



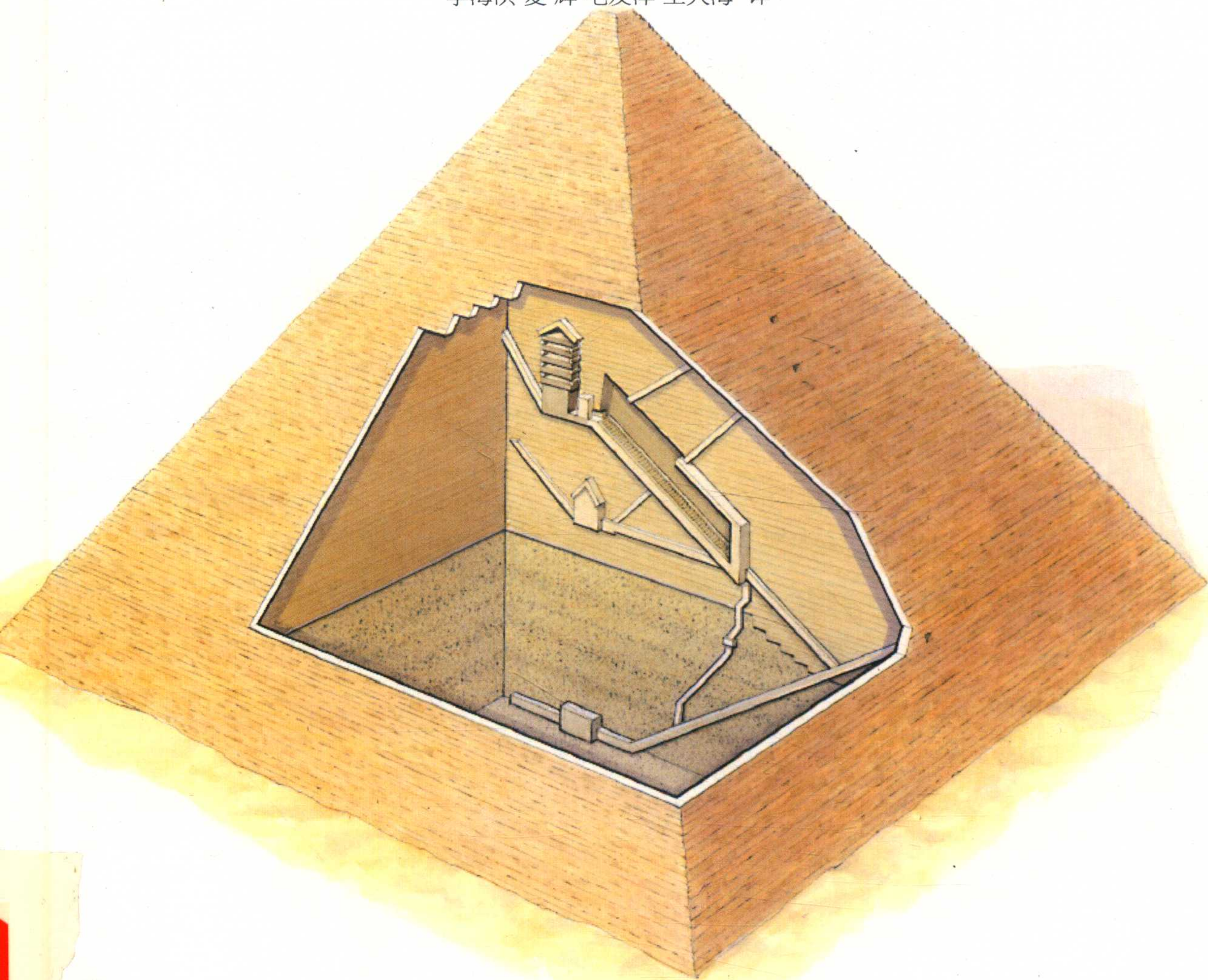
CRC Press
Taylor & Francis Group

INDOOR WAYFINDING AND NAVIGATION

室内导航

[美] 海森·A. 卡瑞密 (Hassan A. Karimi) 著

