



“十二五”普通高等教育车辆工程专业规划教材

# 大客车车身制造工艺

DAKECHE CHESHEN ZHIZAO GONGYI

张德鹏 蔡红民 主编



人民交通出版社  
China Communications Press



014042082

U469.13  
03

“十二五”普通高等教育车辆工程专业规划教材

主要内容

本书是“十二五”普通高等教育车辆工程专业规划教材之一，主要介绍大客车车身的制造工艺。全书共分五章，第一章介绍大客车车身的概述，第二章介绍大客车车身的材料，第三章介绍大客车车身的工艺，第四章介绍大客车车身的装配，第五章介绍大客车车身的涂装。本书可作为高等院校车辆工程专业及相关专业的教材，也可供从事大客车车身制造工作的工程技术人员参考。

# 大客车车身制造工艺

DAKECHE CHESHEN ZHIZAO GONGYI

张德鹏 蔡红民 主编



北航 C1731199



人民交通出版社  
China Communications Press

U469.13  
03

S80S20210 .

林德隆职业工程教育类图书“五十二”



## 内 容 提 要

大客车因其品种多、批量小、车身尺寸大、装配工作量大等特点,形成了特点显著的工艺形式和方法。本书较全面地介绍了大客车车身制造工艺,主要包括客车车身制造主要工艺、工艺流程、CO<sub>2</sub> 气体保护焊工艺和点焊工艺、冲压成形基本工艺、车身零件冲压工艺、车身骨架和车身外蒙皮制造工艺、涂装前金属表面处理和车身涂装工艺。

本书可作为高等院校车辆工程专业的教材,也可作为相关专业的培训教材和客车行业工程技术人员的技术参考资料。

### 图书在版编目(CIP)数据

大客车车身制造工艺 / 张德鹏, 蔡红民主编. —北京: 人民交通出版社, 2013. 10

“十二五”普通高等教育车辆工程专业规划教材  
ISBN 978-7-114-10944-7

I. ①大… II. ①张… ②蔡… III. ①公共汽车-车  
体-车辆制造-工艺学-高等学校-教材 IV.  
①U469.130.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 244781 号

“十二五”普通高等教育车辆工程专业规划教材

书 名: 大客车车身制造工艺

著 者: 张德鹏 蔡红民

责任编辑: 夏 韩

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 10.5

字 数: 260 千

版 次: 2014年3月 第1版

印 次: 2014年3月 第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-10944-7

定 价: 25.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

# “十二五”普通高等教育车辆工程专业规划教材

## 编委会名单

### 编委会主任

龚金科(湖南大学)

### 编委会副主任(按姓名拼音顺序)

陈南(东南大学)

方锡邦(合肥工业大学)

过学迅(武汉理工大学)

刘晶郁(长安大学)

吴光强(同济大学)

于多年(吉林大学)

### 编委会委员(按姓名拼音顺序)

蔡红民(长安大学)

陈全世(清华大学)

陈鑫(吉林大学)

杜爱民(同济大学)

冯崇毅(东南大学)

冯晋祥(山东交通学院)

郭应时(长安大学)

韩英淳(吉林大学)

何耀华(武汉理工大学)

胡骅(武汉理工大学)

胡兴军(吉林大学)

黄韶炯(中国农业大学)

兰巍(吉林大学)

宋慧(武汉科技大学)

谭继锦(合肥工业大学)

王增才(山东大学)

阎岩(青岛理工大学)

张德鹏(长安大学)

张志沛(长沙理工大学)

钟诗清(武汉理工大学)

周淑渊(泛亚汽车技术中心)

编委  
2013年9月

# 前 言

2002年以来,我国客车制造业进入快速发展时期,逐步成为世界客车市场上的主要力量,2011年大中型客车产量已超过16万辆,连续多年大中型客车出口超过1万辆。客车产品不仅能够满足国内客户的需求,而且还远销非洲、南美、南亚、西亚、中东、欧美等市场,客车企业和品牌已经在国际市场上产生了广泛的影响。我国主要大客车制造企业的工艺技术水平已经达到国际水平,车身整体磷化处理、阴极电泳底漆等工艺技术为国际先进水平,大客车制造质量得到大幅度提高。

对于客车制造而言,车身制造工艺是客车生产工艺的核心,车身制造是客车制造企业的主要作业。一般小型和部分中型客车的车身壳体主要是由车身覆盖件和构件等冲压件构成,其制造工艺与乘用车相近。大客车车身结构是有车身骨架的,其车身制造工艺与乘用车有着很大的差异,采用典型的混合流水线生产方式。

与乘用车制造工艺相比,大客车因其品种多、批量小、车身尺寸大、装配工作量大等特点,形成了特点显著的车身骨架组焊、车身蒙皮张拉与滚压加工、前后围蒙皮组焊、车身涂装和装配工艺形式和方法。大客车采用典型的混合流水线生产方式,为了与此生产方式相适应,从工艺布置、工位设置、作业安排到设备选购、生产管理,也与乘用车制造存在着明显的差异。

本书较全面地介绍了大客车车身典型的制造工艺形式和方法,主要内容包括客车车身制造主要工艺和工艺流程、车身焊接和冲压成形基本工艺、车身零件冲压工艺、车身骨架和车身外蒙皮制造工艺、涂装前金属表面处理和车身涂装工艺。

全书共分八章,第一章、第二章、第三章、第五章、第六章和第七章由张德鹏编写,第四章、第八章由蔡红民编写。在编写内容的安排上,力求简明扼要,兼顾工艺原理和实用工艺技术的介绍,反映大客车车身制造工艺技术的最新发展动态,使内容既包括制造工艺基本理论又体现实用价值。

