

INTEGRATED DESIGN OF AUTOMOBILE
HUMAN-COMPUTER INTERACTION
INTERFACE

汽车人机交互界面 整合设计

曾庆抒◎著



中国轻工业出版社 | 全国百佳图书出版单位

教育部人文社会科学研究青年基金（19YJC760004）资助
中央高校基本科研业务费专项基金（30917013111）资助

汽车人机交互界面 整合设计

曾庆抒◎著



 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

汽车人机交互界面整合设计 / 曾庆抒著. —北京:
中国轻工业出版社, 2019.12
ISBN 978-7-5184-2741-3

I. ①汽… II. ①曾… III. ①汽车工程-人机界面-
程序设计 IV. ①U461 ②TP311.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 249476 号

责任编辑: 毛旭林 责任终审: 劳国强 整体设计: 锋尚设计
策划编辑: 毛旭林 责任校对: 吴大鹏 责任监印: 张 可

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街6号, 邮编: 100740)

印 刷: 三河市万龙印装有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2019年12月第1版第1次印刷

开 本: 710×1000 1/16 印张: 10

字 数: 200千字

书 号: ISBN 978-7-5184-2741-3 定价: 59.80元

邮购电话: 010-65241695

发行电话: 010-85119835 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请与我社邮购联系调换

191140K5X101ZBW

本书选题源自于国家科研项目和设计实践，系统研究汽车人机交互软件与硬件界面的整合设计与评估。研究涉及两个基本理论问题：第一，汽车人机交互软硬界面作为一个有机整体，必须具有统一的设计主题、视觉风格、交互体验、服务功能，然而目前软硬界面分离的设计流程难以从整体上把握交互产品的最终品质。因此，重新构建汽车人机交互界面研发流程，构建统一规范的设计实践活动体系，具有重要的理论和实践意义。第二，设计师的知识、经验与对问题的分析、综合、判断是影响设计品质的重要因素。因此，整合设计工具与方法，对于提升设计效率、表达设计意图、促进设计沟通、优化设计效果具有理论和实践意义。

针对本书研究问题，采用“案例分析法”“用户调研”“用户测试”等研究方法，通过“电动汽车人机交互界面设计”“电动汽车内室造型设计”“电动汽车嵌入式信息交互系统设计”“电动汽车导航软硬界面整合设计”等项目的设计研究和实践，结合大量文献研究，提出理论框架和模型。

本书研究的基本内容包括：第1章以设计的理性求解与反映实践、设计的规范性与描述性、设计“整合”的内涵及其应用为研究的学术背景，综述了研究的领域背景，包括汽车造型设计流程、交互设计流程、汽车人机交互界面设计，以此为基础定义了本书研究的概念、术语和关键问题。第2章通过理论研究，分析人机关系演变、用户体验演进、设计师角色演变，提出了存在于设计流程、工具与方法层面的整合设计问题。第3章的重点是通过对“软硬”产品的典型研发流程分析，研究设计过程的内在逻辑结构，提出整合设计脉络；通过汽车内室造型与交互设计流程分析，研究研发过程的内在时序结构，提出整合设计流程框架；通过造型与交互设计对象和设计任务分析，提取整合设计对象，最终构建汽车人机交互软硬界面整合设计流程。第4章的重点是分析软硬界面评估对象与方法，提出汽车人机交互软硬界面整合评估的层级、工具与方法、评估载体。第5章的重点是分析汽车造型与交互设计概念创新方法及应用特征，针对界面风格与交互流程两个关键问题，提出驱动汽车人机交互软硬界面整合概念创新的情景板和故事板工具。第6章通过对设计流程中整合节点的逻辑属性与时序属性分析，构建基于阶段规范性与任务动态性的整合设计V模型，提出驱动“创意飞跃”的双向设计策略：即自上而下的设计与自下而上的评估。最后构建基于“内核外缘”的整合设计方法论模型。

研究的主要成果有四个方面：

首先，本书系统分析了汽车造型设计与交互设计的流程与评估测试，通过对二者独立的设计阶段、设计任务、设计对象、评估对象、评估工具与方法进行解析，构建汽车人机交互软硬界面整合设计流程，提出整合评估与测试的理论体系。本书以汽车这一典型的复杂工业产品作为研究切入点，对汽车人机交互界面设计流程进行软硬整合研发模式的构建，这在工业设计与交互设计融合趋势下，对汽车及智能产品的设计研发过程探索具有前瞻性的意义，对于研发体系的探讨具有创新意义。

第二，本书研究汽车造型与交互设计的概念创新方法，在此基础上针对整合设计流程中概念及系统构建阶段的两个重要问题——视觉风格与系统构架，提出了驱动造型与交互设计的整

合概念创新工具：情景板和故事板，在设计辅助层面具有设计工具创新的意义。

第三，本书系统分析了设计流程中整合与分化节点的“装配”关系，认为节点是对整合与分化进行管理的控制点，节点的组织形式反映出设计任务的目标、结构、范围，研究提出按逻辑线索和时序结构研究的两个基本思路。研究认为整合设计脉络奠定了整合节点的内在规定性，是整合与分化产生的内因，反映出设计求解过程的逻辑属性，包括设计构思节点、方案演化节点、详细构造节点、设计提炼节点。研究认为整合设计流程作为设计产生的上下文情境，揭示了子任务的时间属性及执行顺序关系，是整合与分化产生的外因，反映出设计过程的时序属性。提出时序节点对应相应决策模式，包括战略决策、主题决策、方案决策、技术决策。

