



装备科技译著出版基金



高新科技译丛

Systems Engineering and Analysis of
Electro-optical and Infrared Systems

光电与红外系统的 系统工程与分析

[美] William Wolfgang Arrasmith 著
范晋祥 张坤 张天序 译
白晓东 审校



国防工业出版社
National Defense Industry Press



CRC Press
Taylor & Francis Group

光电与红外系统的 系统工程与分析

Systems Engineering and Analysis of Electro-Optical
and Infrared Systems

[美] William wolfgang Arrasmith 著

范晋祥 张坤 张天序 译

白晓东 审校

国防工业出版社

·北京·

著作权合同登记 图字:军-2016-051

Systems Engineering and Analysis of Electro-Optical and Infrared Systems / by William Wolfgang Arrasmith / ISBN: 978-1-4665-7992-7

Copyright © 2015 by CRC Press.

Authorized translation from English language edition published by CRC Press, part of Taylor & Francis Group LLC; All rights reserved; 本书原版由 Taylor & Francis 出版集团旗下, CRC 出版公司出版, 并经其授权翻译出版。版权所有, 侵权必究。

National Defense Industry Press is authorized to publish and distribute exclusively the Chinese (Simplified Characters) language edition. This edition is authorized for sale throughout Mainland of China. No part of the publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

本书中文简体翻译版授权由国防工业出版社独家出版并限在中国大陆地区销售。未经出版者书面许可, 不得以任何方式复制或发行本书的任何部分。

Copies of this book sold without a Taylor & Francis sticker on the cover are unauthorized and illegal. 本书封面贴有 Taylor & Francis 公司防伪标签, 无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

光电与红外系统的系统工程与分析 / (美) 威廉·沃尔夫冈·阿瑞史密斯著; 范晋祥, 张坤, 张天序译. — 北京: 国防工业出版社, 2019.7

书名原文: Systems Engineering and Analysis of Electro-optical and Infrared Systems

ISBN 978-7-118-11596-3

I. ①光… II. ①威… ②范… ③张… ④张… III. ①光电技术—系统工程②红外系统—系统工程 IV. ①TN2②TN21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 298305 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

三河市腾飞印务有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 40¼ 字数 924 千字

2019 年 7 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 188.00 元

(本书如有印装错误, 我社负责调换)

国防书店: (010)88540777

发行邮购: (010)88540776

发行传真: (010)88540755

发行业务: (010)88540717

译者序

现代光电与红外系统可以看作由目标、背景和外部照射源及传输介质、光电或红外传感器及信号、信息处理等多个相互影响的单元组成的工程系统。近年来,随着光电与红外系统及其面临的目标和环境、承担的任务使命的复杂性日益提高,怎样更好、更快地设计和研制能够满足用户需求,且适应复杂的运行使用环境的光电与红外系统,成为涉及复杂光电与红外系统开发的项目和技术管理者、系统工程师及光电系统设计师必须面对的问题。

系统工程从需求出发,综合多种专业技术,通过分析、综合、试验和评价的反复迭代过程,开发出满足使用要求、整体性能优化的系统。系统工程是实现工程系统的方法,也是应对技术复杂性的有效方法。系统工程在国外重大国防和航天项目的推动下迅速发展,并从军用标准演化到商用标准,在军用和民用工程技术领域都取得了很大的成功。

系统工程师在现代复杂系统研制中起着重要作用。洛克希德马丁公司前董事长和 CEO Norman R. Augusting 指出:在面向工程的公司中,最受欢迎的雇员是系统工程师。2009年,CNN 财经频道把系统工程师列为美国最佳职业的首位。从事光电与红外系统研制的系统工程师,不仅必须善于应用系统思维和系统工程方法分析问题和解决问题,而且需要具有与光电红外系统专业相关的广博的知识和系统研制的实践经验。

随着所设计和运用的系统变得越来越复杂,理解系统概念并掌握系统工程方法对于光电与红外系统设计师也是至关重要的,除了要精通与光电和红外成像系统设计直接相关的专业知识外,还需要掌握指导复杂光电系统优化、平衡设计的系统工程方法。

综上所述,涉及复杂光电与红外系统开发的各级系统工程师及光电系统设计师需要平衡地掌握有关光电与红外系统的专业知识和系统工程方面的知识。但现有的系统工程类书籍缺乏以具体学科为中心的技术实例和实现方面的内容,而从技术观点出发讨论光电与红外成像、探测和光学系统的书籍,则未能实现专业技术内容与系统工程原理的有机结合。美国 CRC 出版社 2015 年出版的《光电与红外系统的系统工程与分析》一书,平衡地介绍了系统工程和光电与红外系统的技术内容两大方面,并且通过综合案例将书中的系统工程内容与光电系统分析和设计内容有机结合起来,有效弥补了这两类书的不足。

