

电炉钢节电技术

丁永昌 徐普蔚 徐原久 编

湖北人民出版社



TF741

8

3

电 炉 钢 节 电 技 术

丁永昌 徐曾启 徐原久 编

湖 北 人 民 出 版 社

电炉钢节电技术

丁永昌 徐曾启 徐原久 编

*

湖北人民出版社出版 湖北省新华书店发行

湖北省新华印刷厂印刷

787×1092 毫米 32 开本 9.875 印张 222,000 字

1981 年 11 月第 1 版 1981 年 11 月第 1 次印刷

印数: 1—9,600

统一书号: 15106·244 定价: 1.03 元

前 言

随着我国四个现代化建设的发展，能源已成为一个十分突出和紧迫的问题。

电弧炉是以电能作为热源冶炼钢和合金的设备。公称容量3~5吨的炼钢电弧炉，每2~4秒钟就要消耗一度电，由于它是电力的大用户，人们常称其为“电老虎”。

我国电弧炉的数量很多，而且遍布在各省的大中城市内。不仅冶金行业有，而且在机械、军工、铁道、航运、建材、农业、化工等行业的铸钢车间，均有相当数量的电弧炉。在有些城市内，电弧炉的用电量占全市用电量的15%甚至更多一些。

就其用电单耗来说，专业冶金厂稍低一些，也多在600~750度电之间。而有些中小厂和其它行业的铸钢电弧炉，其用电单耗高达900~1000度电，与国内外较低的用电单耗相比差距较大。这说明电弧炉节电潜力很大，是大有可为的。

节约能源是缓和能源供应紧张的最可靠途径。对电弧炉炼钢而言，欲达节约电能的目的，一是研究试验新的节电项目；二是推广各项行之有效的节电措施；三是进行技术交流（包括资料交流）；四是培训电炉炼钢工人和技术人员；五是加强企业管理，深入持久地开展增产节约运动。

建国三十年来，我国广大电炉炼钢工作者，相继创造出许多电炉钢增产节电的行之有效措施，并不同程度地在全国各地得到运用；当前，为了适应大力开展电炉钢节电工作的需要，结合我们多年从事电炉钢节电工作的实践，特编写了《电炉钢节

电技术》一书，书中比较系统全面地阐述了国内外各项节电技术，并力求通俗易懂，深入浅出，以适应广大读者的需要。

全书共分七章。主要是围绕缩短冶炼时间与辅助时间、引入第二热源以及改进电气设备等方面来介绍国内外的有关节电技术，其中较系统地介绍了国外在设备和工艺上所采用的节电先进技术，如炉外精炼、超高功率电弧炉、管状电极吹气熔炼等；同时也简单地介绍了一些在管理方面为适应节电工作需要的方法。

本书适合于从事电炉炼钢工作的工人、技术人员、领导干部与管理人员自学或作为电炉钢节电短训班的教材之用，并对大专院校有关专业学生有学习参考价值。

本书是在湖北省经济委员会科技处、湖北省新技术推广站、武汉地区“三电”办公室的热情关怀与具体指导下编写的。在编写过程中，还得到了大冶钢厂、武钢机修总厂、武昌船厂二分局、武昌车辆厂、武汉汽轮发电机厂、武汉冶金机修厂等单位的大力支持与帮助，在此一并表示诚恳的谢意。

由于编者水平所限，书中难免有一些缺点和错误，热诚地希望读者及时指正。

编者 一九八一年四月

目 录

第一章 缩短冶炼时间	1
第一节 正确装料	1
一、装料与冶炼的关系	1
二、装料原则与要求	2
三、装料操作	5
第二节 合理供电	5
一、供电曲线制订的原则和依据	6
二、供电曲线的执行	8
第三节 合理超装	9
一、什么是合理超装	9
二、如何实现合理超装	11
三、合理超装的效果	12
第四节 双屑炼钢	13
一、双屑炼钢及其设备	13
二、双屑炼钢的工艺特点	14
三、双屑炼钢的质量与效果	17
四、双屑炼钢的工艺分析	17
第五节 采用喷粉技术	21
一、喷粉技术的提出	21
二、喷粉工作原理	22
三、喷粉效果	24
四、喷粉脱硫	24
第六节 无还原快速炼钢	33

