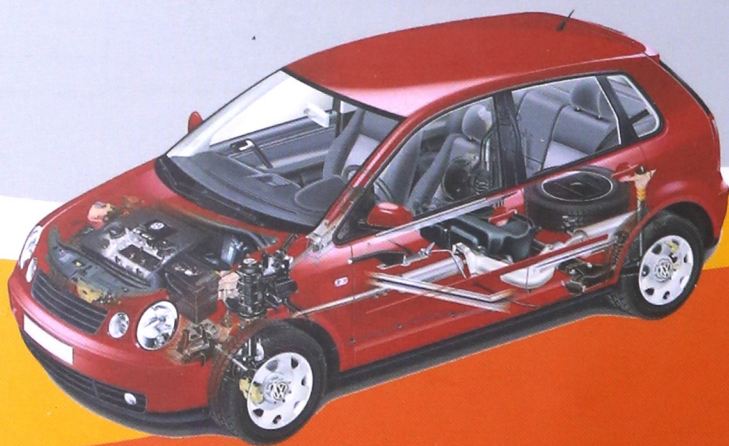


高等院校车辆工程专业系列教材

汽车车身 制造技术基础

QICHE CHESHEN ZHIZAO JISHU JICHU

唐远志 ⊙ 编著



合肥工业大学出版社
HEFEI UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

014030804

U463.820.6
10

高等院校车辆工程专业系列教材

汽车车身制造技术基础

唐远志 编著



U463.820.6

10

合肥工业大学出版社



北航 C1719524

108000010

内 容 简 介

全书共 16 章。第一章至第二章主要介绍车身结构与材料。第三章至第九章主要介绍车身冲压工艺,包括冲压工艺与压力机概述,金属塑性变形理论,车身冲裁、弯曲、拉深、局部成形、车身覆盖件冲压工艺。第十章至第十二章主要介绍车身焊装工艺,包括车身焊装工艺概述、焊装装备、焊装线。第十三章至第十五章主要介绍车身涂装工艺,包括车身涂装工艺与涂料概述、漆前表面处理工艺、涂饰工艺及装备。第十六章介绍了车身先进制造技术。

本书为高等院校车辆工程专业及相关专业的教材,也可供从事车身制造工艺及相关专业的工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

汽车车身制造技术基础/唐远志编著. —合肥:合肥工业大学出版社,2013.9

ISBN 978-7-5650-1518-2

I. ①汽… II. ①唐… III. ①汽车—车体—车辆制造—高等学校—教材 IV. ①U463.820.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 218903 号

汽车车身制造技术基础

唐远志 编著

责任编辑 汤礼广

出 版 合肥工业大学出版社

版 次 2013 年 9 月第 1 版

地 址 合肥市屯溪路 193 号

印 次 2014 年 1 月第 1 次印刷

邮 编 230009

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16

电 话 理工编辑部:0551—62903087

印 张 15.5

市场营销部:0551—62903198

字 数 342 千字

网 址 www.hfutpress.com.cn

印 刷 合肥学苑印务有限公司

E-mail hfutpress@163.com

发 行 全国新华书店

ISBN 978-7-5650-1518-2

定价: 32.00 元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社市场营销部联系调换。



前 言

近些年来，我国的汽车制造业发展迅速，并已成为我国的支柱性产业。作为汽车三大总成之一的车身，其制造工艺复杂多样、制造技术同样发展迅速。为适应车身制造业的快速发展，我国社会现急需大批掌握车身制造技术的工程技术人员，为此，全国有不少大专院校还设置了车身制造专业或车身制造工艺课程。相对而言，目前市场上关于介绍车身制造技术和工艺方面的书籍则较少，其中与实践紧密结合并努力反映最新实用车身制造工艺的书籍更少，本书的出版将弥补这方面的不足。

本书是作者在从事多年教学工作的基础上，结合自己的科研工作经验和科研成果，兼顾实际工作中的实用性编写而成。本书在内容选取方面，考虑到现行教学实际情况和学生的接受能力，因此力求精练通俗。在内容编排体系构成上，遵循了学生学习车身制造工艺的认知规律，首先讲车身结构，再讲工艺、质量、装备，然后介绍工艺改进案例。书中除文字叙述外，还大量采用插图来表示工程含义，目的是以便学生有直觉感受并能够迅速掌握要点，同时也可培养学生养成“用图说话”的工程习惯。

本书中含有作者亲历的大量真实工程案例，相信这些案例会深受学生欢迎，能极大地激发学生的学习兴趣，这是本书最大亮点之一。其次，本书在讲授知识的同时，还介绍了一些工程理念，目的是为了培养学生的工程思维方式。

