

塑料卡扣连接技术

[美] 保罗 R. 博登伯杰 著
冯连勋 马秀清 董力群 梁 军 译
冯连勋 审校



化学工业出版社
材料科学与工程出版中心

· 北 京 ·

序

在过去的 10 年中，我们已经看到，在产品开发过程中为制造而设计所期待的成果已完全更新。术语“基于制造的设计 (DFM)”常常被应用于将规则或准则用于辅助单个零件设计以进行高效加工的开发过程。设计者常常可以通过公司的特定设计指南，为达此目的而制定整套规则或准则明细。这样的信息显然对设计小组是有价值的，假如设计小组在单个零件的设计上不考虑所需制造过程的能力和局限性，就会做出需付出非常昂贵代价的决定。然而，如果将 DFM 作为主原则在加工效率上指导新的设计，那么，结果往往是令人非常不满意。对于单个简单零件，此种指导的最终结果常常会使产品上带有大量不必要的单一功能的零件、大量相对应的零件间的接合面、大量为连接和保障所伴随的细项。与所制造零件层面进行对照，从装配层面上来看，所得产品的总成本或可靠性常常与最佳期望值相差甚远。

这种以零件为焦点的 DFM 的探究方法是：设计小组最初将精力集中在产品的结构上，当考虑装配以及零件制造的成本时，就力争在尽可能降低成本的结构设计上达成一致。以此目标为愿望，基于装配的设计 (DFA) 就是当今最常见的对新产品方案进行基于制造设计的评价的第一个阶段。当然，DFA 工作对设计小组在减少计算零件方面会起到指导作用。DFA 对产品开发小组提出了节省产品装配所需时间和成本的要求。显然，达到此结果的强有力的途径就是，减少装配过程中必须装在一起的零件的数量。DFA 是一种手段，利用它可以探究设计中零件之间的关系，也可以通过零件或功能件的组合、可能的保障方法的选择或空间关系的变化，来尝试对结构进行简化。

DFA 的一个重要任务是：帮助确定产品中各零件间必需的接合面最有效的连接方法。这一考虑是很重要的，因为在考虑机械装配工作时，单独的紧固件常常是劳动强度最大。为了降低与单独紧固件相关的装配费用，总应该考虑将功能件集于一个零件的连接方法。对于塑料成型零件来说，各种类型设计完美的卡扣都可以提供可靠的、高质量的紧固配置，它使得产品的装配效率极高。毫不夸张地讲，卡扣的装配结构已经使几乎所

有种类的消费产品的制造效率发生了很大变革。

就此而论，保罗 R. 博登伯杰所著塑料卡扣连接技术为产品开发小组提供了极为有价值的资源。完整地阐述卡扣连接系统的概念，而不是对卡扣要素进行孤立的力学分析，本书揭示了集成塑料件连接方法设计中的重大进步。保罗 R. 博登伯杰发展了这一集中在卡扣“连接层面”而不是“功能件层面”上的设计，并在他与电机总公司的产品开发小组解决连接问题的多年实践中得到检验。本手册包含了分析与实际设计经验的最佳融合。

彼得·迪尤赫尔斯特 (Peter Dewhurst)

威克菲尔德 (Wake-field)

罗得岛 (Rhode Island)

前 言

本书是一部称为塑料卡扣（有时称为集成连接）的连接技术的参考书和设计手册。其目的是：帮助读者将卡扣技术有效地应用于塑料件。为此，对卡扣技术按照连接层面的知识结构进行了编排和解释，并欲将本书成为每位潜心于塑料件和卡扣开发的读者的一本指南和实用参考书。将其称为“首部卡扣技术手册”^① 有两个原因：其一，相信它是专门针对卡扣连接而写的首部专著；其二，也希望它能够使人们提高对此题目的兴趣，并出版更多的书籍。

读者可能会认为，本书是在对卡扣技术理解并赋予生机的进程中的一个“良好开端”。人们要做的事情很多，但必须从某处开始。尽管最初的“连接层面”结构（出现在 1990 年和 1991 年）已经证明是相当全面的和完美的，但是当了解到关于此课题的更多东西时，许多细节在过去的多年中已经得到发展。其结构仍在不断地发展，因此我鼓励并欢迎读者对本课题发表评论，这对其发展过程肯定会有所帮助。

