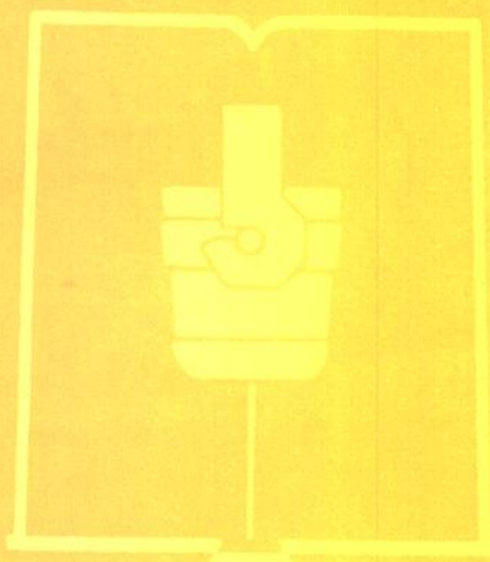


• 高等学校教学用书 •

炼铁机械

15

GAODENG XUEXIAO JIAOXUE YONGSHU



冶金工业出版社

高等学校教学用书

炼铁机械

北京钢铁学院 严允进 主编

冶金工业出版社

高等学校教学用书

炼铁机械

北京钢铁学院 严允社 主编

冶金工业出版社出版

(北京北河沿大街高碑店北街39号)

新华书店北京发行所发行

冶金工业出版社印刷厂印刷

*

787×1092 1/16 印张 24 字数575千字

1981年7月第一版 1987年4月第三次印刷

印数10,001~17,900册

统一书号: 15062·3744 定价3.95元

前 言

《炼铁机械》是冶金机械专业的一门专业课。1961年曾以《炼铁设备》为名出版过一本教学用书。但时隔二十年，炼铁机械设备发生了很大变化。这次重新编写的《炼铁机械》，突出了重点，加强了理论分析，增加了许多有关炼铁机械现代化的内容，如第二章的斗轮式堆取料机和振动给料机、第三章的带式上料机、第四章的钟-阀式炉顶和无料钟炉顶、第五章的炉顶设备液压传动、第九章的煤气余压透平发电等。由于国内大型高炉刚开始兴建，许多现代化的内容我们也是初次接触，加上我们的水平所限，就不可能编写得很满意。

本书是根据1978年冶金部高等院校教材会议制订的《炼铁机械》教学大纲编写的，作为有关院校冶金机械专业的教学用书。

本书第一、四、五章由北京钢铁学院严允进同志编写，第二章由鞍山钢铁学院王书林同志编写，第六、七章由东北工学院罗振才同志编写，第三、八、九章由北京钢铁学院朱允言同志编写，由严允进同志担任主编。

本书初稿完成后，曾召开过《炼铁机械》教材审稿会，除执笔单位外，参加审稿的单位还有重庆大学、马鞍山钢铁学院、广东矿冶学院、江西冶金学院、上海工业大学和上海冶金专科学校等。他们对教材提出了许多宝贵的意见，在此表示感谢。

编 者

1980.4

目 录

第一章 绪论	1
第一节 高炉生产的工艺过程、特点及其对机械设备的要求	1
第二节 高炉车间的平面布置	4
第三节 现代高炉生产技术概况	6
第四节 直接还原炼铁	13
第二章 原料的准备和供应设备	15
第一节 原料场机械设备	15
第二节 供料设备	24
第三节 散性物料基本参数和往复式给料机的计算	39
第四节 电磁振动给料机结构和运动学原理	42
第五节 振动筛	51
第六节 关于供料系统环境保护问题	58
第三章 高炉上料机	63
第一节 料车上料机的组成	63
第二节 料车式上料机的生产能力	78
第三节 钢绳静张力的计算	82
第四节 卷扬机卷筒圆周上的动力	87
第五节 卷扬机电动机功率的确定	89
第六节 带式上料机	92
第七节 带式上料机的有关计算	112
第四章 炉顶装料设备	119
第一节 一般概念	119
第二节 布料理论的基本知识	121
第三节 高压操作的概念及其有关设备	131
第四节 典型装料设备的结构和布料器的功率计算	141
第五节 探料设备的工作特点和基本类型	158
第六节 钟式炉顶的发展	163
第七节 钟-阀式炉顶	175
第八节 无料钟炉顶的结构和计算	183
第九节 无料钟炉顶的布料和控制	199
第五章 炉顶装料设备的传动	207
第一节 一般概念	207
第二节 料钟传动系统的典型结构	212
第三节 平衡杆的参数分析	225
第四节 料钟卷扬机驱动功率的计算	236
第五节 有料钟炉顶的液压传动	243
第六节 无料钟炉顶的液压传动	261
第六章 炉前机械设备	264

第一节	炉前概况	264
第二节	开铁口机	266
第三节	堵出铁口的机器——泥炮	274
第四节	泥炮基本参数的确定	287
第五节	堵渣口机械	288
第六节	换风口机和换弯管机	291
第七节	炉前其它机械设备的应用和发展趋势	295
第七章	渣铁处理设备	301
第一节	高炉炉渣的处理	301
第二节	铁水车	306
第三节	渣罐车	310
第四节	铸铁机	313
第五节	倾翻卷扬机	318
第八章	送风系统的设备	323
第一节	高炉鼓风机	323
第二节	热风炉的构造和附属设备	331
第三节	热风炉的阀类	336
第四节	高炉喷吹设备	355
第九章	煤气除尘设备	360
第一节	除尘装置	361
第二节	脱泥脱水设备	369
第三节	煤气除尘系统的组成	371
第四节	煤气透平发电设备	375

