

# 基于数据分析的有色金属冶炼多种烟气脱硫技术对比

王立娜

(内蒙古交通职业技术学院, 内蒙古 赤峰 024005)

[摘要] 本文结合当前国家对各有色金属工业大气污染物排放限值的要求以及行业政策规范,对当前有色金属冶炼领域烟气脱硫的工艺技术及应用情况进行了对比和优缺点分析,并对某铜冶炼厂的两烟种烟气处理方案进行了综合对比。结果表明,各种烟气脱硫技术均存在优势和缺陷,很难找到一种完美的脱硫技术,烟气脱硫工艺技术的选择需综合考虑设备的投资费用、设施占地、脱硫剂的费用和供给稳定性、副产品处置和收益等,计算技术成本和运营成本,应选用性价比最为合适的脱硫工艺。

[关键词] 有色金属冶炼; 大气污染物排放限值; 烟气; 脱硫工艺; 行业政策规范; 技术成本; 运营成本

[中图分类号] TF8; X758 [文献标志码] B [文章编号] 1672-6103(2021)03-0079-06

DOI:10.19612/j.cnki.cn11-5066/tf.2021.03.014

数据分析在各个行业领域的应用广泛,基于数据分析,更能客观、全面、系统地加深对行业的理解。随着国家对环保治理力度的不断加大和大气污染物排放标准的提高,冶炼烟气二氧化硫达标排放已成为环保监测的重点项目,有色金属烟气脱硫技术是有色金属火法冶炼中必不可少的环保处理工序。本文从数据分析的角度对有色金属冶炼烟气脱硫技术进行统计和分析,希望对烟气脱硫技术的选择和未来发展提供思路和见解。

## 1 有色金属工业大气污染物排放限值

2019年7月,生态环境部联合国家发展和改革委员会等颁布《工业炉窑大气污染综合治理方案》,要求进一步降低工业行业二氧化硫、氮氧化物、颗粒物等污染物排放,重点区域原则上按照颗粒物、二氧化硫、氮氧化物排放限值分别不高于 $30\text{ mg/m}^3$ 、 $200\text{ mg/m}^3$ 、 $300\text{ mg/m}^3$ 实施改造<sup>[1]</sup>。2020年4月生态环境部发布《排污许可证申请与核发技术规范 工业炉窑》,对大气污染物的监测范围、要求、频率等具体细节进行明确要求,重点地区监测频次1次/半年,

一般地区监测频次为1次/年<sup>[2]</sup>。

《铝工业污染物排放标准》《铅、锌工业污染物排放标准》《铜、镍、钴工业污染物排放标准》《镁、钛工业污染物排放标准》《稀土工业污染物排放标准》《钒工业污染物排放标准》《锡、锑、汞工业污染物排放标准》《再生铜、铝、铅、锌工业污染物排放标准》均已发布实施,对各个有色金属工业大气污染物均明确要求特别排放限值,具体大气污染物排放限制要求对比见表1。

表1 不同金属工业的大气污染物排放限值对比

工业类型	颗粒物	$\text{mg/m}^3$			
		二氧化硫	氮氧化物 (以 $\text{NO}_2$ 计)	硫酸雾	氟化物
铝	10	100	100	—	3.0
铅、锌	10	100	100	20	—
铜、镍、钴	10	100	100	20	3.0
镁、钛	10	100	100	—	—
稀土工业	10	100	100	35	5
钒	10	100	100	20	—
锡	10	100	100	—	3
锑	10	100	100	—	—
汞	10	100	100	—	—
再生有色金属	10	100	100	10	3

从表1可以看出,各个有色金属工业大气污染物排放限值标准一致,颗粒物要求低于 $10\text{ mg/m}^3$ ,

[收稿日期] 2020-10-26

[作者简介] 王立娜(1984—),女,蒙古族,本科,中级讲师,研究方向为行业数据统计分析。

[引用格式] 王立娜. 基于数据分析的有色金属冶炼多种烟气脱硫技术对比[J]. 中国有色冶金, 2021, 50(3): 79-84.

