

doi:10.3969/j.issn.1674-7100.2015.02.011

凹版印刷工业的绿色节能技术

贾海亮¹, 赵 军¹, 李钰甫¹, 胡寿根²

(1. 上海理工大学 能源与动力工程学院, 上海 200093;
2. 上海理工大学 上海市动力工程多相流动与传热重点实验室, 上海 200093)

摘 要: 针对当前凹版印刷设备存在的耗能大、尾气排放污染等问题, 通过对凹版印刷机热风干燥系统节能、印刷有机废气(VOCs)综合治理和凹印企业主要热源余热循环利用等主要相关技术的探讨, 提出了切实可行的节能减排方案。在此基础上, 进一步将热力燃烧式氧化器与热水二段型溴化锂机组相结合, 解决了热力燃烧式氧化器运行成本较高的问题。研究表明, 从热风干燥系统、有机废气综合利用、主要热源余热循环利用3个方面入手实施的节能减排方案, 可以降低凹版印刷工业运行能耗的20%~40%。

关键词: 凹版印刷; 干燥系统节能; 有机废气; 余热回收

中图分类号: TS83; TK01+8

文献标志码: A

文章编号: 1674-7100(2015)02-0053-06

Green Energy-Saving Technology in Gravure Press

Jia Hailiang¹, Zhao Jun¹, Li Yufu¹, Hu Shougen²

(1. School of Energy and Power Engineering, Shanghai University of Science and Technology, Shanghai 200093, China;
2. Shanghai Key Laboratory of Multiphase Flow and Heat Transfer of Power Engineering, Shanghai University of Science and Technology, Shanghai 200093, China)

Abstract: In order to deal with the problems such as high energy consumption in gravure printing equipments and pollution from exhaust gas emission, the solutions to energy saving in gravure press hot air drying, process of comprehensive govern volatile organic compounds (VOCs) as well as recycling use of major equipments and techniques were studied based on waste heat from heat source in gravure printing enterprises. The practical schemes for energy conservation and emission reduction were put forward. The integration of thermal combustion oxidation devices and hot water two section type lithium bromide absorption chiller machines to reduce the high cost of thermal combustion oxidation devices were also researched. The results showed that the printing enterprises could save up to 20%~40% operation power in three aspects, namely, hot air drying system, integrated use of organic exhaust gas and recycling of waste heat from heat source.

Key words: gravure press; energy saving of drying system; VOCs; waste heat recovery

0 引言

在我国印刷业中, 凹版印刷是仅次于平版印刷的第二大印刷方式, 主要用于包装印刷及图文出版

印刷等领域, 其中, 仅多色凹印市场份额就占到杂志和产品目录印刷市场的30%~40%、包装印刷市场的35%~45%、图书印刷市场的25%。长期以来, 设备耗能大、主要耗材污染严重等问题在很大程度上

收稿日期: 2014-12-19

基金项目: 上海市科学技术委员会科研计划基金项目资助(13dz1201802)

作者简介: 贾海亮(1990-), 男, 江苏南通人, 上海理工大学硕士生, 主要研究方向为工业绿色节能改造,

E-mail: jiahailiangnj@163.com

制约了凹印技术的应用和发展^[1]。根据《印刷业“十三五”发展规划》的要求,凹版印刷企业应采取有力措施,加快推进技术创新,降低设备能耗,加大环保技术应用力度,推动整个印刷产业向绿色印刷转型。基于此,本文主要从凹版印刷机热风干燥系统的节能、印刷有机废气的综合治理和凹印企业主要热源余热的循环利用等方面,提出切实可行的节能减排方案,以期印刷企业节能减排、实现绿色印刷转型提供参考。

1 凹印机干燥系统的节能优化设计

凹版印刷使用的油墨为溶剂型油墨,且墨层比较厚,为了防止印刷好的油墨被后一色粘连、溶解而造成“咬色”现象,凹印机上均配有干燥单元,印制品在每色印刷完成后均须进入高温气流干燥烘道,使油墨层中多余的溶剂迅速挥发。干燥系统运行能耗约占整机的30%~60%,有机废气排放量占90%以上,干燥系统节能减排技术的研究与应用是当前凹印行业的重要课题^[2]。

