

10544

类别 综述
编号 23
年月 1976.3

环境保护情报资料

· 污染及其防治 ·

国外钢铁工业与环境(一)

北京市环境保护科学研究所

目 录

钢铁工业对大气的污染及其危害	1
炼焦厂对大气的污染及其防治措施	4
烧结厂废气脱硫技术	20

钢铁工业对大气的污染及其危害

在钢铁工业的生产过程中，排放出大量的粉尘和废气，造成相当严重的环境污染，对人民的健康危害很大。近十余年来，全世界钢产量大幅度增加，钢铁厂的规模逐渐扩大，污染物的排放虽经采取了一系列防治措施加以控制，但对环境仍有污染。

一、主要污染源和污染物

现将钢铁生产过程中所产生的大气污染源及污染物按照烧结、炼焦、炼铁和炼钢程序分别介绍如下：

1. 烧结厂。烧结厂的大气污染主要产生在铁矿石干燥、捣碎、筛选、运输和烧结等过程。主要污染物是粉尘和二氧化硫。

2. 焦化厂。炼焦过程较复杂，污染源较多。大气污染主要产生在装煤、出焦、熄焦、堆焦等几个工序。污染物有烟、煤和焦炭尘粒、氨、一氧化碳、二氧化硫、硫化氢、氰化氢、酚等。焦化厂中的粉尘成份复杂，危害大，主要有铁、苯溶性物质、二氧化硅、3,4-苯并芘，砷，还有醛、汞等。

3. 炼铁厂。炼铁厂的大气污染是由于装卸原料和燃料产生粉尘及设备密封不严、操作不正常和管理不善而跑、冒、漏烟气等造成。主要污染物是粉尘和一氧化碳。此外，还有少量的二氧化硫、氰化氢和氧化氮气体。炼铁厂的粉尘成份有碳黑、3,4-苯并芘、砷、二氧化硅、氧化钙、氧化镁、三氧化二铝、三氧化二铁、锰等。

4. 炼钢厂。炼钢一般都是将氧吹入熔融的铁水上，因此在局部高温下产生铁蒸汽和雾滴，然后氧化生成红色烟雾被带入到废气中。主要污染物是一氧化碳和粉尘。炼钢厂的粉尘成份与炼铁厂大致一样，只是含量多少略有不同。

在钢铁冶炼过程中，由于各国采用的方法和工艺不同，因此产生的废气和粉尘量不一样。据国外资料报导，每生产一吨烧结矿约产生4,000~6,000标准立方米的废气和约20公斤的粉尘。每标准立方米的废气中约含1~15克尘。尘粒大小不一，约有2~3%小于2微米，50%以上大于100微米，10%以上大于1,000微米。一个日产17,000吨烧结矿的烧结厂约排放13.4吨二氧化硫。每炼一吨焦炭约产生9公斤污染物，其中煤尘5,000克，一氧化碳330克，硫化氢544克，二氧化硫21克，苯系烃158克，氰化物70克，氮化物370克，焦油54克。每炼一吨生铁约产生1,700~4,000标准立方米的高炉煤气和约100公斤的粉尘。每一标准立方米的高炉煤气中约含25~30%的一氧化碳，20~100克的铁矿颗粒、烧结矿颗粒和焦炭颗粒。每炼一吨钢，以氧气转炉为例约产生60标准立方米的烟气和9公斤的粉尘。每立方米的烟气中含尘量达25克，尘粒为0.05~1.0微米。

二、污染物的危害性

钢铁厂的大气污染物主要是粉尘（内含有害物3,4-苯并芘、二氧化硅、砷等）、二氧化硫、一氧化碳及微量氰化物。现将其危害说明如下：

1. 粉尘。在钢铁冶炼生产的各个工序中都将产生大量的粉尘。粉尘是危害很大的一种大气污染物。但其危害程度由其性质和颗粒大小决定。含游离二氧化硅、石棉、有毒金属氧化物等物质的粉尘危害最大，微细飘尘最危险。直径在2~20微米的粉尘被人吸入体内后，有95%以上可以被排出体外。而小于2微米的尘，有50%进入肺泡而不能排出，会引起尘肺、癌症、呼吸道疾病和心脏病等。

2. 二氧化硫。钢铁厂的二氧化硫主要产生在烧结厂。此外，高炉煤气、高炉渣、焦炉煤气中也含有为量较少的硫。二氧化硫是一种无色有味的气体，它对人体健康和农作物生长都有危害。但它很少单独成害，往往和飘尘结合在一起进入人的肺部，引起疾病。二氧化硫在高空遇到水蒸汽，变成酸雾后，对人体、生物、各种金属器物危害更大。

3. 一氧化碳。在钢铁冶炼过程中，一氧化碳主要产生在焦化、炼铁、炼钢三个工序。一氧化碳在大气中比较稳定，变成二氧化碳的速度很慢，可以在大气中停留几天不变。它与血液中红血球的血红蛋白亲和力极强（比氧气大240倍），因而引起人体缺氧。人若连续呼吸含0.01%的一氧化碳的空气就会中毒。

4. 氟化物。如使用含氟矿石，在高炉烟气中就会含有氟化物。氟化物对人体健康和植物生长都有不利的影响。含氟烟气污染区的居民患皮肤病、呼吸道疾病、齿齦出血和骨质硬化，对儿童影响特别严重。当大气中的氟化物含量在百万分之一以上时，对人的皮肤、眼睛和呼吸器官有直接影响。即使大气中含有极微量的氟化物，对植物生长也有严重危害。

鲁尔地区是西德的钢铁工业中心，这个地区的钢产量占西德总产量的80%。据1962年统计，每年落到地面的粉尘达34万吨，排入大气中的二氧化硫达200万吨。有些大型烧结厂的烧结机一小时就排出1吨二氧化硫。由于大气污染十分严重，普通松树在该地区无法生存。西德最大钢铁城市鲁尔地区的杜伊斯堡，人行道上只能种植生命力极强的悬铃木，蔬菜也无法种植，所以鲁尔地区每天要从外地输送蔬菜。