SO<sub>2</sub>含量要求低于 100 mg/m<sup>3</sup>,氮氧化物(以 NO<sub>2</sub>计)低于 100 mg/m<sup>3</sup>,比原有一般排放标准要求大幅提高。

## 2 各种烟气脱硫工艺技术对比

烟气脱硫的过程是将烟气中的含硫物质通过与脱硫剂(或氧化剂、吸附剂)发生反应从而去除的过程,根据吸收剂及脱硫产物在脱硫过程中的状态,烟气脱硫技术可分为湿法、干法、半干(半湿)法三种。其中,湿法烟气脱硫技术的工业化应用最为广泛,干法脱硫因效率低、反应慢、设备庞大,市场应用次于湿法脱硫。湿法脱硫技术根据反应机理不同分三类:一类是酸碱中和反应脱硫,如石灰石/石膏法、氧化锌法、氧化镁法,常见脱硫剂有石灰石、生石灰、熟石灰、氧化镁、碳酸镁、碳酸钠、液氨、氨水、碳铵等。二类是吸附再生或缓冲机理回收硫资源,采用的吸附剂有亚硫酸钠、磷酸氢二钠、有机胺、柠檬酸钠等。三类是采用氧化剂直接将 SO<sub>2</sub>氧化为 SO<sub>3</sub>,转化为稀硫酸,如双氧水。湿法脱硫技术情况对比见表 2<sup>[3]</sup>。

从表 2 可以看出,酸碱中和类技术优势在于工艺简单、投资和运行费用相对较低,吸附再生类和直接氧化类的优势在于处理烟气以后几乎不产生废渣和废液,但运行费用较高,比如直接氧化类所用氧化剂多为双氧水,双氧水是一种强氧化剂,运输和存储的要求很高,吸附再生类技术所用吸附剂柠檬酸钠,对设备腐蚀严重,综合考虑设备投资、运行成本及风

险,酸碱中和类技术相对更具优势,是目前较实用的脱硫处理技术。

表 2 湿法脱硫技术情况对比

项目	酸碱中和类	吸附再生类	直接氧化类
脱硫效率	≥95%	≥98%	≥98%
脱硫剂/吸附剂	石灰石/石灰、氧化镁	柠檬酸钠、有机胺	双氧水
脱硫副产品	石膏	高浓度 SO <sub>2</sub> 气体	稀硫酸
有无废渣和废液产生	有	少量	无
冷却水是否需要	可能需要	需要	不需要
蒸汽是否需要	可能需要	需要	不需要
能耗	较高	高	低
投资费用	较高	高	低
运行费用	低	高	较高
运行风险	较高	低	高

## 3 当前有色金属冶炼脱硫工艺应用情况数据对比

针对不同金属的火法冶炼工艺,烟气中的 SO<sub>2</sub>含量差别较大,各有色金属冶炼烟气中 SO<sub>2</sub>的大概含量见表 3。

从表 3 可以看出,铜冶炼过程中的环集烟气 SO<sub>2</sub>含量波动较大,在 1~10 g/m<sup>3</sup>,铅、锌、钼、锡、锑、钴等有色金属冶炼烟气量 SO<sub>2</sub>含量在 2% 以下,但往往含有重金属粉尘、砷、氟、氮氧化物等有害物质。

表 3 各有色金属冶炼烟气中 SO<sub>2</sub>含量对比

不同冶炼烟气	铜冶炼过程中的环集烟气	镍冶炼转炉、鼓风机、回转窑、贫化炉	铅锌冶炼熔化炉、锌浸出渣挥发回转窑、脱氟氯多膛炉	钼锡锑钴等稀有有色金属	再生铅冶炼
SO <sub>2</sub> 含量	0.04% ~ 0.4%	0.05% ~ 2.0%	0.1% ~ 1.0%	2.0%	0.05% ~ 2.0%

在铜、镍、铅、锌等有色金属冶炼工艺中高浓度的 SO<sub>2</sub>烟气(7%~28%)直接回收用于制酸,低浓度的烟气需要经过脱硫处理才能达标排放。各有色金属烟气脱硫工艺亦有较大差异<sup>[4]</sup>,具体工艺和应用情况对比分别见表 4、表 5。

从表 4、表 5 可以看出,铜、镍冶炼环集烟气脱硫多采用活性焦法、可再生有机胺法、石灰/石灰石-石膏法和钠碱法,主要是由于这几种工艺的环保投入较低,技术成熟可靠,副产品也利于回收利用和处置。石灰/石灰石-石膏法、双碱法、氧化锌法是铅