1.1 凹印机烘箱的节能优化设计

热风对流型干燥是目前国产凹版印刷机采用的主要干燥形式,干燥过程中产生的废气一般进行集中排放,以减轻挥发的有机溶剂对生产车间造成的空气污染和对工人身体的损害。

干燥装置由烘箱、离心通风机、调风门、分风箱、喷嘴组成。热风通过喷嘴直接喷射到基材上,基材表面溶剂膜层被热风射流所破坏,油墨中的溶剂则通过中空介质孔渗透蒸发到油墨层外侧,一部分热量以潜热的形式进行传递,还有一部分热量通过热传导的方式在基材的实体内部进行传递,剩余的热量最终由空气带出烘箱。

凹印设备的热风干燥过程是一个复杂的传质传热过程,印刷质量的好坏不仅与热风速度、热风温度、涂层厚度、排风系统、环境温湿度等有关,承印物特性、涂料组分和特性、干燥箱结构等因素对其也有着很大的影响^[3]。

凹印机干燥系统工作时,油墨中的溶剂蒸发到干燥空气中,干燥空气的含湿量增加,而干燥空气的热量一部分用来加热印制品,使得印制品温度升高,还有一部分热量成为烘箱的散热损失,因此,干燥空气的温度在烘箱出口会降低。

为了提高烘箱中热量的综合利用率,可以采取以下措施:

1) 烘箱壁板的搭接采用满焊式壁板结构,以减

少烘箱的热桥效应,降低热量损失;通过在箱体壁使用轻质保温层,并贴上陶瓷纤维毡,以反射热量,提高烘箱的保温效果,减少干燥系统热量损失^[4]。

2) 传统烘箱通常采用扁平型喷嘴,其有效吹风面积较小,干燥效率较低,且其局部阻力系数较大。采用L型喷嘴或者带圆角的扁平型喷嘴,可以增加有效的干燥面积,减小局部阻力,提高能量利用率^[5]。

3) 溶剂的消耗量一般随着温度的上升呈增加的趋势,合理控制油墨温度,减少溶剂的消耗量也能减少烘箱能量的消耗^[6]。

4) 安装回风管,回收二次循环热风。图1所示为凹版印刷干燥系统设计参数。如图1所示,基材从烘箱入口进入至由喷嘴 n_3 出口离开烘箱,可分为前升温、恒速干燥、完全干燥3个阶段。基材从喷嘴 n_1 到喷嘴 n_2 温度恒定不变,干燥速率恒定处于最大值;当基材到达 n_2 以后,油墨溶剂已完全挥发;喷嘴 n_2 到喷嘴 n_3 这段区间内,空气中残留的溶剂含量非常少,可以将基材完全干燥区内的热风全部用来进行二次循环利用。通常将排气室分成上、下两个小的气室,下部气室中有机溶剂含量较高,可以直接排出,而上部气室中有机溶剂含量较低,因此,在上部气室安装回风管回收二次循环热风。通过此方法,可以回收80%~90%的热风^[7]。

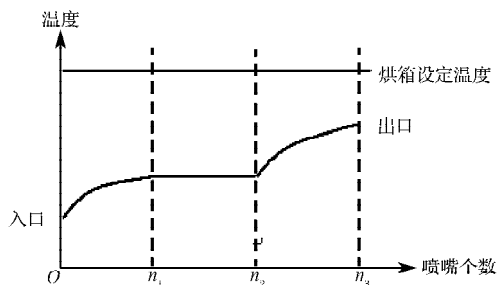


图1 凹版印刷干燥系统设计参数

Fig. 1 Design parameter analysis of the gravure printing drying system

通过以上措施,可以提高凹印机干燥装置的节能效果,使凹印机进一步绿色环保化。

1.2 热泵技术在凹版印刷企业的应用

干燥系统所用热空气一般通过电、燃气、燃油、燃煤加热等方式获得,燃煤、燃油加热方式因其排放物存在污染而被限制使用,电加热和燃气加热方式的运行成本较高,故本研究提出在凹印企业中使用热泵烘干技术,既无污染排放,又能节能增效。

