炉的结构型式及其特点	54
2	几种管坯加热炉的优缺点比较	59
第二节	管坯加热缺陷及其预防	60
1	管坯加热温度	60
2	管坯加热速度	64
3	管坯加热时间和保温时间	66
第三节	荒管加热缺陷及其预防	69
1	电感应式荒管再加热炉的结构及其特点	69

2	荒管再加热缺陷及其预防	71
第四节	钢管热处理缺陷及其预防	74
1	钢管热处理及其工艺特点	75
2	钢管热处理缺陷及其预防	78
第四章	穿孔毛管质量缺陷及其预防	88
第一节	纵轧穿孔工艺与质量缺陷	89
1	纵轧穿孔工艺及其特点	89
2	纵轧穿孔毛管质量缺陷及其预防	94
第二节	斜轧穿孔工艺与质量缺陷	97
1	斜轧穿孔工艺及其特点	97
2	斜轧穿孔毛管质量缺陷及其预防	106
第五章	轧管质量缺陷及其预防	128
第一节	自动轧管质量缺陷及其预防	128
1	自动轧管过程及变形特点	128
2	自动轧管质量缺陷及其预防	132
第二节	周期轧管质量缺陷及其预防	139
1	周期轧管过程及变形特点	140
2	周期轧管质量缺陷及其预防	149
第三节	连轧管质量缺陷及其预防	160
1	连轧管变形过程及其特点	161
2	连轧管质量缺陷及其预防	168
3	连轧管机组的新进展	180
第四节	斜轧管质量缺陷及其预防	186
1	斜轧管机的轧制变形特点	186
2	斜轧管质量缺陷及其预防	200
第五节	热扩管质量缺陷及其预防	208
1	纵轧扩管变形过程及其特点	209
2	纵轧扩管质量缺陷及其预防	211
3	斜轧扩管变形过程及其特点	220

4	斜轧扩管质量缺陷及其预防	223
第六节	顶管质量缺陷及其预防	225
1	顶管工艺及其变形特点	226
2	顶管质量缺陷及其预防	232
第七节	挤压管质量缺陷及其预防	239
1	挤压管工艺及其特点	240
2	挤压管质量缺陷及其预防	244
第六章	钢管定(减)径质量缺陷及其预防	252
第一节	钢管定(减)径工艺及其特点	252
1	钢管定(减)径工艺	252
2	钢管定(减)径变形过程及其特点	256
第二节	钢管定(减)径质量缺陷及其预防	266
1	钢管几何尺寸超差	266
2	钢管“青线”与“指甲印”	272
3	钢管结疤	273
4	钢管擦伤	273
5	钢管外麻面	274
6	钢管内凸	274
7	钢管“内方”	274
第七章	冷轧(拔)管质量缺陷及其预防	276
第一节	冷拔管质量缺陷及其预防	277
1	冷拔管变形过程及其特点	278
2	冷拔管质量缺陷及其预防	290
第二节	冷轧管质量缺陷及其预防	298
1	冷轧管变形过程及其特点	298
2	冷轧管质量缺陷及其预防	307
第八章	钢管精整缺陷及其预防	314
第一节	钢管矫直缺陷及其预防	314

1	钢管矫直机的类型及其特点	315
2	钢管矫直质量缺陷及其预防	316
第二节	钢管修磨与切断缺陷及其预防	325
1	钢管表面缺陷的修磨	325
2	钢管切断及倒棱	326
第三节	钢管表面加工缺陷及其预防	327
1	钢管表面喷丸	327
2	钢管表面整体修磨	328
3	钢管表面机加工	329
第九章	油井管质量缺陷及其预防	331
第一节	油井管的质量要求	334
1	油井管管体质量要求	335
2	油井管螺纹质量要求	341
第二节	油井管螺纹形状	342
1	API套管的接箍螺纹形状	342
2	API套管的管体螺纹形状	344
3	非API油、套管的特殊螺纹形状	344
4	钻杆接头的螺纹形状	346
第三节	油井管螺纹的加工刀具	347
1	螺纹梳刀的生产工艺及加工方式	348
2	螺纹梳刀的形状	349
第四节	油井管加工缺陷及其预防	350
1	油井管生产工艺	350
2	油井管质量缺陷及其预防	352
附 录		
1	典型无缝钢管缺陷示例	363
2	参考文献	366

第一章 无缝钢管的质量要求

无缝钢管是一种经济断面钢材，在国民经济中具有很重要的地位，广泛应用于石油、化工、锅炉、电站、船舶、机械制造、汽车、航空、航天、能源、地质、建筑及军工等各个部门。所以，无缝钢管被人们称之为工业的“血管”。

