

OEM汽车涂装车间技术的 环境生命周期评价(二)

□ C. Jason Pierce, Josh Seeley
(Eastman Chemical company)

摘要: 生命周期评价(LCA)是一种评价产品系统的环境影响和环境权衡的标准化方法。伊士曼化工公司完成了一项“从涂料到成品车涂装”的LCA研究,在该研究中,比较了5种有代表性的OEM汽车涂装车间工艺配置的温室气体(GHG)影响和挥发性有机化合物(VOC)排放性能。涂装车间数据由IHS提供。这些工艺配置包括:1)三涂两烘(3C2B)水性(WB)底色漆和1K罩光清漆;2)3C2B WB底色漆和2K罩光清漆;3)3C2B低固含溶剂型底色漆和1K罩光清漆;4)三涂一烘(3C1B)高固含溶剂型底色漆和1K罩光清漆;5)3C1B WB底色漆和1K罩光清漆。本研究的目的是通过比较通用工艺技术类别来帮助理解差异和制定决策。本研究的结论是,3C1B高固含溶剂型工艺可以实现最低的GHG释放量,同时达到欧洲现行的VOC排放限值35 g/m²。但是,如果世界上某些地区的OEM选择不采用VOC减排技术,那么为了达到排放限值35 g/m²,需要采用WB技术。这项LCA研究表明,高固含溶剂型技术是对环境影响最小,有利于可持续性发展的技术,建议政策制定者和利益相关者予以考虑。

关键词: 生命周期评价;LCA;涂装车间;汽车;温室气体;GHG

中图分类号:TQ630.9

文献标识码:C

文章编号:1006-2556(2014)11-0025-06

DOI:10.13531/j.cnki.china.coatings.2014.11.006

Environmental Life Cycle Assessment of OEM Automotive Paint Shop Technologies(II)

C. Jason Pierce, Josh Seeley
(Eastman Chemical company)

Abstract: LCA is a tool well-suited to assessing environmental issues for different paint shop technology options. In this study, Eastman studies LCA from coatings to car body painting. Five representative OEM paint shop technologies which influence GHG and VOC emissions are introduced: 1) 3 coat - 2 bake(3C2B) waterborne(WB) base coat and 1K clear coat; 2) 3C2B WB base coat and 2K clear coat; 3) 3C2B low solventborne base coat and 1K clear coat; 4) 3 coat-1bake(3C1B) high solid content solventborne base coat and 1K clear coat; 5) 3C1B WB base coat and 1K clear coat. Through comparisons and study results, strategies can be made by decision makers. Results show that 3C1B high solid content solventborne technology has lowest GHG emission and satisfied the VOC emission limit value in Europe(35 g/m²). In some regions, if VOC abatement technology is not adopted, for reaching VOC emission limit value(35 g/m²), WB technology needs to be adopted. Through LCA study, high solid content solventborne technology is proved to be environmentally friendly and it is suggested that regulation makers consider about it.

Key words: Life Cycle Assessment, LCA, paint shop, automobile, greenhouse gas, GHG

(接上期)

2.2.8 VOC和成膜模型参数

伊士曼所提供的工艺数据是根据内部和外部资料^[1,8]以及表3、表4“目标值”栏中的成膜厚度、固

含量、VOC含量编制。所有GHG计算均基于目标条件。在本次研究中进行了一项敏感性研究,来分析所有低值和高值以及减排与不减排的情况,以便了解

VOC在一系列合理可能的技术场景中的影响。

表3 成膜模型数据

Table 3 Film Build Model Data

涂料类型	膜厚度/ μm		
	低值	目标值	高值
3C2B 中涂底漆	30	35	40
3C1BWB 中涂底漆	23	26	30
3C1BSB 中涂底漆	20	25	30
BC	12	15	18
CC	35	40	45

