

钢铁工业大气污染物排放标准

炼 钢

（征求意见稿）

编 制 说 明

宝山钢铁股份有限公司

上海宝钢工程技术有限公司

二〇〇七年九月

目次

1 任务来源及工作过程.....	1
1.1 任务来源.....	1
1.2 工作过程.....	1
2 制订本标准的必要性.....	3
2.1 钢铁工业发展概况.....	3
2.2 现行排放标准存在的主要问题.....	5
2.3 制订本标准的必要性.....	7
3 制订本标准的法规政策依据、技术依据及编制原则.....	7
3.1 法规政策依据.....	8
3.2 技术依据.....	12
3.3 编制原则.....	13
4 炼钢工艺、产生的污染物及最佳控制技术.....	17
4.1 炼钢工艺及产生的污染物.....	17
4.1.1 转炉炼钢.....	17
4.1.2 电炉炼钢.....	19
4.1.3 连铸.....	20
4.2 污染物的特点与最佳控制技术.....	21
4.2.1 转炉炼钢.....	21
4.2.2 转炉炼钢.....	23
4.2.3 连铸工艺.....	24
4.2.4 焙烧烟气.....	24
5 国内外炼钢工序大气污染物控制水平调查.....	24
5.1 国内炼钢工序大气污染物控制水平调查.....	24
5.2 国外炼钢工序大气污染物控制水平调查.....	27
5.2.1 美国.....	27
5.2.2 日本.....	29
5.2.3 欧盟（德国）.....	29
5.2.4 英国.....	31
6 本排放标准的主要技术内容及确定依据.....	32
6.1 主要技术内容的确定.....	32
6.2 排放限值的确定依据.....	32
6.2.1 转炉炼钢废气.....	32
6.2.2 电炉烟粉尘.....	33
6.2.3 炼钢车间其他生产性粉尘.....	33
6.2.4 石灰窑含尘废气.....	34
6.2.5 连铸火焰清理及火焰切割烟气.....	34
6.2.6 氟化物.....	34
6.2.7 烟粉尘的无组织排放.....	35
6.2.8 二噁英问题.....	36
6.2.8.1 二噁英的产生.....	36
6.2.8.2 二噁英的减排.....	37

6.2.8.3 排放限值的确定	39
6.3 操作控制要求	39
6.4 环境监测要求	40
7 本标准与国内外现行排放标准的比较	41
7.1 与国内现行排放标准的比较	41
7.2 与国外排放标准的比较	42
7.2.1 转炉一次烟气	42
7.2.2 转炉二次烟气	42
7.2.3 电炉烟气	43
7.2.4 铁水预处理、炉外精炼烟气	43
7.2.5 连铸火焰切割及火焰清理废气	43
7.2.6 二噁英	43
8 达标可行性与技术经济分析(成本效益分析)	43
8.1 转炉一次烟气	43
8.2 其它含尘废气	44
8.3 烟粉尘“20mg/m ³ ”排放限值分析	46
8.4 二噁英	47
8.5 成本效益分析	47
9 实施本标准的环境效益分析	48
10 本标准与现行法律法规、政策及现行排放标准的关系	49
10.1 与现行法律法规政策的关系	49
10.2 与现行排放标准的关系(衔接)	49
11 对实施本标准的建议	50
11.1 技术措施建议	50
11.2 管理措施建议	50
11.3 其他建议	51

钢铁工业大气污染物排放标准 炼钢

编制说明

1 任务来源及工作过程

1.1 任务来源

为完善国家污染物排放标准体系，引导钢铁行业可持续发展，规范和加强钢铁企业污染物排放管理，国家环保总局以环办函[2003]517号文《关于下达钢铁行业污染物排放系列国家标准制订任务的通知》向中钢天澄环保科技股份有限公司等单位下达了制订《钢铁行业污染物排放系列国家标准》的任务，要求按钢铁联合企业的工序流程分为采选、烧结(球团)、炼铁、铁合金、炼钢、轧钢和废水等七个分项排放标准。

该系列排放标准的制订由中钢集团天澄环保科技股份有限公司牵头负责，其中“炼钢”分项排放标准由宝山钢铁股份有限公司和上海宝钢工程技术有限公司承担。

1.2 工作过程

2003年7月14~15日，国家环境保护总局科技司在武汉组织召开了“钢铁企业污染物排放标准编制研讨会”。会议决定将钢铁企业生产过程的污染控制排放标准按工序分别制订排放标准，共分采选、烧结(球团)、炼铁、铁合金、炼钢、轧钢和废水等七个分项排放标准。

2003年10月10日，国家环保总局办公厅下发了《关于下达钢铁行业污染物排放系列国家标准制订工作任务的通知》(环办函[2003]517号)，将系列排放标准的制订任务下达给各承担单位。国家环保总局于2003年11月4~5日在上海举办了钢铁行业和农药行业污染物排放标准起草培训班，介绍了国家污染物排放标准制订工作的总体原则和要求，讲解了国家污染物排放标准起草工作规范，讨论布置下一步标准起草工作安排。上海会议以后，各承担单位随即展开了广泛的企业实际情况调研。除函调外，还对宝钢、鞍钢等企业进行了实地调查，掌握了企业生产工艺、环保治理措施等实际情况。

2005年5月18~19日，在武汉召开了《钢铁工业污染物排放标准》开题论证会。专家组认真听取了承担工作汇报，详细审阅了开题报告材料，经过充分讨论提出了专家组意见。之后，各承担单位对调研和实地调查情况进行了分析，在此基础上确定了标准中应当控制的污染物指标。在广泛阅读国内外现有标准和深入分析国内调研资料的基础上，提出了《钢铁工

业污染物排放标准》初稿（2005年7月初稿第一稿），根据国家环保总局及有关单位意见于2005年10月完成了初稿第二稿、2006年3月完成了初稿第三稿、2006年5月完成了初稿第四稿。

2006年5月16~17日，在北京召开了《钢铁工业污染物排放标准》初稿研讨会，由国家环保总局科技标准司、中国钢铁工业协会、中国环科院标准所等单位对标准初稿进行了初步审查，并以会议纪要的形式提出了修改意见。根据国家环保总局《关于印发国家钢铁工业污染物排放标准研讨会纪要的函》（司函环科函【2006】41号），对标准初稿进行了修改、补充和完善，于2006年11月形成了《钢铁工业污染物排放标准》（征求意见稿 第一稿）并报国家环保总局科技标准司标准处。

2007年5月，根据国家环保总局公告第16号、第17号，又于2007年7月形成了《钢铁工业污染物排放标准》（征求意见稿第二稿）并报国家环保总局科技标准司标准处。根据《环科函【2006】41号》，将《钢铁工业污染物排放标准——联合企业综合排水》名称改成了《钢铁工业污染物排放标准——总排口废水》。

2007年9月7~20日，国家环保总局科技标准司标准处在北京召开了《重点行业国家污染物排放标准制修订工作会议》，按照会议精神，《钢铁工业污染物排放标准》（征求意见稿 第二稿）作出了结构性调整，将原来第二稿中烧结、炼铁、铁合金、炼钢、轧钢标准中的废水标准抽离出来，合并到《钢铁工业水污染物排放标准 联合企业》中，名称改为《钢铁工业水污染物排放标准》。各标准名称也相应改为《钢铁工业大气污染物排放标准 烧结》、《钢铁工业大气污染物排放标准 炼铁》、《钢铁工业大气污染物排放标准 铁合金》、《钢铁工业大气污染物排放标准 轧钢》，各标准的编制说明也按照国家环保总局公告第41号文《国家环境保护标准制修订工作管理办法》和结构调整后的标准进行了修订，最终形成《钢铁工业污染物排放标准》（征求意见稿 第三稿）报国家环保总局科技标准司标准处。

本标准制订的技术路线见图1-1。

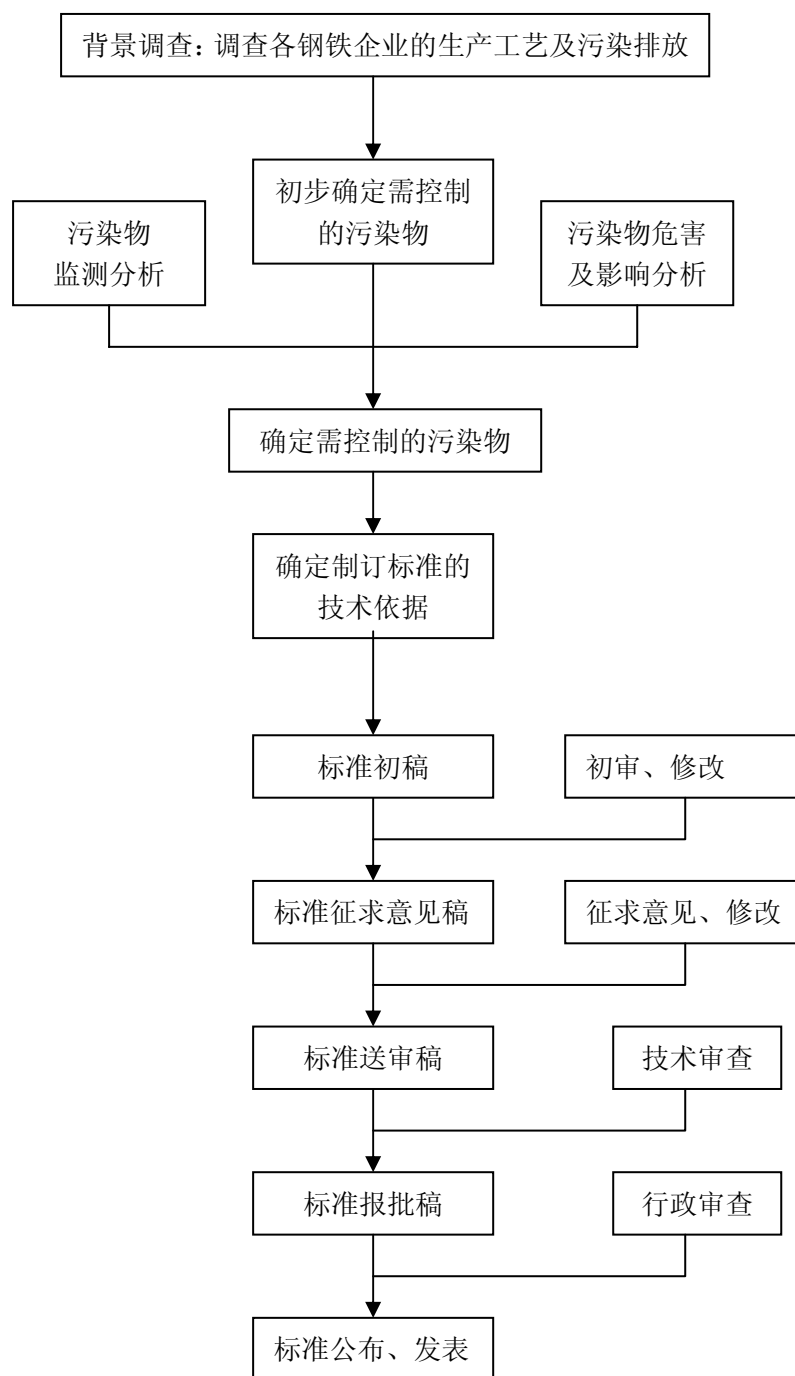


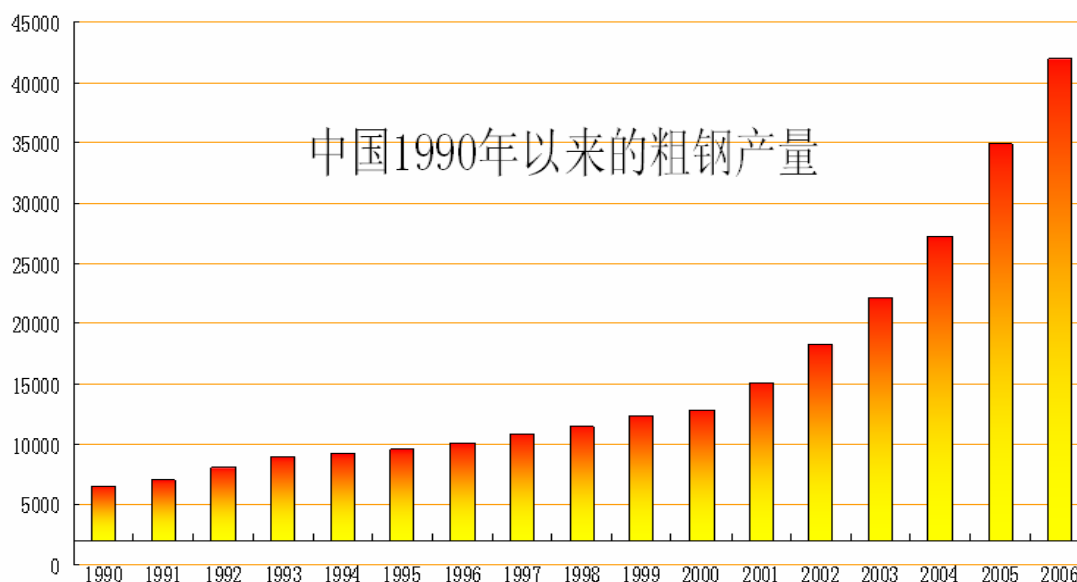
图1-1 本标准制订的技术路线

2 制订本标准的必要性

2.1 钢铁工业发展概况

我国钢铁工业经历了一个不平凡的发展历程，改革开放以来取得了举世瞩目的成就。建国初期，我国粗钢产量只有 15.8 万 t、1996 年达到了 1.01 亿 t，实现第一个 1 亿 t 用了 46 年时间；2003 年达到了 2.2 亿 t，实现第二个 1 亿 t 用了 7 年时间；2005 年粗钢产量达到

了 3.5 亿 t，实现第三个 1 亿 t 仅用了 2 年时间；2006 年更是达到了 4.2 亿 t，预计 2007 年将达到或超过 4.8 亿 t。我国钢铁工业的发展势头十分迅猛，虽然新的《钢铁工业发展政策》已经出台，近几年的发展速度将会有所放缓，但仍然处在快速发展时期。



我国钢产量已经连续 10 余年居世界第一，今后一个较长时期仍会稳居世界第一，实现了钢铁大国之梦，为我国国民经济的发展做出了重大贡献，但却未能实现钢铁大国向钢铁强国的转变。另一方面，我国钢铁工业中低水平生产能力仍占相当的比重，这类低水平的生产装备环境污染也相对严重。从世界钢铁产业发展的大趋势来看，我国钢铁产业集中度非常低、而进一步走低趋势十分明显，并由此导致了资源配置不合理、竞争能力低下，单位产量的能耗、物耗及污染物的排放量居高不下，不仅严重制约着我国钢铁工业整体竞争能力的提高，同时也大大削弱了我国钢铁工业在国际市场上的地位和作用。

钢铁工业，是资源、能源密集型产业，其特点是产业规模大、生产流程长，从矿石开采到产品的最终加工，需要经过很多生产工序，其中的一些主体工序资源、能源消耗量都很大，污染物排放量也比较大。同时，由于传统冶金生产工艺技术发展的局限性以及我国多年来基本上延续以粗放生产为经济增长方式，整体工艺技术装备水平落后，导致钢铁工业一直成为国内几大重点污染行业之一。据不完全统计，2004 年我国钢铁工业排放 SO_2 84.4 万 t、烟粉尘 72.3 万 t、废水量 18.7 亿 m^3 ，吨钢排放量分别为 3.1kg、2.7kg 和 6.9 m^3 ，远落后于发达国家。

为了钢铁工业的可持续发展和落实科学发展观，国家发改委于 2005 年 7 月新出台了《钢铁产业发展政策》，对钢铁工业发展循环经济、节约能源和资源、走可持续发展道路提出了更高的目标和更具体的要求。“十一五”期间及以后，我国的钢铁工业将会进入一个全新的健康发展时期，淘汰落后和企业间兼并重组的步伐将会进一步加快，将初步实现钢铁大国向钢铁强国的转变。在这种由“大”变“强”的发展过程中，必将会有一大批生产装备落后、资源能源消耗高、环境污染严重小而弱的钢铁企业被淘汰出局。

2.2 现行排放标准存在的主要问题

目前，钢铁工业执行的污染物排放标准主要有《钢铁工业水污染物排放标准》(GB13456-92)、《炼焦炉大气污染物排放标准》(GB16171-1996)、《工业炉窑大气污染物排放标准》(GB9078-1996)、《恶臭污染物排放标准》(GB14554-93)、《工业企业厂界噪声标准》(GB12348-90)等多项标准，已经实施了 11 至 17 年。这些排放标准都是 20 世纪 90 年代前后制订的，对控制我国钢铁工业的污染物排放和推动国内钢铁工业的技术进步发挥了重要作用。但随着我国钢铁工业的迅猛发展和近几年的结构性调整及生产格局的变化，一系列清洁生产工艺技术和末端治理技术的飞速发展，现行排放标准已远远落后于技术发展的进步，已经无法适应 21 世纪新形势下的钢铁工业环境保护要求。

1) 现行排放标准不符合走新型工业化道路和可持续发展战略要求

钢铁工业是国民经济的重要基础工业，又属高能耗重污染行业，要实现整个社会的和谐发展，中国钢铁工业就必须走新型工业化道路，必须实施可持续发展战略，必须转变粗放型的经济发展方式，要走一条科技含量高、经济效益好、生活富裕、生态良好、人与自然和谐的文明发展道路。同时，中国又是一个人均资源量匮乏的大国，也只有走最有效利用资源和保护环境为基础的循环经济之路，才有可能实现钢铁工业的可持续发展。