锌冶炼烟气脱硫工艺的主流工艺,其中氧化锌法应用更为广泛,这个与铅锌冶炼厂的独特优势息息相关,氧化锌脱硫剂易得且脱硫副产品硫酸锌易处理。稀有有色金属冶炼烟气量大,且气浓波动大,采用钠碱法、双碱法工艺回收亚硫酸钠或者副产脱硫石膏抛弃处理更稳妥<sup>[5-6]</sup>。

随着各脱硫工艺的持续应用和排放标准的提高,设备的脱硫效果往往达不到排放标准限值,并且存在脱硫剂消耗量大、劳动强度大等问题。不少生产企业结合现有设备进行了技术改造,脱硫技术各

表4 冶炼烟气脱硫工艺对比

脱硫工艺	适用性 $\phi(\text{SO}_2)$	脱硫尾气/ $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$	脱硫 效率	副产品	优点	缺点
钠-硫酸钠	0.05% ~ 0.5%	< 100	98%	硫酸钠	烟气气量、气浓范围广,工艺设备简单,吸收剂来源限制小。	原料成本高、副产品流程长。
钠-亚硫酸钠	0.5% ~ 1%	< 100	98%	亚硫酸钠		
石灰石-石膏法	0.05% ~ 2%	< 200	90%	脱硫石膏	可处理超大气量、低浓度烟气,工艺成熟、脱硫剂廉价。	设备和管道易结垢和堵塞,副产品处置困难,系统运转率低。
双碱法	0.05% ~ 1.0%	< 100	98%	脱硫石膏	工艺成熟、脱硫剂廉价,副产品脱硫石膏品质高,利于回收,系统运转率高。	工艺流程较为复杂,投资及运行成本高于石灰-石膏法。
氧化锌法	0.05% ~ 2.0%	< 200	95%	硫酸锌	工艺流程、投资与石灰石-石膏法相似,副产品可作为其他工序的原料。	设备和管道易结垢和堵塞。
氧化镁法	0.05% ~ 2.0%	< 200	95%	亚硫酸镁	工艺流程、投资与石灰石-石膏法相似,副产品可作为其他工序的原料。	设备和管道易结垢和堵塞。
湿式氨法	0.05% ~ 1.0%	< 100	95%	硫酸铵	流程简单,吸收效果好。	原料成本高,生产固体硫酸铵的工艺流程较长,氨罐危险,且脱硫系统逃逸较多。
可再生有机胺法	0.05% ~ 5%	< 100	98%	$\phi(\text{SO}_2) > 99\%$ 的气体,供制酸	烟气适用性强,基本无“三废”。	流程较复杂、投资和运行成本高,蒸汽消耗量大。
活性焦法	0.05% ~ 1.0%	< 200	90%	$\phi(\text{SO}_2) > 20\%$ 的气体,供制酸	工艺适应性强,同时脱除烟气中重金属、砷、氟等有害物质。	工艺流程稍复杂,投资大,再生蒸汽和活性焦消耗高,运行成本高。
柠檬酸钠法	1.0% ~ 6.0%	< 200	90%	$\phi(\text{SO}_2) > 20\%$ 的气体,供制酸	脱硫溶剂廉价易得。	腐蚀性极强,对设备、管道耐腐蚀,材质要求极高,副产硫酸钠较多,解吸蒸汽耗量大,投资和运行成本高。
双氧水法	0.05% ~ 0.5%	< 50	98%	稀硫酸	流程简单、投资小、操作简单。	强氧化剂储存运输存在安全风险,脱硫剂成本较高,副产品稀硫酸浓度较低且含有硝酸根离子,对系统水平衡有较高要求,主要用于制酸尾气。
新型催化法	0.05% ~ 1.0%	< 200	95%	稀硫酸	几乎无废水、废渣排放。	投资大、运行成本较高,系统操作要求高且存在尾气带水腐蚀性问题,适应性受限制。

具特点。刘哲哲等<sup>[7]</sup>提出氨法烟气脱硫结合臭氧氧化工艺,利用鼓泡反应催化氧化烟气进行脱硫,仿真实验表明,脱硫率能够稳定达到99%以上。某铋冶炼厂对3台烟气脱硫塔进行改造,通过将塔内循环池移至塔外、增加搅拌及曝气装置、在石灰乳喷淋管的下方增设分液装置、循环池内增设通气管等改造措施稳定脱硫效果,脱硫剂单耗下降40%以上,二氧化硫排放指标稳定<sup>[8]</sup>。武育刚等<sup>[9]</sup>采用石灰法脱硫+湿法除雾技术对某国有大型“底吹炉-侧吹还原炉-烟化炉”的“三联炉”铅锌联合冶炼工艺