印刷烘干热泵机组主要由蒸发器、压缩机、冷凝器、节流阀4部分组成。低温低压的制冷剂气体通过压缩机压缩成高温高压的气体,高温高压的制冷剂

在冷凝器中冷凝液化放热,放出的这部分热量可以用来加热空气,用于印刷烘干,低温高压的制冷剂流过节流阀后变成低温低压的液体,制冷剂在蒸发器里吸热蒸发又变为低温低压的气体,由此完成一个制热循环。循环过程中,制冷剂蒸发吸热产生的冷量又可以用来为生产环境提供冷气。

使用印刷热泵烘干机具有以下优点:

1) 节能增效

印刷热泵烘干机采用先进的高温热泵技术,能耗只有电加热方式的1/3,比电加热节能60%以上,生产成本大幅降低。

2) 冷热联供

机组在提供凹印机烘干热量的同时,还能免费为车间、办公室提供大量冷量。

3) 安全稳定

采用电力驱动,无燃烧和爆炸的危险,没有污染物排放,热泵制热温度稳定,安全可靠。

印刷烘干热泵技术的应用极大地降低了印刷烘干成本,还为企业提供了大量的冷量,减少了原本用于提供设备冷却水以及厂区制冷的离心式冷水机组的用电量。

2 凹印企业的有机废气末端治理

干燥系统是凹印设备中最主要的能耗单元,也是有机废气(挥发性有机化合物,volatile organic compounds, VOCs)的主要排放源。凹版印刷过程中,油墨和有机溶剂的使用会产生大量的挥发性有机化合物,而VOCs是公认的PM_{2.5}前驱体,我国严格控制印刷行业VOCs的排放。然而,我国目前的凹印水性油墨技术尚未完全成熟,凹印油墨还离不开乙醇,不能实现水性油墨完全没有挥发性物质的目标;同时,在全国范围内,中小型印刷企业偏多,印刷行业内部仍大范围地选择使用油性油墨。因此,对VOCs进行综合治理,可以有效减少用于油性油墨干燥、冷却的能耗,并显著减少VOCs的排放。

2.1 活性炭吸附-蒸馏精制与催化燃烧技术

活性炭吸附-蒸馏精制装置由废气预滤器、活性炭吸附罐、表冷器、催化燃烧床、精馏换热器、储槽、冷凝回收器、排液泵等部分组成。凹印VOCs废气在分离收集后经废气预滤器进入表冷器,随后由风机引入吸附罐,通过蜂巢状的活性炭纤维进行吸附。但由于凹版印刷业排放的有机废气温度较高,一般为50~150℃,因此,活性炭在吸附有机气体时需克服吸附放热的不利条件^[8]。当装置内的活性炭吸附

饱和后,再使用过热蒸汽使其脱附再生,吸附在活性炭纤维上的有机气体经过热蒸汽脱附后与蒸汽进一步混合,混合汽与循环回收的冷凝液在热交换器中进行充分换热后,再进入管壳式冷凝器进一步冷凝,冷凝器出来的水和有机产品的混合液与吸附罐中出来的冷凝混合液相汇合,最终流入储槽中,然后由磁力泵将混合液打到精馏塔中进行精馏。精馏塔塔顶冷凝后的气体通过气液分离器进行气液分离,较高纯度的有机物经冷却器冷却后流入有机溶剂储罐中进行回收利用,纯度较低的有机混合物回流到精馏塔中进行循环,少量凹版印刷的有机废气和小部分脱附出的有机物被送往催化燃烧床进行催化燃烧^[9]。

催化燃烧装置由热交换器、预热室、燃烧室等构成,在装置启动初期采用电加热方式进行预热,燃烧室内装有蜂巢状的稀土催化剂。从精馏塔中出来的少量凹版印刷的有机废气和脱附出的有机物在催化燃烧装置中进行催化分解,转化成CO₂和H₂O。有机废气在催化燃烧后释放出大量的热量,因此,当有机废气的质量浓度达到 $2\,000 \times 10^{-6} \text{ mg/m}^3$ 以上时,催化燃烧装置可维持自燃状态,不需其他热源供热。

活性炭吸附-催化燃烧法不仅可达到90%~98%的净化效率,且生产过程及最终产物均无污染,催化燃烧床燃烧放出的热量还可用来生成过热蒸汽,用于活性炭的脱附再生,使废热得以回收利用,节约资源。