三、对人体健康的影响

由于钢铁厂污染周围大气，对人体产生有害影响，在厂的下风处会感觉到令人讨厌的臭味，造成咳嗽、头痛和呼吸困难。为了研究钢铁厂排放物对人体健康的影响，苏联曾对钢铁工业污染区和非污染区两处的8~11岁的学生进行了卫生调查。距排放源1公里的居民区为污染区，距排放源12公里的居民区为非污染区。两处共调查了768人，学生的年龄、性别、分类等条件均相同。比较结果表明：

污染区学生的身长、体重和胸围等身体发育情况明显地不如非污染区。

污染区的学生上呼吸道发病率比非污染区高3倍。耳、鼻、喉慢性炎症很普遍，喉症发病率比非污染区高5倍，扁桃体炎高3倍，肥大性鼻炎高2.5倍，萎缩性鼻炎、鼻炎和增殖腺高3倍。

污染区的学生患头痛、恶心、上腹痛和眩晕等病比非污染区高2倍。在这类学生中，患有中枢神经系统机能失调、增加疲劳与兴奋性、肌强变弱的例子很普遍。

污染区的学生血液中发现有二氧化硫，其含量从痕量到0.12毫克%。正常人的血液不含二氧化硫，并可从人体尿中排出的维生素C的多少来确认。

污染区的学生尿中排出的维生素C总量只有非污染区的一半。许多例子都证实了尿中

维生素C含量少是由于血液中含二氧化硫的原因。例如，有个女学生血液中的二氧化硫含量为0.12毫克%，尿中维生素C的含量只有0.08毫克/小时，而另一男学生血液中二氧化硫为痕量，尿中维生素C达0.47毫克/小时。

儿童血液中有二氧化硫对身体及其抵抗能力都有不利影响。

另外，苏联还选择了有钢铁厂的工业污染区和无工业的非污染区两处，对8~14岁的学生进行了临床与放射性检查。工业污染区在工厂的6公里范围内，非污染区相距污染区20公里，两处共检查了630个学生，他们在该区居住时间均在三年以上。

工业区空气中的最大含尘量为6毫克/米³（超过最大容许浓度），而非污染区的最大含尘量仅为0.33毫克/米³。工业区大气中的二氧化硅含量达15%，硫的化合物浓度也很高。

在工业污染区内，共检查了532个学生，其中肺部正常的为365人（占68.6%），肺部不正常的为167人（占31.4%）。在非污染区内，检查了98个学生，其中肺部正常的为78人（占81.7%），肺部不正常的为20人（占18.3%）。对此证明，住在工业污染区的学生肺部健康情况远比住在非污染区的学生差。

钢铁工业不仅污染周围大气，使附近居民因受大气污染而发病率与死亡率增加，而且对厂内工人也有一定的危害。据美国报导，钢铁工人的健康状况一般比其他工人较好，死亡率也低于当地居民。美国曾对12个钢铁厂共58,828名钢铁工人进行了调查，统计结果表明，焦化厂工人的肺癌死亡率为钢铁工人死亡率的2.5倍。在焦炉区工作的工人患肺癌较多，而在非焦炉区工作的工人患消化系统癌症较多。在焦炉工人中，在焦炉炉顶工作的工人，肺癌死亡率几达一般钢铁工人的5倍，如在炉顶工作5年或5年以上，死亡率将达10倍。由此可见工人的死亡率与工作性质、工作地区和工作时间都有关系。

主 要 参 考 文 献

1. 英国钢铁联合企业中的大气污染及其控制，国外科技动态，1974，5期，41~43页。
2. 国外钢铁工业空气污染控制概况，冶金建筑情报，1973，1期，34~46页。
3. Auswurf Von staub und Gasen in Eisenhüttenwerken und Eisengiessereien. Staub, 1961, No. 2, 78~82.
4. Umweltschutz und Stahlindustrie. Stahl und Eisen, 1972, No. 6, 232-235.
5. Sanitary evaluation of air pollution in areas around ferrous metallurgical plants, American Institute of Crop Ecology, 1971.
6. Control of air pollution in the USSR, WHO, 1973.
7. Long-term mortality study of steelworks, Journal of Occupational Medicine, 1971, Vol. 13, No. 2, 53-68.
8. Health and the steel industry environment, The steel Industry and the Environment, 1973.

炼焦厂对大气的污染及其防治措施

近年来, 国外由于高炉炼铁所需要的炼焦煤不足, 正研制用直接还原法炼铁, 可以不用高炉和焦炭, 而采用天然气、非炼焦煤、石油、电能和原子能等能源, 把低品位矿石直接还原成含铁量很高的海绵铁, 通过电炉冶炼成钢。目前美国、西德和墨西哥等国已有采用这种方法生产的钢厂, 据认为这种炼铁法对发展中小型钢铁厂最为合适。但是, 直接还原法并不能代替历史悠久的高炉炼铁法, 高炉炼铁法是以世界储量最多的煤为基础的, 在今后较长时期内必定还是钢铁生产的主流, 因此, 炼焦工业也会有相应的发展。

冶金焦的制造法有两种: 蜂巢法和副产物回收法。现今 99% 的冶金焦是由副产物回收法制取的。该法使煤在杜绝空气的条件下加热干馏, 煤转化为焦炭, 焦炉煤气则送到副产物回收车间净化回收各种化学产品。

炼焦过程中产生的大量烟尘和废气造成炼焦厂周围环境的严重污染。连续炼焦法可减少当前焦炉污染大气问题, 但毕竟尚在试验阶段。当前使用间歇式室式焦炉较多, 本文仅叙述这种类型的焦炉在生产焦炭过程中对大气的污染及其防治措施。

一、炼焦厂对大气的污染

1. 污染物和排放量

从焦炉排入大气的污染物可分为两类: 一类是通过炉门和装煤孔盖连续逸出的跑烟冒气, 这是由于焦炉年久、管理不善或操作不佳所产生的污染; 另一类是焦炉在装煤、出焦、熄焦等工序时产生的间歇污染。间歇排放物要比连续逸放物更引起注意, 据美国巴特尔研究所称, 最严重的大气污染问题是与装煤、出焦和熄焦有关的, 该所估计这三个污染源对大气污染的比重分别为 60:30:10。这些比率可因各厂的维护操作条件不同而差异很大。^[1]