李海滨 夏辉 毛友泽 王大海 译



 中国工信出版集团

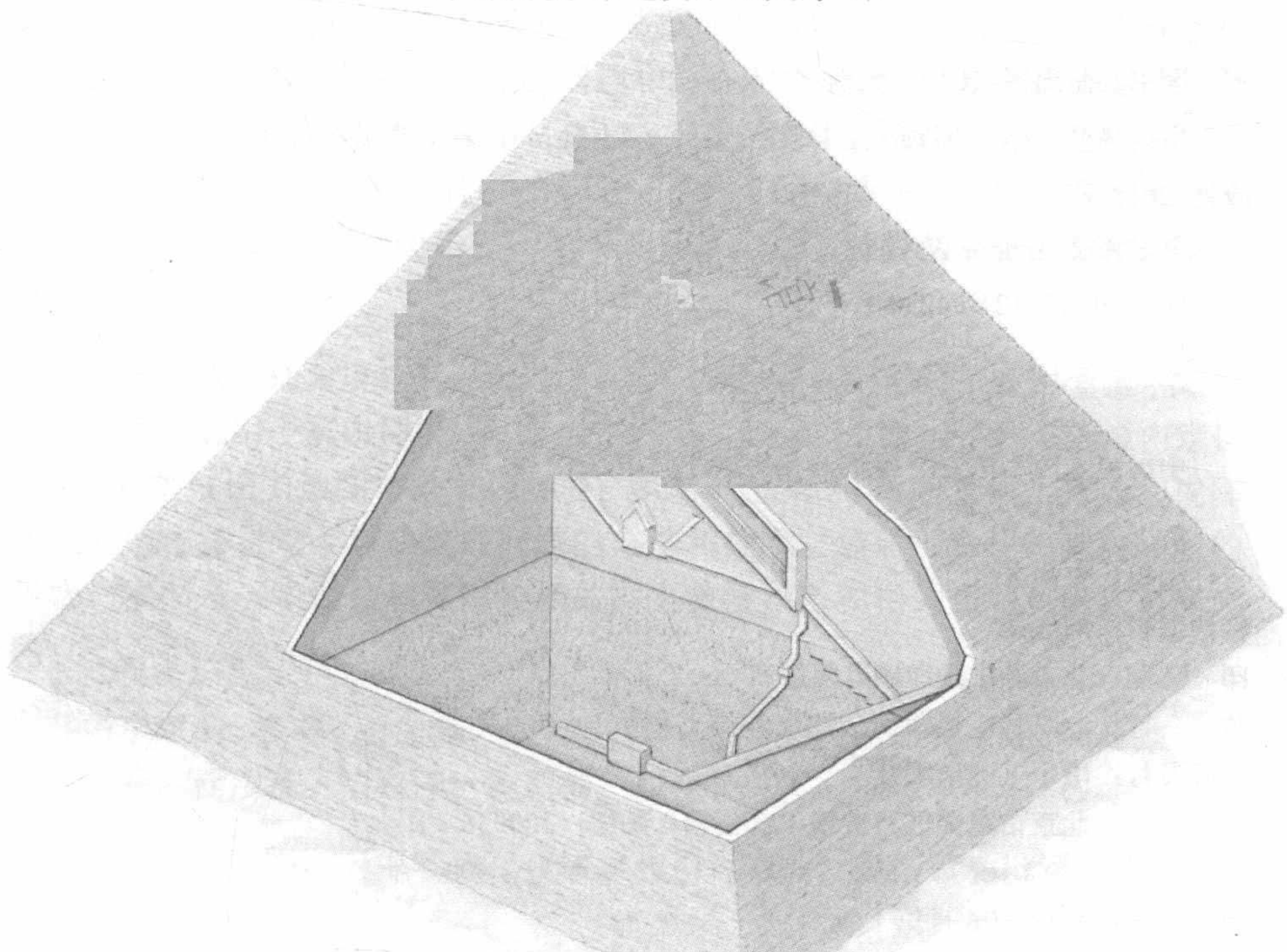
 电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