一、无还原快速炼钢的提出	33
二、无还原快速炼钢的工艺特点	34
三、无还原快速炼钢的钢质量	39
四、无还原快速炼钢的工艺效果	39
第七节 不烘炉炼钢	42
一、什么是不烘炉炼钢	42
二、不烘炉炼钢的操作	43
第八节 超高功率电弧炉	44
一、超高功率电弧炉的特点	44
二、衡量超高功率电弧炉的主要参数	50
三、超高功率电弧炉的优点	56
第九节 其他一些缩短冶炼时间的措施	58
一、废钢预热	58
二、电炉热装	59
三、余钢、余渣回炉	60
第二章 缩短辅助时间与节约辅助用电	61
第一节 电弧炉熔样非水法定碳	61
一、什么是电弧炉熔样非水法定碳	62
二、电弧炉熔样非水法定碳的设备	63
三、电弧炉熔样非水法定碳的基本原理	68
四、电弧炉熔样非水法定碳的效果	70
第二节 结晶定碳	71
一、结晶定碳的理论依据	71
二、结晶定碳的主要设备	74
三、结晶定碳的碳—温对照表	76
四、结晶定碳的操作过程	77
五、结晶定碳的效果	80
第三节 浓差电池法定氧	81

第四节 连续开炉	84
第五节 其他一些缩短辅助时间与节约辅助 用电的措施	85
一、快速送样与报回化验结果	85
二、减小炉前供风用电量	85
第三章 引进第二热源	87
第一节 电弧炉冶炼的能量平衡	87
一、能量的收入项	88
二、能量的支出项	90
三、开源节流的可能途径	98
第二节 以氧代矿	105
一、氧化反应的热效应	105
二、熔化期吹氧助熔	107
三、氧化期以氧代矿	108
第三节 煤气或油助熔	110
一、煤氧助熔	110
二、油氧助熔	111
第四节 废油助熔	112
一、废油助熔的设备	112
二、工艺流程	114
三、操作特点	114
四、经济效果	115
第四章 增加钢锭收得率	116
第一节 固体渣保护浇注	116
一、保护浇注的出现及其类型	116
二、保护浇注的固体渣	118

三、固体渣保护浇注工艺	123
四、固体渣保护浇注的效果	124
第二节 电渣浇注	125
一、电渣浇注及其方式	125
二、电渣浇注的操作	128
三、电渣浇注的质量	129
四、电渣浇注的效果	133
第五章 设备方面的节电措施	135
第一节 短网的改进	135
一、短网的组成	135
二、短网的电阻	136
三、短网的感抗	139
四、短网部分的节电措施	140
第二节 合理使用电抗	145
一、电抗的作用	145
二、电抗器容量的确定	147
三、电抗器的合理使用	151
第三节 正确制定电力曲线	153
一、电弧炉供电回路的特性曲线	153
二、特性曲线的绘制	154
三、短路试验	158
四、最佳工作电流的选择	161
五、电力曲线的制定	165
第四节 变压器容量的匹配	166
一、变压器容量与工艺参数的关系	166
二、变压器额定电流与最佳工作电流的关系	170
第五节 改进电极升降自动控制系统	172
一、电极升降自动控制与节电的关系	172

二、电极升降控制系统改进的概况	173
三、可控硅一直流电机控制系统	176
四、可控硅—滑差离合器控制系统	179
第六节 通过管状电极向熔池喷吹气体	183
一、通过管状电极向熔池喷吹气体的工艺过程	185
二、电极喷吹气体对炼钢炉电弧特性的影响	186
三、电极喷吹气体的工艺效果	193
第七节 炉前操作的机械化	196
一、炉前操作机械化与节电的关系	196
二、震动加料	197
三、旋转补炉机	198
第六章 炉外精炼	201
第一节 炉外精炼与节电的关系	201
第二节 炉外精炼的概况	202
一、炉外精炼出现的原因	202
二、炉外精炼的发展	204
三、炉外精炼法的分类	215
四、炉外精炼法的联合使用	216
第三节 炉外精炼的主要手段	217
一、真空	218
二、搅拌	222
三、喷吹	225
四、渣洗	227
五、加热	228
第四节 常见的炉外精炼方法	230
一、真空提升法(DH 法)	230
二、真空循环脱气法(RH 法)	232
三、钢包炉精炼法(SKF 法)	235

