

汽车零部件气相防锈包装方案优化研究

陈晨伟, 杨福馨, 李 立

(上海海洋大学, 上海 201306)

摘要: 以某汽车零部件企业的出口产品包装为研究对象,在对原包装方案全面分析的基础上,采用气相防锈包装技术,设计了5种防锈包装改进方案,制作了相应的包装样品件并对其进行实际海运,以各方案的防锈包装效果与包装成本为依据,分析得到了最优的汽车零部件海运防锈包装方案,降低了包装成本,提高了包装作业效率。

关键词: 汽车零部件; 气相防锈; 包装优化; 海运试验

中图分类号: TB485.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2013)17-0060-04

Optimization of Automotive Parts VCI Antirust Packaging Solution

CHEN Chen-wei, YANG Fu-xin, LI Li

(Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: Export part packaging of an automotive parts company was taken as objective. Five improved VCI antirust packaging solutions were designed based on overall analysis of the old packaging solutions. The corresponding packaging samples were made and tested by practical ocean shipping test. Optimized antirust packaging solution was gained by analyzing and comparing their antirust packaging results and packaging cost. The optimized antirust packaging solution reduces packaging cost and improves packaging work efficiency.

Key words: automotive parts; VCI antirust; packaging optimization; ocean shipping test

汽车行业的生产特点是零部件分散生产、整车集中组装,且汽车零部件多为金属制品,如何解决金属零部件从生产到组装过程中的防锈问题尤为重要。因为汽车零部件的锈蚀会使汽车整车精度、灵敏度、可靠性受损,影响其使用价值,出口产品因锈蚀而退货、返修索赔导致的经济损失更大^[1],因此应通过合理的防锈包装减少或避免汽车零部件的锈蚀。

目前,国内外汽车零部件的防锈包装主要以气相防锈技术为主,拆开包装后不需要除油、清洗等环节,可直接上线使用,提高了生产效率。与以防锈油为主的传统防锈技术相比,尽管气相防锈技术有较大的优势,但是因其内部防锈包装结构方式的不同,效果与成本也会有较大差异。由此,气相防锈包装的结构及VCI材料的用量是否合适,需要通过实际运输试验或气候环境模拟试验来检验确认^[2]。

以某汽车零部件企业的出口产品包装为研究对象,分析其原包装方案存在的问题,采用气相防锈包装技术,设计了5种防锈包装改进方案,制作了相应的包装样品件,并对它们进行实际海运试验。通过分析比较其防锈包装效果与包装成本,得到了最优的防锈包装方案,为企业降低了包装成本,提高了包装作业效率,为汽车零部件防锈包装方案设计与工程应用提供了有益的参考。

1 气相防锈包装技术

气相防锈包装技术是利用气相缓蚀剂的气相防锈作用来实现金属制品防锈的技术,其核心是气相缓蚀剂。气相缓蚀剂(Volatile Corrosion Inhibitor,简称VCI)是一种经过特殊配料合成且具有一定挥发性的

收稿日期: 2013-06-21

基金项目: 国家高技术研究发展 863 计划基金资助项目(2012AA092301)

作者简介: 陈晨伟(1983-),男,浙江台州人,硕士,上海海洋大学讲师,主要从事物流运输包装、食品贮运与包装等方面的研究。

通讯作者: 杨福馨(1958-),男,侗族,贵州人,上海海洋大学教授,主要从事包装工程理论与技术方面的教学与研究工作。

腐蚀抑制剂。气相防锈包装技术的作用原理是在包装容器或封存空间内放置一定量的气相缓蚀剂,或涂有气相缓蚀剂的气相防锈纸和气相防锈膜,其缓蚀剂将不断缓慢地挥发出防锈气体,形成一定的蒸汽压,充满封存空间,甚至装备元件的缝隙,从而有效地抑制金属部件的锈蚀。VCI 实际应用形式多样,应用较多的是气相防锈纸、气相防锈塑料薄膜、气相防锈泡沫、气相防锈粉等产品^[3-8]。

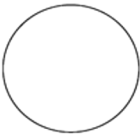
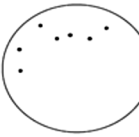
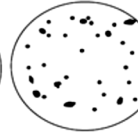
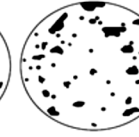
2 产品特点及防锈包装要求

产品是汽车发动机组成部件,由多个零件装配而成,外壳体主要是铸铁件,易生锈。产品形状不规则,外轮廓尺寸为 245 mm×130 mm×150 mm,质量为 4.5 kg。

