

A complex network diagram with numerous nodes (dots) and connecting lines (edges) forms the background of the cover. The nodes are arranged in a roughly circular pattern, with lines connecting them in a web-like structure. The lines are thin and dark, while the nodes are small circles of varying shades of brown and grey.

“一带一路”大数据 定量分析

——任务、挑战及解决方案

高剑波/著



科学出版社

“一带一路”大数据定量分析

——任务、挑战及解决方案

高剑波 著

国家自然科学基金面上项目“基于海量媒体数据的东北亚地缘关系定量研究”(41671532)

国家自然科学基金地区项目“基于高频数据的中国股市羊群效应、时空混沌和系统风险的研究”(71661002)

资助

广西壮族自治区发展和改革委员会项目，广西与“一带一路”沿线国合作大数据平台项目

科学出版社

北京

内 容 简 介

随着“一带一路”倡议的具体实施,“一带一路”大数据的收集和定量分析变得日益重要。为有效指导我国政策的制定和实施,以及在沿线国的基础设施建设、投资和贸易,及时了解沿线各国政府和人民对“一带一路”倡议的响应情况,本书运用统计分析、系统科学和复杂性科学的思想和方法,通过协同研究人口学、经贸和媒体大数据,导出海外基础设施建设能够成功的必要条件,系统、全面地修正了国际贸易定量分析常用的各种指标,开创了刻画国际关系、地缘政治和各国内政演变的新的定量方法。

本书可作为各级政府部门官员,已经或打算在“一带一路”沿线国投资的企业,智库、高校及研究机构的相关研究人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

“一带一路”大数据定量分析:任务、挑战及解决方案/高剑波著. —北京:科学出版社,2018.12

ISBN 978-7-03-058853-1

I. ①—… II. ①高… III. ①数据处理 IV. ①TP274

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第214318号

责任编辑:王丹妮/ 责任校对:樊雅琼

责任印制:霍 兵/ 封面设计:无极书装

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编

http:

三河市学印务有限公司印刷
科学出版社发行 各地新华书店经销

2018年12月第 一 版 开本:720×1000 B5

2018年12月第一次印刷 印张:16 1/4

字数:323 000

定价:138.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

作者简介

高剑波教授于 1991 年在中国科学院力学所学习研究流体力学和混沌动力学，师从国家最高科学技术奖获得者、中国科学院院士、中国工程院院士、美国国家工程科学院外籍院士郑哲敏先生，并获硕士学位；于 2000 年在美国加利福尼亚大学洛杉矶分校（UCLA）的通信和网络领域获得博士学位。他曾在美国佛罗里达大学的电子工程系任教，后成为美国莱特州立大学机械材料系教授。2013 年 10 月至 2018 年 7 月，作为校长特聘教授在广西大学创立复杂性科学与大数据技术研究所，并任所长。目前已调至北京师范大学地理学部。高剑波教授已发表 SCI 论文 180 余篇，并于 2004~2006 年担任 *IEEE Transactions on*

Biomedical Engineering 和 *Signal Processing* 的 Associate Editor，现任欧亚系统科学研究会常务理事及期刊《系统科学通讯》副主编。他是复杂性科学领域诸多分析方法的创立者，擅长用精奥的物理和数学方法解决电气工程、生物医学工程、金融，以及地理和环境科学等领域由数据驱动的重大现实问题。他也是多尺度分析和非线性时间序列分析国际领先的专家，他所著的 *Multiscale Analysis of Complex Time Series: Integration of Chaos and Random Fractal Theory, and Beyond* 是该领域首部且极受好评的专著。为了更好地发挥其专长，高剑波教授近年专注于研究新方法以量化社会科学，特别是世界政治的不稳定性及演化、国际关系、国际贸易、在线社交网络的动态演化、中国经济和金融系统的复杂性，以及面向临床的生物医学等领域的数据分析。



此书献给前辈老师们，包括郑哲敏先生、聂华桐先生、颜基义先生、于渌先生、郭传杰先生、柯惠新先生、汪秉宏先生、董福慧先生。他们所起的承上启下的作用，在这个时代尤为重要。也献给像我的孩子高沐晨一样的新生儿，重塑未来的重担将更多地落到他们的肩上。