表4 稀释后固含量及VOC模型数据

Table 4 Solid Content after Thinning and Its VOC Model Data

涂料类型	低VOC		目标VOC		高VOC	
	固含量/%	VOC含量/(g/L)	固含量/%	VOC含量/(g/L)	固含量/%	VOC含量/(g/L)
SB中涂底漆	65	420	60	480	55	540
WB中涂底漆	47	60	47	120	47	145
WB BC	22	100	22	120	22	155
LS SB BC	30	735	22	820	18	860
HSSB BC	50	525	45	577	40	630
1K CC	50	500	45	550	40	600
2K CC	60	400	55	450	50	500

3 结果与分析

3.1 温室气体影响结果

3.1.1 整个涂层系统GWP比较

全球变暖潜能值(GWP)的生命周期影响评价计算结果如图4所示。图4显示了整个涂层系统(包括原料生产、涂料配制和OEM涂装车间作业)的GWP比较结果。标有“PE-GaBi基准”的点反映的是PE-GaBi数据点,它为3C2B-WB-2K技术场景提供了额外的基准。

OEM汽车涂料碳足迹
从涂料到成品车涂装

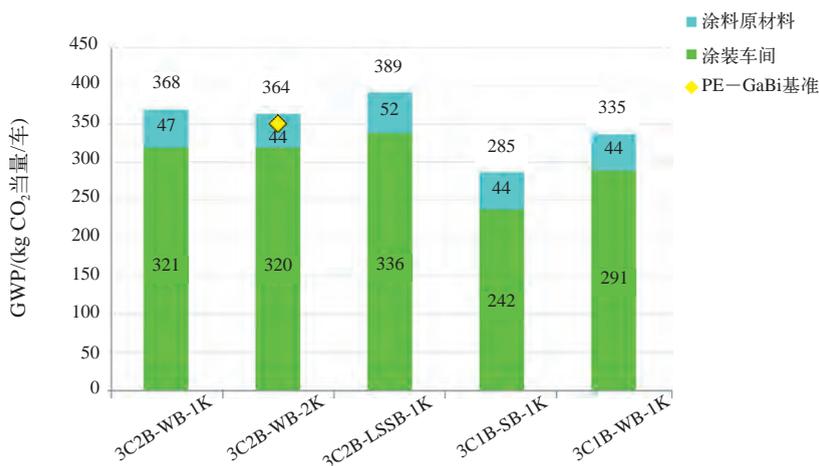


图4 涂料车间和材料的生命周期GWP

Fig. 4 Life Cycle GWP for Paint Shop and Materials

从图4中可以观察到两个主要的结果:首先,紧凑型高固含SB工艺(3C1B-SB-1K)在所有技术(包括紧凑型WB工艺)中具有最低的GWP。其次,每种技术的GWP影响主要来自涂装车间作业。涂料材料生产造成的GWP影响明显低得多。

3.1.2 涂装车间GWP影响

图5和图6为涂装车间不同工艺区段和每个技术场景中不同工艺类别产生的GWP影响分解图。为了集中显示涂装车间的作业情况,图中未显示涂装车间所用的涂装材料的生产和供应情况。图5是由IHS