我对卡扣这一课题的兴趣来自于 GM 公司的许多实际需要。作为长期从事连接问题的专家，我曾潜心于典型的螺纹紧固件和传统的机械连接的研究。20 世纪 80 年代后期到 90 年代初期，GM 公司的 Geoffrey Boothroyd 博士和 Peter Dewhurst 博士提出的基于制造和装配的设计思想（G. Boothroyd, P. Dewhurst. Product Design for Manufacture and Assembly. Kingston, RI: University of Rhode Island, 1988）被正式采纳并作为共同的方向，并在一系列强化训练/专题学术讨论会上得到了贯彻。此后，产品设计者和工程师才开始寻觅传统分离紧固件（包括螺纹紧固件）的替代品。卡扣连接立刻变得流行起来。但是，不久我们发现，有关此课题的可利用设计信息极少。对悬臂弯钩的计算在许多厂商的设计准则或设计软件中可以找到，但除此之外，再也无法从设计或参考资料中获得全面的卡扣连接的专门知识。GM 公司需要建立自己的、任何地方都无记录的卡扣连接专门技术。随着卡扣应用研究的深入进行，良好的设计惯例模式最终开始出现。对卡扣连接的“系统层面”的理解开始形成。

^① 从本书的内容而言，译者将书名改为“塑料卡扣连接技术”更为贴切——译者

我将卡扣系统层面结构称为“连接层面”，为了强调其焦点是在整个接合面上，旨在将它与传统的“功能件层面”探究方法加以区别。自1991年以来，我就已经按照这种连接层面模式来讲授卡扣技术。每个培训班后的反应是，参加者确实获得了对卡扣技术更新、更好的理解。我确信并希望，本书对读者能有同样的效果。

连接层面结构（ALC）仅仅是本人在1990年的先见之明。我相信，它具有潜力并代表着对卡扣技术应用理解的独特探究方法，但我需要做更多的事来使其实现。首先应该确认，我不仅仅是对某些现存的、但朦胧的卡扣设计惯例做彻底改造或解释，大量的文献检索证实，系统层面的卡扣设计没有任何文字记载。我也需要得到对此模式确实有用且值得推广的公正认可。我的同事 Dennis Wiese 博士（时任现代产品工程机身构件部门经理）给予了最初的认可，也给予了我道义上的支持，并且为了辩论和讨论卡扣设计方法的雏形，慷慨地提供了资料，包括他的工程师和他本人的大量有效时间。讨论有时是非常“热烈的”，但总是有用的，对帮助形成原始的卡扣连接层面模式的理解起到了推动作用。Dennis 无疑是连接层面探究方法的“中介人”，我对他的帮助感激不尽。GM 公司的 Florian Dutke、Tom Froling、Daphne Joachim、Calette Kuhl、Chris Nelander、Tom Nistor、Tom Rossiter 和 Teresa Shirley 等其他人都参与了初期方法学的研究工作。

最后，特别感谢 GM 大学的 Mike Carter 先生，因为早在1990年是他打电话给我，并问道：“我们的产品零散的紧固件太多，您就不能对这些紧固件做些什么吗？”那个电话便是将我卷入基于装配的设计的开始。Mike，这里就是你想要的答案。

随着其他工作压力的增加，开发小组缩减成我一个人。1992年，Rensselaer 聚合技术研究所的卡扣计划项目的项目经理 Tony Luscher 先生和我了解了其他每个人的工作并与他们进行了接触（再次感谢 Mike Carter 先生）。RPI 项目原本是围绕功能件层面的研究而制定的，但 Tony 热心地接受了连接层面的思想观念。Tony 与课题领导 Gary Gabrielle 博士共同对 RPI 项目进行了修改，使其包含了一些连接层面探究方法的观点。Tony 在多个小时的私人讨论以及信件的交换中所表露出的技术见解，对促进探究方法的更加精细起了很大作用。在他的领导下，某些方法学的应用和扩展工作出现在 RPI 项目中。Tony 现在是俄亥俄州立大学的教授，并将他对此课题的兴趣和积极性融入了他的新工作。我们不断针对此课题继续交换意见。Tony 和我共享一个长期的卡扣技术前景：连接层面