烟气进行脱硫,处理后尾气各项指标满足环保要求,排放气体中 $\text{SO}_2$ 含量 $< 50 \text{ mg}/\text{m}^3$ 。某锡厂采用石灰石-石膏烟气脱硫系统处理反射炉、电炉、回转窑及烟化炉的含硫烟气,采用气动乳化脱硫系统对原烟气脱硫系统喷淋塔进行改造,将厂区含硫烟气分两部分进行处理,解决了烟化炉烟气难以脱硫的难题,节省投资的同时提高了系统运行的经济性和安全性,运行后排放烟气 $\text{SO}_2$ 含量 $\leq 200 \text{ mg}/\text{m}^3$ ,未来指标还可进一步优化<sup>[10]</sup>。

当前研究开发的脱硫脱硝技术大体分为两类:

表5 各个有色金属冶炼烟气脱硫工艺应用情况对比

冶炼行业	脱硫工艺	冶炼企业
铜、镍冶炼环集烟气	活性焦法	江西铜业、珲春紫金、紫金铜业等
	石灰/石灰石-石膏法	和鼎铜业、云锡铜业、新疆五鑫铜业、会理昆鹏铜业、新疆喀拉铜镍矿
	电石渣-石膏法	华鼎铜业
	可再生有机胺法	广西金川有色、阳谷祥光铜业、中原黄金
	钠碱法	大冶有色、金冠铜业、白银有色
	氧化镁法	金隆铜业
	湿式氨法	云南铜业、易门铜业
	双氧水法	山东恒邦铜业
铅、锌冶炼	柠檬酸钠法	金川集团
	石灰/石灰石-石膏法	华信有色、内蒙古兴安铜锌冶炼、云南祥云飞龙
	可再生有机胺法	水口山有色
	钠碱法	株洲冶炼、河池南方有色
	湿式氨法	驰宏锌锗曲靖、陕西有色
	氧化锌法	江铜铅锌、豫光锌业、驰宏锌锗会泽、云铜锌业、株洲冶炼、中金岭南丹霞冶炼、蒙自矿冶、
	双碱法	陕西锌业、商洛炼锌、河南志成金铅、赤峰山金银铅、河南金利金铅
	钨、锡、铋、钴等稀贵有色金属冶炼	石灰/石灰石-石膏法
可再生有机胺法		金钼股份钼回转窑、多膛炉烟气
钠碱法		葫芦岛宏达钼业、龙宇多华钼业、兴城盛越金属钼冶炼烟气
氧化锌法		来宾冶炼锡冶炼烟气
双碱法		桃江久通铋业铋冶炼烟气、河池生富冶炼铋冶炼烟气
石灰石-石膏法		中电投集团、魏桥创业集团
SNCR 脱硝 + 静电除尘 + 氨法		云南文山铝业有限公司
氨法		云铝涌鑫铝业有限公司
电解铝烟气处理	氧化铝干法吸附 + 布袋除尘 + 氢氧化钙半干法吸附	中铝山西新材料有限公司、广元市林丰铝电有限公司

一类是分步脱除,主要针对在已有的脱硫设备上再增加一套脱硝设备,这种设备系统复杂、投资运行费用高、占地面积大;另一类是一体化脱除,该类工艺脱硫脱硝过程在同一个设备进行,工业化应用尚未成熟,存在  $\text{NO}_x$  的处理不稳定及其他杂质物质仍需处理等问题。目前,国家鼓励发展一体化的环境保护技术<sup>[11]</sup>,此类技术已经成为烟气净化的发展趋势。

#### 4 某厂烟气脱硫工艺比选例

某厂铜冶炼项目采用“闪速熔炼 + PS 转炉吹炼 + 阳极炉精炼 + 电解”工艺生产阴极铜。整个冶炼过程中的烟气主要包括制酸烟气和环境集烟烟气。该厂拟选两种方案处理环境集烟烟气和制酸阳极炉

