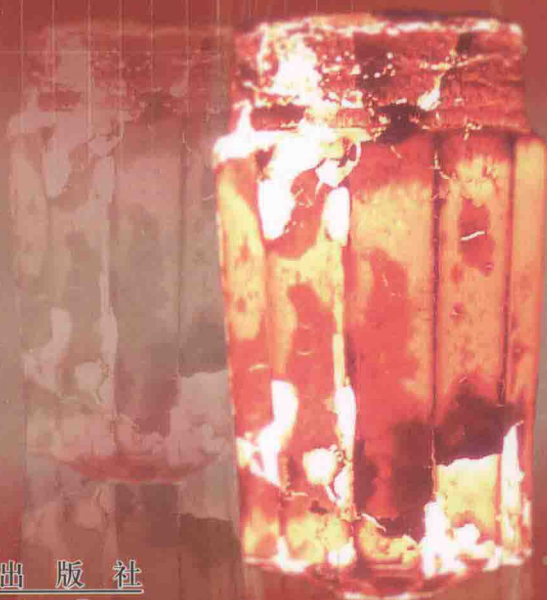


# 钢锭设计原理

GANGDING SHEJI YUANLI

胡 林 李胜利 胡小东 许长军 著



冶金工业出版社  
Metallurgical Industry Press

# 钢锭设计原理

胡 林 李胜利 胡小东 许长军 著

北 京  
冶 金 工 业 出 版 社  
2015

## 内 容 提 要

本书共分 13 章,主要介绍了钢锭模铸的工艺与设备,包括了凝固原理基础,钢锭压力加工理论基础,锭型设计,钢锭模的设计与制造,模铸辅件设计,模铸用耐火材料,钢锭的浇注工艺,钢锭的脱模、热装热送、液芯加热和液芯轧制,模铸的模拟实验技术和检验技术,模铸钢锭的现场测试和检测等。

本书可供钢锭模铸相关生产、设计、研究、管理人员参考,也可作为高校师生的教学用书。

### 图书在版编目(CIP)数据

钢锭设计原理/胡林等著. —北京:冶金工业出版社, 2015. 6

ISBN 978-7-5024-6911-5

I. ①钢… II. ①胡… III. ①钢锭—工业设计  
IV. ①TF771

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 117553 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷 39 号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 [www.cnmp.com.cn](http://www.cnmp.com.cn) 电子信箱 [yjcbcs@cnmp.com.cn](mailto:yjcbcs@cnmp.com.cn)

责任编辑 曾 媛 李鑫雨 美术编辑 吕欣童 版式设计 孙跃红

责任校对 李 娜 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-6911-5

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;固安华明印业有限公司印刷

2015 年 6 月第 1 版, 2015 年 6 月第 1 次印刷

169mm×239mm; 11.5 印张; 222 千字; 169 页

49.00 元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 [tougao@cnmp.com.cn](mailto:tougao@cnmp.com.cn)

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街 46 号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 [yjgycbs.tmall.com](http://yjgycbs.tmall.com)

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

# 前 言

钢的模铸是一种传统工艺，已有 200 多年的历史。它是将冶炼合格的钢液浇入金属模内冷却凝固成型后，再经加热、初轧或锻造，加工成各种钢材所用的坯料，最后制成各种钢铁产品。因此，属于二次加工的“长流程”工艺。

钢的连铸是 19 世纪 50 年代发展起来的生产工艺，它是将钢液连续浇注成“近终形”的连铸坯，然后一次加工成最终产品。其不但能提高生产效率，提高成材率，降低系统能耗，而且能够改善产品质量。因而上世纪末连铸得到迅猛的发展，成为钢铁生产的主流。目前，世界各主要产钢国家的连铸比（即连铸产量与钢铁生产总量的百分比）大多已超过 95%。

钢的液态铸轧是上世纪末发展起来的新工艺，它把铸和轧两个工艺合二为一，在铸的同时进行轧制，因而使生产工艺流程更短，系统能耗更低。由于凝固过程冷却强度极大，使钢的晶粒更加细化，偏析更加减轻，强度更加提高，但目前仅限于薄带的生产。

但是，各种工艺均会有所长和有所短。国民经济发展的需求是多种多样的，任何工艺都不可能包打天下，而且各种工艺都随着科学技术的发展在不断创新和进步，因此很难说某种工艺是“绝对的先进”，某种工艺是“绝对的落后”。况且各种工艺在相互竞争的过程中可以借鉴彼此的经验，取长补短，这就是传统模铸至今依然存在和得以发展的原因。