提供的28个工艺区段的分解图。图6给出了每个技术场景中多达5个工艺类别产生的GWP影响,其结果与

福特公司提供的GHG结果基本一致。

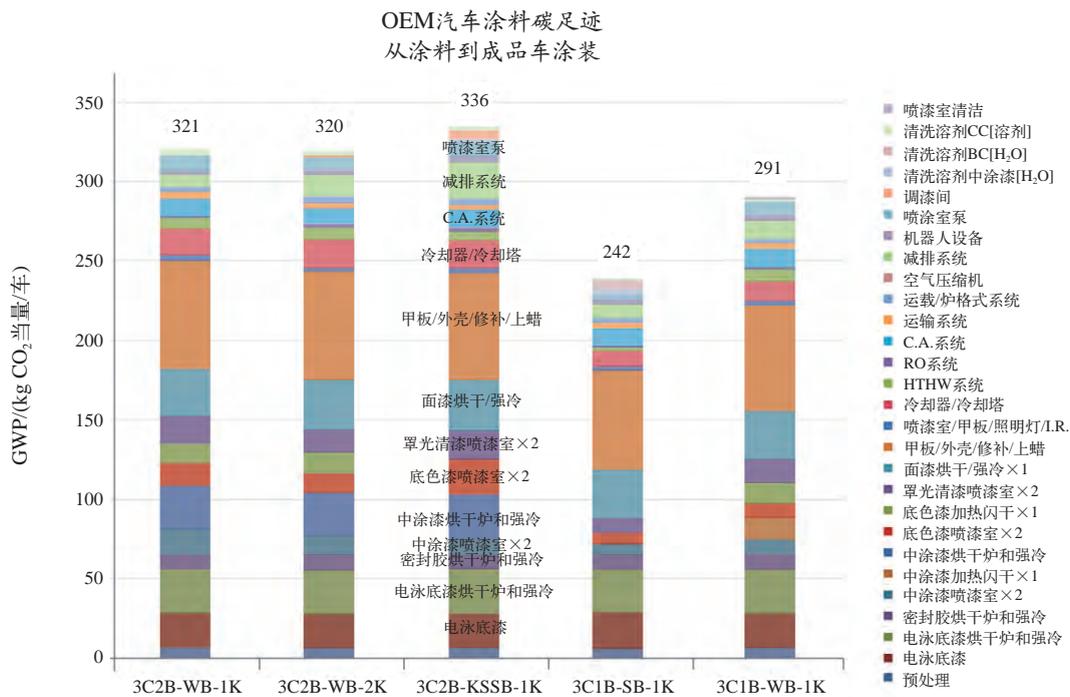


图5 涂装车间生命周期GWP分解图-详图(28个工艺区段)

Fig. 5 Breakdown Life Cycle GWP for Paint Shop – Detailed (28 Process Sections)

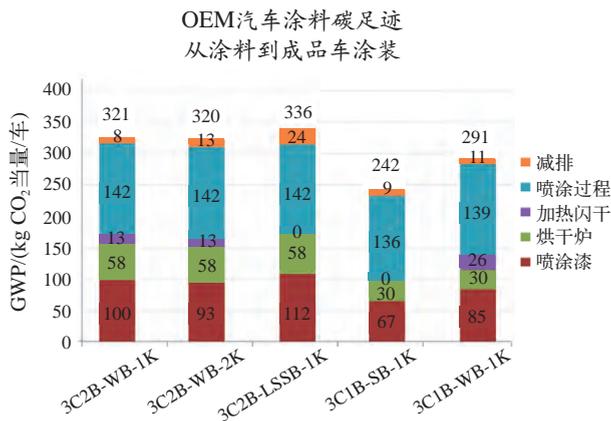


图6 涂装车间生命周期GWP分解图(5个工艺类别)

Fig. 6 Breakdown of Life Cycle GWP for Paint Shop (5 Technologies)

3.1.3 3C1B-SB-1K优越GWP值的成因

3C1B-SB-1K具有相对优越的GWP值主要是缘于两个因素:

(1)喷漆室: 3C1B-SB-1K具有最高的固体含量,喷漆室需要的整体长度更短,所以可以减少喷漆室中喷涂作业的电力需求。相反,由于3C2B-LSSB-1K固体含量低,要达到所需的涂膜厚度,它需要更多的涂料、更多次的喷涂、喷漆室需要的整体长度更长。所以其

GWP值处于劣势地位。

(2)加热闪干: SB工艺可在室温下闪干,而WB工艺则需要加热闪干。这导致WB系统需要消耗更多的能源来加热和再冷却车身。紧凑型3C1B-WB-2K技术则需要两个加热闪干区(一个在B1层后,一个在B2层后)。

SB和WB紧凑型工艺均具有一定优势,因为它们不需要使用中涂漆烘干炉(尽管3C1B-WB-2K还需要一个加热闪干区),相比3C2B工艺它们还具有额外的优势,即喷漆室需要的整体长度减少。