这样，我国钢铁工业未来的发展就必须抓住两个方面：一是根据新出台的产业政策和相关技术政策实施技术改造和结构性调整，二是严格排放限值、大幅度削减污染物排放量。目前执行的钢铁工业污染物排放标准已不可能适应这种新的发展形势。

2) 现行排放标准不适应我国的环境形势

我国当前环境形势依然相当严峻，全国污染物排放总量仍然很大，主要污染物排放量超过环境承载能力；长期积累的环境问题尚未很好的解决，新的环境问题又在不断产生，一些

地区的环境质量仍在恶化、有的甚至已经到了极为严重的程度：水、气、土壤等污染日益加重，1/5 的城市空气污染严重，1/3 的国土面积受到酸雨影响；发达国家上百年工业化过程分阶段出现的环境问题在我国已经集中出现，生态破坏和环境污染造成了巨大的经济损失，给人民的的生活和健康造成了严重影响。近年来发生的一些污染事件在国内、国外都造成了极大的负面影响，一次又一次地为我们敲响了警钟。

要改善我国的环境质量，就必须大幅度削减污染物排放总量。钢铁工业属重污染行业之一，削减污染物排放量就首当其冲，目前现行的钢铁工业污染物排放标准已无法适应这种新要求。

3) 现行标准过于宽松，已远落后于目前的技术水平

如《工业炉窑大气污染物排放标准》（GB9078-1996）钢铁冶炼类烟尘排放标准为 100~150mg/m³，在目前的常规环保投资水平条件下，这类烟粉尘的实际治理水平通常可低于 20mg/m³ 甚至 10mg/m³，已远落后于目前的环保技术水平。

4) 现行排放与功能区对号入座，越发加重了污染地区的环境负担

环境空气三类功能区本来污染就比较严重，废气执行三类排放标准较二级标准宽 50%，客观上就进一步加剧了这类功能区的环境污染，不利于改善环境质量。

“低功能低保护”的排放标准思路不符合我国的环境政策、也不符合我国的环境质量现状形势，不利于促进环保技术的进步和清洁生产技术的实施，无法做到与时俱进。

5) 现行排放标准保护了“落后”，不利于钢铁工业的健康发展和科学发展观的落实

现行标准是按照建厂时间划分时段的，如电炉烟尘 1997 年 1 月 1 日前建厂二级标准为 150mg/m³、其后建厂二级标准为 100mg/m³，而且未对老厂的技术改造、提高末端治理水平和进一步削减污染物排放量等提出要求，客观上过分保护了早期建厂的落后企业，不利于清洁生产和先进环保技术的推广应用，这种落后的“标准思路”应当摒弃。

近几年，一些地区和企业受利益驱动，违反国家产业政策大量重复建设、低水平建设钢铁生产能力，甚至大量建设国家明令淘汰和禁止发展的生产装备，不仅造成了资源能源浪费和严重的环境污染，危害了人民身体健康；假冒伪劣钢材充斥市场，已成为人民生命财产安全的重大隐患；并由此导致了产能的进一步过剩、竞争无序，甚至造成金融风险和社会、经济等其他方面的隐患。现行排放标准过于宽松，不利于淘汰消耗高、效率低、污染严重的落

后工艺装备和生产能力，不利于我国钢铁工业的健康发展，更不利于科学发展观的落实。

6) 现行标准远落后于发达国家标准

从钢铁工业排放标准的内容来看，有的国家（如美国）就规定得非常详细、非常具体，不仅规定了每道生产工序的排放限值，甚至对不同的排放点都作了规定，而我国钢铁工业现行排放标准则显得过于粗糙。

从排放限值来看，如转炉二次烟尘和电炉烟尘排放浓度限值，美国分别为 $7\sim 23\text{mg}/\text{m}^3$ 和 $4.6\sim 11.5\text{mg}/\text{m}^3$ ，日本为 $20\sim 40\text{mg}/\text{m}^3$ ，德国电炉烟尘为 $5\sim 15\text{mg}/\text{m}^3$ 、英国为 $15\text{mg}/\text{m}^3$ 。而我国现行排放标准不仅落后于发达国家，而且还远落后于国内常规投资条件下的末端治理技术水平。

7) 现行标准已经阻碍了环保设施能力的发挥、加剧了环境污染

一些企业电炉烟尘和转炉二次烟尘经布袋除尘器净化以后排放浓度在 $100\text{mg}/\text{m}^3$ 左右甚至更高，但仍属“达标排放”。由于标准过于宽松，已严重影响了环保设施能力的正常发挥，未能有效削减污染物的排放量，加剧了企业所在地的环境污染。

8) 现行排放标准无法适应目前节能减排形势的需要

国家《节能减排综合性工作方案》中提出，我国“十一五”期间将淘汰钢铁工业 10000 万 t 炼铁、5500 万 t 炼钢落后生产能力，并制订了分地区分年度具体工作方案。同时指出：对不按期淘汰的企业，地方各级人民政府要依法予以关停，有关部门依法吊销生产许可证和排污许可证并予以公布，电力供应企业依法停止供电；对没有完成淘汰落后产能任务的地区，严格控制国家安排投资的项目，实行项目“区域限批”。

针对目前的这种紧迫形势，现行钢铁工业排放标准则显得无能为力，在某种程度上却还会起一些反作用，已远远不能适应这种环境形势。

2.3 制订本标准的必要性

从以上我国钢铁工业的发展形势和国内的环境保护形势、节能减排形势来看，根据国家现行环保法规、现行钢铁产业发展政策、目前国内的环境保护形势和钢铁工业的技术水平，有针对性地制订一套技术先进、经济合理、环境容许、实践可行，且符合清洁生产和节能减排要求的排放标准，是十分必要的，而且已是迫在眉睫。

3 制订本标准的法规政策依据、技术依据及编制原则

3.1 法规政策依据

3.1.1 中华人民共和国环境保护法

第十条规定：国务院环境保护行政主管部门根据环境质量标准和国家经济、技术条件，制定国家污染物排放标准。

3.1.2 中华人民共和国大气污染防治法

第七条规定：国务院环境保护行政主管部门根据国家大气环境质量和国家经济、技术条件制定国家大气污染物排放标准。

第十三条规定：向大气排放污染物的，其污染物排放浓度不得超过国家和地方规定的排放标准。

第三十六条规定：向大气排放粉尘的排污单位，必须采取除尘措施。严格限制向大气排放含有毒物质的废气和粉尘；确需排放的，必须经过净化处理，不超过规定的排放标准。

3.1.3 中华人民共和国清洁生产促进法

第十二条规定：国家对浪费资源和严重污染环境的落后生产技术、工艺、设备和产品实行限期淘汰制度。

第十八条规定：新建、改建和扩建项目应当进行环境影响评价，对原料使用、资源消耗、资源综合利用以及污染物产生与处置等进行分析论证，优先采用资源利用率高以及污染物产生量少的清洁生产技术、工艺和设备。

第十九条规定：企业在进行技术改造过程中，应当采取以下清洁生产措施：（一）采用无毒、无害或者低毒、低害的原料，替代毒性大、危害严重的原料；（二）采用资源利用率高、污染物产生量少的工艺和设备，替代资源利用率低、污染物产生量多的工艺和设备；（三）对生产过程中产生的废物、废水和余热等进行综合利用或者循环使用；（四）采用能够达到国家或者地方规定的污染物排放标准和污染物排放总量控制指标的污染防治技术。

3.1.4 国务院关于印发节能减排综合性工作方案的通知

“控制高耗能、高污染行业过快增长。严格控制新建高耗能、高污染项目。严把土地、信贷两个闸门，提高节能环保市场准入门槛。

“加快淘汰落后生产能力。加大淘汰电力、钢铁、建材、电解铝、铁合金、电石、焦炭、煤炭、平板玻璃等行业落后产能的力度。

“建立落后产能退出机制，有条件的地方要安排资金支持淘汰落后产能……

“修订《产业结构调整指导目录》，鼓励发展低能耗、低污染的先进生产能力。根据不同行业情况，适当提高建设项目在土地、环保、节能、技术、安全等方面的准入标准。

“完善节能和环保标准。研究制订高耗能产品能耗限额强制性国家标准……

“十一五”期间将淘汰落后生产能力：炼铁 300 立方米以下小高炉 10000 万 t，年产 20 万 t 及以下小转炉、小电炉 5500 万 t，铁合金 6300kVA 以下矿热炉 400 万 t。”

3.1.5 钢铁产业发展政策

《钢铁产业发展政策》共九章 40 条，与本标准相关的主要内容如下：

第三条：通过钢铁产业组织结构调整，提高产业集中度……最大限度地提高废气、废水、废物的综合利用水平，力争实现“零排放”，建立循环型钢铁工厂。

第十条：不再单独建设新的钢铁联合企业、独立炼铁厂、炼钢厂，不提倡建设独立轧钢厂。

第十二条：为确保钢铁工业产业升级和实现可持续发展，防止低水平重复建设，对钢铁工业装备水平和技术经济指标准入条件规定如下，现有企业要通过技术改造努力达标：烧结机使用面积 180 平方米及以上，焦炉炭化室高度 6 米及以上，高炉有效容积 1000 立方米及以上，转炉公称容量 120 吨及以上，电炉公称容量 70 吨及以上。

沿海深水港地区建设钢铁项目，高炉有效容积要大于 3000 立方米；转炉公称容量大于 200 吨，钢生产规模 800 万吨及以上。钢铁联合企业技术经济指标应达到：吨钢综合能耗高炉流程低于 0.7 吨标煤，电炉流程低于 0.4 吨标煤，吨钢耗新水高炉流程低于 6 吨，电炉流程低于 3 吨，水循环利用率 95%以上。其它钢铁企业工序能耗指标要达到重点大中型钢铁企业平均水平。

第十三条：所有生产企业必须达到国家和地方污染物排放标准，建设项目主要污染物排放总量控制指标要严格执行经批准的环境影响评价报告书（表）的规定，对超过核定的污染物排放指标和总量的，不准生产运行。

新上项目……转炉必须同步配套煤气回收装置，电炉必须配套烟尘回收装置。

第十七条：加快淘汰并禁止新建……公称容量 20 吨及以下转炉、公称容量 20 吨及以下电炉（机械铸造和生产高合金钢产品除外）……中频感应炉等落后工艺技术装备。

第三十条：……限制出口能耗高、污染大的焦炭、铁合金、生铁、废钢、钢坯（锭）等初级加工产品，降低或取消对这些产品的出口退税。

第三十四条：……通过推广Ⅲ级（400MPa）及以上级别热轧带肋钢筋、各类用途的高强度钢板、H 型钢等钢材品种，降低钢材消耗。

3.1.6 产业结构调整指导目录(2005 年本)

第一类，鼓励类（钢铁）：废钢加工处理（分类、剪切和打包，不含炼钢），合金钢大方坯、大型板坯、圆坯、异型坯及近终型连铸技术开发及应用，现代化热轧宽带钢轧机关键技术开发应用及关键部件制造，薄板坯连铸连轧关键技术开发应用及关键部件制造……

第二类，限制类（钢铁）：公称容量 120 吨以下或公称容量 120 吨及以上、未同步配套煤气回收、除尘装置，能源消耗、新水耗量等达不到标准的炼钢转炉项目；公称容量 70 吨以下或公称容量 70 吨及以上、未同步配套烟尘回收装置，能源消耗、新水耗量等达不到标准的电炉项目……

第三类，淘汰类（钢铁）：生产地条钢、钢锭或连铸坯的工频和中频感应炉，15 吨及以下转炉（不含铁合金转炉），10 吨及以下电炉（不含机械铸造电炉），化铁炼钢，15~20 吨转炉（不含铁合金转炉、2005 年），20 吨转炉（不含铁合金转炉、2006 年），10~20 吨电炉（不含高合金钢和机械铸造电炉、2005 年），20 吨电炉（不含高合金钢和机械铸造电炉、2006 年）；工频炉和中频炉等生产的地条钢，工频炉和中频炉生产的钢锭或连铸坯，及其为原料生产的钢材产品。

注：括号内年份为淘汰期限，淘汰期限为 2006 年是指应于 2006 年底前淘汰，其余类推；未标淘汰期限或淘汰计划的条目为国家产业政策已明令淘汰或立即淘汰。

3.1.7 国家环境保护标准制修订工作管理办法

第六条 标准制修订工作遵循下列基本原则：（一）以科学发展观为指导，以实现经济、社会的可持续发展为目标，以国家环境保护相关法律、法规、规章、政策和规划为依据，通过制定和实施标准，促进环境效益、经济效益和社会效益的统一；（二）有利于保护生活环境、生态环境和人体健康；（三）有利于形成完整、协调的环境保护标准体系；（四）有利于相关法律、法规和规范性文件的实施；（五）与经济、技术发展水平和相关方的承受能力相适应，具有科学性和可实施性，促进环境质量改善；（六）以科学研究成果和实践经验为依据，内容科学、合理、可行；（七）根据本国实际情况，可参照采用国外相关标准、技术法规；（八）制订过程和技术内容应公开、公平、公正。

第七条 ……承担标准制修订工作的单位，应根据第六条确定的标准制修订工作基本原则，结合标准制修订项目的具体情况，在标准制修订工作中，开展相关的调查、研究、咨询、论证、试验等工作。在充分掌握与标准有关的基本情况后，编制标准。在标准制修订工作中，不得弄虚作假，不得篡改或捏造数据。

第八条 标准制修订工作按下列基本程序进行……

第二十七条 在污染物排放（控制）标准制修订工作中，要按照以环境保护优化经济增

长的要求，妥善处理经济发展与环境保护之间的关系……确定标准的适用范围和控制项目，根据行业主要生产工艺、污染治理技术和排放污染物的特点，提出标准草案，并对标准中排放限值进行成本效益分析……预测行业达标率。

第二十八条 各类标准的技术内容应具有普遍适用性和通用性。

3.1.7 加强国家污染物排放标准制修订工作的指导意见

“按照我国现行环境保护法律确立的排放标准体系，国家污染物排放标准包括水污染物排放标准、大气污染物排放标准、噪声排放标准、固体废物污染控制标准、放射性和电磁辐射污染防治标准。制定排放标准应符合有关法律、法规的规定并与现行排放标准体系相协调。

“排放水污染物、大气污染物、噪声的行为和固体废物的污染控制要求分别适用不同的法律，原则上应分别制定排放标准……

“当行业排放的污染物存在在水、气介质之间转移的可能时，其排放控制要求可纳入一个排放标准中。

“对固体废物处理处置过程中产生的水污染物和大气污染物的排放控制要求属于排放标准范畴，但可纳入固体废物污染控制标准中。

“应根据行业生产工艺和产品的特点，科学、合理地设置行业型排放标准体系。行业型排放标准体系设置应反映行业的实际情况，适应环境监督执法和管理工作的需要。

“行业型污染物排放标准体系应完整、协调，各排放标准的适用范围应明确、清晰，行业型排放标准的设置要以能覆盖行业各种污染源、完整控制行业污染物排放为目的。

“行业型污染物排放标准原则上按生产工艺的特点设置，确定排放标准的合理适用范围，应全面考虑本标准与相关排放标准的关系，避免适用范围的重叠，要严格控制行业型排放标准的数量。

“排放标准的基本内容是污染物排放控制要求，包括控制排放的污染物种类、排放方式、浓度限值、排放速率或负荷、污染物去除率、污染物排放监控位置、监测频率和工况要求等。在排放标准中可规定实施标准的技术和管理措施，体现环保技术法规的特点。超越排放标准权限的事项应通过其他途径，如制订法律、法规、规章和其他规范性文件予以解决。

“排放标准只适用于法律允许的污染物排放行为，对法律禁止的排放行为，排放标准中不规定排放控制要求……

“排放标准应对企事业单位等污染源执行排放控制要求作出明确规定，任何情况下污染物排放均应符合排放限值的要求，以保证其污染防治设施正常运行……

“国家级水污染物和大气污染物排放标准的排放控制要求主要应根据技术经济可行性

确定，并与当前和今后一定时期内环境保护工作的总体要求相适应。

“大气污染物排放标准要明确控制污染物排放的设施、监控位置、对应的污染物项目和排放控制要求。

“排放标准中原则上不规定统一的污染源与敏感区域之间的合理距离（防护距离）……

“制修订各类排放标准应按照《国家环境保护标准制修订工作管理办法》第六条和第二十七的规定，确定合理的排放控制项目和控制水平。

“制订行业型水、大气污染物排放标准，应对行业排放污染物情况进行全面的分析，确定控制的污染物项目应全面，重点应考虑控制对人体健康和生态环境有重要影响的有毒物质和国家实行总量控制的污染物，以及本行业特殊的污染物质。

“排放标准应针对本标准实施后设立的污染源和实施前已经存在的现有污染源的特点，分别提出排放控制要求……对新设立污染源，应根据国际先进的污染控制技术设定严格的排放控制要求；对现有污染源应根据较先进技术设定排放控制要求，并规定在一定时期内要达到或接近新设立污染源的控制要求。排放标准提出的排放控制要求应具有先进性，能够代表行业先进清洁生产技术和污染治理技术的发展方向，对能耗、物耗高、污染严重的落后工艺，不能作为编制标准的技术依据。

“……法律、法规对污染物排放行为已经作出明确规定的事项，排放标准中不应再重复相同的内容。”

