



国之重器出版工程  
军民融合发展

System Theory and  
Artificial System Design

# 系统理论与 人工系统设计学

王越 

# 系统理论与人工系统设计学

王 越 著

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

## 内 容 简 介

现代社会正处在信息化发展质变阶段，且作者主要从事信息领域相关工作，因此本书内容侧重于信息领域人工系统设计。本书的主要思路：在实现中华民族伟大复兴的较长征程上，需不断地科学高效地化解矛盾，创新驱动，实现科技强国目标。其中加强高层次人才培养、加强基础结合实际是不可或缺的重要因素，因此在本书内容安排也努力贯彻这一原则。本书针对系统理论与人工系统设计学面临的问题，在现有系统理论的发展基础上，系统地论述了“人工系统设计”的理论、方法与实践。由于基础性和应用基础性内容一般是概括的、普适的，因而一般较抽象、较难理解、不易于直接应用，所以本书尽量从实际例子出发，对理论内容说明解释，从不同层次、剖面来说明在实际应用中如何化解矛盾。

版权专有 侵权必究

---

### 图书在版编目（CIP）数据

系统理论与人工系统设计学 / 王越著. —北京：北京理工大学出版社，2019.1  
ISBN 978-7-5682-3439-9

I. ①系… II. ①王… III. ①系统理论②系统设计 IV. ①N941②N945.23

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2018）第 250149 号

---

出 版 / 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 / 固安县铭成印刷有限公司

开 本 / 710×1000mm 1/16

印 张 / 19.5

字 数 / 341 千字

版 次 / 2019 年 1 月第 1 版 2019 年 1 月第 1 次印刷

定 价 / 76.00 元

责任编辑 / 封 雪

文案编辑 / 封 雪

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

---

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

# 《国之重器出版工程》 编辑委员会

编辑委员会主任：苗 圩

编辑委员会副主任：刘利华 辛国斌

编辑委员会委员：

冯长辉	梁志峰	高东升	姜子琨	许科敏
陈 因	郑立新	马向晖	高云虎	金 鑫
李 巍	李 东	高延敏	何 琼	刁石京
谢少锋	闻 库	韩 夏	赵志国	谢远生
赵永红	韩占武	刘 多	尹丽波	赵 波
卢 山	徐惠彬	赵长禄	周 玉	姚 郁
张 炜	聂 宏	付梦印	季仲华	



**专家委员会委员（按姓氏笔画排列）：**

- 于 全 中国工程院院士
- 王少萍 “长江学者奖励计划”特聘教授
- 王建民 清华大学软件学院院长
- 王哲荣 中国工程院院士
- 王 越 中国科学院院士、中国工程院院士
- 尤肖虎 “长江学者奖励计划”特聘教授
- 邓宗全 中国工程院院士
- 甘晓华 中国工程院院士
- 叶培建 中国科学院院士
- 朱英富 中国工程院院士
- 朵英贤 中国工程院院士
- 邬贺铨 中国工程院院士
- 刘大响 中国工程院院士
- 刘怡昕 中国工程院院士
- 刘韵洁 中国工程院院士
- 孙逢春 中国工程院院士
- 苏彦庆 “长江学者奖励计划”特聘教授



- 苏哲子 中国工程院院士
- 李伯虎 中国工程院院士
- 李应红 中国科学院院士
- 李新亚 国家制造强国建设战略咨询委员会委员、  
中国机械工业联合会副会长
- 杨德森 中国工程院院士
- 张宏科 北京交通大学下一代互联网互联设备国家  
工程实验室主任
- 陆建勋 中国工程院院士
- 陆燕荪 国家制造强国建设战略咨询委员会委员、原  
机械工业部副部长
- 陈一坚 中国工程院院士
- 陈懋章 中国工程院院士
- 金东寒 中国工程院院士
- 周立伟 中国工程院院士
- 郑纬民 中国计算机学会原理事长
- 郑建华 中国科学院院士



- 屈贤明** 国家制造强国建设战略咨询委员会委员、工业和信息化部智能制造专家咨询委员会副主任
- 项昌乐** “长江学者奖励计划”特聘教授，中国科协书记处书记，北京理工大学党委副书记、副校长
- 柳百成** 中国工程院院士
- 闻雪友** 中国工程院院士
- 徐德民** 中国工程院院士
- 唐长红** 中国工程院院士
- 黄卫东** “长江学者奖励计划”特聘教授
- 黄先祥** 中国工程院院士
- 黄 维** 中国科学院院士、西北工业大学常务副校长
- 董景辰** 工业和信息化部智能制造专家咨询委员会委员
- 焦宗夏** “长江学者奖励计划”特聘教授



