

现代化超高功率 电炉炼钢车间设计

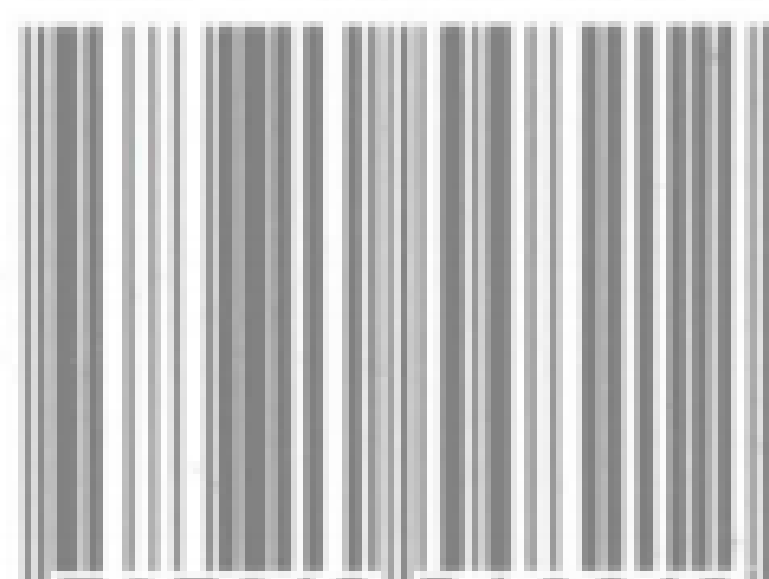
陆锡才 刘新 编著



NEUPRESS
东北大学出版社

现代化超高功率 电炉炼钢车间设计

ISBN 7-81054-821-2



9 787810 548212 >

ISBN 7-81054-821-2 定价: 25.00元

现代化超高功率 电炉炼钢车间设计

陆锡才 刘 新 编著

东北大学出版社

• 沈 阳 •

前 言

历届冶金专业毕业生做电炉炼钢车间设计时，总感到缺乏必要的资料和教科书，我们积累历年毕业设计指导经验，再结合目前现代化电炉炼钢发展趋势和我国电炉炼钢发展现状，编成本书，希望给予应届毕业生以指导和帮助。此外本书还可以供设计院和电炉炼钢厂工程技术人员参考，或作为相关专业人员的培训材料。

由于时间仓促，书中难免有欠妥之处，希望读者给予批评指正。

编 者

2002年9月15日

目 录

第一章 电炉炼钢厂设计概述	1
1.1 新建厂(车间)设计步骤	1
1.2 建厂(车间)可行性研究	1
1.3 阶段设计	1
第二章 我国超高功率电炉炼钢厂发展概况及设计总结	4
2.1 我国超高功率电炉炼钢厂发展概况	4
2.2 结构优化的核心	9
2.3 三位一体工艺路线的首要问题	9
2.4 三位一体流程的最优组合	13
2.5 车间工艺布置遵循的原则	14
2.6 安全、文明生产和环境保护	16
第三章 厂址选择, 生产规模确定, 钢种选择和产量分配	18
3.1 厂址选择	18
3.2 生产规模的确定	19
3.3 钢种的选择和产品产量的分配	19
3.4 电炉连铸工艺流程图	24
第四章 轧钢机选择和金属平衡	26
4.1 压力加工设备的选择	26
4.2 钢材品种	26
4.3 轧钢生产系列	26
4.4 轧机选择、产量分配及金属平衡	30
第五章 热处理设备选择和金属平衡	32
5.1 钢材的热处理	32
5.2 车间热处理量的确定及热处理设备的选择	35
5.3 热处理车间金属平衡	36
第六章 电炉连铸车间金属平衡和全厂返回钢烧损汇总	37
6.1 电炉连铸车间金属平衡	37
6.2 全厂返回钢与烧损汇总	38
6.3 全厂工艺流程图	38
第七章 配料计算和全厂金属平衡	40
7.1 电炉炼钢配料计算	40

7.2 全厂金属平衡	47
第八章 电炉连铸车间设备选择与计算	50
8.1 概 述	50
8.2 电炉连铸车间组成及各跨主体设备	50
8.3 电炉设计	50
8.4 电弧炉变压器容量的选择	60
第九章 盛钢桶设计与连铸设计	62
9.1 盛钢桶设计	62
9.2 连铸设计	72
第十章 电炉连铸车间工艺布置	100
10.1 电炉在车间内布置形式	100
10.2 几种典型工艺布置	100
10.3 炉子跨厂房房架下缘高度与吊车轨面标高确定	101
10.4 各种跨及吊车的选择	102
10.5 电炉连铸车间各跨具体布置	108
第十一章 排烟与除尘	116
11.1 排烟除尘的方法	116
11.2 烟气与烟尘	117
11.3 炉中排出废气量的估算	118
11.4 布袋除尘法	119
第十二章 电炉炼钢厂厂房建筑概论	121
12.1 基 础	121
12.2 柱网的选择	124
12.3 单层厂房的结构形式	126
第十三章 设计举例	130
13.1 厂址选择	130
13.2 产品大纲制定、电炉连铸工艺流程图	130
13.3 压力加工设备选择及其金属平衡	132
13.4 热处理设备选择及其金属平衡	135
13.5 电炉、连铸车间金属平衡, 全厂返回钢烧损汇总	137
13.6 配料计算及计算结果	141
13.7 电炉连铸车间设备选择及车间布置	152
13.8 电炉连铸车间人员编制	168
13.9 技术经济分析	172