3.2 技术依据

在应充分考虑到标准的长期性、先进性和前瞻性，向国际先进标准看齐的同时，还必须充分考虑排放标准的技术可行性。本排放标准适用于钢铁行业的炼钢工序，根据国内钢铁企业的炼钢生产情况主要考虑了颗粒物、氟化物和二噁英三类大气污染物，确定排放限值的主要技术依据如下：

1) 颗粒物

转炉一次烟气，分干式和湿式净化两种。目前国内 90%以上为 OG 湿法净化，近几年不可能全部或大部分改造为干法，预计今年 5~10 年湿法仍居主流；但对于新改扩建转炉炼钢项目，本标准推荐采用干法。为此，本标准确定一次烟气排放限值的技术依据为“OG 湿法”。

石灰窑烟气，根据炉窑的工艺状况以电除尘器居多，本标准排放限值的确定依据为“电除尘器”；连铸切割、火焰清理等烟气（含火星），目前国内绝大部分均采用湿法电除尘器净化，本标准排放限值确定的技术依据为“湿式电除尘器”。

除转炉一次烟气、石灰窑烟气、连铸切割、火焰清理等烟气之外的含尘废气，包括转炉二次烟气、电炉烟气、精炼炉烟气、原辅料系统含尘废气等，目前国内以袋式除尘器净化为主；因此，这类含尘废气排放限值确定的技术依据为“袋式除尘器”。

2) 氟化物

转炉炼钢、电炉炼钢、炉外精炼大多使用萤石，但萤石并不参加化学反应，产生的氟化物主要为 CaF_2 盐无机物，理论上并不产生气态氟化物（HF 等）。由于烟气中的氟化物形式为 CaF_2 无机盐物质，通过控制烟尘颗粒物的排放同样可以达到控制氟化物的目的，故对于转炉、电炉、精炼炉本标准不考虑氟化物的控制。

但对于特钢行业的电渣炉等，由于其工艺状况与转炉、电炉、精炼炉不同，生产过程会产生气态氟物（HF 等），故必须加以控制，本标准中的“含氟废气”就是指的这部分废气。

3) 二噁英

根据二噁英的产生机理分析，通过炼钢原料分选、炉内排烟急冷等措施就可以在很大程度上从源头减少二噁英的产生量；根据二噁英的物理性质， 150°C 以下很容易吸附在细小颗粒物上，可以通过高效除尘或喷吸附剂等措施使其得到高效净化。本标准排放限值确定的技术依据即基于此。

3.3 编制原则

3.3.1 与现行环境法律、法规、政策协调配套，与现行环境保护方针相一致

环境标准，是一个国家或地区环境政策的综合体现和执行环境法规政策的主要依据，具有行政法律效力和投资导向作用。环境标准的实施还可以起到强制推广先进科技成果的作用，可以加速科技成果转化成为生产力的步伐，使无废、少废、节能、节水及污染治理方面的新技术、新工艺、新设备加快推广应用。

因此，环境标准的编制和修订必须以现行环境保护法律法规为准绳，与我国现行的环境法律、法规、政策、技术政策协调配套，与现行的环境保护方针相一致。

5.3.2 必须认真贯彻执行国家产业政策

新修订的环境标准，除满足国家现行法律法规外，还必须有利于促进工艺技术进步和产业结构调整，有利于淘汰落后的生产工艺装备，有利于促进钢铁生产工艺、生产装备、清洁生产技术、末端治理技术的升级换代，有利于促进我国由钢铁大国向钢铁强国的转变，有利于促进我国钢铁工业可持续发展和认真落实科学发展观，有利于促进建设循环型社会、

节约型社会。

《钢铁产业发展政策》已经颁布实施。这是新中国成立以来我国钢铁工业 50 多年生产实践和发展经验的科学总结，是我国钢铁工业有史以来最完整、最系统的产业发展政策，也是一部指导我国钢铁工业全面健康协调发展的纲领性文件。她从可持续发展角度明确了钢铁工业发展对环境保护的要求，为我国钢铁工业全面落实科学发展观指明了方向提出了要求。她的出台，是我国由钢铁大国迈向钢铁强国的新起点。

《钢铁产业发展政策》以贯彻落实科学发展观和走新型工业化道路为主线，提出了调整产业布局、优化产业结构、推进钢铁工业技术进步、发展循环经济、降低资源和能源的消耗、提高资源和能源的综合利用率等方面的具体要求和钢铁市场准入条件及具体技术经济指标要求，明确了加快淘汰落后和限制高消耗、高污染初级加工产品出口，不支持新建独立的炼铁厂、炼钢厂、轧钢厂等。

新修订的排放标准必须坚决贯彻执行新出台的《钢铁工业发展政策》，使新标准能够提高钢铁行业的市场准入条件和引导投资方向，有利于促进我国钢铁工业的结构性调整 and 实现钢铁产业集中度提升，有利于钢铁大国向钢铁强国的转变。积极促进可持续发展，大力倡导循环经济，认真落实科学发展观，建设节约型社会和循环型社会。

5.3.3 要考虑到标准的长期性和先进性，但又不宜“一劳永逸”

现阶段，一个环境标准的修订周期往往需要五、六年或更长时间，如现行《工业炉窑大气污染物排放标准》(GB9078-1996)就已经执行了 11 年、《钢铁工业水污染物排放标准》(GB13456-92)竟执行了 15 年。因此，应充分考虑到标准的长期性、先进性和前瞻性，尽可能做到“前五年先进后五年不落后”，但又不宜“一劳永逸”。一些目前仍难以有效解决的环境问题，如现有电炉工序产生的二噁英等近期可以暂不考虑，而只对新、改、扩建电炉炼钢项目二噁英排放限值作出规定；对现有电炉，可以根据不同地区的经济发达程度和实用技术的进步情况，将这类污染物排放限值的制订权下方到地方。

新的排放标准应向国际先进标准看齐(如污染物排放浓度限值可采用与国外先进标准大致相同的排放限值)，但又不宜一味模仿国外先进标准。如美国钢铁行业排放标准就制定得非常详细、具体，甚至对不同的排放点都作了规定；看似针对性和可操作性都非常强，但并不适合目前的中国国情：如我国的排污收费，时至今日仍然是以排放浓度作为主要收费依据。

由此来看，我国的污染物排放标准并不是制定得越详细越好，制订得过于详细反而可操作性不强，应充分考虑国内的实际情况。

5.3.4 着眼于技术进步，以可行技术为主要依据，不再与功能区对号入座

如目前的布袋除尘技术，在常规投资条件下烟粉尘排放浓度通常可以做到 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 以下甚至更低；从国外先进排放标准情况来看，要求污染物排放浓度更低已成为一种潮流。但目前国内仍有少数钢铁企业采取布袋除尘措施后烟粉尘排放浓度仍在 $100\text{mg}/\text{m}^3$ 左右甚至超过 $300\text{mg}/\text{m}^3$ （最高的竟达 $380\text{mg}/\text{m}^3$ ），这是很不正常的；其主要原因就是企业内部环境管理水平不高和目前现行排放标准过于宽松所致。如滤袋破损后未能及时更换、滤袋接口故障未能及时修复等造成的烟粉尘排放浓度偏高，如果这类问题不是很严重，仍然能够低于 $100\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $150\text{mg}/\text{m}^3$ 现行排放标准、属“达标排放”，但这种现象是很不正常的。本标准对这类情况将不予照顾，而是着眼于促进技术进步，以常规投资条件下最佳可行技术为主要依据，不再与功能区对号入座，按照不同的主要生产工序和相应的最佳控制技术规定排放限值，要“跳起来才能够得着”，以充分体现新排放标准的先进性。其目的就是为了促进企业及其主管部门进一步提高环境管理水平，进一步削减烟粉尘排放量，以人为本、改善环境质量、保护人民健康，同时这也是我国钢铁工业可持续发展的基本要求。

再者，烟粉尘颗粒物的毒性随粒径减小而增大。粒径大于 $10\ \mu\text{m}$ 的颗粒物因其自身的重力作用而易于沉降，被吸入呼吸道的几率减小、对人类健康的不利影响相对较小；而粒径小于 $10\ \mu\text{m}$ 的烟粉尘颗粒物一般不易重力沉降，可以被吸入呼吸道，对人类健康的不利影响比较大；一些粒径在 $2\ \mu\text{m}$ 左右或小于 $2\ \mu\text{m}$ 的颗粒物，90%~100%可以到达肺泡区，对人体健康的不利影响最大。经过布袋除尘器净化后排放的烟粉尘粒径都在 $10\ \mu\text{m}$ 以下、 $2\ \mu\text{m}$ 左右或小于 $2\ \mu\text{m}$ 颗粒物占相当的比例，从影响人类健康环境毒理学角度考虑也要求对这类污染物严加控制。

如果新标准相对于最佳控制技术过于宽松，自然就会影响到污染控制水平的提高和现有环保设施治理能力及水平的发挥，不利于污染物排放总量的控制，同时也无法体现新标准的先进性。

5.4.5 新老污染源区别对待

参照国内外先进企业的排放水平，向国外先进钢铁行业排放标准看齐，力求做到科学

合理、技术上可靠、经济上可行，具有可操作性。考虑到目前钢铁工业的污染治理技术水平和今后技术水平的进步以及目前的环境污染状况，很有必要提高新老污染源的排放标准。同时考虑到新老企业的技术差异，新污染源必须严加控制，老污染源必须限期治理，落后工艺装备必须逐步淘汰，新老污染源宜分别执行不同的排放限值，最终目标应是执行统一的排放标准。

考虑到现有污染源不可能在很短的时间内达到新源排放标准，在与现行排放标准的衔接方面，步子不宜迈得过大，应根据国内钢铁企业的实际情况考虑对现有污染源给预一定的宽限期。如宽限期为 3 年，3 年以后执行新源排放标准，即最终应要求全部达到新源排放限值。

现有设施在宽限期内不能达到新标准要求的，必须采取“淘汰落后”、“以新带老”、“以大带小”等措施，必须在规定的期限内达到新标准要求。对于改、扩建项目，应首先要求现有污染源必须做到全面达标排放，不达标的污染源必须“以新带老”、限期治理，而且应在改、扩建项目建成之前做到达标排放

5.4.6 大气污染物无组织排放应严格控制

冶炼车间烟粉尘等污染物的逸出或泄漏，会造成较大的无组织排放。

考虑到本标准只适用于钢铁企业的炼钢工序，在钢铁企业内部通常无法明确清晰的“厂界”，故只对无组织排放源规定严格的排放限值，即仍沿用原《工业炉窑大气污染物排放标准》（GB9078-1996）中无组织排放最高允许浓度对排放源进行控制，监测点要求设在生产厂房门窗、屋顶、气楼等无组织排放处，并选浓度最大值。

5.4.7 标准的内容应尽可能全面、具有普遍适用性

根据国家《环境标准管理办法》、《国家环境保护标准制修订工作管理办法》和《加强国家污染物排放标准制修订工作的指导意见》，跨行业国家污染物综合排放标准与国家行业污染物排放标准不交叉执行，本标准的内容及相应的指标要求应尽可能全面，尽可能符合钢铁行业的实际情况。如本标准中的“氟化物”，原则上适用于特殊钢冶炼过程排放的含氟烟气；对普通碳钢和不锈钢的冶炼，理论上并不产生气态氟化物（即 HF 类）、而只产生 CaF_2 盐类烟尘，可以通过控制烟尘排放浓度加以控制，故不再对转炉、电炉及精炼炉氟化物进行规定。

4 炼钢工艺、产生的污染物及最佳控制技术

4.1 炼钢工艺及产生的污染物

炼钢生产方法目前主要有转炉炼钢和电炉炼钢两大类，过去使用的平炉炼钢与化铁炉炼钢国内已经全部淘汰。

4.1.1 转炉炼钢

1) 工艺过程

转炉炼钢原料为高炉铁水，冶炼产品为合格钢水。铁水由炼铁厂用铁水罐热装热送至炼钢厂，先兑入混铁炉混匀保温而后兑入转炉进行炼钢，或采用混铁车运送至炼钢厂不经过混铁炉而直接兑入转炉炼钢；冶炼优质钢种时，铁水需先送至脱硫站进行炉前脱硫等预处理。

转炉炼钢以铁水及少量废钢为原料，以石灰（活性石灰）、萤石等为熔剂。铁水和废钢加入炉后摇直炉体进行吹炼，根据冶炼时向炉内喷吹氧气、惰性气体的部位，可分为顶吹、底吹转炉和顶底复吹转炉。顶吹就是炉顶吹氧，底吹就是炉底吹氧，顶底复吹是炉顶吹氧、炉底吹惰性气体（如 Ar、N₂等），熔剂等辅料由炉顶料仓加入炉内。

转炉吹炼时由于氧气和铁水中的碳发生化学反应，产生含大量 CO 的炉气（转炉煤气），同时铁水中的杂质与熔剂相结合生产钢渣。当吹炼结束时，倾倒炉体排渣出钢；出钢过程中向钢包加入少量铁合金料使钢水脱氧和合金化。为了冶炼优质钢种，将转炉钢水再送精炼装置（如 LF 钢包精炼炉、RH、VD 真空处理炉等）进行精炼，对钢水进行升温、化学成份调节、真空脱气和去除杂质等。

2) 产生的污染物

转炉炼钢过程中，高炉铁水兑入、辅料加入、吹氧、出渣、出钢均有大量的含尘烟气产生，烟气中除烟尘之外还有 CO 等污染物；散状料上料系统有粉尘产生，LF、VD 等精炼炉冶炼及铁水预处理过程均有含尘烟气产生。

转炉炼钢工艺流程与污染物产生情况见图 4-1 和图 4-2。

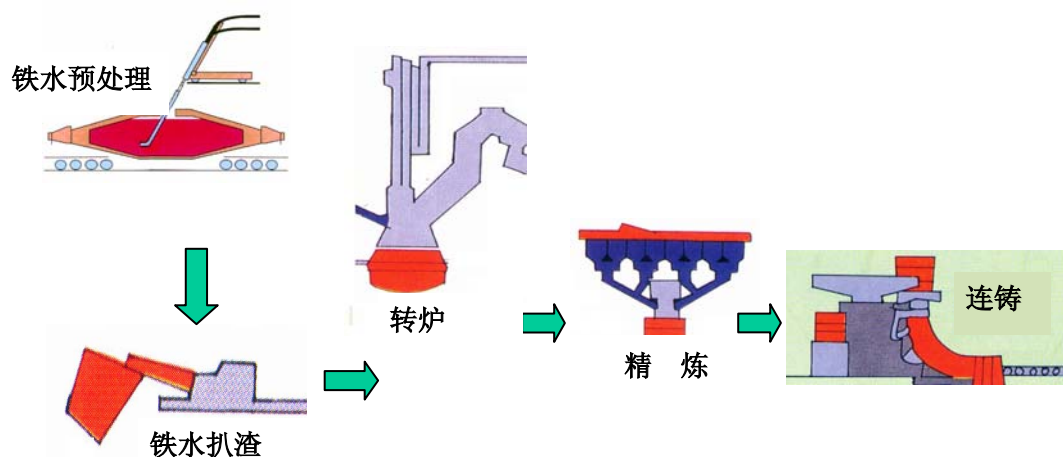


图 4-1 转炉炼钢工序生产工艺示意图

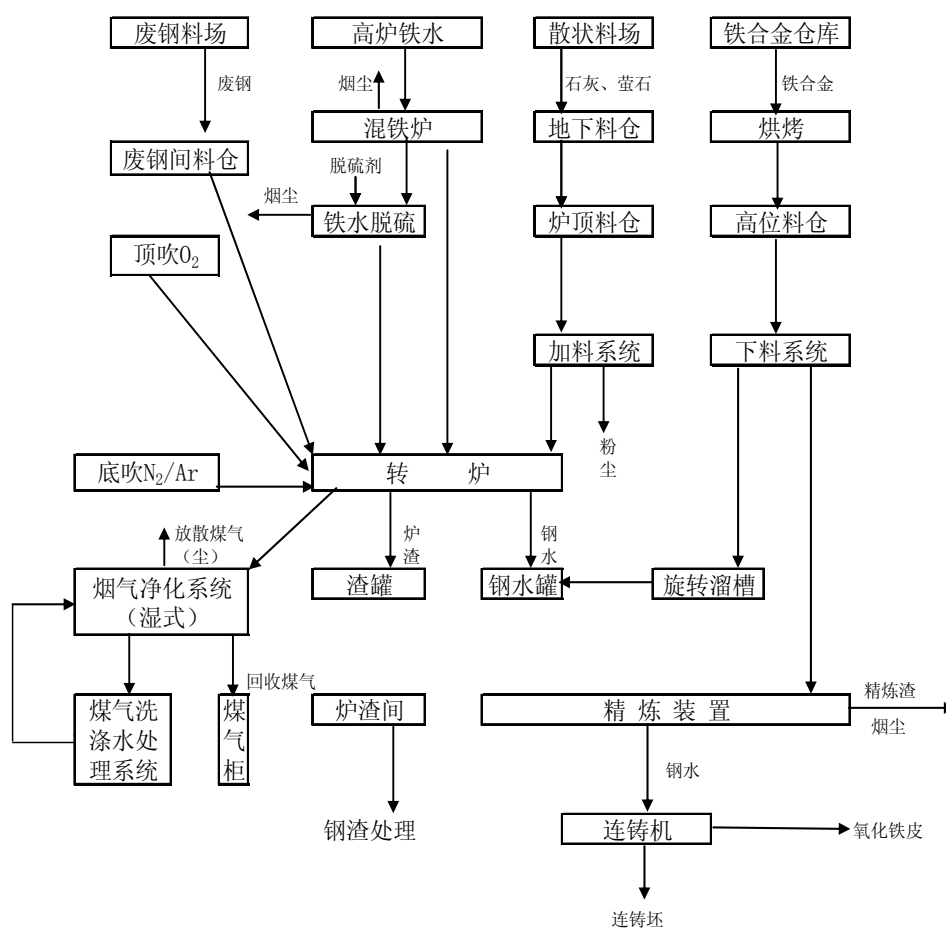


图 4-2 转炉炼钢工序产污环节

4.1.2 电炉炼钢

1) 工艺过程

电炉炼钢以废钢为原料，辅助料有铁合金、石灰、萤石等。炼钢电炉有交流电炉和直流电炉两种，传统的多为三相交流电炉，按其功率大小又可分为普通电炉、高功率电和超高功率电炉。