第四，通过对整合设计流程、整合评估层级以及整合节点属性的研究，发现存在阶段规范性与任务动态性并存的整合设计现象。研究认为阶段性的整合设计与评估，在研发计划中属于决策控制点的计划介入时间，反映出流程的规范性特征。认为动态性的整合设计与评估，在研发计划书中无法提前预测，由研发过程驱动，表现为部分的、小范围的局部整合，反映出设计思维的跳跃性及设计过程的动态性特征。研究基于阶段规范性与任务动态性现象构建整合设计V模型，提出“创意飞跃”的双向策略：自上而下的设计与自下而上的评估。所谓自上而下是指基于设计流程的逻辑线索和时序结构，通过整合设计目标驱动设计构思、方案演化、详细构造。在自上而下的设计任务分解空间中产生“创意飞跃”，包括创意跳跃和创意变异。自下而上有两层含义，一是指由部件到整体的验证整合过程；二是指创意产生的逆向过程，以测试带动设计，以结果驱动创新。在设计流程研究上具有创新性。

最后，本书提出设计空间整合与信息层，设计知识整合与工具层，设计规范整合与决策层的“内核外缘”整合设计方法论模型。设计空间整合意味着软硬界面整合的设计目标、导向和范围。设计空间内核对应的衍生外缘是信息层，表明对通过节点所产生的输入输出信息的融合。设计知识整合意味着通过对软硬界面互为分离的领域知识进行重组，以构建共享的、概念化的、显性化的描述框架，为设计主体提供设计辅助，优化设计效率。设计知识内核衍生的外缘是工具层，反映出方法、途径、手段的属性。设计规范整合是针对软硬界面整合评估与决策，是基于整合的评估对象进行评估标准与评估方法的重构。设计规范内核衍生的外缘是决策层，具有技术与标准的参照作用。在设计方法论层面具有创新的意义。

本书以汽车造型设计与交互设计领域的设计流程、评估体系、设计方法作为研究的切入点，探索汽车人机交互软硬界面整合设计。“整合设计”研究主要有两个研究路径：设计流程和设计工具：（1）设计流程整合研究，分析设计任务、设计对象的内在联系和制约关系，以驾驶任务为“同质要素”，构建设计的整合逻辑线索和时序结构，通过设计任务的组织与时序节点的控制实现设计整合；（2）设计工具整合研究，从图解载体与思维载体的角度，提出新的情景板与故事板方法，实现设计求解和创意方法的整合。整合设计研究的目的是为设计实践提供“应该怎样”的设计方法论指导，以提高设计效率，寻求满意的设计解决方案。

曾庆抒

2019年9月

第1章 绪论 / 1

- 1.1 研究的背景 / 1
 - 1.1.1 设计问题的理性求解和反映实践 / 1
 - 1.1.2 设计过程的规范性与描述性 / 3
 - 1.1.3 整合设计 / 8
- 1.2 本书研究的概念、术语和关键问题 / 12
- 1.3 文献综述 / 14
 - 1.3.1 汽车造型设计流程 / 14
 - 1.3.2 交互设计的生命周期模型 / 16
 - 1.3.3 汽车人机交互界面设计 / 17
- 1.4 选题背景 / 21
 - 1.4.1 本书研究的科研项目背景 / 21
 - 1.4.2 本书研究的实际设计和研究项目背景 / 21
 - 1.4.3 本书研究的学术交流背景 / 21
 - 1.4.4 选题的理论意义和实践意义 / 21
- 1.5 研究方法和组织结构 / 22
 - 1.5.1 本书的研究方法论基础 / 22
 - 1.5.2 本书研究方法 / 23
 - 1.5.3 本书组织结构 / 23

第2章 汽车人机交互界面的演进与变革 / 26

- 2.1 概述 / 26
- 2.2 汽车人机交互界面的设计历史与变革 / 27
 - 2.2.1 历史与变革：从“刚性”到“弹性”的人机关系演变 / 27
 - 2.2.2 现代设计变革的社会背景 / 33
 - 2.2.3 设计模式的变革：从分离到整合的研发模式 / 33

- 2.3 用户主体：从安全到智能的用户体验演进 / 35
 - 2.3.1 速度的渴望：运载与安全 / 35
 - 2.3.2 品质的诉求：效率与舒适 / 36
 - 2.3.3 载体的超越：互联与智能 / 37
- 2.4 设计主体：整合趋势与设计师角色演变 / 37
 - 2.4.1 硬件主导与角色重合期 / 38
 - 2.4.2 软件界面与角色独立期 / 38
 - 2.4.3 软硬界面整合与角色分享期 / 40
- 2.5 设计流程、工具与方法面临挑战 / 41
 - 本章论点小结 / 42

第3章 汽车人机交互软硬界面的整合设计流程 / 43

- 3.1 概述 / 43
- 3.2 逐本求源：汽车人机交互软硬界面整合设计的框架 / 44
 - 3.2.1 “软硬”产品研发流程 / 44
 - 3.2.2 脉络：汽车人机交互界面整合设计流程的逻辑线索 / 47
 - 3.2.3 框架：汽车人机交互界面整合设计流程的时序结构 / 48
- 3.3 求同存异：汽车人机交互软硬界面整合设计要素 / 49
 - 3.3.1 要素解析：汽车人机交互界面整合的设计对象 / 49
 - 3.3.2 同质要素：基于驾驶任务的系统构架 / 52
- 3.4 汽车人机交互软硬界面整合设计流程 / 53
 - 3.4.1 设计定义 / 53
 - 3.4.2 概念及系统构建 / 58
 - 3.4.3 详细设计 / 69
 - 本章论点小结 / 76