# 前 言

人类社会是全人类生存发展的整体和表征，对人类极端重要，又不可完全被认知和掌握。对人类社会深层长远发展历史而言，这种情况也不是坏事。如若不然，人类完全认知和掌握了人类社会，则人类社会的发展也即将走到尽头，因为没有重要发展矛盾需要解决了！所以，钱学森先生首先创新性地称人类社会为“开放复杂巨系统”，该系统反映了人类社会和人类不断由低级往高级、由简单往复杂的进化发展，以及人类认识和实践能力融入人类社会的共同进化发展，因此，由人主导设计制造并为人类服务的平台工具体系——人工系统不可或缺。基于上述情况，本着“促进人类命运共同体发展人人有责”的重要准则，作者将本书定名为“系统理论与人工系统设计学”，以期为社会发展添砖加瓦、尽微薄之力。

现代社会正处在信息化发展质变阶段，且作者主要从事信息领域相关工作，因此本书内容侧重于信息领域人工系统设计。本书的主要思路：在实现中华民族伟大复兴的较长征程上，需不断地科学高效地化解矛盾，创新驱动，实现科技强国目标。其中加强高层次人才培养、加强基础结合实际是不可或缺的重要因素，因此在本书内容安排上也努力贯彻这一原则。本书针对系统理论与人工系统设计学面临的问题，在现有系统理论的发展基础上，系统地论述了“人工系统设计”的理论、方法与实践。由于基础性和应用基础性内容一般是概括的、普适的，因而一般较抽象、较难理解、不易于直接应用，所以本书尽量从实际例子出发，对理论内容进行说明解释，从不同层次、剖面来说明在实际应用中如何化解矛盾。

以下是本书各章节内容的简要概述。

第一章是概述，论述了哲学与自然科学、系统科学，人工系统设计学与辩





证唯物哲学相互关联、相互支持共同发展的基本规律，为本书后续各章节内容结合运用辩证矛盾对立统一规律的内容表述打下了基础。人类世界处在不同运动之中，现在人类社会现状和发展需要人类由运动高层次来强化认识和特征，其中之一是“系统”特征，即代表事物整体运动中的体系结构和重要的相互作用关系，从而能较全面又突出重点地掌握事物运动的规律。“系统”概念的提出和应用，是人类认识和实践的一个质变进步。人工系统设计学是一门处于不断发展中，研发设计人工系统的系统性学科。“哲学”是人类对世界存在的基本规律认识，自然包括了人思维与世界存在的最基本关联，“思维”认识世界的最基本规律。中国“哲学”史在人类文化发展中占有重要地位，中国“哲学”与现代唯物辩证哲学发展具重要渊源关系，得到国际一些著名学者的认同，其核心理念具有很强的生命力。

第二章是系统理论基础。现在对系统的定义有十几种之多，学术界、科技界并没有统一的认知，本章给出了基于耗散自组织理论的“系统”定义及其要义说明。在系统理论研究应用中，离不开一些关于对立统一范畴的介绍。系统（结合实际）公理体系：顶层公理为与唯物辩证法共用；第二层为暂立的五条公理。其中第二层中的第五条公理“系统生存运动受‘理’体系约束，运行中有‘得’必有‘失’（付出）对立统一存在”，在实际应用中，应给予充分的重视与关注。系统理论研究发展，“关系”是重要核心理念，特别是一些属于对立统一范畴的关系尤其重要。只有建立“关系”时空域，才能更好地生存运行框架性模型。