第一章 绪 论

第一节 高炉生产的工艺过程、特点及其对机械设备的要求

高炉生产是目前获得大量生铁的主要手段。它的原料是富铁矿或人造富矿（烧结矿或球团矿）。由于富铁矿的蕴藏量逐渐减少，目前人造富矿的比例已占主要地位。燃料主要是焦炭，其次是煤粉、重油、天然气等。熔剂是石灰石。

高炉冶炼是还原过程，把氧化铁还原成含有碳硅锰硫磷等杂质的生铁。它为炼钢厂提供炼钢生铁和合金生铁。也为机械制造厂提供铸造生铁。高炉生产的副产品——煤气，可以供给本厂和其它工厂（烧结厂、炼焦厂、炼钢厂和轧钢厂等）作为有价值的燃料，也可以用来发电或城市取暖。高炉渣是制造水泥的好原料。

一座有效容积为4000米³的高炉，日产量可达10000吨生铁、3000~5000吨炉渣和1700万标米³煤气。需要16500吨原料、4000~5000吨燃料。现代化的大型炼铁厂往往具有总数10000米³以上的高炉容积，将近5座2000米³以上的高炉。目前高炉向大型化发展后，世界上最大的炼铁厂具有4~5座4000米³级的高炉（如日本福山厂）。这样的工厂，可以年产生铁1300万吨左右。如果炼钢用的生铁比是0.8（即80%），就可以年产1600万吨粗钢。

现代高炉是长年不间断地工作的，它的一代寿命（从开炉到大修或两次大修之间的工作日）一般为7~8年，个别高炉达20年，而休风或减风操作是很少的。某些先进高炉的平均年休风率在0.5%以下，这说明高炉生产具有高度的连续性。

1. 高炉生产的工艺过程 高炉生产的工艺过程包括以下几个环节：

（1）备料。天然富矿和熔剂一般由铁路车辆或船只运来，卸料机和皮带运输机系统把原料存放在贮矿场，在那里进行分级、混匀并合理地堆积，然后由取料机和皮带机系统运送到高炉车间装入料仓。如果是人造富矿（烧结矿或球团矿），分别由它们的生产厂（烧结厂）用铁路车辆或皮带运到炼铁厂装入料仓。对于焦炭，则由炼焦厂的贮焦塔通过运焦车或皮带机系统运到炼铁厂装入焦炭仓。

（2）上料。国内大部分高炉采用料车式上料系统。今后国内外大型高炉将更多采用带式运输机上料系统。不论哪一种上料方式，原料、燃料和熔剂都是按一定比例一批一批地有程序地装入高炉的。每批料的各种组成都要经过称量（由称量车或称量漏斗进行），烧结矿和焦炭要经过筛分，按质按量卸入料车或带式上料机。上料机把原料送到炉顶，由炉顶装料设备按一定的工作制度装入炉喉。

（3）冶炼。高炉冶炼是连续地进行的。动力厂的鼓风机连续不断地把冷风送到炼铁厂，经热风炉加热到1200~1300℃，通过炉缸周围的风口送入高炉。同时在风口区加入各种喷吹燃料和富氧。焦炭和鼓入的热空气燃烧后产生大量的煤气和热量，使矿石源源不断地熔化、还原。产生的铁水和熔渣贮存在高炉炉缸内，定期地出渣和出铁。

（4）产品处理。对于设有渣口的普通高炉来说，出铁前，先从渣口放出熔渣，用渣罐车把炉渣运到粒化池进行粒化处理。也有许多高炉采用炉前冲水渣的方法。国外有的高炉设有干渣坑，熔渣在那里浇铸成一块块干渣。1000~2000米³的普通高炉每天需要出铁

1000米³级的高炉一般有一个出铁口和两个出渣口。3000米³级的高炉有2~3个出铁口和2个出渣口。目前4000米³级的高炉通常不再设渣口,把铁口增加到4个。为了保护铁口,烘干堵泥,保护炉缸侧壁,几个铁口必须轮流作业。大高炉每天出铁14~16次,因



此，对一座炉子来说，基本上可以连续出铁出渣；在铁口交替阶段，甚至有两个铁口同时出铁（渣）的状态。

经高炉导出的煤气通过除尘器、洗涤塔、文氏管清洗除尘后，沿煤气管道输往各用户使用。从除尘器排出的炉尘经车辆运往烧结厂作为烧结原料。从洗涤塔和文氏管系统排出的污水导入沉淀池，回收起来的污泥块可以作为烧结原料。

除上述主要生产过程外，还有辅助材料（如炮泥、砂子、耐火材料等）的卸料、贮存、运输和制备等。

按照上述工艺过程，炼铁厂的工艺流程和主要设备如方框图1-1所示。

2. 对机械设备的要求 高炉生产是一个相当庞大而复杂的系统。它所使用的机械设备种类繁多，五花八门，并且处在繁重的条件下工作，不仅要承受巨大的载荷，往往还伴随着高温、高压和多灰尘等不利因素，设备零件容易磨损和侵蚀。为了确保高炉生产的顺利进行，它对机械设备提出了越来越高的要求。