第4章 汽车人机交互软硬界面整合评估与测试 / 78

- 4.1 概述 / 78
- 4.2 汽车人机交互硬件界面的评估 / 78
 - 4.2.1 汽车人机交互硬件界面的评估对象与评估载体 / 78
 - 4.2.2 汽车人机交互硬件界面的评估方法 / 79

- 4.3 汽车人机交互软件界面的评估 / 81
- 4.4 汽车人机交互软硬界面整合评估测试 / 83
 - 4.4.1 汽车人机交互软硬界面整合评估的层级 / 83
 - 4.4.2 汽车人机交互软硬界面整合评估对象和内容 / 84
- 4.5 汽车人机交互软硬界面整合评估的工具和方法 / 88
 - 4.5.1 定量方法 / 88
 - 4.5.2 定性方法 / 90
 - 4.5.3 规范与标准 / 90
- 4.6 汽车人机交互软硬界面整合评估载体 / 91
- 4.7 电动汽车人机交互界面快速原型评估测试 / 92
 - 4.7.1 评估载体、评估内容与方法 / 92
 - 4.7.2 评估测试过程 / 93
 - 4.7.3 评估决策模式 / 95
- 4.8 原型及评估测试的逻辑线索与时序节点 / 95
 - 本章论点小结 / 96

第5章 汽车人机交互软硬界面整合概念工具和方法 / 98

- 5.1 概述 / 98
- 5.2 汽车造型与交互设计的概念工具和方法 / 99
 - 5.2.1 传情达意：基于情感与意象的造型概念设计视觉辅助工具 / 99
 - 5.2.2 思成于行：基于需求与行为的交互设计概念创新方法 / 100
- 5.3 汽车人机交互软硬界面整合设计概念工具 / 101
 - 5.3.1 驱动界面视觉风格整合的工具 / 101
 - 5.3.2 驱动界面系统构架整合的设计工具 / 102
- 5.4 整合汽车人机交互软硬界面视觉的情景板工具 / 102
 - 5.4.1 情景板工具内涵辨析 / 102
 - 5.4.2 整合软硬人机界面视觉风格的情景板构建 / 102
 - 5.4.3 电动汽车嵌入式信息交互系统界面设计 / 104
- 5.5 整合汽车人机软硬界面系统构架的故事板 / 106
 - 5.5.1 故事板工具内涵辨析 / 106
 - 5.5.2 基于多维轴向的故事板框架构建 / 107

5.5.3 基于故事板的显示、控制界面设计 /107

5.5.4 电动汽车导航软硬界面整合设计 /109

5.6 逻辑线索中的情景板与故事板工具 /112

本章论点小结 /113

第6章 汽车人机交互软硬界面整合设计方法论 /115

6.1 概述 /115

6.2 整合与分化节点的“装配”关系 /115

6.2.1 整合节点的逻辑线索 /116

6.2.2 整合节点的时序结构 /117

6.3 汽车人机交互软硬界面整合设计策略 /119

6.3.1 规范性与动态性并存的设计现象 /119

6.3.2 基于阶段规范性与任务动态性的V模型 /120

6.3.3 始于“合”：自上而下的设计 /122

6.3.4 始于“分”：自下而上的评估 /123

6.4 基于“内核外缘”的整合设计方法论模型 /124

6.4.1 “内核”与“外缘”的涵义 /124

6.4.2 设计空间整合与信息层 /125

6.4.3 设计知识整合与工具层 /128

6.4.4 设计规范整合与决策层 /130

本章论点小结 /133

结 语 /135

参考文献 /141

第1章 绪论

1.1 研究的背景

1.1.1 设计问题的理性求解和反映实践

设计作为人类有目的的一种实践活动,是人类改善生存条件的标志,是人类自身进步和发展的标志,同时也是人类表达情感和生存理想的标志^①。设计是一门古老而年轻的学科^②,今天,设计已经变成了一个复杂的和多学科交叉的创造性活动^③。学者认为,设计的确存在相对于其他工程学科的独特思维和交流方式,这使得设计的科学体系和方法论研究成为必然和必要^④。关于设计问题求解的范式,学术界存在理性和感性两种观点。理性范式以西蒙(Herbert Simon)的“有限理性”和设计科学为代表,感性范式以肖恩(Donald Alan Schön)的反映实践(Reflective Practice)为代表。

对于设计理性方法的探索可追溯至欧洲文艺复兴时期,从20世纪初的现代主义运动,学者们就开始从客观性、合理性即科学准则角度反思艺术作品和设计作品的创作^⑤。到20世纪60年代,伴随“设计方法运动”思潮拉开了现代设计研究的新篇章。在设计研究的先驱中,西蒙首次提出“设计科学”的思想,从传统的自然科学描述方法和工程设计规范方法总结设计科学的特点、内容和意义,主张“设计是一个理性问题求解过程”,认为设计是“人为事物的科学”(the science of artificial)——一种思想上有力、条理清晰、部分形式化、部分经验化且能被传授的设计过程学说体系^{⑥⑦}。以西蒙为代表的学者借鉴控制论、运筹学、系统工程理论,发展出系统化的设计问题求解方法,以设计问题(problem domain)和设计解(solution domain)为核心,构建设计领域的科学体系和方法。设计科学试图对人类设计技能进行科学探索,对一般设计过程进行科学解释,对设计任务进行恰当描述,为设计方法提供科学的依据^⑧。

然而,设计问题是“不良结构问题”(ill-structure problem),不可能依靠将已有知识

① 赵江洪. 设计艺术的含义[M]. 长沙: 湖南大学出版社, 2005, 5-17.