无缝钢管种类繁多，性能各异。为便于区分，通常将无缝钢管按其断面形状、钢管材质、连接方式、生产方式和使用用途等来进行分类。

无缝钢管按其断面形状的不同，可分为圆形断面无缝钢管和异形断面无缝钢管。按其材质的不同，可分为碳素钢无缝钢管、合金钢无缝钢管和不锈钢无缝钢管；有时为了节省贵金属，还制成各种复合无缝钢管。按其连接方式的不同，可分为采用螺纹连接和焊接的无缝钢管，前者须对管端进行车丝，用带丝扣的管接头(接箍)或将钢管的一端车成外丝扣，另一端车成内丝扣而将钢管连接起来(直连型)，而后者将钢管的两端切平，需要连接时，用直接焊接或焊接法兰盘方式将钢管连接起来。根据生产方式的不同，可分为热轧(挤、顶、扩)无缝钢管、冷轧(拔)无缝钢管等。根据其用途的不同，可分为锅炉管、油井管、管线管、结构管、机加工管等。

由于无缝钢管的使用环境有时十分恶劣，如各种带腐蚀介质的石油、天然气深井(超深井)钻探，各种高温高压条件下工作的电站锅炉以及石油裂化装备的制造，低温环境中网架建筑物的建设等。因此，对无缝钢管的质量提出了十分苛刻的要求。而保证无缝钢管所用管坯的质量以及提高无缝钢管各个生产工序的控制质量是提高无缝钢管产品质量的关键。

热轧无缝钢管主要生产工序一般包括管坯准备及检查，管坯加热、穿孔，轧管，荒管再加热、定(减)径，成品管矫直、精整和检验等；当钢管

有特殊性能要求时,还要对其进行热处理。冷轧(拔)无缝钢管主要生产工序一般包括坯料管准备(必要时应进行软化处理)、酸洗及润滑、冷轧(拔),钢管热处理、矫直、精整和检验等;有时需要进行多次退火、酸洗、冷轧(拔)循环才能加工到成品尺寸;在某些情况下,无缝钢管的表面还应进行喷丸、整体修磨、“内膛外扒”或镀锌(铝)、涂塑等;油井管的管端则需要进行车丝加工。

第一节 无缝钢管的质量要求

由于无缝钢管的工作条件和用途不同,对其形状和尺寸、化学成分、力学性能以及工艺性能等质量指标和技术条件有着不同的要求。无缝钢管标准中,对产品质量的有关要求主要包括以下几个方面:化学成分、几何尺寸精度、表面质量、物理化学性能、工艺性能和金相组织以及对特殊用途的钢管提出的特殊要求等。

1 钢的化学成分

钢的化学成分是影响无缝钢管性能最重要的因素之一。同时,也是制订轧管工艺参数和钢管热处理工艺参数的主要依据。在无缝钢管标准中,根据钢管的不同用途,对钢的冶炼方法和管坯的制造方法提出了相应的要求,并对化学成分作出了严格的规定。尤其对某些有害化学元素(As、Sn、Sb、Bi、Pb等)以及气体(N、H、O等)含量提出了要求。为了提高钢中化学成分的均匀性和钢的纯净度,减少管坯中的非金属夹杂物并改善其分布形态,常常采用炉外精炼设备对钢水进行精炼,甚至采用电渣炉对管坯进行重熔精炼。

2 钢管几何尺寸精度和外形

无缝钢管的几何尺寸主要包括钢管的外径、壁厚、椭圆度、长度、弯

(扭)曲度、管端面切斜度、坡口角度和钝边,异型钢管的横截面尺寸等。

(1) 钢管外径精度

热轧无缝钢管的外径精度取决于定(减)径(包括张力减径)的方法、设备运转情况、工艺制度等。并且,外径精度还与定(减)径机的孔型加工精度和各机架的变形量分配以及调整有关。而冷轧(拔)成型的无缝钢管外径精度则与模具或轧辊孔型的精度及调整有关。

在无缝钢管标准中,对钢管外径精度的要求是用外径允许偏差 δ 来表示的。虽然在很多情况下,钢管的内径精度比外径精度更重要,但是因为热轧无缝钢管生产中一般没有钢管内定径设备,钢管的内径尺寸控制及检查都比较困难,且考虑到钢管的内径与外径之间存在着线性函数关系,因此,钢管的内径偏差一般是不规定的。但特殊情况下,对于以内径尺寸交货或有内通径要求的钢管,也对内径偏差提出了相应的要求。钢管的外径偏差 δ 可用下式表示:

$$\delta = \frac{D - D_i}{D_i} \times 100\%$$

式中 δ —— 钢管的外径偏差, %;

D —— 钢管的最大或最小外径, mm;

D_i —— 钢管的名义外径, mm。

(2) 钢管壁厚精度

无缝钢管的壁厚精度与管坯的加热质量、各变形工序的工艺设计参数和调整参数、工具质量及其润滑质量等有关。钢管的壁厚不均分为横向壁厚不均和纵向壁厚不均。在无缝钢管标准中,对钢管壁厚精度的要求是用壁厚允许偏差 β 来表示的。

$$\beta = \frac{S - S_i}{S_i} \times 100\%$$

式中 β —— 钢管横截面的壁厚偏差, %;

S —— 钢管横截面上的最大或最小壁厚, mm;

S_i —— 钢管的名义壁厚, mm。

(3) 钢管椭圆度