与模铸相比，连铸的主要优点是成材率高（约高 8% ~ 12%），综合能耗低（低 40% 左右），生产效率高，适合大批量、较单一品种钢的生产，自动化水平高。但有其缺点：即不适应小批量、多品种钢的市

场需求；不适应大单重或大尺寸钢材的生产；不能浇注价廉物美的沸腾钢。因此，在有特殊要求的特殊钢企业、军工企业和要求小批量、多品种、大单重的重机行业中，依然保留着一定的模铸生产能力。作者在20世纪80年代开发的“压盖沸腾钢锭液芯加热和液芯轧制”技术，其平均成坯率达到96%，最高成坯率达97.71%，节约加热能耗60%，节约轧制能耗20%，其效果也并不亚于连铸。

自改革开放以来，我国已成为钢铁大国并逐步向钢铁强国迈进，模铸产品的需求也日益显现。一些要求压缩比和Z向性能的特厚板，也需要用扁钢锭和大开口度的4300~5500mm宽厚板轧机生产。另外，模铸发展了“水平定向凝固技术”、“电渣重熔技术”、“电磁补缩技术”、“电磁振荡和超声波振荡浇注技术”、“冷芯和空心锭浇注技术”、“真空碳脱氧浇注技术”、“变形深透技术”等新工艺、新技术，钢种以合金钢、特殊钢为主，锭重可以从几十公斤到几百吨，而且产品大多是高附加值产品。按我国钢产能8亿吨计，模铸产能也有4000万吨左右。因此，模铸这个传统工艺便又焕发出新的生机。

2008年，作者曾做过全国性的考察，发现由于国内较长时期重视连铸，忽视模铸，致使国内专门研究模铸的机构寥寥无几。工厂中从事模铸的技术人员大多依靠和借鉴已有的经验和国外相关工程师的设计图纸来设计钢锭，而缺乏系统创新。一些在国外行之有效的模铸技术，在国内却被束之高阁。各厂的钢锭成材率和超声波探伤合格率也参差不齐，最多时与国际先进水平相差8%~10%，造成了极大的浪费。因此，作者萌生了撰写本书的想法，将积累40多年的从事模铸设计、产品缺陷诊断的经验奉献给相关工程技术人员和学者。作者计划撰写两部专著，本部著作重点介绍与钢锭生产相关的冶炼、铸造、加工等理论基础和传统模铸钢锭的设计方法、实验方法和相关设备与工艺，另一部著作主要介绍现代钢锭新工艺、新技术及其应用实例和钢锭产品缺陷诊断。

本书的特点是：力求理论联系实际，将冶、铸、轧（锻）作为一个系统工程加以研究。对一些理论问题不做细节推导，而着重于基本原理的灵活运用。由于锻造和轧制均属于热压力加工范畴，又都采用钢锭做原料，故在本书中对其加以对照分析。

本书可供钢锭模铸现场工程技术人员和各大专院校师生参考。

由于水平所限，不当之处望广大读者和同行批评指正。

著 者

2015 年 3 月

# 目 录

|                       |           |
|-----------------------|-----------|
| <b>1 钢锭的用途</b>        | <b>1</b>  |
| 1.1 电力用钢              | 1         |
| 1.2 机械制造用钢            | 3         |
| 1.3 高层建筑用钢            | 3         |
| 1.4 高速铁路用钢            | 4         |
| 1.5 模具用钢              | 4         |
| 1.6 军工用钢              | 5         |
| 1.7 造船和海洋用钢           | 5         |
| 1.8 重化工用钢             | 6         |
| 1.9 轴承和齿轮用钢           | 7         |
| 1.10 刀具、工具、量具用钢       | 7         |
| 1.11 高压容器用钢           | 7         |
| 1.12 特种合金             | 8         |
| <b>2 传统钢锭的生产工艺与设备</b> | <b>9</b>  |
| 2.1 传统钢锭的生产工艺         | 9         |
| 2.2 钢锭铸造的设备及工具        | 12        |
| 2.2.1 钢水包             | 12        |
| 2.2.2 钢包吊车和铸锭车        | 14        |
| 2.2.3 模铸工具            | 14        |
| 2.2.4 整、脱模设备          | 15        |
| 2.2.5 其他设施            | 15        |
| 2.3 铸锭车间的平面布置         | 16        |
| <b>3 钢液冶炼基础</b>       | <b>17</b> |
| 3.1 钢液冶炼的工艺过程         | 17        |
| 3.1.1 氧气顶吹转炉炼钢工艺过程    | 17        |
| 3.1.2 电弧炉炼钢工艺过程       | 19        |
| 3.1.3 感应炉炼钢工艺过程       | 20        |

