

汽车焊装技术

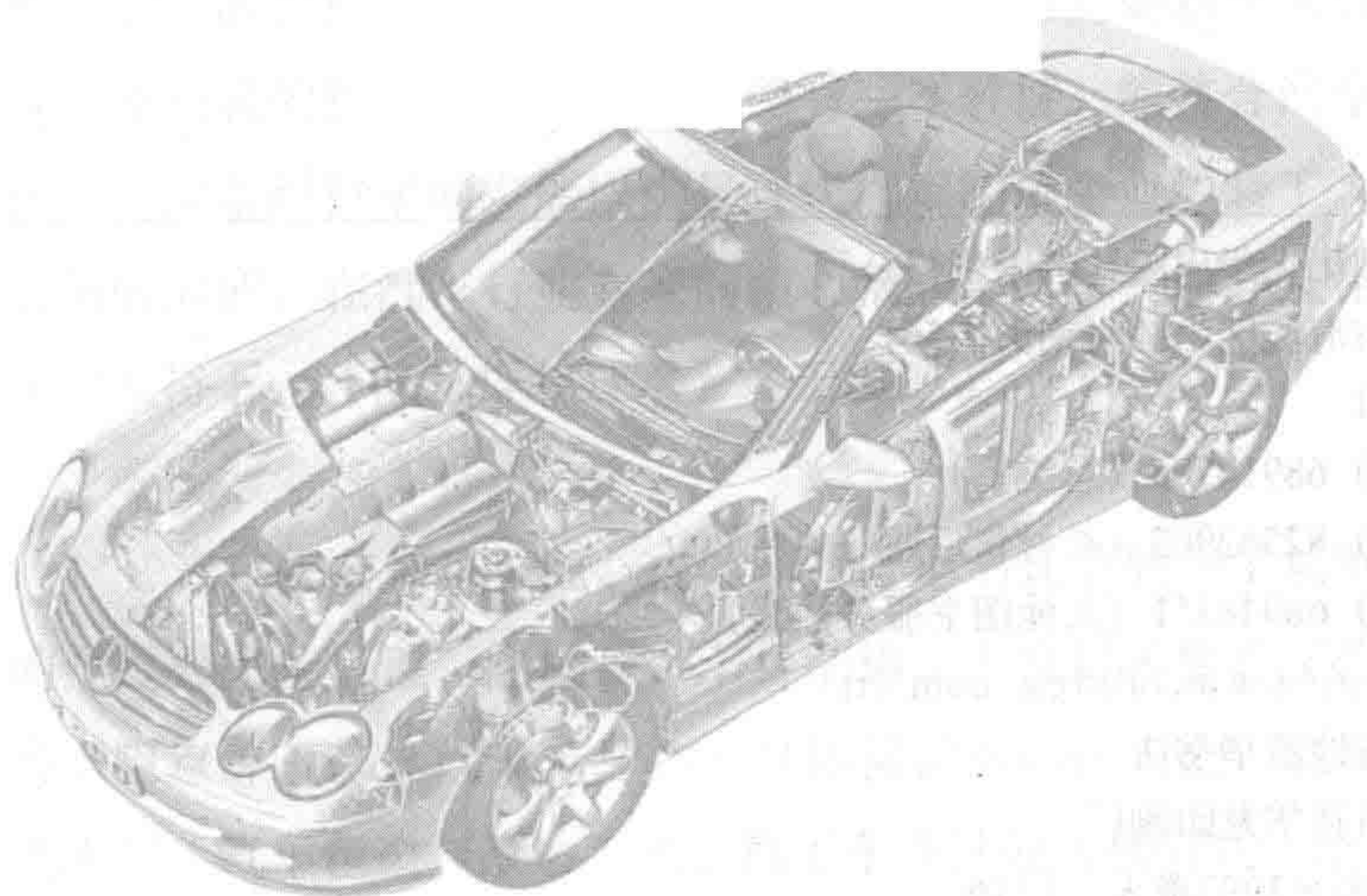
主编◎姚博瀚 肖良师 袁 亮

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

汽车焊装技术

AUTO WELDING TECHNOLOGY

主 编 姚博瀚 肖良师 袁 亮
副主编 袁伯新 唐青山 彭 玲 王 波 刘新江
主 审 程玉光 张 彪



 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

汽车焊装技术/姚博瀚,肖良师,袁亮主编.—北京:北京理工大学出版社,2016.11

ISBN 978-7-5682-2780-3

I. ①汽… II. ①姚… ②肖… ③袁… III. ①汽车—装配(机械)—焊接—高等学校—教材 IV. ①U466

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第189416号

袁亮 姚博瀚 肖良师 主编
肖良师 姚博瀚 袁亮 副主编
肖良师 姚博瀚 袁亮 审主

出版发行/北京理工大学出版社有限责任公司

社址/北京市海淀区中关村南大街5号

邮编/100081

电话/(010) 68914775(总编室)

(010) 82562903(教材售后服务热线)

(010) 68948351(其他图书服务热线)

网址/http://www.bitpress.com.cn

经销/全国各地新华书店

印刷/北京通县华龙印刷厂

开本/787毫米×1092毫米 1/16

印张/14

字数/322千字

版次/2016年11月第1版 2016年11月第1次印刷

定价/49.00元

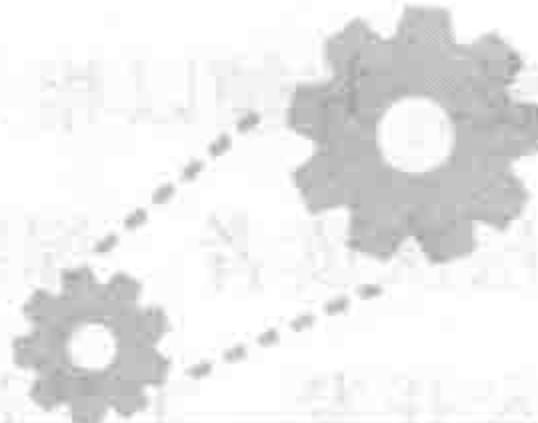
责任编辑/陆世立

文案编辑/陆世立

责任校对/周瑞红

责任印制/边心超

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换



前言

汽车产业是世界上规模最大的产业之一，已经成为美国、日本等发达国家国民经济的支柱产业，它具有产业关联度高、涉及面广、技术要求高、综合性强、附加值大等特点，对工业结构升级和相关产业发展有很强的带动作用。借助技术交流、合作开发以及自主研发等途径，我国的汽车工业发展迅速，在全球的地位也在快速提高，连续多年产量销量保持第一，近几年中国的汽车销量已占世界的四分之一左右。

汽车冲压、汽车焊装、汽车涂装和汽车总装作为汽车制造的四大工艺，是汽车制造专业的核心课程，依笔者十多年的实践来看，在汽车焊装方面没有统一的教材，知识零散、技术落后，教学主要靠个人对知识的探索整合以及经验的积累，因此一直想编写一本教材，能整合汽车焊装方面的知识，并能紧跟技术的发展以满足现代汽车制造企业焊装工人及相关从业人员的需要，在汽车行业专家的精心指导下、学校领导及相关汽车厂家的大力支持下，《汽车焊装技术》终于出炉了。

本书具有如下特点：

1. 汽车焊装知识全面、内容丰富。本书几乎做到了从钢板到车身成型的全过程完整呈现，它涵盖了车身结构、车身焊装生产工艺流程、汽车车身电阻点焊工艺、汽车车身 CO_2 气体保护焊焊接工艺、汽车车身激光焊焊接工艺、汽车包边与滚边工艺、汽车车身其他连接方式、车身焊装生产线、机器人及电气控制、车身焊装生产管理、汽车车身焊装质量控制和汽车焊接常识等内容。

2. 紧跟技术的发展，契合现在的需要。传统的车身焊接主要采用电阻焊、点焊和气体保护焊等制造工艺，为了让汽车车身生产效率更高、外形更美观、结构更紧凑，相继出现了激光焊接、机器人焊接以及胶装等工艺，

对于上述新工艺本书一一进行了详细的分析。本书图表丰富、资料充实。汽车焊装技术是一项复杂的技术，内容包罗万象，为了让读者能较快地理解领会新技术、新工艺，在各章节均配发了丰富的图表，并辅以相关资料进行介绍。