的思想将指引卡扣设计的进展和从艺术到工程科学的发展过程。

连接层面工作的原始动机是在 GM 公司为基于制造的设计和基于装配的设计提供主动支持。时任 GM DFM 学科中心主任的 Joe Joseph 先生在口头上和提供卡扣培训班的职位上都是对我早期成就的支持。这也是一种必要的认可，即证明继续努力开发探究方法是有道理的。Joe 现任 GM 大学工程学院的院长，继续提供着道义上的支持。Jim Rutlege、Dave Bubolz 和 Roger Heimbuch 的耐心和支持也是应该大加鉴赏的。他们提供了一个能够使开发工作顺利进行的环境，同时给予了我很多鼓励。现在从事 Delphi 自动化系统的 Tony Wojcik 同样值得感谢，因为是他首先促成了出版商与我的联系，才有了卡扣连接技术课题的开始。

我也必须感谢那些具有创造力的人们，他们设计和开发了我所能够学到的各种各样卡扣应用。在遍布世界的产品中，显现于许多卡扣中的聪明才智和创造水平确实是令人难忘的。对这些设计的钦佩以及这些设计所具有的魅力，有助于以下列方式驾驭连接层面结构后面的原始想法。

① 观察 现实中有许多巧妙的、设计完美的和复杂的卡扣应用；也有非常差的卡扣。

② 前提 许多卡扣设计者必须对常规知识进行处理，以便开发出更好的卡扣，而另一些人就不这样做。

③ 问题 从卡扣应用的设计信息中不能找到作为文字记载的知识，任何地方都没有记录下好的卡扣应用的设计原理。

④ 解决 发现信息并加以定义，研究成功的卡扣应用，并关注好的卡扣设计准则的模式，及时掌握并总结出好的卡扣设计的基本原理。

⑤ 结果 深入理解卡扣的基本原理，将其组织到知识结构之中。

我不能为大多数灵巧的卡扣应用或我在此叙述的概念追求赞扬，因为大多数都能在现有产品中找到，或可以由产品得到灵感，我仅仅对它们进行了解释，推出了使其能够得到发展并将其组织成知识结构的逻辑过程。这里新的“发明”仅是本身的结构。衷心地希望，它能激发读者创造出自己的新产品发明。

在我编写本书的整个过程中，我的夫人和儿子提供了无限的鼓励和理解，容忍着我（赤裸裸地）长时间霸占计算机。

感谢和感激所有帮助过我的人。

保罗·R. 博登伯杰，罗切斯特，密西根

译者前言

随着塑料工业的飞速发展，塑料制品和零件已经广泛地应用于国民经济的各个领域。然而，这些塑料件设计的好坏，尤其是塑料件之间的连接设计的好坏，直接影响到其使用性能及其使用寿命，进而影响整个产品的质量。我们对塑料件之间的连接并不陌生，日常生活中也随处可见，也时常为其感到愤怒与无奈，因为有些塑料件的连接一旦拆开，不是损坏就是再也装不上。问题的根本原因出在塑料件连接的设计上。

我们选择了 Paul R. Bonenberger 原著的 “The First Snap-Fit Handbook, Creating Attachments for Plastic Parts”，并将其翻译出来奉献给国内读者，旨在促进和提高国内塑料件及其连接的设计技术水平。按原书名应该译为“首部卡扣手册，塑料件连接的创建”，其中“Snap-Fit”一词从各种词典中查出的、与此处用意相近的中文均为“搭扣”。但如果采用此词，很容易使人想到日常生活中常见的“尼龙搭扣”，并不能全面地反映出塑料件的连接关系。因此，我们认为选择“卡（音 qiǎ）扣”一词比较确切，因为几乎所有的塑料件连接都要先完成卡的动作，再实现扣在一起的功能。另外，考虑到本书中主要论述的是塑料件卡扣连接的设计技术，为了使国内读者能够更直观地了解本书内容，故将书名译为“塑料卡扣连接技术”。