第一章

电炉炼钢厂设计概述

一个现代化电炉炼钢厂,是由相对独立而又互相联系的车间组成,如冶炼车间(包括 EF, LF, VD 等冶炼设备与工艺)、连铸车间、轧钢车间、热处理车间、动力车间等。

按设计性质不同,电炉炼钢厂设计可分为新建设和改扩建设计。新建设计根据设计任务书,从头开始按设计程序进行;改扩建设计,则是对已有厂改造和扩大,以增加产量,提高质量和扩大品种,设计时强调对现有厂房,设施,设备等充分考虑和利用。这种改扩建设计在我国特殊钢厂应用较多。不过本书只介绍新建特钢厂(车间)设计。

1.1 新建厂(车间)设计步骤

①建厂(车间)可行性研究。

②下达任务书。

③阶段设计。

• 初步设计。

• 技术设计。

• 施工图设计。

④现场施工,安装,调试,试生产阶段。

⑤设计总结。

1.2 建厂(车间)可行性研究

为了确保新建项目的经济效益,技术上可靠,工艺合理,充分发挥项目建成后的作用,在设计开始前,必须组织工程技术人员进行可行性研究,论证,然后组织专家评审。对可行的几种建设方案,加以分析比较论证,最后确定一种最佳方案,上报有关部门或投资方,获得批准之后,下达设计任务书。建设单位得到批文之后,找设计院才能进行正式设计。

1.3 阶段设计

按设计进行程序,可以把整个设计过程分为如下几个阶段。

(1)初步设计

初步设计是按照设计任务书给定的条件,确定理论上可靠、技术上可行、经济上合理的车间设计方案。

初步设计的主要内容和程序是:

- ①根据建厂的指导思想选择厂址,确定建厂规模以及总体布置简图;
- ②编制产品方案,制定主要的或有代表性的产品的生产工艺过程;
- ③确定炼钢设备的组成和主要技术性能;
- ④选择其他各项设备并确定其主要技术参数;
- ⑤拟订炼钢程序,设计炼钢生产能力并确定其他设备数量及作业率,提出生产需要的各种设备清单;
- ⑥按照产品生产工艺流程,考虑各设备在车间中位置上的相互关系,拟订车间工艺平面布置图;

⑦拟订生产技术经济指标,计算生产所需原材料、水、电、燃料、气等各种材料的消耗定额,估计产品成本,提出车间投资概算;

⑧车间的组成和人员编制的确定;

⑨确定主要的建筑物和构筑物的占地面积、构造形式及它们在位置上的相互关系,考虑到车间运输及材料供应、管线铺设等方案;

⑩考虑车间的综合利用和环境保护以及今后扩建的可能性。

编写初步设计说明书,呈上级机关或投资方审核,获批准之后才能进行后面的设计。所以初步设计是其后设计的基础和法律依据,具有重要的意义。

(2) 技术设计

①确定能够满足生产要求的各生产工序,制订详尽的工艺规程;

②确定炉子设备的设计和制作,电气设备和其他各项设备的技术预算,编制技术设计说明书;

③确定各项设备的数量、能力和它们在车间内的具体位置;

④决定车间生产能力,编制各个产品的金属平衡,绘制可供施工用的车间平面布置图;

⑤验算炼钢生产能力和确定车间各类技术经济指标;

⑥进行供电、供水、油、气、通风、照明、采光及土建等方面的技术设计并编写有关说明书;

⑦编制职工定员表,提出车间投资和预算等。

技术设计是施工设计的依据,完成技术设计,应有各种详细的设计说明书,同样,这些文件汇总后,需呈报有关主管部门审批。

(3) 施工设计

施工设计,是设计的最后阶段,一般在技术设计批准后进行,但有时为了简化设计程序,缩短设计时间,也有在技术设计进行了大部分工作后,即开始着手进行的。施工设计的任务在于为设备制造、厂房基础及其他构筑物的施工提供依据。

其主要内容是:

①车间全部土建设计;

②绘制各项设备的施工图纸;

③施工时,有关的文件准备和说明。

施工设计不再报有关部门审批,设计完成后即可作为施工时的依据。

当然,上述设计的三个阶段也不是一成不变的,而是根据设计构筑物的复杂程度、工艺过程的繁简情况以及设计标准的高低和新技术、新设备的采用情况来决定的,在设计车间规模不大,且又有大批复用资料的情况下,为了简化设计过程和时间,也可以按初步设计和施工设计两步来进行。