全书共 16 章。第一章至第二章主要介绍车身结构与材料。第三章至第九章主要介绍车身冲压工艺，包括冲压工艺与压力机概述，金属塑性变形理论，车身冲裁、弯曲、拉深、局部成形、车身覆盖件冲压工艺。第十章至第十二章主要介绍车身焊装工艺，包括车身焊装工艺概述、焊装装备、焊装线。第十三章至第十五章主要介绍车身涂装工艺，包括车身涂装工艺与涂料概述、漆前表



面处理工艺、涂饰工艺及装备。第十六章介绍了车身先进制造技术。每章后面附有思考与练习题，供学生练习使用。

本书读者对象为高等院校及车辆工程专业及相关专业学生，同时也可供从事车身制造工艺及相关专业的工程技术人员参考使用。

本书由湖北汽车工业学院唐远志教授撰写。作者长期从事轿车车身制造工艺、装备技术研究工作，具有丰富的实践经验，多次主持或参与“富康”、“蓝鸟”等品牌汽车车身生产工艺和装备制造项目的科研攻关工作，并取得了显著的经济效益。本书由于吸收了作者多年的教学工作经验和科研工作成果，因此具有较强的实用性，可使读者从贴近实际的角度了解和掌握车身制造工艺方面的基本知识、基本理念。

由于作者水平有限，疏漏之处在所难免，恳请同仁及使用本书的读者多提宝贵意见。

编著者



目 录

第一章 汽车车身结构	(1)
第一节 车身概述	(1)
第二节 车身分类与组成	(1)
第三节 车身联接结构	(7)
第四节 车身精度	(10)
第五节 车身刚度	(12)
思考与练习	(16)
第二章 车身材料及其发展	(17)
第一节 车身材料的工艺要求	(17)
第二节 车身用钢材种类	(19)
第三节 汽车材料发展趋势	(20)
思考与练习	(24)
第三章 车身冲压工艺与压力机概述	(25)
第一节 冲压工艺概述	(25)
第二节 压力机的类型与选择	(29)
第三节 曲柄压力机	(31)
思考与练习	(37)
第四章 金属塑性变形理论	(38)
第一节 冲压塑性变形基本理论	(38)
第二节 板料冲压成形性能	(44)
思考与练习	(46)



第五章 车身冲裁工艺	(47)
第一节 冲裁板料分离过程	(47)
第二节 冲裁模间隙	(50)
第三节 冲裁模刃口尺寸的计算	(53)
第四节 冲裁力和冲模压力中心	(55)
第五节 冲裁件排样	(59)
第六节 冲裁模分类及结构	(60)
思考与练习	(63)
第六章 车身弯曲工艺	(64)
第一节 弯曲工艺概述	(64)
第二节 弯曲变形分析	(65)
第三节 弯曲件质量分析与工艺设计	(68)
第四节 弯曲工艺计算	(75)
第五节 弯曲模简介	(78)
思考与练习	(79)
第七章 车身拉深工艺	(80)
第一节 拉深工艺概述	(80)
第二节 圆筒形零件的拉深	(81)
第三节 盒形件的拉深	(87)
第四节 拉深工艺设计	(91)
思考与练习	(99)
第八章 车身局部成形工艺	(100)
第一节 胀形工艺	(100)
第二节 翻边工艺	(104)
思考与练习	(108)
第九章 车身覆盖件冲压工艺	(109)
第一节 车身覆盖件冲压工艺概述	(109)



第二节	车身覆盖件拉深工艺设计	(112)
第三节	大型覆盖件成形模结构介绍	(122)
第四节	发动机罩凹陷原因及改进措施	(125)
	思考与练习	(127)
第十章	车身焊装工艺	(128)
第一节	车身焊装工艺概述	(128)
第二节	电阻焊原理与分类	(130)
第三节	点焊热源	(133)
第四节	点焊规范参数与质量	(140)
第五节	车身焊装质量问题及其改进措施	(145)
第六节	车身焊装精度及质检	(149)
	思考与练习	(153)
第十一章	车身焊装装备	(154)
第一节	点焊设备	(154)
第二节	焊装夹具概述	(158)
第三节	装焊件在夹具上的定位与夹紧	(159)
第四节	车身装焊夹具	(164)
	思考与练习	(170)
第十二章	车身焊装线及其质量问题	(172)
第一节	车身焊装线的组成	(172)
第二节	贯通式装焊线	(174)
第三节	循环式装焊线	(178)
第四节	车身焊装质量问题分析及对策	(179)
第五节	两项专利介绍	(183)
	思考与练习	(185)
第十三章	车身涂装工艺与涂料	(186)
第一节	车身涂装工艺概述	(186)
第二节	车身底漆	(191)