3. 兼顾考虑了各层次读者。焊装技术相关从业人员众多，他们的需求各不相同，技术开发人员侧重于新技术开发，工艺设计人员侧重于工艺设计和生产管理，而一线焊装工人则侧重于技术的运用，因此教材中的相关章节如车身焊装生产线、车身焊装生产管理、车身焊装质量控制、汽车焊接常识介绍等，读者可根据需要自行选取。

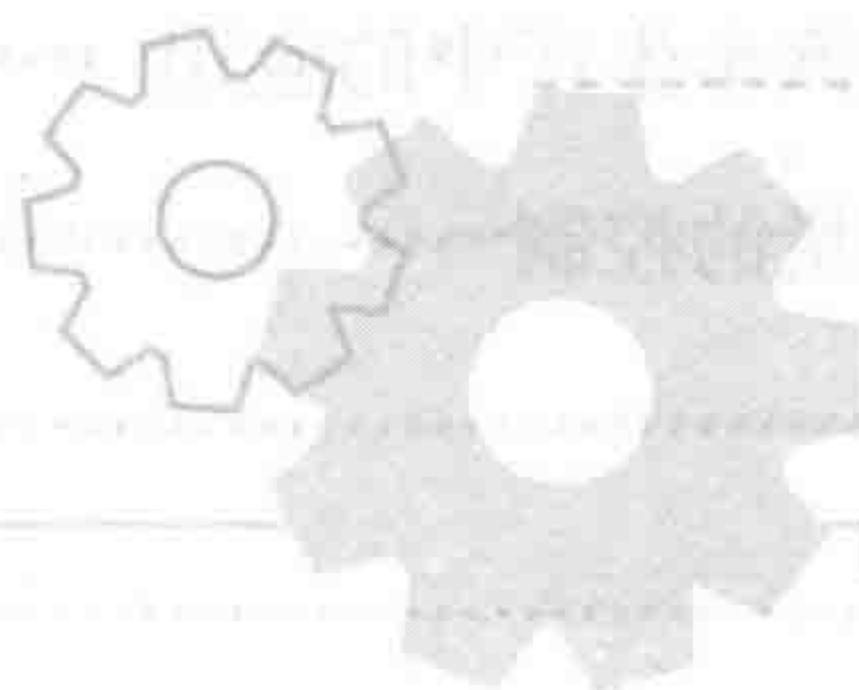
本书由姚博瀚、肖良师，袁亮担任主编；袁伯新、唐青山、彭玲、王波、刘新江担任副主编；程玉光、张彪担任主审，参加编写的人员还有赵劲松、欧伟、曾文、童亮等经验丰富的专业教师。本书是编者多年来理论教学和实践运用的总结，是广大编者共同智慧的结晶。

在本书的编写过程中，得到了广汽、众泰、比亚迪等汽车公司的领导和生产一线技术骨干的大力支持，在此谨向这些关心支持本书编写的单位和个人表示衷心的感谢！

本书可作为高等院校以及相关培训机构汽车制造类专业的教材和参考书，也可作为汽车制造相关从业人员的参考资料。

当然，因编者能力水平有限，书中难免会有疏漏和不妥之处，恳请广大师生及读者不吝提出批评、指正和改进意见。

编 者



目 录

第 1 章 车身结构	1
1.1 概述	1
1.2 车身材料	2
1.3 车身总成	5
本章小结	12
思考与练习	13
第 2 章 车身焊装生产工艺流程	14
2.1 主线生产工艺流程	14
2.2 车身地板分总成焊装生产工艺流程	17
2.3 车身侧围分总成焊装生产工艺流程	18
2.4 车身总成焊装生产工艺流程	20
本章小结	21
思考与练习	21
第 3 章 车身电阻点焊工艺	23
3.1 电阻点焊的基本原理	23
3.2 电阻点焊的电极材料	26
3.3 电阻点焊的设备及辅助工具	28
3.4 电阻点焊的工艺参数	30



3.5 常用金属材料的电阻点焊	32
3.6 电阻点焊在汽车生产中的应用	41
3.7 电阻点焊质量的控制	42
本章小结	45
思考与练习	45
第 4 章 车身 CO₂ 气体保护焊焊接工艺	47
4.1 电弧焊焊接工艺介绍	47
4.2 CO ₂ 气体保护焊基础知识	48
4.3 CO ₂ 气体保护焊基本原理	51
4.4 CO ₂ 气体保护焊焊接工艺	54
4.5 CO ₂ 气体保护焊焊接实例介绍	59
本章小结	61
思考与练习	61
第 5 章 汽车车身激光焊接工艺	62
5.1 激光产生的基本原理	62
5.2 激光焊接	68
5.3 激光焊接设备及辅助工具	69
5.4 激光焊接的工艺参数及基本焊接技术	70
5.5 激光焊接焊缝质量标准及判定	73
5.6 激光焊接在汽车车身制造中的应用	76
本章小结	78
思考与练习	79
第 6 章 汽车包边与滚边工艺	80
6.1 概述	80
6.2 汽车包边工艺	82

6.3 汽车滚边工艺	85
6.4 包边专机工艺	87
本章小结	89
思考与练习	89
第7章 汽车车身其他连接方式	90
7.1 结构胶 / 膨胀胶 / 折边胶涂胶技术	90
7.2 凸焊	96
7.3 螺柱焊	100
7.4 螺栓连接	103
7.5 铆接	104
7.6 切割	109
本章小结	110
思考与练习	111
第8章 车身焊装生产线	112
8.1 汽车焊装生产线	112
8.2 焊装生产线简介	116
8.3 汽车焊装生产线夹具	121
8.4 车身焊装计算机控制系统	131
8.5 车身焊装线几个应用技术问题	133
本章小结	136
思考与练习	137
第9章 机器人及电气控制	138
9.1 机器人概述	138
9.2 焊装机器人的用途及分类	143
9.3 焊装电气控制概述	147



9.4 焊装电气控制的构成及功能	149
本章小结	153
思考与练习	153
第 10 章 车身焊装生产管理	155
10.1 焊装车间管理	155
10.2 焊装安全生产	163
10.3 汽车焊装车间设备的节能改造	166
本章小结	169
思考与练习	170
第 11 章 汽车车身焊装质量控制	171
11.1 焊装车身质量管理控制	171
11.2 整车质量（焊装范围）	181
本章小结	189
思考与练习	190
第 12 章 汽车焊接常识	191
12.1 焊条常识	191
12.2 焊条的使用与保管	196
12.3 焊条的选择	198
12.4 铝材、铸件的焊接	202
12.5 汽车高强度钢板的焊接	205
12.6 汽车焊装技能	209
本章小结	212
思考与练习	213
参考文献	214

第 1 章

车身结构

学习目标

- 了解汽车车身结构的分类。
- 了解汽车车身常用的材料。
- 知道承载式车身和非承载式车身的区别。
- 学会辨别车身侧围总成中的 A 柱、B 柱、C 柱等。
- 掌握车身总成的构成以及各部分的名称。

1.1 概 述

汽车焊装的生产任务是生产出合格的汽车车身，这里的汽车车身在乘用车领域内俗称白车身。车身分为承载式车身与非承载式车身两种，轿车属于承载式车身。非承载式车身指汽车有一个刚性车架，又称底盘大梁架，发动机、传动系统的一部分、车身等总成部件都用悬架装置固定在车架上，车架通过前后悬架装置与车轮连接。非承载式车身比较笨重，质量大，高度高，一般用在货车、客车和越野车上，也有部分高级轿车使用，因为它具有较好的平稳性和安全性。承载式车身指汽车没有刚性车架，只是加强了车头、侧围、车尾、底板等部位，发动机、前后悬架、传动系统的一部分等总成部件装配在车身上设计要求的位置，车身负载通过悬架装置传给车轮。承载式车身除了其固有的承载功能外，还要直接承受各种负荷力的作用。承载式车身不论在安全性还是在稳定性方面都有很大的提高，它具有质量小、高度低、装配容易等优点，大部分轿车采用这种车身结构。

乘用车是在其设计和技术特性上主要用于载运乘客及其随身行李和/或临时物品的汽车，包括驾驶人座位在内最多不超过 9 个座位。乘用车涵盖了轿车、微型客车以及不超过 9 座的轻型客车。乘用车下细分为基本型乘用车(轿车)、多功能车(MPV)、运动型多用途车(SUV)、专用乘用车和交叉型乘用车。本课程内的乘用车将以轿车生产为主要案例进行