施工设计结束后,在现场施工中,如发现有什么问题,可以再修改、安装,进行冷态和热态的调试,最后,进行工程总结。

综上所述,炼钢车间的设计任务和程序大致可如图 1-1 所示。

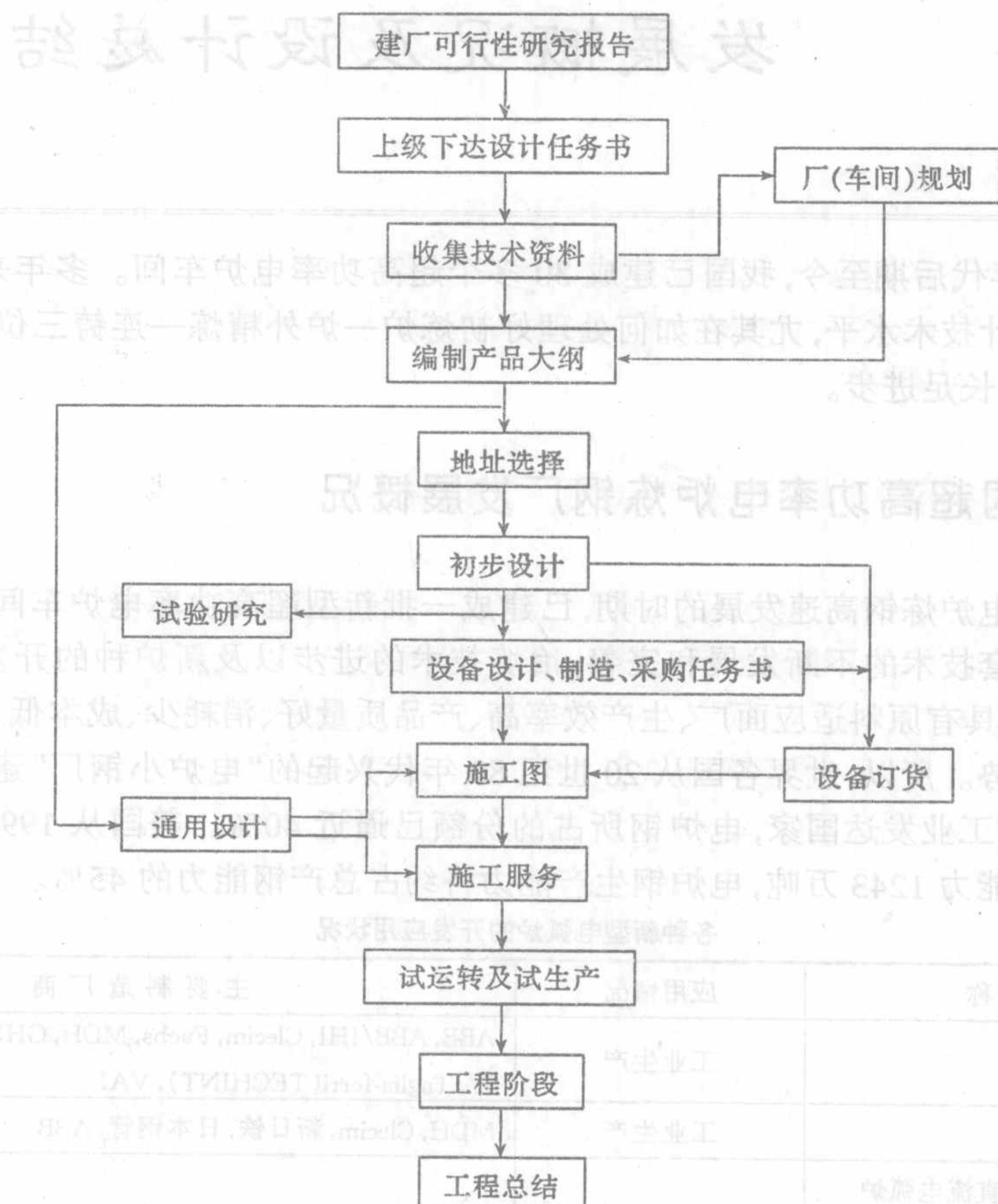


图 1-1 炼钢厂(车间)工艺设计流程图

我国超高功率电炉炼钢厂 发展概况及设计总结

20 世纪 80 年代后期至今,我国已建成 30 多个超高功率电炉车间。多年来的设计实践,提高了我国的设计技术水平,尤其在如何处理好初炼炉—炉外精炼—连铸三位一体优化工艺路线方面,取得了长足进步。

2.1 我国超高功率电炉炼钢厂发展概况

我国正处在电炉炼钢高速发展的时期,已建成一批新型超高功率电炉车间。随着超高功率电炉装备和配套技术的不断发展和完善,冶炼技术的进步以及新炉种的开发和应用(见表 2-1),使电炉生产具有原料适应面广、生产效率高、产品质量好、消耗少、成本低、能灵活适应市场变化的明显优势。所以,世界各国从 20 世纪 80 年代兴起的“电炉小钢厂”建设至今方兴未艾。日、美等西方工业发达国家,电炉钢所占的份额已逼近 40%。美国从 1996 年至 2000 年增加电炉钢生产能力 1243 万吨,电炉钢生产能力将约占总产钢能力的 45%。

