

球墨铸铁管制造技术 研究与应用

范英俊 主编

MOZHUTIEGUAN

CHIZHAOJISHU

YANJIU YU YINGYONG

冶金工业出版社

球墨铸铁管制造技术 研究与应用

范英俊 主编

北 京
冶 金 工 业 出 版 社
2001

内 容 提 要

本书主要介绍全国质量效益先进企业、上市公司 50 强——新兴铸管(集团)有限责任公司,在掌握其拳头产品——离心球墨铸铁管的关键生产技术的过程中所遇到的难题和为解决这些难题所开发的新技术,以及该公司从一个小型钢铁企业发展成为世界铸管业三强的过程。

图书在版编目(CIP)数据

球墨铸铁管制造技术研究与应用/范英俊主编.
—北京:冶金工业出版社,2001.3
ISBN 7-5024-2734-1

I. 球… II. 范… III. 球墨铸铁-管材-铸造-
工艺 IV. TG255

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 09364 号

出版人 卿启云(北京沙滩嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009)
责任编辑 宋 良 美术编辑 熊晓梅 责任校对 侯 璐 责任印制 刘 静
北京昌平百善印刷厂印刷; 冶金工业出版社发行; 各地新华书店经销
2001 年 3 月第 1 版,2001 年 3 月第 1 次印刷
850mm×1168mm 1/32; 7.375 印张; 197 千字; 226 页; 1-3500 册
20.00 元
冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893
冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100711) 电话:(010)65289081
(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

序

千年之交,人们都在盘点历史,告别往日的沧桑,勇敢地挑起跨世纪的担子,走向那隐隐闪烁的希望。

迎着 21 世纪的阳光、雨露、和煦春风,新兴铸管(集团)有限责任公司辛勤开拓、精心耕耘的离心球墨铸铁管这片热土,也收获了累累硕果。

1988 年,在国内钢铁市场第一次“升温”之时,以范英俊为首的公司决策层,经过几年的调研、论证,选定国外 20 世纪 60 年代兴起的高科技产品——离心球墨铸铁管作为发展方向,以跻身“世界铸管三强”为目标,果断实施“依托钢铁、发展铸管”的产品结构调整战略。历经 8 年的风雨历程,形成了年产 35 万吨 DN80~2600mm T 型、K 型、S 型、N₁ 型等接口形式的离心球墨铸铁管及配套管件的能力,通过了总后勤部和国家机械工业局联合组织的技术鉴定,综合技术实力上升到世界同行业的第三位。

新兴铸管(集团)公司源于一个军队小型三线钢铁企业(中国人民解放军第 2672 工厂),它能发展成为中国铸管行业的龙头企业,发展成为钢铁、铸管、机械等多业并举,集科、工、贸于一体的跨地区、跨行业的企业集团,跻身世界铸管先进企业前列,这不能不说是一个奇迹。2000 年与 1992 年相比,公司资产总额平均年递增 26.5%,销售收入平均年递增 20.72%,利税平均年递增 26.62%,利润平均年递增 16.63%。

1996 年,企业全面通过 ISO9002 质量体系认证和产品认证;1998 年,铸管生产通过 SGSISO9002 国际质量体系认证,获得欧共体 15 个国家承认的 PSB 证书,通过法国 BV 质量体系认证,通

过德国、叙利亚、埃及等十几个国家的商检;2000年9月,在冶金行业中第二家整体通过 ISO14001 环保认证,获得国内 ISO14001 环境管理体系证书及国际尤卡斯 ISO14001 环境管理体系证书。新兴铸管公司 40% 的产品出口到中东、东南亚、欧美、非洲等近 40 个国家和地区,被外经贸部指定为“援外产品”,国内市场占有率达 40%。

新兴铸管(集团)公司依托钢铁、发展铸管、进行产品结构调整的战略决策与管理经验,通过了国家管理创新一等成果鉴定;最近,又被国家经贸委确定为企业战略调整、战略决策的典型经验,并作为现代企业管理规范重点向全国推广。