四、真空吹氧脱碳法(VOD 法)	238
五、氩氧共吹法(AOD 法)	241
 第七章 加强管理工作, 促进节电增产.....	245
第一节 加强炉料管理.....	245
一、金属材料的管理	246
二、非金属材料的管理	251
第二节 加强质量管理.....	256
一、产品质量与质量管理	256
二、质量管理的基础工作与 PDCA 工作方法.....	264
三、几个常用的数理统计方法	273
第三节 电炉钢生产的技术经济活动分析	287
一、技术经济活动分析的重要性	287
二、技术经济活动分析的基本方法	288
三、电炉钢节电因素的分析	289
第四节 加强设备维修.....	296
一、设备维修原理	296
二、设备维修工作方法	299

第一章 缩短冶炼时间

炼钢电弧炉是以电能为热源来冶炼钢和合金的设备，对于中小型容量的电弧炉，几秒钟就消耗一度电，因此，它是一个大的用电户。为了降低每吨钢的耗电量，广大炼钢工作者在缩短冶炼时间方面，进行过多方面的研究和试验，总结出不少较成熟的经验，如：正确装料、合理超装、双屑炼钢、无还原快速炼钢、喷粉技术，以及近几年发展较快的超高功率电弧炉冶炼和炉外精炼等，均能不同程度地缩短冶炼时间。

缩短冶炼时间，就能提高单位时间的钢产量，因而在降低每吨钢的耗电量方面，可取得明显的效果。对于一座3~10吨的电弧炉，平均每2~3秒钟消耗一度电；小于3吨的，平均每4~6秒钟消耗一度电。因而对于一座3吨炉，若缩短冶炼时间10分钟，可节约电能200~300度，则每吨钢降低电耗30~60度。所以说，缩短冶炼时间与节电增产有紧密的关系。下面就缩短冶炼时间方面的措施分别加以介绍。

第一节 正确装料

一、装料与冶炼的关系

冶炼过程中，有时电弧较稳定，操作顺利，而且炉料熔化很快。但有时炉料装入后不易起弧，通电后，电弧也不稳定，

因而熔化时间拖长，耗电量增大，合金元素的烧损也增加，并且炉衬也受到严重侵蚀。这些差别与装料质量的好坏有着密切的关系。

我们知道，电弧炉是依靠三个电弧所产生的热量来熔化炉料，所以炉子中心部位的温度高，而靠近炉壁处的温度较低。特别是离电弧较远的炉壁处和炉门口附近，温度就更低。为了适应这种温度分布的不均匀性，因而在装料时应采取相应的措施，否则将造成很多不利的后果。如将难熔炉料或大块料装在炉门口或四周，而易熔的轻薄料和易挥发的合金材料装在电极下部，这样虽然电极容易“穿井”，炉子中部炉料熔化很快，但炉门口和炉壁附近的炉料久久不能熔化完。由于炉子中间装入轻薄料，电极下降至炉底时，熔池中积聚的钢液太少，炉底的耐火材料直接暴露在电弧下，因而影响了炉底寿命。并且由于合金装在电极下部，挥发损失大，使合金元素的回收率降低。又如将大块废钢锭全装在最上层，这样一来，电极“穿井”慢，弧光长时间地暴露在料面上，这不仅使弧光的热量利用不好，对炉盖的损坏也十分严重，而且容易引起断电极和大喷等事故。

由此可见，装料质量的好坏，不仅对缩短冶炼时间、降低电耗有十分明显的影响，而且对合金的回收率、炉衬寿命、电极消耗等，也有明显的作用。

二、装料原则与要求

为了加速炉料熔化速度，降低电能消耗，减少合金烧损，减轻炉衬损耗，装料时应做到：快速装入，炉料密实，布料合理。

1. **快速装入：**快速装料是为了尽量缩短电炉在出钢后至下

炉送电时的间隔时间，减少炉体散热。因为出钢以后，高温炉体降温很快，尤其是顶装料的炉子装料时，在几分钟内将由1500℃以上的高温，而急剧降至800℃或更低。因此，装料前应充分地做好配料、布料等一切准备工作，尽量减少打开炉盖的时间，快速装入，以减少热损失。