第三节	车身中间层涂料	(193)
第四节	车身面漆	(195)
第五节	车身其他涂料	(197)
	思考与练习	(198)
第十四章	车身漆前表面处理	(199)
第一节	漆前表面处理的目​​的及内容	(199)
第二节	金属表面脱脂工艺	(200)
第三节	金属表面磷化处理	(203)
	思考与练习	(206)
第十五章	车身涂饰工艺及其质量问题	(207)
第一节	车身涂饰工艺	(207)
第二节	涂漆方法及装备	(209)
第三节	涂膜干燥	(217)
第四节	提高涂装质量措施	(219)
第五节	车身涂饰质量问题分析及对策	(223)
	思考与练习	(229)
第十六章	车身先进制造技术	(230)
第一节	车身激光拼焊工艺	(230)
第二节	热冲压成形技术	(232)
第三节	液压成形技术	(234)
第四节	新型伺服压力机介绍	(235)
第五节	“由内往外”夹具介绍	(236)
	思考与练习	(236)
	参考文献	(237)



第一章 汽车车身结构

车身的制造技术涉及冲压、焊装、涂装三大工艺，每种工艺均复杂多样。而车身是汽车三大总成之一，是一个复杂的造型部件，所有的车身制造技术都是围绕车身结构的实现而发展的，因此本书在介绍车身制造工艺之前，先介绍车身结构方面的有关知识。

本章将介绍车身结构、车身焊缝结构及包边结构、车身精度、车身结构刚度等内容。

第一节 车身概述

汽车由发动机、车身、底盘三大总成组成。其中车身既重要又特殊，其特点如下：

(1) 制造成本较高、经济效益也较高。

车身制造成本占整车成本约 50%。车身本身除具有使用价值外还具有艺术价值。经验表明，造型美观的车身能使整车总价值提高 10%~40%，车身经济效益远远高于其他两大总成的经济效益，轿车尤为突出。

(2) 设计涉及多门类学科知识。

车身设计除涉及流体力学、材料学、机械原理、人体工程学等理工类学科知识外，还涉及艺术造型、美学知识等艺术学科。

(3) 工艺复杂多样。

车身制造工艺包括冲压、焊装、涂装三大工艺。至今，总装、涂装工艺中的部分工序仍难以实现机械化，还需人工细作完成。

(4) 质量较大。

乘用车车身的质量占整车的 30%~40%，商用车的质量占整车的 16%~30%。

(5) 发展迅速。

车身技术相对底盘、发动机技术发展较晚，但已成为发展最迅速的分支。轿车的发展主要在车身技术的发展。

第二节 车身分类与组成

一、车身分类

汽车的品种很多，车身造型各异。按车身是否承受载荷可分为非承载式车身和承载式车身（如图 1-1 所示）。非承载式车身由车架与车身组成，而承载式车身没有独立车架。

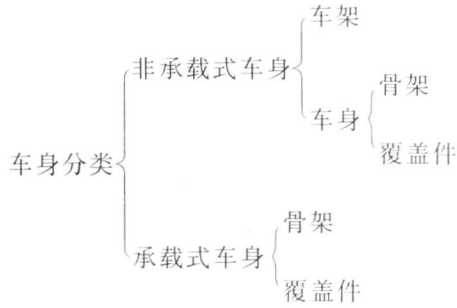


图 1-1 车身分类与组成

1. 非承载式车身

非承载式车身由车架与车身组成。车架与车身由螺栓联接，两者之间有橡胶垫。车身内部的载荷作用在车架上，车身本身不受力，主要起到“罩子”的作用。车架是非承载式车身一个重要的部件。

(1) 车架

车架是架装在汽车前后轴上的梁式结构。车架是汽车各个部件装配的基体，任何部件都直接或间接地安装在车架上，它承受着来自各个方向的力和力矩，因此必须要有足够的强度、刚性和韧性。车架是单独制造的，制造工艺比车身工艺简单。卡车和早期轿车均采用非承载式车身结构。

非承载式车身的车架结构有三种形式：双梁式、单梁式、单双梁组合式。

① 双梁式车架。双梁式车架结构（如图 1-2 所示）便于安装车身等总成，可满足改装车和发展多品种车的需要，所以被广泛应用于卡车、专用汽车、中巴车、大客车以及早期轿车上。三段双梁式车架（如图 1-3 所示）前后两段窄中间宽，前后两段与中段由抗扭盒联接，在力作用下，三段双梁相互间可发生小角度相对转动，吸收冲击、降噪，整车稳定性好，但结构复杂，成本高，适用于中高档轿车。