第三章是系统理论发展现状。在第二章介绍的系统理论基础前提下，将系统理论作为一个发展体系，简明扼要地介绍了其三个主要分支的发展。具体说来就是，哈肯教授创立的协同学——提出“一切系统必有自组织机能”重要原理；詹齐教授提出的“自组织进化论”——自组织范式，其中进化过程和进化机理的进化原理极为重要；钱学森教授提出的“开放复杂巨系统”概念及针对“巨系统”中发展从定性到定量综合集成的方法论体系框架。结合维纳教授提出的控制论（Cybernetics），它的主要内涵包括人主控和众多学科结合形成复杂控制学，再延伸至人类社会信息化系统性发展，形成了赛博空间概念以及赛博空间模式，并正在社会中有关领域展开实践。例如，美国提出赛博战争、欧洲工业4.0版中的赛博物理等。将赛博空间概念结合耗散自组织理论实践应用需要，就延伸出系统自组织机理、机能、生存的活性问题以及对系统自组织机能在复杂运行环境中保持调整问题；进一步可延伸至人思维解决矛盾（赛博空间人主导作用），必然产生如何运用矛盾对立统一规律问题。建立对应表征矛盾对立统一关系模型，并包括对立面特征及特征前提条件，形成对立统一关系，动态定



量演化动力学表达式，用以调控化解矛盾，即矛盾对立之间的主次地位转变，从而达到促进社会发展的目的。

第四章是信息及信息系统，主要论述信息、信息系统及信息科技相关理论与技术的问题，是信息社会发展的基础因素之一。首先给出“信息”的一种使用定义，并阐明其特征及表征，结合利用“信息”及信息科技促使社会发展强化“信息”及信息科技同步，信息社会全面发展。“信息系统”是信息社会中，以“信息”和信息科技为主，不可或缺的各类服务系统的总称。本章将信息系统功能归纳为七类，并利用数学“映射”的概念，结合各类功能进行要义表达，起到基础性作用。指出各类功能都应努力持续创新发展，同时强调难点和矛盾焦点在于信息处理功能及系统管理功能两部分。“信息处理”重要性和难点在于由“信息”表征“运动”状态，反向推演“运动”生存运行机理和“运动”的“序”，进而涉及策划“运动”之主导人的策划目的。例如，策划信息攻击的核心目的，单靠固化的自组织机能绝对敌不过人思维动态策划，因此脑科学、人工智能发展介入，甚至人直接介入主导发展，是必然规律。信息系统的管理功能，对于大量复杂信息系统，因其复杂性本质，功能重要，不容失误，以及涉及人介入复杂性等，形成信息系统管控功能发展的重要性及艰巨性。由“社会是人的社会，人是社会的人”及“人的认识能力和实践能力发展是人类和社会发展的核心因素”原理，可看出信息科技和信息系统融入社会共同发展是人类永恒主题，是不容忽视的重要问题，社会应多层次、多方式地加以支持。

第五章是系统的认识、表征与描述。本章重点是通过强化关联系统的认识、表征、描述的基本概念方法，达到支持人主导实现人工系统更好的服务功能以及更长的服务周期。在这些基本概念中，“以人为本”与“思维”概念应紧密结合，开始实现人创造各种为人类自己服务的人工系统，由此本章将讨论相关重要基础性内容，主要包括三个部分：第一部分主要包括 5.2 节，讨论了“以人为本”概念的正确认识，“关系”、“映射”、“运算”、概括提炼以及抽象建模等一些基本概念。第二部分主要包括 5.3 节，给出了系统表征和描述方法的初步讨论，包括基础性总体概述、基础性思维方式初论。简述了两种常用的基础方法：① 在定性和定量相结合的思维模式指导下，利用关系映射反演法建立表征和描述系统的总体模型及其组合的方法；② 以计算科学引领支持研究复杂科学问题、系统设计、技术发明发展的新领域性方法，具有不可忽视的重要性及先进性。第三部分主要包括 5.4 节，介绍了活性自组织机理、“多活性代理”理论及其方法。这部分内容可认为是“耗散自组织理论”的一种面向应用基础层、应用层的理论和方法的延伸，具有一定发展自然性和应用需求性，同时也具有应用发展的可能性。最后给出了两个应用举例说明本方法的合理性。



