

炭黑工业现状与节能减排展望

郭隽奎

(中国橡胶工业协会炭黑分会,天津 300100)

摘要:以数据说明我国炭黑工业依靠科技进步,已经进入规模化发展阶段,在工艺和装备水平以及节能环保方面都取得了长足进步。从提高能源效率的视角审视炭黑工业节能减排,特别是碳减排的潜力,寻求改进现有生产工艺、提高能源效率和降低碳排放的方法。

关键词:炭黑;节能减排;碳排放

随着我国综合国力的增强和高等级公路的快速发展,汽车工业已经成为我国国民经济的支柱产业。国外知名的汽车制造商看好我国的汽车市场,纷纷在大陆建厂。世界轮胎生产商也积极跟进,将制造基地移师我国。这为我国炭黑工业提供了难得的发展机遇和广阔的发展空间。近年来,能源价格持续上涨,供应体系不稳定,炭黑工业面临着如何进一步提高能源效率,以降低成本和增强竞争力的难题。

众所周知,炭黑生产以高碳能源为原料,炭黑工业是二氧化碳排放量较高的行业之一。经测算,在当前的工艺装备水平下,每生产1 t炭黑,至少要排放2.8 t二氧化碳。2009年我国炭黑工业的二氧化碳排放量超过790万t。由此可见,碳减排是全行业面临的迫切任务,降低二氧化碳排放量是炭黑工业可持续发展的必由之路。

1 我国炭黑工业现状

21世纪以来,我国炭黑工业依靠科技进步取得了快速发展,较好地满足了国民经济、汽车和轮胎市场的需求。炭黑工业在工艺和装备水平以及

节能、环保等方面都取得了长足进步。目前,全行业每吨炭黑产品的平均原料油消耗仅为1.77 t,比2005年降低了19.3%。烟气中的炭黑捕集回收率高达99.9%,尾气中污染物浓度均低于 $10 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$,大中型企业的尾气中炭黑浓度通常为 $2 \sim 5 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$,远低于国家标准规定的 $18 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 的限值。生产过程中的尾气和工艺废水均已回收利用。据不完全统计,到2009年底,全行业尾气锅炉每小时的蒸发量约540 t,尾气发电装机容量已达27.95万kW。据初步测算,每年仅尾气发电一项可创经济效益约4.5亿元。大中型企业都建有废水处理与回收利用装置,全行业每年减排废水近300万t。一些大型企业生产过程中的工艺废水经处理后全部回用于炭黑生产,实现了炭黑生产装置污水零排放。

1.1 产能年均增长近45万t

在橡胶制品特别是轮胎市场需求快速增长的刺激下,我国炭黑产能迅速增长。近5年来,我国炭黑新增产能高达223万t,平均每年增长近45万t。据统计,2005—2009年新增炭黑产能分别为31.6万t,51.0万t,43.5万t,40.0万t和

56.5万t。由此推算,全行业近5年的新增产能占2009年炭黑总产能的51%。

据中国橡胶工业协会炭黑分会(以下简称炭黑分会)的统计,2009年全国炭黑产能规模在1.5万t以上的炭黑企业有60余家,总产能约为435万t。产能介于5万~10万t的中型企业有20家。产能在10万t以上的大型企业有10家,其2005—2010年产能增长及2012年产能预测见表1。2009年10家大型炭黑的产能合计为207万t,约占国内总产能的47%。30家大中型企业的炭黑产能合计为340万t,占国内炭黑总产能的78%。

从表1数据可见,大型炭黑的产能集中度(即合计产能占总产能的比例)在逐年稳步提高,2005年10家大型企业的产能集中度为

33.3%,2008年达到43.0%,2009年为47.6%,2010年突破50%。从产能预测数据推断,2012年这10家企业的合计产能集中度很可能会达到60%~65%。显然,大型企业产能集中度的提高有利于更好地发挥规模优势和技术优势。

1.2 产量居世界首位

2001年我国炭黑产量达到76.8万t,首次超过日本,居世界第2位;2006年又超过美国,达到185万t,成为全球最大的炭黑生产国。近10年来的统计数据表明,我国炭黑产量的年均增长率在15%左右。2007年由于汽车和轮胎工业的异常拉动,我国炭黑产量增长率曾高达25.8%;2008年金融危机爆发后回落至4.3%,但仍然为正增长。近年我国炭黑产量、进出口量及表观消费量统计数据见表2。