法国一座每天炭化 1,000~1,200 吨煤的炼焦厂, 上述三个生产工序排入大气的污染物质如下:^[2]

(1) 装煤 炭化室在出焦后室内温度很高, 煤料装入室内, 产生大量的煤气、烟气和煤尘。在装煤过程中, 估计气体的逸出量为 300~600 标立方米/时, 污染物的平均含量为:

一氧化碳	7% (体积比)
氢	50% (体积比)
甲烷	30% (体积比)
烃类	5% (体积比)
焦油 (泡状)	100~150 克/标立方米
煤粒	约 250 克/标立方米

平均排煤尘 70 公斤/时。

(2) 出焦 推焦和出焦过程中产生的污染与焦炭的炭化程度有关。赤红的焦炭急速离开炉室, 因温差关系, 产生向上冲的气流, 将未完全炭化的煤粉、焦粉和烟气, 急速地吹

向天空燃烧。逸出气体的含量为：

一氧化碳	2% (体积比)
氢	50% (体积比)
甲烷	10% (体积比)
焦油	20 克/标立方米

排焦尘 20 公斤/时。尘粒大小为 10~1,000 微米，较易沉降，不致造成大气的长期污染。

(3) 熄焦 赤红的焦炭，用熄焦水喷熄后产生大量的水蒸汽和污染物，经熄焦塔排入大气。排出气体中含有硫化氢、二氧化硫、氨、氰化物和酚等。排出粉焦 10 公斤/时。

在熄焦过程中，大约有 80% 的粉尘是在最初 20 秒钟熄焦时候排放的。喷淋可减少粉尘的排放量约 60%。

焦炉的作业程序是出焦、装煤和熄焦，对于每一炭化室，这些过程不会都同时发生。国外为了减少这些工序操作中排放的污染物，尽量缩短操作时间，苏联采用焦炉装煤 4~5 分钟，出焦 0.6 分钟，湿法熄焦 2 分钟。西德将三个工序的操作时间控制在 10 分钟以内。

2. 最高容许浓度

制定空气中有害物质的容许浓度时，要同时考虑到工业卫生和公共卫生两个方面，因此分别制定了工作区（车间）空气中有害物质的最高容许浓度和居住区空气中有害物质的最高容许浓度。

各国规定各有不同，表 1~表 3 列举了波兰和苏联制定的规定，以供参考。波兰制定的炼焦厂气中有害物质的最大容许浓度（标准 PN-56/3-04030），没有谈到可能从炼焦厂排放出来的全部有害物质；并且对间歇排放物的容许浓度也未作规定。

波兰和苏联都把炼焦厂与焦化厂划定为第一类企业，厂区与居住区间的卫生防护地带为 1,000 米。

表 1 波兰炼焦厂空气中有害物质的最大容许浓度

编 号	有 害 物 质	最大容许浓度(毫克/升)
1	氨	0.02
2	苯	0.1
3	酚	0.005
4	二氧化硫	0.02
5	硫化氢	0.01
6	一氧化碳	0.03

3. 对人体健康的影响

炼焦过程造成对钢铁工业环境质量的某些最严重问题。

3,4-苯并芘是一种致癌物质，可用它做为大气污染的指示物，来表示大气受多环芳香

表 2 波兰炼焦厂排入居住区大气中的污染物容许浓度

编 号	污 染 物	容 许 浓 度 (毫克/升)	
		日 平 均	一 次 最 大 值 (20 分 钟 期 间)
1	氨	0.40	—
2	苯	0.80	2.4
3	酚	0.01	0.01
4	甲酚	0.01	0.01
5	硫化氢	0.02	0.06
6	二氧化硫	0.3	0.9
7	烟臭	0.05	0.15
8	无毒粉尘	0.05	0.15
9	总降尘量	300 吨/平方公里/年	

表 3 苏联规定的重要有害物质的最大容许浓度(毫克/升)

编 号	有 害 物 质	车 间	居 住 区
1	氨	20	—
2	苯	20	2.4
3	萘	20	—
4	氧化氮(换算成 N_2O_5)	5	0.8
5	一氧化碳	30	6.0
6	吡啶	5	—
7	煤尘及焦尘	10	0.5
8	二氧化硫	10	0.5
9	硫化氢	10	0.008
10	二硫化碳	10	0.03
11	酚	5	0.01
12	氰化氢	0.3	—

烃类污染的程度。捷克曾在 1963~1968 年期间, 对各炼焦厂大气中的 3,4-苯并芘进行了测定, 表 4 是 Lazy 炼焦厂在焦炉及其附近大气中 3,4-苯并芘的含量(微克/100 立方米)。捷克 Vitkovice 钢厂 4 号及 5 号焦炉在 1966 年夏及 1967 年冬 3,4-苯并芘平均含量为 547~1265 微克/100 立方米, 其量高于美国大城市约 700 倍, 高于欧洲大城市 300~600 倍。^[3]

美国调查^[4]了 12 个钢铁厂共 58,828 名钢铁工人, 并统计了其中在 1953 年或在 1953 年以前曾在炼焦厂工作过的 3,530 名工人的工作情况, 其中在焦炉区(焦炉顶、焦炉旁、

表 4 捷克 Lazy 炼焦厂焦炉及其附近大气中 3,4-苯并芘含量
(微克/100 立方米)

地 点	1964 年 冬			1965 年 夏		
	最 小	最 大	平 均	最 小	最 大	平 均
炼炉	128	1826.0	440	114.4	761.9	360
离焦炉 100 米	15.1	278.5	76	0.0	120.9	54
离焦炉 400 米	0.0	189.0	45	0.0	114.8	38

熄焦塔)工作的共 2,048 人 (占 58%), 在非焦炉区工作的共 1,482 人 (占 42%)。

在 1953~1961 年期间, 上述炼焦厂工人共死亡 320 人, 其中焦炉区工人死亡 184 人, 非焦炉区工人死亡 136 人。按死亡原因分析, 死于心脏病的共 111 人 (约占 35%), 占第一位; 死于癌症的共 86 人 (约占 27%), 仅次于心脏病死亡率。特别是死于呼吸系统癌症的共 37 人 (约占癌症死亡率的 42%), 其中在焦炉区工作的死 33 人, 在非焦炉区工作的死 4 人 (参见表 5)。统计结果表明, 炼焦厂工人肺癌死亡率为钢铁工人死亡率的 2.5 倍。焦炉区工人患肺癌较多, 而非焦炉区工人患消化系统癌症较多。