电炉生产工艺流程为：先移开电炉炉盖，将检选合格的废钢料由料罐（篮）加入炉内，将炉盖复位，同时将辅助料由高位料仓通过加料系统经电炉炉盖上的料孔分期分批加入炉内，然后通电开始冶炼。有些电炉先对废钢进行预热，其方式是利用电炉烟气在炉外预热，或直接在电炉上方设预热罐利用电炉烟气预热。

整个冶炼过程按其先后可分为熔化期、氧化期和还原期。熔化期，使废钢表面的油脂类物质燃烧、金属进行熔化；氧化期，由于大量吹氧，使炉内熔融态金属激烈氧化脱碳，产生大量赤褐色烟气；还原期去除钢液中的氧和硫等杂质，调整钢水成份。在氧化期和还原期分别产生氧化渣和还原渣，分期排渣。冶炼结束后出钢，钢水如需精炼，则送精炼装置进行精炼，情况与转炉钢水精炼相同。

2) 产生的污染物

电炉及精炼装置在加料、出钢、吹氧和冶炼过程中有大量含 CO、CO₂ 的高温含尘烟气产生，烟气中还含有少量的氟化物（其成份为 CaF₂）及二噁英；原、辅料系统的上料等，也有含尘废气产生。

转炉炼钢工艺流程与污染物产生情况见图 4-3 和图 4-4。

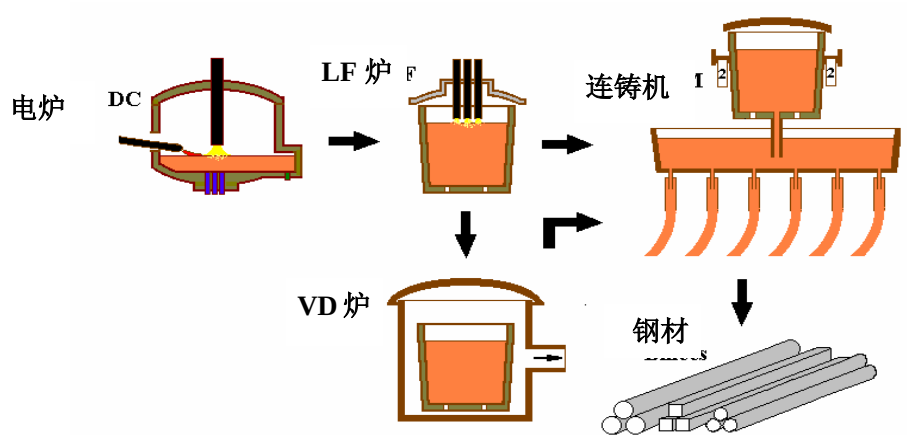


图 4-3 电炉炼钢工序生产工艺示意图

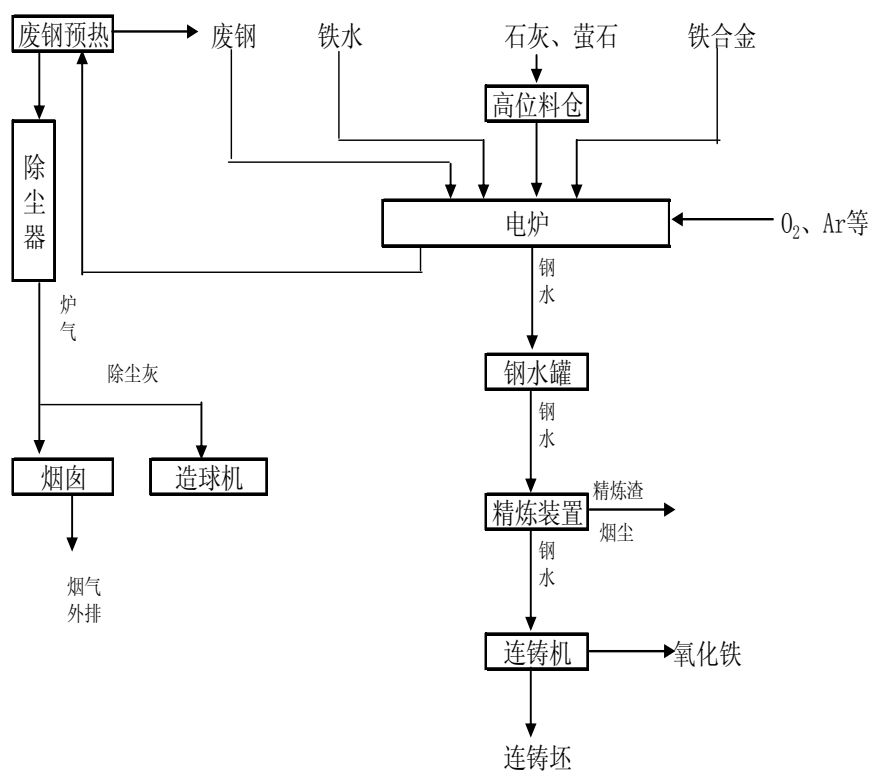


图 4-4 电炉炼钢工序产污环节

4.1.3 连铸

1) 工艺过程

连铸生产就是钢水连续铸坯，简化了加工钢材的程序，可以省掉过去采用的钢锭模将钢水铸锭和初轧开坯等工序，可以实现钢坯热送热轧，减少金属损耗、节约大量能源。

连铸生产工艺流程为：合格钢水送连铸钢包回转台，通过钢包滑动水口和钢包长水口进入中间罐，到达一定高度后开浇，经过浸入式水口进入结晶器；由于结晶器不断振动，并在冷却水的间接冷却下使钢水形成坯壳。具有很薄坯壳的金属坯由引锭杆不断拉出，经过结晶器、弯曲段、扇形段，再通过二冷段用水直接喷淋冷却，最后进入矫直段，矫直后的铸坯切割成所需定尺，再经去毛刺和喷号即成为可送轧钢厂使用的连铸坯。

2) 产生的污染物

连铸结晶器加保护渣时有少量的烟尘产生，中间罐倾翻及修砌有粉尘产生，火焰清理机作业过程有含尘烟气生产。连铸生产工艺流程见图 4-5。

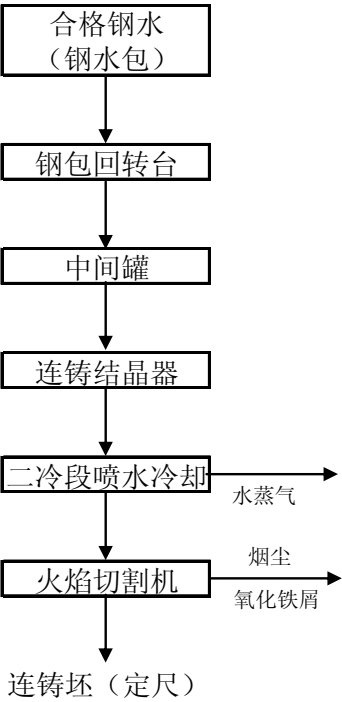


图 4-5 连铸生产工序产污环节

4.2 污染物的特点与最佳控制技术

4.2.1 转炉炼钢

转炉炼钢废气污染特点是：1) 吹炼时原始烟气中含尘浓度可高达 $100\sim150\text{g}/\text{m}^3$ ，烟尘粒度 50%以上小于 $30\text{ }\mu\text{m}$ ；2) 吹炼时原始烟气中 CO 高达 90%、毒性大；3) 原始烟气温度高

达 1400~1600℃，使废气净化增加了复杂性；4) 高温烟气中的热能、CO 以及烟尘中的铁（总铁高达 60%~70%），均具有较高的回收综合利用价值。

目前国内的实用可行技术有：转炉一次烟气（转炉煤气）回收有干法和湿法两种。我国现有转炉 340 余座，回收煤气的转炉 90%以上采用湿法除尘系统回收煤气，一般为二文一塔，其优点是技术上十分成熟、运行稳定而可靠，净化后放散废气中的烟尘浓度一般低于 100mg/m³（宝钢一炼钢 3 座 300t 转炉目前为 40~70mg/m³）；其缺点是配套的污水处理系统占地面积大，运行能耗成本较高，污泥的处理也比较复杂，容易导致二次粉尘污染，向下游用户供应煤气需要进一步除尘。该除尘方式自动化控制水平较低，煤气回收量偏小，目前国内重点钢企业平均回收量约 60m³/t、先进企业在 100m³/t 左右；出煤气柜后还需增设湿式电除尘，回收系统能耗较大，目前我国重点钢铁企业转炉炼钢的平均工序能耗在 30kgce/t_(钢) 左右，但先进企业已经实现了“负能炼钢”。

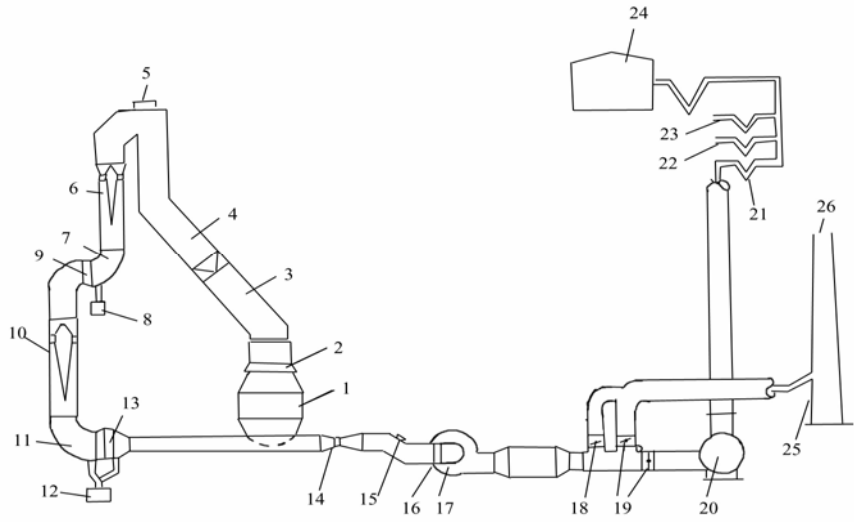


图 4-6 转炉煤气 OG 湿法净化流程图

1、转炉	2、活动裙罩	3、固定烟罩
4、汽化冷却烟道	5、上部安全阀	6、第一级 RD 文氏管
7、第一级弯管脱水器	8、排水水封槽	9、水雾分离器
10、第二级 RD 文氏管	11、第二级弯管脱水器	12、排水水封槽
13、挡水板水雾分离器	14、文氏管流量计	15、下部安全阀
16、风机多叶启动阀	17、引风机及液力偶合器	18、旁通阀
19、三通切换阀	20、水封逆止阀	21、V 型水封阀
22、2 号 OG 装置	23、3 号 OG 装置	24、煤气柜
25、放散塔	26、点火装置	

由于湿法除尘系统存在能耗高、环保治理难度大、废物利用率低等缺点，所以解决其

主要措施之一应是推广转炉煤气干法除尘技术。如 LT 法（电除尘），具有节水、节电、除尘效率高、降低生产成本的优点，煤气回收量为 $95\sim 100\text{mg}/\text{m}^3$ 以上，煤气热值为 $8360\text{kJ}/\text{m}^3$ 左右，可以实现回收煤气含尘量小于 $10\text{mg}/\text{m}^3$ ，排放废气含尘量可小于 $20\text{mg}/\text{m}^3$ ，炼钢的工序能耗为 $-10\text{kgce}/\text{t}_{(\text{钢})}$ ，收集的除尘灰干燥、可以加热后直接压制成块体回转炉得到更好的利用；其缺点是系统相对复杂，对运行和维护要求高。

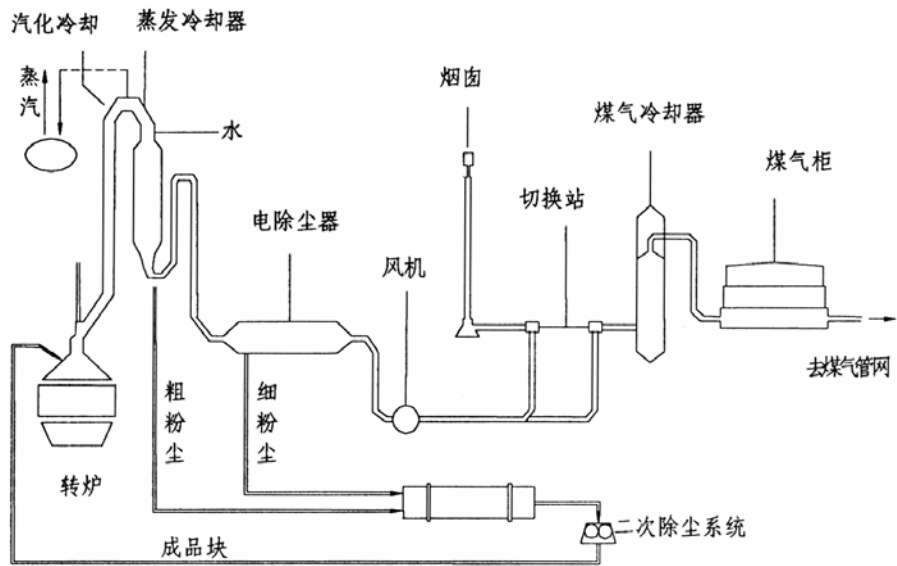


图 4-7 转炉煤气干法净化工艺流程图

转炉二次烟气、上料系统含尘废气、铁水预处理烟气、混铁炉烟气，以及 LF、VD 等精炼炉烟气，通常采用高效布袋除尘器净化，排放废气中的烟粉尘浓度一般可低于 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 。

4.2.2 转炉炼钢

电炉炼钢过程中，废钢及辅料加入、吹氧、出渣、出钢均有含尘烟气产生，烟气中除尘之外还有 CO、二噁英等污染物；散状料上料系统有粉尘产生，LF、VD 等精炼炉冶炼过程均有含尘烟气产生。其污染特点为：1) 烟气阵发性强、烟气量波动大，2) 电炉炼钢烟气散发点多、烟气收集难度大，3) 烟气温度高达 $1200\sim 1500^{\circ}\text{C}$ ，增加了除尘系统设计的复杂性；4) 烟尘粒径细小，氧化期 90%左右小于 $10\mu\text{m}$ 、50%左右小于 $2\mu\text{m}$ ，对布袋除尘器滤料要求高；5) 烟尘中的氧化铁含量高、有些电炉氧化期烟尘中氧化铁含量高达 80%左右，具有较高的回收综合利用价值。

目前，电炉一、二次烟气通常采用第四孔（直流电炉为第二孔）抽吸+大密闭罩和屋

顶烟罩相结合的方式捕集，捕集后的烟气采用大布袋高效除尘器净化，烟尘排放浓度通常可以低于 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 。上料系统含尘废气、精炼炉烟气等，通常采用高效布袋除尘器净化，有的并入电炉烟气除尘器净化。

4.2.3 连铸工艺

连铸机结晶器加保护渣时有少量烟尘产生，铸坯火焰清理有烟尘产生；中间罐倾翻和修砌有粉尘产生，其特点是产生量比较大且不连续。

对于结晶器废气，由于烟气量比较小、含尘浓度比较低，通常通过排烟装置将其排入二冷室机械去除；中间罐倾翻和修砌含尘废气，通常采用布袋除尘器净化，排放浓度一般可低于 $20\text{mg}/\text{m}^3$ ；铸坯火焰清理烟气，通常根据烟气的性质采用湿式电除尘器净化，粉尘排放浓度一般在 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 以下。

4.2.4 焙烧烟气

含尘废气主要产生于窑前原料准备、焙烧窑本体和出料（成品）系统，石灰粉尘属亲水性、粘结性粉尘。原料准备系统、出料（成品）系统含尘废气，普遍采用高效布袋除尘器净化。普通石灰竖窑，烟气温度 $150\sim 250^\circ\text{C}$ ，含尘浓度 $1\sim 2\text{g}/\text{m}^3$ 、有时最高可达 $4\sim 6\text{g}/\text{m}^3$ ，目前国内普遍采用高效布袋除尘净化，排放浓度一般可低于 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 。

活性石灰竖窑烟气温度较高、 $300\sim 600^\circ\text{C}$ 不等，通常经降温后再送布袋除尘器净化。对于悬浮窑，烟气温度 $400\sim 500^\circ\text{C}$ ，含尘浓度 $20\sim 50\text{g}/\text{m}^3$ ，烟气降温后送布袋除尘器净化。

对于回转窑，烟气温度更高、可达 1000°C ，含尘浓度 $15\sim 25\text{g}/\text{m}^3$ ；可以降温后送布袋除尘器净化，也有的采用电除尘器净化。

5 国内外炼钢工序大气污染物控制水平调查

5.1 国内炼钢工序大气污染物控制水平调查

国内部分钢铁企业炼钢工序主要的生产装备、废气排放情况见以下各表。由于调查资料反馈程度的不同等原因，一些明显异常的数据已剔除或未进行统计；同时，由于一些这样那样的原因，统计结果可能会与个别企业的实际情况有一定的出入。