2.2 蓄热燃烧技术

蓄热式热氧化器(regenerative thermal oxidizer, RTO)的主体结构由燃烧室、烟囱、2个陶瓷填料床和4个换向阀组成^[10]。蓄热式热氧化器的基本工作原理(如图2所示)为:机组刚启动时,若热电偶检测到燃烧室温度未达到净化要求的设定温度,则需用电加热器或燃烧器促成其燃烧;若热电偶检测到燃烧室温度达到设定温度,有机废气先进入陶瓷填料床A进行吸热燃烧,分解后的气体通过陶瓷填料床B,陶瓷填料床B吸热,燃烧后的洁净气体被冷却,在达到切换时间后,换向阀切换,洁净气体排出,有机废气随后从陶瓷填料床B进入,有机废气在填料床B吸热燃烧后,气体通过陶瓷填料床A,陶瓷填料床A吸热,燃烧后的洁净气被冷却,在达到切换时间后,换向阀切换,如此完成一个周期性切换。这样,便可连续处理有机废气^[11],当有机物质量浓度在 $1\,500 \text{ mg/m}^3$ 以上时,RTO无需附加燃料,且其净化效率可以达到95%~99%。

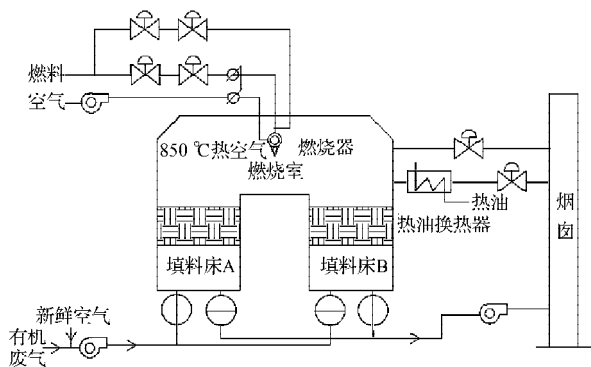


图2 RTO的基本工作原理

Fig. 2 The basic working principle of RTO

蓄热式热氧化器的工艺流程主要分为以下几个部分：

1) 有机废气收集部分。各通风管道和送风系统与凹印机废气出口直接相连，将各凹印设备排出的有机废气经送风机送入蓄热式热氧化器。

2) 氧化反应部分。有机废气在高温陶瓷燃料床内被加热到820℃左右，在高温下被氧化，最终分解为 CO_2 和 H_2O ，随后直接排放到大气中。

3) 余热回收部分。有机废气被氧化后放出的热量一部分用来加热陶瓷填料床，使得氧化反应可以持续进行，其余的热量则可以通过热油换热器进行回收利用。

4) 余热利用部分。热油换热器中的导热油热量一部分用来预热VOCs废气，另一部分用来加热空气，被加热的空气可以直接进入凹印设备的烘箱，对印刷件进行烘干操作，使得凹印设备在日常工况下干燥热空气不需要消耗额外的电能或天然气等。

2.3 热力燃烧式热氧化器

热力燃烧式热氧化器又名气体焚烧炉，它由助燃剂、混合区和燃烧室3部分构成。其一般使用重油、天然气等作为助燃剂，通过涡流式喷嘴将VOCs废气送入混合区与助燃气、助燃空气充分混合并进行预热，预热后的混合气进入燃烧室完成最终的氧化反应。在氧气充足的前提条件下，最终的VOCs去除率取决于3个条件，即反应温度、驻留时间、湍流混合情况。气体焚烧炉可以确保有机物在炉体燃烧室内充分氧化、热解、燃烧，使有机物破坏去除率达到99.99%以上，达到完全焚烧的目的，但是热力燃烧式热氧化器的一个最大缺点是辅助燃料价格太高，导致装置的日常操作费用较高^[12]。

综上所述，各种VOCs治理技术的选择与废气组分、风量、浓度等参数有关。对于质量浓度大于 5000 mg/m^3 且溶剂种类单一的有机废气，如软包装凹印企业排放的甲苯、异丙醇、乙酸乙酯等有机溶剂废气，可