介绍。

车身结构分为三厢车身、两厢车身、掀背车身、旅行车身、敞篷车身、跑车等。

三厢车：轿车的标准形式。我们常见的轿车一般是三厢车，它的车身结构由3个相互封闭、用途各异的“厢”所组成：前部的发动机舱、车身中部的乘员舱和后部的行李舱。在国外，三厢车通常称为 Sedan 或 Saloon。目前在国内市场比较畅销的三厢车包括奥迪 A4、A6，宝马 525、740，上海大众帕萨特、朗逸，上汽通用凯越，广汽菲亚特菲翔，广汽本田雅阁，北京现代索纳塔，奇瑞 A5 等。

两厢车：在国外，两厢车通常称为 Hatchback，也就是掀背的意思，但是这与我们国内所说的掀背车有所区别。在国内，两厢车是指少了突出的“屁股”（行李舱）的轿车，它将车厢与行李舱做成同一个厢体，并且发动机独立布置。这种布局形式能增加车内空间，因此多用于小型车和紧凑型车。目前在国内市场比较畅销的两厢车包括大众高尔夫、标致 206、本田飞度、日产骊威、吉利熊猫等。

掀背车：掀背车在国外往往指的是两厢车，英文翻译为 Hatchback，而国内所指的掀背车则是那些外形与三厢车相似，也有突出的行李舱，但是整个行李舱盖和后风窗玻璃是一体的，能够一起打开的，在国外通常称为 Quickback 或 Fastback，译为“快背”。掀背车相对短小的后备厢以及相对动感的尾部线条，让掀背车在视觉效果上更优于三厢车。目前国内比较畅销的掀背车包括英朗 GT、福克斯掀背版、大众朗行、广菲致悦、吉利帝豪掀背版、比亚迪 F3R 等。

旅行车：在英语中，旅行车通常称为 Wagon，奥迪称为 Avant，宝马称为 Touring，而奔驰称为 Estate。一般来说，大多数旅行车都是以轿车为基础，把轿车的后备厢加高到与车顶齐平，用来增加行李空间。Wagon 的优点就在于它既有轿车的舒适，也有相当大的行李空间。旅行车是在人类崇尚自然、热衷旅游的风潮下衍生出来的一种轿车派生车，与 SUV 和 MPV 相比，它的购买价格和使用成本都较低，而且具有更灵巧的车身，便于驾驶和停放，因此在经济发达国家（尤其在欧洲国家）的民众生活中扮演着重要的角色。随着国内消费者物质水平的提高，节假日带着家人，开着旅行车一起出门远行，已成为都市车族新时尚。旅行车不仅能够长途跋涉，而且空间足够大，可以携带充足的旅行设备。同时在日常城市生活当中，硕大的行李舱空间也十分实用。目前在市场上比较畅销的旅行车包括迈腾旅行版、昊锐旅行版、沃尔沃 V60、奔驰 C200 旅行款等。

对于汽车焊装的生产任务来说，以上车型类型仅仅是外形、尺寸不同而已，但就车身材料、焊接工艺流程、焊接工艺技术、生产设备以及生产组织形式而言，基本大同小异。

1.2 车身材料

汽车车身所使用的主要材料为金属，约占车身总质量的 99.5%，目前市场上的主流车型使用的金属以钢材为主，个别中高级轿车的个别覆盖件采用铝合金材料。车身上除了金属材料外，一般会依照产品设计，对于不易采用焊接方式连接的部位进行黏合剂作业，对

于有密封要求的连接处采用密封剂填充，常见的密封剂包括结构胶、半结构胶、密封胶等。

讲到车身材料，就涉及车身安全的话题。人们普遍认为车身使用的钢板越厚，车身的安全系数就越高，但从专业的角度及发展的眼光来看，二者并非存在绝对的必然联系。一个直观的例子是在20世纪80年代，轿车上普遍采用2 mm厚的钢材，但当时的车身碰撞结果显示，安全性能并不高；进入21世纪初至今，轿车上普遍采用0.8~1.5 mm厚的板材，同时，在各项碰撞检测中表现越来越好。究其原因，汽车碰撞安全性与车身结构设计关系十分密切，优秀的结构设计往往能够确保车身碰撞过程中对乘员的保护效果；同时随着材料技术的进步，金属材料的延展性、抗拉性得到进一步提高，关键部件的刚性也得到进一步提高，图1-1中一系列新技术的应用使得车身上钢材得以减薄且安全性提高。

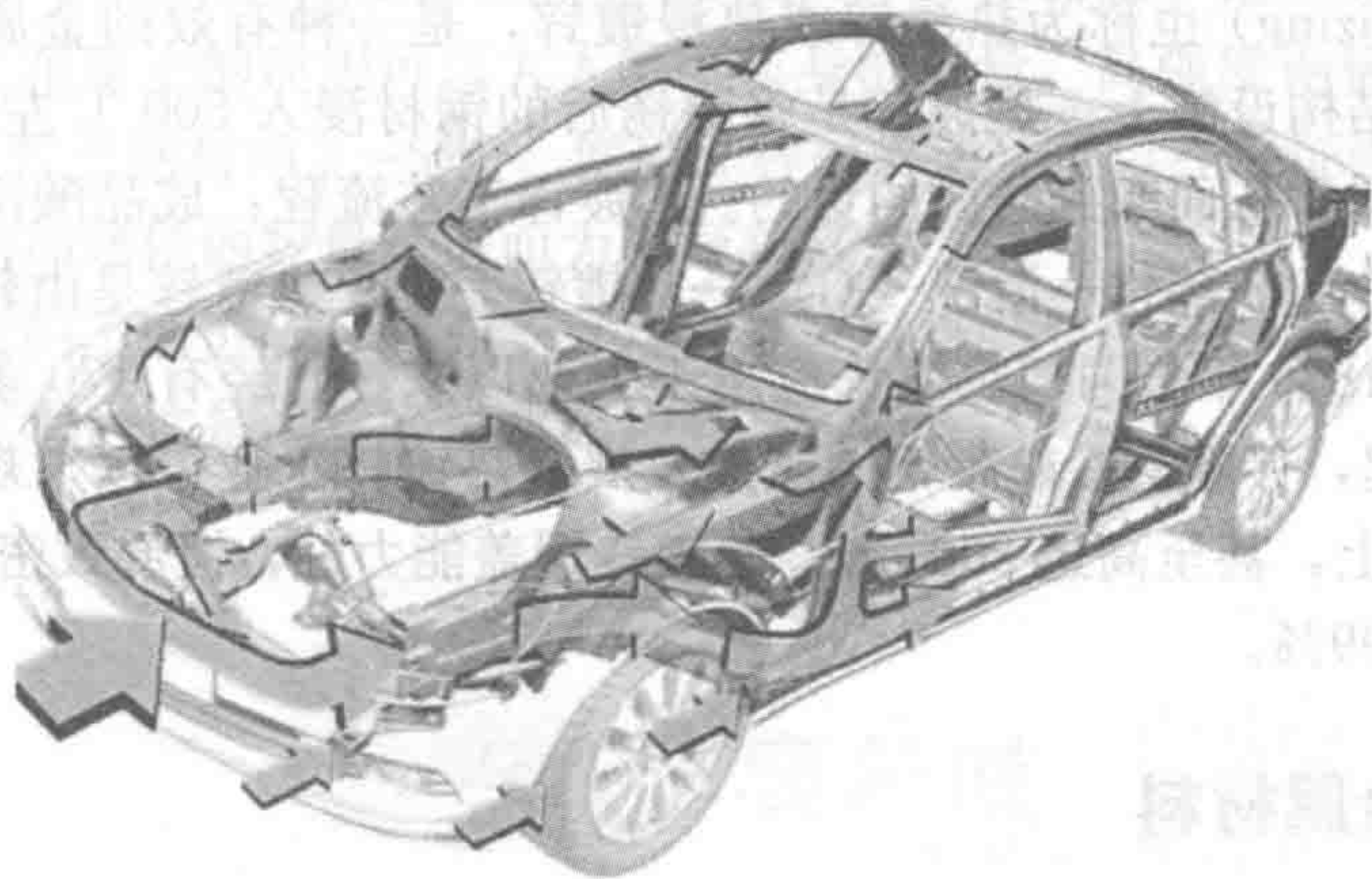


图 1-1

1.2.1 镀层钢板

在现代汽车生产中，车身上使用的最多的还是普通低碳钢(见图1-2)，低碳钢板具有很好的塑性加工性能，强度和刚度也能满足汽车车身的要求，同时能满足车身拼焊的要求，因此在汽车车身上应用很广。