第六章是人工系统发展、分类及设计哲学。本章从内容可分为两部分：第一部分是关于人工系统特征、分类及发展要素；第二部分是人工系统设计哲学。

第一部分主要包括：① 人工系统具有明显的系统特征。人工系统是主要由人主导设计制造并为人类服务的各类系统的总称。人工系统的不断发展，代表了人类文明的进步发展。现代人工系统发展需要多种学科综合有机的交叉支持，尤其是系统学科、信息科技（广义）、控制科学与技术等的支持。② 人工系统分类。随着社会进步，人工系统发展（服务功能与结构组成）、分类也在不断变化。其中一种分类可分为科学型、公务型、经济发展型、社会发展型和生活消费使用型等。现在正处于快速发展时期的是综合性，集多种服务功能、多种服务对象的人工系统，例如互联网架构下的多层次、多功能系统等。另一类超高精细专用人工系统，帮助人（甚至于替代人）高水平完成过去难以完成的事，例如人体内精密外科手术系统、精密探测系统等。这两种类型的人工系统对立统一，共同发展。③ 关于人工系统的发展溯源——人思维方式发展。人贵在认识和实践能力的发展，可进一步溯源为人思维能力的发展，而人的科学思维是由对立统一辩证思维所主导的，因此，同样地，在人工系统设计发展中，对立统一辩证规律也应该占据主动地位。

第二部分关于人工系统设计哲学的内容，是为了促进人工系统更好地服务于人类发展，提升复杂人工系统设计的成功率。“设计成功”核心机理是可设计的人工系统，在复杂运行环境中，能克服众多矛盾，发挥可需要服务功能而生存。由此形成溯源性促进发展机理，措施应该是将辩证哲学有关内容与设计方法有机结合形成新型“人工系统设计哲学”，以供读者参考和指正。主要内容包括：① 由哲学讨论到人工系统设计哲学。哲学是人类进化到有个体“我”概念前提下，自己追求明白隐藏普遍真理（智慧）的学问。人类追求了 2 000 余年，但仍然处于永恒追求中。联系到人工系统设计哲学，只是追求人工系统设计成功的智慧，经研究得到以下要点：矛盾对立统一律与系统理论共同构成人工系统设计哲学基础。人工系统设计哲学的实践作用是通过哲学与科学技术紧密结合，促进人工系统高质量发展，进而支持社会更好发展。为求得更好的生存发展，哲学特别强调对思维的前提反思。在人工系统设计实践中，遵守人理、事理、物理、生理是设计思维的前提。因此在人工系统设计哲学内容中，应将上述贯彻“四理”发挥设计正面作用列入重要反思内容，并将正确反思结果付诸实践，以促进“设计”，从而更好地发挥作用。② 人工系统服务存在规律，人主导设计成功规律及由此推演出设计过程，人必须遵守规则并落实在对象系统上，这些内容蕴含了辩证哲学、现代耗散自组织系统理论作为核心基础原理形成的驱动结果。



第七章信息安全与对抗基本原理及信息安全设计哲学。本章从内容上可分为两部分：第一部分是信息安全与对抗基本原理，第二部分是信息安全设计哲学。这两个部分有共同基础，也各有侧重，同时互相支持补充，共同形成现代人工系统设计不可或缺的重要问题：科学对待处理“信息安全与对抗”矛盾的基本原理。

第一部分包括本章前 5 节内容。主要论述信息安全与对抗基本原理，在以耗散自组织理论及矛盾对立统一律分析认识矛盾、化解矛盾，保证系统正常工作的理论方法基础上，大体上可分为两个部分：① 信息安全对抗原理，主要论述了信息安全与对抗基础层次的 5 条原理，以及信息安全与对抗系统层次原理。② 对抗模型部分，论述了对抗双方的“共道”“逆道”规律，说明了“总体模型”建立运行生存本质性要素及实际信息系统在安全对抗环境中，保证安全运行应采取的有效对抗运行模式。为了更好地对上述内容进行说明，采用 3 个应用实例进行详细阐述。

第二部分包括本章后 5 节内容。主要讲述信息安全设计哲学的相关内容，是本书第六章人工系统设计哲学在信息安全设计领域的补充，也是信息安全对抗基本原理在应用发展中，向最深刻基础结合辩证哲学的辩证思维方式的延伸讨论，同时也扩大了“信息安全对抗”的重要关联和作用范围，以促进发展。首先，从加强辩证思维方式角度，叙述了辩证哲学基本概念规律概要、辩证哲学、矛盾对立统一律等，并给出了应用实例；其次，讨论了信息系统安全设计总体层基本矛盾，系统服务功能与安全性能对立统一矛盾关系，分析化解模型，以及一种定量表达的微分方程组模型；再次，介绍了“信息系统安全”人设计存在（成功）原理，即哲学基础支持设计成功，论述了人工信息系统（本体）存在原理；最后，是对人工系统安全设计哲学原理应用落实在具体系统的情况进行分析。通过应用实例结合多活性代理方法对常规处理方法、失败情况发生逆转斗争取胜的情况进行分析。