该产品在中国宁波某汽车零部件企业制造,出口至美国通用发动机工厂。由于采用的出口运输方式为海运,海运气候条件恶劣,极易导致零件生锈,因此除对产品进行防冲击、振动等包装防护外,采用防锈包装也至关重要。

客户对产品的防锈期要求为 6 个月(从出厂开始)。表 1 是客户对产品锈蚀级别的定义,该产品须满足 3 级。

表 1 零件锈蚀级别定义
Tab.1 Definition pf part rust level

3 级	2 级	1 级	0 级
			
无锈蚀现象	5% 以下 不明显锈蚀	5% ~ 30% 锈蚀现象	30% 以上 锈蚀现象

3 防锈包装方案分析改进

3.1 原包装方案存在的问题

原包装方案为一次性包装,具体信息如下所述。

- 1) 包装方式:木托盘+外纸箱+大塑料袋+纸格档/隔板+零件单个防锈袋包装,见图 1。
- 2) 防锈方式:每个零件采用单独防锈袋密封包装,外面采用大箱大塑料袋密封,无锈蚀质量问题。
- 3) 包装外尺寸:1140 mm×980 mm×740 mm。
- 4) 包装数量:24 个/层,4 层,共 96 个/箱。

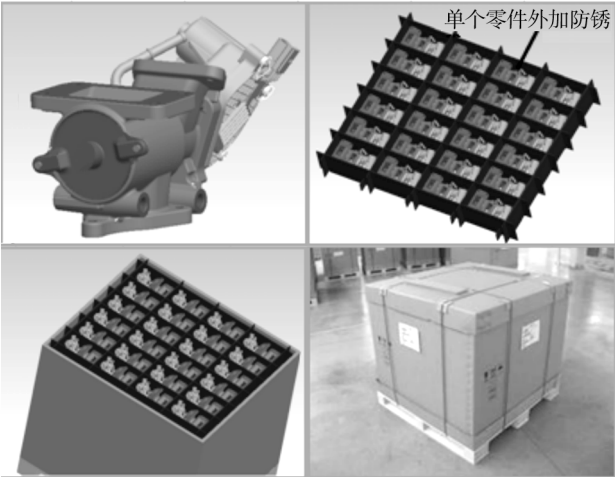


图 1 零件原包装方案
Fig. 1 Part's old packaging solution

- 5) 毛重:600 kg/箱。
- 经过调查分析,原包装方案存在以下问题。

- 1) 包装作业效率低。包装作业时,需要将单个零件装入单个防锈袋内,再用胶带密封,最后放入包装箱内。对企业 3 个不同班次(早、中、晚)的打包人员分别包装 1 箱零件进行统计可得,平均每包装 1 个零件用时 18 s。
- 2) 客户拆包装效率低。零件到达客户端后,需要去掉密封胶带,打开单个防锈袋,再将零件从防锈袋中取出。据客户统计可得,平均每拆 1 个零件包装用时 16 s。
- 3) 防锈成本高。防锈成本约占包装总成本 30%。

3.2 包装改进方案

结合以上分析的问题,如果要提高包装作业效率,降低包装成本,首先须考虑改变“单个零件单个防锈袋密封包装”的方式。由于纸板容易吸潮^[9],零件与纸板长时间直接接触会产生锈蚀,因此如果要改变该防锈包装方式,可尝试将纸格档/隔板材料改为塑料材质。塑料中空板,又称塑料瓦楞板、万通板,是一种具有类似瓦楞纸板形状特点的塑料异型板材,具有良好的力学性能、质轻、防水/防潮、隔热/隔声等优点^[10],可根据不同强度需求,选择不同克重/厚度的材料。由此,可以将内部纸格档/隔板材料更改为塑料中空板。

根据上述分析,设计了以下 5 种改进方案,制作了相应的包装样品件并对它们进行实际海运试验,具

体的包装方式改进说明见表 2,简图见图 2。5 种改进方案与原方案整体包装结构相同,具体区别只在于内

表 2 改进防锈包装方案对比说明

编号			厚度/mm				内部格挡/ 隔板材质
			小防锈袋	防锈膜	大塑料袋	大防锈袋	
原方案	OS	小防锈袋(密封)+大塑料袋(密封)	0.08	—	0.1	—	瓦楞纸板
方案 1	S1	小防锈袋(敞开)+大防锈袋(密封)	0.08	—	—	0.1	瓦楞纸板
方案 2	S2	防锈膜(每层底部、顶部各平铺一张)+大塑料袋(密封)	—	0.05	0.1	—	塑料中空板
方案 3	S3	防锈膜(每层底部、顶部各平铺一张)+大塑料袋(密封)	—	0.08	0.1	—	塑料中空板
方案 4	S4	防锈膜(第 1 层底部平铺一张)+大防锈袋(密封)	—	0.05	—	0.1	塑料中空板
方案 5	S5	防锈膜(每层底部、顶部各平铺一张)+大防锈袋(密封)	—	0.05	—	0.1	塑料中空板