表 5-1 国内部分钢铁企业转炉炼钢生产情况调查

序号	单位名称	炼钢转炉	年产量或生产能力（万 t）
1	宝钢	300t×3 250t×2	1055（含电炉）

序号	单 位 名 称	炼钢转炉	年产量或生产能力（万 t）
2	鞍钢（二炼钢）	150t×2 180t×1 90t×3	719
3	首都（二炼钢）	210t×3	890
4	武钢	100t×2 250t×2 90t×1	670
5	济钢（一炼钢）	25t×3	258
6	重钢	50t×3	205
7	本钢	120t×3	
8	唐钢	40t×4	315
9	宣钢	18t×3 80t×2	250
10	萍钢	20t×3	200
11	石家庄钢铁厂	50t×2	190
12	邢钢	40t×2 48t×1	230
13	苏钢	11t×2	50
14	三明	20t×3 30t×1	200
15	西林	15t×2	30
16	南京钢铁公司	30t×2	150
17	济钢（一炼钢）	25t×3	258
18	涟钢	90t+45t	350

表 5-2 国内部分钢铁企业电炉炼钢生产情况调查

序号	单 位 名 称	炼钢电炉	2004 年产量（t）
1	宝山钢铁集团公司	150t×1	
2	苏钢	100t×1	60
3	沙钢	20t×3 75t×1 90t×1 100t×2	400
4	本溪	15t×1 30t×2	
5	石钢	30t×1	40

序号	单位名称	炼钢电炉	2004年产量(t)
6	西林	30t×2 20t×3	38
7	南钢	70t×1	

表 5-3 转炉一次烟气污染物排放情况调查表

单位	污染治理措施	样本数(个)	粉尘排放情况(mg/m ³)		
			平均浓度	最小值	最大值
1. 宝钢	湿法除尘	5	49	27	108
	LT 电除尘	6	94	84	103
2. 鞍钢	湿法除尘	6	113	44	305
3. 首钢	湿法除尘	3	72	43	100
4. 武钢	湿法除尘	4	115	80	150
5. 柳钢	湿法除尘	1	148		
6. 济钢	湿法除尘	1	77		
7. 本钢	湿法除尘	1	<100		
8. 唐钢	湿法除尘	1	137		
9. 三明	湿法除尘	1	70		
10. 宣钢	湿法除尘	5	170	117	199
11. 石钢	湿法除尘	1	18		
12. 苏钢	湿法除尘	2	120		
13. 承德	湿法除尘	1	<100		
14. 西林	湿法除尘	1	140		
15. 南钢	湿法除尘	1	150 (3 座)		
16. 涟钢	湿法除尘	1	<100		

**表中明显不具代表性的异常数据样本已剔除。

表 5-4 转炉二次烟气及电炉烟气污染物排放情况

受调单位	污染治理措施	样本数 (个)	粉尘排放情况(mg/m ³)		
			平均	最小值	最大值
1. 宝钢	布袋除尘	21	9	0.9	29.9
2. 鞍钢**	布袋除尘	11	20	7.4	35
3. 首钢	布袋除尘	6	13	10	20
4. 武钢	布袋除尘	8	28	25	30
5. 重钢	布袋除尘	3	17	5.4	39.3
6. 济钢(一炼钢)	布袋除尘	5	28	15	77
7. 本钢	布袋除尘	3	61	46	84

受调单位	污染治理措施	样本数 (个)	粉尘排放情况 (mg/m ³)		
			平均	最小值	最大值
8. 唐钢	布袋除尘	3	129	114	139
9. 承德	湿法除尘	1	<100		
10. 萍钢	布袋除尘	2		108	135
11. 石钢 888	布袋除尘	5	44	3.3	90
12. 邢钢	布袋除尘	5	<100		
13. 苏钢	布袋除尘	1	125		
14. 西林	布袋除尘	1	6		
15. 南钢	布袋除尘	2	90	34	145
16. 涟钢	布袋除尘	2	<100		

**明显不具代表性的异常数据样本已剔除。

表 5-5 石灰焙烧系统污染物排放情况

受调单位	污染治理措施	样本数 (个)	粉尘排放情况 (mg/m ³)		
			平均浓度	最小值	最大值
1. 宝钢	布袋除尘	12	10.3	3.8	20.4
2. 首钢	布袋除尘			31	94
3. 柳钢	布袋除尘	1	56		
4. 石钢	布袋除尘	1	223		

表 5-6 废气排放调查结果分析

排放浓度	mg/m ³	≤80	≤100	>100			
转炉一次烟气 (湿法)	样本数 (个)	17	24	10			
	百分率 (%)	50.0	70.6	29.4			
排放浓度	mg/m ³	≤10	≤20	≤35	≤50	≤100	>100
转炉二次烟气 电炉烟气等	样本数 (个)	33	56	73	77	93	13
	百分率 (%)	31.1	52.8	68.9	72.6	87.7	12.3
排放浓度	mg/m ³	≤10	≤20	≤35	≤50	≤100	>100
石灰焙烧	样本数 (个)	7	11	13	13	15	6
	百分率 (%)	33.3	52.4	61.9	61.9	71.4	28.6

5.2 国外炼钢工序大气污染物控制水平调查

5.2.1 美国

美国把转炉车间的废气污染源分成一级排放源和二级排放源。一级排放源是指从转炉炉口排放的烟气（相当于国内的一次烟气），二级排放源包括铁水运输、脱硫、撇渣、装

料、出钢、除渣、浇注、钢包冶炼等处排放的烟气。

一级源排放控制系统有两种：一种是完全敞开燃烧，一种是密闭燃烧。目前最传统、最好的控制设备是高性能文丘里湿式除尘器和静电除尘器（ESP）。完全敞开燃烧是指烟罩是固定的，不防烟气的泄漏；密封燃烧是指烟罩的直径与转炉口的直径大致相等，而且是活动的。烟罩通常非常接近转炉嘴，烟罩的外缘密封了烟罩和转炉之间的空间。

转炉车间二级排放源一般采用袋式除尘器，很少使用湿式除尘器。

美国大多数转炉车间都有钢包冶炼站，钢包冶炼产生的污染物主要采用袋式除尘器进行控制，少数采用湿式除尘器，一些真空脱气工序采用湿式除尘。

采用 MACT (maximum achievable control technology)

钢铁联合企业气体污染物排放标准 (NESHAP)

污染源	执行标准
1 对于新建或现有氧气转炉车间的每座转炉	a. 对于采用密闭烟罩系统的转炉, 在初级吹氧期间, 从任何一级排放控制系统中排放到大气中的任何气体颗粒物含量不得超过 $68.7\text{mg}/\text{m}^3$ 。 b. 对于采用敞开式烟罩系统的转炉, 在炼钢期间, 从任何一级排放控制系统中 (现源) 排放到大气中的任何气体颗粒物含量不得超过 $45.8\text{mg}/\text{m}^3$ 。新源不得超过 $22.9\text{mg}/\text{m}^3$ 。 c. 对于转炉二级排放采用了独立的控制装置, 排放到大气中的任何气体颗粒物含量, 现有转炉车间不得超过 $22.9\text{mg}/\text{m}^3$, 新建转炉车间不得超过 $11.9\text{mg}/\text{m}^3$ 。
2 对于新建或现有转炉车间的铁水运输装置、撇渣、脱硫和钢包冶炼操作	排放到大气中的任何气体的颗粒物含量, 现源不得超过 $22.9\text{mg}/\text{m}^3$, 新源不得超过 $6.9\text{mg}/\text{m}^3$ 。
3 对于新建或现有转炉车间的钢包冶炼操作	排放到大气中任何气体的颗粒物含量, 现源不得超过 $22.9\text{mg}/\text{m}^3$, 新源不得超过 $9.2\text{mg}/\text{m}^3$
4 对于现有转炉车间的炉顶监测器	转炉车间、转炉或转炉车间操作装置的其他任何建筑物外罩等二级排放到大气中的混浊度不得超过 20% (平均 3 分钟)。
5 对于新建转炉车间的炉顶监测器	a. 转炉车间或转炉车间的底吹操作装置或转炉车间操作装置的任何外罩等二次排放到大气中的混浊度不得超过 10% (以 6 分钟为单位的平均值), 但在一个炼钢周期中以 6 分钟为单位的混浊度允许出现一次不超过 20% 的情况。 b. 转炉车间或转炉车间的底吹操作装置或转炉车间操作装置的任何外罩等二次排放到大气中的混浊度不得超过 10% (以 3 分钟为单位的平均值), 但允许在一个炼钢周期中以 3 分钟为单位的混浊度出现一次超过 10%, 但不得超过 20%。
6 铸造电弧炉 (现源)	排放到大气中的颗粒物不得超过 $11.45\text{mg}/\text{m}^3$ 。或金属 HAP 总量不超过 $0.92\text{mg}/\text{m}^3$ 。

5.2.2 日本

日本钢铁业的排量总量控制

单位: mg/l

项目	第一次总量控制 1979 年度开始 (目标 1984 年度)	第二次总量控制 1987 年度开始 (目标 1989 年度)	第三次总量控制 1991 年度开始 (目标 1994 年度)
采用高炉的钢铁制造业 (有焦炉)	60~80	50~70	50~70
采用高炉的钢铁制造业 (无焦炉)	20~40	20~40	20~40
电炉炼钢、轧制造业	20~40	20~40	20~40

注: (1) 以上为原有设备的限制值, 对 1987 年以后新建的钢铁项目, 其限制值更加严格。

(2) 所在地政府所规定的 C 值 (适用于钢铁业) 基本上是本表中的下限值。

5.2.3 欧盟 (德国)

1) 转炉炼钢工序

(1) 从铁水预处理（包括铁水的运输、脱硫和除渣）阶段产生的颗粒物，主要采用布袋除尘器或静电集尘器进行净化。布袋除尘器的排放浓度为 $5\sim 15\text{mg}/\text{m}^3$ ，使用静电集尘器的排放浓度为 $20\sim 30\text{mg}/\text{m}^3$ 。

(2) 在装料和出钢时应用二级除尘系统，利用布袋除尘器或静电集尘器等其它有效方法进行净化，除尘效率约为 90%；布袋除尘器排放浓度为 $5\sim 15\text{mg}/\text{m}^3$ ，静电集尘器为 $20\sim 30\text{mg}/\text{m}^3$ ，整个操作过程排放物低于 $5\text{g}/\text{t}$ 钢。为了降低烟气或粉尘的产生，在鱼雷罐倒包时使用惰性气体进行保护。

2) 电炉炼钢工序

电炉炼钢及连铸排放到空气中的物质包括无机化合物（氧化铁粉尘和重金属）和有机化合物，比如重要的有机氯化物氯苯、PCB 和 PCDD/F。主要采用的技术及控制水平如下：

(1) 灰尘的收集。利用直接废气抽取和罩式系统，或高频高压电源屏蔽罩和罩式系统等，更有效地收集初级或二级排放物。

(2) 废气除尘。对于新建工厂，采用精心设计的布袋除尘器能使粉尘量降低到低于 $5\text{mg}/\text{m}^3$ ，现有的工厂低于 $15\text{mg}/\text{m}^3$ 。

(3) 有机氯化物（尤其是 PCDD/F 和 PCB），为了避免从头合成通常采用燃后急冷，在进入布袋除尘器之前或往管道中注入褐煤。PCDD/F 的排放量为 $0.1\sim 0.5\text{ngI-TEQ}/\text{Nm}^3$ 。

TA Luft 2002 关于钢铁行业的排放控制要求

物质/工厂	单位	数值	评价
转炉炼钢			与一般烟尘排放限度一致；颗粒排放物回收，如果可能，转化炉气再利用。
电炉炼钢	mg/m^3	5	回收的颗粒排放物最大值为 $15\text{mg}/\text{m}^3$

欧盟钢铁行业主要废气污染物排放值

工序名称	污染物名称	排放量	排放浓度
转炉	粉尘	15~80 g/t钢	
	Mn	<0.01~1.2 g/t 钢	
	Pb	0.13~0.9 g/t 钢	
	Cr	0.01~0.36 g/t 钢	
	Cu	0.01~0.04 g/t 钢	
	NO _x	5~20 g/t 钢	
	CO	1500~7960 g/t 钢	
	CO ₂	11.2~140 kg/t 钢	
	PAH	0.08~0.16 mg/t 钢	
	PCDD/F	<0.001~0.06 μg I-TEQ/t 钢	
电炉	粉尘	1~780g/t	
	Hg	6~4470mg/t	
	Pb	16~3600mg/t	
	Cr	8~2500mg/t	
	Ni	1~1400mg/t	
	Zn	280~45600mg/t	
	Cd	<1~72mg/t	
	Cu	<1~460mg/t	
	HF	<700~4000mg/t	
	HCl	800~9600mg/t	
	SO ₂	24~130g/t	
	NO _x	120~240g/t	
	CO	740~3900g/t	
	TOC	16~130gC/t	
	苯	170~4400mg/t	
	氯苯	3~37mg/t	
	PAH	3.7~71mg/t	
	PCB	1.5~45mg/t	
	PCDD/F	0.07~9 μg I-TEQ/t	
火焰清理	粉尘	1~80g/t	5~115mg/m ³
	NO _x		35mg/m ³
	CO		60mg/m ³

5.2.4 英国

颗粒物和固体悬浮物^[1]排放标准

工艺及测试点	先决条件	BCRA ^[2] 排放标准	相应测试值
铁水处理及运输	布袋除尘器	<5g/t钢	新设备：<10 mg/m ³ （月平均值）
转炉吹炼起点及终点的抑制燃烧	文氏除尘器	1 g/t钢	
转炉气充分燃烧	文氏除尘器	180 g/t钢	
电炉炼钢烟气	文氏除尘器	20 g/t钢（新设备）	现有设备：<15 mg/m ³ （日平均值）
火焰清理及氧气切割	湿式电除尘		50 mg/m ³

注：1. 排放到大气中的颗粒物包括来自烟尘中的毫微米级的小颗粒物到堆料场的大颗粒；

2. BCRA 是不列颠焦炭研究协会（British Coke Research Association）的缩写。

气态污染物的排放标准

排放源	排放物	排放基准值	相应测试值
电炉	SO ₂	24~130 g/t	
	NO _x	120~240g/t	<50mg/m ³
	CO	0.74~3.9kg/t	最大200mg/m ³ 小时平均值100 mg/m ³
转炉	CO ₂	11.2~140 kg/t钢	
	CO	1.5~8.0 kg/t钢	

6 本排放标准的主要技术内容及确定依据

6.1 主要技术内容的确定

就炼钢工序来说，废气主要为含尘烟气，产生于转炉和电炉冶炼系统，其污染物主要为烟粉尘；即：废气控制指标为烟尘和粉尘（统称为“烟粉尘”）。

本标准规定的主要技术内容有：

- 1) 烟粉尘最高允许排放浓度
- 2) 氟化物最高允许排放浓度（特钢企业）
- 3) 二噁英毒性当量排放限值
- 4) 烟囱（或排气筒）最低允许高度
- 5) 烟粉尘无组织排放最高允许浓度

6.2 排放限值的确定依据

6.2.1 转炉炼钢废气

转炉在兑铁水、加料、扒渣、出钢等过程产生的二次烟气和混铁炉烟气、铁水预处理烟

气、各类精炼炉烟气，国内普遍采用高效布袋除尘器进行净化。布袋除尘器，相对于其它类型的除尘器具有更高的除法效率，只要技术条件许可、应优先考虑采用高效布袋除尘器。由于除尘技术水平的进步，近年新投产的新、改、扩建转炉炼钢项目，二次烟气排放浓度已降至 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 以下、甚至低于 $10\text{ mg}/\text{m}^3$ 。由于该部分烟气量比较大，故排放限值宜从严控制，即“现源”规定 $35\text{mg}/\text{m}^3$ 、新源规定 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 。

从国外排放标准来看，美国转炉炼钢现源和新源标准分别为 $22.9\text{mg}/\text{m}^3$ 和 $6.9\sim 11.9\text{mg}/\text{m}^3$ ，英国铁水预处理新源标准为 $10\text{mg}/\text{m}^3$ ；德国转炉炼钢烟尘布袋除尘器控制水平为 $5\sim 15\text{mg}/\text{m}^3$ 、静电除尘器控制水平为 $20\sim 30\text{mg}/\text{m}^3$ 。本标准规定浓度排放限值现源为 $35\text{mg}/\text{m}^3$ 、新源为 $20\text{mg}/\text{m}^3$ ，已接近国际先进水平，在常规环保投资条件下是能够做得到的。

转炉一次烟气净化，国内普遍采用湿法（二文一塔）净化煤气回收技术，同时又因为这部分烟气排放量不大，故对“现源”湿法除尘排放限值仍采用现行标准值、即 $100\text{mg}/\text{m}^3$ ；考虑到今后净化技术的进步和环境管理水平的提高，对“新源”规定为 $80\text{mg}/\text{m}^3$ （宝钢一炼钢 3 座 300t 转炉目前为 $40\sim 70\text{mg}/\text{m}^3$ ）。考虑到干法除尘相对于湿法除尘具有诸多优势，是今后转炉一次烟气除尘发展的方向，规定新、改、扩建转炉炼钢项目一次烟气优先采用干法除尘。