（1）满足生产工艺要求。工艺上的革新都是和设备上的改进分不开的。例如炉顶装料设备不仅要把大量的原料燃料装入高炉，还要符合高炉布料和炉顶密封等工艺要求。当高炉采用高压操作以后，对于炉壳和管道以及炉顶设备都提出了新的要求。又如现代高炉都要喷吹燃料，必须有相应的新设备需要研制。

（2）要有高度的可靠性。高炉生产线上的机器一般是有固定的单一的用途的。如果一台机器（不论是上料机或炉顶装料设备或堵铁口的泥炮）发生事故，就会引起整个高炉的休风甚至停炉。因此要求各种机械设备必须安全可靠。要求动作灵活准确，有足够的强度、刚度和稳定性等。

（3）要提高寿命并易于维修。冶金设备的许多零件往往不是因为强度不够，而是由于磨损而报废。特别高炉生产，各种原燃料对金属的磨损作用很大，加上高温高压煤气的吹刷作用，零件的磨损和寿命问题更加突出。机械设备不仅要耐磨，并且损坏后要容易修理，在平时要易于检查和维护。

（4）要易于实现自动化。所设计的机器都要考虑到易于自动化操作。例如整个上料系统，各种原料按照不同配比从料仓出来，进行筛分和称量，组成料批，经上料机运到炉顶，再由炉顶装料设备进行布料入炉，全部都自动操作，别的系统也是如此。目前，世界上先进的钢铁厂，从原料卸货堆放开始，一直到成品出厂记帐都由几台电子计算机自动控制和管理。

（5）设备的定型化和标准化。设备的定型化和标准化对于设计、制造和维修管理都

表 1-1 高炉部分设备配套参数

设备名称	主要参数名称	主要参数				
高炉	有效容积 (米 ³)	100	300	620	1000	1500
	有效容积 (米 ³)	1.2	2.5	4.5	6.5	10
料车	正常装料量 (吨)	4.2	6	10	15	22.5
	最大装料量 (吨)		8	13	19	25
炉顶装料设备	装料量 (吨)	3	10	25	25	
称量车	推力 (吨)	14 ^①	50	150	210	300
泥炮						

① 电动泥炮，其余为液压泥炮。

有很大的好处。对于已经试验成功的设备都应该搞标准设计。在各制造工厂和设计部门互相交流经验,取得一致意见的基础上,在一段时间内,高炉建造应该按规定的系列配套进行。表1-1是我国有效容积1500米³以下的高炉某些设备配套的参数。应该指出,设备的标准化并不妨碍对设备进行改进和采用新的设备。实际上,国内外的高炉设备一直处在变动和发展过程中,标准化并不等于一劳永逸,同样要对设备不断改进或进行新的标准化工作。

第二节 高炉车间的平面布置

高炉车间的平面布置应满足下列基本要求:

- (1) 合理地布置车间的设备,在占地面积较小的情况下保证车间能正常工作。
- (2) 使车间内的主要物料运输线尽量缩短。
- (3) 按照车间的货流铺设铁路网。停车线和运输线分开,以便运走铁水和熔渣。
- (4) 车间布置应考虑车间在建设、大修或扩建高炉时,施工机械安装、作业、设备材料运输等不致影响其它高炉生产,并应考虑在大修时有堆放设备、材料和拆除物的场地。
- (5) 车间各部分的轨道应互相连通,以保证运输的机动性,保证车间内某处发生事故时运输不致堵塞。

高炉车间的平面布置可分为下列几种形式。

1. 一列式布置 一列式布置如图1-2所示。这种布置的高炉和热风炉中心线在同一列线上,出铁场也布置在这列线上。车间运输线路与高炉列线平行。这种布置车间跨度较小,但高炉之间的距离较大。高炉两侧的铁路线在车间范围内不连接。因此运输的自由度较小。

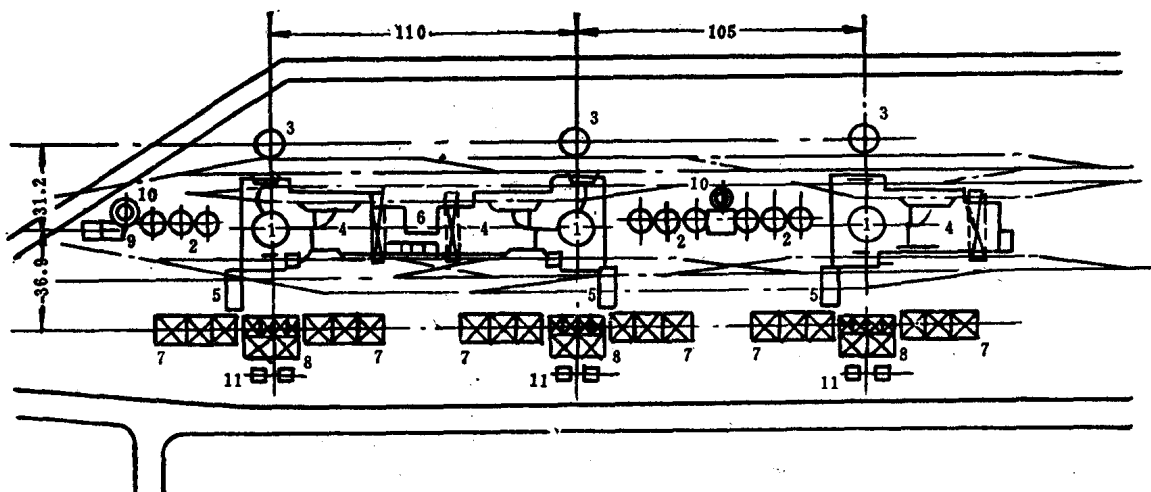


图 1-2 3×1000米³高炉车间平面布置图

1—高炉; 2—热风炉; 3—除尘器; 4—出铁场; 5—高炉计器室; 6—炉前工休息室;
7—矿槽; 8—焦仓; 9—热风炉计器室; 10—烟囱; 11—碎焦卷扬机室