表 2-1

各种新型电弧炉的开发应用状况

名 称	应用情况	主要制造厂商
常规直流电弧炉	工业生产	ABB, ABB/IHI, Clecim, Fuchs, MDH, GHH, 新日铁, 日本钢管, Taglia-ferri(TECHINT), VAI
双壳电弧炉	工业生产	MDH, Clecim, 新日铁, 日本钢管, ABB
竖窑式废钢预热交/直流电弧炉	工业生产	Fuchsm, PW(卢森堡)
Fuchs 竖窑式交/直流电弧炉		
竖窑式双电极直流电弧炉		
多段竖窑式交/直流电弧炉		
Comelt 直流电弧炉	实验生产	VAI
Consteel 电弧炉	工业生产	Intersteel Technology Inc. (TECHINT)
Danarc 电弧炉	工业生产	Danieli
Conarc 炉	工业生产	MDH
Arcon 炉	设计阶段	ABB
Contiarc 电弧炉	小型实验	MDH
Korfarc 电弧炉	工业生产	MDH

我国从 20 世纪 80 年代后期开始了加快超高功率电炉炼钢车间的建设步伐。至 1996 年已建成投产炉容量 40~150t 的超高功率电炉炼钢车间 11 个,设计生产能力每年为 460 万吨。目前又有 15 个超高功率电炉炼钢车间投产,设计总生产能力每年约为 770 万吨(见表 2-2a, b)。这些新建的超高功率电炉炉容量多为 70~100t,单位功率水平为 600~1000kV·A/t,配套技术完善,在炉种上除普通交流电弧炉外,还有直流电弧炉、竖窑式电弧炉、双炉壳电弧炉、

表 2-2a 我国近期建成投产超高压电炉及其车间概况

项 目	南京钢铁厂	上 钢 三 厂	宝 钢	国际钢铁制品(福建马尾)	江 阴 澄 兴	苏 州 苏 兴 特 钢	杭 州 电 炉 分 厂	淮 阴 钢 铁 有 限 公 司	沙 钢 (张 家 港)		抚 钢 (四 炼 钢)	天津无缝钢管公司	舞 钢
									润 忠	永 新			
公称容量/t	70	100	150	50	100	100	80	70	90	75	50	150	90
炉 型	AC 高阻抗	DC 导电炉底	DC 双壳	AC	DC	DC	DC	AC 高阻抗	AC 竖炉型	AC	AC	AC	AC
炉壳直径/mm	5800	6600	7300	5200	6600	6600	6200	5800	5900/6100	5300	5200	7000	6100
变压器容量/MV·A	60+20%	76	99	40/48	90	100	60+20%	60+20%	65	54	35	90/100	60
冶炼周期/min	约 65	80	60	约 110	65	72	65	72(设计) 58(1996年实际)	58(设计) 62(1996年实际)	约 104	约 90	约 100	约 90
年产量/万吨	30	54	75~100	20	57	50	53	32	67.5	21.6 (1996年)	21	60	37
型 式	LF	LF, VD	LF, VD	SL	LF, VD	LF	LF	LF	LF	LF	LF, VD	LF, VD	LF, VD
公称容量/t	70	100	150	60	100	100	100	70	90	13MV·A	60	150	90
主要技术参数	变压器 12MV·A	VD: 320kg/h	LF: 22+20% MV·A	瑞典喷粉 SL	LF: 16MV·A VD: 300kg/h (4+气泵)	LF: 18MV·A LF: 15MV·A	变压器 12MV·A+20%	变压器 12MV·A+20%	变压器 13.5MV·A		LF: 10MV·A VD: 200kg/h 蒸汽泵	LF: 20/24MV·A VD: 真空泵 400kg/h(4级 蒸汽泵+水环泵)	LF: 13MV·A VD: 200kg/h
机 型	全弧形	多点弯矫 直结晶器	圆/方兼 用	全弧形	弧形, 多 点矫直	弧形, 2 点矫直		弧形, 2 点矫直	弧形, 多 点矫直	全弧形	连铸	弧形, 多 点矫直	直结晶器 多点弯/矫
铸机半径/m	R=8	R ₀ =10.5	R ₀ =10	R=4.5	R ₀ =12	R ₀ =10, R ₁ =20	R ₀ =8	R ₀ =7, R ₁ =13	R ₀ =7	R=6	R=12	R ₀ =10.5 (4点)	R ₀ =10.5
台×流数	1×5	1×1	1×6	1×4	1×5	1×5	1×5	1×4 (预留5)	1×5 (预留6)	1×4 (预留5)	1×4	1×4	1×1
铸坯断面/mm	120×120 130×130 150×150	200~300× 1200~2000	φ153, φ178, 160×160	110×110 100×100	180×180 220×220 300×300	130×130 195×195 280×300 (预留)	150×150 180×180	100×100 120×120	130×130	110×110 120×120	200×200 240×240	φ210, φ270, φ310	210~300× 1200~1900