|        |                       |    |
|--------|-----------------------|----|
| 3.2    | 炼钢的热力学基础 .....        | 21 |
| 3.3    | 炼钢的动力学基础 .....        | 22 |
| 3.4    | 钢液的结构及钢中化学元素的影响 ..... | 24 |
| 3.4.1  | 钢液的结构 .....           | 24 |
| 3.4.2  | 钢内各化学元素的作用 .....      | 25 |
| 3.5    | 钢液与炉渣的物理化学性质 .....    | 28 |
| 3.5.1  | 钢的物理性质 .....          | 28 |
| 3.5.2  | 炉渣的成分和物理化学性质 .....    | 30 |
| 3.6    | 钢液冶炼过程的基本反应 .....     | 35 |
| 3.6.1  | 脱碳反应 .....            | 35 |
| 3.6.2  | 硅、锰的氧化还原反应 .....      | 36 |
| 3.6.3  | 脱硫反应 .....            | 36 |
| 3.6.4  | 脱磷反应 .....            | 37 |
| 3.7    | 钢液中氧的来源和脱氧反应 .....    | 37 |
| 3.7.1  | 钢中氧的来源 .....          | 37 |
| 3.7.2  | 钢中氧的作用和危害 .....       | 38 |
| 3.7.3  | 脱氧方法 .....            | 38 |
| 3.8    | 钢的脱氮和脱氢 .....         | 42 |
| 3.8.1  | 钢的脱氮 .....            | 42 |
| 3.8.2  | 钢的脱氢 .....            | 44 |
| 3.9    | 钢中夹杂物 .....           | 45 |
| 3.9.1  | 夹杂物的分类 .....          | 45 |
| 3.9.2  | 硫化物夹杂 .....           | 45 |
| 3.9.3  | 氧化物夹杂 .....           | 46 |
| 3.9.4  | 碳酸盐夹杂 .....           | 47 |
| 3.9.5  | 铝酸盐夹杂 .....           | 47 |
| 3.9.6  | 尖晶石类夹杂 .....          | 48 |
| 3.9.7  | 氮化物夹杂 .....           | 48 |
| 3.10   | 炉外精炼 .....            | 49 |
| 3.10.1 | LF 炉 .....            | 49 |
| 3.10.2 | VOD 炉 .....           | 50 |
| 3.10.3 | RH 炉 .....            | 51 |
| 4      | 钢锭凝固理论基础 .....        | 52 |
| 4.1    | 凝固形核和晶体生长 .....       | 52 |



|                               |           |
|-------------------------------|-----------|
| 4.2 相图和结晶的关系 .....            | 55        |
| 4.3 共晶合金、偏晶合金和包晶合金的凝固 .....   | 56        |
| 4.3.1 共晶合金的凝固 .....           | 56        |
| 4.3.2 偏晶合金的凝固 .....           | 56        |
| 4.3.3 包晶合金的凝固 .....           | 57        |
| 4.4 凝固过程中的传热 .....            | 58        |
| 4.5 凝固过程中的溶质“再分配”和偏析的产生 ..... | 60        |
| 4.6 凝固过程中液体的流动 .....          | 61        |
| 4.7 钢锭中的气泡和夹杂 .....           | 63        |
| 4.8 钢液在凝固过程中的体积收缩 .....       | 64        |
| 4.8.1 钢的液态体积收缩 .....          | 65        |
| 4.8.2 钢的凝固收缩率 .....           | 65        |
| 4.9 钢锭缩孔和疏松的产生 .....          | 66        |
| 4.10 钢锭的实际组织结构 .....          | 66        |
| 4.10.1 镇静钢锭的组织结构 .....        | 66        |
| 4.10.2 沸腾钢锭的组织结构 .....        | 68        |
| 4.11 钢锭在凝固过程中所受的各种应力 .....    | 69        |
| 4.12 模铸和连铸的比较 .....           | 70        |
| 4.12.1 流场和温度场的比较 .....        | 70        |
| 4.12.2 铸造组织的比较 .....          | 72        |
| 4.12.3 钢液质量控制方法的比较 .....      | 72        |
| 4.12.4 应力的比较 .....            | 72        |
| 4.12.5 热装热送、液芯轧制的比较 .....     | 73        |
| 4.12.6 应用电磁搅拌的比较 .....        | 74        |
| <b>5 钢锭压力加工理论基础 .....</b>     | <b>76</b> |
| 5.1 钢锭的压力加工方法 .....           | 76        |
| 5.2 压力加工中的应力和应力状态 .....       | 76        |
| 5.2.1 原子间的作用力和能 .....         | 76        |
| 5.2.2 应力状态图示 .....            | 77        |
| 5.3 钢的弹塑性变形和拉伸曲线 .....        | 78        |
| 5.3.1 钢的弹塑性变形和拉伸曲线 .....      | 78        |
| 5.3.2 塑性变形表示方法 .....          | 79        |
| 5.3.3 塑性变形速率 .....            | 80        |
| 5.3.4 金属塑性加工时的热力学条件 .....     | 81        |