表1 近年国内10家大型炭黑企业产能

项 目	2005年	2008年	2009年	2010年(目标)	2012年(预测)
企业炭黑产能/万t					
江西黑猫炭黑股份有限公司	17.5	28.0	40.0	48.0	74.0
卡博特(中国)有限公司	13.0	24.5	42.0	44.5	70.0
台湾中橡集团	12.6	19.5	20.5	30.0	45.0
龙星化工集团有限公司	9.0	19.0	19.0	27.0	40.0
山东华东橡胶材料有限公司	3.0	12.0	20.0	26.0	40.0
青州市博奥炭黑有限责任公司	4.5	7.2	13.5	22.0	30.0
石家庄新星炭黑有限公司	5.2	11.0	14.0	16.0	22.0
苏州宝化炭黑有限公司	8.0	14.0	14.0	14.0	20.0
大石桥市江滨炭黑厂	3.5	8.0	13.0	13.0	18.0
河北大光明实业集团	2.0	11.0	11.0	12.5	15.0
合计产能/万t	78.3	154.2	207.0	253.0	374.0
全国炭黑总产能/万t	235.2	358.8	434.9		
10家企业产能集中度/%	33.3	43.0	47.6		

注:1)选择2009年生产规模在10万t以上的大型企业,按2010年的目标产能排序;2)2010年目标产能和2012年的预测产能数据为笔者根据各企业的发展规划及媒体发布的信息而做出的预测值;3)各年度的产能数据以当年年底具备开工投产条件的生产线统计为准。

表2 近年我国炭黑产量和表观消费量统计

项 目	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年
炭黑产量/万t	161.7	185.2	232.9	242.8	283.1
增长率/%	17.1	14.5	25.8	4.3	16.6
进口量/万t	12.8	12.1	10.8	8.2	8.9
出口量/万t	12.1	11.9	14.9	18.2	16.2
表观消费量/万t	162.4	185.4	228.8	232.8	275.8

2009年,我国炭黑企业在全球金融危机中求生存谋发展,取得了不凡业绩。2009年全国炭黑总产量为283.1万t,同比增长16.6%。产能在10万t以上的10家大型企业2009年的合计产量为156.6万t,约占全国总产量的55.3%。

据炭黑分会40家会员企业的统计,2010年1—6月,炭黑合计产量为122.4万t,同比增长35.7%;炭黑销量为120.3万t,同比增长28.9%,产销率高达98.3%,供求相对平衡。

2010年上半年,10家大型炭黑企业的产

销量、设备运转率及产销率见表3。可以看出,除了石家庄新星活性炭有限公司、台湾中橡集团和大石桥头辽滨炭黑厂外,其他几家企业的设备运转率都在80%以上,金融危机的影响已基本消除,特别是苏州宝化炭黑有限公司、江西黑猫炭黑股份有限公司和龙星化工集团有限公司均为超负荷运转,产销率都在95%以上,呈现产销两旺的态势。台湾中橡集团和大石桥头辽滨炭黑厂等企业受金融危机的负面影响较大。

表3 2010年上半年10家大型炭黑企业的产销量、设备运转率及产销率

企业名称	产能/万t	产量/万t	销量/万t	运转率/%	产销率/%
江西黑猫炭黑股份有限公司	20.00	22.17	21.27	110.9	95.9
卡博特(中国)有限公司	21.00	19.50	18.80	92.9	96.4
龙星化工集团有限公司	10.00	10.48	10.15	104.8	96.9
山东华东橡胶材料有限公司	10.00	8.46	8.27	84.6	97.8
苏州宝化炭黑有限公司	7.00	7.87	7.76	112.4	98.6
台湾中橡集团	10.25	7.05	7.48	68.8	106.1
青州市博奥炭黑有限责任公司	6.75	5.50	5.64	81.5	102.5
石家庄新星活性炭有限公司	7.00	4.69	4.68	67.0	99.8
大石桥头辽滨炭黑厂	6.50	4.61	4.70	70.9	102.0
河北大光明实业集团	5.50	4.46	4.01	81.1	89.9

注:1)企业以2010年1—6月炭黑产量排序;2)半年产能按2009年年底企业实际产能数据的一半计。

1.3 出口量大幅增长

近5年来,我国炭黑进出口贸易的大体趋势为进口量逐年减小,而出口量逐年增长,正从炭黑净进口国向净出口国转变。2009年,受全球金融危机及国际贸易摩擦双重因素的影响,炭黑出口受阻。2009年,我国炭黑出口量为16.19万t,同比下降10.9%;进口量为8.90万t,同比增长8.2%。预计2010年炭黑出口量将超过22万t,创历史新高。近5年来,炭黑进出口量的波动变化情况见图1。

据海关的统计数据,2010年上半年,我国炭黑出口量累计为11.92万t,同比增长119.2%,已超过2006年全年炭黑出口量;炭黑进口量累计为4.32万t,同比增长14.2%。2010年上半年与2009年上半年炭黑月度进出口量数据见表4。