新兴铸管(集团)公司结构调整的过程就是不断进行技术创新的过程。企业不仅在较短的时间内掌握了离心球墨铸铁管的核心技术,开发出一大批新技术、新产品,填补多项国内空白,获得多项国家专利,而且实现了从设备引进到设备输出、从产品出口到装备出口的历史性转变,彻底打破了西方发达国家对离心球墨铸铁管的技术垄断,树起了民族铸管工业的旗帜,得到了国内同仁的赞扬:“新兴铸管用不到 10 年的时间,走完了发达国家铸管企业 40 年所走过的道路”,“圆了中华民族多年的铸管梦”。

本书记载着新兴铸管(集团)公司在掌握离心球墨铸铁管的核心生产技术和抢占国际铸管技术制高点的过程中,攻克的一个个难关。集十年磨一剑之功、蕴厚积薄发之大成,它是理论与实践的高度统一,对离心球墨铸铁管生产企业、设计部门和使用单位都有很好的参考价值。

新兴铸管(集团)公司的发展历程,再次诠释了“科学技术是第一生产力”这一经典理论,再次论证了“创新是一个民族发展的不竭动力,创新是一个企业的生命之源”这一命题,从这一点来讲,其意义远远超过了这本书的本身。

过去的是历史,把握的是现在,创造的是未来。

希望本文集能达到抛砖引玉之效,有更多的生产单位、科研单位、使用单位写出更好的论文,把我国的铸造理论及管道应用技术

快速推向前进;同时也希望新兴铸管(集团)公司抓住西部大开发、南水北调、西气东输的机遇,高质量、高水平、高速度地发展民族铸管工业,为国争光,贡献社会。

受新兴铸管(集团)公司委托,让我为他们的文集写个序言,阅读了一些关于该公司的材料,又翻看了一下文集,写下了上面一段文字,权作序言吧。

李正邦

2001 年元月



自 20 世纪 80 年代以来,我国铸铁管生产发生了两个根本性的转变。一个是由普通灰口铸铁管向球墨铸铁管方向发展,另一个是由连续铸造生产工艺向离心铸造生产工艺方向发展。这两个根本性转变使我国铸铁管生产技术水平大大缩小了与工业发达国家的差距,有的生产技术已经达到世界先进水平。

在赶超世界铸管生产先进技术的进程中,新兴铸管(集团)公司在进行产品结构调整时,选定了高科技产品离心球墨铸铁管作为发展方向。经过十余年的努力,克服了一个又一个技术难关,终于掌握了离心球墨铸铁管关键生产技术。我们坚持创新为主、引进为辅的方针,开发出一大批新技术、新产品,填补了多项国内空白,获得多项国家专利:

1993 年 4 月 21 日,河北新兴铸管引进德国 DN400~700mm 水冷金属型离心机一次热负荷试车成功;

1994 年 3 月,新兴铸管(集团)公司自行设计、自行制造、自行安装的 DN300~700mm 水冷金属型离心机一次热负荷试车成功,填补了国内空白,铸管产品被评为“国家级新产品”;

1994 年 10 月,新兴铸管(集团)公司自行设计、自行制造、自行安装的离心球墨铸铁管工艺装备,通过机械工业部组织的技术鉴定,填补多项国内空白,取得多项国家专利;

1995 年 5 月,新兴铸管(集团)公司与德国 BRACKER 公司联合开发的 DN80~300mm 和 DN800~1000mm 离心机投产;

1995 年 12 月,石家庄新兴铸管开发成功树脂砂衬金属型离心铸造工艺,生产 DN1200~1600mm 离心球墨铸铁管;

1997 年 7 月,邯郸新兴铸管开发成功涂料金属型离心铸造工艺,建成我国第一条专业煤气管生产线,产品通过建设部组织的技

术鉴定,被建设部评为科技成果重点推广项目;