本书全面、系统、详细地论述了塑料卡扣连接技术、设计规则、设计注意事项、设计开发过程以及问题的诊断，提出了全新的设计理念，对各行各业从事塑料卡扣及塑料模具设计开发的工程技术人员来说，不失为一部非常好的、难得的设计指南和实用参考书，本书也颇适于设有塑料专业、塑料加工专业和塑料机械专业的院校师生的学习和参考之用。

本书共分 8 章，前言、序言、第 1、2 章由冯连勋翻译，第 3、4 章由马秀清翻译，第 5、6 章由董力群翻译，第 7、8 章由梁军翻译。全书由北京化工大学冯连勋教授审校。限于专业和语言水平，翻译中难免存有不当之处，敬请读者批评指正。

译者

2003 年 8 月于北京

内 容 提 要

本书是介绍塑料连接技术的专著，全书分 8 章，全面阐述塑料卡扣（即集成连接）技术。首先阐述卡扣及其连接层面的结构及其概念，然后介绍卡扣的约束功能、原理和锁紧件的分离，以及卡扣增强件的装配。后面几章则阐述功能件的设计与分析，卡扣的开发过程，最后介绍卡扣及连接技术中的问题诊断及解决途径。

目 录

第 1 章 卡扣及其连接层面结构	1
1.1 概述	1
1.2 读者的期望	2
1.3 卡扣技术	4
1.4 功能件层面与连接层面	6
1.5 本书的使用	8
1.5.1 样品的重要性	9
1.5.2 卡扣设计新手	9
1.5.3 有经验的设计者	9
1.5.4 基于装配设计的专业人员	9
1.6 章提要	10
1.7 ALC 扩展到其他连接	10
1.8 小结	11
1.8.1 第 1 章重点	12
参考文献	12
第 2 章 连接层面结构概述	13
2.1 概述	13
2.2 关键要求	14
2.2.1 强度	14
2.2.2 约束	15
2.2.3 配伍性	17
2.2.4 坚固性	19
2.3 卡扣的要素	22
2.3.1 功能	23
2.3.2 基本形状	26
2.3.3 接合方向	30
2.3.4 装配运动	33
2.3.5 约束功能件	35
2.3.6 增强件	38
2.3.7 要素小结	40

2.4 章小结	40
2.4.1 第2章重点	40
2.4.2 第2章介绍的重要设计规则	41
第3章 约束功能件	42
3.1 概述	42
3.2 定位功能件	42
3.2.1 定位件类型	43
3.2.2 定位副的设计惯例	49
3.3 锁紧功能件	60
3.3.1 锁紧功能件类型	60
3.3.2 悬臂梁锁紧件	61
3.3.3 平面锁紧件	75
3.3.4 止逆锁紧件	76
3.3.5 扭转锁紧件	81
3.3.6 圆环锁紧件	81
3.3.7 锁紧副与锁紧功能	82
3.4 小结	82
3.4.1 第3章重点	82
3.4.2 第3章所介绍的设计规则	83
参考文献	84
第4章 增强件	85
4.1 概述	85
4.2 装配	86
4.2.1 导向	86
4.2.2 产品实例1	89
4.2.3 产品实例2	91
4.2.4 产品实例3	92
4.2.5 操作者的反馈	94
4.2.6 重访产品实例3	97
4.2.7 装配增强件小结	99
4.3 卡扣激活和使用的增强件	99
4.3.1 视觉	99
4.3.2 辅助	101
4.3.3 使用者感觉	103
4.4 卡扣性能增强件	103

4.4.1	防护	104
4.4.2	限位	105
4.4.3	柔量	106
4.4.4	备用锁紧件	109
4.5	用于卡扣制造的增强件	110
4.5.1	过程友好	111
4.5.2	微调	114
4.6	小结	117
4.6.1	第4章重点	118
4.6.2	第4章所介绍的设计规则	121
	参考文献	123
第5章	卡扣的其他概念	124
5.1	约束的重要性	124
5.1.1	约束概述	124
5.1.2	约束原理	125
5.1.3	约束工作表	132
5.1.4	对约束的附加注释	138
5.2	锁紧件的分离	139
5.2.1	锁紧功能件的矛盾论点	139
5.2.2	分离实例	139
5.2.3	分离等级	139
5.2.4	分离小结	145
5.3	小结	146
5.3.1	第5章重点	147
5.3.2	第5章的设计规则	147
	参考文献	147
第6章	功能件设计与分析	148
6.1	功能件分析的前提条件	149
6.2	分析所需的材料特性数据	149
6.2.1	材料数据源	149
6.2.2	用于分析的假设	150
6.2.3	应力-应变曲线	151
6.2.4	设计点的估算	154
6.2.5	摩擦系数 (μ)	158
6.2.6	其他影响	160