3.1.4 不同能源产生的GWP影响

图7显示了不同能源产生的GWP影响分解图。与涂装车间相关的GWP值主要来自天然气的燃烧和发电所消耗能源。减排设备中VOC的燃烧也有些许影响。

3.1.5 与其他研究的相对比较

图8对比了伊士曼的研究结果与前面提到的福特和巴斯夫/杜尔提供的碳足迹结果。这3条曲线用来比较不同涂装工艺的碳足迹差异的相对趋势^[1]。由于不知道具体车辆和区域,因此不能直接对绝对值进行比较。未知因素也增加了相对比较的不确定性。但

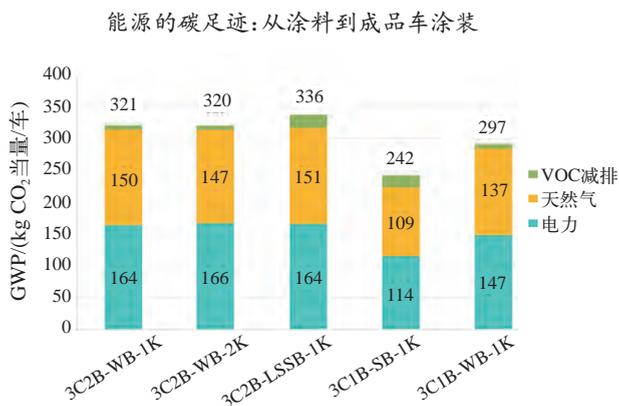


图7 不同能源产生的GHG排放分解图
Fig. 7 Breakdown of GHG Emission by Source

通过归一化处理,3个独立的研究结果给出非常类似的趋向性,都支持3C1B-SB-1K具有最低GWP影响的结论。

3.2 VOC 结果

图9分别显示了在5个不同的涂装技术中各个涂装过程和使用的材料所产生的VOC。由IHS提供的每

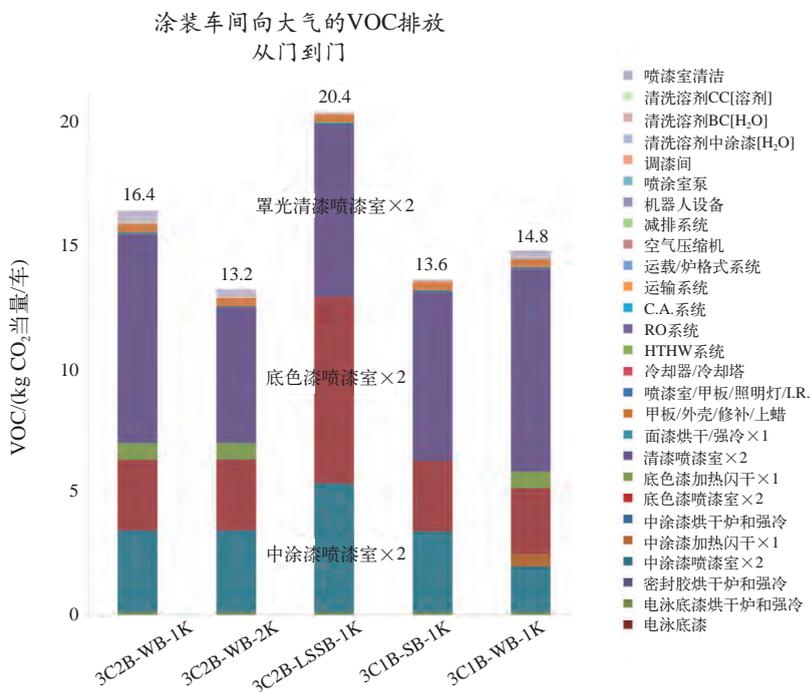


图9 涂装车间不同工艺区段的VOC排放
Fig. 9 Paint Shop VOC Emissions by Process Section

根据本研究的目标和范围,这些结果仅反映涂装车间边界内的活动。由于缺乏相关数据,为了使得结果与监管限值具有可比性,与涂料材料生产有关的VOC排放未纳入研究范围。敏感性分析表明,涂料材料生产造成的VOC排放量相对微小。