1997年8月,湖南桃江新兴铸管开发成功真空消失模管件铸造工艺,被专家称为“铸造业的一场革命”;

1999年5月,河北新兴铸管开发成功 DN80mm 小口径离心球墨铸铁管,填补了国内空白;

1999年8月,新兴铸管(集团)公司和印度 ECL 公司、马来西亚友联公司签订了 260 多万美元的铸管设备出口合同。

本书为新兴铸管(集团)公司从无到有、从小到大,掌握离心球墨铸铁管关键生产技术的缩影。在发展生产的过程中,面对遇到的诸多难题,我们与有关科研院所和大专院校密切协作,开展科技攻关,集思广益,解决了一个又一个问题,开发了许多新技术和新工艺。为了集中介绍这方面的成果,推动科技进步,促进我国离心球墨铸铁管的生产发展,我们编写了此书。本书内容主要反映了球墨铸铁管生产中的主要问题及解决办法,相信对于从事这一领域工作的科学研究人员、工程技术人员和生产管理人员,不无裨益。

中国工程院李正邦院士百忙之中为本书作序;北京科技大学蔡震升教授详细审阅了本书初稿,就内容编排、文图取舍等提出了宝贵的意见。在此表示衷心的感谢!

由于编者水平所限,书中难免有错误和不妥之处,敬请读者批评指正。

范英俊

2001年2月

目 录

1 铸管业的现状与发展	1
2 冷模法离心球墨铸铁管铁水成分的选择和控制	10
3 热模法大口径离心铸造球墨铸铁管	17
4 采用树脂砂衬金属型离心铸造大型球墨铸铁管	24
5 冷芯盒树脂砂芯涂料的研制与应用	28
6 树脂砂衬金属型大口径离心球墨铸铁管冷却控制的 实验研究	33
7 大型管件酯硬化水玻璃砂的生产实践	40
8 消除水冷离心球墨铸铁管碳化物组织的研究	48
9 化学成分变化对离心球墨铸铁管球化质量的影响	54
10 转包法球化处理工艺的实验研究	61
11 球墨铸铁管喂线球化处理工艺的研究	70
12 5t/h、14t/h 热风水冷冲天炉的应用	83
13 冲天炉多孔塞连续脱硫技术的应用	95
14 无稀土球化剂在冲入法球化处理工艺中的 应用研究	103
15 污水用环氧陶瓷涂层球墨铸铁管的开发	107
16 控制水泥衬起泡,提高球墨铸铁管涂衬质量	114
17 球墨铸铁管件真空消失模铸造的生产技术及工艺 装备研究	117
18 T型承口旋转抽芯整体发泡模具的研究	127
19 介绍一种新型插入式防滑脱密封圈	135
20 离心球墨铸铁管接口密封试验报告	138

21	离心球墨铸铁管铸造缺陷及其防止措施·····	147
22	热模离心球墨铸铁管渗漏缺陷的防止·····	157
23	管模预热炉的设计与实践·····	165
24	XPJ 型水冷离心铸管机液压系统介绍·····	169
25	扇形包液压倾翻机构分析·····	184
26	铸管整理线步进机的设计·····	192
27	球墨铸铁管水压试验机的研制及应用·····	195
附录 调整产品结构,发展离心球墨铸铁管		
	——新兴铸管(集团)有限责任公司成长之路·····	204

范英俊 张伯明

【提要】 简述了铸铁管的应用情况及与之竞争的不同材质铸管;回顾了世界上铸铁管的使用历史及其产量;阐述了铸管生产发展过程中的两个转变,即材质由灰铸铁转变为球墨铸铁,生产工艺由连续拉管法转变为离心铸造法。同时指明球墨铸铁离心铸管的优点和生产工艺特点,对我国铸管的发展过程和生产现状做了简述,并就今后发展趋势进行了预测。