第八章，本章主要以“人工系统设计”为主题，结合实践研制设计过程进行综合性总结归纳，得出一些参照框架。现代“人工系统”已是人类社会不可或缺的组成部分，甚至有些已成为与个人不可分离的“人的一部分”，并强烈地表明：以人为本，人主导形成，在“创新驱动”原则下，服务功能快速扩展，性能快速提高，有力促进社会信息化质变、发展。因此，本章前 5 节，主要从加强科研设计人员科技基础角度，溯源人思维能力提升，并讨论了人思维基础类型、解决问题思维方法、系统层次设计思维方法简述等，读者可参考选择。

一个先进的“人工系统”的设计来源于研制者的正确思维，确定诞生新系



统的“目的”及服务要求，并进一步形成作为研制、生产、服务、检验维护依据的指标体系。本章第6节根据上述需要提出了“四维指标体系”及可结合实际增减具体栏目框架，以便较完备地用于新系统研发设计。对此较复杂指标体系，维度和栏目间必然存在复杂的相互关联关系，包括互补、互增长、互制约反对的性质。本章用“向量”代表栏目，简要表达相互关联性质，在实际研制中根据“服务要求”，科技人员要发挥智慧、能力，以定性和定量相结合的方式，制定出科学实用的系统指标体系，其中包含感知“体系”内含复杂矛盾关系，以对立统一原则平衡矛盾，以达到科学的可接收的定量表达，使“指标体系”作为研制依据。

人工系统设计是一个复杂的过程，由一些工作性质不同的阶段（设计步骤）组成，但应注意在进行设计前，应先认知并遵守各阶段应遵循的准则，绝不能发生间接隐性违反准则的情况。我们将设计阶段划分为：感知矛盾、形成设计目的阶段，形成新系统总体核心要求阶段，形成系统指标体系阶段，形成系统方案阶段，技术设计阶段，试制样机及检验鉴定阶段共6个阶段，本章第7节分别讨论各个阶段应遵守的准则。接下来，本章第8节讨论了人工系统设计（研制）主要步骤内容。在进行上述讨论前，需插入一些科研设计人员应加强掌握的重要基本概念及基础性学术内容，以减少“隐性”违反设计准则可能性，同时也用以增强科技基础，助力各设计阶段，提高设计工作质量。本章第9节讨论了设计过程中非正常状态感知及相应需处理问题，任何有设计责任的人都竭力避免其发生，但又不可能绝对杜绝其发生。长时间而言，随着社会的发展，任何人工系统都有服务生命期，新人工系统总要代替已服务过时者，这属正常“新陈代谢”，而本节可讨论的是应尽力避免的、因人主导的不正常设计而引起的系统缺陷和夭折现象，并尽早认知和尽力纠正并及时做出正确处理。最后，以重要地面设施对空近程（末端）防御系统设计为例，运用多活性代理方法，以服务功能活性度 $F^*(Q, T / R_{前提条件})$ 为核心功能指标进行设计，使“系统”服务功能活性度达到满意水平，体现了复杂对抗环境中近程（末端）对立防御重要系统功能活性设计。

作者认为，在我国“科技强国”发展中，需要将应用基础层与应用层研究发展紧密结合以强化创新发展驱动。本书针对系统理论与人工系统设计学面临的问题，根据信息及信息系统领域的人工系统设计问题，在现有系统理论的发展基础上，系统地论述人工系统设计的理论、方法与实践，并扼要介绍一些认识化解矛盾、辩证思维方法和方式，为相关学者提供相应的思想与方法。需要注意的是，这是一门正在发展而且非常复杂的学科，未知领域和要探索的事如此之多、如此之广，其潜力和效果非常迷人，正是“风物长宜放眼量”，而这些



正等待许许多多有志者的辛勤耕耘和智慧创造。同时，作者希望本书能够在实现中华民族伟大复兴的征程中，起到增强文化自信的作用。

在本书完成之际，作者由衷感谢北京理工大学陶然教授、罗森林教授、李炳照教授、贾丽娟副教授、胡进副教授等团队成员，他们与作者长期合作，为本书初稿提出了许多宝贵的意见与建议。特别感谢北京理工大学出版社对本书出版给予的支持和帮助。