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| 5.4 影响钢的塑性的因素 .....             | 81  |
| 5.4.1 晶格结构和变形机制对塑性的影响 .....     | 81  |
| 5.4.2 钢的化学成分对塑性的影响 .....        | 83  |
| 5.4.3 钢的组织对塑性的影响 .....          | 83  |
| 5.4.4 压力加工中的加工硬化和回复再结晶的影响 ..... | 84  |
| 5.4.5 温度对塑性的影响 .....            | 84  |
| 5.4.6 应力状态对塑性的影响 .....          | 85  |
| 5.5 压力加工时的变形深透条件 .....          | 86  |
| 5.5.1 锻造时的变形深透条件 .....          | 86  |
| 5.5.2 轧制时的变形深透条件 .....          | 88  |
| 5.6 压力加工时的变形规律 .....            | 89  |
| 5.6.1 “体积不变法则”和不均匀变形的作用 .....   | 89  |
| 5.6.2 “最小阻力法则”的作用 .....         | 90  |
| 5.6.3 “外端”的作用 .....             | 90  |
| 5.6.4 不均匀压下的作用 .....            | 91  |
| 5.6.5 “翻平”的作用 .....             | 91  |
| 5.6.6 变形工具形状的作用 .....           | 91  |
| 5.7 钢的压力加工变形抗力 .....            | 92  |
| 5.7.1 变形抗力 .....                | 92  |
| 5.7.2 影响变形抗力的因素 .....           | 93  |
| 5.8 屈服条件 .....                  | 95  |
| 5.9 平均单位压力 .....                | 95  |
| 5.9.1 斋藤好弘公式 .....              | 95  |
| 5.9.2 艾克隆德公式 .....              | 96  |
| 5.10 总轧制力和锻压力 .....             | 96  |
| 5.10.1 总轧制力 .....               | 96  |
| 5.10.2 锻压力 .....                | 97  |
| 5.11 锻造的变形功和轧制时的轧制力矩 .....      | 97  |
| 5.11.1 锻造时的变形功 .....            | 97  |
| 5.11.2 轧制时的轧制力矩及功率 .....        | 97  |
| 5.12 压力加工时的压下量的确定和压下规程 .....    | 98  |
| 5.12.1 道次压下量的确定 .....           | 98  |
| 5.12.2 翻钢道次的确定 .....            | 100 |
| 5.13 压力加工过程中钢锭的组织性能变化 .....     | 100 |