一、铸铁管的用途及其竞争产品

铸铁管广泛应用于城市及工业供排水和燃气的输送,欧洲和日本还用铸铁管输送农田灌溉用水,其生产与应用已有数百年的历史。随着科学技术的发展,各种新材料的管道不断涌现,铸铁管的应用面临着新材料管道的竞争。其主要的竞争产品见表 1-1。

表 1-1 几种管材的应用情况

材 质	管 径/mm			
	12~75	100~300	400~1000	1000~2600
塑 料 管	✓	✓		
铝塑复合管	✓			

续表 1-1

材 质	管 径/mm			
	12~75	100~300	400~1000	1000~2600
钢 管	✓	✓	✓	✓
铸 铁 管	✓	✓	✓	✓
水 泥 管			✓	✓
玻璃纤维管			✓	✓

注：带“✓”者表示适用于该规格。

塑料管目前所使用的材料多为 PVC 和 PE, 口径通常为 300mm 以下, 耐压多数在 1.0MPa 以下。从其性能和价格比较, 在 300mm 以上难与球墨铸铁管竞争, 为此, 我国不少城市规定, $\phi 300\text{mm}$ 以上的管线必须使用球墨铸铁管。在国外, 从长期使用看, 小于 $\phi 300\text{mm}$ 的管线使用球墨铸铁管的居多。

铝塑复合管是近几年发展起来的新管材, 它由内外两层塑料管和中间一层铝管组成。目前国内有 3~5 条生产线, 口径 $\phi 12\sim 75\text{mm}$, 耐压 1.0MPa。它具有良好的弯曲性能, 施工方便, 美观。在国外, 铝塑复合管和铜管一起正取代镀锌钢管。

水泥管常作为城市污水管, 是一种较为经济的管材。

玻璃纤维管是近几年发展起来的新管材, 其口径大、重量轻, 耐压在 1~2.0MPa; 但抗老化性能及管材本体的强度, 仍难与铸铁管相比。

钢管是广泛使用的一种管材, 但其耐蚀性能较差, 施工时需要焊接。日本久保田公司曾对口径 $\phi 1000\text{mm}$ 的球墨铸铁管与相同尺寸的焊接钢管做过对比试验, 其结果如表 1-2 所示。

表 1-2 球墨铸铁管与焊接钢管对比试验结果

类 别	材料费	施工费	维修费	使用年限 /a	漏水率/ (次 $\cdot\text{km}^{-1}\cdot\text{a}^{-1}$)
球墨铸铁管	100	50~60	0~10	40	0.01
钢 管	90	100	100	25	0.3

不同的管材使用于不同的条件和场所,相对而言,球墨铸铁管在城市和工业输水、供气方面,仍是首选的管材,具有明显的竞争优势。

二、铸铁管的历史和产量

铸铁管的使用历史已有数百年,据有关资料介绍,现将世界上最早使用铸铁管的国家列入表 1-3。

表 1-3 最早使用铸铁管的国家

国家	中国	法国	英国	美国	日本
时期	1368~1399 年	1664 年	1810 年	1822 年	1885 年
地点	南京武庙闸渠	凡尔赛	伦敦	费城	横滨

目前,世界铸铁管年产量约为 700~800 万 t,为铸件总产量的 10%~15%,其中,球墨铸铁离心铸管为 595 万 t,占铸铁管总量的 80%左右。世界各地球墨铸铁离心铸管的产量分布是:

欧洲约 160 万 t/a;

北美约 150 万 t/a;

南美约 25 万 t/a;

中东部约 20 万 t/a;

澳洲约 10 万 t/a;

亚洲约 230 万 t/a。

世界上包括中国在内有 67 个球墨铸铁管生产厂(公司),其中,年产量大于 10 万 t 球墨铸铁管的公司有 14 家,见表 1-4。

表 1-4 世界上球墨铸铁离心铸管年产量大于 10 万 t 的公司

序号	公 司 名 称	产 量 /t·a ⁻¹	工厂数	产品口径 /mm
1	法国莫松桥公司(Pant A. Mousson)	129 万 t	9	80~2000
2	德国布特鲁斯公司(Buderus)	10 万 t	1	100~1000