② 何人可. 工业设计史[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2008: 1.

③ 赵江洪. 设计和设计方法研究四十年[J]. 装饰. 设计历年会, 2008(185): 44-47.

④ 张文泉. 辨物居方, 明分使群——汽车造型品牌基因表征、遗传和变异[D]. 长沙: 湖南大学汽车车身先进设计制造国家重点实验室, 2012, 1.

⑤ Cross, N. *Designerly Ways of Knowing* Springer-Verlag, London, 2006. 170.

⑥ Simon, H A *The Sciences of the Artificial*, MIT Press, Cambridge, 1969, 24.

⑦ Cross, N. *Forty years of design research*. *Design Studies*, 2007 (28): 1-4.

⑧ 杨砾, 徐立. 人类理性与设计科学——人类设计技能探索[M]. 沈阳: 辽宁人民出版社, 1988年1月第1版.

简单提取出来去解决实际问题，只能根据具体情境，以原有的知识为基础，构建用于指导问题解决的图式（schema），而且，往往不是单以某一个概念原理为基础，而是要通过多个概念原理以及大量的经验背景的共同作用而实现^{①②}。因此，肖恩提议寻找一种实践认识论（epistemology of practice），它隐含于实践者进行艺术创造和凭直觉思考的过程中，具有众多的不确定性、不稳定性、独特性及价值冲突，他将这一过程定义为反映实践^③。肖恩认为在一个良好的设计历程中，设计者与情境的“对话”具有反映性。设计者在回应情境的对话时，同时对这个问题的结构、行动的策略或现在的模式进行“行动中反映”（reflection-in-action）。设计者与情境对话的模式具有知中有行，行中有知的（knowing-in-action）的特征^④。肖恩提出了由行为驱动（action-oriented）的问题求解路径包括：关联要素标定（naming the relevant factors）、问题空间取景（framing a problem in a certain way）、逐步问题求解（making moves toward a solution）和评价求解步骤（evaluating those moves）^⑤。多斯特（Kees Dorst）在肖恩研究的基础上进一步提出，在求解行动和评价之间存在着一些准则：一致性即求解行动是否与设计目标一致；遵守执行标准即解决方案是否在设计问题的边界之内；解决方案的价值即求解行为的有效性，他认为在完整的设计项目中包含了这些反映实践的循环^⑥。多斯特将理性问题求解的基本设计周期：分析（analyse）、综合（synthesise）、模拟（simulate）、评估（evaluate），与反映实践的行为驱动求解路径进行对比，在二者之间构建设计活动的关联（图1.1）。标定与取景对应于分析阶段，同时又是综合阶段的起始，求解行动是综合与模拟阶段的结合。而二者的评价则具有各自的特点，在理性问题求解的范式中设计概念是被问题状态和执行标准所驱动的准则所评价，而在反映实践中设计行动则是被自身的有效性所评价^⑦。多斯特认为反映实践的范式不是以传统的理性问题求解范式看待设计问题，然而却寻找与理性问题求解范式相似的科学环境和相似的目标。

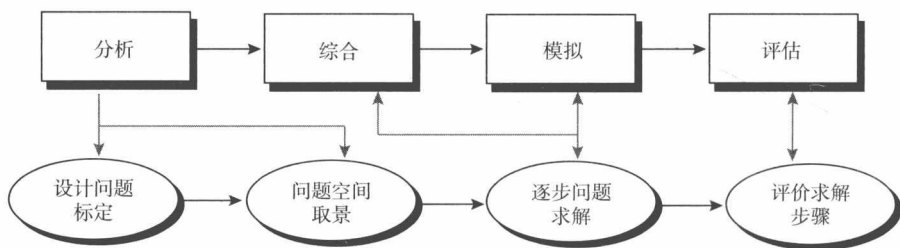


图1.1 理性求解与反映实践研究范式

图片来源：Kees Dorst, 1999

- ① 赵江洪. 设计和设计方法研究四十年 [J]. 装饰. 设计历年会. 2008 (185): 44-47.
- ② Kees Dorst. *Design Problems and Design Paradoxes*. Design Issues, 2006 (22): 4-17.
- ③ Schön, D. *The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action* Temple Smith, London, 1983. 54-70.
- ④ Rianne Valkenburg, Kees Dorst. *The Reflective Practice of Design Teams*. Design Studies, 1998 (19): 249-271.
- ⑤ 唐纳德·A·肖恩著, 夏林清译. 反映的实践者: 专业工作者如何在行动中思考 [M]. 北京: 教育科学出版社, 2007.
- ⑥ Kees Dorst *Describing design: a comparison of paradigms*: [PhD thesis] [D]. The Netherlands: Delft University, 1999. 78.
- ⑦ Dorst K, Dijkhuis J. *Comparing paradigms for describing design activity*. Design Studies, 1995, 16 (2): 261-274.