表 5、炼焦厂工人死因统计

死 因	死 亡 人 数		
	焦 炉 区	非 焦 炉 区	小 计
呼吸系统癌症	33*	4	37
消化器官和腹膜癌症	9	17	27
其它癌症	16	6	22
血管损害影响中枢神经系统	15	13	28
心脏病	49	62	111
呼吸系统疾病	7	7	14
其它	55	27	81
合 计	184	136	320

* 其中包括 2 名非肺癌死者。

表 6 是在不同焦炉工作区的焦炉工人肺癌死亡统计。表 7 是在焦炉区不同工作时间的焦炉工人肺癌死亡统计。职业性肺癌的平均潜伏期为 15~25 年, 上述统计仅包括从 1954 年到 1961 年的死亡登记资料, 因此, 上述肺癌死亡率的估计是偏于保守的。

统计结果表明, 在焦炉炉顶工作, 肺癌死亡率几乎为一般钢铁工人的 5 倍; 如果在炉顶工作 5 年或 5 年以上, 死亡率将达 10 倍。

据报导, 苏联切列波维茨冶金工厂的焦炉在采取了一系列机械化自动化装置和采用了

表 6 在不同焦炉工作区的焦炉工人因患肺癌而死亡的统计

工作区	工作人数	死亡数	肺癌死亡数
焦炉旁	1,431	106	10
部分时间在焦炉顶	315	24	2
焦炉顶	302	54	19
合计	2,048	184	31

表 7 在焦炉区不同工作时间的焦炉工人因患肺癌而死亡的统计

工作时间	工作人数	死亡数	肺癌死亡数
五年以内	1,144	67	4
五年或五年以上	904	117	27

无烟装煤后焦炉区空气中粉尘和有害物质的含量大大地减少，炼焦工人发病次数比未采取措施前降低了 29.8%，患病持续时间则降低了 36.6%。^[5]

二、减少装炉烟气的方法

为了减少装炉的烟气，近年来各国的大钢铁企业及污染防治机构已在研究无烟装煤的措施及设备，现在归纳为三类进行介绍。

1. 装煤车上安装集气和净化设备

在装煤车上安装收集和净化来自装煤车或炭化室上升管的烟气的设备。^{[1][6]}煤经过一个套管的管嘴卸到焦炉中，冒出来的烟气由管嘴附近的环形管收集。这些烟气在排放到大气以前，先要经过燃烧和洗涤。欧洲、日本和美国的许多工厂，在装煤车上都安装了气体洗涤器(图 1)，它们的不同之处在于洗涤的方法和采用洗涤器的数量。有的用一个支管收集燃烧了的气体，然后在文丘里洗涤器内洗涤，再用风机排入空中；有的用笼型洗涤器代替文丘里洗涤器清洗烟气，后又改成使用蒸汽式文丘里器清洗烟气。在西德 Essen 的 Koppers 公司设计了使用笼型洗涤器的洗涤车，但每个装煤孔都分别设有一个

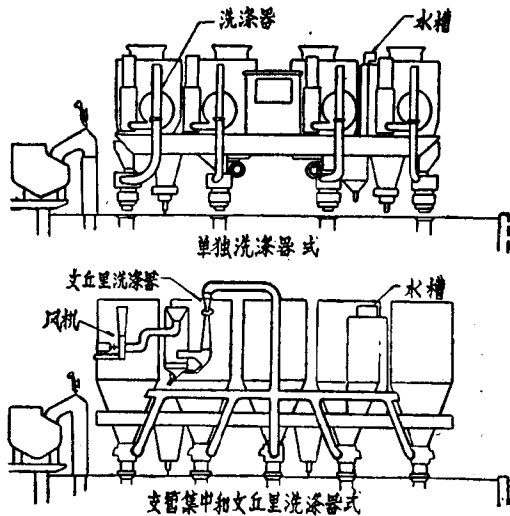


图 1 装煤车

洗涤器。

在不同的设计中，单个的洗涤器由于有的装煤孔中空气过多和另外的装煤孔中烟气过多，这种混合气体容易引起爆炸。由几个洗涤器组成的洗涤器组效率较高，但烟气流速不能太高，否则也有不能完全燃烧以及洗涤器过热的缺点。使用蒸汽的文丘里器噪声较小，并能够除去由于不完全燃烧而留下的焦油和有机物质，不过它需要在装煤车上附设一个喷蒸汽的装置。

洗涤器的效率取决于装煤时由焦炉收集而来的烟气的有效燃烧，而燃烧速度与其所需空气量有密切关系。

此法系利用原来的装煤车加装了洗涤器，因此工艺比较简单而省费用，可除去装煤时排出的颗粒物质的96%左右，^[7]其缺点是洗涤器较笨重，加装在原来的装煤车上有困难，操作时对焦炉的负荷也大，只有在新厂中比较合适。此外，这项设备只有使用较湿的煤才有效，因为水份大的煤料装炉时冒烟少，因此，在欧洲使用这类装置就比其它地方更有效。

2. 常用加煤法的改良

(1) 顺序装煤。^[1]十五年前英国 Woodall-Duckham 公司与英国煤务局合作研制了顺序装煤设备，该装置至今仍在英国 Chesterfield 的 Avenue 工厂中使用。^[7]这种装置大概是现有的无烟装煤法中最为简单和经济的，它按照一种预定的顺序来投煤，即一个煤斗卸空后，盖上炉盖，然后下一个煤斗接着卸煤，在最后一个煤斗卸空后再平煤，煤斗的容积不同使得炉内的煤能均匀地填满。这种操作需要增长时间，因此在快速操作的工厂里不能采用。装置的成效取决于焦炉两端有充分的吸力，为了给予通到集气总管的烟气提供一个经常畅通的通道，需要采用双集气管或分叉管。美国目前已开始了顺序装煤法的研究，是利用已有的装煤设备加以改进的。