续表 1-4

序号	公 司 名 称	产 量 /t·a ⁻¹	工厂数	产品口径 /mm
3	美国管子铸造公司(U. S. Pipe and Foundry Co.)	50 万 t	4	100~1600
4	美国铸铁管公司(American Cast Iron Pipe Co.)	25 万 t	1	100~1600
5	美国格里芬管道公司(Griffin Pipe Product Co.)	27.5 万 t	3	100~600
6	美国麦克万纳铸铁公司(Mc Wane Cast Iron Co.)	47.5 万 t	5	80~900
7	巴西巴乐巴拉公司(Barbara)	15 万 t	1	80~1200
8	巴西铁合金公司(Ferro Brasileiro)	10 万 t	1	80~900
9	日本栗本公司(Kurimoto)	20.5 万 t	2	80~2600
10	日本久保田公司(Kubota)	75 万 t	2	80~2600
11	印度钢铁公司(India Iron & Steel Co. Ltd.)	30 万 t	2	80~1000
12	印度电钢铸件公司(Electro Steel Castings Ltd.)	15 万 t	2	80~1000
13	中国新兴铸管(集团)公司	24 万 t	3	100~1600
14	澳大利亚制管公司(Jubemakers Water)	10 万 t	1	80~800

这 14 家大公司拥有 36 家生产厂,年产球墨铸铁离心铸管 488.5 万 t,占世界球墨铸铁管年产量的 80%左右,平均每个厂的产量为 13.6 万 t。最大的生产厂是法国莫松桥公司的南希(Nancy)厂,年产 50 万 t,其次是日本久保田公司的武库川厂(Funabashi),年产 42 万 t。

我国在 1996 年有 100 多厂家生产各种铸铁管,年产 100~120 万 t;1998 年球墨铸铁离心铸管的产量约 30 万 t。

三、铸管生产中的两个转变

在 20 世纪 50 年代以前,铸铁管材质都是灰铸铁,其生产工艺多采用砂型铸造和连续拉管工艺。以后,随着球墨铸铁的发明及离心铸管机的完善,使铸管生产开始了两个明显的转变,即

(1) 材质从灰铸铁转变为球墨铸铁;

(2) 制造工艺由连续拉管法转变为离心铸造法。

材质及生产工艺的转变,使铸铁管的性能和质量大为提高。球墨铸铁离心铸管的优点是:强度高 $\sigma_b \geq 420\text{MPa}$ (灰铸铁仅为 150MPa); 伸长率 $\delta \geq 10\%$ (管径 $\leq \phi 1000\text{mm}$ 铸管), $\delta \geq 7\%$ (管径 $> \phi 1000\text{mm}$ 铸管); 重量轻,平均为灰铸铁管的 $2/3$; 易运输、安装; 耐压、承载、抗震能力强。日本几次大地震后,仅球墨铸铁管线不被损坏。

工业发达国家在 20 世纪 70 年代就基本完成了上述两个转变,球墨铸铁离心铸管的比例已高达 95%,日本的情况见表 1-5。

表 1-5 日本铸铁管的转变情况

年 度	1965	1970	1975	1980
灰铸铁管/t	193535	260060	7730	13730
球墨铸铁管/t	29935	502408	521453	752701
球墨铸铁管份额/%	13.4	65.9	98.5	98.2

目前,成熟的球墨铸铁离心铸管生产工艺方法有三种,即①水冷金属型法(De Lavaud);②树脂砂热型法;③涂料热型法。

口径 $\phi 1000\text{mm}$ 以下的球墨铸铁离心铸管的生产,大多采用水冷金属型法,过去曾采用树脂砂热型法生产的日本和我国台湾地区,现在也正向水冷金属型法过渡,原因是后者具有高的生产率和良好的表面质量。口径 $\phi 1000\text{mm}$ 以上的球墨铸铁离心铸管,多采用热型法(日本及台湾地区采用树脂砂热型法,法国采用涂料热型法)生产。