原著作者 William W. Arrasmith 现在是佛罗里达理工学院工程系统教授,曾在美国空军工作了 20 多年,参与了美国空军多项光电与红外系统的研制与项目管理工作,在大型复杂系统的系统工程管理和光电/红外系统的分析、建模等方面具有丰富经验,具有较高的学术水平和丰富的实践经验。

我们认真地通读了全书,认为该书在现代系统工程和光电与红外系统的技术内容方面都有较高的水平,体现了最新研究成果,对从事光电与红外系统研制工作的系统工程师、系统设计师及高校相关专业的教师和研究生具有较大的参考价值,为此开展了该书的翻译工作。全书由上海机电工程研究所范晋祥、空军研究院系统工程研究所张坤、华中科

技大学张天序翻译,由中国空空导弹研究院白晓东研究员对全书进行了审校。

本书的翻译、出版得到了军委装备发展部装备科技译著出版基金和华中科技大学的资助。

本书得到了西安现代自动控制研究所研究员、中国工程院院士杨绍卿先生,华中科技大学武汉国家光电研究中心主任骆清铭教授,中国航天科工集团有限公司第三研究院张锋总师、研究员,上海航天技术研究院副院长张宏俊研究员、院长助理贾耀兴研究员,上海机电工程研究所所长孙刚研究员、副所长王波兰研究员、科技委主任王海良研究员的极大支持。

在此一并表示衷心感谢!

因译者水平所限,书中疏漏之处在所难免,敬请读者批评指正!

译者

2018年7月

前 言

为什么写这本书？已经有一些优秀的教科书一般性地讨论过系统工程。类似地，有许多从技术角度来讨论成像、探测和光学系统的优秀的书籍。在前一种情况下，一般的面向系统工程的书能很好地描述系统工程的基本原理、工具、技术和方法论，但它们通常在综合性地给出以具体的学科为中心的技术实例和实现方面有所欠缺。有很多由不同出版社出版的优秀的一般系统工程的教科书，其中一个例子是 Benjamin S. Blanchard 和 Wolter J. Fabrycky 的《系统工程与分析》一书。

在光谱的另一端（请原谅我使用这一双关语），有很多有关光学探测和成像的优秀的技术书籍，但它们与系统工程原理的联系不够紧密，这类书的一个好的例子是由 R. D. Hudson 所著的《红外系统工程》，书中有涉及红外光学系统的丰富的技术信息，但有关系统工程的内容仅在此书开始的几页中涉及。这是可以理解的，因为系统工程过程的展开和描述与一本光学或成像书籍中技术信息的展开有不同的流程。本书想要实现三个目标：

(1) 我们想写一本关于光学系统工程的书，全书由系统工程基本原理来导出光学/成像技术内容。

(2) 光学/成像技术内容足以使实际的工程师理解和分析光学系统，并能将光学技术内容运用到现代光学系统中。

(3) 我们想要以综合案例研究作为实例来说明怎样将系统工程内容运用到光学系统中，并给出怎样运用光学系统技术内容的例子。这就可以讨论专业的细微差异和与应用相关的主题，这在纯粹的技术讨论中通常是不涉及的。

除了这三个目标外，我们也希望能包括企业体系架构方法、由多个系统构成的大系统和系统族的内容以及系统工程在这些范式中的作用。我们也希望为读者介绍基于模型的系统工程方法和工具，并给出在系统工程生命周期内怎样运用这些工具的一些实例。最后，我们希望本书能论述现代光电和红外系统。

为什么用这个书名？我们选择“光电与红外系统的系统工程与分析”这一书名以表明：首先这是一本面向系统工程的书，通过强调“分析”，表明这本书将有足够的理论、分析方面的内容和技术深度，从而使工程师能够从系统视角和技术视角分析光学系统。我们采用光电和红外(EO/IR)系统这一词汇，是因为这一说法在美国国防部与情报、监视和侦察界是众所周知的。我们可以在书名中使用“可见光与红外系统”代替“光电与红外系统”，因为我们主要关注在电磁波谱的可见光与红外部分的光学系统。然而，根据韦氏词典，“光电”意味着“是发射、调制、传输或敏感光的电子器件或与之相关”，这一定义更有系统性的解释，由于这一原因并顾名思义，我们选择在书名中采用“光电与红外系统”。此外，在这一书名中的“系统”，用于强调在本书中我们给出了系统级的技术聚焦。我们应当