在本书的编写过程中,得到长安大学领导及许多同仁的指导和关注,并参考了国内外大量文献资料,引用了相应的图表和数据,谨此深表谢意。

由于编者水平有限和大客车制造企业选择的工艺方法、工装设备呈现多样性,以及客车制造工艺技术的不断发展,书中难免会有错误,敬请批评指正。

第一节 侧围蒙皮张拉工艺	92
第二节 侧围蒙皮粘接工艺	95
第三节 顶盖蒙皮制造工艺	98
第四节 蒙皮张拉弯曲成形工艺	编者 101
第五节 前后围蒙皮制造工艺	2013年9月 103
第七章 涂装前金属表面处理	106
第一节 碱液脱脂法	106
第二节 酸洗法除锈	108

# 目 录

第一章 大客车车身制造工艺概论	1
第一节 车身制造主要工艺	2
第二节 车身制造主要工艺流程	5
第三节 我国大客车制造工艺技术的发展	7
第二章 车身焊接基本工艺	12
第一节 CO <sub>2</sub> 气体保护焊特点	12
第二节 细丝 CO <sub>2</sub> 气体保护焊工艺	16
第三节 焊缝成形	24
第四节 点焊工艺	26
第五节 低碳钢与镀锌钢板的点焊工艺	31
第三章 冲压成形工艺	35
第一节 毛坯的基本变形与变形控制	35
第二节 冲压成形方法	38
第三节 单角弯曲和双角弯曲	45
第四章 大客车车身零件冲压工艺	48
第一节 车身覆盖件冲压工艺	48
第二节 中厚板件冲压工艺	55
第三节 车身零件冲压模具	65
第五章 大客车车身骨架制造工艺	76
第一节 矩形管下料设备	76
第二节 矩形管的弯曲成形	78
第三节 车身骨架的组焊	83
第四节 车身骨架组焊胎具	86
第六章 大客车车身外蒙皮制造工艺	92
第一节 侧围蒙皮张拉工艺	92
第二节 侧围蒙皮粘接工艺	95
第三节 顶盖蒙皮制造工艺	98
第四节 蒙皮张拉弯曲成形工艺	101
第五节 前后围蒙皮制造工艺	103
第七章 涂装前金属表面处理	106
第一节 碱液脱脂法	106
第二节 酸洗法除锈	108

第三节	金属表面的磷化处理	109
第八章	大客车车身涂装工艺	112
第一节	车身涂装概述	112
第二节	车身涂料的选择	115
第三节	车身涂装工艺流程	123
第四节	车身涂料涂装方法与设备	135
参考文献		158
1	.....	.....
2	.....	.....
3	.....	.....
4	.....	.....
5	.....	.....
6	.....	.....
7	.....	.....
8	.....	.....
9	.....	.....
10	.....	.....
11	.....	.....
12	.....	.....
13	.....	.....
14	.....	.....
15	.....	.....
16	.....	.....
17	.....	.....
18	.....	.....
19	.....	.....
20	.....	.....
21	.....	.....
22	.....	.....
23	.....	.....
24	.....	.....
25	.....	.....
26	.....	.....
27	.....	.....
28	.....	.....
29	.....	.....
30	.....	.....
31	.....	.....
32	.....	.....
33	.....	.....
34	.....	.....
35	.....	.....
36	.....	.....
37	.....	.....
38	.....	.....
39	.....	.....
40	.....	.....
41	.....	.....
42	.....	.....
43	.....	.....
44	.....	.....
45	.....	.....
46	.....	.....
47	.....	.....
48	.....	.....
49	.....	.....
50	.....	.....
51	.....	.....
52	.....	.....
53	.....	.....
54	.....	.....
55	.....	.....
56	.....	.....
57	.....	.....
58	.....	.....
59	.....	.....
60	.....	.....
61	.....	.....
62	.....	.....
63	.....	.....
64	.....	.....
65	.....	.....
66	.....	.....
67	.....	.....
68	.....	.....
69	.....	.....
70	.....	.....
71	.....	.....
72	.....	.....
73	.....	.....
74	.....	.....
75	.....	.....
76	.....	.....
77	.....	.....
78	.....	.....
79	.....	.....
80	.....	.....
81	.....	.....
82	.....	.....
83	.....	.....
84	.....	.....
85	.....	.....
86	.....	.....
87	.....	.....
88	.....	.....
89	.....	.....
90	.....	.....
91	.....	.....
92	.....	.....
93	.....	.....
94	.....	.....
95	.....	.....
96	.....	.....
97	.....	.....
98	.....	.....
99	.....	.....
100	.....	.....
101	.....	.....
102	.....	.....
103	.....	.....
104	.....	.....
105	.....	.....
106	.....	.....
107	.....	.....
108	.....	.....

造中的具体应用,形成了车身骨架制造、车身蒙皮制造、车身构件冲压成形、车身焊接、磷化和车身喷漆、底盘和车身装配等工艺。要实现这些工艺的基本条件,如制造车身骨架需要焊接设备和组焊胎具等。在车身生产

# 第一章 大客车车身制造工艺概论

客车与城市地铁、城际轨道交通是现代社会的短途(一般在400km以下)旅客的主要交通工具,安全、舒适、环保、快捷的城市和公路客运是现代交通运输体系中不可或缺的因素。在我国,客车是指在设计和技术特性上主要用于载运乘客及其随身行李的商用车辆,包括驾驶员座位在内其座位数超过9座,有单层和双层客车两种。客车按车长分为小型、中型、大型和特大型客车,如表1-1所示。大客车通常是指中型及中型以上的客车。