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| <b>6 锭型设计</b> .....          | 102 |
| 6.1 锭型设计的一般原则 .....          | 102 |
| 6.2 锭重的确定 .....              | 103 |
| 6.2.1 有定尺要求的锭重 .....         | 103 |
| 6.2.2 无定尺要求的锭重 .....         | 103 |
| 6.2.3 锭重与压力加工设备的关系 .....     | 104 |
| 6.3 沸腾钢锭的锭型设计 .....          | 104 |
| 6.3.1 锭型选择 .....             | 104 |
| 6.3.2 沸腾钢方锭本体尺寸的确定 .....     | 105 |
| 6.4 镇静钢锭的锭型设计 .....          | 107 |
| 6.4.1 镇静钢的锭型 .....           | 107 |
| 6.4.2 镇静钢锭本体断面尺寸 .....       | 108 |
| 6.4.3 帽容比和帽部形状设计 .....       | 110 |
| 6.4.4 钢锭尾部的设计 .....          | 111 |
| 6.4.5 钢锭断面转角圆弧半径的确定 .....    | 112 |
| 6.4.6 扁钢锭的肩部设计 .....         | 112 |
| 6.4.7 锭型设计的计算机数值模拟优化 .....   | 112 |
| <b>7 钢锭模的设计与制造</b> .....     | 114 |
| 7.1 模耗 .....                 | 114 |
| 7.2 钢锭模的应力分析 .....           | 114 |
| 7.3 钢锭模壁厚的确定 .....           | 115 |
| 7.4 钢锭模的坡口、定位台、拉断台和预起拱 ..... | 116 |
| 7.4.1 坡口 .....               | 116 |
| 7.4.2 定位台 .....              | 116 |
| 7.4.3 拉断台 .....              | 117 |
| 7.4.4 钢锭模预起拱 .....           | 117 |
| 7.5 钢锭模耳轴 .....              | 117 |
| 7.6 钢锭模的材质 .....             | 118 |
| 7.7 钢锭模的制造和维护 .....          | 119 |
| 7.8 整体模和分体模 .....            | 120 |
| <b>8 模铸辅件设计</b> .....        | 123 |
| 8.1 中心铸管设计 .....             | 123 |
| 8.2 大底盘设计 .....              | 124 |

|        |                                 |     |
|--------|---------------------------------|-----|
| 8.3    | 小底盘设计 .....                     | 126 |
| 8.4    | 保温帽壳设计 .....                    | 127 |
| 8.5    | 小渣罐 .....                       | 128 |
| 9      | 模铸用耐火材料 .....                   | 129 |
| 9.1    | 模铸用耐火砖 .....                    | 129 |
| 9.1.1  | 钢包用耐火砖 .....                    | 129 |
| 9.1.2  | 开浇系统用耐火砖 .....                  | 129 |
| 9.1.3  | 中心铸管和汤道用耐火砖 .....               | 129 |
| 9.2    | 绝热板 .....                       | 131 |
| 9.3    | 发热剂 .....                       | 134 |
| 9.4    | 模铸用保护渣 .....                    | 134 |
| 9.5    | 保温帽的覆盖剂 .....                   | 135 |
| 9.6    | 钢锭模涂料和钢锭表面防氧化涂料 .....           | 136 |
| 9.7    | 滑动水口引流砂 .....                   | 136 |
| 9.8    | 汤道和中心铸管砂 .....                  | 137 |
| 10     | 钢锭的浇注工艺 .....                   | 138 |
| 10.1   | 钢液的洁净化处理 .....                  | 138 |
| 10.2   | 浇注温度的控制 .....                   | 139 |
| 10.3   | 浇注速度的控制 .....                   | 140 |
| 10.3.1 | 压盖沸腾钢的铸速控制 .....                | 140 |
| 10.3.2 | 镇静钢的铸速控制 .....                  | 141 |
| 10.4   | 一些特殊情况下的铸温铸速控制 .....            | 141 |
| 10.4.1 | 大细长比小锥度电极坯的铸速控制 .....           | 141 |
| 10.4.2 | 大截面积、小浇高的水平定向凝固钢锭的铸温、铸速控制 ..... | 142 |
| 10.4.3 | 大吨位多边形锻造锭的铸速控制 .....            | 142 |
| 10.4.4 | 电渣重熔锭的铸速控制 .....                | 142 |
| 10.4.5 | VC 真空浇注的铸速控制 .....              | 142 |
| 11     | 钢锭的脱模、热装热送和加热制度 .....           | 143 |
| 11.1   | 钢锭脱模时间的确定 .....                 | 143 |
| 11.2   | 钢锭脱模后的处理 .....                  | 143 |
| 11.3   | 钢锭的热送热装 .....                   | 144 |
| 11.4   | 钢锭加热 .....                      | 144 |

