

钢铁工业 环境保护与发展研究

钢铁品种开发研究之十二



冶金工业信息标准研究院
首钢技术研究院

二〇〇二年

钢铁工业 环境保护与发展研究

钢铁品种开发研究之十二



冶金工业信息标准研究院

首钢技术研究院

二〇〇二年

目 录

前 言.....	1
第一部分 废气治理.....	5
1 烟气除尘.....	5
1.1 干法除尘技术.....	5
1.2 高炉出铁场除尘技术.....	13
1.3 高炉炉顶煤气的除尘.....	16
1.4 干熄焦技术.....	17
1.5 焦炉烟尘的治理技术.....	21
1.6 散料料场堆放及倒运抑尘技术.....	24
2 烟气脱硫.....	26
2.1 烟气脱硫技术.....	26
2.2 烟气脱硫技术的应用现状.....	27
2.3 烟气脱硫技术的研究现状.....	30
2.4 烧结机头脱硫技术.....	31
3 烟气脱氮.....	32
3.1 燃烧过程中氮氧化物的抑制技术.....	32
3.2 氮氧化物净化控制技术.....	33
4 烟气脱二恶英.....	34
第二部分 废水处理.....	35
1 焦化污水处理技术.....	35
1.1 焦化废水的主要来源.....	35
1.2 焦化废水的净化工艺.....	36
2 循环水水质稳定方法及工艺.....	41
2.1 宝钢三期焦化工程中的水质稳定新技术.....	41
2.2 济钢焦化循环水的水质稳定新技术.....	43
2.3 新疆钢铁公司高炉煤气洗涤污水的水质稳定技术.....	44
2.4 武钢转炉除尘循环水水质稳定技术.....	45
3 钢铁行业废水综合利用.....	45
3.1 柳钢中板厂废水处理利用.....	45
3.2 本钢转炉除尘废水的综合治理.....	47

4 冷轧厂、热轧厂废水处理技术	49
4.1 武钢冷轧乳化液废水处理—超滤法.....	49
4.2 本钢冷轧厂废水处理系统.....	50
4.3 宝钢冷轧厂电镀锌废水处理.....	51
4.4 典型冷轧厂含油废水的处理方法.....	52
4.5 热轧油环水处理系统.....	55
5 国内外钢铁企业水处理新工艺新技术新设备	57
5.1 高效组合钢结构斜板沉淀池(斜板池).....	57
5.2 带式压滤脱水新工艺.....	58
 第三部分 固体废物处理	59
1 高炉渣微粉的制造与应用	59
1.1 高炉渣微粉应用.....	59
1.2 高炉渣微粉的粉磨工艺.....	60
2 钢渣的利用途径及技术	62
2.1 钢渣的利用途径.....	62
2.2 钢渣处理利用新技术.....	64
3 钢渣尾渣的利用途径	65
4 粉煤灰处理利用技术	65
4.1 粉煤灰综合利用技术现状.....	65
4.2 粉煤灰资源化技术.....	65
5 冶金矿山尾矿综合利用	73
6 轧钢厂水处理污泥的处置	74
7 含锌污泥的处理	75
8 含铁尘泥的综合利用及处理技术	76
8.1 转炉尘泥的综合利用及处理技术.....	76
8.2 高炉瓦斯泥.....	78
8.3 含油轧钢铁皮处理利用技术.....	78
 第四部分 噪 声 控 制	80
1 控制工业噪声的主要方法	80
2 高炉热风炉鼓风系统的噪声污染防治方法	83
3 高炉停炉放散噪声的防治	84
4 其它噪声污染防治	85
4.1 轧钢厂轧机系统的噪声污染防治.....	85
4.2 钢球磨煤机的噪声污染防治.....	85