2. 并列式布置 并列式布置如图1-3所示。这种布置的高炉和热风炉分设在两列线

上，出铁场布置在高炉列线上。车间铁路线和高炉或热风炉列线平行。并列式布置车间长度较小，但跨度较大。高炉两侧的铁路线也互不连通，运输能力有限。

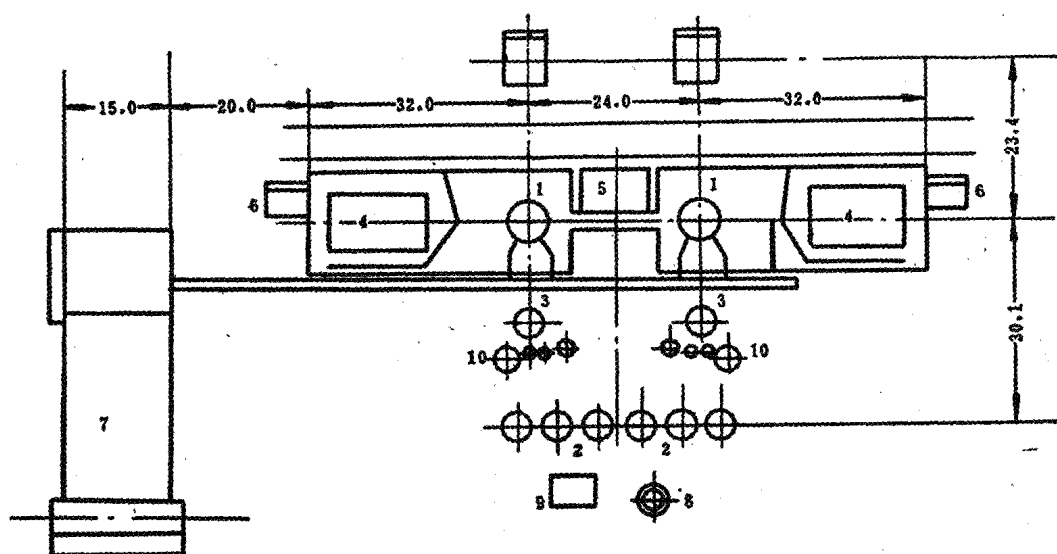


图 1-3 $2 \times 100 \text{米}^3$ 高炉平面布置图

1—高炉；2—热风炉；3—除尘器；4—出铁场；5—高炉计器室；6—炉前工休息室；7—水渣池；8—烟囱；9—热风炉计器室；10—洗涤塔

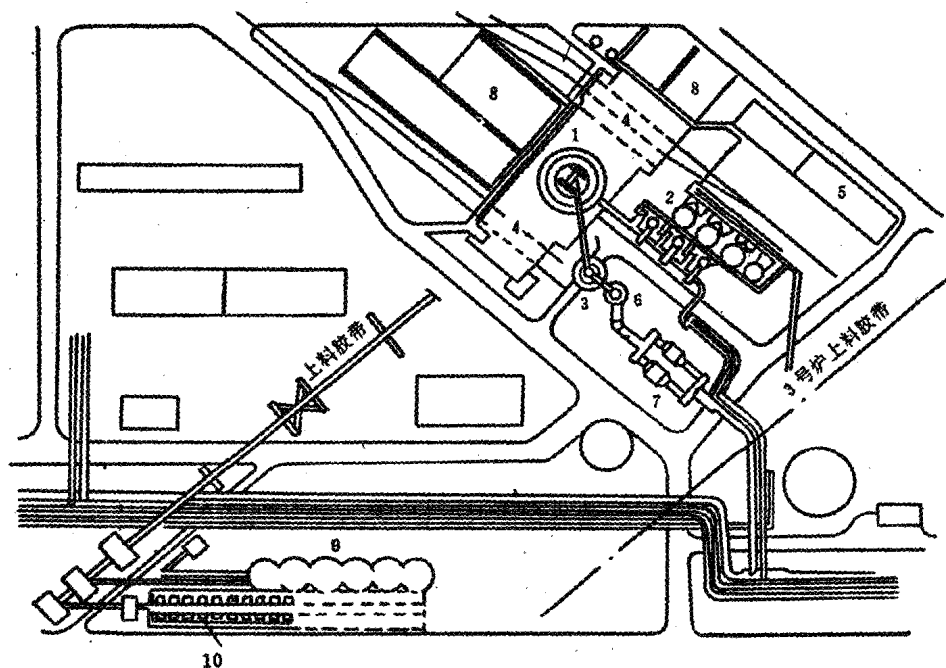


图 1-4 日本福山厂 4197米^3 高炉平面布置

1—高炉；2—热风炉；3—除尘器；4—出铁场；5—高炉计器室；6—洗涤塔；7—电除尘器；8—干渣坑；9—焦仓；10—矿仓

3. 半岛式布置 这种布置的热风炉列线与高炉列线成一夹角。每座高炉有单独的铁、渣罐停放线。每座高炉的出铁出渣不受影响，不妨害车间的运输。国外近年来新建的大型高炉多采用半岛式布置。图1-4是日本福山厂4000米³级高炉所采用的半岛式布置图。