客车按车长分类

表 1-1

类型		特大型	大型	中型	小型
车长 L(m)	营运客车	$13.7 \geq L > 12$	$12 \geq L > 9$	$9 \geq L > 6$	$6 \geq L > 3.5$
	城市客车	$10 < L \leq 12$ 双层客车 $L > 13$ 铰接客车	$10 < L \leq 12$	$7 < L \leq 10$	$3.5 < L \leq 7$

车身是客车结构中及与发动机、底盘、电气设备及仪表并列的四大组成部分之一。在客车结构中,车身既是承载单元,又是功能单元。作为客车结构中的承载单元,由车身骨架与车架(小型客车车身壳体与车架)组成的车身结构,在客车行驶时要承受多种载荷的作用。作为功能单元,车身可以为驾驶员提供便利的工作环境,为乘客提供舒适的乘坐环境,免受客车行驶时的振动、噪声、废气的侵袭以及外界恶劣气候的影响。在道路交通事故发生时,安全车身结构有助于减轻或避免对乘员造成伤害。资料表明,大客车车身是客车质量和制造成本的主要组成部分之一,一般占整车的60%~70%,甚至更高。

对于客车制造而言,车身制造工艺是客车生产工艺的核心,车身制造是客车制造企业的主要作业。因此,客车制造工艺主要是指客车车身的制造方法。一般小型和部分中型客车的车身壳体(图1-1)主要是由车身覆盖件和构件等冲压件构成,其制造工艺与乘用车相近。大客车车身结构(图1-2)是有车身骨架的,其车身制造工艺与乘用车差异很大,有着特点显著的工艺形式和方法。

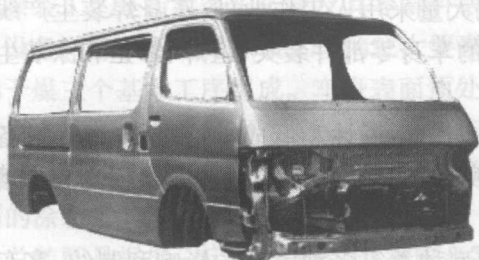


图 1-1 客车车身体壳结构

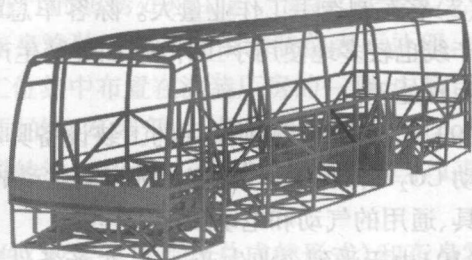


图 1-2 客车车身骨架和底架结构

大客车按车身结构形式的不同分为非承载式、半承载式和承载式。非承载式和半承载式客车车身结构属于有车架形式的,而承载式是属于无车架形式的,即采用由薄壁杆件构成的格栅底架。在客车制造过程中,车身结构是车身和底盘零部件装配的基础部件。因此,车身结构的形式对客车的制造工艺过程有着十分重要的影响。



## 第一节 车身制造主要工艺

大客车制造从原材料和外购件的投入,至整车装配检测完毕,其过程经过多条生产线,采用多级综合工艺,生产方式是流水线生产和批量生产混在一起,而主要生产线的生产方式为流水线生产方式,生产形态是连续性生产。

大客车主要生产线包括磷化处理生产线、车身焊装生产线、车身涂装生产线、总装配生产线(底盘和车身装配)及整车调试检测线。此外,客车制造企业还设有下料、冲压、骨架五大片组焊车间或场地以及其他生产配套设施,为生产线作业作必要的零部件准备。

### 一、车身制造工艺特点

大客车因其品种多、批量小、车身尺寸大、装配工作量大等特点,其制造工艺与乘用车有着明显的不同。大客车采用典型的混合流水线生产方式,为了与此生产方式相适应,从工艺布置、工位设置、作业安排到设备选购、生产管理,形成了客车制造工艺特点。

(1)由客车主要生产线构成的工艺路线多采用回转式布置。采用回转式布置,工艺路线便捷,工艺传递方便,主要生产线之间产品流动通畅,有利于生产进度控制和现场管理。

(2)客车生产线的工位面积大,工位数少,工位作业量大,作业内容杂,作业时间不均衡。

(3)磷化处理生产线、车身焊装生产线和总装配生产线工位采用串联式布置,整体浸渍磷化和浸漆、电泳底漆生产线工位采用串联式布置,涂装生产线其他工位采用并列式的布置。

(4)为了提高生产能力,对于承载式客车制造,通常采用设置两条并行的车身焊装生产线和两条并行的总装配生产线与一条车身涂装生产线相衔接的方式;对于半承载式客车制造,除设置车身焊装生产线、车身涂装生产线和总装配生产线外,还设置底盘装配生产线。

(5)为了满足作业环境和安全性要求,主要生产线位于不同的厂房内,车身涂装生产线的表面预处理工位集中布置在涂装厂房的一侧。

(6)客车因其车身尺寸大,车身结构与乘用车不同,形成了如车身骨架组焊工艺、侧围蒙皮张拉工艺、顶盖两侧蒙皮辊压成形工艺、前后围蒙皮张拉成形工艺等特点显著的工艺形式。

(7)车身结构件如车身骨架、底架构件,在组焊部件之前进行除油、除锈和磷化处理,并涂防锈底漆。组焊后焊缝处补涂防锈底漆或车身整体进行防锈处理。

(8)客车制造手工作业量大。除客车总装配大量采用人工作业外,车身焊装生产线和涂装生产线也较多地使用手工作业,如焊装生产线的车身零部件装夹、组焊、修正和涂装生产线的表面预处理。

(9)客车制造一般所采用的工装设备具有一定的通用性和低成本特点,如焊接设备采用半自动 $\text{CO}_2$ 气体保护焊、适应几种车型生产的车身骨架组焊胎具、低熔点合金模具或中熔点合金模具、通用的气动和电动装配工具等。