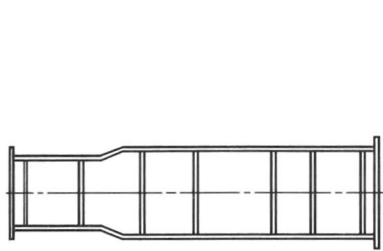


图 1-2 双梁式车架

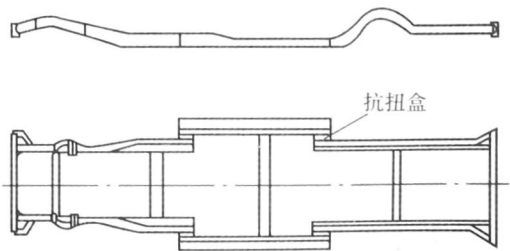


图 1-3 三段双梁式车架

② 单梁式车架。单梁式车架由一根位于车身对称中心上的粗大钢管和若干根横向悬伸托架所构成（如图 1-4 所示），其特点是有很好的扭转柔度，结构上容许车轮有较大的垂直跳动，便于安装独立悬架，因此被应用在某些高越野性要求的车上。

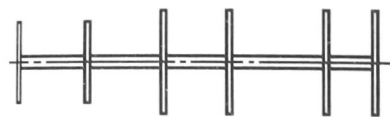


图 1-4 单梁式车架



③ 单双梁组合式车架。它是综合上述两种车架结构特点而成（如图 1-5 所示），多用于早期轿车上。车架的前后均近似于双梁式车架，前后端便于分别安装发动机和后桥。中部为一短脊梁，有很好的扭转柔度。

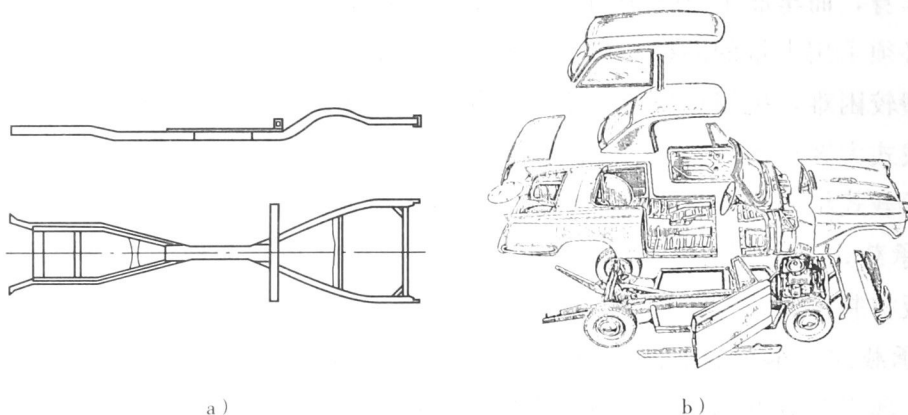


图 1-5 单双梁组合式车架及应用

a) 组合式车架；b) 早期轿车应用

(2) 非承载式车身特点

非承载式车身的车架与车身之间有橡胶垫，可以起到缓冲、吸收车架扭转变形和降低噪声作用。由于有车架作为整车基础，只要改变车身可制成各种改装车，如客车等。发生撞车事故时，车架可以保护车身。车架单独制造，制造工艺简单。

由于车架的存在增加了整车高度、整车风阻系数。其次车架制造要有足够的强度和刚度，因此采用厚钢板材料，导致整车质量增加，另外车架加工成本也较高。

2. 承载式车身

(1) 承载式轿车车身

考虑到非承载式车身整车较高的缺点，承载式车身的思路是将车架与侧围组成一体，车架位于侧围下方，这样既降低车身高度，减轻了质量，又不影响车内使用空间。

图 1-6 所示为承载式轿车车身。车身由两侧围、地板、顶盖、前散热器架、空气盒、后围等装焊而成一个稳固的整体。

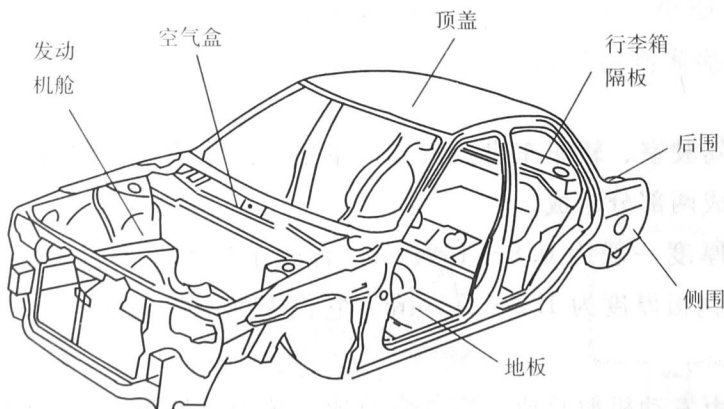


图 1-6 承载式轿车车身



由于底盘与车身之间没有车架，明显降低了整车高度。

整车采用薄钢板材料，质量明显减少，同时也适应现代流线型车身的制造要求。

但承载式车身增加了制造成本。由于没有车架，来自传动系统和悬架的振动、噪声将直接传递给车身，而车厢本身又是易于形成引起空腔共鸣的共振箱，因此降低了乘坐舒适性，为此，必须采用大量的隔振材料，从而增加成本。