采取活性炭吸附-蒸馏精制的方法进行再生循环利用；对于有机物质量浓度在 $1000\sim 5000\text{ mg/m}^3$ 但难以进行回收利用的有机废气，一般采取热力燃烧或催化燃烧法；对于质量浓度低于 1000 mg/m^3 、大风量的印刷废气，一般采用吸附浓缩-蓄热燃烧或吸附浓缩-催化燃烧法。

3 凹印企业的余热利用

凹印企业能耗部件较多，包括各电机、空气压缩机、水泵、风机以及各加热和冷却部件，这些通用机械一般占据企业用电量的20%~30%，在印刷企业的VOCs后处理单元中，蓄热式氧化炉和热力燃烧式热氧化器的排烟温度都较高，因此，综合利用全企业的分布式热源、有效回收利用全企业的低温余热等具有很好的经济效益。

3.1 空气压缩机的余热利用

空气压缩机在凹印企业的用电总量中一般占据10%~20%的份额，压缩过的空气可以推动很多执行元件，控制凹印机实现离合压、水辊墨辊靠版、舔墨、连接辊开关、自动换版、自动清洗喷液、刮墨器开关、控制歪张、控制侧规、控制前规、控制翻转、差动润版等气动动作。螺杆压缩机具有零部件少、易损件少、可靠性高、操作维护方便、工况适应性强、排气温度低、可在较高压比的工况下运行等优点，这使其在凹印行业得到了很大范围的应用。而空压机在工作过程中会产生很大一部分余热，在日常工作实践中，一台螺杆空压机在额定工况下运行时，只有总功率25%左右的能量转化为压缩空气的势能，而其余75%左右的能量以热能方式散发掉，其中90%以上的能量通过高温气体以及润滑油排出，因此，对印刷企业的螺杆压缩机的余热进行回收具有重要意义。

螺杆压缩机按有无润滑油又可分为喷油螺杆压缩机和无油螺杆压缩机。对于喷油螺杆压缩机而言，压缩机在运行过程中产生的热能可以通过冷却水在换热盘管中与润滑油进行换热，实现余热回收，将冷却水从 $5\sim 20\text{ }^\circ\text{C}$ 加热到 $60\sim 75\text{ }^\circ\text{C}$ 。由于润滑油的降温作用，此时喷油空压机的排气温度可以被有效地控制在 $90\text{ }^\circ\text{C}$ 左右，压缩机的润滑油也可以始终保持在较好的浓度。由于排气温度的降低，相应的空气比体积也会减小，此时空压机的排气量就会增加2%~6%，这一点也相当于节约了能源。对于无油螺杆压缩机而言，在加大油冷却器后，冷却水依次经过油冷却器、高压压缩系统、低压压缩系统、中间冷却器以及后冷却器进行换热，这部分由空压机余

热制得的热水不仅可以用来提供厂区以及生活区热水,还可以用来给办公场所供暖以及在冬天对油墨进行水浴加热,防止油墨冻结。

空气压缩机需要用到循环水泵进行余热回收,循环水泵需要消耗一定量的电能,但是空压机排气温度未达到 95℃ 以上时,空压机自身的冷却风机是不工作的,风机的功率一般要比循环水泵的功率大 4~6 倍,因此风机一停,系统便可以节约很大一部分电能^[13]。除此之外,对于喷油螺杆压缩机而言,由于空压机的油温得到了很好的控制,所以机房的排风扇就可以少开或完全不开,同样也降低了企业的能耗。