前言

随着“一带一路”（the Belt and Road, B&R）倡议的具体开展，“一带一路”大数据的收集、定量分析变得日益重要。“一带一路”大数据涵盖基础设施建设、世界贸易、政治冲突、政治和经济风险评估、国际关系、民意、旅游、宗教、体育、教育、环境、法律等方面。系统全面地收集这些数据是一个极大的挑战。定量分析这些数据以发现规律，并帮助了解各国的内政和国际关系，自然是一个更大的挑战。以发现规律为主导的分析，与基于统计分析和机器学习的一般性的大数据分析有很大的不同。后者允许有错，但前者不容许，因决策上的失误导致的后果可能是灾难性的。这个根本性的差别，造成了国内学者关于“一带一路”的研究基本上是定性的，即便是与贸易有关的定量研究，也少有能对政策的制定起指导作用的，甚至经常产生严重误导政策制定和实践的悖论。为了全方位地改变这种不能令人满意的现状，本书尝试对“一带一路”大数据进行系统定量的分析，以期能帮助我国政府和投资主体了解沿线各国的内政和国际关系，并对中国政策的制定和实施，对“一带一路”沿线国的基础设施建设、投资、贸易等都有实质性的指导意义。我们的重点是运用系统科学、信息论和复杂性科学的思想来更好地提炼问题，识别哪些是真正富有挑战性的，并且对其中若干问题提供部分答案或解决思路。复杂性科学重概念而非模型，如混沌（对初值的敏感性）、分形（自相似性）、长程相关性、重尾现象、非平稳性、分叉、自组织、临界现象等。这些概念都有某种普适性，因此，它们的适用范围极广。更重要的是，由概念驱动的思维模式能较好地阐述、提炼问题。若没有好的问题作导向，面对海量数据，人们将束手无策，在这种情形下，大数据无疑是累赘而非财富。

自2013年“一带一路”倡议正式提出以来，国内学者就“一带一路”倡议相关问题已发表论文逾3.4万篇，出版专著近千本。本书是第一本系统、全面、深入探讨“一带一路”大数据定量分析的著作。本书研究的数据不仅包括来自世界贸易组织（World Trade Organization, WTO）、世界银行等的经贸数据，还包括海量媒体数据。海量媒体数据第一次使得整个分析系统包含了一个反馈回路，它对了解沿线各国政府和人民如何响应中国的“一带一路”倡议是至关重要的。同

时，它使得分析不仅可以以中国为中心，更可以从沿线国、沿线区域，甚至从全球角度来考虑“一带一路”的建设。

本书内容主要包括四个方面：①背景篇，解释什么是“一带一路”大数据，指出目前国内关于“一带一路”研究的不足，说明“一带一路”大数据定量分析的重要性，并解释必备数学知识。②基建篇，讨论中国在“一带一路”沿线国的基础设施投资，主要包括信息化发展和铁路基础设施建设。③经贸篇，发展一个能直观、方便地表示“一带一路”沿线国经济发展的几何方法，重构世界贸易定量分析体系，并讨论一系列能预警经济和金融系统中系统性风险的方法。④媒体篇，用复杂性科学方法（包括复杂网络理论）、信息论、概率和统计方法定量分析海量媒体数据，以研究世界各国政治事件演化的普遍性规律，并发展算法从海量媒体数据中自动提取重大事件，识别热点政治区域，刻画各国内政演化、双边关系、国际关系的模式、利益大国在沿线区域的影响力及全球恐怖主义的演化。

“一带一路”大数据既然涉及这么多方面，其研究必然需要一个大的团队以及相应的资源。在此衷心感谢国家自然科学基金（项目编号：71661002，41671532）以及广西壮族自治区发展和改革委员会的资助，同时衷心感谢广西大学让我创立一个独立于各学院的复杂性科学和大数据技术研究所，并让我同时带领包括商学、新闻媒体、计算机、数学、政治学、文学等不同领域的研究生，以便研究与“一带一路”有关的许多重大问题。很难想象，如果没有这个平台和这个团队组成，我将如何研究本书讨论的所有主题。我们研究团队的成员，包括刘飞燕、樊芳利、闭胜、方鹏、侯云飞、刘彬、马梦蓝、杨玉君、周辰南，他们对本书展示的许多成果都有很大的贡献。其中，刘飞燕（第二、六、七章）、方鹏（第八章）、侯云飞（第六章）、刘彬（第一、三、四、五章）、马梦蓝（第一章）还参与了本书部分章节的部分写作。衷心感谢他们以及以各种方式帮助团队的核心研究顺利进行的其他成员，特别是数据库管理工程师王艳东。