项 目	南 京 厂	上 三 厂	宝 钢	国际钢铁制品(福建马尾)	江 兴 澄	苏 州 苏 兴 特 钢	杭 电 炉 分 厂	淮 阴 钢 铁 有 限 公 司	沙 钢 (张 家 港)		抚 钢 (四 炼 钢)	天 津 无 缝 钢 管 公 司	舞 钢
									润 忠	永 新			
产 品 情 况	生 产 钢 种	普 碳、低 合 金、优 碳、低 合 金、结 构、锅 炉、压 力 容 器 用 钢	优 碳、低 合 金、结 构、锅 炉、压 力 容 器 用 钢	低 合 金、优 碳 钢	合 结、弹 簧、轴 承、低 合 金、碳 结 构	低 合 金、(亦 考 虑 将 来 少 量 不 锈 钢)	优 碳、普 碳、低 合 金、弹 簧 合 结、弹 簧 钢	普 碳、低 合 金、优 碳、合 结、弹 簧 钢	普 碳、低 合 金、(含 硬 线) 钢	普 碳、低 合 金 钢	碳 结、碳 合 结、合 工、弹 簧、轴 承、不 锈 钢	套 管、管 线、锅 炉、管、结 构、液 压 支 柱 管 用 钢	普 碳、低 合 金 钢、海 洋 平 台 钢、压 力 容 器 钢、电 站 锅 炉 板 钢、碳 结 钢
		线 材	板 材	线 材	大 型 材 (圆、工 字、角、槽)	板 材 (φ50~130mm)	棒 材、线 材	棒 材、线 材	线 材 (φ5.5~20mm)	螺 纹 钢 (φ5~40mm)	无 缝 钢	板 材	
建 设 情 况	投 产 时 间	1996.01	1995.10	1992.01	1997.07	1998	1997	1995.12	1995.09	1991.06	1992.08	1992.06	EAF:1991.12 CCM:1992.11
		EAF: DANIELI LF: DANIELI CCM: 衡阳 冶金机械 厂	EAF: ABB CCM: 西 重 所 北 院 上 重 矿 (制) LFVD: 西 炉 矿	DEMAG 英 国 二 手 设 备	DEMAG	EAF, LF, DEMAG CCM: DANIELI	EAF, CLECIM CCM: VAI	DANIELI VD	EAF, LF, FUCHS CCM: CONCAST	DANIELI 设 计, 英 国 二 手 设 备	EAF: KPUPP LF: 西 炉 所 VD: 北 院, 沈 阳 冶 金 机 械 修 造 厂	DEMAG	EAF: VAI 连 铸: 北 院 LF/VD: 北 院, 邢 台 轧 钢 厂
备 注	工 厂 设 计	马 鞍 山 钢 铁 设 计 院	炼 钢: 上 海 冶 金 设 计 院 连 铸: 北 院	武 汉 钢 铁 设 计 院	北 院	北 院	马 鞍 山 钢 铁 设 计 院	北 院	北 院	上 海 冶 金 设 计 院	北 院	北 院	北 院
		LF 中 变 压 器 为 国 产, 现 已 建 产				预 留 VD							

表 2-2b

我国近期建成投产超功率电炉及其车间概况

项 目	广 钢	长城特钢	珠江钢厂	上钢五厂 (三电炉 分厂)	沿山钢厂	三洲钢厂 (无锡)	锡钢集团 (原无锡 钢厂)	安阳钢厂 (集团)公司	新疆八一	上三不锈钢 (合资)	重庆特钢	大连钢厂	贵阳钢厂
公称容量/t	40	80(100)	150	100	60	50	80	100	70	90	100	90	60
炉型	AC	DC	AC单壳竖炉	DC	DC	AC	AC	AC竖炉型	DC	AC	AC	DC	AC Consteel 炉
炉壳直径/mm	4600	6100	7300/7100			5200	6100/5800	6300/6400	5800/5600	6400	6300	6100	
变压器容量/MV·A	24/28	90	120+12%	76	50	30	65MV·A+ 20%	72	60	85	75	75	30/36
冶炼周期/min	约 103	60(75)	57		60	135	63	59	72	70	约 75	76	60
年产量/万吨	17	50	100		30	约 20	50	约 70	35	约 51	约 50	约 43	约 32
型式	吹 Ar 搅拌	LF, VD	LF/VOD (缓上)	LF, VD	LF	LF	LF, VD	LF, VD	LF (预留 VD)	ARP-L, VOD	LF, VOD	LF, VD	LF 预留 VD
公称容量/t		100	150	100	60	50	80	100	70	100	100	90	
主要技术参数		LF: 20MV·A VD: 280kg/h (5 级蒸汽 汽泵)	LF: 20/24MV·A	LF: 18MV·A VD: 400kg/h			LF: 14MV·A VD: 250kg/h	LF: 18MV·A VD: 300kg/h	LF: 12MV·A	ARP-L; 顶底复合吹, VOD: 350kg/h	LF: 18MV·A VOD: 300kg/h	LF: 18MV·A VD: 300kg/h	
机 型	全弧形	弧形, 2 点矫直	薄板坯 CPS	全弧形	弧形, 2 点矫直	弧形, 多 点矫直	弧形, 3 点矫直	立弯形, 渐近弯/矫	弧形, 2 点矫直		弧形	弧形	
铸机半径/m	R = 6	R ₀ = 11、 R ₁ = 21		R = 10	R ₀ = 9, R ₁ = 16	R ₀ = 6	R ₀ = 15, R ₁ = 23 R ₂ = 45.6	R ₀ = 8	R ₀ = 9		R ₀ = 12	R ₀ = 12	
台×流数	1×4	1×4	1×1	2×6	1×4	1×4	1×2	1×1	1×4	1×1	1×4	1×3	
铸坯断面/mm	115×115 150×150	200×200 240×240	70×1150	140×140 160×160 180×180 200×200	120×120 150×150 180×180	120×120 140×140 160×160	240×240 300×300	150~250× 950~1500	120×120 150×150 180×180	100~200× 950~1600	240×240 200×200	150×150 260×260 260×320	