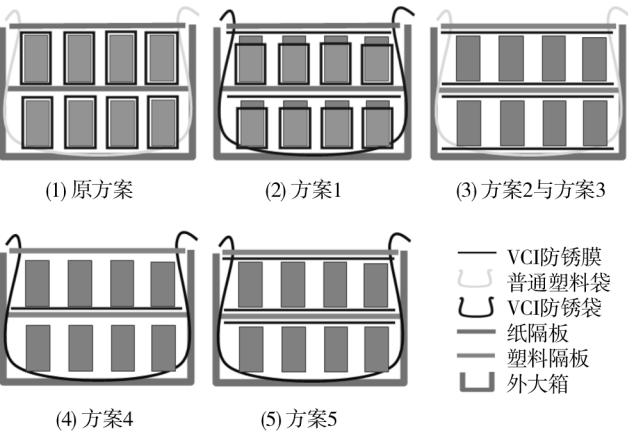


图 2 不同改进防锈包装方案

Fig. 2 Diagram of different improved antirust packaging solution

包装材料及防锈包装方式的不同。

3.3 海运试验

1) 试验样品:以上 5 种改进包装样品件各 2 箱,由包装材料供应商按要求制作提供。

2) 运输路线:在宁波工厂装箱后,汽车运输到上海港口,海运约 2 个月到美国某港口,再汽车运输至美国通用工厂。

3) 试验时间:2012 年 5 月 16 日至 2012 年 7 月 5 日,总计 45 d。产品于 2012 年 5 月 16 日生产包装完毕,在宁波工厂仓库存放 4 d 后于 5 月 21 日发出,2012 年 6 月 28 日到达美国通用工厂,在客户仓库存放 6 d 后拆包检查,其中海上运输时间为 33 d。

对于 10 箱试验零件,每个零件均在包装前经质量检验人员按照质量标准检验合格后再包装,包装作业时严格按照包装作业指导书执行,并对每种方案的包装时间进行了记录统计。

4 结果与讨论

对 6 种包装方案的零件拆包装后进行质量检验,结果见表 3。从表 3 中可以看出以下几点。

1) S1 锈蚀最严重,S2 轻度锈蚀,S3,S4 和 S5 无锈蚀。因为 S1 内包装为纸质材料,纸板容易吸潮且含有水分,会提高包装箱内的空气湿度,加上海上湿度高、昼夜温差大,所以导致零件锈蚀严重。

2) 对比 S2 与 S3 的锈蚀情况,S2 与 S3 唯一的区别是 VCI 膜的厚度,S3 较 S2 厚,而气相缓蚀剂含量与厚度成正比,证明 S2 气相缓蚀剂浓度不够或处于临界状态,所以导致零件轻度锈蚀。

3) 对比 S4 与 S5 的方案,S5 每层顶部多 1 张 VCI 薄膜,但两者均满足防锈要求。

另外,表 2 中还列出了 6 种包装单个零件的包装作业时间,OS>S1>S2=S3=S4=S5,单个防锈袋密封包装更改为平铺防锈膜后,包装作业效率提高了 5 倍。

表 3 各方案海运试验锈蚀结果

Tab. 3 Rust results of different packaging solution in ocean shipping test			
方案编号	锈蚀零件数量	零件锈蚀情况	单个零件包装时间/s
OS	0	无锈蚀	18
S1	13	有锈蚀,每层平均有 3~4 个零件锈蚀,锈蚀程度 1 级	10
S2	3	有锈蚀,锈蚀零件分布在包装箱顶层,锈蚀程度 2 级	3
S3	0	无锈蚀	3
S4	0	无锈蚀	3
S5	0	无锈蚀	3

注:单个零件包装时间指将零件包装后放入包装箱内的时间。

通过对 6 种包装方案的包装成本进行核算,结果见表 4。综合防锈包装效果与包装成本经济性分析,S4 方案最佳,包装成本比原方案降低了 12%。该企业于 2012 年 6 月开始实施 S4 包装方案,至今未发生锈蚀现象。