设计问题求解是复杂的,尤其汽车领域的设计研发,由于交通工具多学科技术复杂性、设计的多目标优化以及用户需求的多样性、文化背景的丰富性^①,使得问题求解之路弥漫着理性与感性互为交织的色彩。一方面,时间、周期、成本、效益等目标要求研发体系的科学性、逻辑性、预见性,这反映了价值因素和价值判断所赋予设计问题求解以理性色彩;另一方面,设计行为与设计过程中的创新思维、灵感等具有偶发性、不可预测性、情境对话性,这反映了事实因素赋予设计问题求解以感性色彩。

1.1.2 设计过程的规范性与描述性

设计是一个“组织化”的过程,是分阶段、按流程完成的,同时设计也是需要管理的,纵贯设计过程的主线是“围绕目标的问题求解”。与设计问题求解的理性范式和感性范式相对,设计过程存在规范性(Prescriptive)与描述性(Descriptive)的模型。规范性和描述性在社会学家和哲学家看来可以用合理性解释,马克斯·韦伯(M.Weber)区分为形式的合理性和实质的合理性^②。形式的合理性意味着可计算性、效率和非人性,即合理性还原为它的形式的、工具的方面;实质的合理性,即行动不只是以理性的计算为基础,它还包含人的伦理、政治及其他方面的需要。法兰克福学派把韦伯的“形式的合理性”改造为“工具(技术)理性”,而将他的“实质的合理性”改造为“批评的理性”或“客观的理性”,也即“价值理性”^③。从设计研究的角度,“实质合理性”解释了设计过程中创造性活动非理性的一面,表达了设计求“真”的目的,旨在研究设计本来、真实的面貌,研究设计过程“究竟怎样设计”的问题,并通过设计过程的描述性模型进行表征。“形式合理性”解释了设计过程中规范性准则和方法的存在,表达了设计研究求“用”的目的,旨在提供高效的创造方法,研究设计过程“应当怎样设计”的问题,并通过设计过程的规范性模型进行表征。设计本身的价值在于创新,如果设计研究不能提供高效的创新方法,就失去了它的实践意义。但是要真正讲透“应当怎样设计”的问题,就不能不研究“究竟怎样设计”的问题,规范性方法的提出,离不开设计研究的描述性方面。

设计过程研究是设计研究的重要课题。戴维·温(David Wynn)和琼·克拉克森(John Clarkson)对相关文献进行综合,将设计过程划分为三个研究范式:(1)设计阶段和设计活动研究范式(stage vs activity-based models);(2)问题导向(problem-oriented)和解决方案导向(solution-oriented)范式;(3)抽象、分析和程序方法范式(abstract vs analytical vs procedural)^④,图1.2所示。这三种研究范式意味着完全独立的研究思想,但又相互关联,为本书研究提供了重要的学术背景。

在设计活动与设计阶段的研究范式,霍尔(Hall)提出了以项目生命周期阶段与迭

① 王巍. 汽车造型设计的领域知识描述与应用[D]. 长沙: 湖南大学汽车车身先进设计制造国家重点实验室, 2008, 7.

② [著] 马克斯·韦伯, [译] 杨富斌. 社会科学方法论[M]. 北京: 华夏出版社, 1991. 48.

③ 李宏伟. 现代技术的人文价值冲突及其整合[J]. 自然辩证法通讯, 2004. 26 (154): 21-26.

④ John Clarkson, Claudia Eckert. *Design process improvement: a review of current practice*. Springer-Verlag London Limited 2005. 75.

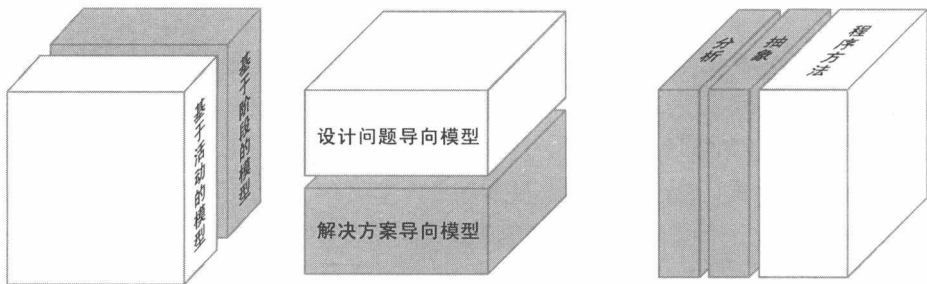


图1.2 设计过程研究的范式

图片来源: John Clarkson, 2005

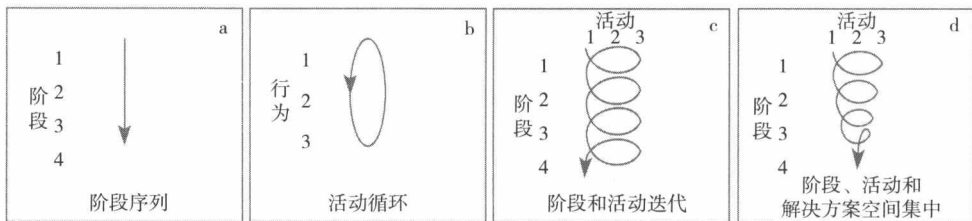


图1.3 设计阶段和设计行为

图片来源: Bless, 1962

代问题解决过程为正交模式的双维度模型^①；阿西莫（Asimow）将霍尔的理论从系统工程发展至设计领域，他将设计流程描述为基于阶段时序结构的线性过程，这个过程的特征是高度循环、伴随着密集的设计迭代^②。布莱斯（Bless）在阿西莫的研究基础上将设计阶段与设计行为进行区分，设计阶段体现了问题解决的时序特征，设计行为体现了设计活动的循环特征^③（图1.3-a-b）。图1.3-c将设计阶段和设计行为进行结合，描述为每个阶段设计活动迭代的“良性结构”（well-structured）。图1.3-d描述了伴随着设计阶段的推进，通过越来越具体的设计活动对方案逐层收敛。