第五部分 其它环保技术.....	86
1 转炉炼钢可替代萤石和保护渣的其它低氟原料.....	86
1.1 铁矾土在转炉炼钢中的应用.....	86
1.2 铁酸钙球团用于转炉冶炼.....	89
2 高炉喷吹废塑料.....	91
2.1 废塑料作为高炉还原剂的再利用.....	91
2.2 容器包装等“其他废塑料”的高炉原料化.....	93
2.3 高炉原料化设备的建设.....	96
2.4 结语.....	96
第六部分 环境标准.....	97
1 日本部分环境质量基准.....	97
1.1 大气污染物排放基准.....	97
1.2 氮氧化物排放基准.....	97
1.3 粉尘排放基准.....	97
1.4 废水污染物排放基准.....	98
1.5 二恶英排放标准.....	99
1.6 日本钢铁厂主要排放物浓度规定.....	99
2 美国部分环境质量标准.....	99
第七部分 国外钢铁公司环保现状.....	100
1 国外钢铁厂地理.....	100
2 国外钢铁生产各主要工序采取的环保措施.....	101
3 世界钢铁工业高污染工序前景.....	102
3.1 世界焦炭及高炉生产状况.....	102
3.2 美国高炉及焦炉生产现状.....	104
3.3 欧盟高炉和焦炉的生产现状.....	105
4 国外钢铁厂的环境保护.....	105
4.1 韩国浦项钢铁公司.....	106
4.2 新日铁公司.....	112
4.3 Corus 公司集团.....	117
4.4 伯利恒钢铁公司.....	121
4.5 NKK 公司.....	125
4.6 奥地利奥钢联环保状况.....	130
4.7 丹麦钢铁公司.....	134

第八部分 监测技术	135
1 大气污染物的检测	135
2 废水污染物分析方法和废水污染监测系统	136
3 二恶英类的分析方法	138
结语	139
1 我国钢铁工业环境保护刚刚开始	139
2 关键在于选择适用技术	140
3 其它	141

附 表

附表一 美国钢铁工业废水排放标准

附表二 气体颗粒物的排放标准和排放状况

附表三 部分有毒气体污染物排放量

附表四 氮氧化物排放标准及排放量

附表五 美国钢铁工业气体污染物排放状况

附表目录

附表一 美国钢铁工业废水排放标准	1
A—焦化	1
BPT	1
BAT	1
NSPS	1
PSES	2
PSNS	2
BCT	2
B—烧结	2
BPT	2
BAT	3
NSPS	3
PSES	3
PSNS	4
C—炼铁	4
BPT	4
BAT	4
NSPS	4
NSPS	5
PSES	6
PSNS	6
D—炼钢	6
BPT	6
BAT	7
NSPS	7
PSES	7
PSNS	8
E—真空脱气	8
BPT	8
BAT	9
NSPS	9
PSES	9
PSNS	9
F—连铸	9
BPT	9
BAT	10
NSPS	10
PSES	10
PSNS	10
G—热变形	11
BPT	11
NSPS	12
BCT	14
H—盐浴除鳞	16
BPT	16
BAT	17
NSPS	18
PSES	20
PSNS	21
BCT	22
I—酸洗	23

BPT	23
BAT	27
NSPS	30
PSES	34
PSNS	36
BCT	39
J—冷变形	42
BPT	42
BAT	45
NSPS	47
PSES	49
PSNS	51
BCT	53
K—碱清洗	54
BPT	54
NSPS	55
BCT	55
L—热覆层	55
BPT	55
BAT	56
NSPS	57
PSES	58
PSNS	59
BCT	59
附表二 气体颗粒物的排放标准和排放状况	61
表 1 颗粒物排放标准	61
表 2 烧结机颗粒物排放限值	62
表 3 钢铁联合企业烧结机气体颗粒物排放状况	62
表 4 高炉出铁场气体颗粒物排放状况	62
表 5 高炉热风炉气体颗粒物排放状况	63
表 6 转炉车间排放气体中颗粒物排放量	64
表 7 原料、渣及炉子运输时气体颗粒物排放状况	65
附表三 部分有毒气体污染物排放量	66
表 1 烧结机有毒气体污染物(HAP)排放量	66
表 2 高炉废水处理时(冷却塔)氰化氢(HCN)排放量	67
表 3 美国部分企业气体污染物治理效果	67
附表四 氮氧化物排放标准及排放量	68
表 1 未治理时各工艺 NO _x 的排放量	68
表 2 各种加热炉 NO _x 排放治理后的控制值	68
附表五 美国钢铁工业气体污染物排放状况	69
表 1 美国钢铁工业气体污染物排放量	69
表 2 按工艺类型分气体污染物排放量	69
表 3 美国部分钢铁企业气体污染物排放量	70