指出:除非另外说明,我们采用“光学”这一术语来描述电磁波谱的紫外、可见光和红外部分的可用部分。如果我们需要区别紫外、可见光、红外和电磁波谱的其他部分,我们将在本书中将它们区分开来。

本书的编排是这样的,在每一章的开始重点讨论顺序描述的系统工程过程,这一讨论是一般性的,可直接运用到光学系统中,我们的目的不是宽泛地论述一般的系统工程主题,而是要导出在本书中介绍的光学分析和设计过程所需的关键的系统工程方法学、技术和工具。因此我们不想复制一般系统工程教科书中的大部分内容,尽管现在这在文献中是盛行的,我们想从现在的顶尖的教科书和期刊中选取系统工程方法论,并把它们运用到光学系统中。我们将选择性地使用适当的过程和工具来概括现代系统工程的基本做法,并运用这些做法得到我们的光学系统工程和分析的重点。

正如本书中的系统工程内容一样,我们也不试图大量地复制在市场上可以得到的光学技术书籍的内容,这将是冗余的、不必要的,且需要太多的篇幅。我们的重点是光学系统工程师所需的光学系统分析、技术性能指标和设计考虑。我们的“光学组成模块”部分的细节等级将是对 Richard D. Hudson 的经典的教科书《红外系统工程》的现代化和主题扩展。尽管 Hudson 的书在强调现代系统工程基本原理方面有所欠缺(这一问题在本书中得到了弥补),但对于光学系统工程师来说,其光学系统方面的内容细节是合适的。我们将采用类似的细节等级,但也进行了主题的扩展和内容的现代化,并把内容从仅覆盖红外扩展到可见光与红外系统。

在每一章,我们将系统工程内容与光学系统分析和设计内容联系起来,我们把这一内容称为光学组成模块,在本书中我们将顺序地展开必要的内容。将系统工程原理与光学系统的内容联系起来是富有挑战性的,因为系统工程内容展开的逻辑流与光学系统分析的逻辑流是不同的。例如,在系统工程早期的概念阶段,你实际上需要有关光学组成模块的所有材料,以全面地进行光学系统分析。我们通过抽象地将系统工程内容中论述的主题与每章中的光学系统分析的内容联系起来以解决这一问题。例如,在第 1 章中,我们介绍了企业体系架构、由多个系统组成的大系统、系统族、采办过程和系统工程过程,我们也在 1.2 节相应地介绍了光学系统工程、基本的单位和辐射度量。每一章都有系统工程内容与光学系统分析内容之间的逻辑联系,到第 12 章时,就已经展开了光学系统分析的必要的基本方面,之后涉及更专门的主题。

每一章以一个综合案例研究作为结尾,案例研究通过实例说明怎样用该章的系统工程内容来导出光学系统分析与设计过程。综合案例研究采用当前章节或以前章节的材料,并应用系统工程原理和光学系统分析原理和方法。我们采用一个虚构的公司,它参与了国土安全竞标并获得成功,将提供用于边境巡逻应用的无人机载昼夜光学系统能力。这一公司的研发部分是一个较大的企业活动的一部分,因此,可以在综合案例研究中涉及企业架构问题、由多个系统构成的大系统问题、系统工程问题以及光学系统分析和设计问题。实质上,综合案例研究将本书中的系统工程内容与光学系统分析和设计材料结合起来,也用来说明怎样应用书中的材料并给出分析性的例子。

我们现在描述本书的内容和布局。本书分为两大部分,第一部分包括第 1~4 章,涉及在企业、由多个系统构成的大系统和系统族的较大的情境中的系统工程。这一部分也描述系统工程过程的关键的方面,并在每一章中将这些系统工程过程与相应的光学组成

模块和案例研究联系起来。

第1章是入门性(导论性)的,介绍了系统、企业、由多个系统组成的大系统和系统族的概念。在1.2节,我们介绍了基本的光学参数、定义和辐射度量。综合案例研究引入并建立了将在本书全书中提供应用实例的案例研究。

第2章聚焦在通过企业体系架构模型和方法学来理解企业,系统工程过程是与企业体系架构方法相互补充的。我们给出了企业体系架构的用途、简要的历史背景、企业的类型,以及它们在多实体的开发环境中的作用,并简要地描述了某些通用的企业体系架构。我们也讨论了某些企业体系架构建模工具,并具体描述了一个有用的企业体系架构框架——国防部体系架构框架(DoDAF2.0)。正如企业体系架构是将各个实体通过其体系架构框架联接起来的模型一样,线性和非线性系统模型将光学系统的各个方面联接并集成在一起。在2.2节中,我们给出了线性和非线性光学系统模型和应用我们的结果的综合案例研究。