在解决方案导向和问题导向的研究范式，解决方案导向是指，设计空间和需求得到拓展的同时初始解决方案也被提出、分析及快速修改。问题导向是指，在产生可能的解决方案之前提出抽象概念，并进行缜密的问题框架分析。劳尔森（Bryan Lawson）认为设计师侧重于“尝试与观察”相结合，以解决方案为导向的方法，而科学家则力图在产生综合解决方案之前解开问题的谜团，属于以问题为导向的方法^④。罗斯（Nigel Cross）等人则认为在真实的设计过程中，纯粹的问题导向并不能解决所有问题，而是应该根据具体的问题情境来对设计进行决策^⑤。戴维·温认为基于阶段的模型属于典型的问

① Hall AD. *A methodology for systems engineering*. Van Nostrand Reinhold, 1962. 71.

② Asimow M. *Introduction to design*. Prentice Hall, 1962. 89.

③ Blessing LTM. *A process-based approach to computer-supported engineering design* [D]. University of Twente, The Netherlands, 1994. 221.

④ Lawson B. *How designers think*. The Architectural Press, 1980. 115.

⑤ Cross N. *Engineering design methods: strategies for product design*. reproduced with permission of John Wiley and Sons Limited, 1994. 78-79.

题导向策略 (strategy), 而基于行为的模型则倾向于解决方案导向的策略^①。

图1.4为解决方案导向和问题导向的设计过程模型。首先, 解决方案导向层面, 希利尔 (Hillier) 等人提出了猜想分析理论 (conjecture-analysis theory), 认为设计师解决问题之前通常会根据以往的设计经验而提前构想问题^②。达克 (Darke) 提出了问题解决过程的模型, 由产生 (generator)、假想 (conjecture) 和分析 (analysis) 构成^③。玛琪 (March) 提出了产生 (production)-演绎 (deduction)-归纳 (induction) PDI模型, 相对于其他以解决方案为中心的模型, PDI强调了设计过程的迭代^④。第二, 从问题导向层面, 琼斯 (Jones) 提出线性特征的模型, 由分析、综合、评估构成^⑤。克劳斯 (Klaus Ehrlenspiel) 根据系统分析的问题解决方法, 提出了问题解决域分类、搜索和选择的流程循环模型^⑥。克罗斯提出了探寻 (exploration)、产生 (generation)、评估 (evaluation)、沟通 (communication) 的四阶段模型^⑦。

在抽象、分析和程序方法的研究范式上, 抽象方法 (Abstract) 的主要特点是高度概括设计的过程, 抽象描述出设计活动的内容和关系, 以便揭示设计的本质; 程序方法 (Procedural approaches) 则是聚焦于设计项目中具体方面, 更多的与实际研发情境相关联; 分析方法 (Analytical approaches) 用于描述设计项目的特殊案例, 这种方法由两部分组成: 一是对设计项目各个层面的描述, 例如设计构架矩阵或DSM^⑧; 二是用于更好理解或推进设计过程的技术、程序和计算工具^⑨。

程序方法研究对设计的描述更加具体, 强调设计阶段性以及特定的用户领域。程序方法包括三个层面的问题, 即描述性与规范性、设计主导 (design-focused) 与项目主导 (project-focused)、模型与方法 (model、method) (图1.5)。

程序方法的描述性模型主要研究设计过程、策略以及设计师解决问题的方法。芬格 (Finger) 和狄克逊 (Dixon) 认为描述性模型分为两类^⑩: 第一, 收集设计师如何进行设计的信息; 第二, 构建认知过程模型。同时认为设计过程的描述性模型关注三个方面的问题: 即对单独设计师进行个案研究、对认知模型的研究、对设计过程的案例研究。设

① John Clarkson, Claudia Eckert. *Design process improvement: a review of current practice*. Springer-Verlag London Limited 2005. 57-58.

② Hillier B, Musgrove J, O'Sullivan P. *Knowledge and design*. In: *Environmental design: research and practice*. University of California, USA, 1972. 112-113.

③ Darke J (1979) *The primary generator and the design process*. *Design Studies*, 1 (1): 36-44.

④ March L. *The logic of design*. In: *Cross N ed. Developments in design methodology*, 1984. 270.

⑤ Jones JC. *Design methods: seeds of human futures*. Wiley, 1970. 42.

⑥ Ehrlenspiel K. *Integrierte Produktentwicklung: Methoden für die Prozessorganisation, Produkterstellung und Konstruktion*. Hanser, 1995. 115.

⑦ Cross N. *Engineering design methods: strategies for product design*. John Wiley and Sons Limited, 1994. 221.

⑧ Steward DV (1981) *The design structure system: a method for managing the design of complex systems*. *IEEE Transactions on Engineering Management*, EM-28 (3): 71-74.