6.3 悬臂钩的简明设计规则	163
6.3.1 梁根部的厚度	164
6.3.2 梁的长度	165
6.3.3 插入面角度	166
6.3.4 保持面深度	166
6.3.5 保持面角度	166
6.3.6 极限角度	167
6.3.7 保持功能件处的梁厚度	167
6.3.8 梁的宽度	169
6.3.9 其他功能件	170
6.4 初始应变的计算	170
6.5 计算的调整	171
6.5.1 应力集中的调整	172
6.5.2 壁面偏斜的调整	173
6.5.3 装配功能件偏斜的调整	176
6.5.4 有效角度的调整	177
6.5.5 调整小结	180
6.6 分析的假设	180
6.7 有限元分析法	181
6.8 分析条件的确定	181
6.9 恒矩形截面梁悬臂钩的分析	181
6.9.1 截面性质及应力与应变的关系	182
6.9.2 最大应变的估算	183
6.9.3 偏斜力的计算	185
6.9.4 装配件 / 功能件偏斜的调整	186
6.9.5 最大装配力的确定	187
6.9.6 脱开行为的确定	188
6.10 厚度带锥度的悬臂钩	190
6.11 宽度带锥度的悬臂钩	192
6.12 厚度和宽度均带锥度的悬臂钩	193
6.13 插入面廓型的修正	193
6.14 保持面廓型的修正	194
6.15 其他功能件的计算	195
6.16 小结	196
参考文献	197

第 7 章 卡扣开发过程	199
7.1 概述	199
7.1.1 方案确定与具体设计	200
7.1.2 一般开发过程	200
7.2 卡扣开发过程	204
7.2.1 产品是否适用卡扣 (第 0 步)	204
7.2.2 定义应用 (第 1 步)	207
7.2.3 标准 (第 2 步)	208
7.2.4 构思多个方案 (第 3 步)	210
7.2.5 功能件分析与设计 (第 4 步)	221
7.2.6 零件设计的确认 (第 5 步)	226
7.2.7 设计微调 (第 6 步)	227
7.2.8 完成卡扣开发 (第 7 步)	227
7.3 小结	229
7.3.1 本章要点	229
参考文献	230
第 8 章 卡扣问题的诊断	231
8.1 概述	231
8.1.1 卡扣问题诊断的规则	232
8.1.2 卡扣开发过程中的失误	232
8.2 连接层面的诊断	233
8.2.1 难装配的最可能原因	234
8.2.2 零件扭曲的最可能原因	234
8.2.3 功能件损坏的最可能原因	234
8.2.4 零件松动的最可能原因	234
8.3 功能件层面的诊断	235
8.4 小结	238
8.4.1 本章重点	238
主要参考文献	239

第 1 章 卡扣及其连接层面结构

任何学科都需要有特定的术语，以便对在该领域内通过观察所得到的知识加以描述和总结^[1]。

1.1 概述

传统的卡扣设计过程由预测单个锁紧功能件行为的计算构成。我们可以将其描述为卡扣技术的“功能件层面”。图 1.1 所示的功能件悬臂钩就是一个非常流行的功能件层面的研究课题。对许多设计者来说，悬臂钩（功能件）代表整个卡扣技术的总和。然而，必须考虑的重要问题是，仅仅掌握了功能件层面的知识，并不能着手解决那些必须进行卡扣开发的人们所面临的很多问题。