图9中堆叠柱的颜色顺序对应于图注中的顺序。

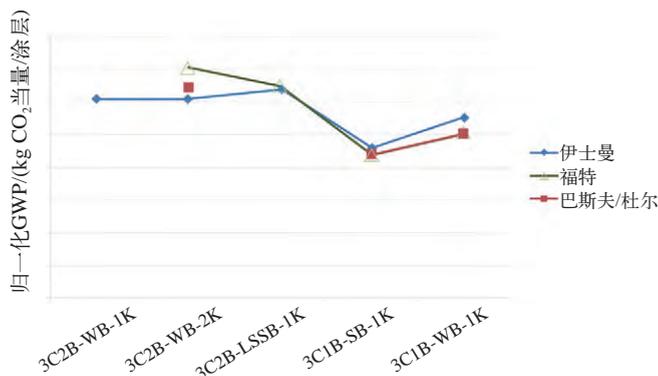


图8 福特和巴斯夫/杜尔研究的GWP基准
Fig. 8 GWP Benchmarking with Ford and BASF/Dürer Studies

一种技术场景是基于包括减排系统在内的标准涂装车间设计。在溶剂型喷涂区和烘干炉全部采用减排措施后,所有技术场景的VOC排放均符合欧洲限值 35 g VOC/m²。VOC排放的捕获和销毁效率根据技术场景的喷漆室气流复杂性而有所不同。

除所有技术场景中的VOC减排系统执行了一项案例研究。灵敏性研究结果见图10和图11。图10显示的是减排情况,这是LCA工具的默认基础。蓝色柱对应于在表4中的目标条件下图9中所示的总排放量。黑点表示通过改变喷涂膜厚、涂料VOC含量和固含量所实现的最低和最高VOC排放量。较低点表示在预期的最低喷涂膜厚下应用了最高固含涂料,而较高的点则表示在预期的最高喷涂膜厚下应用了最低固含涂料(具体数值参见表3),从而尽可能涵盖每个场景中预期的VOC正常排放范围。

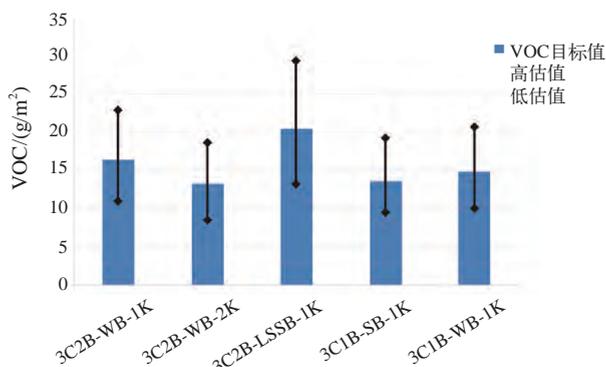


图10 涂装车间VOC排放敏感性研究——减排
Fig. 10 Paint Shop VOC Sensitivity Study (Abated)

对于所有WB技术场景,在敏感性分析中电泳底漆和罩光清漆要么减排要么不减排,而根据美国标准的行业惯例^[2-3],WB中涂漆和WB底色漆区域直接排放到大气中。对于减排场景中的所有SB涂料(中涂漆、底色漆和罩光清漆),其产生的排放被输送到VOC控制装置中进行销毁。在图11中减排系统被去除,即假设所有工艺中产生的VOC均排放到大气中。图11表明,所有WB场景在不减排的情况下都是可行