前 言

环境保护是一项关系人类生存的重要问题，人类的生存离不开环境，但是人类的生存又严重地影响环境，因此人类一方面在努力保护环境，而另一方面又不断产生新的环境污染，在破坏环境。

人类对环境的破坏有时是显性的，但更多的是潜在的，比如说看到冒烟了或感觉到气味了就觉得污染严重，但是真正的杀手往往是摸不到看不见的。六七十年代发生光化学雾污染事件、日本的水俣病等等。它们提醒我们，对于污染不仅要靠人的感觉，更重要的是科学的判断和分析。我国正面临着大规模的有序的和无序的工业大发展，有与环境相协调的先进工艺、设备，与此同时还存在大量地严重污染环境的落后设备、工艺。钢铁工业也不例外，它除了对大气和水产生污染外，其固体废物对土壤、水质的污染也很严重，这些污染的影响程度需更长期的监测才能得出结论。

中国钢铁工业所生产的粗钢产量自 1996 年以来便越居世界首位，2001 年为 15266 万吨，2002 年更达到了创记录的 18155 万吨。在此过程中除直接消费了大量的能源(电力、石油、天然气等)、原料和辅料外，还在生产这些能源、原料和辅料过程中又间接消费了与之关联的大量能源、原料和辅料。因此与钢铁工业生产相关的直接或间接地排放污染物的数量是相当巨大的。

2000 年我国钢铁工业实际产生的应处理废水量 100.7 亿立方米，废气排放量 20309.9 亿立方米，尘泥产生量 1703 万吨，废渣产生量 16119 万吨等。2000 年环境保护投资总计 27.2 亿元，其中治理废水 6.9 亿元，治理废气 16.4 亿元，治理固体废物 1.5 亿元，治理噪声 0.4 亿元，其它 1.5 亿元。

国家环境保护局科技标准司编《工业污染物产生和排放系数手册》对钢铁行业产生污染物的主要生产工序，即焦化、烧结、炼铁、炼钢(平炉、转炉和电炉)及连铸等工序的产品综合产污和排污系数进行了确认，如下表。

钢铁行业主要工序产品综合产污和排污系数

产品名称	污染物名称	单位	产污系数	排污系数
炼焦	硫化氢	kg/t-焦	1.4-3.0	0.1-0.6
	酚	kg/t-焦	250-700	0.1-20
	氰化物	kg/t-焦	40-80	1.5
	氨	kg/t-焦	250-1000	150-500
烧结	烟尘	kg/t-烧结矿	25-60	0.1-1
	二氧化硫	kg/t-烧结矿	2-15	2.15
炼铁	烟尘	kg/t-铁	46-60	0.08-0.11
	悬浮物	kg/t-铁	10-20	0.05-3.0
	高炉渣	kg/t-铁	350-700	0.1-0.5
炼钢(转炉)	烟尘	kg/t-钢	35-57	0.02-0.30
	悬浮物	kg/t-钢	20-40	120-140
	钢渣	kg/t-钢	120-140	2-5
炼钢(平炉)	烟尘	kg/t-钢	20-30	150-300
	钢渣	kg/t-钢	150-300	2-5
炼钢(电炉)	烟尘	kg/t-钢	10-17	100-130
	钢渣	kg/t-钢	100-130	0.2-0.6
连铸	废水	m ³ /t-坯	5.0-20	0.01-0.04
	悬浮物	kg/t-坯	3.0-5.0	0.002-0.007
	油类	kg/t-坯	0.2-0.7	

根据上表,如果用转炉炼钢方法生产 100 万吨钢,那么仅在该工序就会产生出 3.5-5.7 万吨烟尘、2.0-4.0 万吨悬浮物和 12.0-14.0 万吨钢渣。由此类推,钢铁生产所有的工序排放的污染物总量就可想而知了。