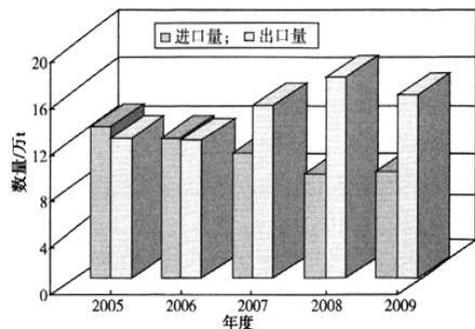


图1 2005—2009年我国炭黑进出口量

2 炭黑工业的节能减排

2009年,哥本哈根全球气候大会达成“2℃共识”,即全球平均气温不应比工业化前高出2℃,这意味着全球共同推进碳减排的时代即将

表4 2010上半年炭黑月度进出口量统计 t

月份	进口量		出口量	
	2010年	2009年	2010年	2009年
1月	7000	1938	20242	10243
2月	4911	3121	16300	10169
3月	9487	4187	24049	12149
4月	7044	6976	17419	8538
5月	7603	9422	18856	6279
6月	7118	12130	22303	6982
1-6月合计	43163	37774	119169	54360

到来。我国政府在这次全球气候大会上承诺,到2020年,单位GDP的二氧化碳排放量比2005年减少40%~45%。当前,炭黑工业面临的重要任务是提高设备和工艺流程的高效性,减少碳排放,使能源效率最大化,为我国的二氧化碳减排做出应有的贡献。

业内人士普遍认为,在当前的炭黑生产装备水平下,高温烟气的显热利用率尚不足50%。炭黑生产过程中的能量损失主要源于高温烟气的直接喷水急冷。另外,人们长期以来一直在寻求如何将尾气用作反应炉燃料的途径。显然,这两方面的改进必然会收到节能和减排的双重效果。尽管炭黑尾气中主要的可燃成分是一氧化碳、氢气和甲烷,其经燃烧之后所含的温室气体主要是一氧化碳和痕量的一氧化二氮,所以炭黑工业面临的减排任务是碳减排。

2.1 目前炭黑生产节能减排的主要方法

2.1.1 高温烟气干燥湿粒子

当前的油炉法工艺在湿法造粒工段通常是以尾气为燃料干燥湿粒子,干燥过程耗用的尾气量一般占尾气总量的15%~20%。若将急冷后的高温反应炉烟气分成A和B两股,将其中一股烟气A经空气预热器等设备降温,在低于袋滤操作容许温度下,送入主袋滤器,使悬浮的炭黑与尾气分离。粉状炭黑在造粒机中与水混合,形成湿炭黑颗粒;再将湿粒子与另一股烟气B直接接触,靠其物理热干燥湿粒子。因此,与常规的方法相比具有明显的节能效果。

由于这种干燥过程不需借助尾气的燃烧,因此可省略尾气燃烧炉等设备,加上分流后的烟气B是直接通入干燥机中,更可省去干燥机火箱,而

干燥机转鼓不用再明火加热,也可延长其使用寿命,转鼓内的温度分布也更加均匀,可有效精简操作程序,降低设备维修费用。

一般来说,用于干燥湿炭黑粒子的烟气可以来自炭黑急冷和空气预热器之间,或是来自油预热器和主袋滤器之间。这种烟气从干燥机排出后既可送回到主袋滤器上游合适的位置,也可单独进行过滤。此外,在烟气经预急冷以终止反应的过程中,其用水量比现有工艺明显减小,降低了工艺水的总耗用量。直接用高温烟气物理热干燥的炭黑,其质量符合ASTM标准,而操作温度容易控制,炭黑的水分含量也比常规工艺低得多。

2.1.2 采用950℃高温空气预热器

空气预热器是炭黑生产中重要的节能设备。实践证实,空气预热温度从650℃提高到800℃,乃至950℃时,入炉空气温度每提高100℃,过程的总能量损失则降低1.95%,而炭黑收率可提高约3%。因此,高温空气预热器的结构改进,一直受到人们的关注。例如,改进预热器壳程折流板结构,提高换热效率;采用变通径空气预热器,管束中的每根换热管的管径随烟气密度而变,保持烟气在管内不同部位的流速基本不变,防止和减少管壁结垢和堵塞,提高换热效率。

2.1.3 流程中设置急冷锅炉

在当前的炭黑生产装备水平下,流程中设置急冷锅炉是减小喷水量、提高烟气物理热利用率的关键。然而,炭黑企业目前正在试用急冷锅炉,其烟气物理热的回收率仅提高15%,比预定目标28%要低得多,装置设计和运行中的一些问题尚待解决。