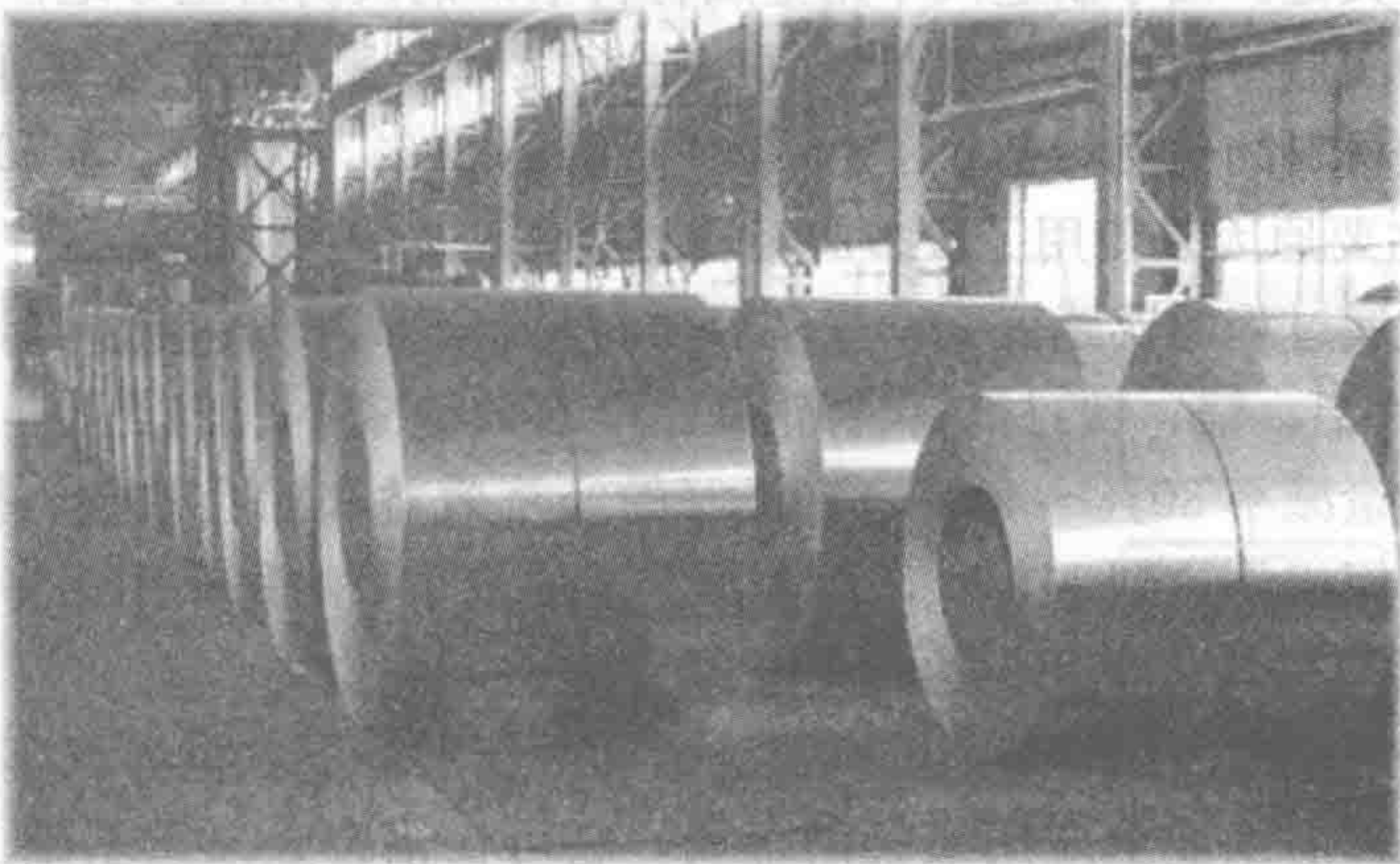


图 1-2



目前镀锌钢材已在汽车行业被普遍采用,同时,各企业需要在产品与利润之间找到一个合适的平衡点,造成的现状是高端车型上均采用双面镀锌钢板;对于中级家用经济型轿车,不同的厂家有不同的选择,有些车型上普遍采用双面镀锌钢材,有些车型上部分零件(主要是门盖等覆盖件)采用双面镀锌或外表面单面镀锌钢材;入门级轿车普遍采用冷轧钢材,极少一部分零件上采用单面镀锌钢材。镀锌钢材主要使用电镀锌和热镀锌两种镀锌工艺。

电镀锌,就是利用电解,在板材件表面形成均匀、致密、结合良好的金属或合金沉积层的过程。一般电镀锌工艺处理后板材表面的镀锌层厚度为 $5\sim 15\mu\text{m}$,镀锌层内锌含量约为95%,因为电镀锌工艺过程中板材温度处于常温状态,所以也称为冷镀锌。电镀锌的优势是镀层薄,镀锌量少,成本低。

热镀锌(Galvanizing)也称为热浸锌或热浸镀锌,是一种有效的金属防腐方式,主要用于各行业的金属结构设施上。热镀锌是将除锈后的钢材浸入 $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ 左右熔化的锌液中,使钢材表面附着锌层,从而起到防腐的目的。热镀锌工艺流程:成品酸洗→水洗→加助镀液→烘干→挂镀→冷却→药化→清洗→打磨→热镀锌完工。热镀锌是由较古老的热镀方法发展而来的,自从1836年法国把热镀锌应用于工业以来,已经有170多年的历史了。从20世纪70年代末起,伴随着冷轧带钢的飞速发展,热镀锌工业得以大规模发展。热镀锌层一般在 $35\mu\text{m}$ 以上,甚至高达 $200\mu\text{m}$ 。热镀锌覆盖能力好,镀层致密,无有机物夹杂,镀层内锌含量大于99%。

1.2.2 轻金属材料

轻金属材料是指用铝和镁及其合金制成的材料。密度小于 3.5 g/cm^3 的金属称为轻金属,如铝、镁、铍、锂等。国外把密度为 4.5 g/cm^3 的钛也称为轻金属。中国工业界通常只把铝和镁当作轻金属,而把铍、锂、钛等当作稀有金属。

汽车自身质量减小,能耗就会下降,废气排放减少,有利于改善人类生存环境。与30年前相比,国外汽车自身质量减小20%~29%。未来汽车不管选用何种动力驱动,都必须轻量化,尤以轿车最为突出,轻量化、节能降耗和降低排放污染是发展轿车的3项战略性课题,其轻量化是关键。当今制造汽车用金属材料中,钢铁仍居主导地位。各种类型汽车功能不同,选用的制造材料也各有差异,轿车比载货车轻量化的需求更迫切。20世纪80年代,轿车上钢铁材料的比例为70%,90年代下降到60%,2000年为50%左右,当今已达到45%左右,主要原因是使用了较多的轻质材料。

汽车轻量化发展过程的实践证明,采用轻质材料制造汽车是降低汽车质量最有效的途径和手段。轻金属(铝、镁、钛)材料代替钢铁,能有效地减小汽车质量。铝合金代替传统钢铁,可使整车质量减小30%~40%,有极好的经济效益和社会效益。据统计,2005年欧洲轿车平均每车用铝将达到119 kg,而美国制造的汽车平均每车用铝将超过130 kg,到2008年世界中级轿车平均每车用铝达到130 kg。

在汽车排放法规日趋严格、节能降耗更为迫切的新形势下,世界汽车业又把目光投向更轻的材料。镁是目前工业上应用最轻的金属,它可在铝合金减重基础上再减轻15%~20%。继铝合金和塑料在汽车上应用以来,镁合金已成为汽车轻金属材料的应用重点,汽车用镁正以年增20%的速度迅速发展。钛合金很受人们关注,它将是在铝和镁合金材料无

法满足性能要求的恶劣工况下,取代钢铁的轻量化代用材料。

目前,轻金属在汽车上已呈现出关键零件是应用对象、铸造合金是用材主体、提高性能是选材依据、减轻质量节能是追求目标的用材特点。先进材料推动着汽车轻量化进程,轻质材料是汽车选材方向。

1.2.3 高分子材料、复合材料、异种材料和特种材料

汽车轻量化要求在车身设计过程中,在满足安全要求的前提下尽量多的采用低密度的材料,以塑料件为代表的高分子材料主要应用于车身内外饰件上,但在车身总成上也有体现。例如,车身设计过程中越来越多地采用高强度地黏合剂进行连接,这就可以避免因为零件设计不满足点焊要求而带来的更复杂的形面设计,从而减少钢材的使用量。