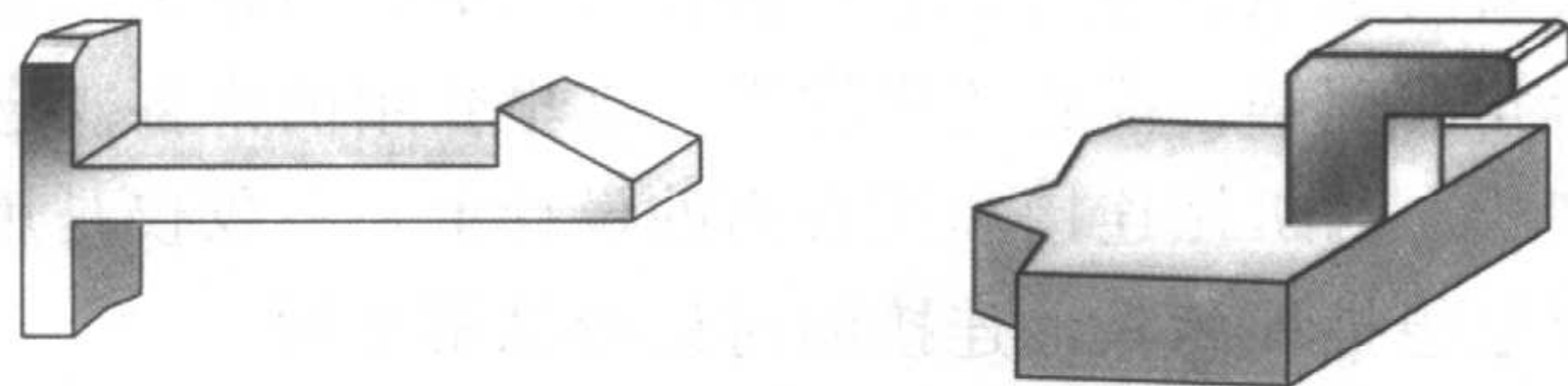


图 1.1 悬臂钩是常见的锁紧功能件，凸耳是常见的定位功能件

尤其是对首次设计卡扣的技术人员而言，只对功能件进行计算是不够的，他们必须亲自经历边试边改或者完成一个昂贵耗时的课题，才能找到学习此课题的方法。经常重复的短语就是“啪哒一起——啪哒分开”。不幸的是，一两个卡扣损坏的经历就可能会导致一个设计者或一个团体在咒骂之后，发誓永远不再使用卡扣。为了仍然能够保持竞争力，各公司只得采用所有可能的设计战略，但卡扣作为有效连接却被忽视就是一个战略错误。

零件与零件的连接发生在一个接缝或一个接合面。先完成零件设计，再设计接合面的连接，肯定会酿成一些问题。本书更多地会将焦点放在正确获取初始接合面的基本原理上。某些研究^[2,3]表明，产品的大部分成本（约 70%）是在方案确定阶段就确定了的，而不是在产品的实际设计阶段。为什么卡扣就非得与此不同呢？

有时，所听到的对连接层面探究方法的评论是说它“太基础”。答复

总是,“是的,它是基础的,但是,这并不意味着它不重要”。事实上,正因为它是基础的,所以必须了解它,虽然它是基础的,但绝不意味着得到了广泛了解和应用。作者所见过的一些卡扣只能认为是设计的灾难。一些根本就不能投产,因为它们是如此之差,纯粹是在浪费设计时间,且失去了节省的时机。另外一些则可以应用基本原理加以改进。

W. Edwards Deming 博士^[4]说过:“没有理论的试验教不了……任何东西”。连接层面结构(ALC)所提供的理论和基础知识大大地促进了对卡扣技术的学习和理解。

连接层面结构只不过是解释广泛而多变的卡扣世界的一种方法,是组织、捕捉信息和基本原理的一种工具。“……通过把基本原理与稍复杂结构结合成目的性强的模型,我们来创建结构……这些结构有益于解释经验数据和建立理论。用它们来解释所观察到的规律性和关系,依据对观察的总结和提供的解释创建结构”^[1]。

有关连接的系统的思想方法应该对设计者、工程师、基于装配的设计的实践者以及技术培训人员具有感染力。任何打算革新机械连接的人都将受益于连接层面的思想。借助于它,读者可以更快地达到以前需用多年才能获得的对卡扣的理解。读者还将发现,这里介绍的许多观念,能够或应该可以应用到所有的机械连接和接合面的设计上,不仅仅是用于卡扣。如何将连接层面思想扩展到其他连接的讨论参见第2章。