实际以 2000 年为例,生产 13146 万吨钢,消费了 29253 万吨铁矿石、384 万吨锰矿石、403 万吨铁合金、10664 万吨焦炭等。仅将上述这几项数字相加与粗钢产量进行比较的话,就已经是 1:3,也就说大量的物质变成了废弃物。而这些废弃物是以气体、液体和固体等多种状态发生。

因此,在生产钢铁产品的同时,如何处理这些废弃物,使其不致污染环境成为一个不可忽视的问题。所以我们要利用现有的有限资金、人力和物力投入得到有效的保护环境去,另一方面则需努力将废弃物变为再生资源以获得经济效益,为污染治理提供资金,实现良性循环。

环境保护与治理涉及两个方面，即一方面减少废物的发生量，另一方面加强废气、废水和固体废物治理。这两个方面都要采取措施，即“两手都要硬”。例如使用低硫煤、天然气等清洁燃料；采用无重金属污染、原料利用率高、节水、节能以及伴生物可以作其它生产工序原料的清洁生产工艺等等，要从设计理念上考虑这些问题；此外还要强化“末端”的综合治理。

一般情况下，企业对环境污染治理的基本要求是：

- (1) 治理要快；
- (2) 治理效果要好；
- (3) 设备结构要简单，易于维护；
- (4) 资金投入要少；
- (5) 使用寿命长。

但实际上由于环境治理是一项综合性工程，牵涉到的因素较多，如行政及法律法规、资金、技术和设备、人员条件、舆论甚至历史问题等。由于这些形形色色条件相互制约，因此环境治理效果往往不尽如人意。事实上同时满足上述五个条件是不太可能的，但钢铁企业要尽量满足这些条件，并根据自身情况有所侧重。

因而，从技术角度很难对某一家企业推荐出最佳技术和设备，但在多种选择中可能有一种最适用或较适用的技术和设备。反过来讲，有可能某一技术和设备不很适用，但是考虑到资金等综合因素以及目前能满足环境保护要求的话也就可能被采用，也就成了最适用的了。

我国钢铁工业环境保护是以“三废”治理为主要内容，达标排放为目标，综合治理为手段，目前主要是治理可见黑烟和污水。现在，我国大型钢铁企业想到了环境保护，也投入了资金。如在污水处理方面，有的钢铁公司对原有的污水处理系统进行了改造，有的则新建了技术先进的污水处理系统，使企业的水循环利用率大幅度提高。但总体上，环保工作的管理和环保设备的运行并不十分理想；而中小企业则还没有顾及或刚刚开始考虑。对于我国钢铁工业来说，可以说在环境保护方面刚刚开始投入，环境保护与治理的任务非常艰巨。

国外的工业化与我国工业化相比在时间上早了很多，它们经历了工业大发展时期的严重污染，目前已进入了对所有有毒、有害气体，放射性物质的治理，并发展到低噪声、低 CO₂ 排放的钢铁生产工艺。有些工业区提出了一个单位工业区“零排放”的概念，即其中一些企业的产出物(废弃物)为另一些企业的原料，尽管实现“零排放”需要一些条件，但这种思路在环境保护上无疑是一个进步。为减少对本国的污染，它们甚至把能源、资源、污染严重和附加值低的产品如焦炭等转移到发展中国家。这显然是一个不道德的行为。

就钢铁工业来说，发达工业国家尽管在环境保护方面已取得了一些成果，但由于

环境保护要求的无止境，因此还在投入大量的财力、人力和物力。

目前国外环境保护已逐渐产业化，形成一定的规模，投入后能获得一定的利润回报。如大型垃圾焚烧设备、一些火力发电设备、大型热电联供设备、大型烟气脱硫、脱氮设备等，其中有相当数量出自大型钢铁联合企业之手。因此环境保护投入的经济性问题值得进一步研究和探讨。