这种设备不能适合于所有情况：第一，只有使用送料器才能使某些煤保持可靠的送料率和一致的装煤时间。第二，为尽量缩短焦炉装煤时间，需要同时卸空煤斗以缩短机器运转周期。第三，希望将原在炉顶操作的工人改在一个有空调设备的室内工作。由于这种装置无法满足以上三项要求，就不得不选择其它方法。

(2) 美国钢铁学会装煤系统。^[1]在美国钢铁学会(AISI)主持下，近年来美国 Koppers 公司正在匹兹堡的 Jones and Laughlin 钢厂从事装料的生产性研究。^[9]

新的装煤车采用了转盘式、螺旋式和蝶形振动式三种送料器，在适当的情况下，三者都能提供一致的送料率。蝶形振动式送料器适应性最强，因而被普遍采用，它与装煤孔的启盖器结合以达到加速装煤周期并进行自动控制。装煤的主要顺序^{[1][8]}是：装煤车自动定位；打开炉盖，装煤孔自动上升，煤斗降落到装煤孔；打开蒸汽和水封阀，蒸汽由上升管排出，炉内产生部分真空；打开蝶形送料器阀门，煤斗卸下三分之二的煤时，开始平煤；煤斗卸空后，关阀，煤斗又升回至原来位置；盖上炉盖，关闭蒸汽，装煤车重新装煤并开始新的装煤顺序。这个顺序加入一般的装煤、焦炉通风、关闭水封阀和清扫上升管的周期之中。图2是美国钢铁学会装煤装置图。

这个装煤系统在启盖和装煤时，炉内保持负压。煤由重力经过装有关闭阀的密封装料斗送入炉内，这样防止了有毒气体逸散到大气。这个装置的特点是装煤车司机和推焦车司机都在空调室中执行同步的工序。缺点是新设备及自动装置费用大，装煤顺序由一个复杂的通讯及传感系统密切控制，如果自动设备一旦发生故障，容易影响整个装煤工序。

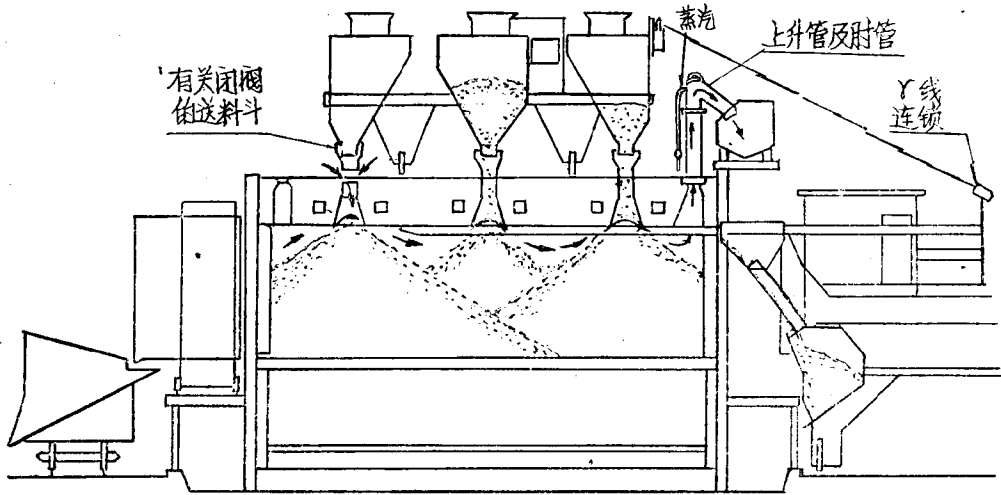


图 2 美国钢铁学会装炉系统

3. 管道装煤^{[1][10]}

管道装煤的设想最近受到很大的重视，美国联合化学公司将一个半生产性的系统安置在俄亥俄州 Ironton 城的一个工厂内，这是目前唯一仍在运转的装置。不过较大型的装置已处在设计阶段，第一个投产的将是联合化学公司底特律工厂的铸造用焦炉，第一座高炉焦炭应用管道装煤是美国 Koppers 公司为 Inland 钢铁公司设计的焦炉。英国不列颠钢铁公司正在考虑在几个新厂内使用管道装煤。

管道装煤的先决条件是煤的湿度必须为零，所以由各地运来的煤都要先经预热。图 3 是联合化学公司管道装煤流程图。

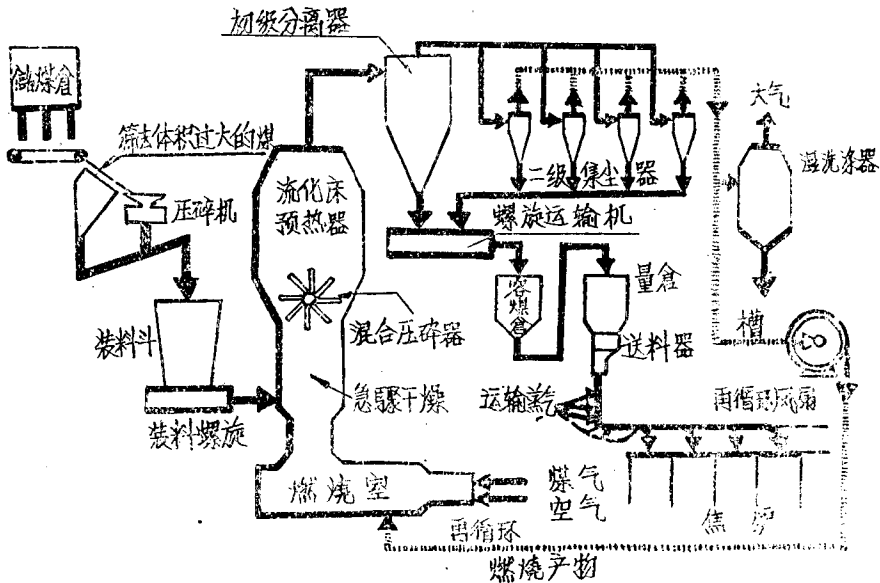


图 3 联合化学公司管道装煤流程图

煤由一对蜗杆送料机送入预热器，在那里煤被急骤干燥并压碎到小于 $\frac{1}{8}$ 吋的粒径，新鲜的煤气和循环燃烧的煤气混合进入预热器，温度 $385\sim 650^{\circ}\text{C}$ 。粒径在 $\frac{1}{8}$ 吋以下的煤经预热被热气流带到一个初级旋风分离器及四个二级集尘器，它们回收的总效率达进料煤的99.5%，热煤由旋风器的底部被运送到容量约35吨的容煤仓，这个容煤仓中的热煤又间歇地被转运到量仓然后准备输送到焦炉中。由二级集尘器出来的煤气分成两股，一股经洗涤器排到大气中，另一股借循环鼓风机的作用送回燃烧室。