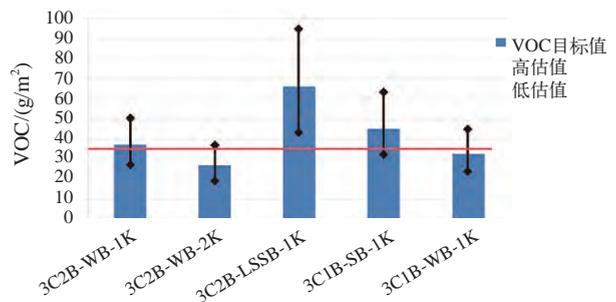
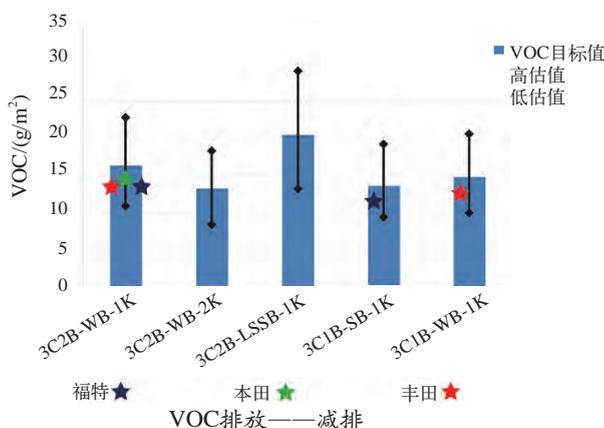


图11 涂装车间VOC排放敏感性研究——不减排
Fig. 11 Paint Shop VOC Sensitivity Study (Not Abated)

的,因为VOC排放量可以低于35 g/m²。这对于世界上的某些地区可能是一个有吸引力的低成本选择。预计3C1B-SB-1K在不减排的情况下不可行。在不减排的情况下采用该工艺将产生略低的GHG排放量(见图6),但是VOC排放量却会增加,这是一个值得权衡的问题。

图12显示了伊士曼的研究结果与福特和巴斯夫/杜尔提供的VOC总排放数值以及几个汽车OEM的年度环境报告^[12]中发布的信息的对比情况。在比较过程中,精确的涂料材料成分、减排方案和VOC捕获效率均未知,但本研究中使用总体目标估计值与已发布的VOC排放值具有很好的相关性。该数据也符合以前的研究结果,并支持以下结论,即3C1B-SB-1K能够满足更严格的VOC法规要求且可以减少GHG足迹。

3.3 主要不确定性和局限性

IHS和伊士曼力求提供在OEM背景下直接比较涂料技术的相关数据。然而,在实际情况中,场景之间可能存在一些细微的差别,这可能归因于基础工业数据中OEM和供应商之间存在差异。

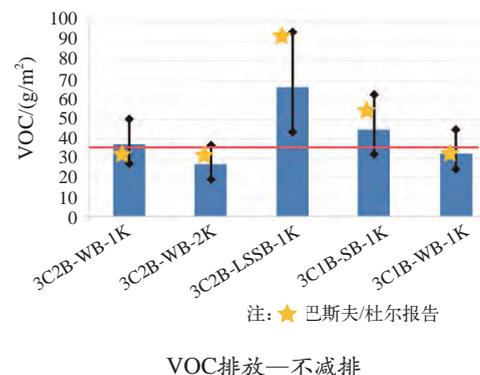


图12 涂装车间VOC基准研究
Fig. 12 Paint Shop VOC Benchmarking Study

由于模型结构的局限性,评估GWP结果的不确定性是不可行的。计算结果反映的是代表性场景的最佳估计值。场景之间的一些差异可能不具有统计学显著性,这取决于不确定性的程度。

缺乏涂料成分(尤其是高级树脂)的准确LCA数据是一个不确定性因素。涂料材料的LCA足迹计算结果应理解为近似值。由于涂料材料对于每种技术产生的总体GWP影响的贡献相对较小(如图4所示),因此减少了这种不确定性。对涂料配方和材料的其他研究将不可能改变这项研究的结论。