高强度钢板在车身上的使用可以大大降低车身的质量,高强度钢板的抗拉强度可以达到1 400 MPa,是普通钢材的3~5倍,使用此种材料后,可以在保证强度的前提下降低板材的厚度,减少内加强件的数量,进而为车身减重。

随着材料技术的不断进步,高分子材料、复合材料、异种材料和特种材料会在车身上得到更为广泛的应用,这是汽车轻量化的趋势与方向。

1.3 车身总成

车身总成又称白车身总成,是指焊装生产任务完结后的最终交付产品,是由车身各分总成通过既定工艺连接而成的。简单来讲,车身总成是车身下部总成(地板总成)与左右侧围总成、顶盖等通过点焊、激光焊以及结构胶连接后,并将左前门、左后门、右前门、右后门、发动机盖、行李舱盖,以及左右前翼子板总成通过螺栓紧固连接安装完成之后的产品。

通过图 1-3 所示的流程图,可以很明了地看出车身总成与各分总成之间的关系。

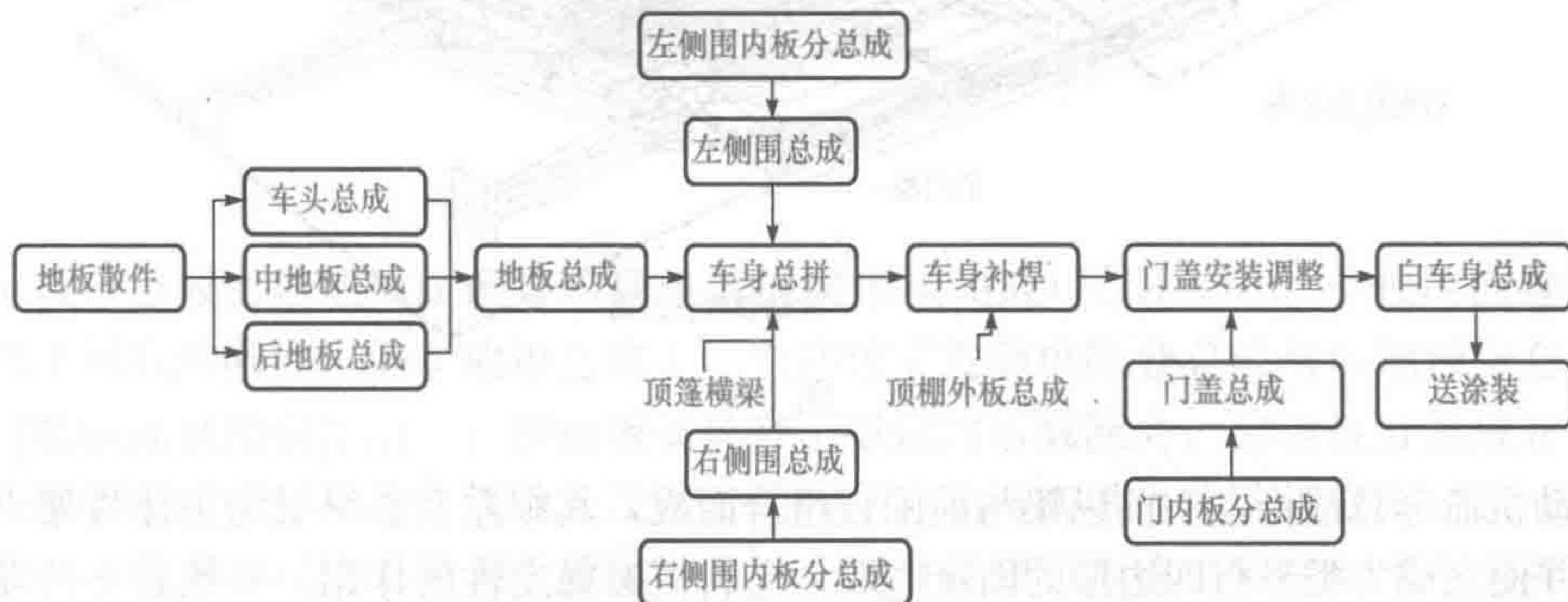


图 1-3

通过图 1-4,可以直观地了解车身结构的基本组成。

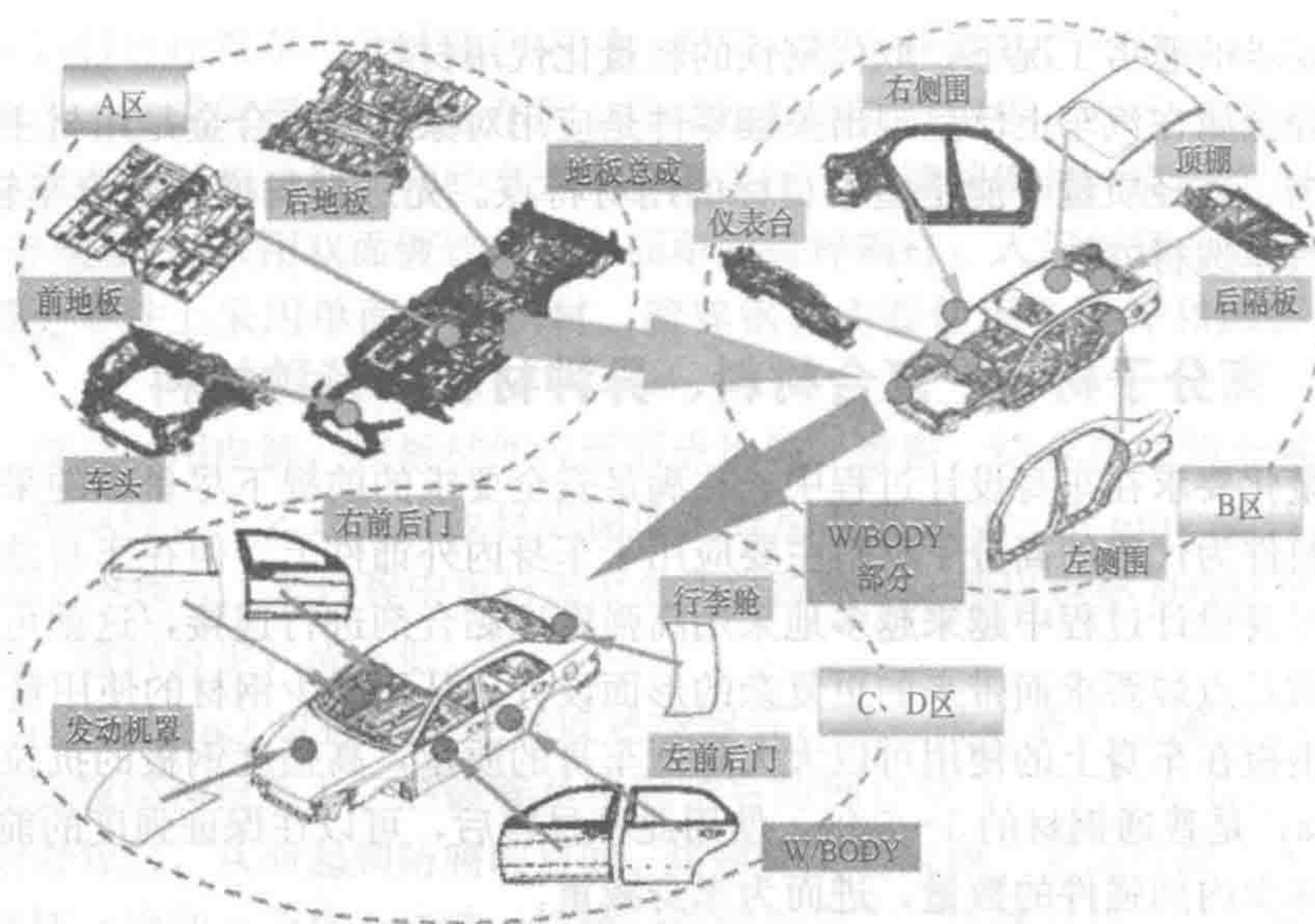


图 1-4

1.3.1 车身下部总成结构

车身下部总成又称地板总成(见图 1-5),地板总成在整个车身结构安全性、承载能力中起到关键作用。地板总成包括由左右前纵梁组成的发动机舱分总成、左右后纵梁组成的后地板分总成、乘员舱的承载主体前地板分总成以及车身横向力均匀分配的关键部件左右门槛板。