当焦炉准备好装煤时，在量仓的煤被输送到管道而进入焦炉，每个支管有各别的阀门通往炭化室，煤首先由煤仓加压后用压力送进管道，然后借着一连串蒸汽喷射作用以超音速的速度将煤向管道另一端推进，当煤快抵达焦炉时，蒸汽与煤要经过一个较长的弯管，煤移向弯管的外圈，蒸汽有一半由内圈排走，然后煤就进到炉中，量仓出口的阀门自动调节了被送入的煤量，预热的煤温度约为 250°C ，装煤的速度为每分钟2.5吨。

管道加煤的主要优点是：(1)用来输送煤的气体是过热的蒸汽，将着火及爆炸的危险性减小到最低，而且这是一个完全密封的系统，所以基本上应无任何污染物排入大气。(2)这样的装置比一般气动运输系统的效率就同一管道的运输量而言高十倍，而管道的磨损也小得多，炉龄增长。(3)由于预热煤使煤的松密度均匀，这样炼焦的时间由18小时缩短为12.5小时，焦炭的质量提高，粘着力及抗裂性能增加。焦炉生产率提高了45%。^[1](4)这个程序使得以质量较差的煤可以炼成够标准的焦炭，节省炼焦费用。(5)这个程序显著地改善了工地的安全及炉顶的工作情况，因为炉盖密封，预热的煤在炉内局部流动，因此不需要平煤，而且没有装煤车来往，煤与灼热的炉壁接触后所形成的多环烃化合物现在被困在炉内，通到密封的集气系统。

管道装煤尚存在一些问题。(1)因为需要预热煤，所以成本高，整个装煤过程比装煤车要长，但这些缺点可由炼焦时间缩短、质量提高，以及同时可向一个以上炭化室装煤等优点来克服。(2)由预热器中排放出来的废气，用文丘里洗涤器最适于将废气中的细煤尘收集起来，由洗涤器排出的污水，用泡沫浮选法将煤浓缩成浆，煤浆在重新送入预热器前必须干燥。(3)在装煤时，粉煤被带入集气总管，所以需要另加一条集气管(只在装煤时使用)，以收集转入集气总管的煤粉。预热器由于上述(2)与(3)两个问题，所以要添设辅助设备。(4)虽然已无炉顶加煤，但仍有上升管道及阀需要管理，另外还有转向阀需要操作，所以管道装煤仍需有人在焦炉附近操作。(5)因为管道装煤时炉内的压力可能达 $12\sim 14$ 吋水柱表计压力，而用一般装煤方法时只有几吋的负压，因此设计炉门时必须考虑这种压力，否则炉门漏气或密封情况不佳就会影响整个运转。

三、防治推焦和出焦过程中烟气的装置

在推焦工序中，赤焦落入焦车，同时放出烟尘，这是焦炉的第二大污染源。

对推焦时产生的大气污染物的控制还没有象装煤那样受到重视。推焦的主要问题是推出了生焦，即当煤在未完全焦化以前就被推出来了。它在焦车中开始燃烧，大量的烟排入空气中。要控制这种情况的产生是一个适当的操作程序问题，这在运转正常的焦化厂中是能够做到的，但在正常推焦时产生的大气污染物则难以控制，因为污染源不好控制。

虽然已经作出几种密闭式或加罩的推焦操作的设计，但在生产中还没有广泛地应用。

最有希望的设计是运行在炉侧的机动装置，它把推焦和熄焦操作结合在一起，推焦和熄焦时产生的气体经湿式洗涤器净化后排入大气中^[12]。

1. 装有洗涤器的罩盖系统^{[13][6]}

在西德 Gelsenkirchen 城 Zollverein 厂内，Hartung Kuhn 公司设计和采用了一种罩盖，它可以同时罩住导焦槽和熄焦车。推焦时，烟尘被收集到罩内，并在洗涤器中受到净化，洗涤器是安装在焦侧操作台的一辆车子上（图 4）。收集烟尘的效率受穿过罩盖和熄焦车之间相当大的缝隙的风力的影响。罩盖材料的腐蚀和热应力的破坏现象也很严重。

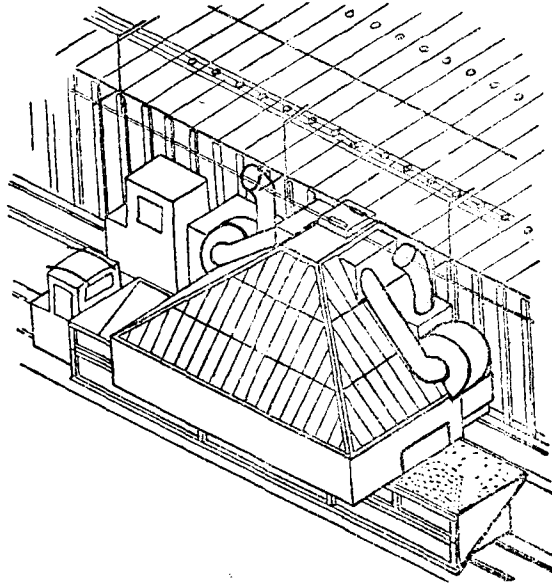


图 4 装有洗涤器的罩盖系统

Hartung Kuhn 公司总结了上述经验之后，又在 Gneisenau 城建成了第二种罩盖，至今仍在运转。为了得到需要的高速气流，这种罩盖装有文丘里氏蒸汽冲洗器。罩盖支承在炉门机和位于焦车轨道外侧的第三条车轨之间，而文丘里氏蒸汽冲洗器就装在第三条车轨上。这种罩盖的特点是在运转时无声和冲洗器能去除焦油与气体中可溶于苯的颗粒物。