第3章聚焦于由多个系统组成的大系统和系统族,并说明了怎样将系统工程过程应用到整个系统开发生命周期中。在3.2节,我们说明了光学系统本身可以当作一个由多个系统组成的大系统,我们定义了这一由多个系统组成的大系统的构成单元。同在本书的其他合适的章节中一样,综合案例研究再次将系统工程内容与光学组成模块内容综合起来,并当作应用我们的结果的部分。

第4章概述了基于模型的系统工程概念。我们概述了某些基于模型的系统工程工具,并将 MagicDraw 当作基于模型的系统工程工具的一个有代表性的实例。基于模型的系统工程的一个用途是将企业级的需求与系统组件级的需求联系起来。正如在 Math-Work 的 Simulink 中那样,需求模型可以直接与快速原型结构中的硬件和软件单元联系起来。在4.2节中,我们描述了用于建立光学模型所需的光学原理、工具和技术,理解基本的光学原理和方法,能够建立与基于模型的系统工程工具综合起来的复杂的光学技术模型,并成为基于模型的系统工程的范例中的一部分。在综合案例研究中,我们采用层次分析法(AHP)来选择分析工具,并说明了理解基本的光学系统的重要性。

第二部分深入地介绍了系统工程过程,第5~16章依次介绍了系统工程过程的关键步骤。同第一部分一样,我们对每一章采用类似的写作方法,将系统工程内容与光学组成模块内容联系起来。综合案例研究还是用于说明本章的材料的实例和应用,综合案例研究是建立在前面的案例研究和光学系统分析中给出的材料的基础上的。

第5章描述了问题定义阶段,并涉及利益攸关者确定、利益攸关者要求分析、运行使用方案和它与企业体系架构框架的关系、利益攸关者需求、项目范围、目标和目的。我们介绍了质量功能分解,并采用 MagicDraw 作为代表性的需求管理工具。正如问题定义阶段的步骤是系统工程方法学的起点一样,理解光源是理解、建模和分析光学系统的起点,在5.2节,我们建立了理解电磁波谱中的可见光和红外部分的光源的分析框架。

在第6节中,我们涉及可行性分析、权衡分析和可选方案分析,将层次分析法作为所选择的分析可选方案的方法,也说明了可行性和风险以及可行性和需求之间的关系。为了确定一个具体的光学系统概念的技术可行性,或说明不可行性,需要理解一个远离探测面的源的辐射的传播,在6.2节中,我们讨论了光学辐射及其传播。

第7章涉及系统需求,我们讨论了需求产生过程和它与光学系统的关系。我们讨论

了光学系统功能、非功能和逆向需求,还讨论了怎样撰写好的光学系统需求,形成了对需求文件的要求的例子,并介绍了基于模型的系统工程在需求更改管理中的价值。正如需求是一个项目、产品、系统或服务成功的关键一样,滤光和调制器件经常是一个光学系统成功的必要的组成部分。7.2节描述了各种滤光和调制机理和系统需求,在综合案例研究中应用了滤光和调制方法。

在第8章,我们评价了光学系统的维护和保障方面。我们发展了可靠性、可维护性和可用性模型,并考虑了预先统筹产品改进(PPPI)、支持保障和光学系统的退出和处置。光学系统将对其关键系统、组件和零部件有维护和支持保障需求,其中一个主要的系统组件是光学探测系统。第8.2节介绍了光学探测机理和探测系统性能指标。这里,我们将给出最基本地理解探测系统所必要的分析性信息,并讨论了对关键的光学系统传感器组件的重要的维护和支持保障考虑。

在第9章,我们建立了一个光学系统的技术性能测度和指标。我们也讨论了性能测度和关键性能参数,并讨论了它们与光学系统需求的关系。可以通过理解其技术性能测度来快速地评定一个光学系统的性能,理解光学传感器的性能特性以及系统和传感器噪声,对于确定光学传感器与光学系统的其他部分是怎样交互作用的是必要的,因此,在9.2节,讨论了系统噪声、传感器噪声和重要的传感器特性。本节的综合案例研究应用本节的分析性材料和以前的结果来确定光学系统传感器的技术性能测度、性能测度和关键性能参数以及性能特性。