(10)由于受到企业生产规模、生产条件和车型种类等多种因素的影响和制约,客车制造企业选择的工艺方法和工装设备呈现多样性,如喷涂工艺中手工喷涂方式、自动喷涂方式均被采用,侧围蒙皮既可采用电加热张拉工艺,也可采用机械张拉工艺等。

### 二、车身制造主要工艺

冲压、焊接、喷涂和装配工艺是客车车身制造的四种基本工艺。这四种基本工艺在车身制

造中的具体应用,形成了车身骨架制造、车身蒙皮制造、车身构件冲压成形、车身焊装、磷化和车身喷涂、底盘和车身装配工艺及整车性能调试检测等客车制造具体工艺。工艺设备和工艺装备是实现这些工艺的基本条件,如制造车身骨架需要焊接设备和组焊胎具等。在车身生产中所使用的设备有下料设备、冲压设备、焊接设备、组焊设备、磷化设备、喷涂设备以及转运设备等;工艺装备主要有冲压模具、骨架组焊胎具、前后风窗框组焊胎具、各种工作台以及检验样板等。

车身骨架是采用  $\text{CO}_2$  气体保护焊,在焊接胎具上组焊而成的。其制造过程包括矩形管下料、矩形管弯曲成形、车身骨架五大片(前围、后围、左侧围、右侧围和顶盖骨架)的组焊和车身骨架合装组焊。矩形管下料采用砂轮锯片切割机和合金锯片切割机。矩形管弯曲件采用弯管机弯曲成形和弯曲模压制成形。车身骨架五大片分别在各大片焊接胎具上进行组焊。骨架的五大片与车身底架或车架在合装组焊胎具上完成整车车身骨架的组焊。

车身蒙皮制造工艺包括侧围蒙皮张拉工艺、顶盖外侧蒙皮的滚压成形工艺、薄板张拉弯曲成形工艺、车身蒙皮冲压工艺、顶盖蒙皮低工位作业组焊工艺和前后围蒙皮组焊工艺等。侧围蒙皮张拉工艺是采用拉伸形式或电加热形式,使侧围蒙皮产生一定的相对伸长量。顶盖外侧蒙皮的滚压成形是将金属材料经过数组成形辊轮滚压形成所需断面形状的加工方法。薄板张拉弯曲成形工艺可用于加工车身后围外蒙皮。

车身焊装工艺是在车身焊装线上进行的多种作业方法的总括。对于大客车,在车身焊装线上的各工位依次完成车身骨架合装组焊、侧围蒙皮张拉、前后围蒙皮组焊、各种门体以及前后保险杠的安装等作业。在车身焊装过程中,合装组焊胎具、蒙皮张拉装备、检验样板、焊接设备和传输设备是主要工装设备。

大客车车身的板弯件、部分车身外蒙皮、驾驶员门体、乘客门体、舱门门体、保险杠等金属板材零部件采用冲压成形,因此,冲压工艺是车身金属板材零部件的主要生产工艺之一。车身冲压零件的尺寸精度和表面质量是保证车身质量的基础,板材、模具和冲压设备是冲压生产的三大要素。

磷化处理工艺能有效地提高车身金属构件的耐腐蚀能力和使用寿命。大客车车身采用的磷化处理方法有金属构件的浸渍法磷化、车身总成(白皮车身)整体浸渍法磷化和车身总成喷射法磷化三种。磷化处理工艺包括金属表面在涂装前的除油、除锈和磷化处理,也称为涂装前金属表面处理。

涂装工艺是指对客车车身及其零部件表面进行的防锈处理工艺。涂料、涂装工艺(包括涂装设备)、涂装管理是涂装工艺的三大要素。车身涂装工艺一般由涂装前表面处理、涂布涂料和干燥三个基本工序组成。车身表面预处理工位集中布置在涂装厂房的一侧,中涂、面涂的喷漆室与烘干室通常采用贯通式布置。对于不同的客车零部件,如底盘安装部件、车身构件等,根据其材料、安装位置、使用要求等,选择不同的涂料和设备,围绕涂装三个基本工序采用不同的涂装工艺过程。

总装配是根据一定的技术要求,将底盘零部件(或者是以底盘总成的形式)和车身零部件按照整车流程的需要,在总装配生产线进行的装配作业。半承载式客车的底盘装配作业在底盘装配生产线完成,承载式客车的底盘和车身装配作业在总装配生产线完成。大客车总装配是一项相当复杂的工艺,装配件的品种、数量多、装配关系复杂,要求各部门统一协调,形成一个有机的整体才能保证总装配有序的进行。

客车总装配作业完成后,要进行整车检测、调整和修饰,以保证客车质量。大客车整车检

验包括一般项目检验、道路行驶检验和检测线检验。按企业制订的客车产品检验规程对客车的装配质量、技术性能和安全性能等方面进行检验。

### 三、车身制造工艺分析

大客车制造采用流水线生产方式,其产品的工艺性是指在确定的生产条件和规模下,能否最经济、最安全、最稳定地获得质量优良产品的可能性。产品质量是指产品“反映实体满足明确和隐含需要的能力和特性的总和”(ISO 8402—1994)。客车产品的主要质量指标包括产品的性能、可靠性、安全性、环保性和经济性。保证产品质量、降低生产成本、缩短生产周期和安全生产是车身制造工艺分析的主要目的。工艺分析主要包括:

- (1) 产品方面:包括产品性能、生产效率和产品成本。
- (2) 工艺方面:包括加工顺序、加工方法、加工基准、尺寸精度、材料及检验方法。
- (3) 作业性方面:包括设备及产品流程的人员配置、作业方法、作业性、作业量、作业环境、安全性等。
- (4) 生产方式方面:包括与设备及平面布置有关的装置、材料准备、产品流程、废料处理方法、辅助材料的选择等。