⑨ Browning TR (2001) *Applying the design structure matrix system to decomposition and integration problems: a review and new directions*. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 48: 292-306.

⑩ Susan Finger, John R. Dixon Z. *A Review of Research in Mechanical Engineering Design*. Part I Descriptive, Prescriptive, and Computer-Based Models of Design Processes. *Research Engineering Design*, 1989 (1): 51-57.

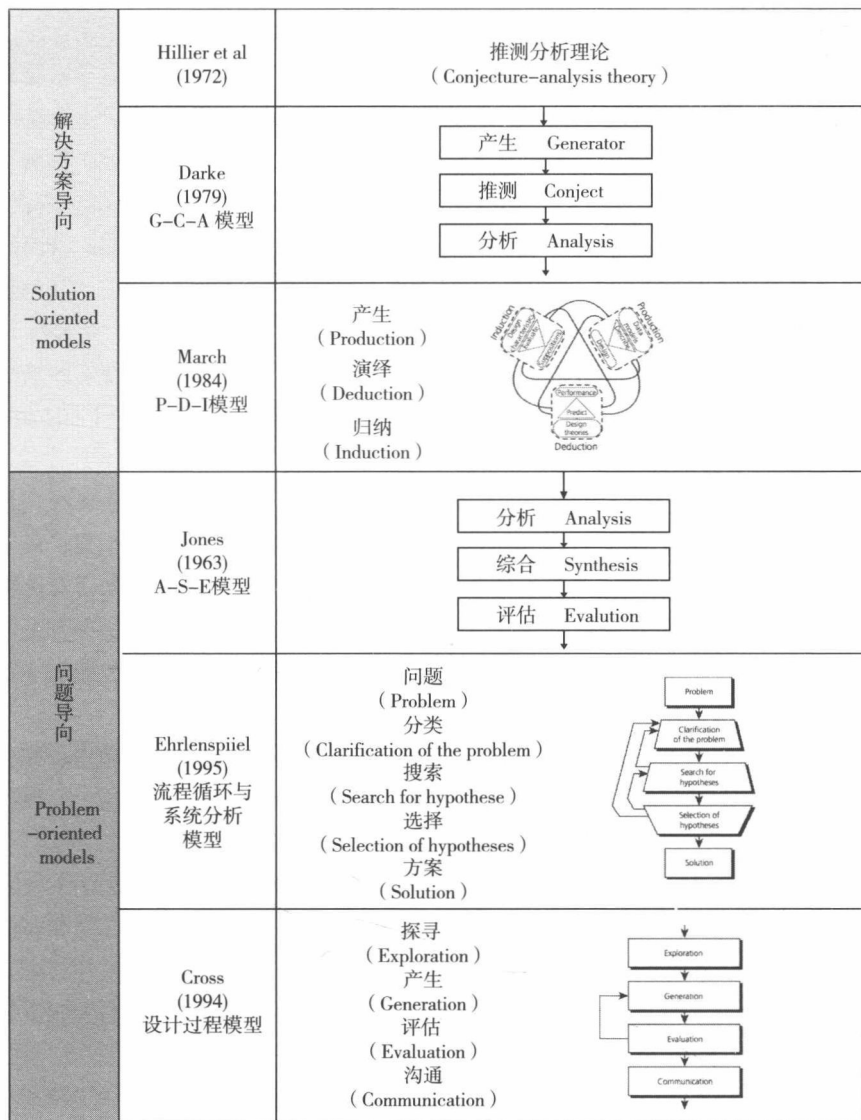


图1.4 抽象方法的解决方案导向和问题导向的设计模型

图片来源：本书整理自John Clarkson, 2005

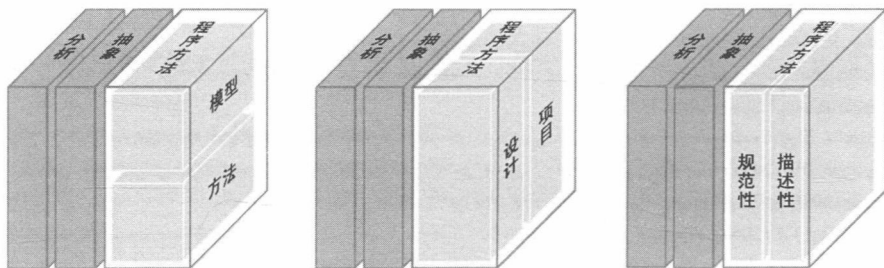


图1.5 程序方法研究维度

图片来源：John Clarkson, 2005

计流程的规范性模型同样具有两层含义：第一，描述设计过程应该怎样执行，第二，规范设计对象应有的属性。规范性方法是对设计准则、研发阶段或相应技术的规定。一方面，通过改善流程从而提高产品的可实现性；另一方面，规范的研发体系有助于团队成员理解研发的阶段，使决策过程更加清晰。规范性模型关注的问题是：典型的设计过程研究、形态表格方法研究（Morphological Analysis）、符合规范性的方法和模型研究。维克多（Victor Hubka）也曾提出过相似的观点，认为设计程序的建立有助于设计师扩大方案的概念搜索范围，同时系统方法的应用能够帮助设计师在设计过程中反思并及时调整设计活动^①。阿彻尔（Archer）强调系统方法是一种有效的问题解决方法，在面临结果出现重大错误、出错的可能性非常高（例如缺乏先前的经验）、由于交互变量使得问题趋于复杂等情况下尤其有效^②。