在第10章,我们进行了光学系统的功能分析。我们给出了功能分析过程,并说明怎样将它与一组需求联系起来。我们进行了需求的功能分解,并采用功能框图和功能流程图来形成功能分解文件。我们也将功能分析与像 Simulink 那样的基于模型的系统工程工具联系起来。功能分析过程可以用于说明所需的光学系统的功能方面。环境调节控制可以包括温度、湿度、灰尘、辐射等级、光照等级、环境和传导的噪声水平和压力的控制等功能,在10.2节,我们讨论了对光学系统的环境调节考虑。

第11章讨论了光学系统的需求分配,我们讨论了需求分配过程及其与功能分析步骤的关系,我们也给出了对于描述许多系统的高级属性有用的一些通用技术性能测度,并讨论了技术性能测度(如重量、空间、功耗、可靠性指标和噪声指标)的分配。

在第12章,我们讨论了系统设计,给出了系统设计过程的三个阶段(方案设计、初步设计和详细设计与研制),并讨论了设计过程和以前的章节的关键方面的关系。我们强调设计过程的分析、综合和优化步骤,在12.2节我们将使用关键性能参数、性能测度、技术性能测度来建立一个用于评估我们的光学系统性能的分析方法。

第13章讨论了建造、制造和生产。在本章中,我们讨论了可以用于生产、制造和建造过程的有用的系统工程方法。我们讨论了统计分析、质量工程方法和过程控制方法及其在光学系统工程中的应用。我们也说明了光学系统本身是全系统开发生命周期的生产、制造和建造阶段的校准和测量工具的基础。在制造了光学系统之后,需要进行测试和定量评定。

第14章介绍了系统测试和评估,我们介绍了系统检验过程并给出了光学系统测试的必要的方面,这是一个小世界!对光学系统和组件的精确的测试和定量评定经常需要高度复杂的测试方法和工具。在14.2节,我们描述了光学系统测试和定量评定方法。我们

也给出了对光学系统测试环境条件的理解和控制方法。我们还介绍了光学测试平台,并描述了光学校准方法和标准以及现代光学测试工具。

第 15 章涉及光学系统运用阶段(即运用和支持保障、系统退出和处置阶段)。我们讨论了通过工程更改建议实现的系统改进。我们也描述了 PPPI 过程和批次改进。我们也介绍了可靠性、可维护性和可用性,因为它们与运用阶段有关。并介绍了保障支持需求,强调提供期望的服务。光学系统经常是以模块化和可通过软件改进的方式构建的,这能够在系统仍然在部署使用的情况下有效地改进光学系统的性能,例如,当考虑光学系统的图像/信号处理能力时,通过在光学系统设计和研制中使用开放系统结构和模块化设计原则及标准化,可以更有效、效费比更高地实现升级和改进。在 15.2 节中,我们给出了某些重要的信号处理考虑,并讨论了对光学系统工作有用的某些信号处理方法。综合案例研究则应用了运用阶段的系统工程方法,并将信号处理方法用于 Fantastic 成像技术公司的无人机光学系统中。

在第 16 章,讨论了系统退出和处置。在本部分的这最后一章,我们讨论了光学系统生命末期出现的问题。讨论了有害材料和特殊处理及安全考虑等问题,我们也讨论了搜集经验和更新包括关键的系统信息的历史数据库的必要性,以用于生命周期成本估计、决策和风险管理、可靠性分析和系统建模与优化工作。当光学系统在地面,维护和服务团队能够直接接触到光学系统组件时,在整个生命周期内支持保障一个光学系统就是一项足够挑战性的工作,当光学系统不能直接接触到(如在像空间那样的难以接触的遥远环境中)时又会怎么样? 16.2 节描述了空间光学系统,强调系统支持和退出问题。

考虑到章节本身的组织,它们通常分解成三个部分,前面一部分定义系统工程原理和方法,并将它们用于光学系统中。光学系统部分又与光学系统组成模块部分联系起来,光学系统组成模块部分侧重于技术方面,并给出光学系统工程的技术细节。光学系统组成模块部分试图尽可能当作单独的部分,但最好顺序阅读,换言之,每一章的光学系统组成模块部分可以抽取前面章节的信息。有经验的读者可以直接跳到感兴趣的章节,但学习者和受培训者应当顺序地逐章阅读。每一章都以综合案例研究来结束,这里要运用本章的原理、工具和技术。