6.2.2 电炉烟粉尘

电炉及其精炼炉烟气，目前国内普遍采用高效布袋除尘器进行净化，该除尘方式技术上稳定成熟、净化效率高，故对“现源”和“新源”的要求与转炉二次烟气相同。

从国外排放标准来看，美国电炉（铸造）现源和新源标准分别为 $11.45\text{mg}/\text{m}^3$ 和 $4.58\text{mg}/\text{m}^3$ ，欧盟电炉炼钢烟尘排放限值为 $5\sim 15\text{mg}/\text{m}^3$ ，英国电炉炼钢现源为 $15\text{mg}/\text{m}^3$ ，德国电炉烟气现源控制水平为 $15\text{mg}/\text{m}^3$ 、新源控制水平为 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 。本标准规定浓度排放限值现源为 $35\text{mg}/\text{m}^3$ 、新源为 $20\text{mg}/\text{m}^3$ ，已接近国际先进水平，在常规环保投资条件下是能够做得到的。

6.2.3 炼钢车间其他生产性粉尘

转炉、电炉、精炼炉、铁水预处理等生产装置的铁合金、石灰等散状料上料系统产生的含尘废气，中间罐倾翻及修砌含尘废气，大多就近并入相应的含尘烟气净化系统或设置独立的除尘系统，且普遍采用高效布袋除尘器净化，故对“现源”和“新源”的要求与转炉二次

烟气相同，即浓度排放限值现源为 $35\text{mg}/\text{m}^3$ 、新源为 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 。

从国外排放标准来看，美国转炉车间的铁水预处理（包括铁水的运输、脱硫、撇渣）和钢包冶炼，现源和新源标准分别为 $22.9\text{mg}/\text{m}^3$ 和 $6.9\text{mg}/\text{m}^3$ ；欧盟铁水预处理，布袋除尘器排放浓度为 $5\sim 15\text{mg}/\text{m}^3$ 、静电除尘器排放浓度为 $20\sim 30\text{mg}/\text{m}^3$ 。本标准规定浓度排放限值现源为 $35\text{mg}/\text{m}^3$ 、新源为 $20\text{mg}/\text{m}^3$ ，已接近国际先进水平，在常规环保投资条件下是能够做得到的。

6.2.4 石灰窑含尘废气

含尘废气主要产生于窑前原料准备、石灰窑本体和石灰出料系统，石灰粉尘属亲水性、粘结性粉尘。对于炉前原料系统、炉后成品系统，目前国内普遍采用高效布袋除尘净化；竖窑烟气、悬浮窑烟气降温后多采用高效布袋除尘净化，有的回转窑因烟气温度较高而采用电除尘器净化。结合现行技术水平，规定现源为 $40\text{mg}/\text{m}^3$ 、新源为 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 。

对于窑前原料破碎加工系统、窑后成品系统，一般采用袋式除尘器净，故现源规定为 $35\text{mg}/\text{m}^3$ 、新源规定为 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 。

6.2.5 连铸火焰清理及火焰切割烟气

这类含尘烟气多采用湿法电除尘器净化，该方法技术上成熟、稳定可靠，且排放废气量不大、烟尘相对易于去除，其排放浓度一般可控制在 $30\text{ mg}/\text{m}^3$ 以下，故本标准浓度排放限值规定为“现源” $40\text{mg}/\text{m}^3$ 、“新源” $30\text{mg}/\text{m}^3$ 。

6.2.6 氟化物

炼钢系统烟气中的氟化物则主要来源于添加的萤石。

为了去除钢液中的磷和硫，需要向炼钢炉内加入石灰造高碱度炉渣。但提高碱度往往会使炉渣变稠，加入萤石则可以稀释炉渣而不降低炉渣碱度。从国内的生产实践来看，萤石的使用量正在逐年减少，转炉、电炉吨钢使用量一般已降至 5kg 左右，精炼炉吨钢用量也降至 1kg 左右。

大量实验研究证明， CaF_2 的高温分解不是由于 CaF_2 的挥发、而是发生了水解反应。绝对干燥的空气和氧气中， CaF_2 高温不分解；饱和空气中， CaF_2 的水解起始温度大致为 $820\sim 840^\circ\text{C}$ 。低温阶段（ $850\sim 1200^\circ\text{C}$ ）， CaF_2 水解率随反应时间的延长而缓慢增加；高温阶段（ 1200

℃以上），其水解率随反应时间的延长显著增加。

炼钢生产过程中，转炉、电炉、精炼炉内不含水份，理论上 CaF_2 不会发生水解生成 HF。在烟道内，由于有空气的进入，会有少量的 CaF_2 发生水解生成 HF 类气态氟化物。由于烟气中含有大量的炼钢烟尘、属高碱性，且含有一定数量的 CaO （3~22%）；而 CaO 又是非常好的脱氟剂，很容易与 HF 类气态氟化物反应生成 CaF_2 。因此，炼钢生产烟气中的氟化物主要以 CaF_2 形式存在，可以认为不含 HF 类气态氟化物，容易被高效除尘器去除。因此，对于电炉、精炼炉等烟气中的氟化物、而且为无机盐类，基本上监测不出气态氟化物（HF），通过控制烟尘的排放浓度就可以得到非常好的控制，故本标准对其可以不加控制。上海地区对 100t 电炉、150 电炉和 AOD 精炼炉多种生产工况条件下排放废气中的总氟化物进行了监测，浓度范围为 0.06~0.99mg/Nm³、平均值为 0.22mg/Nm³（42 个样本数据）；这也说明烟气中基本上不含气态氟化物，可以不将“氟化物”作为控制项目。

但特钢企业用来冶炼优质合金钢或超级合金钢的电渣炉等与转炉、电炉、精炼炉有很大的不同，多使用氟系熔渣进行重熔冶炼，生产过程中由于萤石（ CaF_2 ）的水解而容易产生气态氟化物，对其必须严格控制。对于气态氟化物的控制，主要有湿法、干法和半干法 3 大类；目前国内特钢企业主要采用干法净化，即向烟气中喷入石灰粉等附剂，控制效果良好、一般可以达到 5mg/m³ 以下、甚至低于 1mg/m³。如太钢锻钢厂电渣炉采用 $\text{CaF}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ 渣系重熔冶炼，炉口氟化物最高浓度达 130mg/m³、烟尘浓度为 305mg/m³；采用喷 CaO 和布袋除尘器净化后，排放废气中的烟尘浓度降至 1.64mg/m³、氟化物降至 0.62mg/m³。此时要求烟气温度保持在 50℃ 以上以防结露（最好不低于 60℃）、滤料宜采用防板结的覆膜滤料。可参阅王军、赵鸿燕二同志撰写的《电渣炉除尘方法及工艺探讨》一文（科技情报开发与经济，2001 年第 6 期）。国内从 20 世纪 80 年代就开始研究无氟渣重熔冶炼，尽管已经取得了不少研究成果，但国内仍多采用氟渣重熔冶炼。

鉴于以上，本标准对这类含氟废气污染源规定为：现源 6.0mg/m³（与现行排放标准 GB9078 相同），新源 3.0mg/m³。

6.2.7 烟粉尘的无组织排放

烟粉尘和气态污染物的逸出或泄漏，会造成较大的无组织排放。对于这类无组织排放标准的制定是比较困难的，不仅需要专业理论基础，而且还要便于实施，同时又要能够达到控

制无组织排放源强、减少污染物无组织排放量的目的。

针对炼钢工序的实际情况，本标准仍沿用原《工业炉窑大气污染物排放标准》（GB9078-1996）中无组织排放最高允许浓度限值对排放源进行控制，监测点设在生产厂房门窗、屋顶、气楼等无组织排放处，并选浓度最大值。

鉴于目前车间卫生标准已将一般颗粒物浓度提高至 $8\text{mg}/\text{m}^3$ ，故本标准规定有车间厂房的“现源”烟粉尘无组织排放最高允许浓度为 $8\text{mg}/\text{m}^3$ ，“新源”最高允许排放浓度限值规定为 $5\text{mg}/\text{m}^3$ ；其他炉窑等，“现源”和“新源”最高允许排放浓度限值一律不得超过 $5\text{mg}/\text{m}^3$ （与 GB9078 规定相同）。

部分企业和地区对这类无组织排放源已经进行了一些尝试性监测，只要除尘措施完善且正常运行，达到上述要求是没有问题的。但事实上，对这类无组织排放源的监测仍存在一些问题或困难，还有待于今后进一步探索。

6.2.8 二噁英问题

6.2.8.1 二噁英的产生

对于炼钢工序，PCDD/Fs 主要产生于电炉。

作为电炉冶炼原料的废钢，一般都含有油脂、油漆涂料、塑料等有机物，废钢预热和装入电炉都将会有 PCDD/Fs 生成；排放废气中 PCDFs 异构体较 PCDDs 多，且含 4~6 个氯原子的 PCDFs 和 PCDDs 占主导地位。其生成途径主要有三种方式：

- 1) 前驱体合成：废钢在预热或在电炉内初期熔化过程中，其中的油脂、油漆涂料、塑料等有机物因受热而先生成“前驱体”类物质（如各类含氯苯系物），然后通过一系列氯化反应、缩合反应、氧化反应等可以生成 PCDD/Fs。
- 2) 热分解合成：这里所说的热分解，是指含有苯环结构的高分子化合物经加热发生分解而生成 PCDD/Fs，如芳香族物质（如甲苯等）和多氯联苯在高温下分解可大量生成 PCDD/Fs。
- 3) 从头合成：第四孔或第二孔排出的一次烟气温度在 1000°C 以上、且含有大量的 CO 可燃气体，引入空气即可燃烧（在汽化冷却烟道内）；此时 PCDD/Fs 及其它有机物可以认为已经全部分解，在其后的烟气降温过程中可以从头合成 PCDD/Fs。

废钢中的油脂、油漆涂料、塑料等有机物为“前驱体”的生成及“热分解”提供了条件，烟气的降温过程为 PCDD/Fs 的“从头合成”提供了适宜的温度条件。至于氯源，一是

废钢中可能含有含氯塑料（如 PVC 塑料）和含氯盐类及其它含氯杂质，二是废钢也并非完全不含氯（如汽车废钢中就含有较高的氯化物和油类碳氢化合物），三是电炉电极表面有可能生成氯化有机物，四是炉衬等也可能为 PCDD/Fs 的生成提供了氯源。至于催化剂，废钢中可能会含有微量的铜；再者，铁、镍、锌等也具有有催化作用，一些废钢（尤其是汽车废钢等）中往往会含有较高的锌。

6.2.8.2 二噁英的减排

根据 PCDD/Fs 的性质及生成机理，其减排途径首先应从减少 PCDD/Fs 生成量入手，即从减少含有苯环结构的化合物、减少氯源及催化物质入手，同时对温度进行控制、缩短有机废气在 PCDD/Fs 易生成温度区间的停留时间。其次，对于已生成的 PCDD/Fs，可采取高效过滤、物理吸附、高温焚烧、催化降解等措施。

1) 减少 PCDD/Fs 的生成量

①应对废钢进行预处理。对废钢进行分选，最大限度减少含有油脂、油漆、涂料、塑料等有机物废钢的入炉量，并对这类含有有机物的废钢另行加工处理，同时要严格限制进入电炉的氯源总量。

②分选出的含有机物废钢可单独进行预热，但应对预热废气采用“3T+E”技术进行焚烧处理：焚烧炉膛温度应控制在 850℃ 以上，烟气在炉内高温区的停留时间应在 2 秒以上，高温区应有适量的空气、充分的紊流强度，99% 以上的 PCDD/Fs 都会被高温分解。同时，还可以向炉内喷入碱性物质（如石灰石或生石灰）通过生成 CaCl_2 从而减少可生成 PCDD/Fs 的氯源，炉内喷氨也可以达到类似效果；对由烟道排出的烟气进行急冷、使其快速降温至 200℃ 以下，PCDD/Fs 的生成量可减少 60~95%。目前国内电炉普遍未设废钢预热，有的早期建设了废钢预设施但已闲置不用或已拆除；这类含有机物废钢应在加料时缓慢连续加入，有研究资料显示这类废钢的缓慢连续加入可使废气达到较高的氧化程度（提高氧化程度可降低未燃有机化合物成份）和较低的氯苯排放量，PCDD/Fs 的生成量要比快速加入少得多。

③电炉一次烟气温度的在 1000℃ 以上、且含有大量的 CO，引入空气即可燃烧，此时 PCDD/Fs 及其他有机物已经全部分解；对燃烧后的烟气应进行急冷、使其快速冷却至 150~200℃ 以下，最大限度减少烟气在 PCDD/Fs 最适宜生成温度区间的停留时间可以减少 PCDD/Fs 的再次合成。目前，喷雾蒸发冷却技术已大量用于高温烟气的冷却降温，喷入塔内的水雾可使高温烟气快速冷却，而还能改善电炉烟尘的比电阻、使部分细烟尘颗粒凝聚成大颗粒更易于去除；与传统的掺野风等降温措施相比，具有烟气总量少、运行设备总阻力小、噪声低等特点，与空气换热强制冷却相比可缩短管路、缩短冷却时间、降低运行阻力，尤其

适合电炉这类高温烟气的快速冷却降温，PCDD/Fs 减排效果明显、预计可减排 60~95%。

④有研究资料显示，对于未采取急冷降温的电炉烟气，在 600~800℃温度区间向烟道（或设置专用装置）喷入碱性物质粉料（如石灰石或生石灰），通过生成 CaCl_2 减少可生成 PCDD/Fs 的氯源也可使 PCDD/Fs 的生成量明显降低，在 250~400℃喷入氨也可以抑制 PCDD/Fs 的生成。

2) 已生成 PCDD/Fs 的减排

①高效过滤技术。电炉系统产生的 PCDD/Fs 在低温条件下（低于 150℃）绝大部分也是以固态方式吸附在烟尘表面（主要吸附在细小颗粒物上），采用高效除尘器也可以减少 PCDD/Fs 排放量；但是，当烟尘排放浓度降低至一定水平（如 $5\text{mg}/\text{Nm}^3$ 以下），则 PCDD/Fs 已不会再明显降低。

②物理吸附技术：利用 PCDD/Fs 可被多孔物质（如活性炭、焦炭、褐煤等）吸附的特性对其进行物理吸附（国外已广泛采用），欧洲多家钢厂实测减排效果在 70%以上；使用焦炉褐煤粉末作吸附剂和袋式除尘，PCDD/Fs 排放量可减少 98%左右、排放浓度可低至 $0.1\text{ng-TEQ}/\text{Nm}^3$ 。该技术要求吸附剂具有高比表面积、喷入时要求分散均匀性要好，但在喷入某些型号煤粉时需好用石灰与煤混合进行惰性化处理或喷煤的同时喷入石灰，以防引起火灾和爆炸；由于煤粉吸附剂和石灰粉的喷入，增加了后序除尘器的负荷，设计时应考虑对除尘系统进行优化。喷入活性碳可能会比喷褐煤具有更好的减排效果，因为活性碳的比表面积更大。

③高温氧化技术，适合废钢预热烟气。采用“3T+E”技术：焚烧炉膛温度控制在 850℃以上，烟气在高温区停留时间在 2 秒以上，高温区应有适量的空气（含氧量保持在 6%以上）和充分的紊流强度；这样，99%以上的 PCDD/Fs 及其它有机物都会被高温分解。为了避免“从头合成”，可向焚烧炉内或烟道中（或设置专门装置）喷入碱性物质（如石灰石或生石灰），可使可生成 PCDD/Fs 的氯源减少 60%~80%，向炉内喷氨（氨对 Cu 等金属的催化活性有抑制作用）也可以达到类似效果；其原理是通过吸收烟气中的 HCl 和 Cl_2 生成 CaCl_2 等并进而抑制 HCl 分解生成 Cl_2 ，从而达到减少有效氯源的目的。同时，对烟气进行急冷（如喷雾冷却）、使其快速降至 200℃以下，以最大限度减少 PCDD/Fs 在易生成温度区间的停留时间。喷入碱性物质可与急冷合并成一套装置，如喷入石灰水溶液、 NaHCO_3 溶液或氨水，既可以减少生成 PCDD/Fs 的氯源又可以缩短烟气在 PCDD/Fs 易生产温度区间的停留时间。

④戈尔 Remedia 催化过滤技术。由美国戈尔公司 1998 年发明，是一种“表面过滤”与“催化分解”相结合的“覆膜催化滤袋”技术，在垃圾焚烧、废铝再生等行业已大量应用，

技术成熟。滤袋由 ePTFE 薄膜(Gore-Tex 薄膜)与催化底布组成,底布为针刺结构、纤维由膨体聚四氟乙烯复合催化剂组成,集高效除尘与催化氧化于一身,与传统技术相比具有如下特点:(a)颗粒物去除效率高,排放浓度可达 $1\text{mg}/\text{Nm}^3$; (b)固气态 PCDD/Fs 去除率高(可达 99.9%和 97.8%,总去除率达 98.4%),排放浓度可低于 $0.1\text{ng-TEQ}/\text{Nm}^3$,气态 PCDD/Fs 在低温状态($180\sim 260^\circ\text{C}$)被彻底分解而不是吸附转移,不存在 PCDD/Fs 的再次合成和二次污染;(c)不需要喷吸附剂或碱性物质,不需要改造现有设备,只需要更换除尘器滤袋,施工简单方便;(d)阻力小,28 次/d 清灰时为 1500Pa ; (e)ePTFE 薄膜滤袋抗腐蚀性强,适用于酸性烟气;(f)滤袋寿命长,一般可达 6 年以上。该方法移植到电炉烟气 PCDD/Fs 减排,技术上应是可行的,而且运行成本也会比较低。