INDOOR WAYFINDING AND NAVIGATION

室内导航

[美] 海森·A. 卡瑞密 (Hassan A. Karimi) 著

李海滨 夏辉 毛友泽 王大海 译



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

Indoor Wayfinding and Navigation

Author: Hassan A. Karimi

ISBN: 9781482230840

Copyright © 2015 by Taylor & Francis Group, LLC

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 出版集团旗下的 CRC 出版公司出版, 并经其授权翻译出版。版权所有, 侵权必究。

Publishing House of Electronics Industry 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由电子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。

版权贸易合同登记号 图字: 01-2018-1999

图书在版编目 (CIP) 数据

室内导航 / (美) 海森·A.卡瑞密(Hassan A. Karimi) 著; 李海滨等译. -- 北京: 电子工业出版社, 2018.6

书名原文: Indoor Wayfinding and Navigation

ISBN 978-7-121-34230-1

I. ①室… II. ①海… ②李… III. ①导航 IV. ①TN96

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 105632 号

责任编辑: 张艳芳

特约编辑: 刘红涛

印刷: 北京画中画印刷有限公司

装订: 北京画中画印刷有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编: 100036

开本: 720×1000 1/16 印张: 15.75 字数: 403.2 千字

版次: 2018 年 6 月第 1 版

印次: 2018 年 6 月第 1 次印刷

定价: 128.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式: (010) 88254161~88254167 转 1897。

译者序

进入 21 世纪, 随着无线通信技术和互联网技术的快速发展, 人们对基于位置的服务需求日益增长, 无线导航定位技术因此取得了长足的进步。GPS 始于 1958 年美国军方的一个研发项目, 到 20 世纪 70 年代, GPS 系统已经能够为海、陆、空三军提供全天候、实时、全方位的导航服务。虽然 GPS 的定位速度快、精度高, 但是仅适合室外使用。在室内环境下, 由于建筑物的遮挡, GPS 信号快速衰减, 无法从中获得有效的位置信息, 导致定位效果较差。而随着人们对室内定位需求的增加, 开发适用于室内导航的各种技术成为了迫切需求。

本书内容主要围绕室内导航技术展开, 提供了既有广度又有深度的室内导航知识, 方便读者了解室内导航系统存在的问题和面临的挑战, 以及目前解决这些问题的方法和技术。本书的独特之处在于从认知、定位、测绘和应用等多个角度讨论了室内导航技术。本书的多维视角有助于读者更好地了解构建室内导航系统的问题和挑战、室内与室外系统和服务的区别, 以及如何在具有挑战性的场合有效地应用这些系统。

本书前两章从认知角度描述了导航, 第 3 章和第 4 章则讨论了适用于室内定位的几种传感器和适用于室内环境的特殊定位传感器; 第 5 章给出了地下隧道内定位的例子; 第 6 章讨论了地图辅助室内导航; 第 7 章至第 10 章则聚焦于盲人和视障者的导航问题, 并讨论了解决这些问题的方法和技术。最后一章解决室内导航的隐私问题。本书是一本适合高等院校相关师生教学参考和相关领域科研人员阅读的书籍。

本书由李海滨、夏辉、王大海、毛友泽翻译, 参与翻译的还有张奕群、王蒙一、陈勤、洪灵菲、杜翔宇、褚京萍、鲍新郁、段巍。

由于译者水平有限, 书中难免存在错误和不足之处, 恳请读者批评指正。

译者

序言

当在文献、报告或者网站上提到有关导航和运输的信息时，导向和导航这两个术语经常被混用。虽然这两个词在语义上有重叠，但它们之间存在着极其微小但又非常重要的区别，即导向是寻找两个地点之间的路径，而导航则是在选择的路径上移动并接收连续且实时的引导信息。另一种区别这两个词语的方法是用于导向和导航的通用技术不同。地理信息系统（GIS）技术被广泛应用于导向，而 GPS 和 GIS 技术（以及其他技术）的集成则用于导航。“导向和导航系统”与“导向与导航服务”之间也存在差别，前者是指提供导向和导航解决方案的专业设备，不需要与其他系统相连，也不需要第三方供应商；后者是指提供导向和导航解决方案的服务（最近常通过智能手机），通过有线或无线的通信链路和远程系统相连，由第三方供应商提供支持。从计算的角度看，导向和导航系统是集中式平台，导向和导航服务是分散式平台，分布在客户端（智能手机）和服务器（由供应商维护）上。