冲压、焊接、喷涂和装配工艺是车身制造的四种基本工艺。车身零部件的工艺性分析是以产品分析为主的多方面工艺性分析,可为“高质量、低成本”的生产提供必要的依据。

#### 1. 冲压工艺性分析

冲压工艺性是指冲压件对冲压工艺的适应性,即冲压件的结构形状、尺寸大小、精度要求及材料等方面是否符合冲压加工的工艺要求。冲压工艺性分析主要包括:

- (1) 冲压件的成形性分析;
- (2) 表面质量的分析;
- (3) 零件分离位置的分析;
- (4) 冲压成形方向与产品形状的分析;
- (5) 与轻量化、防腐蚀性、成形性相关的材料分析等。

#### 2. 焊装工艺性分析

车身焊装质量直接影响后续工序的涂装质量和总装质量。车身焊装工艺过程中存在外观质量、密封性、耐锈蚀性等问题。为此,焊装工艺性分析主要包括:

- (1) 车身焊接装配性分析;
- (2) 车身密封性分析;
- (3) 车身防腐蚀性分析;
- (4) 焊接装配后精度的分析;
- (5) 车身外表面的平整度分析;
- (6) 现有设备与工艺的有效利用分析等。

#### 3. 涂装工艺性分析

车身涂层具有保护功能和装饰功能。涂层保护性能包括耐久、耐候性能,装饰功能包括漆膜的光泽、厚度和鲜映性等。涂层的耐腐蚀性能、外观装饰性能和涂装工艺的环保性、经济性是涂装工艺关注的重点。涂装工艺性分析主要包括:

- (1) 部件内部结构孔位分析;
- (2) 车身外表面平整度处理分析;

- (3) 不同金属材料与表面前处理液及方式适应性分析;
  - (4) 车身骨架内腔防腐性能分析;
  - (5) 焊接部位防腐性能分析;
  - (6) 密封涂敷部位分析;
  - (7) 车身底板耐蚀性分析;
  - (8) 车身底漆、中漆和面漆的适宜搭配分析;
  - (9) 车身贴膜耐久性分析等。
4. 车身装配工艺性分析

装配的完整性、完好性、可靠性、润滑性、密封性、统一性是车身装配的一般性技术要求。车身装配工艺性分析主要包括:

- (1) 车身部件及选装件装配匹配性分析;
- (2) 车身密封性分析;
- (3) 螺栓等紧固件作业性分析;
- (4) 线束、管路装配性分析;
- (5) 车型种类与部件通用化的分析等。

## 第二节 车身制造主要工艺流程

工艺流程是指从原料投入到成品产出,顺序连续的通过设备进行的加工处理过程。工艺流程也称为加工流程或生产流程。

### 一、车身制造主要工艺流程

因生产规模、生产条件和生产车型等方面的不同,大客车制造企业所采取的主要工艺流程亦有所不同。按制造工艺主要作业顺序安排,工艺流程大体可归纳为三类,如图 1-3 所示。

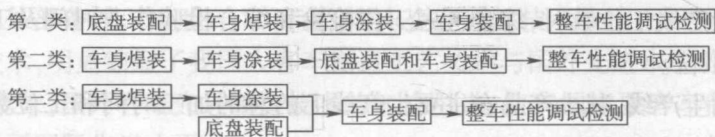


图 1-3 三类大客车制造工艺流程概要

图 1-3 所示的第一类工艺流程的显著特点是在底盘总成上进行车身焊装,车身焊装不方便;底盘将随同车身一起进入涂装车间进行车身涂装,涂料不可避免对底盘部件造成“污染”;由于塑胶件及橡胶密封件的存在,烘干温度不宜高于 90℃;车身金属构件防腐处理不彻底,车身表面涂装质量较差。该工艺流程是规模较小的一些企业生产半承载式客车的一种生产形式。

图 1-3 所示的第二类和第三类工艺流程是目前大客车制造企业广泛采用的两种工艺流程。第二类工艺流程是涂装完工的车身依次进行底盘总成和车身部件装配,适用于承载式客车制造。第三类工艺流程的显著特点是车身涂装后与底盘进行扣合连接,提高了车身涂装质量,适用于半承载式客车制造。

大客车制造主要生产线采用流水线生产方式,其主要生产线工艺流程如下:

- (1) 车身焊装线主要工艺流程。

在选用发动机和底盘基础上焊接车架外撑梁(俗称牛腿)和地板支架或在车身底架总成的基础上→组焊整车骨架→焊装车身左右侧围外蒙皮→组焊车身后、后风窗框和前、后围外蒙皮→车门、行李仓等部件装配。

### (2) 车身喷涂生产线主要工艺流程。

典型的车身喷涂生产线主要工艺流程为车身表面前处理→烘干→涂装底漆→烘干→涂刮腻子→烘干→湿打磨→烘干→喷涂中间漆→烘干→喷涂车身面漆→烘干→喷涂车身彩条漆→烘干。

### (3) 车身装配线主要工艺流程。

地板总成装配→安装车身内蒙皮、空调设备、空调管道→内部装饰件、内行李架装配→安装侧窗和风窗玻璃→乘客门、驾驶员门、行李舱门装配→前后保险杠、灯具、刮水器、仪表板、后视镜安装→乘客座椅、驾驶员座椅安装。

### (4) 车身构件磷化处理线主要工艺流程。

在采用浸渍法磷化时,磷化处理主要工艺流程为:碱液除油→水洗→酸洗除锈→水洗→碱液中和→水洗→磷化处理→冷水洗→热水洗→干燥。车身构件磷化处理后需立即喷涂防锈底漆。