设计主导与项目主导层面，设计主导即通过设计流程的模型和方法辅助产生更优的产品^③。设计主导的模型如表1.1所示。

表1.1 设计主导的设计模型

作者	设计模型
Evans 1959	设计螺旋模型（The design spiral）：结合设计阶段和设计行为，强调设计过程的自然迭代
French 1999	设计过程模型（The design process）：将设计过程划分成问题分析（Analysis of problem）、概念设计（conceptual design）、具体化设计（Embodiment of schemes）、细节设计（Detailing）
Pahl、Beitz 1996	设计阶段模型（stage-based models）：计划和任务分析（Plan and clarifying the task）、概念设计（Concept design）、具体化设计（Embodiment design）、细节设计（Detailing design）
Andreasen et. al 1992	领域理论驱动的产品模型（Product model or chromosome derived from the theory of domains）：流程领域（Process domain）、功能领域（Function domain）、组织领域（Organ domain）、结构领域（Construction domain）
Pugh 1991	完全设计（Total design）研发流程：提出以明确的设计定义或功能列表为主导的概念选择技术，将设计阶段划分为商品规划（specification）、概念设计（concept design）、详细设计（detail design）、生产（manufacture）
Ulrich、 Eppinger 2003	产品研发过程：产品规划、概念设计、系统设计、详细设计、测试完善、生产启动

表格来源：本书整理自John Clarkson, 2005

① Hubka V. *Principles of engineering design*. Butterworth, 1982. 114.

② Archer LB. *Systematic method for designers*. The Design Council, 1965. 148.

③ Pahl G, Beitz W. *Engineering design: a systematic approach*. Springer, 1996. 66.

项目主导 (Project-focused) 则是从设计项目、项目组合或公司管理的角度研究设计与方法^①, 强调对产品设计研发流程情境的理解, 包括对研发成本、市场风险管理^②。从项目主导的角度研究设计流程, 是将产品设计视为产品研发的商业行为, 因此平衡新产品和商业策略之间的关系就是成功的关键^③。项目主导的设计流程具有以下特征: (1) 研发组织架构, 包括研发人员和研发团队跨学科特征。皮尤 (Pugh) 就提出, 从识别市场需求到满足市场需求是包含产品、流程、人员、机构的整体系统行为, 因此清晰的研发组织架构和跨团队成员协作是关键^④。(2) 生产能力约束, 生产与研发成本对设计概念、设计决策的约束作用。安德烈亚森 (Andreasen) 和海因 (Hein) 就提出了由市场、产品、生产并行研发模型^⑤。(3) 校验和验证, 即采用评估和迭代方法实现产品的目标性能。亚历山大 (Alexander) 和克拉克森 (Clarkson) 提出了构建需求与验证关系模型, 通过对不同阶段的设计结果进行评估, 以确保设计结果与需求的一致性, 并通过评估驱动设计迭代^⑥。(4) 设计流程管理, 黑尔斯 (Hales) 基于外部环境、市场、项目以及设计等因素, 提出了设计流程的因素列表, 即项目研发环境 (the project set in context) 模型, 认为设计管理是对项目研发环境的全面把控^⑦。(5) 过程控制和评估。乌利齐 (Ulrich) 和埃平格 (Eppinger) 认为, 将设计过程进行划分, 目的是给管理者提供一个质量监控构架, 用以识别和终止失败项目^⑧。

综合以上研究可见, 学者们试图构建设计过程的模型和方法, 以规范设计过程。然而, 规范性本身就像一把双刃剑, 从科学性、预见性与逻辑性来规范设计过程, 提升设计效率的同时, 也面临禁锢灵感与创意的风险。如克拉克森所言, 只有通过尝试从所有的研究观点以及结合设计师个人在实际设计情境中的问题解决过程来认识设计流程, 才可能实现对设计流程实质意义上的改进^⑨, 这也意味着对于设计规范性与描述性方法及其关系的探讨具有理论与实践价值。

1.1.3 整合设计

1.1.3.1 整合的涵义

中文原先没有整合一词, 1979年版《辞海》的“整合”解释为: “地质学上指地层中的一组岩层, 因构成的物质成分不同, 所形成层里平行的岩层关系”^⑩。1995年《汉英

① Hales C. *Managing engineering design*. Springer, 2004. 127-130.

② Baxter MR. *Product design: practical methods for the systematic development of new products*. Chapman and Hall, 1995. 145-147.

③ Roozenberg NFM, Eekels J. *Product design: fundamentals and methods*. John Wiley, 1995. 75-78.

④ Pugh S. *Total design: integrated methods for successful product engineering*. Addison-Wesley, 1991. 216.

⑤ Andreasen MM, Hein L. *Integrated product development*. IFS Publications Springer, 1987. 137.

⑥ Alexander KL, Clarkson PJ. *Good design practice for medical devices and equipment*, part II: design for verification. *Journal of Medical Engineering and Technology*, 24 (2): 53-62.

⑦ Hales C. *Managing engineering design*. Springer, 2004. 97-106.

⑧ Ulrich KT, Eppinger SD. *Product design and development*. McGraw-Hill, 2003. 164-170.

⑨ John Clarkson, Claudia Eckert. *Design process improvement: a review of current practice*. Springer-Verlag London Limited 2005. 72.

⑩ 辞海编辑委员会. 辞海 [M]. 上海: 上海辞书出版社, 1980, 275.