将环保措施纳入国际贸易的规则和目标，是环境保护发展的大趋势，今后随着环保问题日益提到各国发展的议程，各种名目繁多的环境管理措施必将对国际贸易在不同方面产生影响。

根据乌拉圭达成的“技术贸易壁垒协议”中规定：“不得阻止任何国家采取必要的措施来保护人类、动物或植物的生命和健康，保护环境。”这样，环境保护也可以被贸易保护主义利用，变成不承诺相关的国家贸易规范和准则的一种辩解，环境保护措施作为一种新兴的非关税壁垒——“绿色壁垒”，以其隐蔽性强、技术要求高、灵活多变等特点，在今后得到越来越多的利用。

在全球经济一体化的背景下，特别是我国加入 WTO 后，为了更好、更快地与国际社会接轨，我们必须认真研究市场准入国际规则，树立生态意识。做好环境保护工作，使“非关税贸易壁垒”失去借口，消除国际贸易中的“绿色壁垒”，使我国钢铁产品大量出口走出国门。

为吸取发达国家在环境保护方面的经验教训，不以牺牲环境作为经济发展的代价，走“先发展、后治理”的老路，促进钢铁企业的可持续发展，本研究报告对钢铁工业的环境保护问题进行了全面的探讨。

第一部分 废气治理

废气中通常含有大量的烟尘和有害物质，因此烟气治理对象也主要是烟尘及烟气中硫、氮和二恶英等有害物质。

1 烟气除尘

1.1 干法除尘技术

高炉煤气干法除尘技术可回收煤气显热，消除煤气洗涤造成的水污染，是一项有效的节能和环保技术。干法除尘的方式主要有布袋除尘和电除尘两种。

1.1.1 高炉煤气干式布袋除尘技术

(1) 国内外应用现状

早在七十年代我国有一批小高炉相继使用布袋除尘器净化煤气，目前 300m^3 级的高炉有近 50% 采用了布袋除尘工艺。1982 年日本住友金属工业公司小仓厂首先在大高炉上采用干法布袋除尘，目前，日本从 1850m^3 到 5000m^3 高炉已有 9 座使用了布袋除尘装置。大型高炉煤气干式布袋除尘装置，由于在节水、环保和余能利用方面有突出的优点，已经成为大型高炉重要的高炉煤气除尘方式。1987 年我国太钢 3 号高炉(1200m^3)引进了日本干式布袋除尘技术，开创我国干式布袋除尘的先例。但由于大型高炉布袋除尘装置运行条件比中小高炉运行条件要苛刻的多，3 号高炉的生产稳定性也比日本高炉相差较大，试运行遇到很多困难，没实现长期稳定运行。后结合 3 号高炉实际状况进行改造，调整运行参数，创造稳定运行条件，实现了全干式稳定运行，发挥了布袋除尘装置的环保优势，也为开发高炉煤气余压发电(简称 TRT)，全面利用高炉煤气余能，奠定了基础。