2.1.4 尾气部分替代反应炉燃料

看来,提高尾气热值,提高燃烧效率,最大程度地为原料油的热解提供能量是尾气用作反应炉燃料的关键所在。尾气经脱湿处理,除去大部分水蒸气之后(含水量通常要低于5%),送入炭黑反应炉中,可替代一部分燃料。尾气的入炉方式可由切向通道通入反应炉的燃烧段。以炭黑N660生产为例,其主要工艺参数如下:一次空气、二次空气和雾化空气总量为 $16000 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$,入炉尾气流量为 $8260 \text{ Nm}^3 \cdot \text{h}^{-1}$,原料油处理量为

7200 kg·h⁻¹, 炭黑产量 4855 kg·h⁻¹。与不添加尾气的普通工艺相比, 该过程节省油料 762 kg·h⁻¹。实践证明, 对特定的反应炉生产软质炭黑而言, 尾气部分替代反应炉燃料, 可以节省 10%~12% 的油料消耗, 而温室气体的排放量亦减少 10%~12%。

2.1.5 尾气完全替代反应炉燃料

近年来的技术开发成果表明, 当尾气在低于化学计量的富氧空气条件下燃烧, 即所用的氧化剂量必须低于化学计量的 80%, 生产过程才是经济的。实验证实, 采用这种燃烧方式, 尾气中二氧化碳和水汽含量大为减小。由此推断, 在这种燃烧条件下, 原料油高温热解的机理发生了某些变化。烃原料在反应炉中除了高温热解之外, 还与二氧化碳和水蒸气反应, 生成炭黑、一氧化碳和氢气, 因而大大降低了尾气中二氧化碳和水蒸气的浓度, 并耗尽了燃烧空气中的氧, 不但提高了炭黑收率, 又达到了碳减排的效果。

值得注意的是, 尾气经脱湿后, 水蒸气含量低于 5%, 预热至 580 ℃, 与不足量的富氧空气燃烧, 一次燃烧率控制在 75%, 生产成本才是最低

的。实验表明, 这种完全以尾气为燃料的生产过程, 炭黑收率要比常规的生产工艺高 19.7%。因此, 可以得出结论, 对生产同一品种炭黑而言, 完全用尾气作燃料, 过程空气加氧富化, 富氧浓度 (体积) 为 5.5% 时, 一次燃烧率为 75% 的条件下, 其炭黑收率较高, 而生产成本最低。

2.2 开发节能减排的其他途径

炭黑行业应进一步通过生产线的技术改造以及各单元操作的优化等措施, 最大限度地回收损失掉的能量。炭黑业界普遍认为, 当前的油炉法过程更应当从改变反应方式入手, 降低二氧化碳排放量。

业已发现, 在炭黑生产过程中, 以乙酸钙为催化剂可提高反应炉的生产能力。因而, 人们一直力图开发出可降低裂解温度和提高炭黑收率的新型催化剂。近年出现的热催化裂解技术就是利用某种催化剂, 使烃原料在无氧无水的条件下裂解生成炭黑和氢气, 而反应过程中无二氧化碳产生。尽管这项技术是为氢燃料电池制备氢气源而开发的, 也许会对炭黑新工艺的开发起到借鉴作用。

行业动态

橡胶助剂行业景气度有望提升

2010 年我国橡胶助剂净出口量大幅增长, 同时出口单价也出现了一定幅度的上涨。据统计: 2010 年我国橡胶防老剂和促进剂的总出口量为 3.9 万 t, 同比增长 80.2%; 橡胶防老剂出口均价同比上涨 29.2%, 促进剂出口均价同比上涨 12.1%。

市场分析人士表示, 2010 年我国橡胶助剂出口量大幅增长主要是由于国内助剂产能扩张迅速。近年来, 轮胎、橡胶制品下游行业对橡胶助剂的需求快速增长, 我国橡胶助剂企业纷纷新建或扩建产能, 使橡胶助剂的产量增长。2010 年我国橡胶助剂行业新增 12 万 t 产能, 总产量已达

66.6 万~67.2 万 t, 同比增长 12%~13%。预计 2011 年我国橡胶助剂产能还将增大 14 万 t, 包括橡胶防老剂 4020 新增产能约 5 万 t, 促进剂 M 新增产能约 4 万 t, 次磺酰胺类促进剂新增产能约 3 万 t, 不溶性硫黄和防焦剂新增产能约 2 万 t。2011 年橡胶助剂产量增长幅度将达 15% 左右。由于产能快速扩张, 近年来我国橡胶助剂行业正逐步进行产业结构调整, 国内橡胶助剂的品种逐渐增多, 行业竞争力提高, 出口量增大。预计 2011 年我国橡胶助剂行业在原料供应充足、下游需求旺盛和出口量增长的情况下, 景气度将会提升。

明月