另外改型较困难，抗扭性较差，不适宜作小批量生产。

(2) 承载式大客车车身

大客车承载式结构可分为底座承载式和整体承载式两种。

① 底座承载式。这种结构是将车身腰围线以下到地板部分作为车身承力骨架，其他部分采用薄板材制作。

② 整体承载式。车身的上部与下部形成一个统一的整体封闭环，在下部承受载荷发生变形时，上部将会对下部产生约束反力来共同抵抗变形。整体承载式车身的优点是可以设计出等强度的空间结构，使车身质量小刚度大，易于保持低重心，可用空间大，易于实现自动化生产，安全性高。

图 1-7 为整体承载式大客车车身，其特点是顶盖上的弧形横梁与两侧的立柱和地板下的槽形横梁构成一个较强的封闭环，然后利用顶盖纵梁、顶盖侧纵梁、腰梁和地圈梁等将这些封闭环联结起来，从而构成一个刚性很强的空间框架结构。该车车身结构能确保翻车时乘员的安全性，而且使用寿命长。其缺点是窗立柱太粗、柱距过小、视野性较差。

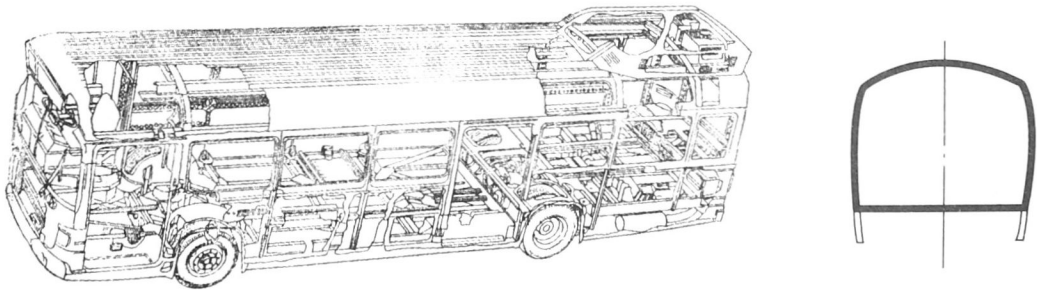


图 1-7 大客车车身

二、车身组成

车身是指卡车驾驶室、轿车车身。汽车厂里把未涂漆的车身称为白车身。白车身由车身骨架和覆盖件总成两部分组成。

覆盖件的钢板厚度一般为 0.8~1.2mm，有的车型外覆盖件钣金厚度仅有 0.6mm、0.7mm，骨架件的钢板厚度为 1.2~2.5mm，它们大都为薄板件。

1. 车身骨架

轿车车身骨架由发动机舱总成、空气盒总成、顶盖、地板总成、侧围总成、行李箱隔板、后围等总成组成，如图 1-8 所示。

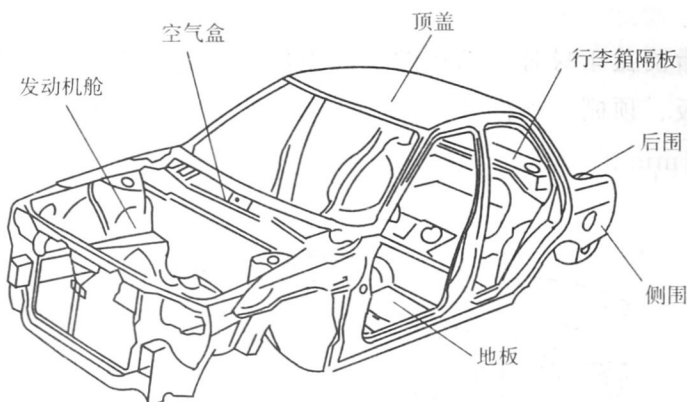


图 1-8 轿车车身骨架

各分总成均为封闭的圈梁结构，目的是增加刚度。从总体看轿车车身前门、后门的前后柱及门中立柱组成六立柱结构，顶棚圈梁和底板圈梁组成二圈梁结构。这种六立柱、二圈梁结构，构成“鸟笼结构”，有效地提高了车身的刚度。