续表 2-2b

项 目	广 钢	长城特钢	珠江钢厂	上钢五厂 (三电炉 分厂)	沿山钢厂	三洲钢厂 (无锡)	锡钢集团 (原无锡 钢厂)	安阳钢厂 (集团)公司	新疆八一	上三不锈钢 (合资)	重庆特钢	大连钢厂	贵阳钢厂
生产钢种	普碳、碳 结、低合金 钢	碳结、合结、 切削、弹簧 钢	普钢、低 合金、低冲 深 (08AL)	低合金、 碳工、弹簧、 合结、焊接 钢、锅炉管、 汽车用钢	低合金、 齿轮、弹簧、 高碳钢	普碳、低 合金钢	碳结、碳 工、合结、弹 簧、轴承钢	碳结钢、 锅炉板、船 板、压力容器 板、低合金 钢、桥梁板 钢	弹簧、合 结、碳结、低 合金钢	不锈钢	碳结、合 结、弹簧、易 切削、不锈 钢	碳结、合 结、碳工、弹 簧、轴承钢	碳结、合 结、弹簧钢 (预留轴承)
最终成品	线 材	棒材(φ20 ~75mm, 预 留生产方钢 及扁钢)	薄 板		棒 材	线 材	棒材、型材	板 材	型 材、带 钢、中空材、 线材	不锈钢板卷	棒材、线材		
投产时间	EAF: 1988.12 CCM: 1989.05	1998.03	1998.12	1997.07	1998			1999.04	1999		1999		
设备设计及供货	EAF: ABB CCM: 北 院、衡阳 冶金机械厂	EAF: CLECIM LF, VD; DANIELI COM: DANIELI	炼钢: FUCHS 连铸: SMS	炼钢: GHH 连铸: CONCAST	炼钢: GHH 连铸: CONCAST	炼钢: 二 手设备(意 大利) 连铸: 上钢三厂	PW VC	AVI VC	炼钢: 引进 LF: 国内 CCM: 国内				
工厂设计	北院	北院	炼钢: 北 院、连铸: 武 汉钢铁设计 院	上海冶金 设计院	马鞍山钢 铁设计院	上海冶金 设计院	北院	北院		北院	北院	北院	
备 注							其中 VD 拟国产	其中炼钢 总体工艺上 海冶金设计 院		与克虏伯 合资			电炉: POMINI 其余: 国产

产品情况

建设情况

康斯特炉等。电炉后步都配备有 LF 炉, 或 LF + VD(VOD) 等精炼装置, 钢水全部连铸成坯, 即几乎全部采用超高功率电炉—炉外精炼—连铸三位一体的优化工艺路线, 因而无论在装备上, 还是在生产工艺技术上, 都达到了国际当代电炉水平。

2.2 结构优化的核心

结构优化的核心是实现三位一体的基本工艺路线。近年来, 随着现代炉外精炼技术和连铸技术的日臻完善, 炼钢生产技术发生了两方面的深刻变化, 一是冶炼方法由传统的炼钢炉一次完成全部物理化学反应, 转变为炼钢炉只完成熔化、氧化、成分与温度初步调整的初炼任务, 然后在炉外精炼装置中完成脱硫、去夹杂、脱气和精确调整、均匀成分与温度等精炼任务, 即二次炼钢法; 二是成品钢水由钢锭模浇注成钢锭转变成用连铸机浇成各种断面的钢坯, 省去了初轧开坯的工序, 从而大大降低能耗和提高金属收得率。这种初炼炉—炉外精炼—连铸的一体化工艺路线, 不仅使生产能力大幅度提高(电炉的冶炼时间目前已缩短至 45~60min, 接近于转炉冶炼时间), 降低了消耗与成本, 而且提高了钢水质量。因而, 20 世纪 80 年代以来国际上新建、改扩建的电炉炼钢厂都按这一工艺路线组织生产。我国优化炼钢生产结构就是要使炼钢生产的工艺路线普遍地向初炼炉—炉外精炼—连铸三位一体优化工艺路线转变。