自2013年底回国，我有幸得到许多德高望重的前辈老师的关心和教诲。特别感谢中国科学院力学所的郑哲敏先生、清华大学高等研究院的聂华桐先生、中国科学院物理所的于渌先生、中国科学院大学和欧亚系统科学研究会的颜基义先生、中国科学院的郭传杰先生、中国传媒大学的柯惠新先生、中国科学技术大学的汪秉宏先生和中国中医科学院骨伤科研究所的董福慧先生。同时感谢我的朋友们，包括中国科学院大学的张建方教授，中国科学院数学和系统科学研究院的杨晓光教授，北京师范大学的宋长青和程昌秀教授，湖南大学的侯俊军教授，同济大学的石建勋教授，上海财经大学的刘建国教授，上海理工大学的杨会杰教授，宁波科技局的杨波女士，欧亚系统科学研究会的陈烨、刘永胜和钟耳顺先生，恒华集团的张宁飞先生等，与他们讨论总是令我受益匪浅。

世界政治风云变幻莫测，西方各国的民粹主义和逆全球化运动浪潮迭起，因

此，随着“一带一路”倡议的具体实施，新的问题将层出不穷。我们希望本书一方面能起到抛砖引玉的作用，另一方面能帮助规划本领域未来的研究方向。

高剑波

2018年3月于南宁

目 录

背 景 篇

第一章 引言	3
第一节 “一带一路”倡议的提出、必要性与发展现状	3
第二节 “一带一路”大数据的界定	6
第三节 当前“一带一路”研究及其不足	11
第四节 “一带一路”定量研究的紧迫性和挑战	18
第二章 必备数学基础	23
第一节 概率与统计方法	23
第二节 信息论	34
第三节 复杂性科学	36
第四节 复杂网络	47

基 建 篇

第三章 中国对“一带一路”沿线国基础设施投资的定量分析	57
第一节 中国与“一带一路”沿线国相互投资概况	57
第二节 信息化发展水平的测度	68
第三节 铁路基础设施建设	82

经 贸 篇

第四章 “一带一路”沿线国经济发展的几何表示	97
第一节 中国与“一带一路”沿线国经济发展概况	97
第二节 基于相空间理论的“一带一路”沿线国经济发展阶段分析	100
第五章 世界贸易定量体系的重构	109
第一节 中国与“一带一路”沿线国贸易的时空格局	110
第二节 RCA 及其修正	120
第三节 贸易互补性指数及其修正	126
第四节 贸易集中度指数及其修正	134
第五节 贸易强度指数及其修正	137
第六节 贸易特化系数及其修正	140
第七节 出口相似度系数及其修正	143
第八节 HM 指数及其修正	144
第九节 未来重大问题	148
第六章 经济和金融系统中系统性风险的预警	149
第一节 基于信息熵的金融危机预警	150
第二节 基于相对熵的系统性风险预警	155
第三节 基于排列熵刻画金融市场的随机性	158
第四节 基于高频数据的股市羊群效应研究	163

媒 体 篇

第七章 政治冲突与国际关系的定量研究	169
第一节 政治事件演化的一般性规律	169
第二节 GDELT 中重大事件的自动识别和抽取	173
第三节 基于相对熵的热点政治区域的识别	182
第四节 各国内政演化的定量刻画	185
第五节 双边关系及其演化的刻画	195
第六节 实力大国在沿线影响力的定量刻画	197
第七节 国际关系模式的刻画	199

第八节 未来的重大任务	207
第八章 全球恐怖主义的定量研究	208
第一节 研究数据介绍	208
第二节 全球恐怖主义活动概况	209
第三节 全球恐怖活动的连续性	210
第四节 Hurst 指数与 GTI 相关性分析	212
第五节 全球恐怖活动严重性的标度律	214
参考文献	218
附录	234