4. 岛式布置 岛式布置的特点是每座高炉有单独的贯通铁、渣罐停放线。运输极为方便。图1-5是岛式布置的方案。它采用于苏联1500米³或更大的高炉上。

我国高炉过去采用一列式和并列式较多。255~1000米³的高炉一般采用一列式，255米³以下的常采用并列式。但是，当高炉数目较多时，中间的高炉大修会影响其它高炉生产。因此，高炉容积较大数目较多时，宜采用半岛式或岛式布置。苏联的大型高炉一般都采用岛式布置，而日、美等国则多采用半岛式布置。

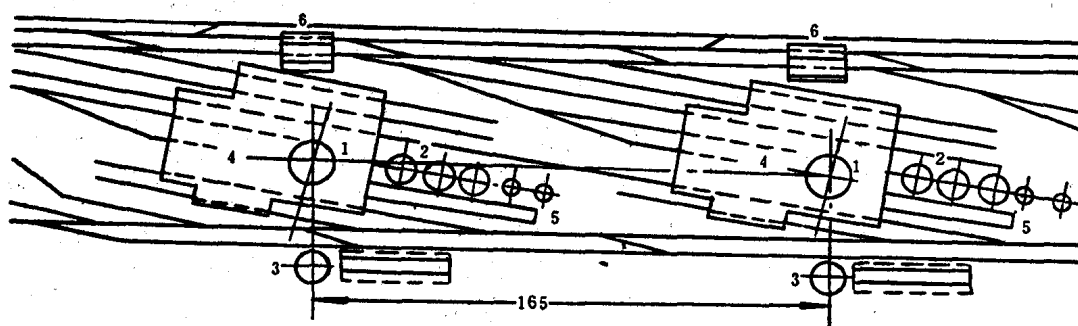


图 1-5 苏联2×2700米³高炉平面布置图

1—高炉；2—热风炉；3—除尘器；4—出铁场；5—高炉计器室；6—卷扬机室

第三节 现代高炉生产技术概况

一、技术经济指标

钢铁工业是大量消耗能源的工业部门，高炉炼铁又是能量消耗最集中的地方。近代高炉炼铁技术的发展，除了提高产量以外，主要是围绕降低焦比（焦比的定义是生产一吨生铁所消耗的焦炭重量，公斤/吨）和提高单位能耗的生铁产量而展开的。除了高炉大型化、自动化以外，炼铁焦比的降低和利用系数（利用系数是高炉每昼夜产铁量与其有效容积的比值，吨/米³·昼夜）的提高程度，是衡量各国炼铁技术水平高低的重要标志。

表1-2是国内先进高炉和国外高炉的技术经济指标。可以看出，我国先进高炉的利用系数和焦比都比较好，但我国高炉的平均指标大大落后于国外高炉，特别落后于日本高炉的平均水平。这主要是我国高炉的原料条件和技术管理水平很差，而日本高炉的原料条件

表 1-2 国内先进高炉与国外高炉冶炼技术指标

指 标	我国首钢4号高炉 1978年平均值	日本七十年代 全国高炉平均值	北美10座最强化 高炉1974年平均值
利用系数（吨/米 ³ ·日）	1.976	≈2.0	2.015
焦比（公斤/吨铁）	431	430~450	485
平均冶炼强度	1.096	0.9~1.0	0.8~1.0

和管理水平都很高，他们在精料、综合鼓风和高压操作等方面都具有较高的水平。

二、工艺上的改进

围绕着提高高炉产量和降低焦比采取了很多措施，主要有下列几方面。

1. 精料 精料是高炉高产、优质、低耗的基础，对于大型高炉更是如此。精料的基本内容是提高品位、稳定化学成分、整粒和提高熟料率等几方面。

根据理论计算和生产实践的经验，入炉矿石品位提高1%，约可降低焦比1.5~2.0%，提高产量2.5~3%。美国精矿含铁61~69%，球团矿含铁65%。日本烧结矿含铁量在60%以下，天然矿含铁量在63%以上。苏联要求铁精矿品位大于65%。西德矿石品位较低，1960年为42.5%，目前也提高到56%以上。我国高炉原料的矿石品位较低，而且加工质量低，值得注意。

国外许多国家对稳定原料化学成分很重视。如日本钢铁厂多设在海边，具有较大的贮矿场，使用堆料机、取料机和皮带运输系统，每堆450~500层，尽管矿源繁杂，仍能保证成分稳定。苏联矿石含铁波动由过去的±1%下降到目前的±0.2%左右，产量提高了4~5%。稳定化学成分对于大型高炉的顺利操作有重要意义。我国高炉原料成分一般波动较大，主要是不重视，也和缺少堆料机和取料机有一定关系。