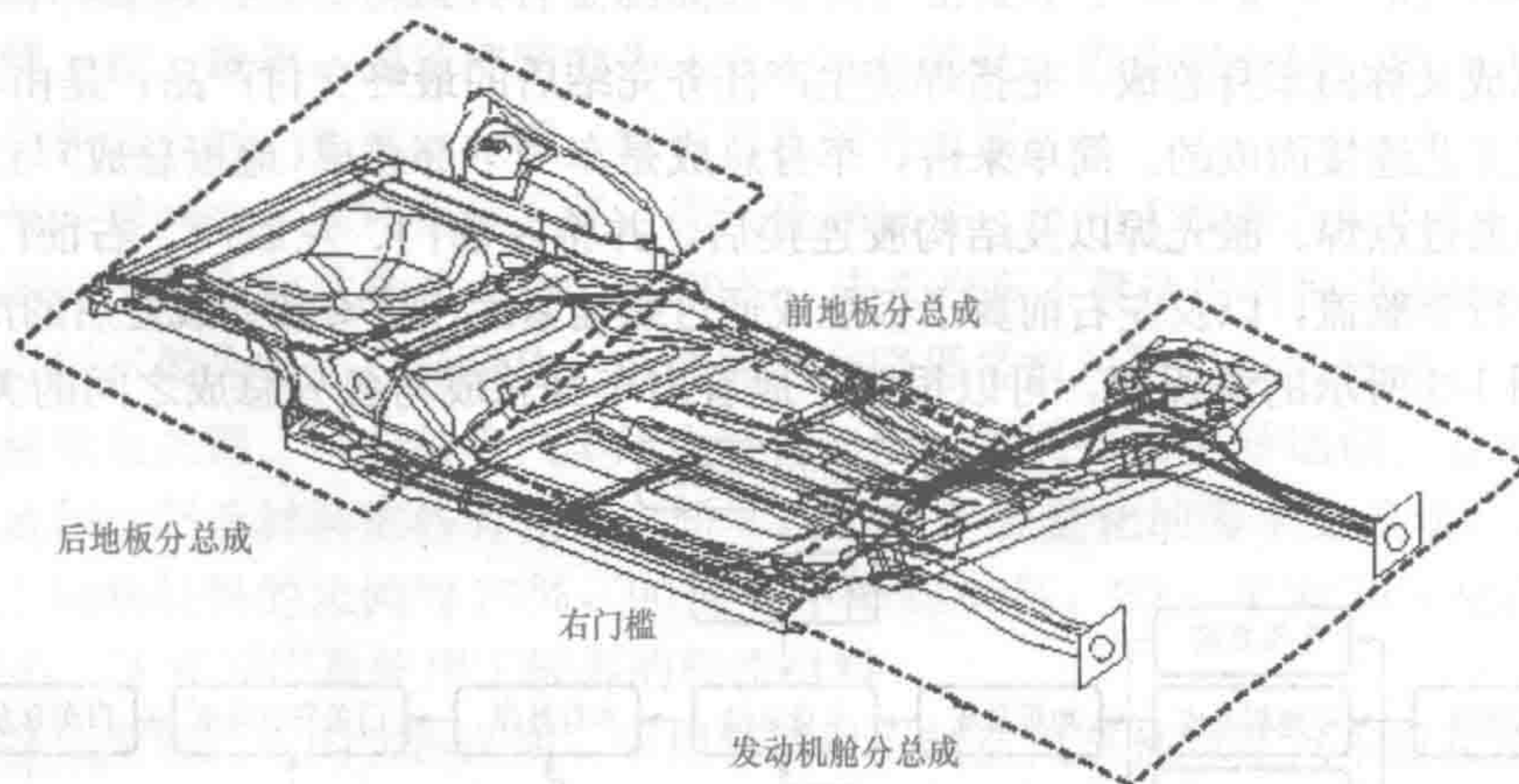


图 1-5

发动机舱分总成由左右前纵梁与前围板组合而成,其中左右前纵梁为主体骨架,前围板起连接并使之成为类平行四边形的固定框架,提高框架稳定性的作用。一般轿车的发动机均是安装在发动机舱内的,左右前纵梁承载着发动机、电池等轿车内较重的零部件,所以对左右前纵梁自身的强度要求极高,对发动机舱的框架稳定性要求也极高。在汽车出现碰撞的过程中,左右前纵梁又是纵向力的主要承受对象,通过实验测定,约 70% 的纵向力会由左右前纵梁来承担,所以在车身结构设计过程中对左右前纵梁的结构要求十分苛刻,既要具有足够

的强度来承载车身及重要零部件的质量,又要具备足够的吸能效果,确保在车身受到正向撞击时,纵梁前端能够出现吸能变形,后端结构稳定以确保乘员舱尽量小变形,进而保护车内乘员。图 1-6(a)为发动机舱吸能设计及乘员保护要求,图 1-6(b)为碰撞试验实例。

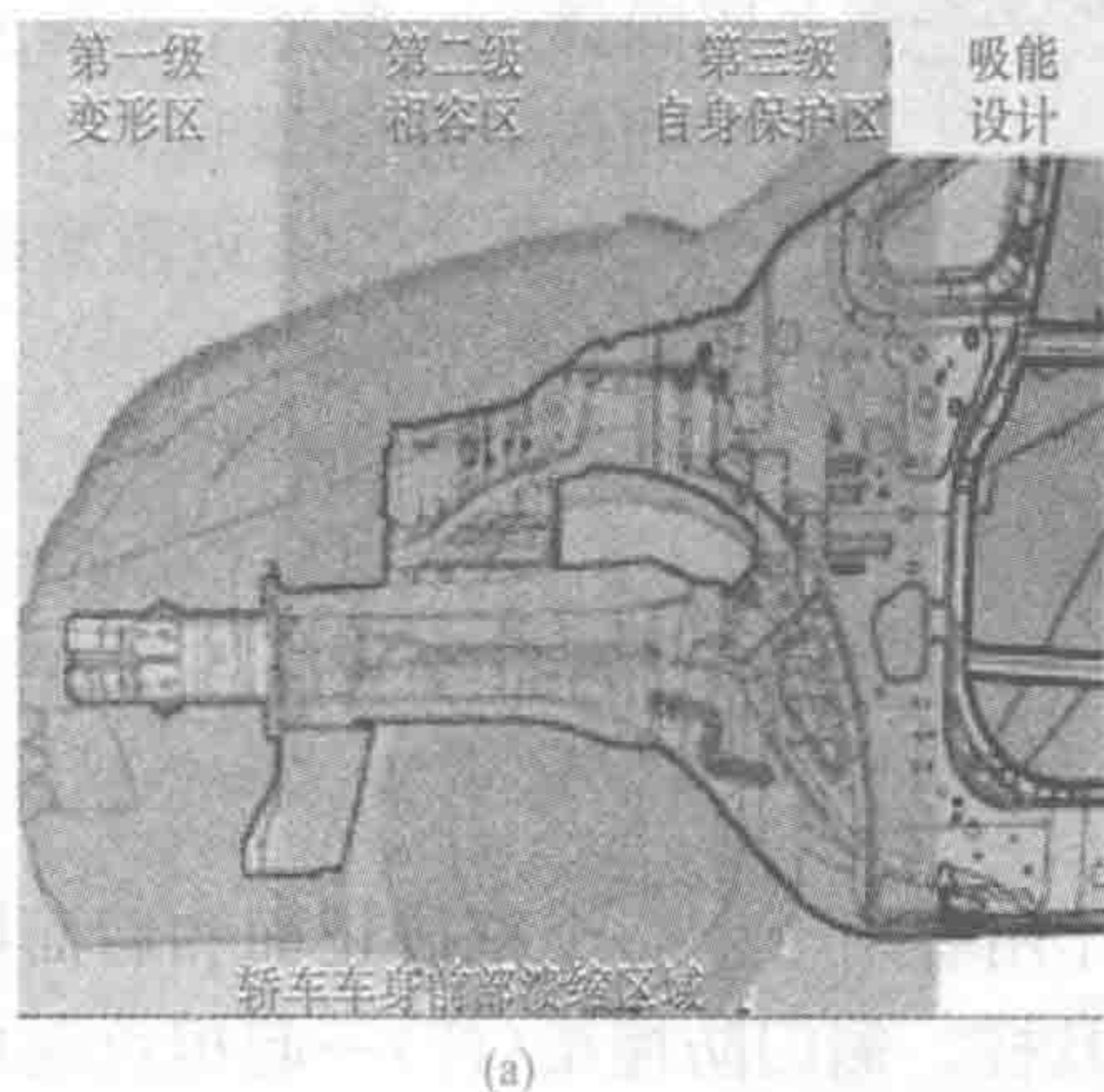


图 1-6

后地板分总成由左右后纵梁与后地板面板组合而成,其中左右后纵梁为主体骨架,后地板面板起连接并使之成为类平行四边形的固定框架,提高框架稳定性的作用。后纵梁的主要作用为车身后部的质量承载,后副车架的安装支撑。同时,后纵梁上的主定位孔与发动机舱的主定位孔成为车身的主定位孔,车身上其他零件的空间坐标均以车身主定位孔为基准。同时在多数轿车中,后地板面板均会有一个凹面,它是车轮备胎的储存点(见图 1-7)。