车身骨架梁的截面有开口式、闭口式。由于闭口断面的刚性比开口断面的刚性强得多，因此多采用闭口结构，如图 1-9 所示。

为保护乘员安全，“蓝鸟”轿车车身顶盖前梁、后梁、两侧梁、空气盒均采用加强结构，即采用三层钢板制成，如图 1-9c 所示。顶盖经拉伸工艺冷作硬化，强度明显提高。

为了加强地板的刚度，在整个地板上遍布梯形断面的胀性加强筋，筋的高度在 8~10mm 范围内，它同时也起到防止振动与噪声的作用。轮罩采用高强度耐磨材料制造。

另外，为了减少震动、噪声，“蓝鸟”车身底板等处粘贴大量的非金属隔振材料，还对焊缝表面进行涂胶。

图 1-10 所示底座承载式大客车车身结构，其地板为格栅式结构。格栅式结构的特点：由尺寸相近的型钢组成，易于建立较符合实际结构的有限元模型，从而提高计算精度；通过变动杆件的数量和位置调整杆件中的应力，从而可以达到等强度设计的目的；具有较大的抗扭刚性，节省材料，降低加工成本。

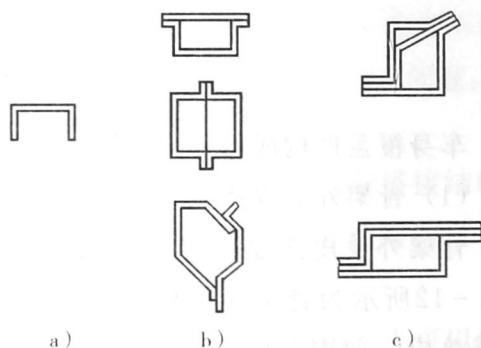


图 1-9 三种梁截面结构

a) 开口式；b) 闭口式；c) 加强式

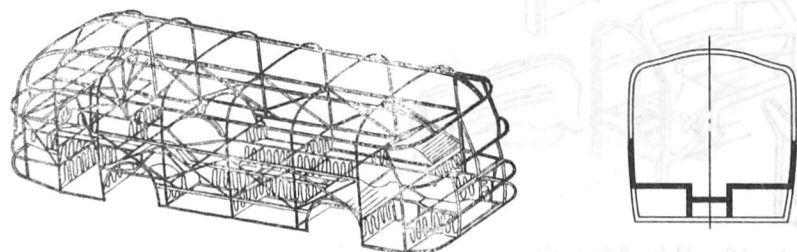


图 1-10 大客车车身骨架



2. 车身覆盖件

车身覆盖件是指覆盖车身骨架结构的表面板件。车身覆盖件包括车门、发动机罩、前翼子板、行李箱盖板、顶棚（如图 1-11 所示）。车身覆盖件的外板用厚度 0.6~0.8mm 的钢板，内板用厚 1mm 的钢板。

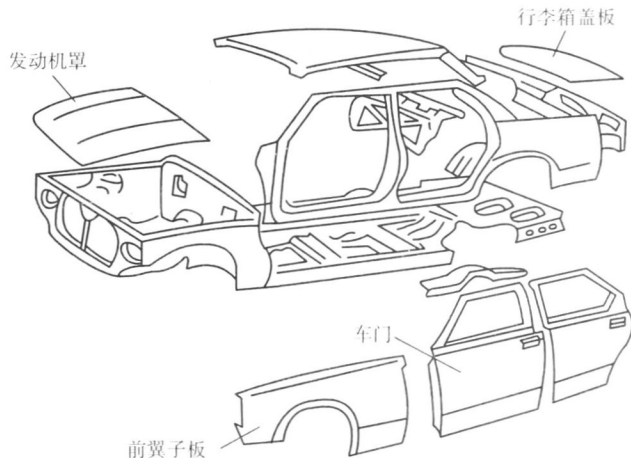


图 1-11 轿车白车身覆盖件

车身覆盖件构成可分为骨架外蒙皮式和内外板组合式两种。

(1) 骨架外蒙皮式

骨架外蒙皮式是指内骨架外表贴焊薄钢板车身，骨架采用方管或其他型材制作。图 1-12 所示为骨架外蒙皮式卡车驾驶室结构图，由图可见，它由骨架总成、后围板、顶盖总成、前围总成组成。