以上高效过滤、物理吸附、戈尔 Remedia 催化过滤等减排技术可能会比较适合电炉烟气已生成 PCDD/Fs 的减排。

6.2.8.3 排放限值的确定

1) 国内电炉工序 PCDD/Fs 排放现状

根据国家环保总局提供的资料,太钢 50t 电炉废气中 PCDD/Fs 排放水平为 $0.0155\sim 0.167\text{ng-TEQ}/\text{m}^3$ 、平均值为 $0.084\text{ng-TEQ}/\text{m}^3$ (4 个数据的均值)。飞灰及废渣中 PCDD/Fs 含量为 $0.0075\sim 0.063\text{ng-TEQ}/\text{g}$ 、平均值为 $0.0344\text{ng-TEQ}/\text{g}$ (4 个数据的均值),按烟尘排放浓度 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 折算 PCDD/Fs 总排放浓度最大为 $0.17\text{ng-TEQ}/\text{m}^3$ 、平均值为 $0.086\text{ng-TEQ}/\text{m}^3$ 。

宝钢 100t 电炉 PCDD/Fs 排放水平为 $0.011\sim 0.11\text{ng-TEQ}/\text{m}^3$,平均值为 $0.060\text{ng-TEQ}/\text{m}^3$ (4 个数据的平均值)。飞灰中 PCDD/Fs 含量为 $0.300\sim 0.610\text{ng-TEQ}/\text{g}$,按烟尘排放浓度 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 折算 PCDD/Fs 总排放浓度最大为 $0.20\text{ng-TEQ}/\text{m}^3$ 、平均值为 $0.090\text{ng-TEQ}/\text{m}^3$ 。

2) PCDD/Fs 排放限值的确定

欧盟规定电炉工序排放限值为 $0.1\text{ng-TEQ}/\text{m}^3$,其它国家多为 $0.2\sim 0.4\text{ng-TEQ}/\text{m}^3$,BAT/BEP (最佳可行技术及最佳环境实践) 导则推荐值为 $0.2\text{ng-TEQ}/\text{m}^3$ 。

我国对钢铁行业 PCDD/Fs 的研究才刚刚起步,监测数据样本数比较少,还很难对国内电炉炼钢 PCDD/Fs 的实际排放水平作出比较准确的客观评价。为此,本标准规定“新源”PCDD/Fs 排放限值为 $0.2\text{ng-TEQ}/\text{m}^3$ 。

6.3 操作控制要求

根据国内钢铁企业炼钢工序调查情况分析,仍有一些小钢铁企业炼钢装备十分落后,因高消耗、高污染而属淘汰之列;一些小转炉、小电炉除尘设施不完善,如转炉二次烟气、

电炉烟气，有的已有控制设施但闲置不用，也有的根本就没有控制措施，散状料的装卸、加工、贮存、输送也无防尘措施，造成了烟粉尘的无组织排放十分严重。因此，很有必要在这些方面作出一些规定。

针对国内钢铁企业炼钢工序的具体情况，根据《中华人民共和国大气污染防治法》和《钢铁产业发展政策》等相关法规，本标准规定如下：

（1）新、改、扩建项目，转炉应同步配套煤气回收装置，优先采用干式煤气净化。转炉煤气因品质或事故等原因不能回收利用时应点火充分燃烧后排放。

（2）电炉、精炼炉，应配套安装高效收尘装置。

（3）铁水预处理、转炉兑铁、电炉加料、出渣、出钢等二次烟气以及散状料的装卸、加工、贮存、输送过程产生的含尘废气，应采取有效的控制措施。

（4）废钢加工应在室内进行，废钢火焰切割、炼钢辅料加、钢渣处理等产生的含尘废气均应采取有效的控制措施。

（5）禁止无除尘措施任由炼钢工序生产过程产生的大气污染物无组织排放。

6.4 环境监测要求

为保证本标准的正常实施，根据《国家环保标准制修订工作管理办法》和《加强国家污染物排放标准制修订工作的指导意见》，对钢铁工业炼钢工序污染源的监测要求规定如下：

（1）新、改、扩建炼钢项目的烟囱或排气筒应设置永久采样孔和采样平台，污染物的采样方法按 GB/T 16157 执行。

（2）转炉、电炉、精炼炉等具有明显的生产周期，采样应考虑生产的周期性，可以在一个生产周期内连续采样或大致等时间间隔采样，熔化、吹氧、出钢等污染物浓度峰值时段应考虑采样。

（3）无组织排放源污染物最高允许浓度采样点应设置在生产厂房门窗、屋顶、气楼等排放处，并选浓度最大值，连续 1 小时采样计算平均值。若无组织排放源是露天或有顶无围墙，监测点应选在距颗粒物排放源 5m、最低高度 1.5m 处任意点，应选浓度最大值。

（4）日常监督性监测，采样期间的工况应与当时的正常生产工况相同，排污单位人员和实施监测人员不得随意改变当时的运行工况。

(5) 建设项目环境保护设施的竣工验收监测，生产工况要求按国家环境保护总局发布的建设项目环境保护设施竣工验收相关规定执行。

表 6-3 炼钢工序大气污染物分析方法

序号	项目	测定方法	方法来源
1	颗粒物	重量法	GB/T 16157
2	氟化物	离子选择电极法	HJ/T 67
3	二噁英	气相色谱 / 高分辨率-质谱法	HJ/T 77

由于炼钢工序各污染源排放的大气污染源主要为烟粉尘，目前的治理技术已经十分成熟，本标准中对排放浓度限值已规定得十分严格、且其排放总量不大，故不再提出在线自动监测方面的要求。

7 本标准与国内外现行排放标准的比较

7.1 与国内现行排放标准的比较

本标准与我国现行排放标准（二级）的比较见表 7-1。

表 7-1 本标准与现行排放标准的比较 单位: mg/m^3

污染源		现源		新源	
		本标准	现标准	本标准	现标准
有 组 织 排 放	混铁炉	35	150	20	100
	铁水预处理（含扒渣）	35	150	20	100
	转炉一次烟气	100	150	80	100
	转炉二次烟气	35	150	20	100
	电 炉	35	200	20	150
	精炼炉	35	300	20	200
	中间罐倾翻和修砌	35	150	20	120
	连铸火焰清理及切割	40	150	30	120
	石灰窑培烧烟气	40	250	30	200
	石灰培烧原料及成品系统	35	150	20	120
	其它含尘废气（废钢加工等）	35	150	20	120
	含氟废气（以总 F 计）	6.0	15	3.0	6.0
无 组 织 排 放	有车间厂房：				
	冶炼炉窑	8	25	5	25
	其它炉窑或设施	5	5	5	5
	露天或有顶无围墙：				
	工业炉窑、设施等	5	5	5	5

从表中可以看出，本标准规定的排放限值总体上来说要比《工业炉窑大气污染物排放标准》（GB9078-1996）和《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）两个现行排放标准严格得多得多。

7.2 与国外排放标准的比较

7.2.1 转炉一次烟气

美国规定现源为 $45.8 \sim 68.7 \text{mg}/\text{m}^3$ 、新源为 $22.9 \text{mg}/\text{m}^3$ ，其他国家未有明确的排放浓度规定（有的是排放负荷要求）。

转炉一次烟气在炼钢工序所占份额非常小、污染物的排放总量也很小，限于目前国内一次烟气的控制技术水平（按现行标准仍有 30% 左右未能达标），本标准分别规定为 $100 \text{mg}/\text{m}^3$ 和 $80 \text{mg}/\text{m}^3$ ，相对于美国标准宽松许多。

7.2.2 转炉二次烟气

对于转炉装料和出钢时产生的二次烟气，美国现源为 $22.9 \text{mg}/\text{m}^3$ 、新源为 $11.9 \text{mg}/\text{m}^3$ ，未对除尘方式加以区别；欧盟规定袋式除尘器为 $5 \sim 15 \text{mg}/\text{m}^3$ 、静电集尘器为 $20 \sim 30 \text{mg}/\text{m}^3$ ，

同时规定整个操作过程排放物低于 5g/t 钢。

对于二次烟气，目前国内普遍采用袋式除尘器净化，本标准对现源和新源分别规定为 $35\text{mg}/\text{m}^3$ 和 $20\text{mg}/\text{m}^3$ ，已基本上接近国际先进水平。

7.2.3 电炉烟气

美国规定为 $11.45\text{mg}/\text{m}^3$ ，日本规定为 $20\sim 40\text{mg}/\text{m}^3$ （基本上是按下限 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 执行），英国规定现有设备为 $15\text{mg}/\text{m}^3$ ；德国规定现源为 $15\text{mg}/\text{m}^3$ ，新源为 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 。

本标准规定现源和新源分别规定为 $35\text{mg}/\text{m}^3$ 和 $20\text{mg}/\text{m}^3$ ，已基本上相当或接近国际先进水平。

7.2.4 铁水预处理、炉外精炼烟气

美国规定现源为 $22.9\text{mg}/\text{m}^3$ 、新源为 $6.9\sim 9.2\text{mg}/\text{m}^3$ ，英国规定为 $10\text{mg}/\text{m}^3$ ，均未对除尘方式加以区别；德国规定布袋除尘器为 $5\sim 15\text{mg}/\text{m}^3$ ，静电集尘器为 $20\sim 30\text{mg}/\text{m}^3$ 。

本标准规定现源和新源分别为 $35\text{mg}/\text{m}^3$ 和 $20\text{mg}/\text{m}^3$ ，已基本上相当于国际先进水平。

7.2.5 连铸火焰切割及火焰清理废气

德国规定湿式电除尘器为 $50\text{mg}/\text{m}^3$ ，其他国家对此未有明确规定。

这类烟尘的性质决定了不能采用普通的袋式除尘器（但可以采塑烧板除尘器），目前国内大多为湿法电除尘器；从大量实测数据来看，多数在 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 以下，故本标准规定现源和新源分别为 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 和 $40\text{mg}/\text{m}^3$ 。

7.2.6 二噁英

欧盟规定的电炉工序排放限值为 $0.1\text{ng-TEQ}/\text{m}^3$ ，其它国家多为 $0.2\sim 0.4\text{ng-TEQ}/\text{m}^3$ ，BAT/BEP（最佳可行技术及最佳环境实践）导则推荐值为 $0.2\text{ng-TEQ}/\text{m}^3$ ；本标准规定的“新源”排放限值为 $0.2\text{ng-TEQ}/\text{m}^3$ ，已基本上相当于国际先进水平。

8 达标可行性与技术经济分析(成本效益分析)

8.1 转炉一次烟气

国内现有转炉约 350 座，对于一次烟气、90%以上都是采用 OG 湿法除尘方式，其优点是技术上十分成熟、运行稳定而可靠。从现有钢铁企业调查情况来看，按现源标准 $100\text{mg}/\text{m}^3$ 达标率为 70.6%、按新源标准 $80\text{mg}/\text{m}^3$ 达标率为 50.0%；也就是说，即使维持现行排放标准不变、也必须有 30%左右的现源进行技术改造并提高环境管理水平，这主要是一些中小企业

的中小转炉。《钢铁产业发展政策》已经实施，“十一五”期间将会有一批技术装备落后、消耗高、污染重的小钢铁企业被淘汰出局，预计新排放标准的达标率可能会更高一些。

考虑到今后除尘技术的进步提高并结合国家产业发展政策，本标准规定排放限值“现源”为 $100\text{mg}/\text{m}^3$ 、“新源”为 $80\text{mg}/\text{m}^3$ （宝钢一炼钢 3 座 300t 转炉为 $40\sim 70\text{mg}/\text{m}^3$ ），在技术上是可行的。从多年实际运行情况来看，现有企业通过加强企业内部的环境管理和环保设施的运行管理，是可以达到现源排放标准的，且基本上不需要增加建设投资；在标准实施后的 3 年宽限期内，通过环保设施的更新改造并实施严格的环境管理，也是能够达到“新源”排放标准的。

转炉一次烟气的干法净化，具有节水、节电、除尘效率高、回收煤气量大、收集的除尘灰干燥、可以加热后直接压制成块体回转炉利用、生产成本低等优点，是今后转炉一次烟气净化发展的方向，国家发改委已于 2004 年将干法除尘技术列入国家重大技术装备研制和重大产业技术开发专项。中国钢铁协会工业协会对转炉一次烟气干湿法除尘曾进行经济对比分析，结果见表 7-2。

表 7-2 120t 转炉煤气净化干湿法除尘经济对比分析

序号	项目内容	120t 转炉干法除尘			120t 转炉湿法除尘			干法-湿法 (万元)
		吨钢耗量	吨钢费用	全年费用	吨钢耗量	吨钢费用	全年费用	
1	备件(按 4%)		0.69	-149.91		0.43	-93.10	-56.81
2	水耗 (m^3)	0.05	0.25	-54.0	0.28	1.42	-306.72	252.72
3	电耗(kWh)	3.05	1.53	-329.83	6.78	3.389	-732.02	402.19
4	回收煤气 (m^3)	91.4	9.14	1974.24	70	7	1512.0	462.24
5	效益合计			1440.51			380.16	1060.34

说明：吨钢费用为“元”，全年费用单位为“万元”。

从表中可以看出，对于 120t 转炉，每套干法系统较湿法系统仅在节省运行费用和多回收的煤气方面，效益之和就达到 1060 万元，经济效益是比较显著的，该除尘技术在经济上也是可行的。因此，本标准中规定：新、改、扩建项目，转炉必须同步配套煤气回收装置，并优先采用干式煤气净化。

8.2 其他含尘废气

国内电炉烟气（目前全国有电炉约 160 座）、精炼炉烟气、铁水预处理烟气、转炉二次烟气、散状料系统含尘废气的净化普遍采用布袋除尘器，布袋多为针刺毡、涤纶、玻璃

纤维等滤料，少数为覆膜滤料（如覆膜玻纤、覆膜 729、覆膜聚酯针刺毡等）。

对于炼钢工序这类其它含尘烟气，从 2004 年现有钢铁企业调查情况来看，“新源”标准达标率为 52.8%、“现源”标准达标率为 68.9%。预计“十一五”期间将会有一批技术装备落后、消耗高、污染重的小钢铁企业被淘汰出局，一些大中型企业也在不断地实施技术改造；我国要在“十一五”期间初步实现钢铁大国向钢铁强国的转变，一些企业的落后装备必将加速淘汰、改造的步伐，预计目前现源标准与新源标准的达标还会更高一些。因此，现有企业达到现源排放标准并最终达到新源排放标准应是有保障的。

从袋式除尘技术方面来看，针刺毡等这类普通滤料是可以将烟粉尘排放浓度控制在 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 以下的（宝钢近几年全厂平均排放浓度均在 $13\text{mg}/\text{m}^3$ 左右），理论上并不会增加这方面的环保投资。对于采用覆膜类滤料，烟粉尘排放浓度技术上完全可以控制在 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 以下甚至更低，但需要增加滤料方面的建设投资。采用覆膜类滤料一次性除尘器设备投资（不含电控及其他）预计将增加 10~15%，但相对于整个除尘项目的全部建设投资增加并不多、一般在 5% 左右或以下，对于新、改、扩建炼钢建设项目和独立的除尘系统改造项目均属可接受范围。因此，本标准将烟粉尘排放浓度限值现源规定为 $35\text{mg}/\text{m}^3$ 、新源规定为 $20\text{mg}/\text{m}^3$ ，在技术上和经济上都是可行的。

对于超过本标准排放限值不多的企业，通过提高企业内部的环境管理水平、加强环保设备设施的维护保养，基本上不需要增加建设投资或增加少许投资即可达到“现源”排放限值要求。对于少数远超过本标准排放限值的企业（布袋除尘器最高排放浓度有的竟达 $380\text{mg}/\text{m}^3$ 以上），尤其是那些除尘设施不完善、炼钢炉无二次烟气净化措施或除尘设施已经报废而未进行改造的企业，新投入的资金可能会大一些，但这主要是生产工艺装备及环保设施过于落后、环保投资和环境管理本来就没有到位造成的；如滤袋破损后未能及时更换、滤袋接口故障未能及时修复等造成的烟粉尘排放浓度偏高，如果这类问题不是很严重，仍然能够低于 $100\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $150\text{mg}/\text{m}^3$ ，仍属“达标排放”。但这种现象是极不正常的，根据《加强国家污染物排放标准制修订工作的指导意见》中“对新设立的污染源应根据国际先进的污染控制技术设定严格的排放控制要求，对于现有污染源应根据较先进技术设定排放控制要求”的原则，本标准对这类情况将不予照顾。其目的就是为了促进企业及其主管部门进一步提高环境管理水平，进一步削减烟粉尘排放量，改善环境质量、保护人民健康，同时

也是为了实现节能减排和我国钢铁工业的可持续发展。

8.3 烟粉尘“ $20\text{mg}/\text{m}^3$ ”排放限值分析

上海宝钢集团曾对某 350 万 t 生产规模的钢铁建设项目烟粉尘排放控制设计指标进行了专题经济技术分析，最终对所有布袋除尘器一律采用了“ $20\text{mg}/\text{m}^3$ ”排放浓度设计指标限值。该建设项目包括原料场、炼铁、炼钢、连铸和轧钢等生产工序， 1000m^2 以上布袋除尘器 15~16 台，总风量在 $600\text{万 m}^3/\text{h}$ 以上，主要技术措施如下：