2. 装有导管的罩盖系统^{[13][6]}

这种系统最初出现在日本。先在鹿岛和加古川两地大型焦炉厂采用，前者是由住友公司建造的，后者是由三菱公司设计和建造的。两个厂都存在一些问题，一个厂主要是腐蚀问题，而另一个则是罩盖和导管的联结问题。

Koppers 公司为美国底特律市 Dearborn 厂设计并建造的 Ford-Koppers 式推焦系统，已于 1972 年 6 月投产（图 5）。这是欧洲和日本系统的修改，只有在罩盖和烟尘收集管的设计上稍有差别。罩盖和熄焦车之间的空隙保持到最小程度以防止烟尘散发到大气中。

在本系统中主导管位于焦车道的外边而与炉室平行。导管的支撑结构包括了罩盖的外轮移动时所需的轨道。在推焦时罩盖并不罩住整个焦车，但用车内的内障板来使风吹的损失降至最小。设计罩盖系统时要防止受热变形和由于烟气造成的腐蚀。

本设计的特点是在机车内有一个显示推焦机横梁位置的指示器系统，使司机可以看到赤焦均匀地落入焦车。导管系统的主要优点是可采用大风机和许多冲洗器。

3. 封闭式运焦车^[13]

美国 Koppers 公司所建造的 Weirton 厂运焦车是完全封闭式的。把炉内全部的焦经封闭的导焦槽推进一个一次对位式完全封闭的热焦运输车内。车中有一洗涤系统清洗推焦时和运输期间排放的污染物。推焦完毕后导焦槽和焦车分开，车顶上的孔口关闭，车便运到熄焦站去。

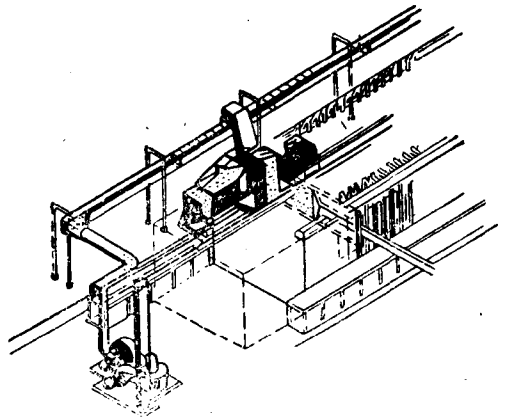


图 5 装有导管的罩盖系统

四、改良的熄焦法

1. 湿法无尘熄焦系统^[14]

当焦炉中的热焦排出后进行熄焦时，通常产生大量的浓烟和灰尘。西德 Carl Still 公司的完全封闭式导焦和熄焦系统（图 6）。将所有的大气污染物都先经过清洁系统才得以排入大气中。在通常的熄焦法中，一座焦炉内的熄焦工作是集中在一次进行的，而在新方法中则是在焦炉周期之间连续进行的。

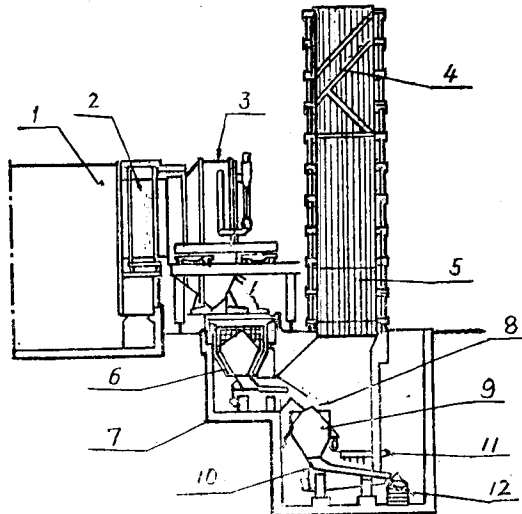


图 6 Carl Still 公司的无扬尘出焦熄焦系统

1. 焦炉；2. 导焦槽；3. 装箱车；4. 分离器；5. 组装机；6. 位于测重传感器上的排焦斗；7. 运焦槽；8. 熄焦系统；9. 位于测重传感器上的熄焦箱；10. 运焦槽和后熄焦；11. 后熄焦线；12. 输送带。

当炭化室内的热焦被推出时，装箱车位于导焦槽的前面，由于导焦槽的集尘系统和装箱

车的集尘器相连接，因此热焦落入移动式箱中时不致产生烟尘。装了焦炭的移动箱向固定式低位箱处移动，在两个箱之间有一个套管式联结器以保证密封。当联结器联结上的时候，低位箱的滑动闸门和移动箱的排放闸门都打开，焦炭便排放入固定箱，这时装箱车的集尘器位于工作状态。一俟排焦工作完毕，闸门便关闭，这时取掉联结器，装箱车就移动到下一个炭化室。热焦从低位煤箱连续地通过耐热振动槽运往熄焦箱。预熄焦是在振动槽内进行的。熄焦喷水的供给率系按振动槽的能力来控制的。

再经过后熄焦，焦炭便离开熄焦箱，用输送带送走。焦炭在进入熄焦箱以前，在熄焦箱内，以及在离开熄焦箱后都连续地在进行熄焦。所有的熄焦操作都是在熄焦塔的正下方进行的。塔内装设了障板和冲洗设备以便去除蒸气中夹带着的焦炭细颗粒。

熄焦站的下面设有泵站。它把任何多余的水量输送到集水坑，同时箱车上的集尘器产生的污泥也排到此处。熄焦站的屋子里都具备了时时清洗的冲洗设备，冲洗后的污水也向集水坑处排。为了便于维修和解决熄焦时发生故障的困难，熄焦站可以安装一套备用系统。

2. 湿法移动式回转熄焦车^[15]