四、我国铸铁管的生产状况

我国在 1958 年从原苏联引进拉管法生产铸铁管技术,由于其设备、工艺简单,投资少,因而被迅速推广为铸铁管的主要生产方法。目前,拉管法生产的铸铁管产量仍占铸铁管总产量的 75%。

1984 年,山西侯马风雷机械厂和河北邢台钢铁厂分别引进水

冷金属型法及热型法离心铸管机后,到现在已有 14 家公司生产离心球墨铸铁管,共有离心铸管机 37 台(三种机型),年生产能力可达 75~80 万 t。国内生产离心球墨铸铁管的公司见表 1-6。

表 1-6 国内生产离心球墨铸铁管的情况

公司名称	生产能力/ $t \cdot a^{-1}$	离心机台数	口径/mm
新兴铸管	24 万 t	9	100~1600
本溪北台	8 万 t	3	100~1000
徐州光大	5 万 t	2	100~700
大连企荣	5 万 t	3	100~700
马鞍山木松龙	4 万 t	2	100~700
龙口泛林	5 万 t	2	100~700
邢台钢铁厂	2 万 t	1	300~600
山西风雷	2 万 t	1	100~300
青岛北钢	3.5 万 t	3	100~1800
山东球管	4 万 t	3	100~800
保定大通	4 万 t	2	100~600
山西阳泉	4 万 t	2	100~600
黄石鑫宝	3 万 t	2	100~600
上海铸管	3 万 t	2	100~500

由表 1-6 看出,这 14 家公司具有年产量近 80 万 t 的生产能力,但由于技术未能充分掌握,投资不到位,配套不齐及管理跟不上等原因,1998 年的实际产量约有 30 万 t,仅为已有总生产能力的 40%;在 37 台离心铸管机中,口径 800mm 以上的机器只有 4 台,大管径的生产比例仅为年产量的 15%~20%。也就是说,球墨铸铁管的产量,尤其是大口径球墨铸铁管,远远满足不了市场的需求。

五、球墨铸铁离心铸管生产工艺特点

1. 需采取双联熔炼

离心铸管对铁液的要求较为严格,即要求有足够高的温度,含

硫、氧量低,渣量少,成分合适,成本经济,并要有较大的铁液平衡能力,因此要采用双联熔炼。目前,国内外采用的双联工艺有:

高炉→混铁炉→无芯感应电炉;

水冷无炉衬冲天炉→有芯工频保温炉;

水冷无炉衬冲天炉→炉外脱硫→有芯保温炉。

2. 球化处理

根据各厂家、公司各自的习惯及原铁液含硫量,可选择下述不同的球化处理方法:

稀土镁合金冲入法;

纯镁压力加入法;

纯镁转包法;

镁合金喂丝法等。

球化处理后的铁液含硫量应小于 0.01%,处理后产生的渣能立即与铁液分离。从实际处理效果看,采用稀土镁合金球化,由于稀土渣与铁液的密度相近,渣难分离,影响铸管质量。因此,在离心铸管生产中,不宜采用稀土镁进行球化处理。在国外,都已采用纯镁进行球化处理。

3. 孕育处理

为减少组织中的初生渗碳体,增加石墨球数,以降低退火温度和缩短退火时间,要采用包括铁液液流瞬时孕育在内的多次孕育法。

4. 离心浇注

离心铸造机生产组织的特点必须是稳定、连续、严格。铁液稳定,操作平衡,生产率就高,质量就好。目前,国内先进的工厂所生产的铸管一次打压合格率可达 95%,综合合格率可达 97%,达到国际先进水平。冷型和热型生产有各自的关键点:

(1) 冷型法 合适的冷却水温度;高质量的管型。

(2) 热型法 合适的涂料配方与涂层厚度;合适的管型温度与浇注时间;控制铸管冷却速度;防止球化衰退措施。