1) 根据各类含尘废气的性质，合理设计含尘废气的捕集罩型式。

2) 大风量除尘，即通过加大风量提高含废气的捕集效率，以最大限度减少烟粉尘的无组织排放量。

3) 布袋除尘器高效低阻运行。布袋除尘器的发展经历了 20 世纪 50~60 年代的小型脉冲布袋除尘器和 80~90 年代的大布袋除尘器等几个发展阶段，80 年代以后随着脉冲除尘技术的不断提高，滤袋长度已由 4m 提高至 6m，目前已经达到 9m。因为脉冲长布袋除尘器具有脉冲喷吹力强、清灰效果好、设备运行阻力低、相同风量情况下占地面积小等诸多优势，20 世纪 90 年代以后已开始广泛应用于钢铁冶炼系统除尘。采用较低的过滤风速（不超过 $1.2\text{m}/\text{min}$ ），虽然除尘器过滤面积增加了 10% 左右，但其除尘效率更高、设备运行阻力更低、风机运行节能效果明显，同时又可以由离线清灰改为在线清灰，因过滤风速较低而可以抵消（或部分抵消）除尘设备增加的建设投资。

4) 采用覆膜滤料。滤料覆膜，是指在滤料的表面覆上一层多孔薄膜，覆膜后的滤料表面光洁度非常好，由于其微孔效应可以提高颗粒物的过滤效果， $0.2\sim 0.5\ \mu\text{m}$ 的颗粒物过滤效果可以达到 99.5% 以上，尤其适合粒径细小的电炉烟尘。

5) 优化系统设计，除对包括捕集装置和管道在内的整个除尘系统进行设计优化。

技术经济分析认为：一次性除尘器设备投资（仅指除尘器设备、不含电控及土建等）增加了 12.4%，但滤袋寿命提高了 1/3 以上、节约年运行费用相当于一次性除尘器设备投资（仅指除尘器设备）的 7%、两年左右时间即可抵消除尘设备因采用覆膜滤料增加的一次性投资，烟粉尘排放量与普通布袋除尘器相比可以减少 30~50%，具有一定的经济效益和明显的环境效益；采用该技术，不仅有利于提高含尘废气的控制水平、减少烟粉尘的无组织排放量，而且有利于提升国内环保产业的技术水平、有利于保护当地居民的身体健康，具有

明显的社会效益。上海已经建成投产的另一大型钢铁项目已通过竣工验收，绝大部分除尘器颗粒物排放浓度均在 $10\text{mg}/\text{m}^3$ 左右或更低，仅少数除尘器实际排放浓度接近 $20\text{mg}/\text{m}^3$ ，车间作业场所颗粒物实测浓度低于 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 。

通过以上分析，对于“新源”（布袋除尘器）采用 $20\text{mg}/\text{m}^3$ 、与国际先进水平接近的排放浓度限值，不仅在技术和经济上是可行的，而且具有明显的环境效益和社会效益。因此，本标准将“新源”（布袋除尘器）排放浓度限值规定为“ $20\text{mg}/\text{m}^3$ ”。

8.4 二噁英

根据宝钢 100t 电炉的实测情况，大致可以计算出布袋除尘器对 PCDD/Fs 的总净化效率在 90%左右，对废气中 PCDD/Fs 的净化效率在 75%左右。

由此可以看出，电炉烟气中的 PCDD/Fs 主要吸附在烟尘颗粒上，一般的布袋除尘器就可以达到比较高的去除效率（对此国外资料也有大量报导），而且能够做到达标排放。如果能再对废钢进行分选以减少含油脂、油漆、涂料、塑料等有机物废钢的入炉量，并对这类废钢另行加工处理，可以从源头减少 PCDD/Fs 的产生量。此外，还可以采取蒸发冷却塔等技术对一次烟气急冷降温进一步减少 PCDD/Fs 的产生量（尤其是废钢预热后的烟气），也可以采取催化过滤技术或喷入吸附剂物理吸附等措施减少已生成 PCDD/Fs 的排放量。

对于一般的高效布袋除尘器，几乎不需要增加建设投资；对于蒸发冷却塔急冷技术，是需要增加一些建设投资，但由于不需要再掺入野风、除尘系统总风量会明显减少，运行成本的减少完成可以弥补增加的这部分建设投资；对于催化过滤技术，增加的只是滤料投资，其相对于整个除尘系统增加投资的比例是很小的，但这种滤袋的使用寿命将更长、可达 6 年或 6 年以上，其运行成本是减少的。对于喷吸附剂技术，则需要增加设备方面的投资和运行成本；国内钢铁行业目前尚无这方面的建设实例，根据国外经验，150t 电炉（有废钢预热）吸附剂喷入量 $15\sim 35\text{kg}/\text{h}$ 即可稳定达到“新源”排放标准，全年吸附剂总用量在 150t 左右，若无废钢预热吸附剂用量还将更少一些，总体上来看增加的生产成本并不大。

因此，这些 PCDD/Fs 控制措施在技术上和经济上也都是可行的。

8.5 成本效益分析

对于转炉一次烟气，“新源”标准达标率为 50.0%、“现源”标准达标率为 70.6%；也就是说，即使维持原标准不变、也必须有 30%左右的现源进行技术改造并提高环境管理水平

才能做到达标排放，这主要是一些中小企业的中小转炉。这说明，现有转炉一次烟气达到“现源”排放标准增加的建设投资应不属执行本标准增加的成本；宽限期后执行“新源”排放标准，通过加强环境管理（或增加少许投资）是可以做到的。

其它含尘废气，2004 年“新源”标准达标率为 52.8%、“现源”标准达标率为 68.9%，预计目前的达标还会更高一些。对于大中型企业的技术改造，完全可以一次性达到“新源”排放标准，预计增加投资为整个除尘系统投资的 5%左右，而这部分增加投资费用的大部分可能通过运行费用的节约得到补偿或部分补偿。按 40%左右的炼钢企业或除尘设施专门对除尘系统进行（部分）技术改造以达到“新源”排放标准，按全国 5 亿 t 粗钢测算、更换高效滤料方面增加的建设投资为 37~45 亿元；按滤料平均寿命 2.5 年、每吨粗钢生产成本将增加 3.0~3.6 元，相对目前的钢铁产品价格只有 0.1%左右，应属可接受水平。

以上测算是建立在炼钢工序除尘设施完善、无组织排放已经得到有效控制基础之上的，对那些除尘设施不健全（如无二次烟气净化措施或除尘设施已经报废而未更新改造）、无组织排放严重、环保投资本来就没有到位的炼钢企业而言，新增加的生产成本可能会远超过上述测算结果。

9 实施本标准的环境效益分析

对《钢铁企业环境保护（2004）》中粗钢生产规模大于 200 万 t、统计数据相对完整的 37 家钢铁联合企业（总粗钢产量占当年全国粗钢总产量的 64%）进行统计，只计算炼钢工序、吨粗钢烟粉排放量平均值为 0.38kg， $\leq 0.25\text{kg}$ 的企业有 22 家、占 59.5%， $\leq 0.15\text{kg}$ 的企业有 14 家、占 37.8%。其中有部分企业计算数据明显偏离正常水平（最高为 2.94kg/t、最小为 0.006kg/t），估计是除尘设施不完善和管理水平较低所致，因不具代表性、故将其剔除。余下的 22 家企业总粗钢产量占当年全国粗钢总量的 39%，炼钢工序吨钢烟粉尘排放量平均为 0.36kg，其中 $\leq 0.25\text{kg}$ 的企业有 10 家、占 45.5%， $\leq 0.15\text{kg}$ 的企业有 3 家、占 13.6%；炼钢系统除尘设施最完善的宝钢，2004 年炼钢生产工序吨钢排放量为 0.096kg。国外先进企业的全厂吨粗钢烟粉排放总量一般在 0.5kg 以下，如韩国浦项厂（包括焦化、烧结、炼铁等）2004 年全厂吨钢排放总量为 0.22kg，其炼钢系统工序吨钢排放量则远小于 0.15kg。以下据此对实施本标准后的环境效益进行分析。

从浓度排放限值方面来讲，现源较现行标准削减 3/4 左右、新源削减 4/5 左右（见表

7-1)。对于国内大中型钢企业来说,要达到新排放标准就必须提高环境管理水平、就必须加强环保设施的保养维护、保证环保设施的净化处理效率,预计炼钢工序烟粉尘吨钢排放量将会在现有水平基础上削减 50%左右或以上,即由 2004 年的 0.36kg/t-s 降至 0.15~0.2kg/t-s。按 2004 年全国重点钢铁企业烟粉尘治理水平(全国粗钢产量 2.83 万 t)、2008 年全国粗钢产量达到 5.0 亿 t 测算,仅炼钢生产工序全国烟粉尘排放总量理论上可以削减 90000t 左右;2006 年全国重点钢铁企业炼钢工序烟粉尘排放量已降至 0.30kg/t 以下,按 2006 年排放水平测算也将削减 50000t 左右。

因此,实施新排放标准的环境效益是十分显著的,将会有利于提高我国钢铁企业在国内外市场的综合竞争力,有利于在“十一五”期间初步实现钢铁大国向钢铁强国的转变,有利于节能减排,有利于我国钢铁工业的可持续发展和科学发展观的落实。

另一方面,本标准的实施,主要污染物的有组织排放量和无组织排放量均可以大幅度削减,尤其是对人体健康影响更大的细小颗粒烟粉尘排放量的大幅度削减,将有利于保护钢铁企业所在地居民的身体健康、有利于提升我国环保产业的技术水平。因此,本标准的实施还将具有明显的社会效益。

10 本标准与现行法律法规、政策及现行排放标准的关系

10.1 与现行法律法规政策的关系

本标准是在国家现行法律、法规、国家产业政策和国家钢铁产业政策框架下制订的,其制订的依据就是《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国大气污染防治法》、《中华人民共和国清洁生产促进法》、《国务院关于印发节能减排综合性工作方案的通知》、《产业结构调整指导目录(2005 年本)》和《钢铁产业发展政策》;因此,本标准是符合国家现行法律、法规、国家产业政策和国家钢铁产业政策的。

10.2 与现行排放标准的关系(衔接)

对于大气污染物的排放,由于现行排放标准过于宽松并远落后于目前的环保技术水平;根据《国家环境保护标准制修订工作管理办法》和《加强国家污染物排放标准制修订工作的指导意见》,本标准中规定的排放限值要比现行排放标准要严格得多得多。

但考虑到目前钢铁工业的污染治理技术水平和新老企业环保技术方面的差异,本标准对现源给予 3 年的宽限期,宽限期内执行“现源”排放标准,宽限期结束后则必须达到本标准中的“新源”排放限值规定。但对于新设立的炼钢工序大气污染物排放源,要求本标准实施之日起就要执行“新源”排放标准。

对于炼钢工序排放的废水、噪声和固体废物等，由应执行相应的现行排放标准；如噪声执行现行《工业企业厂界噪声标准》（GB12348），固体废物执行现行《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》（GB18599）等。

11 对实施本标准的建议

11.1 技术措施建议

1) 本标准实施之日起现源执行“现源”标准，3年宽限期后才执行“新源”标准。但钢铁企业在对现有污染源或治理设施改造时应“一步到位”，即按执行“新源”排放标准进行改造，对于炼钢工序的大气污染源在技术上是完全可行的。

2) 本标准实施之日后改、扩建或新设立的污染源，其设计指标应严于本排放标准，即在设计指标与“新源”排放标准之间留有一定的“缓冲带”，以此来确保投产以后能够长期、稳定达到“新源”排放标准。

3) 目前国内钢铁企业炼钢工序大气污染源的烟粉尘控制以袋式除尘为主，通过更换高效滤料即可达到“新源”排放标准；但在高效滤料的选择时，一定要结合污染源的特点、废气的性质（如温度、湿度、露点）、烟粉尘的性质（如粒径分布、吸湿性、附着性、潮解性、可燃性、爆炸性等），在确保高效的同时还应确保滤料的“长寿”。

4) 对于袋式除尘器，滤袋的破损可导致颗粒物超标排放，滤袋破损的原因多种多样，有机械破损（颗粒物冲刷破损、袋与袋及袋笼磨擦破损）、物理性破损、化学性破损等。在进行除尘设计时，除慎重选择滤料外还要对除尘工艺和结构设计进行优化（滤袋间距、边袋与除尘室壁的间距、过滤风速、离线清灰等），以避免滤袋磨损，同时还必须加强维护管理、确保除尘器在设计工艺参数下稳定运行。

5) 炼钢设备生产过程多具有周期性，一个周期内不同阶段的废气量、含尘浓度等是不一样的，转炉、电炉、精炼炉除尘风机宜变速运行，风机变速有变频调速、液力耦合调速、内反馈调速等，应根据生产工艺的具体情况选择合适的调速方式。此外，为了降低风管阻力，风管内的风速不宜过高。这样，将有利于节能和降低运行成本。

11.2 管理措施建议

1) 钢铁工业属高能耗、重污染行业，根据国内的环境形势、资源和能源的状况以及国民经济发展的需要，国家产业政策提出限制出口能耗高、污染大的焦炭、铁合金、生铁、废钢、钢坯(锭)等初级加工产品；为此，建议以新标准的颁布实施为契机提高钢铁产品的出口门槛，应要求出口企业必须全面达到新的污染物排放标准，不能全面达标的企业不得出口钢

铁产品，尤其是低附加值的初级钢铁产品更不得出口。2007 年 1~6 月，我国粗钢产量达到了 23758 万 t，出口钢铁产品折粗钢已超过 4000 万 t、同比增加了近 100%，而平均出口价格则不到进口价格的 60%，这并不是我国钢铁业国际竞争实力的体现；“产品输出国外污染留在国内”，则无异于将资源和能源大量出口、是在将应该留给子孙后代的环境资源提前掏空补贴给国外，这是我国目前已经十分严峻的环境形势所不容许的。

2) 今后几年，国内钢铁企业间的兼并重组仍将会连续不断，对这类“兼并重组”应设立必要的环保准入门槛：应要求兼并重组企业与被兼并重组企业都必须在一定限期间内全面达到新的污染物排放标准。

3) 目前排污收费标准太低，由此造成了“违法成本低守法成本高”的不正常现象，为此建议逐步大幅度提高排污收费标准；“超标即违法”，对超标企业应加大处罚力度。

4) 目前仍有部分钢铁企业未能达到已经过于宽松的现行排放标准，这主要是管理问题、已不再是技术问题；新的排放标准将比现行排放标准要严格得多，存在的环境管理问题将会更加突出。因此，现有钢铁企业必须大幅提高环境管理水平、必须加大环境管理的力度，尤其是那些中小钢铁企业，在一定期限内仍然不能全面达标的应要求其退出钢铁行业。

5) 由于本标准与现行排放标准相比已十分严格，“新源”标准已接近国际先进水平；本排放标准发布之日起，现有钢铁企业应企业内的所有大气污染源执行本标准的达标情况进行全面的分析，找出未能达标的污染源并及时采取有效的改进措施，尽可能在本标准实施之日前全面达到“现源”排放标准、3 年后达到“新源”排放标准。

6) 结合《产业结构调整指导目录》、《钢铁产业发展政策》和本排放标准制订严格的“钢铁行业准入条件”标准，在钢铁产品出口、金融信贷等方面向符合“准入条件”的企业倾斜；建立和完善落后产能的退出机制，对不符合“准入条件”的企业要求限期整改，限期后仍不符合“准入条件”的应要求其退出钢铁行业。

11.3 其他建议

1) 环境标准的贯彻执行不能也不应只是环境保护行政部门的事，企业负有直接责任，但钢铁企业的主管部门（或单位）也应负有不可推卸的主管责任。因此，新标准发布之日起，钢铁企业的主管部门（或单位）应对所属企业“新标准”达标情况进行监督检查，应组织、督促所属企业安排、落实改造计划和改造资金，确保在本标准规定的期限内能够做到达标排放。

2) 为减少除尘器收集的干烟粉尘厂区内运输过程中的泄漏和无组织排放，应要求采用

真空吸压送罐车运输。

3) 为了适应市场经济和我国加入 WTO、钢铁工业管理体制变革等新形势, 为了满足国民经济核算需要、钢铁行业和钢铁企业管理及国际交流合作需要, 为了与国际、海关统计接轨, 以增强行业统计指标的科学性、合理性和可比性, 中国钢铁工业协会根据国际惯例并结合我国的国情对 1989 年计划经济时期制订的原“钢铁工业生产统计指标体系”进行了修订, 对以往钢铁工业的统计口径等内容作了较大调整, 修订后的新版《中国钢铁工业生产统计指标体系》已于 2004 年 1 月 1 日起正式实施。“新统计指标体系”中技术经济指标(如能源消耗、各类原辅材料消耗、实物劳动生产率、设备效用等指标)的计算方法等, 均采用实际加工生产的合格实物产品的“产出量”, 而非原统计指标体系中的“产量”, 不再强调钢铁产品的权属。“权属”是指企业统计产量的产品必须是所有权归属于本企业、本企业有权销售和处置的产品, 凡不属于本企业的产品则不能计入本企业产品产量。对于国(境)外订货者来料加工生产的产品, 不论其在国内还是在海外销售, 都由加工企业统计产量。“合格产出量”与“产量”的关系为: $\text{“单工序合格产出量”} = \text{“产品产量”} + \text{“境内订货者来料加工量”} - \text{“委外加工量”}$, $\text{“多工序合格产出量”} = \text{“产品产量”} + \text{“供本企业下道工序生产用量”} + \text{“境内订货者来料加工量”} - \text{“委外加工量”}$ 。

4) 今后全厂吨钢污染物排放量的计算应以“粗钢”产出量为基础, 而不应是钢水产量。按照国际惯例, “粗钢”是指完成了冶炼过程、未经塑性加工的钢, 包括连铸坯、模铸锭和铸造用液态钢三类。