## 二、车身制造主要生产线的工艺布置

### 1. 主要生产线工艺布置要求

(1) 为了平衡主要生产线的负荷,主要生产线的生产能力应相适应,即主要生产线的生产节拍相匹配。

(2) 主要生产线之间产品流动通畅,转运方便,并且设置缓冲工位,使主要生产线平稳运行。

(3) 各工位作业时间均衡。对作业量大的瓶颈工位设置必要的辅助工位或采取其他措施,稳定流水线生产。

(4) 在确定生产线工位位数时,综合考虑工位检验和综合检验作业时间及工位需要,设置必要的检验和修复工位。

(5) 建立辅助生产线,减少产品在主要生产线上总的加工时间和工位位数,提高流水线效率和运行的平稳性。

(6) 为了满足客车多品种、小批量的生产要求,同时弥补生产线工位位数的减少对生产能力的影 响,应布置多条生产线并行。

(7) 设置后备工位,对于有特殊要求、作业量较大的产品,可移至后备工位进行作业,保证生产线按节拍运行。

(8) 主要生产线布置紧凑,采用回转式布置,有利于生产进度控制和现场管理。

(9) 主要生产线的布置应保证良好的作业性、安全性,保证制件运输流畅和生产、生活环境。

### 2. 主要生产线工位位数确定、作业编排和生产线编排效率

大客车主要生产线采用混合流水线生产方式。各品种的投入按规定的加工方法和加工顺序,按一定的时间间隔通过流水线的各个工位。

#### (1) 混合流水线工位位数的确定。

采用固定节拍投入方式时,混合流水线生产节拍是按计划期间流水线生产能力和该计划

期间全部品种的计划产量确定的。

混合流水线工位数根据作业内容、作业时间和产品总的劳动量而定。但各工位作业时间不得超过生产节拍。

### (2) 混合流水线各工位作业编排。

每个产品的作业顺序又可进一步划分为许多细小的作业。最小的作业单位称为单元作业。完成单元作业所需的标准时间称为单元作业时间。

流水线上的单元作业之间存在着先后顺序关系。表示这些单元作业先后顺序关系的图表称为先后顺序图。

在混合流水线上,不同产品的单元作业先后顺序图中,包括相当多的共同单元作业。把不同产品的单元作业先后顺序图绘制在一起,构成了统一先后顺序图。制定了统一先后顺序图,就可按一个产品的先后顺序图,进行混合流水线上的作业编排。

混合流水线的作业编排是在满足单元作业先后关系的基础上,一方面使工位数接近工位数计算值;一方面把单元作业划分到各工位,使各工位作业时间均衡。

### (3) 混合流水线编排效率。

各工位作业编排结果与需要的工位数之比,称为流水线编排效率。各工位分配的作业时间与生产节拍之差称为空闲时间,所有工位的作业空闲时间总和称为富余时间。富余时间表示流水线作业的时间损失。

## 第三节 我国大客车制造工艺技术的发展

### 一、我国大客车制造工艺技术的发展历程

我国客车工业是伴随着国家汽车工业的发展而逐步发展起来的,经历了创建初期、成长期和快速发展时期。我国城市、公路客运市场和轻、中、重型车辆技术的发展,为客车制造业的发展提供了有利的外部条件。20世纪80年代,客车企业通过技术改造,引进和研制了大客车制造关键设备和技术,明显缩短了我国大客车制造工艺技术与国外先进水平的差距。而90年代末期和2000年以来,国外客车先进制造技术的加快引进,使我国主要客车制造企业的制造工艺技术水平接近了国际先进水平。

20世纪60~70年代是我国客车工业创建的初期。我国大客车制造业的基础是汽车修理业,在客车维护、修理过程中逐步形成了客车车身翻新、制造能力,进而在载货汽车底盘上改装简易客车。在60~70年代,客车生产厂主要采用载货汽车底盘改制客车,如采用第一汽车制造厂生产的解放牌载货汽车三类底盘改制的JT660型长途客车和BK640型城市客车,冲压、焊装、喷涂、总装等生产工艺设备简单,焊接主要采用氧—乙炔焊和手工电弧焊,车身骨架构件采用冲压成形,车身骨架采用简单组焊胎具组焊,客车制造机械化程度和制造工艺水平低,缺乏客车制造关键设备和技术,只能生产低档客车。

20世纪80年代和90年代初期是我国客车工业成长时期,也是我国大客车技术发展的重要时期。在这一时期,我国第一代采用客车专用底盘的JT663半承载式公路客车问世,研制开发了格栅底架客车专用底盘和采用承载式车身结构的JT6120型客车,客车专用底盘品种逐渐增多,客车企业技术改造全面展开,开始引进国外先进客车制造技术(表1-2),大客车生产采用流水线生产方式逐步形成,客车制造工艺技术发生了深刻变革。

20 世纪 80 年代初,客车行业推广全面质量管理,工装设备、工艺文件、生产管理水平得到进一步完善和提高,CO<sub>2</sub> 气体保护焊工艺、构件磷化工艺得到普遍推广应用。在国家“六五”、“七五”、“八五”期间,大客车重点生产企业通过技术引进和技术改造,积极消化、吸收国外客车生产先进技术,引进和研制了大客车制造关键设备和技术,如引进矩形管下料设备、弯管机、数控线切割机、卷板校平下料机组和全套喷漆系统等,推广应用蒙皮张拉工艺、顶盖蒙皮低位作业组焊工艺、车身骨架联装组焊工艺、聚氨脂发泡工艺等先进工艺,对原有生产组织、工艺布置、工艺流程、工装设备、质量控制等进行改造和完善,建设新的车身焊装、喷涂、总装生产线和整车检测线,明显缩短了与国外先进水平的差距。如“八五”期间,中通客车耗资 5138 万元继续进行技术大改造,引进国外先进技术和设备建设国内一流的客车生产线,新建了总装、喷涂、检测、座椅等五条生产线,改造了焊装、预处理等生产线和板链传动总装线,引进了日本具有国际先进水平的门式全自动喷涂设备。客车生产企业的技术改造和技术引进,使我国大客车制造工艺技术水平、生产能力和制造质量得到提高。