用于室外行驶的汽车导向和导航系统和服务已经存在了很长一段时间，并且成为人们日常行动中不可或缺的一部分，特别是人们处在陌生环境中的时候。汽车导航系统和服务的普遍性和高需求性主要归功于 GPS 技术的进步，目前 GPS 系统已经变得结构紧凑、经济实惠并且随处可见。其他技术领域（比如智能手机）所表现出的类似趋势促进了行人导航系统和服务的进步。由于行人在不同的环境（室外到室内，反之亦然）间连续行走，室内导航需要不同的数据和技术，虽然室内导航技术和服务才刚刚起步，但对其需求已经日益增强。

然而，从概念上来说，虽然室外和室内的导航包含相似的活动，但从物理空间和功能的角度来看，它们又存在差别。举例来说，行人室外导航的物理空间（或环境）一般指包含人行道路段和路口处的人行道网络，而不考虑城市或附近导航活动的需求。这有别于室内的物理空间（或环境），室内建筑物结构并不一致（比如，建筑物内的不同楼层布局，以及单层与多层建筑物）。另一个物理空间方面的区别在于仅利用二维地图数据就可以提供室外导航系统和服务的解决方案，而在建筑物内，则必须要有三维（或 2.5 维）的地图数据才能实现不同楼层间的导航。举一个功能上差异的例子，室外导航系统和服务主要基于 GPS 这种单一的定位传感器，然而没有任何一种定位传感器可以满足所有建筑物内的导航需求。简言之，室内导航所面临的独特挑战是室外导航中没有的。

本书为读者提供既有广度又有深度的知识，以便于了解室内导航系统和服务存

在的问题和面临的挑战，以及目前解决这些问题的方法和技术。本书的独特之处在于从认知、定位、建图和应用的角度讨论室内导航技术。本书的多维视角有助于读者更好地了解构建室内导航系统和服务存在的问题和面临的挑战、室内导航系统和服务与室外的区别，以及如何在复杂场合有效地应用这些系统。然而，尽管有独特性，但对于“导航”这个术语的看法通常一致，并如文献中所述，本书中的有些章节基于前面定义的导向和导航的不同含义，而另一些章节对这两个术语互换使用。

前两章从认知角度描述导向与导航；第3章和第4章则讨论了适用于室内定位的几种可能的传感器和适用于室内环境的一种特殊传感器；第5章给出了一个特殊环境下导航的例子；第6章讨论了地图辅助室内导航；第7章至第10章则关注盲人和视障人士相关的导航问题，并讨论了解决这些问题现有的方法和技术。最后一章解决室内导航的隐私问题。下面对各个章节进行详细介绍。

第1章从认知的角度讨论了复杂环境中的导航。这是至关重要的，导向和导航系统和服务与其他应用的系统和服务一样，如果是基于导向和导航的认知原理设计的，那么就可以提供所需要的可靠解决方案。第2章中描述了一个室内空间认知的例子。GPS适用于几乎所有的室外导航场合，但对于室内导航，没有一种单一的传感器能够满足所有场合定位精度的要求，第3章描述了适用于室内定位的多种传感器。第4章介绍了通过磁场进行定位的技术，这是室内导航的一个特殊例子。同样，第5章介绍了另一个特例，即地下隧道的定位技术。考虑到在任何环境中地图都是导航系统和服务的核心组成部分，第6章讨论了地图辅助室内导航。构建室内导航系统和服务与室外存在不一样的问题和挑战，另一方面，为充分解决残疾人导向和导航的需求又面临独特的挑战。接下来的4章致力于讨论和分析盲人或视障者的导向和导航需求，以及为满足这些需求可用的方法和技术。第7章给出了盲人或视障者室内导向和导航所面临的挑战。第8章讨论了可用于盲人或视障者室内导向和导航的多种技术。第9章讨论了可以辅助盲人或视障者在室内环境中导向和导航的NavPal软件工具套装。第10章讨论了盲人或视障者室内导航系统和服务的未来发展方向。第11章讨论了室内导航系统和服务的隐私问题。