意大利 Cornigliano 厂于 1971 年建成一种新型熄焦车（图 7），它由密闭防尘罩、摘门机、导焦槽、清扫机构、焦炭接受器、除尘净化装置、熄焦转筒以及焦炭排出器等构成。整个设备约重 310 吨，除尘效率 95%。

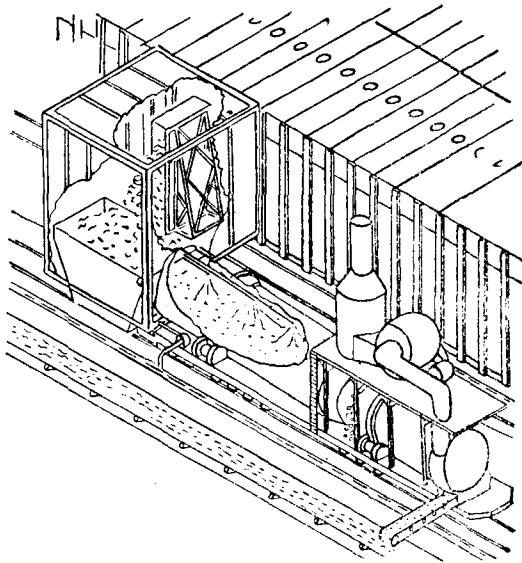


图 7 移动式回转熄焦车

熄焦时焦炭在一个密闭防尘罩里被推进接受器中，赤热焦炭在此被倾倒进一个连续操作的熄焦转筒中喷水熄焦、除尘。熄焦毕由推出口把焦炭推出转筒，用水量由热散装置自动控制。

新型熄焦车与传统式熄焦流程（熄焦车与熄焦塔）相比，具有以下优点：推焦和熄焦过程中，空气污染的程度极低，连续熄焦与间歇推焦相结合；熄焦后的焦炭水份一致，改进了焦炭强度；因为操作是按程序控制的，所以不会浪费时间，投资和操作费用少。

3. Halcon 罩式熄焦车^[16]

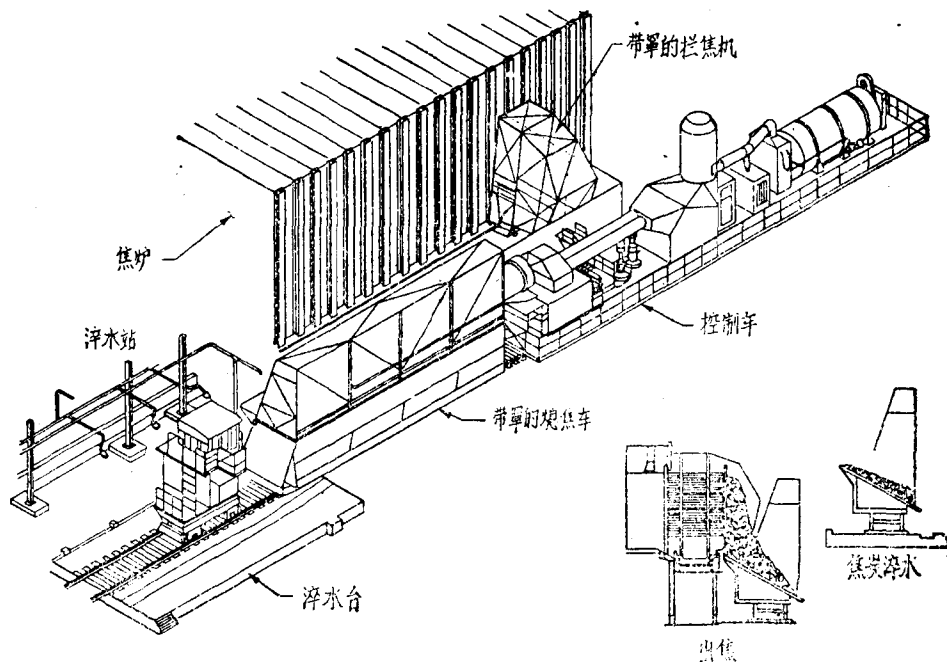


图 8 Halcon 罩式熄焦车系统示意图

美国 Interlake 公司研制成一种带烟罩的熄焦车，称作 Halcon 罩式熄焦车系统（图 8）。本系统有下列特点：（1）它能适用于现有的或新建的焦炉；（2）在推焦、焦车运行过程中以及熄焦时，这种系统可以捕集和储存烟气，（3）气体的净化符合规定的标准。

虽然对这种系统还没有进行过工艺试验，但据称它要比一些工业化装置有效而且经济。已决定在 Interlake 公司的芝加哥炼焦厂内进行这种系统的设计、装配和试验工作。

4. 干法熄焦^{[17][18][19]}

近年，美国、日本和欧洲国家对于法熄焦表现出很大的兴趣，因为这种工艺的优点是能够控制污染，进行能量回收和提高焦炭质量。

干法熄焦是第一次世界大战后不久由瑞士苏尔兹公司研制出来的，当时，这个方法主要用于回收能量。到 1950 年时，全世界已有 70 多个生产煤气的炼焦厂和一些钢铁厂采用了干法熄焦工艺。虽然，煤气厂中的大部份装置后由于使用天然气而停产，但在欧洲的钢铁厂至今仍有一些干法熄焦装置在运转。英国福特汽车公司在 Dagenham 地区的炼焦厂和法国 Wendel-Sideler 公司所属 Homecourt 地区的干法熄焦站已运转了 40 多年了。

苏联在六十年代初期开始采用干法熄焦，目前规定新建炼焦厂必须采用干法熄焦。苏联现已在 7 个企业中有 9 套干熄焦装置，共 38 个熄焦室进行运转，另在 4 个企业中还有 4 套干熄焦装置，共 21 个熄焦室正在施工或处在设计阶段。^[20]

日本的新日本钢铁公司户畑厂、福山钢管的鹿岛厂、川崎化学公司都从苏联引进干法熄焦装置。

美国钢铁公司中，一些较大的焦化厂已采用干法熄焦，但装置的生产能力较小，其中 9 台装置每天可处理 2,000 吨焦炭。^[20]

欧洲建设的干法熄焦站的主要目的是回收能量，而苏联建设干法熄焦站的目的是为了