精料的另一主要内容是提高熟料率并要求整粒措施。近年来，烧结、球团和块矿的变化情况如表1-3所示。炉料的粒度不仅影响矿石的还原速度，并且影响料柱的透气性。国外块矿的粒度下限为8~10毫米，上限为25~30毫米；烧结矿的粒度下限为5~6毫米，上限为30~50毫米。焦炭粒度下限为25~30毫米，上限为60~75毫米。烧结矿在运输过程中不可避免地要产生粉碎现象，因此除在烧结机机尾过筛外，应在入炉前进行最后过筛。

表 1-3 世界炼铁原料的变化 (%)

年 份	1937	1957	1970	1980
天 然 矿	99	69	33	27
烧 结 矿	1	29	50	51
球 团 矿	0	2	17	22

我国高炉炉料的整粒工作各厂不一。由于烧结质量欠佳，粉末多，很多高炉还没有做到入炉前过筛。另外，国内高炉炉料的上限尺寸没有严格控制，应予改进。

2. 综合鼓风 综合鼓风包括喷吹燃料、富氧鼓风、高风温 and 脱湿鼓风等内容。

高炉喷吹碳氢化合物——天然气、重油、煤粉和裂化气等代替焦炭，是降低焦比的重大措施。喷吹是60年代高炉生产的重要技术。十多年来，喷吹技术使世界上的高炉焦比平均降低了80~100公斤/吨铁。

美国目前有80%的高炉采用喷吹手段，主要使用天然气和重油，但喷吹量不大。苏联高炉主要喷吹天然气，喷吹量为80~100米³/吨铁。日本和西欧国家主要喷重油，一般喷吹量不超过80公斤/吨铁。

我国1962年起在鞍钢高炉上开始喷吹重油，1965年起在首钢喷吹煤粉，以后在全国推广。我国喷吹的特点是煤、油联合，喷吹量大。很多厂的喷吹总量都超过了90公斤/吨铁，有的达150公斤/吨铁。实践表明，煤粉或重油单独喷吹时，喷吹量受到限制，单喷油时为60~80公斤/吨铁，单喷煤粉时稍高一点，而煤粉和重油联合喷吹的总量可以加大到120~

130公斤/吨铁，从而大幅度降低焦比。

富氧鼓风一方面可以提高炉缸温度，另一方面可以增加喷吹燃料。因此，富氧与大喷吹量相结合是稳产、高产、降低焦比的有效措施，1966年首钢1号高炉富氧量为3000~3500米³/小时，富氧率2.5~3.5%，喷煤粉200公斤/吨铁以上，连续五个月降低焦比到400公斤/吨以下，创造了月平均焦比336公斤，利用系数2.5的先进水平。实践表明，鼓风中增加1%氧，可以提高喷吹率6%，降低焦比5~6%，增加生铁产量5%左右。

富氧鼓风在国外发展较快。苏联1974年每吨铁的平均用氧量为58米³。日本1970年5月平均每吨铁用氧25.8标米³，富氧率为1.7%，1973年达到2.1%，少数达3.5%。

富氧的效果是肯定的，目前的情况是制氧机的生产仍然满足不了高炉的需要。高炉只需要低纯度（60~90%）的制氧机，这种制氧机的成本仅为常规制氧机的三分之二。西德在1972年为配合4080米³大高炉新建了70000米³/小时，纯度为60%的制氧机。日本川崎公司已建成47000米³/小时的制氧机，水岛厂1971年10月建成103000标米³/小时高炉用制氧机。我国目前还缺乏这类低纯度的制氧机，这是今后需加快研制的设备之一。

高温是降低焦比提高产量的有效措施，特别是采用喷吹手段时，更可收到为改善喷吹提供补偿热和提高置换比的效果。近十多年来，各国都在千方百计地提高风温。

1972年4月鞍钢5号高炉风温由原来的1050°C提高到1170°C，喷吹重油量从每吨铁60公斤提高到90公斤，焦比从每吨铁560公斤降到480公斤，平均约降低80公斤/吨铁。除风温提高本身节约焦炭30公斤外，其余50公斤是增加喷油量及提高重油置换比的结果。

日本、西德、法国都有年平均达1300°C风温的高炉在生产，而新设计的高炉风温多数为1350°C，甚至有1400°C或1500°C的。

每提高风温100°C可以降低焦比20公斤/吨铁以上（原有风温低的效果更好些），增加产量约5%。

设计高温热风炉的关键有三：一是热风炉上部高温区的耐火材料；二是合理的热风炉结构；三是高发热值煤气。

目前适合1300~1350°C风温的耐火材料是硅砖，它的荷重软化点高（1620~1650°C），高温蠕变小，膨胀率小。它的缺点是在117~270°C和573°C时有晶体转变，体积膨胀，在该温度下耐急冷急热性能差。

国外新的大型高炉普遍地采用外燃式热风炉，我国本溪和鞍钢的2000米³高炉也采用了这种热风炉。它可以克服过去常用的内燃式热风炉隔墙温差大，易损坏，产生短路，使气流分布不均等缺点。关于热风炉的座数，在日本新建的3000米³以上的大高炉上，多数用4座，也有采用3座的。

对内燃式热风炉也在结构上进行改进，并取得较好效果。西德、荷兰等国改造后的内燃式热风炉风温达1250°C和1300~1320°C。采取的措施有硅砖炉顶，外壳用蘑菇式的炉顶代替球形炉顶，将炉顶负荷直接传到炉壳，燃烧室与蓄热室间加密封板以消除短路等。内燃式的优点是比外燃式热风炉投资少。我国某厂新建的2号高炉（1300米³）采用4座顶燃式热风炉，它克服了常规内燃式热风炉隔墙温差大的缺点，投资与常规内燃式热风炉差不多，这是一个好办法，目前正在试验阶段，效果还有待实践考验。