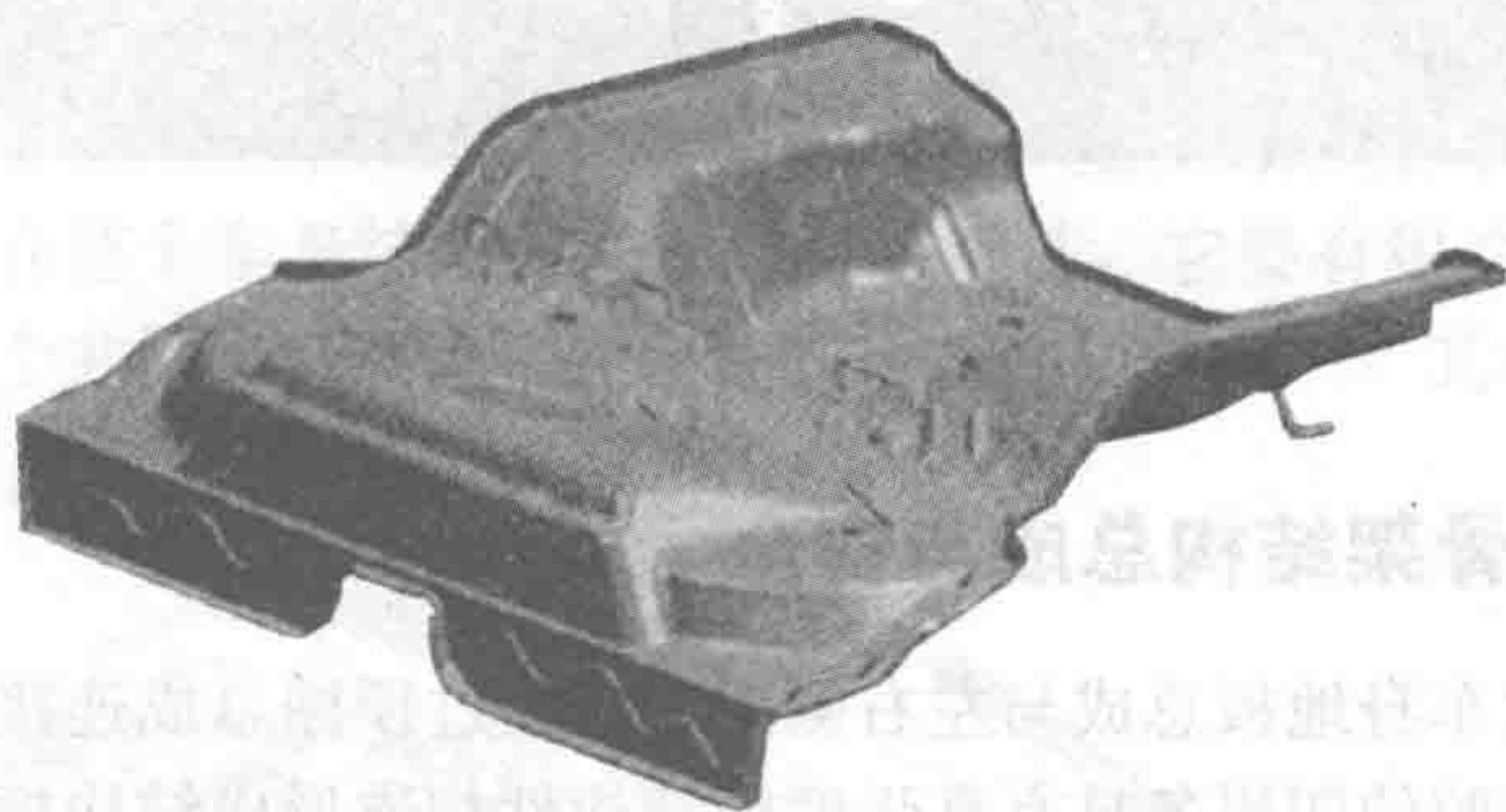


图 1-7

前地板分总成由前地板面板与车身座椅横梁连接而成(见图 1-8),单独的前地板分总成并不具备很强的刚性,但在地板总成上,它连接了发动机舱分总成与后地板分总成,并由左右门槛板起到加强作用后,前地板就具有了很强的承载能力。前地板分总成在车身重的位置非常容易找到,就是在驾驶人及乘员的脚下。座椅横梁也称地板横梁,其主要的作用有两个:一是承载座椅以及乘员质量;另一个则是将侧面碰撞力转移到车身未受到撞击的一面,达到分散撞击力的作用。其材料和结构则和纵梁基本一致,采用C型或D型腹腔设计,以提高其结构强度。前地板面板则是一块或两块大面积的钢板,一般厚度在0.8 mm左右。其一般焊接在底板纵梁的上面、座椅横梁的下面,两侧则和门槛焊接。前地板一般在中间会有凸起结构,一方面是作为消音器以及部分后驱车型传动轴的安装空