部分大中型客车技术引进和合资合作项目

表 1-2

年份	技术引进、合资合作项目
1980 年	沈阳飞机制造公司引进日本富士重工中型旅游客车技术
1986 年	北方车辆制造厂引进德国 G 奥维特尔公司尼奥普兰高档大客车技术
1989 年	厦门金龙联合汽车工业有限公司生产德国曼底盘高档大客车
1993 年	中韩合资桂林大宇客车有限公司成立,引进大宇客车技术生产
1994 年	西安飞机公司与沃尔沃合资组建西沃公司,引进沃尔沃客车技术生产
1995 年	合肥淝河汽车厂与德国凯斯鲍尔公司合作生产凯斯鲍尔豪华客车,2002 年发展到塞特拉 S315 型
1996 年	扬州客车厂与奔驰公司合资成立亚星-奔驰有限公司,引进客车及底盘技术,生产亚星-奔驰客车
1999 年	沈飞公司与日野公司合资生产日野大客车及底盘
2000 年	上汽与沃尔沃合资成立上海申沃客车有限公司,引进沃尔沃客车技术,生产城市客车与城郊客车
2000 年	广汽集团和日本五十铃公司合资生产五十铃 GALA 系列豪华客车
2000 年	中通客车引进荷兰 BOVA 客车技术
2002 年	郑州宇通与德国曼公司合资生产曼客车底盘
2002 年	合肥客车厂引进韩国现代大客车技术,生产合肥现代客车
2006 年	丹东黄海汽车有限责任公司引进德国 MAN 的低地板城市客车及 BRT(大容量快速公交)技术

20 世纪 90 年代末期和 2000 年以来,我国客车制造业进入快速发展时期,大中型客车产量由 1998 年的 2 万多辆发展到 2011 年的超过 16 万辆。在这一时期,客车制造业一方面加快了技术引进和合资合作步伐(表 1-2),客车制造工艺技术水平进一步提升;另一方面建成了一些具有国际水平的客车制造生产线,部分制造工艺技术已达到国际先进水平,客车制造质量得到大幅度提高,各种先进的豪华客车相继投放市场。如申沃公司在 2000 年,引进沃尔沃客车的城市公交客车和城郊客车制造技术,生产低地板城市市区客车和城郊客车。我国客车制造业并开始融入国际市场,逐渐发展成为全球客车制造中心。

## 二、我国大客车制造工艺现状和发展

我国高档大客车制造技术是通过引进国外知名客车制造企业技术的基础上发展起来的。高档大客车制造技术的引进促进了我国客车制造业整体技术水平的发展,新材料、新工艺、新技术在客车上得到广泛应用。通过积极消化、吸收国外先进的制造技术和管理技术,发挥我国客车制造业具有的优势,也使我国在普通和中档客车制造方面的工艺技术水平得到迅速提升。

2006年, 丹东黄海公司全面引进了德国MAN公司的BRT客车技术。全套生产线及技术文件均与德国MAN公司同步, 18米四门低地板BRT客车DD6187S01是德国MAN公司最新推出的铰接客车产品, 采用了欧洲先进的客车设计和制造技术。

合肥客车厂采用韩国现代公司最新生产工艺, 从下料到各零部件的生产全面提高精度, 主要钣金件、覆盖件全部实行模具化生产, 实现了客车车身构件的数控落料及数控成型。车身焊装采用了许多大型应用设备, 如车身骨架联装组焊设备、侧围蒙皮液压张拉设备、客车顶盖蒙皮自动点焊设备、顶盖总成自动翻转设备。先进的整车涂装和总装生产线、高水准的客车检测线, 保证了客车质量的稳定和提高。

合肥淝河汽车厂与德国凯斯鲍尔公司技术合作, 在实现12m S215HD塞特拉豪华客车的批量生产之后, 2002年又引进更高层次的S315HD豪华客车, 涂装生产线采用德国涂装工艺技术, 工艺装备先进齐全。

2007年, 厦门金旅公司采用国际先进的整车阴极电泳技术, 建成了国内首家大型客车整车车身阴极电泳涂装生产线, 将阴极电泳工艺引入到客车行业。该阴极电泳涂装生产线是一条大型客车全浸、步进式、整车(车身+底架)前处理、阴极电泳底漆生产线, 具有年产一万辆以上的大中型客车生产能力, 整车漆膜附着力及整车耐腐蚀性能得到很大提高, 使客车防腐能力提高到10年以上。电泳涂装技术具有突出的环保优势, 其有机溶剂含量极低, 可降低材料污染。大型客车采用整车车身阴极电泳涂装技术意味着我国客车行业在大型客车涂装工艺技术方面又有了新的发展。

郑州宇通公司对车身骨架及底盘分别采用了空腔防锈蜡、底盘防锈蜡的高压无气喷涂工艺。喷涂有防锈蜡的工件表面, 可使工件与外界之间形成致密匀质的隔离层, 从而防止空气及水分对工件的侵蚀, 避免部件长期与水汽接触而形成锈蚀, 提高产品性能。采用二维数控和三维数控液压弯管机加工管材弯曲件, 以保证制件的加工精度。在半成品加工过程中推广了激光切割加工工艺, 减少了冲孔、落料等模具的投入量。投入使用数控折弯机能折45°以上任意角度, 减少了许多复杂零件的焊接工序, 提高了生产效率和半成品的耐用性能, 同时减少了成型模具的投入量。