让我们从常见且传统的卡扣的定义开始,而后,再定义并解释卡扣连接层面的定义,来取代现有的定义。

卡扣是用于一个零件与另一个连接的“嵌入”或整体闭锁的机构。它们通常用于塑料件的接合。卡扣不同于散件的连接方法,不同于不需要附件、材料或工具就可以完成连接功能的化学连接方法。

本章将介绍卡扣技术的系统探究方法,叙述它与传统的卡扣功能件层面的思想方法之间的本质差别,还叙述了本书的构成,并提出使用本书的建议。

本章还叙述了卡扣与螺纹紧固件之间的一些差别,应该注明,并不是卡扣技术与螺纹紧固技术之争。两者没有本质的好坏之分,两者在以见多识广的选择为基础的产品设计中以及适用设计场合最好方法的应用中都能找到它们的位置。

1.2 读者的期望

本书将卡扣看作一个连接系统,如图1.2所示。这种新方法是基于连

接层面结构 (ALC)，如此命名是为了强调它与传统的卡扣设计方法的差别。

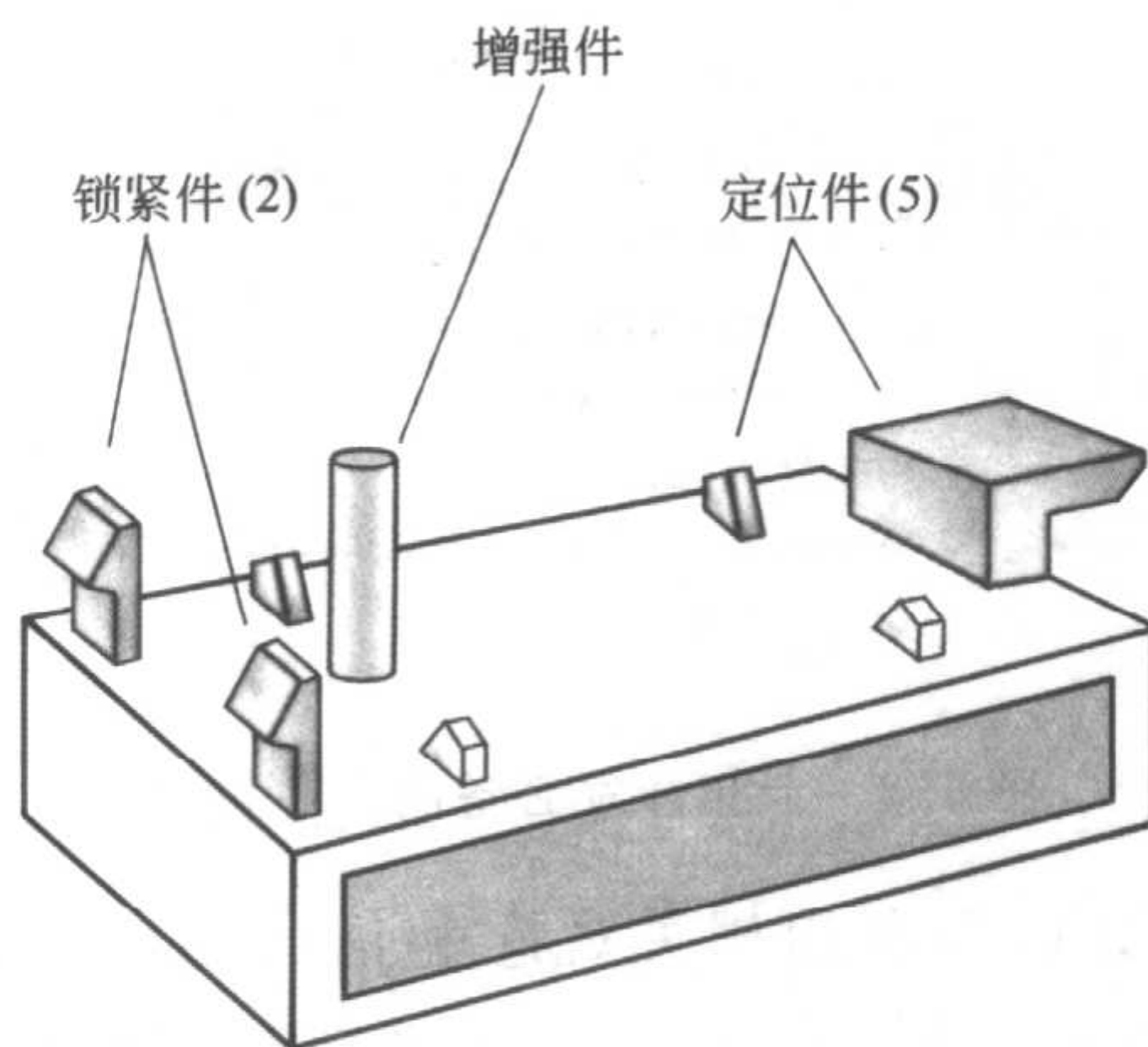


图 1.2 卡扣是在件与件接合面上交互作用的功能件系统

因为与卡扣有关，因此许多首次听到 ALC 的人会联想到它是卡扣功能件层面探究方法的变种，其实不然。读者应该了解到，本书根本不是有关功能件行为的数学分析，也不是以前出版的功能件层面的卡扣资料的复制品。虽然本书也包含功能件层面的一些计算，但是它们仅仅占了很少的篇幅，因为已经有很多与此相关的资料是可以利用的。另外，塑料材料性能及加工也仅涉及到有利于连接层面的理解所需的内容。很多与这些主题有关的优秀书籍和文献也是可以利用的。

简言之，本书不是有关读者或许在一本关于卡扣的书中所期待的一切，也不是一本卡扣的“烹调书”。ALC 将基于规则的卡扣连接开发方法放在首位，本书主要与学习和应用这些规则有关。读者在阅读本书的过程中，能够得到对卡扣深层次的、直觉的或高水平的理解以及 ALC 原理的应用。最重要的是，读者将学会如何思考卡扣。