为提高拱顶温度就要提高燃烧的火焰温度。一般都在高炉煤气中配合加入高发热值的焦炉煤气或天然气。另外应使助燃空气和煤气预热。在预热方法上，日本加古川厂用不锈

钢管在槽式顺流换热器中将空气预热到 $400\sim 450^{\circ}\text{C}$ 。日本也有的采用耐热铸铁做热风炉支柱，提高废气温度达 450°C ，并用这种废气来预热助燃空气。

为适合高温风，热风管道砌砖普遍加厚约100毫米，这样既可以保温又可以降低外壳的温度。

综合鼓风的另一项新技术是脱湿鼓风。大气中所含湿分因地因时而异，冬季干燥季节为 $5\sim 6\text{克}/\text{米}^3$ ，夏季可达30多克 $/\text{米}^3$ 。水分变化会引起炉况变化，过去曾用加湿鼓风办法以固定鼓风湿度。但风中水分在炉内分解吸热将导致燃料消耗增加。每增加1克 $/\text{米}^3$ 水分要提高 6°C 风温才能补偿。所以脱去鼓风中的水分就相当于提高风温，降低燃料消耗，同时又能稳定高炉操作。脱湿后鼓风湿度经常控制在 $5\sim 10\text{克}/\text{标米}^3$ 。据报导，新日铁1974年在广畑4号高炉安装了湿式脱湿装置，1976年在大分厂1号高炉安装了干式脱湿装置，每立方米鼓风脱湿10克，焦比降低了8公斤/吨铁，而且有利于增加喷油量。设备费在3~4年内收回。

新日铁所使用的方法是用氯化锂做脱湿剂，有干法湿法之分。氯化锂吸湿后加热再生，循环使用。缺点是加热再生要耗很多热量，而且氯化锂对金属有强烈的腐蚀作用。

神户加古川厂利用大型螺旋冷冻机作脱湿装置，于1976年6月在1号高炉使用。这是采用冷冻方式在热交换器中将鼓风降温，使低于露点，除去饱和水。这样做，由于空气温度低可以增加风机出力，而且不要再生耗热，所以运转费用低。

脱湿鼓风目前仅在日本使用，看来有推广价值。

3. 高压操作 高压操作是改善高炉冶炼过程的有效措施，可以延长煤气在炉内的停留时间，改善煤气热能和化学能的利用，有利于稳定操作，允许加大鼓风量提高冶炼强度，提高产量、降低焦比，同时可以减少炉尘吹出量。据统计，炉顶压力每增加 $0.1\text{公斤}/\text{厘米}^2$ ，可增产 $1.3\sim 1.5\%$ ，焦比降低 0.5% 。

高压操作的关键问题是要有足够的风机能力，炉顶设备的密封性好，寿命要长。这两项在国外已经获得解决。现在设计的大型高炉普遍将炉顶压力由过去的 $1\sim 1.5\text{公斤}/\text{厘米}^2$ 提高到 $2.5\sim 3.0\text{公斤}/\text{厘米}^2$ ，即所谓超高压。

大高炉的鼓风机是建设大型高压高炉的关键设备，目前我国大高炉用的鼓风机主要靠进口，这是今后需要研制的重要设备之一。表1-4是国外部分大高炉所用鼓风机的主要参数。

为了满足高压操作的要求，最近十几年来，出现了许多种新型炉顶，特别是无料钟炉顶，使炉顶布料和密封都获得较满意的解决。

三、高炉大型化

世界生铁产量增长很快（表1-5），但高炉的数目却在减少，这除了高炉有效容积利用系数不断提高外，主要与高炉的大型化分不开。1900年，世界最大高炉的生铁日产量仅500吨，1930年为1000吨，1950年为2000吨，现在竟达12000吨。

采用大型高炉，在经济上是有利的，其单位产量的投资及所需劳动力都少。因此，近代世界上新建高炉，其容积大都在 $2500\sim 5000\text{米}^3$ 之间。尤其是七十年代以来，世界高炉容积进入了 4000米^3 级，有的已超过 5000米^3 。到目前为止，据不完全统计，世界上已投产的 4000米^3 以上的大高炉有20多座（表1-6）。其中日本占有13座，以大分厂的2号高炉为最大，其有效容积达 5070米^3 ，日产生铁12000吨。苏联1974年已投产一座 5000米^3 级的高