(2) 干式布袋除尘工艺

以我国太钢 3 号高炉布袋除尘装置为例，按其功能可以分为五个系统，工艺系统示意如下图所示。

干式布袋除尘装置的主要工艺参数如下：

炉顶压力：0.1MPa，最高 0.15MPa；

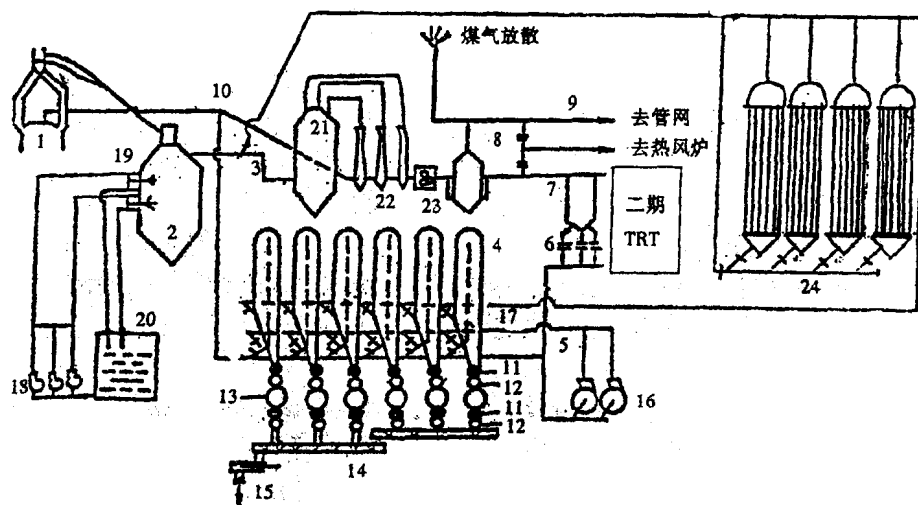
炉顶温度：210℃-250℃，最高 700℃；

处理煤气量：150-180×10³Nm³/h，最大 216×10³Nm³/h；

箱体布袋工作温度：正常 204℃，瞬间 270℃；

净煤气含尘量 < 5mg/kNm³；

布袋差压: 2.45kPa。



太钢 3 号高炉煤气布袋除尘工艺流程图

1—高炉；2—重力除尘器；3—脏煤气管道；4—布袋除尘箱体；5—净煤气管道；6—旁通阀；7—消声器；8—脱水器；9 煤气管阀；10—均压煤气管道；11—清灰回转阀；12—清灰球阀；13—中间包；14—螺旋输送机；15—清灰搅拌机；16—反吹风机；17—反吹煤气管；18—喷雾水泵；19—喷雾喷嘴；20—水池；21—洗涤塔；22—文氏管；23—高压阀组；24—冷却器

另外，太钢 3 号高炉布袋除尘工艺还有氮气系统和自动控制系统，分别简述如下：

① 过滤系统

高炉煤气从重力除尘器出来，经过荒煤气总管，分别通过 7 个箱体入口眼镜阀，进入 7 个并联的箱体($\Phi 3.5\text{m}$)，每个箱体内装有 46 条长 10m、直径为 306mm 的尼龙针刺毯滤袋。煤气从下部进入箱体，由布袋内穿过布袋(过滤)达到箱体顶部，通过箱体中心管下降，从下部导出，再经过箱体出口眼镜阀，进入净煤气总管，完成过滤过程。

② 反吹系统

为了进行布袋清灰，采用加压反吹清灰法，从净煤气管道上引出净煤气，经反吹风机加压(两台风机，一台工作，一台备用)，加压煤气通过反吹阀、箱体出口眼镜阀进入箱体，和过滤荒煤气时煤气流向相反，穿过布袋，流出箱体，把附着在布袋上的灰尘吹下，落入箱体下部的倒圆锥灰斗内，反吹时，箱体出口的过滤阀关闭。

③ 温度控制系统

为了防止进入箱体的煤气温度超过布袋正常工作温度(204°C)或者更高而烧坏布袋，在重力除尘器上安装两层(共 38 个)水喷雾喷嘴，组成两套喷雾系统，由 3 台能力相同的高压水泵供水。水由水泵加压，经供水阀、喷雾嘴喷入重力除尘器内，起降温作用。喷雾嘴也叫回流喷嘴，除喷雾部分水外，还有一部分水经过回水阀返回供水池。

系统通过回水调节阀控制回水流量的方式来控制喷雾量，使进入箱体的煤气温度低于 200℃。特殊情况下，短时煤气温度也可最高不超过 270℃。正常情况，用 1 号系统喷雾，当高炉上料系统出故障，空料线、悬料等造成炉顶温度特高时，两套系统同时喷雾降温。

过滤后的煤气温度还保持 160℃，对旁通阀和 TRT 装置有影响，旁通阀后煤气温度仍有 80-120℃水平，由于煤气管网只允许 60℃左右，所以在其间还设有两处喷水降温装置。