本书和连接层面结构也不是卡扣新发明的收集。您不会找到任何基于卡扣硬件的新设计或创新设计。这里惟一的新“发明”就是结构本身。然而，本书的观点有助于读者创建自己的卡扣应用。

对于打算很好地完成卡扣设计的个人（或团体）来说，需要具备 5 个方面的能力，即**技术理解、交流、关注细节、空间推理和创新**，它们往往是一个建立在另一个基础之上的，如图 1.3 所示。ALC 以下列方式支撑这些能力。



图 1.3 卡扣开发必备的 5 种技能

(1) 交流——ALC 为卡扣相关观念和信息的交换提供共通的和合理的词汇。任何学科需要一种能够得到有效理解和应用的“语言”。

(2) 技术理解——ALC 将现有卡扣知识组织起来，便于对其理解和应用。它也支持有用卡扣知识的捕捉和将所学知识从一种应用到另一种应用的转换。ALC 的组成结构也有助于读者增长知识，补充自己对卡扣的技术理解。技术理解还包括对功能件性能评价的分析能力以及对卡扣技术传统功能件层面的分析能力。

(3) 空间推理——当设计者能够将被接合件以及件上的功能件的交互作用和行为形象化时，卡扣的开发能力得以增强。ALC 提供了一套合乎逻辑的、能够形象化的一般形状和运动。

(4) 创新——通过对创建供设计者考虑的若干连接方案的支撑，卡扣的开发过程（在第 7 章中详细叙述）鼓励创新。

(5) 关注细节——卡扣设计的很多细节能够在供设计者考虑的合乎逻辑的结构中捕捉到。

1.3 卡扣技术

本书通篇采用短术语——卡扣，而不采用术语——集成连接。

卡扣的重要判据是集成锁紧功能件的柔韧性。正如我们将看到的一样，锁紧件的柔韧性可以大，也可以非常小，取决于锁紧件的类型。卡扣不仅仅局限于塑料件，卡扣也可以有效地应用于金属与金属以及塑料与金属的场合。您阅读本书时应记住这一点，并关注应用卡扣的机会。只需对金属零件和功能件更换适当的材料性能和分析过程，就能愉快地按您的习惯继续使用。