间,另一方面也起到加强底板的作用。

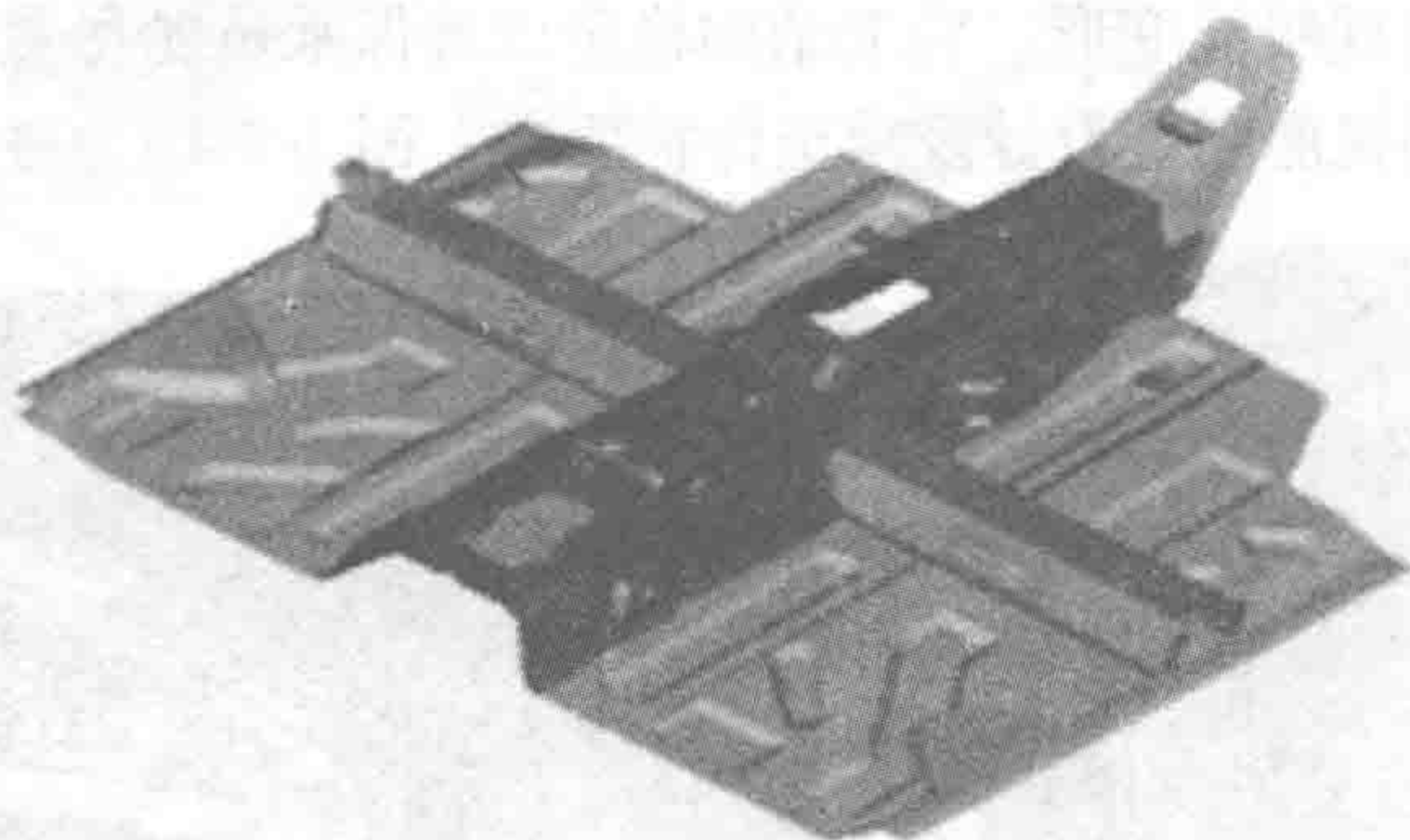


图 1-8

门槛则位于地板总成的两侧、车门的正下方。其作用有两个:一个抵御正面和后面撞击力;另一个则是承担侧面撞击吸能的重任,和车身 B 柱、侧门防撞梁(杆)一起担负起保证侧面安全的重任。门槛的截面和地板纵梁类似,一般由两个高强度钢板冲压成的 C 型钣金件和加强板焊接而成。不同的车型可以有不同类型的门槛板(见图 1-9)。

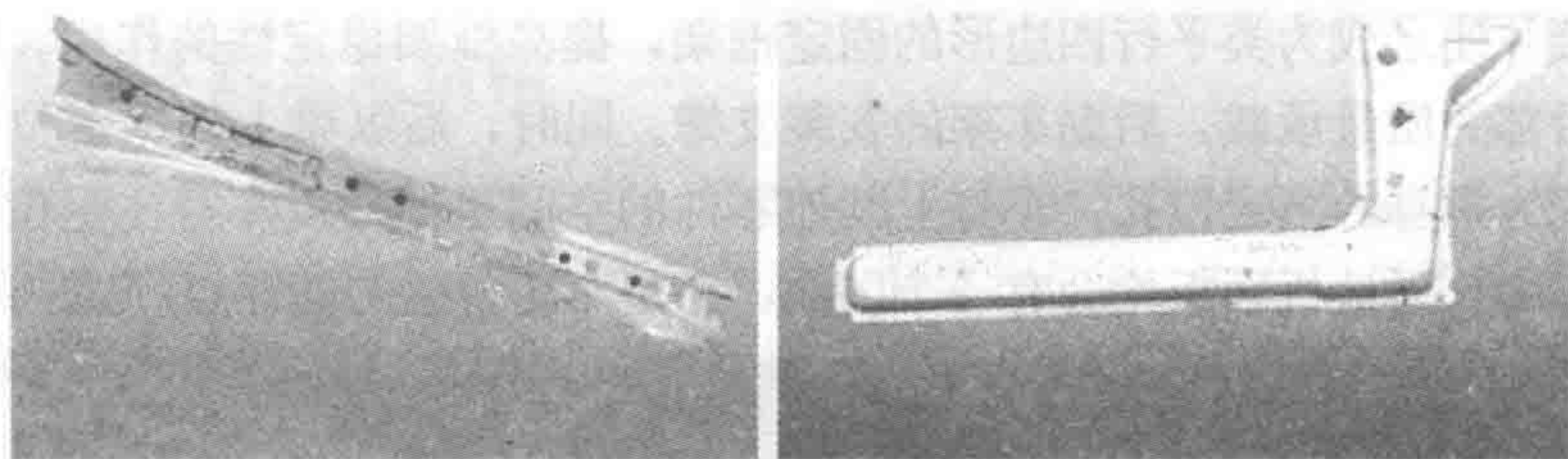


图 1-9

1.3.2 车身骨架结构总成与安全

车身骨架总成由车身地板总成与左右侧围总成通过顶棚总成连接而成,此四大总成连接后形成腹腔型,腹腔的四周各具有高强度的结构件相连形成结构框架,从外形上看,此时一个汽车的外观轮廓已基本形成,但实质上目前仅仅完成车身以确保乘员安全为目的的结构性(见图 1-10)。

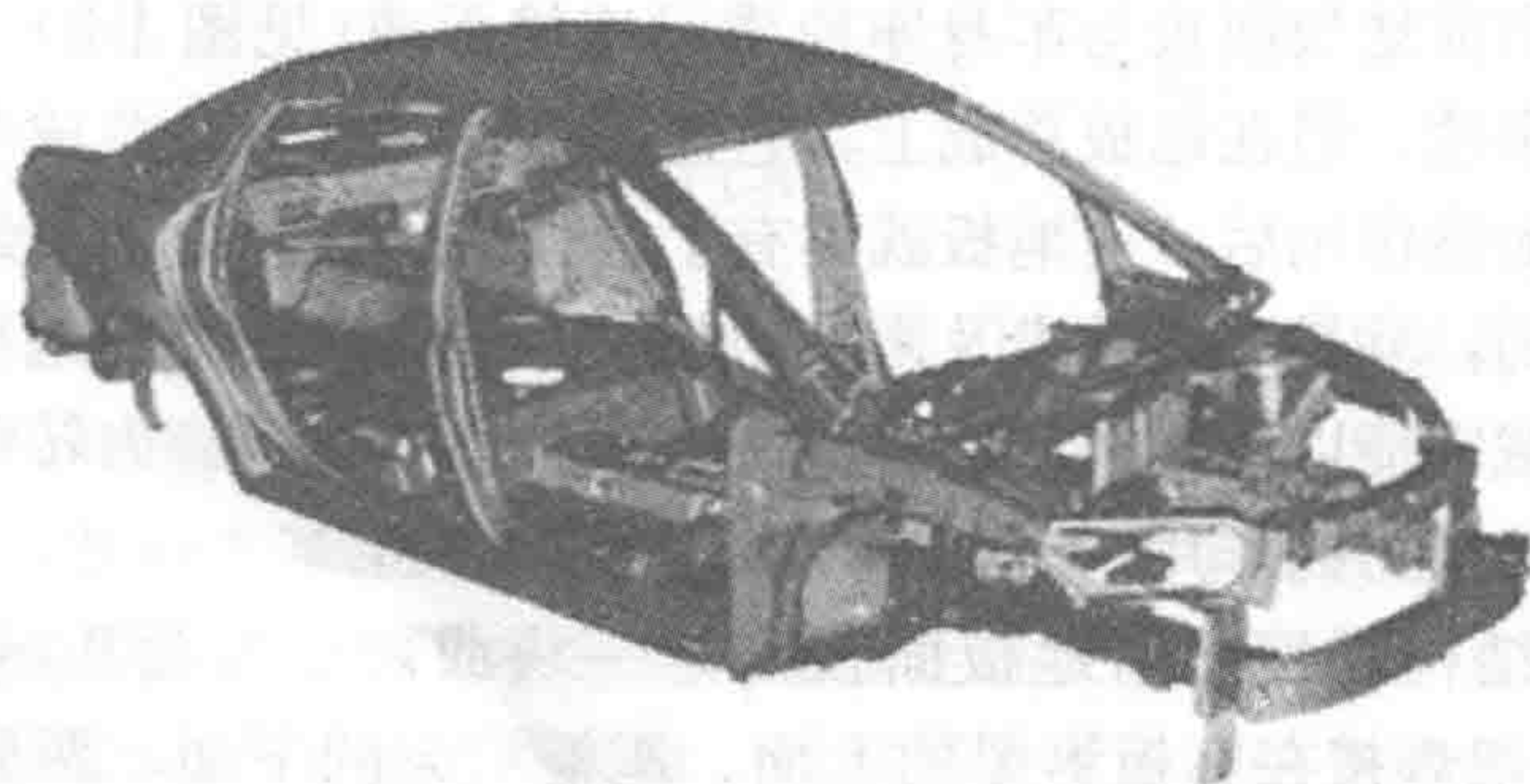


图 1-10