本书适用于对室内导航相关的方法、构图、传感器、技术和应用等感兴趣的人士。研究人员可以学习室内导航相关的最新研究成果，开发者们可以学习构建新的室内导向和导航系统和服务过程中可能遇到的问题和面临的挑战，学生们可以学习室内导航系统的基础知识。

编者

Hassan A. Karimi 博士获得了计算机科学学士学位、硕士学位及地理信息工程博士学位。他是匹兹堡大学（位于宾夕法尼亚匹兹堡）信息科学学院地理空间信息技术实验室主任、教授。他的主要研究方向是导航、定位服务、位置感知社交网络、地理空间信息系统，以及空间数据库，并且已经有超过 150 篇的出版物在同行评审期刊和会议、国家和国际研讨报告会上发表。Karimi 博士出版的书主要包括：《先进的定位技术和服务》（唯一编者），2013 年由 Taylor & Francis 集团出版；《智能手机上的通用导航》（唯一作者），2011 年由 Springer 出版；《CAD 和 GIS 集成》（主编），2010 年由 Taylor & Francis 集团出版；《地理空间信息研究手册》（唯一编者），2009 年由 IGI 出版；《无线电地理空间信息：基于位置的计算和服务》（主编），2004 年由 Taylor & Francis 集团出版。

作者列表

Cristina Bahm

University of Pittsburgh
Pittsburgh, Pennsylvania, USA

Jörg Bankenbach

RWTH Aachen University
Aachen, North Rhine-Westphalia,
Germany

Sarah M. Belousov

Carnegie Mellon University
Pittsburgh, Pennsylvania, USA

Luigi Bruno

German Aerospace Center (DLR)
Köln, Germany

M. Beatrice Dias

Carnegie Mellon University
Pittsburgh, Pennsylvania, USA

M. Bernardine Dias

Carnegie Mellon University
Pittsburgh, Pennsylvania, USA

Hend K. Gedawy

Carnegie Mellon University
Pittsburgh, Pennsylvania, USA

Stephen C. Hirtle

University of Pittsburgh
Pittsburgh, Pennsylvania, USA

James Joshi

University of Pittsburgh
Pittsburgh, Pennsylvania, USA

Susanna Kaiser

German Aerospace Center (DLR)
Köln, Germany

Mohammed Khider

German Aerospace Center (DLR)
Köln, Germany

Prashant Krishnamurthy

University of Pittsburgh
Pittsburgh, Pennsylvania, USA

Adriano Moreira

Universidade do Minho
Braga, Portugal

Abdelmoumen Norrdine

RWTH Aachen University
Aachen, North Rhine-Westphalia,
Germany

Balaji Palanisamy

University of Pittsburgh
Pittsburgh, Pennsylvania, USA

Fernando Pereira

European Organization for Nuclear
Research

Geneva, Switzerland and
Universidade do Porto, Portugal

Maria Garcia Puyol

German Aerospace Center (DLR)
Köln, Germany

Manuel Ricardo

Universidade do Minho
Braga, Portugal

Patrick Robertson

German Aerospace Center (DLR)
Köln, Germanyxiv List of Contributors

Satish Ravishankar

Carnegie Mellon University
Pittsburgh, Pennsylvania, USA

Samvith Srinivas

University of Pittsburgh
Pittsburgh, Pennsylvania, USA

Aaron Steinfeld

Carnegie Mellon University
Pittsburgh, Pennsylvania, USA

Ermine A. Teves

Carnegie Mellon University
Pittsburgh, Pennsylvania, USA

Christian Theis

European Organization for Nuclear
Research
Geneva, Switzerland

George J. Zimmerman

University of Pittsburgh
Pittsburgh, Pennsylvania, USA

目录

第 1 章 复杂环境下室内导航的认知	1
1.1 简介	2
1.2 历史方法	3
1.3 任务导向的研究	4
1.4 认知结构的观点	5
1.5 空间句法	5
1.6 一般原则	6
1.7 未来的研究方向	7
1.7.1 技术问题	7
1.7.2 理论问题	7
1.7.3 空间问题	7
1.8 总结	8
参考文献	9
第 2 章 扩大室内空间认知影响作用的研究	15
2.1 简介	16
2.2 认识新的空间：实验验证	17
2.2.1 方法	17
2.2.2 设计	20
2.2.3 过程	21
2.3 实验结果	22
2.3.1 空间能力与学习	22
2.3.2 学习空间	23
2.3.3 扩展空间	27
2.4 讨论	31
致谢	33
参考文献	33