2. 炉料密实：炉料装得密实不仅可以减少装料次数，而且还可以提高炉料的导电性能，使电弧燃烧稳定，因此熔化期送电不久就能输入最大功率，使熔化期缩短，减少熔池的热量损失，使电耗也相应降低。

要使炉料装得密实，就应保证大、中、小块炉料有恰当的比例。对于中、小型电弧炉，习惯上把小于10公斤重的炉料称为小料，10~50公斤重的炉料称为中料，大于50公斤重的炉料称为大料，并且大料的重量不能超过装入量的二十分之一至三十分之一。大、中、小料的配比如表1—1所示。

表 1—1

炉 料 类 型	小 料	中 料	大 料
配比 (%)	15~25	40~45	35~45

3. 布料合理：炉料除按一定块度配比外，还应合理布置。因为若布料不合理，不仅会拖延冶炼时间，增加耗电量，而且还会影响炉衬寿命，甚至有时造成塌料，导致电极的断损和大喷事故。

所谓合理布料，即按一定的顺序和位置布料。正确的装料次序和位置应该是：为了减轻装料时炉料对炉底的冲击，先在炉底垫一层石灰，其重量为炉料重量的1.5~2.0%。这层石灰

不仅保护了炉底，起了缓冲作用，而且还能及早形成熔渣覆盖钢液，起到稳定电弧和早期去磷的作用。在这层石灰上铺一层小料，其重为全部小料重的一半，这同样是为了减轻炉料对炉底的冲击，起到保护炉底的作用。若炉料中配有部分轻薄料，可同小料一起加入，借助它上面炉料的重量下压，而使它的堆比重变大。为了保证得到规定的熔毕碳，配料时应配入一定的碳量。若用焦炭块或电极块配碳时，为了提高回收率，应将它们加在小料上。小料上再铺大料，且大料应集中在电弧高温区，以利加速大料的熔化。中块料可装在大料上部和其四周，以填满大料四周的空隙。最上面在铺剩余的小料，以便电极能很快“穿井”。

总之，布料时应做到：上疏松，下致密；中间高，四周低；“穿井”快，不搭桥；炉门口无大料。所谓上疏松，是指炉料上层为轻薄料，有利电极“穿井”，缩短弧光对炉盖的辐射时间。下致密，这不仅指下部密实，而且还应将大块炉料装在下部，以免熔化过程中因塌料而将电极折断。采取中间高、四周低的布料方式，是因炉坡附近的炉温较低，为了使炉料整体都能同时熔化。为了炉料不致搭桥，应将大料装成放射状。炉门口不应有大料，以利于推料和吹氧操作。

若炉料中配有铁合金时，应根据合金的熔点和易氧化程度来布料。对于熔点高而不易氧化的铁合金，应放在电弧高温区，但不要放在电弧下，以减少合金的挥发损失。若是高温下易挥发的合金，应放在电弧高温区以外，以防止合金挥发。

对于不导电或导电不良的炉料，如渣钢、夹有泥砂或耐火砖的废钢、石灰、矿石等，不要放在电极下，以免影响起弧，有时甚至造成电极的折断。对于大块渣钢，应装在炉底或立放在炉内。

三、装 料 操 作

正确地装料操作，在装料前应注意以下几点：

- (1) 前一炉冶炼的钢种。
- (2) 炉体与水冷系统是否正常。
- (3) 原料工段(或小组)准备的炉料炉号是否相符。
- (4) 炉料的重量、组成与原料单和调度计划是否相符。

目前，炉容量 3 吨或 3 吨以上的电弧炉，基本上都是采用顶装。顶装法是将炉料预先布置在料篮内，然后一次装入炉中。炉容量 1.5 吨或更小的电弧炉，大部分都是采取人工装料，不仅劳动强度大，装料时间也长，热损失也大，对冶炼时间和电能消耗有很明显的影响。这几年来，有的小炉子已有改造成炉顶旋转装料的趋势。