除了这一材料之外,我们也在每章的结尾处和本书的结尾处提供某些有用的附录(如果需要的话),包括理解本书的技术内容所需的重要的数学关系、有用的数据、表格和信息。

本书是面向较广泛的读者写作的。我们预期的读者主要是涉及光学系统或作为一个较大体系一部分的由多个光学系统组成的大系统的系统工程师。本书也可用于涉及光学系统的一般工程师。光学科学家和专业的工程师将发现这本书对于从系统工程视角理解光学系统是有价值的。负责光学系统的项目管理者将能在整个系统开发生命周期内采用系统开发方法发现有用的指标、分析工具和管理与技术推动者之间的关系。本书对于涉及光学系统的技术人员也是有用的。此外,这本书作为教科书,对于系统工程,光学系统,科学、技术、工程与数学(STEM)课程或其他涉及光学系统的多学科系统方面的研究生会有所帮助。本书也会是国际同行所感兴趣的。

本书的补充材料可以在 CRC 的网站 <http://www.crcpress.com/product/isbn/9781466579927> 中获得。

致 谢

本书的写作是一个漫长的过程,要感谢很多人对本项目的完成给予的帮助。首先,感谢上帝在这一项目期间给我和平和力量,并在我的生活中给予帮助,如果没有他的宽容和支持,这项工作就不能完成。我也要感谢我的家庭,尤其是 Lena,她在整个项目期间给我支持,在我开始在计算机屏幕前工作时她单独度过了无数的时间。我也要感谢我的孩子 Christina(和她的丈夫 Carlos)和 Kari 及我的孙子 Christian 和 Tristan,他们都是好孩子,给了我和 Lena 极大的快乐。我也要感谢我的父母 Bill Black(MD)和 Hannelore Black,我的哥哥 Gordon 和姐姐 Katrin 在我成长成人的过程给予的爱、激励和支持。此外,感谢我的大家庭,我的所有亲戚和朋友(尤其是 John、Julie、Eric、Jackie、Dan、Denise、Paul、Nancy、Barry、Vee、Nitaya、Yolli 和 Bill)。还要感谢 Pastor 和在 Calvary Chapel 的每一个人。

感谢 Muzaffar Shaikh 博士给我时间来完成本项目,他非常的友善。感谢 Barry、Danny、Aldo、Adrian,尤其是 Arlene,他们活跃了办公室,是无穷的幽默的来源。最后,我必须感谢多年来的许多学生,他们直接以各种方式帮助我来完成本项目,从帮助绘图,到输入公式,到进行重点的、方向性的研究,到开展相关的项目研究、分析和审查,以及帮助我完成材料本身,对你们的艰苦的工作和许多贡献表示感谢。最后,但不是最不重要的,感谢 Taylor&Francis 集团给我机会来完成本书。

William W. Arrasmith 于 1995 年在俄亥俄州代顿空军技术学院获得工程物理博士学位。1991 年他在新墨西哥州阿尔布开克新墨西哥大学获得电子工程硕士学位,1983 年在维吉尼亚州布莱克斯堡维吉尼亚理工学院获得电子工程学士学位。现在,Arrasmith 博士是佛罗里达州墨尔本佛罗里达理工学院工程系统专业教授。在佛罗里达理工学院之前,他在美国空军工作了 20 多年。

在美国空军期间,Arrasmith 博士拥有几个职位,包括美国空军应用技术部先进科学与技术分部主任;美国海军学院武器和系统工程系副教授;美国空军科学研究办公室物理和电子学部项目经理;空军研究实验室(Kirtland 空军基地)Flood Beam 实验部主任;以及美国空军空间部 Teal Ruby 系统项目办公室项目工程师。

Arrasmith 博士是 Phi Kappa Phi、Tau Beta Pi 和美国工程教育学会会员,拥有两个国家专利奖。2013 年,他在佛罗里达理工学院获得总统奖,2010 年获得 Walter Nunn 优秀教学奖。

目 录

第一部分 现代光学系统工程纵览：系统工程与企业体系、由多个系统组成的大系统、系统族的关系

第 1 章 系统工程导论	2
1.1 现代系统工程	2
1.1.1 系统工程简史	3
1.1.2 系统工程的某些定义	4
1.1.3 各式各样的系统工程师	6
1.1.4 企业及其体系架构描述简介	7
1.1.5 由多个系统组成的大系统和系统族简介	8
1.1.6 美国 JCIDS 和国防部采办体系	9
1.1.7 跨生命周期系统工程导论	13
1.1.8 转到光学系统组成模块	16
1.2 光学系统组成模块：简介、单位制、光学系统方法论和术语	16
1.2.1 光学系统简介	17
1.2.2 所采用的单位制概述	18
1.2.3 光学系统方法学	21
1.2.4 基本的光学系统概念和技术术语	26
1.A 附录：首字母缩略词	35
参考文献	36
第 2 章 企业体系架构基础	38
2.1 高层级集成模型	39
2.1.1 企业体系架构的用途	39
2.1.2 历史背景	39
2.1.3 体系架构的类型	41
2.1.4 架构类型在多实体开发过程中的作用	43
2.1.5 体系架构框架	43
2.1.6 建模工具	50
2.2 光学系统模型	51
2.2.1 电磁传播理论基础	52
2.2.2 线性和非线性系统模型	58
2.2.3 采样考虑	69