第 3 章 室内定位技术	37
3.1 简介	38
3.2 基于射频的定位技术	40
3.2.1 基于 Wi-Fi 的定位	40
3.2.2 基于蜂窝电话的定位	44
3.2.3 基于蓝牙的定位	45
3.2.4 基于 RFID 的定位	45
3.2.5 其他射频定位技术	46
3.3 基于非射频的定位技术	46
3.3.1 声学定位	47
3.3.2 航位推算或惯性导航	47
3.3.3 标牌和地图	48
3.3.4 组合方案	48
3.4 讨论	49
3.5 总结	49
参考文献	50
第 4 章 室内磁场定位系统	55
4.1 简介	56
4.2 MILPS: 室内磁场定位系统	56
4.2.1 基于磁场的定位	56
4.2.2 MILPS 的结构和原理	57
4.2.3 线圈磁场	58
4.2.4 实验系统	59
4.3 测量原理和信号处理	62
4.3.1 集群检测和数字滤波	64
4.3.2 自适应滤波	65
4.4 实验系统性能评价	66
4.4.1 旋转对称性	67
4.4.2 量程和精度	68
4.4.3 校准	70
4.4.4 低成本传感器	71
4.5 位置估计	72
4.5.1 二维空间位置估计	73
4.5.2 三维空间位置估计	75

4.6 结论和展望	78
致谢	79
参考文献.....	79
第 5 章 地下隧道定位系统.....	83
5.1 地下隧道或类似环境中的定位.....	84
5.2 定位追踪传感器和技术.....	85
5.3 大型强子对撞机隧道内定位.....	87
5.3.1 大型强子对撞机的特点	87
5.3.2 用于辐射保护的定位应用	89
5.4 大型强子对撞机隧道定位技术.....	90
5.4.1 泄漏同轴电缆 RSSI 指纹.....	91
5.4.2 实验	91
5.4.3 实验结果	94
5.5 结论和未来面临的挑战.....	101
参考文献.....	102
第 6 章 地图辅助室内导航	105
6.1 简介	106
6.1.1 基于基础设施的方法	107
6.1.2 无基础设施的方法	108
6.1.3 多传感器方法	108
6.1.4 地图未知的方法	109
6.1.5 行人运动与概率图	110
6.2 楼层布局 and 卫星图像生成的概率图.....	114
6.2.1 基本扩散算法	114
6.2.2 扩展到户外环境	115
6.2.3 扩展到多层环境	117
6.2.4 生成概率图	117
6.2.5 概率地图与基于 PF 的位置估计器结合	120
6.3 基于 FOOTSLAM 的人体运动概率图.....	120
6.3.1 构图和定位	121
6.3.2 协同构图	122
6.4 基于 WiSLAM 的概率图.....	123
6.5 量化地图和实验结果.....	125

6.5.1	实验设置	125
6.5.2	熵比较	125
6.5.3	定位误差比较	128
6.6	结论	130
	致谢	130
	参考文献.....	130
第 7 章	视力障碍者室内导航面临的挑战	139
7.1	简介	140
7.2	盲人或视障者的行动定位.....	141
7.2.1	历史	142
7.2.2	指导顺序和熟悉	142
7.2.3	技术和 O&M.....	143
7.3	相关工作	143
7.4	需求评估方法	144
7.4.1	参与者	145
7.4.2	数据收集	145
7.5	需求评估结果	146
7.5.1	室内定向与位置识别技术	147
7.5.2	室内导航技术	148
7.5.3	导航地图	149
7.5.4	使用的技术	150
7.5.5	技术偏好	151
7.5.6	技术采用障碍	152
7.5.7	紧急疏散	153
7.6	结论和未来研究.....	155
	致谢	156
	参考文献.....	157
第 8 章	盲人和视障人员室内导航辅助设备	159
8.1	简介	160
8.2	室内导航技术面临的挑战.....	161
8.2.1	熟悉	161
8.2.2	定位	162
8.2.3	路径规划	164