3.2 热力燃烧式热氧化器的余热利用

在印刷工业中,由于很多印刷设备在运行时需要使用冷却水对其进行冷却,所以印刷企业一般选择使用离心式冷水机组,与此同时,凹印机在正常印刷过程中实际利用的能量仅占总能量消耗的 22%,78% 左右的能量以热量的形式排放到外界,其中 75% 的热量是由于干燥部分的 VOCs 尾气带走的。虽然热力燃烧式热氧化器对 VOCs 气体具有较高的净化效率,但由于其运行时燃烧室温度必须达到 760℃ 以上,运行成本较高,所以实践中很少被使用。而将热力燃烧式氧化器与溴化锂吸收式制冷机组(如双良 H2 系列热水二段型溴化锂吸收式冷水机组,其技术参数为:热水进/出口温度 120/68℃,冷水进/出口温度 12/7℃,冷却水进/出口温度 32/38℃)相结合后,天然气与 VOCs 气体在热力燃烧式热氧化器燃烧室中充分燃烧后,对其高温烟气余热进行回收,用于加热浓缩溴冷机的溴化锂稀溶液,这种方法不仅可以有效处理 VOCs 的排放,还可以为企业提供更为廉价的制冷量。因此,通过热力燃烧式氧化器与溴化锂吸收式制冷机组相结合的技术应用,印刷企业在除去 VOCs 的同时,也极大降低了原来用于制取冷冻水的能耗。除此之外,利用此技术在制冷量有所富余的情况下,还可以在夏天为生产车间以及办公场所供冷,在冬天通过热力燃烧式热氧化器的烟气余热为生产车间、办公场所供暖以及为油墨提供水浴加热。热力燃烧式热氧化器余热回收如图 3 所示。

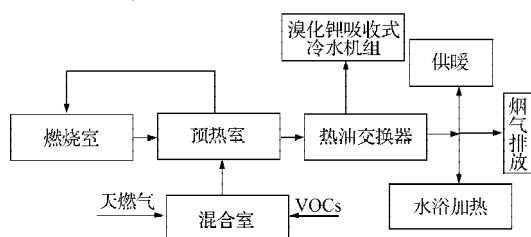


图3 热力燃烧式热氧化器余热回收

Fig. 3 Waste heat recovery of thermal combustion oxidation device

4 结语

凹版印刷在我国印刷工业中占据着重要地位,但其存在设备耗能大、主要耗材污染严重等问题,制约了凹印技术的发展。凹版印刷业绿色印刷的未来应从印刷工艺中最为耗能的干燥环节入手,不断开发凹版印刷干燥节能新技术、新工艺,在此基础上,从节约能源、减少有机废气排放、对废气中的有机溶剂进行有效回收利用等各个环节全面考虑,对全企业的余热进行综合利用,唯有这样,才能最大限度地降低凹版印刷行业的能源消耗。

参考文献:

- [1] 贾春江,陈广学,李效周,等.水性油墨在凹版印刷中的应用研究[J].包装学报,2011,3(1):32-35.
Jia Chunjiang, Chen Guangxue, Li Xiaozhou, et al. Research on the Applying of Water Based Ink in Rotogravure Printing[J]. Packaging Journal, 2011, 3(1): 32-35.
- [2] 费世亮.凹版印刷热风干燥机理研究与干燥箱结构设计[D].汕头:汕头大学,2013.
Fei Shiliang. Gravure Printing Mechanism Study on Hot Air Drying and Structure Design of Drying Box[D]. Shantou: Shantou University, 2013.
- [3] Cairncross R A, Durning C J. A Model for Drying of Viscoelastic Polymer Coatings[J]. Aiche Journal, 1999, 42(9): 2415-2525.
- [4] 黄清明,陈芳园,许鹏,等.凹版印刷机干燥系统机械结构工艺参数节能减排设计[J].机械工程师,2010(3):38-42.
Huang Qingming, Chen Fangyuan, Xu Peng, et al. The Energy-Saving & Emission Reduction Design of Mechanical Structure Parameters to Intaglio Press Drying System[J]. Mechanical Engineer, 2010(3): 38-42.
- [5] 傅红武.轮转凹印机热风干燥系统的结构优化[J].印刷技术,2010(10):52-53,55.
Fu Hongwu. The Structural Optimization of Rotogravure for Hot Air Drying System[J]. Printing Technology, 2010(10): 52-53, 55.
- [6] 张琳,张美云,杨旭.凹版印刷中油墨温度影响的研究[J].包装工程,2009,30(2):85-86.
Zhang Lin, Zhang Meiyun, Yang Xu. Research on the Influence of Ink Temperature in Gravure Printing[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(2): 85-86.
- [7] 白文华,黄清明,包能胜,等.凹版印刷烘箱干燥过程分析与节能优化设计[J].包装工程,2010,31(23):28-31.
Bai Wenhua, Huang Qingming, Bao Nengsheng, et al. Process Analysis and Optimization of Energy Conservation Design of Gravure Oven Drying[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(23): 28-31.