2.2.4 统计光学模型	73
2.3 综合案例研究:企业体系架构简介	84
2.3.1 定义 FIT 的企业体系架构	84
2.4 结论	94
2.A 附录:傅里叶变换对	95
参考文献	96
第3章 由多个系统组成的大系统、 系统族和系统工程	98
3.1 概述	98
3.1.1 由多个系统组成的大系统	99
3.1.2 系统族	100
3.1.3 跨系统发展生命周期阶段的系统工程过程	101
3.2 光学系统构成模块:由多个系统构成的光学系统模型	109
3.3 综合案例研究:实现一个由多个系统组成的光学大系统模型	118
3.4 小结	124
参考文献	124
第4章 基于模型的系统工程	126
4.1 基于模型的系统工程概述	126
4.1.1 基于模型的系统工程概述	126
4.1.2 基于模型的系统工程工具	129
4.1.3 转到光学系统构成模块	131
4.2 光学系统构成模块:基本的光学系统	132
4.2.1 光学基本原理	132
4.2.2 消色差原理	143
4.2.3 光线追踪	144
4.2.4 滤光片	145
4.2.5 光学设计软件	145
4.A 附录:首字母缩略词	154
参考文献	155

第二部分 系统工程工具、方法和技术在光学系统中的应用

第5章 问题的定义	157
5.1 用于问题定义的系统工程原理和方法	157
5.1.1 利益攸关者确定	159
5.1.2 利益攸关者的需要	162
5.1.3 利益攸关者的需求	165
5.1.4 运行使用概念方案	167
5.1.5 项目的范围	169

5.1.6	目标和目的	170
5.1.7	转到光学系统构成模块	171
5.2	光学系统构成模块:光源	171
5.2.1	电磁波谱的可见光和红外部分	171
5.2.2	吸收和辐射谱	173
5.2.3	红外谱段中的热辐射	174
5.2.4	普朗克定律	174
5.2.5	斯特藩—玻尔兹曼定律	175
5.2.6	辐射传递的基尔霍夫定律	176
5.2.7	发射率	177
5.2.8	常用材料的发射率	177
5.2.9	近似于黑体辐射体的源	178
5.2.10	面辐射强度计算工具	181
5.2.11	制图比例尺的选择	182
5.2.12	辐射效率	182
5.2.13	制作黑体源	183
5.2.14	源、标准和美国国家标准技术研究院	185
5.2.15	常规目标的特性	190
5.2.16	背景辐射和杂波	194
5.2.17	常见材料的发射率	194
5.2.18	常见的非金属材料的发射率	195
5.2.19	应用案例	196
5.2.20	实际的探测应用	197
5.2.21	转向对话,确定利益攸关者、需求和范围	198
5.3	综合案例分析:简介	198
5.A	附录:首字母缩略词	206
	参考文献	208
第6章	可行性研究、权衡研究和备选方案分析	210
6.1	理解什么是可行的	211
6.1.1	风险类别	211
6.1.2	可行性研究的用法	211
6.1.3	可行性研究的应用	212
6.1.4	对可行性分析的需要	212
6.1.5	确定需求的可行性	214
6.1.6	进行权衡研究	217
6.1.7	评估备选方案:层次分析法	220
6.1.8	可行性和风险之间的关联性	230
6.1.9	转向光学系统构成模块:辐射的传播	231
6.2	光学系统构成模块:光辐射和它的传播	231