在向三位一体优化工艺路线转变过程中, 对于电炉炼钢车间来说, 有两个方面的问题应予以注意: 一是应明确三位一体工艺路线是一条高效的生产作业线, 因而每个“位”的主体工艺装备和生产技术必须是先进的, 即在技术上必须坚持高起点, 具体地说, 必须采用超高功率电炉装备与冶炼技术; 二是三位一体必须体现以炼钢为基础, 以连铸为中心的指导思想, 即明确电炉与炉外精炼的任务就是为连铸提供充足的温度和成分, 符合要求的、纯净度高的优质钢水, 为连铸生产创造良好的基本工艺条件。由于冶炼的最终产品是连铸生产的合格坯, 因而“三位”在生产能力的匹配上, 电炉与炉外精炼的能力都应略大于连铸机, 而在各“位”的作业时间匹配上, 则必须满足连铸多炉连浇的要求, 只有这样, 才能使“三位”均衡运转而结合成“一体”, 从而可靠地保证生产任务的完成。

2.3 三位一体工艺路线的首要问题

主体工艺装备的正确选型是三位一体工艺路线的首要问题。选择什么样的电炉、炉外精炼装备和连铸机, 是采用三位一体工艺路线时首先要考虑的, 也是最重要的问题。

2.3.1 电炉选型的主要因素

(1) 炉型选择

20 世纪 80 年代中期以来, 许多国家开发出各种具有各自特点的新型超高功率电炉, 并已大部分在工业生产中得到应用(见表 2-1), 表 2-3 简要列出现有各种超高功率电炉的主要特点。

根据表 2-3 中各种超高功率电炉的特点, 结合在建项目的要求与具体条件确定选用何种型式的电炉。这主要有对生产能力的要求、冶炼钢种的特殊要求、原料条件、供能(电、燃料、氧)条件、资金条件、生产费用和操作习惯等。20 世纪 80 年代后期以来, 国内外许多新建电炉钢厂鉴于直流电弧炉的电极耗量低, 无功功率动态补偿容量比交流电弧炉低一半, 电耗、耐火材料消耗与噪声均比交流电弧炉低, 因而大多选用直流电弧炉, 已建厂中约占 70%。

表 2-3

各种超功率电弧炉的主要特点

项 目	常规交流电弧炉	高阻抗交流电弧炉	常规直流电弧炉	竖窑炉交/直流电弧炉	Const 电弧炉 (交/直流)	Danarc 电弧炉 (交流)	Korfam 炉 (交/直流)	转-电炉		Comelt 炉 (直流)	双炉壳电弧炉 (交/直流)
								Conarc 炉 (交/直流)	Aroon 炉 (直流)		
应用情况	普遍	新建交流炉大多采用	普遍, 目前包括在建超过 100 座	至 1995 年已投产 9 座	至 1997 年投产 6 座, 在建 2 座	至 1995 年投产 13 座	至 1997 年已投产 6 座	刚开始工业应用	完成设计, 尚未实际工业应用	完成 50t 试验炉, 尚未见工业应用	至 1996 年已投产 14 座
设备特点	常规	变压器一次侧串联一电抗器, 其余常规	常规 (各厂家的底电极形式不同)	炉盖上带一竖井, 带旋转或移动机构, 炉壳椭圆形, 总体结构庞大, 质量大	炉墙上开孔与废钢运输机械相接, 熔池容量大, 总体结构庞大	炉壁与炉底上设多个氧风口, 高阻抗抗器供电, 其余常规	炉壳上设多个氧燃烧嘴与吹氧风口, 有二次燃烧控制系统	炉盖上带顶吹氧机械, 炉壁介于转炉与电炉之间	两个炉壳共享 1 套顶吹氧机械, 1 套电极机械, 炉与转炉之间	炉壁上设 4 根倾斜小电极, (阴极板), 炉盖带竖井, 结构庞大, 质量大	两个炉壳共享 1 套电极机械, 炉下车辆为 2 套, 可预热废钢
冶炼工艺特点	常规	高压, 低电流, 电弧长, 要求电弧稳定, 要求泡沫渣厚	电弧稳定, 要求电弧长, 要求泡沫渣厚	利用烧嘴和竖井预热废钢, 冶炼常规交/直流电弧炉	大留钢量操作, 废钢连续进料与熔化, 电流小, 电弧稳定	高压、低电流, 电弧稳定, 大量用氧, 与辅助能源, 泡沫渣要厚	大留钢量并使用后燃烧技术, 尤适用于部分铁水热装	具有电炉与转炉的特点	具有电炉与转炉的特点, 两个炉壳交替熔化与吹氧	4 个弧区共流同熔化, 电流小, 电弧稳定, 竖井中废气预热废钢	消除了一个电炉壳时停电辅助作业时, 操作同常规
后燃烧技术应用	一般无, 可增设	一般无, 可增设	一般无, 可增设	在竖井中进行后燃烧	在废钢运输带前段进行二次燃烧	炉膛内二次燃烧	炉膛内燃烧	炉膛内二次燃烧	炉膛内二次燃烧	竖井内后燃烧	无
设置电弧炉密闭罩的难度	容易	容易	容易	较难	不必设密闭罩	容易	容易	较难	难	不必设密闭罩	难
冶炼时间/min	单位功率 650 ~ 1000 kV·A/t, 相应 95 ~ 60	单位功率 650 ~ 1000 kV·A/t, 相应 95 ~ 60	单位功率 650 ~ 1000 kV·A/t, 相应 95 ~ 60	45 ~ 60	45 ~ 50	45 ~ 55	50 ~ 70	45 ~ 55	45 ~ 55	< 45	40 ~ 50
小时钢产量/t	60 ~ 100	60 ~ 100	60 ~ 100	75 ~ 150	80 ~ 120	80 ~ 120	129 (竖炉)			67 (50t 炉)	150 ~ 200
消耗电/(kW·h/t)	420 ~ 440	410 ~ 420	410 ~ 430	340 ~ 380	约 340	295 ~ 310	带 Korf 炉约 390				
燃料/(kg/t)	约 6	约 6	约 6	约 6	约 6	约 1.7	约 5.1			约 335	
碳/(kg/t)	20 ~ 30	20 ~ 30	20 ~ 30	约 27	约 35	约 16.4	约 19.11			约 7	
氧气/(m ³ /t)	约 3	约 2.5	约 1.5	约 2	约 1.7	约 41	约 27.5			约 9.5	
电极/(kg/t)						约 1.4	降低			约 30	