- [8] 黄清明, 陈芳园, 许 鹏, 等. 凹版印刷机干燥系统节能减排效能研究体系构建[J]. 包装工程, 2010, 31(3): 25-29.
Huang Qingming, Chen Fangyuan, Xu Peng, et al. Construct the Research System of Energy Conservation and Emission Reduction Effectiveness of Gravure Printing Machine Drying[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(3): 25-29.
- [9] Vij A. A Primer on Damper Technologies for Regenerative Thermal Oxidizers: Understanding the Multiple Functions that Valves Serve in Common RTO Systems[J]. Metal Finishing, 2006, 104(9): 17-22.
- [10] 许 鹏, 陈芳园, 黄清明, 等. 凹版印刷 VOCs 废气的净化治理联用工艺[J]. 轻工机械, 2009, 27(3): 107-111.
Xu Peng, Chen Fangyuan, Huang Qingming, et al. The Waste Gas Purification Treatment by Combined Process of Gravure Printing VOCs[J]. Light Industry Machinery, 2009, 27(3): 107-111.
- [11] 包能胜, 谢荣生, 薛成全, 等. 涂布印刷设备有机废气蓄热式热氧化器的研制[C]/第十三届全国包装工程学术会议论文集. 武汉: [出版者不详], 2010: 516-521.
Bao Nengsheng, Xie Rongsheng, Xue Chengquan, et al. Research of Coated Printing Equipment for Organic Waste Gas of Regenerative Thermal Oxidizer[C]//The Thirteenth National Symposium on Packaging Engineering. Wuhan: [s.n.], 2010: 516-521.
- [12] 冯智星, 余炳林, 胡 勇, 等. 有机废气 (VOC) 处理技术[J]. 广东科技, 2008(14): 3-5.
Feng Zhixing, Yu Binglin, Hu Yong, et al. Technology of Handling VOC[J]. Guangdong Science and Technology, 2008(14): 3-5.
- [13] 赵新红. 浅谈几种典型空压机的余热回收[J]. 上海节能, 2013(8): 31-36.
Zhao Xinhong. Discussion on the Waste Heat Recovery of Several Typical Air Compressor[J]. Shanghai Energy Conservation, 2013(8): 31-36.
- (责任编辑: 徐海燕)

.....

(上接第 46 页)

- Kou Haijuan, Shang Guiqin, Shao Chenjie. Analysis and Comparison of Migration Test Method of Food Contact Material in Our Country and European Union[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(3): 35-38.
- [9] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 24353—2009 风险管理 原则与实施指南[S]. 北京: 中国标准化出版社, 2009: 1-9.
General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China, Standardization Administration of the People's Republic of China. GB/T 24353—2009 Risk Management- Principles and Guidelines on Implementation[S]. Beijing: Standards Press of China, 2009: 1-9.
- [10] 罗季阳, 李经津, 陈志锋, 等. 进出口食品安全风险管理机制研究[J]. 食品工业科技, 2011, 32(4): 327-330.
Luo Jiyang, Li Jingjin, Chen Zhifeng, et al. Study on Risk Management Mechanism of Import and Export Food Safety [J]. Science and Technology of Food Industry, 2011, 32(4): 327-330.
- [11] 王小龙. 论我国食品安全法中风险管理制度的完善[J]. 暨南学报: 哲学社会科学版, 2013(2): 32-38.
Wang Xiaolong. Research on Improving Risk Management System in Food Safety Law[J]. Jinan Journal: Philosophy & Social Science Edition, 2013(2): 32-38.
- [12] 丁友超, 徐鑫华, 孙 成, 等. GC-MS 法同时快速检测纺织品中酚类化合物的研究[J]. 印染助剂, 2007, 24(12): 37-40.
Ding Youchao, Xu Xinhua, Sun Cheng, et al. Study on a GC-MS Simultaneous Rapid Determination of Phenols in Textilemethod[J]. Textile Auxiliaries, 2007, 24(12): 37-40.
- (责任编辑: 廖友媛)