|           |                                 |            |
|-----------|---------------------------------|------------|
| 11.4.1    | 加热设备 .....                      | 145        |
| 11.4.2    | 钢锭的最高加热温度 .....                 | 146        |
| 11.4.3    | 钢锭热加工温度范围 .....                 | 146        |
| 11.4.4    | 钢锭加热速度和保温时间 .....               | 149        |
| 11.4.5    | 钢锭加热制度 .....                    | 150        |
| 11.5      | 沸腾钢的液芯加热 .....                  | 151        |
| <b>12</b> | <b>钢锭的模拟实验技术和检验技术 .....</b>     | <b>152</b> |
| 12.1      | 钢锭的模拟浇注和流场模拟试验 .....            | 152        |
| 12.2      | 用化学试剂模拟钢的凝固过程 .....             | 152        |
| 12.3      | 用铅锭模拟钢锭轧制变形 .....               | 154        |
| 12.4      | 用锡芯铅锭模拟钢锭的液芯轧制 .....            | 154        |
| 12.5      | 用热光弹结合有限元法模拟钢锭模的热应力 .....       | 155        |
| 12.6      | 用导热仪测定绝热板的保温性能 .....            | 156        |
| 12.7      | 各种振动、搅拌条件下的钢锭组织、结构变化的模拟实验 ..... | 157        |
| 12.8      | 钢液内电磁场分布的模拟实验 .....             | 158        |
| 12.9      | 钢锭浇注和凝固的模拟实验 .....              | 158        |
| 12.10     | 钢锭热加工组织和性能实验研究 .....            | 159        |
| <b>13</b> | <b>模铸钢锭的现场测试和检测 .....</b>       | <b>160</b> |
| 13.1      | 钢锭凝固时间测定实验 .....                | 160        |
| 13.1.1    | 钢锭模倾倒法 .....                    | 160        |
| 13.1.2    | 同位素测定法 .....                    | 160        |
| 13.1.3    | 钢锭热电偶测温法 .....                  | 160        |
| 13.1.4    | 钢锭模外测温 .....                    | 161        |
| 13.1.5    | 射钉法 .....                       | 162        |
| 13.2      | 钢锭的解剖 .....                     | 162        |
| 13.3      | 超声波探伤 .....                     | 163        |
| 13.4      | 金相检验和力学性能测试 .....               | 165        |
| 13.4.1    | 高倍金相检验 .....                    | 165        |
| 13.4.2    | 力学性能测试 .....                    | 165        |
| 13.4.3    | 化学性能和物理性能测试 .....               | 165        |
| 13.5      | 钢锭浇注凝固的计算机数值模拟 .....            | 166        |
|           | <b>参考文献 .....</b>               | <b>168</b> |

# 1 钢锭的用途

钢锭的用途广泛，按照其经锻压、轧制成材的产品类型，可分为以下几类。

## 1.1 电力用钢

电力用钢包括核电、火电、风电、水电等用钢。

核电：用于核岛的核心部件，如蒸发器、主管道、堆芯支撑板、弯管板和发电机组的低压转子等大型部件，除要求高强度、高韧性、高均质性外，有的还要求耐核辐射，多采用电渣重熔钢锭制造，最大锭重达715t。图1-1是在万吨水压机上锻造电渣重熔钢锭的情况，图1-2是百吨电渣重熔钢锭，图1-3是CPR-1000核反应堆堆芯支撑板，图1-4是核电整锻低压转子，图1-5是核电用锻造一体化接管段。