6.2.1	辐射度学	232
6.2.2	吸收	234
6.2.3	气体吸收谱	234
6.2.4	液体和气体吸收谱	235
6.2.5	辐射计	236
6.2.6	光谱辐射计	237
6.2.7	在电磁波谱的可见光和红外部分的辐射	238
6.3	综合案例分析:通过光学传输分析确定技术可行性	242
6.3.1	第一部分:一次未预期的会议	243
6.3.2	第二部分:午餐和学习	247
6.3.3	第三部分:开始权衡	250
6.3.4	第四部分:更改	251
6.4	小结	254
6.A	附录:首字母缩略词	254
	参考文献	256
第7章	系统与需求	257
7.1	需求生成过程	258
7.1.1	确定“whats”	259
7.1.2	“ilities”	260
7.1.3	写作好的需求的技巧	262
7.1.4	需求文件的重要性	264
7.1.5	需求管理和更改:基于模型的系统工程需求工具	265
7.1.6	转到光学系统构成模块:光调制器	266
7.2	光学系统构成模块:光学调制	266
7.2.1	光学调制的早期历史	267
7.2.2	光学滤波	268
7.2.3	背景和杂波抑制	270
7.2.4	斩光频率方程	271
7.2.5	简单的调制盘系统	271
7.2.6	光学调制与编码	273
7.2.7	调制盘应用	273
7.2.8	调制盘的考虑	274
7.2.9	用于得到方向信息的调制盘	274
7.2.10	旋转调制盘	274
7.2.11	背景抑制	275
7.2.12	声光调制器	277
7.2.13	电光调制器	277
7.2.14	双色调制盘	277
7.2.15	引导星系统和调制盘	278

7.2.16	目标跟踪	279
7.2.17	光学调制小结	280
7.3	综合案例研究:系统需求和对光学调制的需求	280
	参考文献	286
第 8 章	维护与保障策划	288
8.1	维护和保障策划简介	288
8.1.1	尽早考虑维护和保障单元的重要性	289
8.1.2	SRMA	289
8.1.3	系统开发全生命周期 SRMA 方法	298
8.1.4	光学探测器和相关的维护和保障概念	300
8.2	光学探测器基础	300
8.2.1	光学探测器的类型	302
8.2.2	热探测器	302
8.2.3	光子探测器	304
8.2.4	探测器性能	306
8.2.5	探测器比较	307
8.2.6	应用于综合案例研究	308
8.3	综合案例研究:在组织架构在情境下的维护和保障	309
	参考文献	314
第 9 章	技术性能测度和指标	316
9.1	技术性能测度和指标	316
9.1.1	技术性能测度在系统工程过程中的作用	318
9.1.2	测度的类型	319
9.1.3	技术性能测度与需求的关系	321
9.1.4	光学系统的系统工程方法	323
9.1.5	转到光学系统构成模块	325
9.2	光学系统构成模块:探测器噪声、特性、性能限和测试	325
9.2.1	探测器噪声简介	325
9.2.2	噪声的统计描述	326
9.2.3	系统噪声和性能指标	327
9.2.4	三维噪声模型	328
9.2.5	噪声源	330
9.2.6	噪声的类型	331
9.2.7	等效噪声带宽	336
9.2.8	探测器性能指标和性能特性	336
9.2.9	测量探测器属性、特性和性能指标的例子	343
9.2.10	高端光子探测器	346
9.2.11	热探测器和 Haven 限	347
9.2.12	探测器选择的重要考虑	348

9.3 无人机应用案例分析	349
首字母缩略词	354
9.A 附录:MATLAB代码1	355
9.B 附录:MATLAB代码2	355
参考文献	356
第10章 功能分析和探测器制冷	358
10.1 功能分析和它们的需求	359
10.1.1 用于功能分析的基于模型的系统工程工具	360
10.1.2 功能分析工具	361
10.1.3 功能分析在柱镜光栅光学成像系统中的应用	364
10.2 探测器制冷方法	373
10.2.1 探测器制冷简介	373
10.2.2 探测器制冷容器:杜瓦	374
10.2.3 典型的制冷剂的特性	374
10.2.4 采用开环制冷机制冷	375
10.2.5 采用闭环制冷机制冷	380
10.2.6 采用电或磁效应制冷	382
10.3 无人机综合案例研究:探测器和制冷机的集成	385
参考文献	394
第11章 需求分配	396
11.1 需求分配过程	396
11.1.1 衍生、分配和分派	397
11.1.2 需求的层级(层次化)和需求分配	398
11.1.3 商用货架产品考虑和技术性能测度分配	401
11.1.4 与功能分析的关系	402
11.2 光学系统构成模块:有代表性的技术性能测度和关键性能参数	407
11.3 综合案例研究	417
11.4 小结	424
参考文献	424
第12章 系统设计导论	426
12.1 系统工程设计过程	427
12.1.1 系统工程和系统生命周期过程	427
12.1.2 系统文档和基线	428
12.1.3 三阶段的设计过程:方案设计、初步设计和详细设计与研制	430
12.1.4 备选方案设计过程	444
12.1.5 转到光学系统构成模块	447
12.2 光学系统构成模块:分析光学系统	447
12.2.1 理解要分析的问题	447
12.2.2 选择建模框架	447