近年来, 我国城市建设和公路建设的快速发展, 为客车制造业提供了巨大的发展空间。2007年, 我国客车产量已占世界产量的1/3, 客车产业集中度加大(2007年, 前10家企业市场占有率超过70%), 集团化趋势加快。在客车的制造规模、制造手段、工艺规划和布置、先进设备的使用和制造管理水平上, 主要客车制造企业的制造工艺技术已具有国际水平, 部分制造工艺技术达到国际先进水平, 可生产多种规格的高品质客车, 投放国内外市场。

由于我国客车制造技术是在不断引进国外先进制造技术的基础上发展起来的。技术引进一方面使我国客车制造技术得到快速发展, 另一方面也说明与国外知名客车制造企业相比, 在高档客车制造技术的研究和改进上还存在着明显差距。在制造全球化、柔性化的发展趋势和环保意识、客车品质不断提高的情况下, 面对国外客车制造工艺技术不断发展的现状, 进一步改进我国客车的制造技术、发展新的客车制造技术至关重要。

(1) 应用计算机集成制造系统(CIMS)改造传统的客车工业。

为了提高企业的市场竞争能力, 必须采用先进的管理方式和科学技术。计算机集成制造系统(CIMS)就是将传统的制造技术与现代信息技术、管理技术、自动化技术等有机结合, 借助于计算机系统, 对产品经营、生产管理、制造研究开发等企业活动进行有机集成, 并优化运行, 建立一个提高制造企业对市场竞争具有快速应变能力的综合性自动系统。



建立计算机集成制造系统,必须有计算机(软、硬件)资源的支撑。为了保证 CIMS 的实施和正常运行,还必须进行企业组织的机构建设、管理程序的完善和提高企业人员素质的工作。

### (2) 构建柔性生产体系以降低成本,应对市场需求的变化。

柔性生产系统是指生产可以根据需要灵活调节的系统,以满足市场的需求和用户的不同要求。柔性化生产体系不仅要应对品种的变化,还要应对数量上的变化。对于大客车生产系统,柔性化不仅要求工艺布置、工位设置、工装设备、搬运装置等具有一定的通用性,而且要求生产车型转换时转换时间短。设置后备工位、辅助工位和生产线辅助,适当分组装配,减少生产线上的总装配量,提高生产线对不同产品的适应性。采用数控加工设备、系列通用或子母式骨架组焊胎具等工艺装备,缩短转换时间,发展灵活性和生产率最佳结合的柔性生产系统,以降低成本,应对市场需求的变化。

### (3) 采用先进(低污染)涂装材料、涂装工艺和涂装设备,控制“三废”造成的污染问题。

21 世纪是环境保护的世纪。随着环保意识和客车品质的不断提高,涌现出越来越多的先进涂装材料、涂装工艺和涂装设备,更为有效地控制客车涂装“三废”造成的污染问题。采用溶剂涂料的水性化、硬质涂料化、提高涂装的附着率等手段,控制挥发性有机化合物(VOC)排放。在涂装工序中,有机溶剂含量最多的面漆溶剂变成了水性溶剂,采用静电旋杯,提高附着率。在工艺改进方面采用简化烘烤工序的湿碰湿工艺,二涂一烘(2C1B)、三涂一烘(3C1B)的工艺方案,省略涂中干燥室。高固体低温固化涂料的应用,解决了能源耗量高的问题。在烘干方面正逐步采用紫外线、高频率烘干等高效干燥法。喷涂设备普遍应用水旋式喷漆室与烘干室连体和节省空间的喷烘室。喷涂机采用高压无气喷涂机、静电旋杯喷涂机、增压罐喷涂机及各类型的罐式喷枪。

### (4) 采用系统化供货、模块化生产技术。

系统化供货、模块化生产技术是一种先进的大客车生产组织形式,对客车工业在产品开发、生产方式、供应方式和组织结构等多方面带来了深刻的影响。系统化和模块化技术具体表现为零部件厂独立进行配套零部件的设计、加工,并且与相关零部件集合成模块或模块化系统,而后送往主机厂进行模块化组装。它可降低整车生产的成本,节约原材料,减少组装时间,提高系统的质量。模块化设计的原则是要减少零件的使用数量,同时要满足更高的专业化水平和易于车身制造。客车底盘采用模块化设计时,一般将其分成前悬、前桥、中间段、后桥和后悬五部分,能够使得备件的管理简单化而且修理和维护的时间降至最低,易于满足用户的不同要求。车身的模块化设计是将车身划分为前部模块、前轮处模块、中间模块、中乘客门模块、后轮处模块和后部模块。模块化设计的主要优点是客车的零部件通用化程度高,据相关资料介绍车身的通用率在 80% 以上,底盘的通用率在 60% 以上。客车采用模块化设计和制造,必将使客车制造工艺技术产生新的变革。

### (5) 进一步提高总装配的技术水平和客车装配质量。

在总装配线附近设置相应的预装工位(pre-assembly station),就是将很多部件在总装配线之外先进行预装配,使之成为整体(如仪表板、乘客门等),作为总装配线上装配操作的准备,操作人员可以在预装工位用机械化或自动化机械进行装配,既可改善工人的劳动条件,又可以提高劳动生产效率,通过在预装过程中的检查,可以消除在总装配线上可能出现的故障隐患;运用计算机技术,对装配生产调度过程和存、取零部件信息进行处理,对众多的材料流进行精确的组织,以保证装配流水线的正常生产,有助于把总装配流水线建成一个能进行多品种生产