(2)电炉公称容量与单位输入功率

电炉的生产能力决定于炉容量与单位输入功率,在单位功率水平相同时,生产能力随容量增大而提高。

电炉的单位功率水平目前已提高到 800~1000kV·A/t 钢,随着单位功率水平提高,冶炼时间显著缩短,生产率明显提高,见表 2-4。

表 2-4 电炉吨钢变压器容量及生产率的发展情况

指 标	1960 年以前 (第一代电炉)	20 世纪 60 年代 (第二代电炉)	20 世纪 70 年代 (第三代电炉)	20 世纪 80 年代至今 (第四代电炉)
变压器配置水平/(kV·A/t 钢)	200	400~500	650~800	800~1000
出钢至出钢时间/min	240~360	120~150	80~95	55~60
生产率(100t 电炉)/(t/h)	15~25	30~40	60~80	约 100

(3)电炉的配套技术装备

超高功率电炉技术的发展,不仅体现在电炉本身装备和冶炼工艺技术的进步方面,而且体现在众多配套技术的日臻完善(见表 2-5)。根据实际条件,选择适当的配套技术装备,可收到事半功倍的效果,使超高功率电炉高效、优质、低耗的特点得到更充分的发挥。通常,水冷炉壁与炉盖、偏心炉底出钢、喷碳粉与吹氧机械、补炉机械、机械化加料、烟气收集与净化、计算机控制,这些配套技术是必需的,其余各项可根据需要与可能条件来选择。

表 2-5 超高功率电弧炉配套技术概况

配套技术名称	功 能	效 果
直接导电电极臂	铜钢复合或铝制导电电极臂代替大电流水冷铜管	降低电抗,提高输入功率,简化设备与水冷系统,减轻质量,便于维护
水 冷 电 极	减少电极氧化损失	电极耗量降低 20%~40%
管式水冷炉壁、水冷炉盖	代替炉壁与炉盖砌砖,测定炉壁热流量,控制最佳输入功率(炉壁水冷面积 80%~90%,寿命 4000~8000 炉,炉盖水冷面积 80%~85%,寿命 4000 炉)	电炉由短弧操作可改为长弧操作,功率因数由 0.707 提高至 0.750~0.830,电炉生产率提高 10%,耐火材料耗量降低 50%,吨钢成本降低
偏心炉底出钢	代替普通出钢槽出钢	无渣出钢,留钢操作,倾炉角度减小 20°~30°,短网长度缩短 2m,提高输入功率,缩短冶炼时间 5~9min。减少二次氧化与温降,降低出钢温度 30℃,节电 20~25kW·h/t
氧 燃 烧 嘴	消除炉内冷点,补充热能,亦可往炉内供氧	熔化均匀,缩短冶炼时间可达 20~30min,节电可达 50~60kW·h/t
炉 底 搅 拌	炉底吹 Ar 或 N ₂ 搅拌熔池	加速熔化,提高热效率,均匀成分与温度
炉门喷碳粉设施	吹氧同时往炉渣喷碳粉,形成泡沫渣,实现埋弧熔炼	电炉高功率因数长弧操作,提高输入功率与热效率,缩短冶炼时间,延长电炉寿命
吹 氧 机 械	吹氧助熔,提供碳、磷氧化所需氧源,制造泡沫渣	加速熔化,完成氧化期任务,节电 3~4 (kW·h/t)/1(m ³ /t),降低劳动强度
补 炉 机 械	往炉内投加补炉料	改善劳动条件,提高补炉质量,缩短补炉时间
二次燃烧技术	使炉气中 CO 燃烧,增加热收入	可较多地降低电耗 5~45kW·h/t,缩短冶炼时间