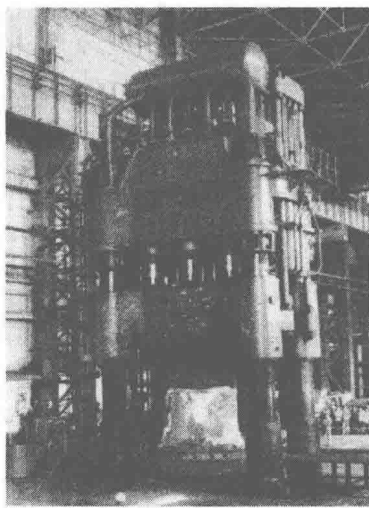


图1-1 在万吨水压机上锻造的电渣重熔钢锭

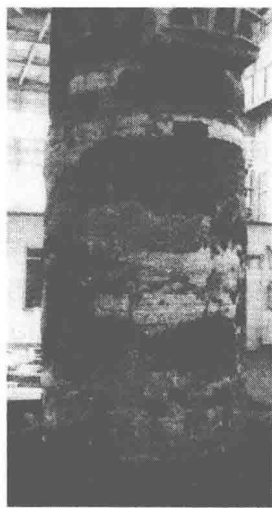


图1-2 百吨电渣重熔钢锭

水电：大型水力发电站用发电机转子、机座、船闸闸门等，要求高强度、高韧性、高洁净度。

火电：超超临界火力发电机的汽包、发电机座、汽轮发电机转子等，要求高温强度、高洁净度、抗蠕变性能。图1-6是1000MW超超临界汽轮机高、中压转子。

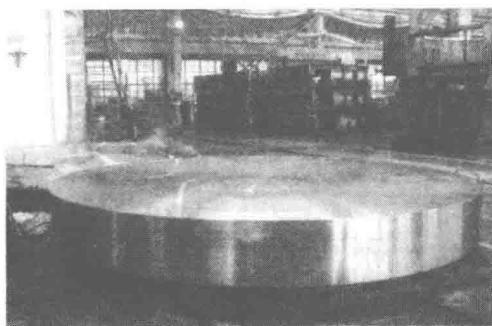


图 1-3 CPR-1000 核反应堆堆芯支撑板

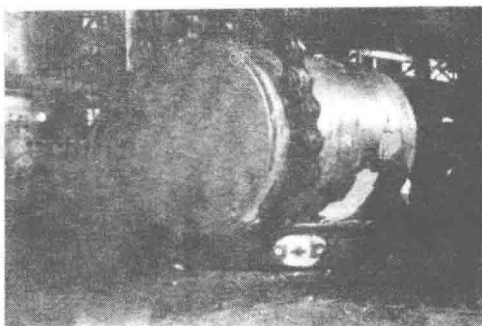


图 1-4 核电整锻低压转子

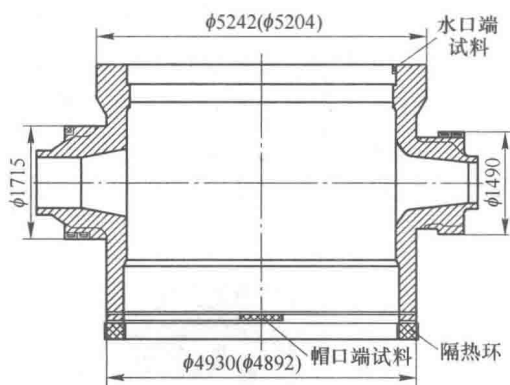


图 1-5 核电用锻造一体化接管段

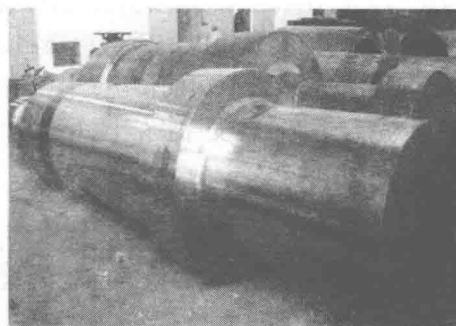


图 1-6 1000MW 超超临界汽轮机高、中压转子

作者与 W 厂、S 厂共同研制的扁钢锭有许多用于电力用钢。

风电：用于底座（见图 1-7）、立杆和风力发电机轴的制造。作者研发的各种钢锭，经轧制锻造后也应用于风电用钢。

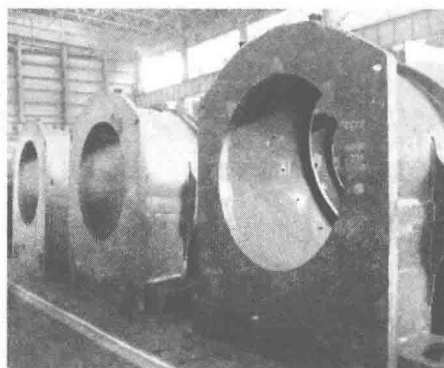


图 1-7 风力发电机底座

## 1.2 机械制造用钢

机械制造业是钢锭的最大用户，特别是目前我国已成为世界机械制造大国，大型机械不但要满足国内需求，还需要大规模出口。其中冶金机械中的大型矿山用破碎机、球磨机，大型高炉炉壳，转炉托圈、转轴及传动系统，宽厚板轧机工作辊、支承辊及万向接轴、主电机轴，无缝钢管轧机的浮动芯棒、限动芯棒和其他各类轧机的轧辊、轴承、轴承座等均由钢锭经锻造制作；大型矿山机械中的挖掘机铲斗、铲臂，海港机械中的起重机吊臂等也是如此。图1-8是5000~5500mm宽厚板轧机的支承辊，直径 $\phi 2200 \sim 2400\text{mm}$ ，重240t。