归一化的GWP结果与福特和巴斯夫/杜尔独立发布的相关数值相符,这同样在一定程度上减少了研究的不确定性。

4 结 语

这项研究支持以下观点,即紧凑型高固含汽车OEM涂料技术可以实现最低的GWP,同时满足欧洲VOC排放限值。由于喷漆室的能耗更低且不需要加热闪干区,就生命周期GWP影响而言,高固含SB紧凑型工艺比WB紧凑型工艺更具优势。汽车涂料的生命周期GWP影响主要来自涂装车间的能源使用,涂料材料生产造成的GWP影响不太显著。

在实施减排的情况下,所有技术均能达到欧洲现行的VOC排放监管限值 35 g/m^2 。如果世界上某些地区的OEM厂商选择不采用减排技术,那么为了符合 35 g/m^2 的限值要求,需要采用WB技术。

高固含SB技术的低能源需求使其具有更好的环境效益,它能减少全球变暖潜能,同时减少能源消耗。能源需求减少除了可以降低GHG的排放,还能提供额外的环境效益。中国对能源的需求很高,同时包括水在内的自然资源十分有限。此外,中国的电力生产主要依靠煤燃烧,而颗粒物、酸性气体及汞的排放可能会对空气质量造成负面影响,影响程度取决于排放控制力度。

这项LCA研究表明3C1B-SB-1K技术是一项具有吸引力的可持续性技术,建议政策制定者和利益相关者予以考虑。

参考文献

- [1] GOLDSCHMIDT A., STREITBERGER H. J.. BASF Handbook on Basics of Coating Technology[M].2nd ed.. Hanover Delaware:Vincentz Network,2007
- [2] Honda Manufacturing of Indiana, LLC.. Part 70 Permit No.: 031-30127-00026[EB/OL]. <http://permits.air.idem.in.gov/30127p.pdf>

- [3] Kia Motors Manufacturing Georgia, LLC.. SIP Permit Application No. 17363 - Prevention of Significant Air Quality Deterioration Review of Kia Motors Manufacturing Georgia, LLC Motor Vehicle Assembly Plant Construction Located in West Point, Georgia (Troup County) [EB/OL].<http://www.georgiaair.org/airpermit/downloads/permits/28500084/psd17363/2850084pd.pdf>
- [4] People's Republic of China Ministry of Industry and Information. Technology Bulletin "Passenger Car Manufacturers and Product Management Access Rules".(November 16, 2011) [EB/OL].<http://www.miit.gov.cn/n11293472/n11293832/n12845605/n13916898/14325764.html>
- [5] European Commission. European Integrated Pollution and Control Bureau. Reference Document on Best Available Techniques on Surface Treatment using Organic Solvents,2007
- [6] Ford Motor Company. Sustainable Painting Processes: Global Alternatives. National Center for Manufacturing Sciences Sustainable Design and Manufacturing Roundtable, Ann Arbor, MI, June 2012[EB/OL].http://www.ncms.org/wp-content/NCMS_files/sustainability/2012Sustainability/amPresentations/1130_Weingartz_NCMS_Roundtable_2012.pdf
- [7] SCHUMACHER H., HAUNSCHILD A.. Eco-Efficiency Analysis of Global Coating Processes. Strategies in Car Body Painting, Berlin, June 2012[EB/OL]. http://www.durr-application-technology.com/fileadmin/user_upload/apt/en/pdf/Presentation/025_Schumacher_Haunschild_Duerr_BASF.pdf
- [8] STREITBERGER H. J., DOSSEL K. F.. Automotive Paints and Coatings[M]. 2nd ed.. Weiheim, Delaware: Wiley-VCH,2008
- [9] GaBi coatings extension database VIII for GaBi software. Automotive coating (lower middle-sized class).PE International,2012
- [10] National Center for Manufacturing Sciences. Coatings Counselor project website[EB/OL].<http://lca.ncms.org/CC/>,<http://lca.ncms.org/VOC/>
- [11] SOLOMON S., QIN M., MANNING Z., et al.. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change[M]. Cambridge,UK:Cambridge University Press, 2007

(全文完)

收稿日期 2014-09-22