8.2.4 沟通与交互	165
8.3 室内导航辅助示例	166
8.3.1 熟悉工具	166
8.3.2 增强型传统导航辅助工具	168
8.3.3 基于智能手机的导航辅助工具	169
8.3.4 定制设备	171
8.3.5 支持性基础设施	172
8.4 结论	173
致谢	174
参考文献	175
第 9 章 增强室内导航的软件工具 NAVPAL	181
9.1 简介	182
9.2 旅行计划和无障碍地图	184
9.3 熟悉和路线规划	187
9.4 交通协助、动态指导和寻求协助	188
9.5 标注地图和共享信息	191
9.6 结论和设计指南	192
致谢	194
参考文献	195
第 10 章 盲人室内导航技术的未来发展方向	197
10.1 简介	198
10.2 短期可行性	199
10.2.1 用户接口	199
10.2.2 众包	202
10.2.3 定位和约束路径规划	204
10.3 更长期的愿景	206
10.3.1 辅助机器人	206
10.3.2 信息交换和对象操作	209
10.3.3 迈向智能无障碍城市	210
10.4 总结	211
致谢	213
参考文献	213

第 11 章 室内定位系统中的隐私保护.....	219
11.1 简介	220
11.2 隐私风险和攻击.....	221
11.3 基于空间隐藏的技术和挑战.....	223
11.4 基于混合区域的保护和限制.....	225
11.5 其他位置隐私保护技术.....	230
11.6 总结	231
参考文献.....	231

第 1 章

复杂环境下室内导航的认知

Stephen C. Hirtle

Cristina Robles Bahm

摘要：室内导航已经被证明是复杂难懂且需要外部辅助信息的，其中包括指示牌、地图或其他导航设备。本章介绍了为进行导航而对复杂室内环境空间认知的研究，主要对室内环境与室外或过渡环境的区别进行综合分析。本章的目的是总结已知的认知原理，以指导未来的研究和室内导航工具的开发。

1.1 简介

Colin Ellard 在 2009 年出版的书《你在这里》中有一个引人注目的副标题，“为什么我们可以找到通往月球的路，但是却在一个商场里迷路”。虽然书名是《你在这里》，并且他从多种角度描述对空间的认知，但对室内导航的讨论还是相对较少的。通常导航的研究一般都指室外空间的导航，事实上从大约 30 年前开始，关于室内导航的文献逐渐增多。该领域内拥有大量的文献资料，对相关的知识进行归纳总结和分类是非常有用的，特别是关于室内空间信息增强技术的最新进展。本章的目的是通过回顾过去 30 多年来的研究工作，来审视对室内导航（特别是复杂环境下的室内导航）的认知。因为只介绍了这个主题相关的 2000 多篇文章，希望这个综述可以为该领域的研究者们建立一个好的背景，并且能够支撑本书后续章节的内容。

如表 1.1 所示，研究工作大致可分成 3 个时期。20 世纪 80 年代，有大量重要的、被频繁引用的、基础性的室内空间的研究，并且建立了很多沿用至今的空间认知相关的基本参数（见 1.2 节）。

表 1.1 按时间和认知领域分类的室内空间认知研究方法

章节	子领域	代表文章
1.2 历史方法	空间知识获取 建筑物的复杂性 你所在位置的地图	Thorndyke and Hayes-Roth (1982); Garling, Lindberg, and Mantyla (1983); Mooser (1988); O'Neill (1991); Levine (1982)
1.3 任务导向的研究	紧急出口 导航过程建模 画面与照片	Klippel, Freksa, and Winter (2006) Agarwal (2005); Hirtle, Timpf, and Tenbrink (2011) Ishikawa and Yamazaki (2009); Wang and Yan (2012)
1.4 认知结构的观点		Holscher, Meilinger, Vrachliotis, Brosamle, and Knauff (2006)
1.5 空间句法	空间句法	Hillier and Hanson (1984); Richter, Winter, and Ruetschi (2009); Turner, Doxa, O'Sullivan, and Penn (2001)
1.6 通用原理		Carlson, Holscher, Shipley, and Dalton (2010); Holscher, Montello, and Schnitzler (2013); Li and Klippel (2012)