# 目 录

第一章 概述 .....	001
1.1 前言 .....	002
1.1.1 系统理论 .....	002
1.1.2 人工系统设计学 .....	003
1.2 系统理论与哲学的关系 .....	004
1.2.1 哲学 .....	004
1.2.2 哲学与自然科学间的关系 .....	008
1.2.3 系统理论与哲学的关系 .....	009
1.2.4 系统理论与其他学科之间的关系 .....	010
第二章 系统理论基础 .....	013
2.1 前言 .....	014
2.1.1 系统的定义 .....	014
2.1.2 定义中要点说明 .....	014
2.2 系统理论涉及的对立统一范畴 .....	015
2.2.1 相对与绝对 .....	016
2.2.2 相同与相异 .....	016
2.2.3 必然性与偶然性 .....	017
2.2.4 目的性与自然决定性 .....	017
2.2.5 整体与局部 .....	017
2.2.6 复杂与简单 .....	018
2.2.7 量变与质变 .....	018
2.2.8 连续与间断 .....	018



2.3	避不开的“美”的简要讨论	019
2.3.1	人的本质与美的本质	019
2.3.2	美按性质进行分类	020
2.3.3	科学美	020
2.3.4	技术美	021
2.3.5	工程美	021
2.3.6	科学美与工程美	022
2.4	系统的公理体系	022
2.4.1	系统理论的顶层公理	023
2.4.2	系统理论暂立的公理体系	023
2.5	系统运动的多层次时空域展开模型	024
2.5.1	模型的组成	024
2.5.2	基于关系的多层次、多时段展开模型	025
2.6	关系	028
2.6.1	数学上的定义	028
2.6.2	关系在系统理论中的含义	029
2.6.3	系统理论中涉及的几类重要关系	029
2.6.4	“关系”之间的关系	030
2.6.5	“关系”的维系对象的关系	030
2.6.6	关系的时空展开	031
2.7	系统及其应用的理想模式	031
2.8	改良性提高计算机工作效能的初步设想	032
第三章	系统理论发展现状	033
3.1	前言	034
3.2	耗散自组织理论	035
3.2.1	最小熵产生原理要点	035
3.2.2	远离平衡态新序产生原理	036
3.2.3	动力学过程模型(布鲁塞尔器)	037
3.3	协同学	038
3.3.1	简介	038
3.3.2	协同学理论要点	039
3.3.3	利用协同学表征事物运动的例子	047
3.4	自组织的进化论——自组织范式	048
3.4.1	耗散结构	049





3.4.2	系统的宏观有序	049
3.4.3	系统通过涨落达到新的有序	049
3.4.4	大小宇宙共同进化原理	050
3.4.5	事物进化过程的进化	055
3.5	开放复杂巨系统理论	058
3.5.1	特征概述及简明结论	058
3.5.2	从定性到定量综合集成方法	059
3.5.3	从定性到定量综合集成研讨厅体系	062
3.5.4	综合举例——“921”载人航天工程	064
3.6	赛博空间初论	066
3.6.1	赛博空间与社会	066
3.6.2	赛博空间模式面临的发展挑战	067
3.6.3	赛博空间模式	069
3.7	赛博空间发展模式下的系统理论	085
3.7.1	活性自组织机理	085
3.7.2	赛博空间发展模式下，活性自组织机理、多活性代理方法的进一步发展	086
3.8	互联网+（IOT）——社会信息化发展中的重要模式	096
3.8.1	“互联网+”核心因素及体系架构简要表达	096
3.8.2	敏捷城市（Smart City）“互联网+”结构说明	097
第四章	信息及信息系统	101
4.1	前言	102
4.2	信息	103
4.2.1	信息的内涵与定义	103
4.2.2	信息的表征及其特征	104
4.2.3	信息的特征	104
4.2.4	人类传递、利用信息的历程	108
4.3	信息系统	109
4.3.1	信息系统的定义	109
4.3.2	信息系统理论特征	109
4.3.3	信息系统的功能及分功能组成	110
4.3.4	信息系统发展的基本情况	112
4.3.5	信息系统发展的极限目标	114
4.4	信息科技与信息系统的发是人类永恒主题	115