表 1-4 国外部分大高炉鼓风机的主要参数

厂 名	炉 号	有 效 容 积 (米 ³)	炉顶压力 (公斤/ 厘米 ²)	单位容积 风 量 (标米 ³ / 米 ³)	理论冶强 (吨/米 ³ · 日)	风 机 型 式	最大风量 (标米 ³ / 分)	传 动 方 式	最大风压 (公斤/ 厘米 ²)	功 率 (千瓦)	开 炉 日 期 年 月
日本福山厂	1	2004	1.00	2.20	1.22	轴流式	4400	同步电机	3.5	18000	1966.8
	2	2626	1.50	2.40	1.34	"	6330	"	3.7	28000	1968.2
	3	3016	2.00	2.48	1.33	"	7250	"	4.5	37000	1969.7
	4	4197	2.50	2.08	1.15	"	8700	"	5.2	52000	1971.4
	5	4500	2.50	2.10	1.15	"	9300	"	5.5	—	1973.7
日本水岛厂	1	2156	1.50	2.10	1.15	"	4500	汽轮机	3.5	19500	1967.4
	2	2857	—	—	—	"	6300	"	4.7	34000	—
	3	3363	2.50	2.23	1.22	"	7500	"	5.7	43800	1970.10
	4	4323	2.50	2.31	1.28	"	10000	"	7.0	70000	1973.4
日本大分厂	1	4158	2.50	2.41	1.33	"	10000	同步电机	5.7	60000	1972.4
英国兰伟恩	3	2653	1.78	2.11		"	5600	汽轮机	3.63	—	1976.2
法国敦克尔克	4	4615	2.55			—	3×5000	电动机	4.62	3×27000	
苏联定型设计		2700	1.70	1.85		离心式	5000	汽轮机	3.5	22000	
美国格里厂	13	2832	2.11			轴流式	4240		4.6		

表 1-5 世界主要产钢国家的生铁产量 (万吨)

国 别 \ 年 份	1950	1960	1970	1976
美 国	5936	6107	8332	7915
苏 联	1920	4676	8593	10550
日 本	323	1190	6805	8650
西 德	947	2574	3363	3185
英 国	979	1602	1767	1386
法 国	776	1400	1922	1904

炉,目前正在建一座5580米³的高炉,这座高炉定于1979~1980年投产,年产量将达450万吨。

多大容积的高炉最合适,目前尚无定论。大型高炉的缺点是当有某种事故停炉或大修时,牵涉到其它工厂的原、燃料平衡问题,如高炉煤气和生铁的供应等。目前看来,大型高炉以4000米³级的居多,我国某厂也将建立4000米³级的高炉,预计在1982年投产。我国2000米³级的高炉已有四座投产。

我国大型高炉的技术经济指标不大理想,主要是没有做到精料,管理也不严格。因此,采用大型高炉的同时,工艺和设备上以及操作管理都要跟上,才能起到应有的效果。

四、电子计算机的应用

随着电子技术的发展,从六十年代开始研究把计算机用到高炉上,目前比较成功的是装料、配料和热风炉控制。

在炼铁厂可以用计算机控制调度管理,其中包括原料输送系统,产品(铁、渣、煤气)的运输分配系统,生产任务的分配和日报等。

表 1-6 世界各国4000米³以上高炉统计表

国 别	公 司 和 厂 名	炉 号	有效容积(米 ³)	投产年份
日 本	钢管公司 福山厂	4	4197	1971
	新日铁 君津厂	3	4063	1971
	新日铁 大分厂	1	4158	1972
	钢管公司 福山厂	5	4617	1973
	住友公司 鹿岛厂	2	4082	1973
	川崎公司 水岛厂	4	4323	1973
	新日铁 广畑厂	1	4140	1975
	新日铁 君津厂	4	4930	1975
	住友公司 鹿岛厂	3	5050	1976
	新日铁 大分厂	2	5070	1976
	钢管公司 扇岛厂	1	4052	1976
	川崎公司 千叶厂	6	4500	1976
	新日铁 名古屋厂	1	4000	1979
苏 联	新里别茨克	5	4900	
	克里沃罗格	9	5026	1974
	切利波维茨克		5580	1980
美 国	伯利恒公司 麻雀点厂	L	4385	1978
	内陆公司 印第安娜厂	7	4420	1978
西 德	奥古斯特·蒂森	7	4084	1972
	士威尔格林	1	4236	1976
比 利 时	艾莫伊登	7	4227	1976
英 国	雷特卡	1	4570	1978
法 国	敦刻尔克	4	4580	1975
意 大 利	塔兰托	5	4128	1974

在高炉上计算机的配置和使用有两种形式：一种是整个高炉设一台控制机控制全部变量；另一种是设置几台“卫星”计算机分别控制原料和热风系统等，然后由一台热工用计算机集中控制各现场小型计算机，组成计算机网络。前者计算机台数较少，但要求容量大，可靠性高；后者是分机工作，当某一台机故障时，其余部分照常工作。一般认为，从经济效果考虑后者为佳。

高炉计算机控制的最终目标是实现高炉总体的全部自动控制，包括冶炼过程，供料，上料和热风系统的综合控制。但限于目前的技术水平，要实现上述控制，特别是热工控制还有一些困难。因此，多数国家是首先实行某一局部控制，然后逐步扩大控制范围。

高炉实现计算机控制后可以使原料条件稳定和重量准确，热风炉可以实现最佳燃烧，有利于提高风温和减少热耗。通过控制高炉送风及喷吹燃料等来控制高炉热制度，从而达到提高产量，降低焦比和成本的目的。

例如，美国一座日产2000吨生铁的高炉，使用电子计算机后，焦炭消耗降低5%，产量提高3%。苏联克里沃罗格炼铁厂使用计算机控制高炉热制度后使焦比降低了3%。日本采用计算机后使产量提高3%，焦比降低2%，含硅量偏差稳定在0.115%。西德介绍，某高炉1965年手动控制时，生铁分析的含硅量在0.25~0.45%之间的占48%，而1966年用计