在准备用料篮装料时，应观察炉底是否有剩余钢液。若有剩余钢液，应将料篮适当提高，以防钢液将活锁粘死和烧坏。装料时，应将料篮吊至炉膛中间，以防将炉料装在炉膛的一边或紧靠炉门口处，这都将造成熔化时间延长和电耗的增高。炉料装入后，不应与炉门水箱、电极密封圈、炉盖水冷圈等相接触，以免通电后有将水冷设备击穿的危险。

总之，正确地装料，不仅能延长炉体寿命，减少合金元素烧损，而且还是节电增产的重要内容。

第二节 合理供电

一炉钢的冶炼过程，可分为几个不同的时期，如熔化期、氧化期、还原期等，由于各期所完成任务不同，因而相应地

对温度高低的要求也不一样，也就是说，冶炼过程中有一定的温度制度(见图 1—1)。

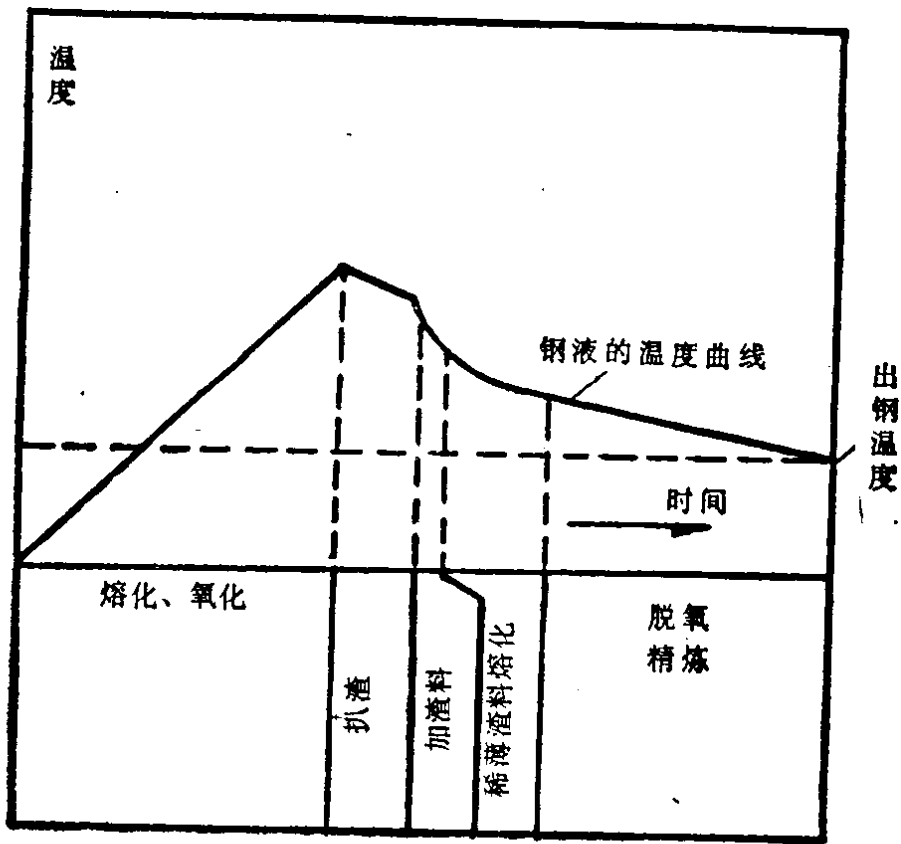


图 1—1 冶炼过程中的温度变化

冶炼各期所需要的温度的高低，是靠向炉内相应地输入不同的功率来达到的，而各期功率的大小，是通过变压器副边电压与电流的大小来实现的。我们通常将各期电压与电流的大小用图 1—2 的形式表达出来，并称这种图为“电力曲线”或“供电曲线”。只有严格按供电曲线操作，才能缩短冶炼时间，取得节电增产的显著效果。

一、供电曲线制订的原则和依据

供电曲线的制订，应该根据高产、优质、低耗、长寿、安全等原则来考虑。