④ 排灰和粉尘输送系统

箱体下部为偏心的倒圆锥体作为灰斗，灰斗下有一个 1m³ 的中间仓。中间仓上下都有回转阀和煤气密封球阀。清灰时先打开上面的回转阀和煤气密封球阀，把灰放到中间仓内，关好上面的阀门，再开下面的回转阀和煤气密封球阀，将灰放入螺旋输送机、搅拌机卸到地面，用铲车、汽车装运走。为防止灰尘结块，在灰斗侧壁装有振动器、氮气吹扫、灰斗保温加热装置。

⑤ 煤气压力控制系统

炉顶煤气压力由 3 个 Φ800mm 的蝶阀(旁通阀)控制，蝶阀的动作由液压传动机构进行控制，灵活性好，炉顶煤气压力稳定。3 个旁通阀后设有一个消声器。所谓旁通阀是对 TRT 而言的，旁通阀与 TRT 装置并联，TRT 装置建好后，煤气主要通道是 TRT 装置。

氮气在布袋除尘装置中主要发挥四个方面的作用：

- 防止喷雾嘴粘灰堵塞，当煤气温度不高而无需喷雾时，喷雾嘴连续吹出氮气，灰尘不会粘附在喷嘴上；
- 是各类球阀、蝶阀的驱动气源，所以整个布袋除尘装置使用的电动机很少；
- 是反吹风机转动轴的气密封；
- 布袋除尘装置系统停用和投入运行的气体置换中，氮气作为过渡气体而使用。所以说氮气是干式除尘正常运行的重要条件，也大大提高了除尘装置运行的安全性，因此可以认为是一个重要的系统。

整个布袋除尘装置用微机实行自动控制。

(3) 对布袋除尘工艺的改进

太钢 3 号高炉布袋除尘装置的改造是沿着两条思路进行的：

一是炉顶煤气温度高，加散热器散热，减少重力除尘器内喷雾降温喷水量，降低低温煤气的含水量。

二是炉顶煤气压力低，采取增加一个箱体和加大反吹风机能力，达到降低过滤速度和降低布袋阻力、稳定布袋压差的目的。

对工艺的改进主要在以下几个方面：

① 大大减少了为降低煤气温度而喷入煤气中的水量

通过采用散热器散热，使进入布袋箱体的煤气含水量基本处于自然水分状态，重力除尘器喷雾温度由 230℃ 提高到 460℃，需要降温的喷雾次数大大减少，喷雾降温范围也大大变小。

② 加大反吹能力，稳定布袋压差

加大反吹能力就是加大反吹风机。布袋除尘装置原反吹风机风量为 20000m³/h，风机升压 8kPa，运行中反吹能力不够。改进后的运行状况是，风机运行风量在 39000 m³/h 左右，系统泄漏 15000 m³/h，实际反吹风量为 24000 m³/h 左右，反吹时风机升压 9-12kPa，不反吹时，风机风量为 15000 m³/h 左右，风机升压 24-28kPa 左右。7 个箱体过滤 19 万 m³/h 煤气，布袋压差能控制在 5kPa 以内。

③ 降低过滤速度

针对反吹时布袋压差较高、易损坏布袋的情况，采取了一些改进措施。主要是增建了一个箱体，降低煤气过滤速度。总过滤面积有过去的 2760m² 增加到 3120 m²。这样 7 个箱体过滤 19 万 m³/h 煤气，过滤速度为 1.02m/min，过滤速度的降低为处理箱体故障提供了机会。有时为处理某个箱体的故障，变为 6 个箱体运行，特殊情况甚至 5 个箱体短时间运行，也能全干式。对不影响高炉生产、提高运行效率有较大作用，同时还可延长布袋的使用寿命。

由于以上 3 个参数的全面改善，为干式布袋除尘装置运行创造了极好的条件，投产以来，运行状态极为稳定，表现在：一是实现了全干式运行，运行效率达 100%；二是净煤气含尘量较低；三是布袋损坏大大减少。