烟气:方案一采用  $\text{MgO}$  法和石灰石-石膏法对两处烟气分别处理;方案二采取活性焦干法对两处烟气进行脱硫。两种方案的技术指标对比见表 6<sup>[11]</sup>。

从表 6 可以看出,在不考虑投资费用的情况下,计算并对比设备年运行费用:方案一年运行费用 405.7 万元(环境集烟烟气和制酸烟气合计,并折算副产品收益以后),方案二年运行费用 165 万元(折算副产品收益后)。对比计算结果,采用方案二可比方案一节省运行费用 240.7 万元,最后选用活性焦干法脱硫。

#### 5 总结

1) 各种烟气脱硫技术均存在优势和缺陷,很难找到一种完美的脱硫技术。

表6 某厂脱硫工艺综合对比

项目指标	方案一		方案二
	环境集烟烟气	制酸+阳极炉烟气	环境集烟、制酸+阳极炉烟气
方法	MgO法	石灰-石膏法	活性焦法
投资费用/万元	519.2	3 800	5 182(环境3 539,硫酸1 643)
脱硫剂来源	MgO粉	石灰石	活性焦
年脱硫剂消耗量/t	1 325	3 645	864
年脱硫剂费用/万元	46.4	36.4	475.2
氮气/ $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	0	0	300
压缩空气/ $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	0	0	120
年耗水量/万 t	7.35	6.36	1.14
耗水量情况	大	大	小
年耗电量/万 kW·h	156.8	514.9	1 044
年运行费用/万元	180.3	328.7	927.4
脱硫效率/%	90~98	90~95	80~95
副产品	硫酸镁渣	脱硫石膏	98%浓硫酸
副产品产量/t	3 600	6 300	6 600
副产品效益/万元·a <sup>-1</sup>	72	31.3	762.4
是否产生废水	有	有	否
是否结垢	否	是	否
是否需设脱水系统	是	是	否
占地面积	大	大	小

2) 各种脱硫工艺各有千秋,有不同的适用环境。有色冶炼烟气处理应本着保护环境、综合利用的原则,结合烟气特点及周边环境来选择合适的脱硫工艺。

3) 烟气脱硫工艺技术的选择需综合考虑设备的投资费用、设施占地、脱硫剂的费用和供给稳定性、副产品处置和收益等,计算技术成本和运营成本,应选用性价比最为合适的脱硫工艺。

#### [参考文献]

- [1] 生态环境部,发展改革委,工业和信息化部,等. 关于印发《工业炉窑大气污染综合治理方案》的通知[Z]. 2019-07-09.
- [2] 生态环境部. 排污许可证申请与核发技术规范 工业炉窑: HJ1121—2020[S]. 2020-03-27.
- [3] 肖万平,王友建. 氧化锌脱硫技术在锌冶炼烟气治理上的应用[C]//“浙江南化杯”第38届中国硫与硫酸技术年会论文集, 2018: 78-81.
- [4] 纪罗军. 我国有色冶炼及烟气制酸环保技术进展与展望[C]

//第36届中国硫与硫酸技术年会暨2016年全国废硫酸/含硫废液再生制酸技术研讨会. 2016:14-31.

- [5] 马旻锐. 金川有色冶炼低浓度二氧化硫烟气脱硫实践[J]. 硫酸工业, 2017(5): 36-38.
- [6] 马玥玲. 钠-钙双碱法烟气脱硫技术在锅炉上的应用[J]. 有色冶金节能, 2010, 26(4): 56-58.
- [7] 刘哲哲. 高浓度有色金属冶炼烟气脱硫方法研究[J]. 世界有色金属, 2016(9): 27-28.
- [8] 邝江华. 某冶炼厂锡金鼓风炉烟气脱硫塔改造与应用[C]//环境工程2018年全国学术年会论文集(下册), 2018: 370-372.
- [9] 武育刚, 赵律. 脱硫除雾一体化技术在铅冶炼制酸尾气处理中的应用[J]. 硫酸工业, 2018(8): 37-38.
- [10] 杨柳. 10 000 t/a 精锡冶炼石灰石-石膏烟气脱硫系统的生产实践及技术改造[J]. 世界有色金属, 2017(24): 3-4.
- [11] 余创, 彭学斌, 田林, 等. 电解铝烟气脱硫技术研究进展[J]. 云南冶金, 2019, 48(4): 40-43.
- [12] 卢宸. 铜冶炼工程烟气脱硫方案比选思路[J]. 海峡科学, 2014(7): 74-80.