因骨架材料一般较大，而外蒙皮的钢板也较厚，故车身质量较大，但生产工艺较简单，投资少，适于小规模生产。

由于有骨架，对车身造型和改型有限制，所以骨架外蒙皮式车身不适用于造型复杂的轿车，多用于外形简单的卡车、中巴车和大客车。

(2) 内外板组合式

内外板组合式的车身是由双层钢板组成，外侧的钢板称为外板，另一钢板为内板。因其内外板中部为空心，边缘点焊联接，所以刚度较大，如图 1-11 及图 1-13 所示。

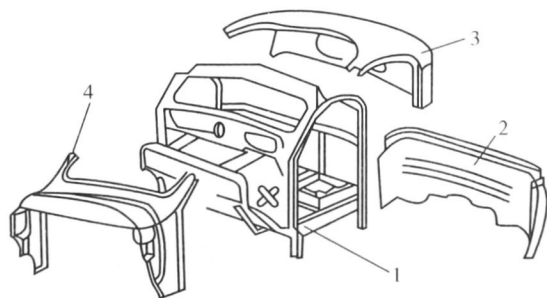


图 1-12 骨架式驾驶室

1-骨架总成；2-后围板；3-顶盖总成；4-前围总成

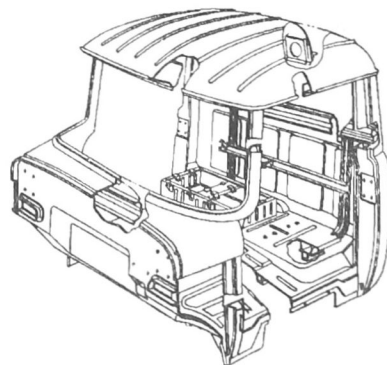


图 1-13 内外板组合式卡车驾驶室



内外板组合式的车身对拉深加工工艺要求较高，成本较高，但能适用车身各种复杂造型，且重量轻。内外板组合式的车身适用于大规模生产，现代轿车基本都采用内外板组合式结构。

覆盖件外板采用拉延工艺制作，易形成空心结构，提高构件的抗弯刚度及外观圆角化，拉延件发生冷作硬化还可提高强度。

第三节 车身联接结构

车身零部件之间的联接，主要是焊缝联接，也有少量包边联接。一辆载货汽车车身有 1000 多个焊点，轿车车身的焊点达 4000~5000 个，累计焊缝长达 40m 以上，了解焊缝结构对加深理解整车结构有很大帮助。

一、车身焊缝结构

各覆盖总成之间的联接一般为搭接结构，通过点焊焊接在一起。为美观起见焊点不暴露在车身外表面，特别是覆盖件表面和外露的骨架表面，因此搭接边设计应考虑以下问题：

1. 具有隐蔽性

搭接结构是联接结构，在设计其位置时，要考虑避开人们视线范围。一般搭接结构应设在被车门等覆盖件遮盖的位置（如门框、窗框、地板等位置），覆盖件搭接结构设在雨水槽、装饰条遮盖的位置。

如图 1-14 所示轿车侧围与顶盖、地板的搭接关系图。由图 1-14a 中 A—A 可以看出侧围与地板的搭接有两处，一个在车身底部，另一个在侧围门槛中部。置于车身底部一般人们视线不能触及，所以不影响外观。在侧围门槛中部的搭接结构在车门关闭遮盖后也不影响外观。