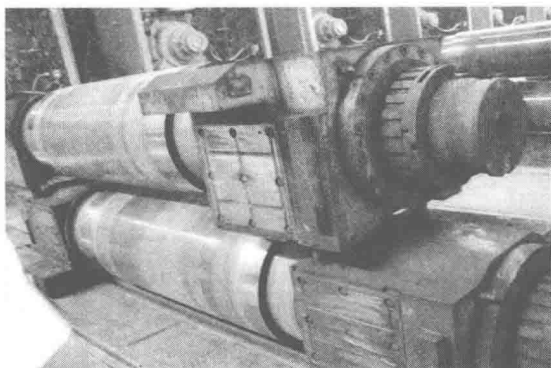


图1-8 宽厚板轧机支承辊

## 1.3 高层建筑用钢

随着建筑业的发展，钢结构高层建筑层出不穷，如迪拜塔、上海中心等。200m以上的高层建筑为了抗震、防风和防火的需要，多做成钢结构的主框架，其结构可由钢锭轧成的特厚板，经剪裁加工、焊接制成，要求高强度、抗震性和Z向性能。图1-9是我国上海的国贸大厦，图1-10是其钢结构，图1-11是奥运场馆“鸟巢”钢结构，均用到了作者开发的钢锭轧成的特厚板。



图1-9 上海国贸大厦

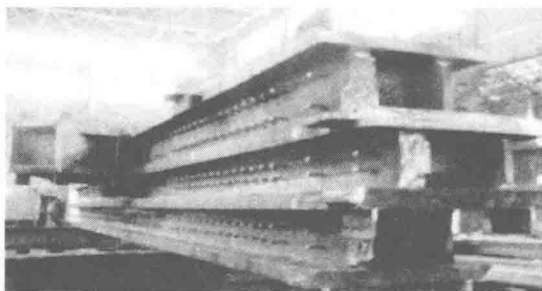


图1-10 上海冠达尔厂制造的大型钢结构



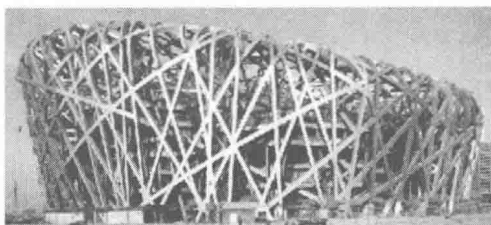


图 1-11 “鸟巢”的钢结构

## 1.4 高速铁路用钢

目前我国已成为高速铁路大国，并将有许多高铁项目出口国外。高速铁路车辆的车轮、车轴均由圆钢切片后锻造或在车轮轧机上冲孔、轧制而成，其要求极为严格，除要求高强度、高韧性外，还要求耐疲劳、高精度、高纯净度。此外，高铁的跨江、跨海大桥支撑桥墩、支撑臂也是锻造产品。作者研发的重轨用钢锭经轨梁厂轧成 50kg/m、65kg/m 的重轨也曾用于铁路（见图 1-12）。

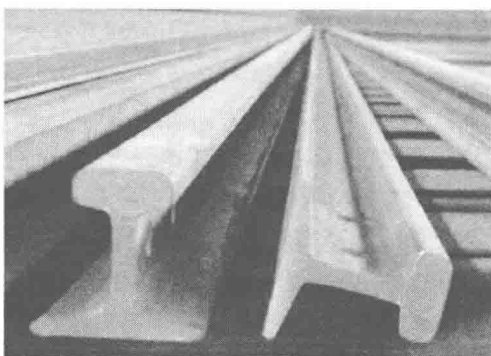


图 1-12 重轨钢

## 1.5 模具用钢

大型飞机及汽车外壳，需要用钢和铝合金板冲压成型，塑料行业需要将塑料冲压成各种用具，因此需要制作模具的模具钢。模具钢中又分为热作模具钢和冷作模具钢，前者要求热强性，后者要求耐磨性，且都对韧性、均质性和光洁度有较高要求。模具钢一般也可由钢锭轧制或锻造而成，用量很大。图 1-13 是用作者研发的钢锭轧成特厚板制成的模具钢模块。

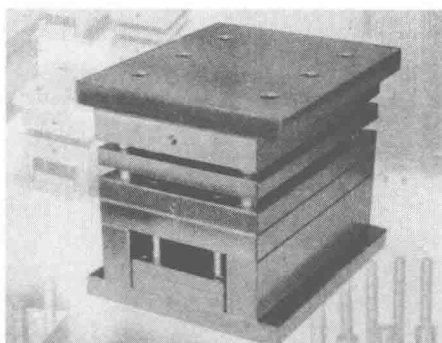


图 1-13 大型模具钢