## Comparison of several flue gas desulfurization technologies for non-ferrous smelting based on data analysis

WANG Li-na

**Abstract:** Based on the current national requirements for air pollutant emission limits of non-ferrous metal industries and industry policy specifications, this paper compares and analyzes the advantages and disadvantages of the

current flue gas desulfurization technologies, and the two flue gas treatment schemes of a copper smelter were comprehensively compared. The results show that various flue gas desulfurization technologies have advantages and disadvantages, and it is difficult to find a perfect desulfurization technology. The selection of flue gas desulfurization process technology requires comprehensive consideration of equipment investment costs, facility footprint, desulfurization agent costs and supply stability, by-product disposal and benefits, etc., calculate technical costs and operating costs, and select the most cost-effective desulfurization process.

**Key words:** non-ferrous smelting; air pollutant emission limit; flue gas; desulfurization technologies; industry policy regulations; technology cost; operating cost

## 铝-钢车身与物流铝箱成汽车轻量化主流

——2021年中国乘用车铝车身与物流车铝车厢专题研讨会在沪召开

6月7日,在北京佰汇方略信息咨询有限公司主办的“2021年中国乘用车铝车身与物流车铝车厢专题研讨会”上,主机厂、零部件企业、铝加工企业以及设备、检测等相关企业齐聚一堂,共同研讨乘用车、客车、物流商用车车身材料及轻量化创新工艺等最新发展趋势。

铝-钢混合结构车身应用前景看好。目前,多材料混合应用已经成为汽车轻量化的发展趋势。上海汽车集团乘用车公司车身材料经理叶青亮表示,未来,上汽汽车材料将采取多元材料战略,即将合适的材料用在合适的部位。他介绍,从上汽新能源汽车车身轻量化选材发展路线来看,高端产品将更多采用碳纤维外覆盖件或全铝车身;主流产品更多采用超高强钢与多种轻质材料混合连接,低端产品仍以钢制车身为主,并加大高强钢比例。其中,铝-钢混合结构车身在国内已经展开应用,并呈现出扩充增加的趋势。佰汇方略总经理王登文介绍,铝-钢混合结构车身已在北汽、上汽、广汽、比亚迪、吉利、小鹏、理想、爱驰、华人运通、上汽通用、特斯拉上海工厂等车企下线并量产。但王登文也指出,欧洲铝-钢混合结构车身占比更高,约占比57%,在铝-钢混合结构车身应用上,中国与欧洲还有较大的差距,预示着市场潜力存在很大空间。此外,全铝结构车身、铝-碳混合结构车身等的量产与应用也使铝镁轻合金应用得到了快速增长。据悉,全铝结构车身已在蔚来、奇瑞、捷豹、路虎等车企实现量产。铝-碳混合结构车身已在长安汽车、前途汽车实现突破。

叶青亮指出,目前汽车轻量化铝材应用还存在着一些难点,面临着一些挑战。比如,在钢-铝混合结构车身中,由于钢铝间存在较大电位差,易产生电偶腐蚀、热膨胀差异大等问题,都给钢铝的焊接带来了困难。此外,对于传统车企来说,在轻量化新材料应用时,需要对老的产线进行改造,对焊接、涂装等车间进行调整,这将涉及到扩大投资和增加成本,这也会影响企业轻量化新材料应用的落地速度。

田宇黎呼吁,轻量化新材料应用不仅需要整车厂、零部件供应商、材料供应商共同参与,更需要设计、材料、连接工艺和成形制造等紧密协作、持续解决问题、攻坚克难,来推动应用。

物流车铝化率明显提升 商用车轻量化势在必行。近年来,城市物流、快递等行业快速增长。数据显示,2020年中国规模以上快递企业业务量完成833.6亿件,同比增长31.2%。相关资料显示,铝制车厢能够降低车身重量的35%至40%,这也意味着在同等重量的运输条件下每次运送量可比全钢结构半挂车多拉运40%左右的货物,空载运行也将大大节省油耗。

数据显示,货车每减轻1吨重量,其生命周期中就可以节油约18吨,减少碳排放近42吨。随着超载治理加严及按轴收费政策出台后,引起的市场需求变化,促进了汽车产业结构的调整,商用车轻量化势在必行。

(资料来源:中国有色金属学报)