④ 运用干式布袋除尘装置的效益

高炉安装干式布袋除尘装置的环保效益和节能效益是巨大的。突出在以下几个方面：

第一、我国大多数高炉使用洗涤塔文氏管系统对高炉煤气进行清洗净化，这种系统耗水量较大，且煤气洗涤水含有大量灰尘和有害物质，排放污染环境。采用干式布袋除尘装置，节省煤气洗涤水，消除了洗涤水污染，省去了污水处理等大量工作。每年减少有毒、有害物质排放量约 1300t(针对太钢 3 号高炉)。还有经过布袋除尘装置清洗的高炉煤气，含尘量低，以高炉煤气为燃料的加热设备，如热风炉、加热炉和焦炉加热室，因高炉煤气含尘量低可减少堵塞和减少粉尘排出，对这些加热设备有提高热效率和延长使用寿命的作用。所以干式布袋除尘装置是高炉炼铁工艺最重要的环保工程。

第二、干法布袋除尘装置是余能利用工程。余能利用又分余热利用和余压利用两方面。用布袋除尘装置过滤煤气，过滤后的净煤气温度能保持在 120-160℃，比湿法除尘煤气温度提高 100℃ 左右，用这样的煤气烧高炉热风炉，可使风温提高 30-40℃，风温

提高,可使焦比降低 4-5kg/t 铁,以太钢 3 号高炉为例,3 号高炉年产生铁 75 万吨,以 4kg/t 铁计算,一年节省的焦炭可达 3000 吨,价值 104 万元(焦炭价格为 348 元/t 铁)。

余压利用是余能利用的另一部分,也是效益更大的部分。采用干法布袋除尘装置的余压发电量比湿法除尘要提高 30%以上,太钢 3 号高炉配置 TRT 装置,发电量约 3600kWh,干式 TRT 发电比湿式 TRT 要多发电 900kWh,以电价 0.278 元/kWh 计算,(按 80%计)一年多发电价值达 175 万元。而整个 3 号高炉 TRT 余压发电,价值能达到 700 万元,所以高炉煤气余压发电被列入国家重点节能项目。

(4) 布袋除尘工艺目前要解决的问题

① 目前的滤料耐温约为 200℃,当入口煤气温度高于 200℃时,要在重力除尘器内喷水降温,但喷水量、喷雾细度如何随煤气温度的波动而变化,不至因喷水量、雾滴过大或过小而影响除尘器性能仍需研究。

② 应积极开发玻璃纤维针刺毡、合成纤维等滤料,力争使滤袋寿命达到 2 年左右整体更换的使用水平。

③ 要采用先进的清灰方式,目前使用的反吹风清灰普遍存在着清灰能力弱的问题,因而过滤负荷低、阻力大、设备数量多、占地面积大,并且反吹时有严重的荒煤气和粉尘的二次污染。

④ 要开发更可靠适用的连续自动检漏和灰位监测装置。

1.1.2 干式电除尘技术

(1) 国内外应用现状

高炉煤气干式静电除尘技术(Dry Type Electrostatic Precipitator,简称干式 EP)是八十年代发展起来的一项新技术,它首次将干式静电除尘技术应用于高炉煤气的净化,对高炉炼铁行业产生了重大影响,可使系统阻力损失小,设备维修量少,节省占地面积,安全可靠,耐压,耐温,无污染,寿命长,效率高,可节电 70%,节新水 9m³/吨铁,回收显热节能 11.3-21.7kg 标煤/吨铁,提高风温而节能 8-18kg/吨铁,除尘效率达 99%以上,出口煤气含尘浓度 10mg/Nm³。这项技术目前已在德国、日本、芬兰和我国的钢铁企业实现了工业化的实际应用。

高炉煤气干式静电除尘技术是日本 NKK 公司和日本三菱重工引进德国鲁奇公司转炉煤气干式静电除尘技术并将其应用于高炉煤气的净化。在八十年代初完成了半工业性试验,之后,干式 EP 陆续在日本 NKK 福山 2 号高炉、5 号高炉和京滨厂 2 号高炉投入工业化应用。

我国武钢 5 号高炉(3200m³)引进日本三菱重工的电除尘器技术,我国邯钢 7 号高炉(1260 m³)引进德国鲁奇公司的电除尘技术,并分别于 1994 年和 1995 年投入运行。目前,国内外高炉干法电除尘器应用情况见表 1-1。