地板 U 型结构与侧围 U 型结构对点焊形成两个刚度较大的截面为矩形纵梁，增加了车身整体的刚度。

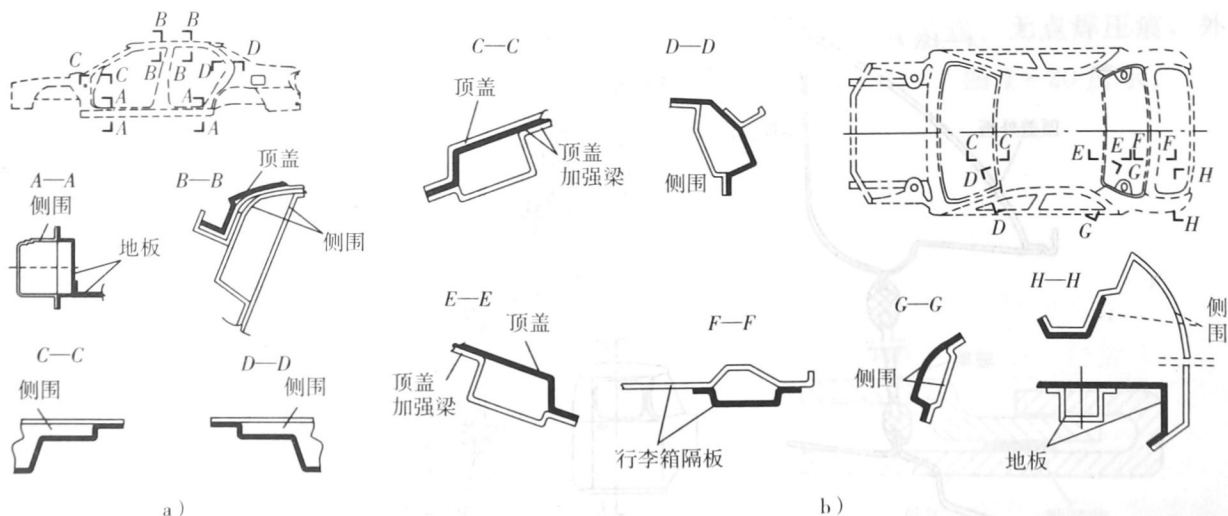


图 1-14 轿车车身侧围与顶盖、地板的搭接



图 1-14a 中 B—B，顶盖与侧围的搭接边巧妙地设计在雨水槽中，雨水槽外边遮盖了搭接边，既不影响焊接操作，又具有隐蔽性，外表美观。

图 1-14b 中 H—H，地板与侧围的搭接边向内倾斜是为了避开人的视线，同时又不影响车身下端与地面的高度。

图 1-14b 中 C—C 和 E—E 在顶盖前后端下方设有加强梁，既提高了顶盖的强度和刚度，又为安装内饰提供了固定螺母的基础。

可以看出，一般外板形状较为复杂，而内板多为平面，较为简单。

卡车驾驶室部件间搭接如图 1-15、图 1-16 所示。搭接边尽量选在易焊接但又不影响美观的地方。如图 1-16 中 A—A 剖面，外板与顶盖内板在雨水槽下面搭接，既突出，容易焊接，又不影响外观。顶盖内板的搭接形成前窗框并被密封圈罩住，可谓是一举两得。焊点尽量选在内板或腹板上，而外板暴露面不设焊点。

因此在设计时，设计师不但要考虑工艺性、考虑节省材料，而且也要考虑其艺术性。

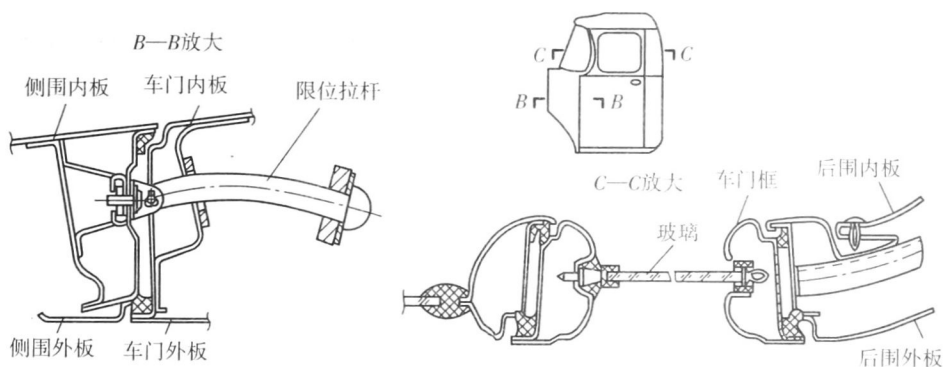


图 1-15 卡车驾驶室覆盖件间的搭接

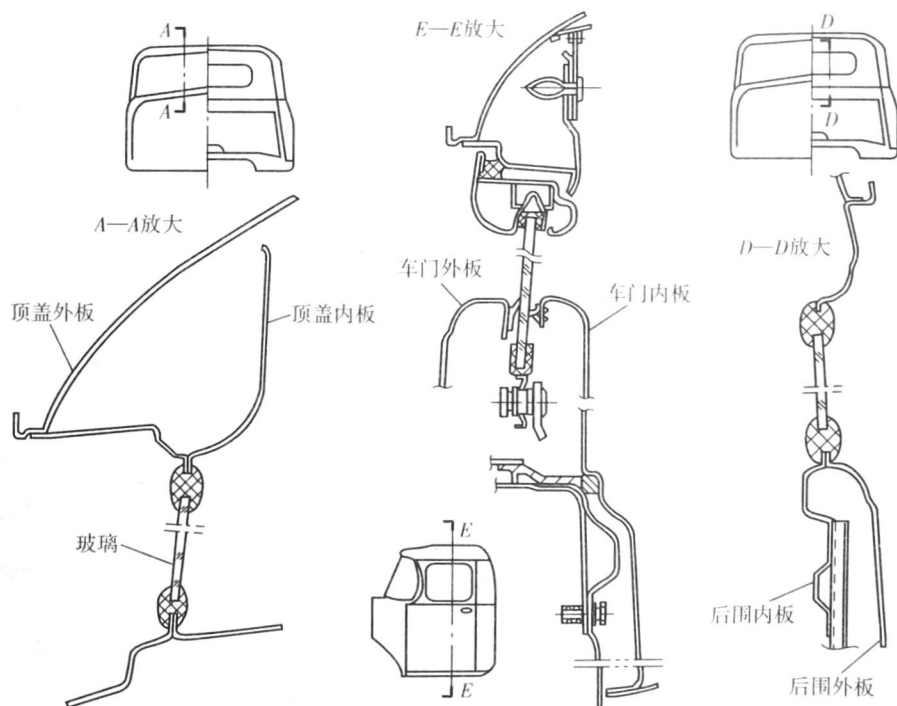


图 1-16 卡车驾驶室覆盖件间的搭接