表 4 各方案包装成本对比

Tab.4 Cost comparison of improved and old antirust packaging solutions

方案 编号	防锈包装成本 /(元每件)	包装成本 /(元每件)	包装成本降低 百分比/%
OS	1.99	6.46	—
S1	1.19	5.80	10
S2	0.46	5.65	13
S3	0.63	5.82	10
S4	0.50	5.69	12
S5	0.64	5.83	10

注:包装材料采购成本由企业提供。

5 结论

结合汽车零部件企业实际产品,通过对不同的气相防锈包装方案进行海运试验,分析比较其防锈包装效果与包装成本,得到了最优的防锈包装方案,为企业降低了包装成本,提高了包装作业效率,也为汽车零部件防锈包装方案设计与工程应用提供了有益的参考。

1) 内包装为纸质材料或其他含水分材料(如木质材料)时,易锈蚀零件采用气相防锈袋裹包(不密封)时,虽不与其直接接触,但长时间运输有发生锈蚀的风险,尤其是出口海运。

2) 与之相似的包装方案设计,可优先考虑气相防锈膜平铺、内包装采用塑料材质的包装方式。

3) 相同的气相防锈包装方式,不同的防锈膜用量(或者说气相缓蚀剂的含量不同),防锈效果会有差异。

4) 应结合包装成本分析,在满足防锈要求的前提下,优先选用较经济方案,避免过度包装。

参考文献:

[1] 王会云. 防锈包装的机理与应用[J]. 包装工程,1996,17(6):11-15.
WANG Hui-yun. Mechanism and Application of Rustproof Packaging[J]. Packaging Engineering,1996,17(6):11-15.
[2] 许文才,向明,潘松年. 防锈包装技术[J]. 中国包装,1998,18(1):67-69.

XU Wen-cai, XIANG Ming, PAN Song-nian. The Rustproof Packaging Technology[J]. China Packaging,1998,18(1):67-69.
[3] 唐艳秋. 汽车零部件的无油防锈包装[J]. 汽车工艺与材料,2003(8):41-42.
TANG Yan-qiu. Oil-free Rustproof Packaging for Automotive Components[J]. Automobile Technology & Material,2003(8):41-42.
[4] 张敏,李志广,万红敬,等. 一种基于高真空加速测量装置的测定 VCI 材料的预膜方法[J]. 功能材料,2007,38(A7):2709-2711.
ZHANG Min, LI Zhi-guang, WAN Hong-jing, et al. The Determination about Pre-volatile Time of Volatile Corrosion Inhibitor Material Based on a Set of High-vacuum Accelerate Apparatus[J]. Journal of Functional Materials,2007,38(A7):2709-2711.
[5] 李志广,黄红军,万红敬,等. 一种气相防锈涂料防锈效果与预膜时间的研究[J]. 腐蚀与防护,2006,27(3):133-135.
LI Zhi-guang, HUANG Hong-jun, WAN Hong-jing, et al. Anticorrosion Effect and Preliminary Filming Time of a Volatile Corrosion Inhibitor Paint[J]. Corrosion & Protection,2006,27(3):133-135.
[6] 刘刚连,强明礼. VCI 气相防锈包装技术[J]. 中国包装,2010(9):41-44.
LIU Gang-lian, QIANG Ming-li. VCI Antirust Packaging Technology[J]. China Packaging,2010(9):41-44.
[7] 薛延学,向明. 电机运输包装方法的研究[J]. 包装工程,2001,22(5):47-51.
XUE Yan-xue, XIANG Ming. Research on Method for Motor Transport Package[J]. Packaging Engineering,2001,22(5):47-51.
[8] 李文钊,田春雷,李良春. 基于气相防锈技术的弹药包装研究[J]. 包装工程,2006,27(1):112-113.
LI Wen-zhao, TIAN Chun-lei, LI Liang-chun. Study of Ammunition Packaging Based on Vapor Phase Inhibitor Technology[J]. Packaging Engineering,2006,27(1):112-113.
[9] 滑广军,罗定提,吴若梅. 基于屈曲准则的瓦楞纸板强度仿真分析[J]. 包装学报,2010,31(1):18-20.
HUA Guang-jun, LUO Ding-ti, WU Luo-mei. The Simulation Analysis of Corrugated Board Strength Based on Buckling Criteria[J]. Packaging Journal,2010,31(1):18-20.
[10] 李祥刚,刘跃军. 塑料瓦楞板发展现状及研究方向[J]. 株洲工学院学报,2006,20(6):4-7.
LI Xiang-gang, LIU Yue-jun. The Present Situation and the Trend of the Study of the Plastic Corrugated Sheet[J]. Journal of Zhuzhou Insitute of Technology,2006,20(6):4-7.