背 景 篇

第一章 引言

自 2013 年“一带一路”倡议正式提出以来，中国在沿线国的基础设施建设、投资、贸易等方面都有了空前的进展，国内各级智库型研究机构也如雨后春笋般成立，国内学者对与“一带一路”倡议有关的问题做了大量研究，至今已发表论文逾 3.4 万篇，出版专著近千本。然而，从研究方法来说，大部分论文和专著以定性研究为主，即便是与贸易有关的定量研究，也少有能对政策的制定起指导作用的。更为严峻的是，大多数论文和专著都是基于中文信息进行探讨，至今我们对沿线各国政府和人民如何响应中国的“一带一路”倡议还是所知甚少。为了全方位地改变这种不能令人满意的现状，本书尝试对“一带一路”大数据进行系统定量的分析，以期能帮助了解沿线各国的内政和国际关系，这对中国政策的制定和实施，以及“一带一路”沿线国的基础设施建设、投资、贸易等都有实质性的指导意义。我们的重点是运用系统科学和复杂性科学的思想来更好地提炼问题，识别什么是真正富有挑战性的问题，并且对一些问题提供部分答案或解决思路。

本章将扼要介绍“一带一路”倡议提出的背景，解释什么是“一带一路”大数据，指出目前国内关于“一带一路”研究的一些不足，最后通过几个例子说明“一带一路”大数据定量分析的重要性。

第一节 “一带一路”倡议的提出、必要性 与发展现状

一、“一带一路”倡议的提出

2 100 多年以前，张骞开辟的横贯东西、连接欧亚的陆上“丝绸之路”，成为中国连接亚欧非国家贸易往来与文化交流的陆上通道；2 000 多年前，以中国徐

闻港和合浦港为起点，连接中国与亚欧非诸国的海上丝绸之路也逐步形成，成为中国与亚欧非国家贸易往来与文化交流的海上通道。陆海两条“丝绸之路”编织了中国与亚欧非国家的贸易网络，促进了东西方文明的交流与融合，增强了中国与亚欧非沿线国家的民心相通，推动了沿线各国的经济和文化的发展，促进了沿线国的互利共赢。

在当前全球经济复苏缓慢、世界格局已经发生重大变化的背景下，加强区域间的合作是推动世界经济发展的有力推手。“一带一路”倡议就是在这一背景下提出的。“一带一路”是“丝绸之路经济带”和“21 世纪海上丝绸之路”的简称。2013 年 9 月 7 日，中国国家主席习近平在哈萨克斯坦纳扎尔巴耶夫大学作演讲时提出共同建设“丝绸之路经济带”。一个月后，习近平在印度尼西亚国会大厦发表演讲，提出共同建设“21 世纪海上丝绸之路”的倡议，据此共同构成了“一带一路”倡议。同年 11 月，“一带一路”概念被写入《中共中央关于全面深化改革若干重大问题的决定》及 2014 年之后各年的《政府工作报告》。“一带一路”倡议不仅有助于中国对外开放区域结构转型、要素流动转型与产业转移，而且有助于推动与中国有经济合作的世界其他国家经济结构的转变、国际贸易合作与贸易机制的转型。

二、“一带一路”倡议的必要性

“一带一路”倡议虽然是中国国家级顶层设计，然而它不仅是对中国未来发展的规划和指导，更会对世界产生深远的影响。2008 年国际金融危机爆发后，至今世界经济仍未走出金融危机的深层次影响，经济复苏脆弱乏力。中国作为世界上第二大经济体，对世界经济有很强的影响力。图 1.1 的子图（a）是 1960~2017 年世界商品进出口贸易额现价美元的时间序列；1995 年 WTO 成立后，世界进出口额增速高于 WTO 成立前；而 2001 年中国加入 WTO 以后，世界进出口贸易额增速出现历史新高，并且这种高增速一直持续到国际金融危机爆发前。图 1.1 的子图（b）、（c）、（d）分别反映出中国、墨西哥和美国在 1960~2017 年进出口贸易额的变化情况（其中，美国 2017 年的数据缺失）。2001 年中国加入 WTO 以后，中国的进出口贸易进入高速增长阶段；而在 WTO 成立之初就加入的美国和墨西哥，初入时进出口贸易额增速也有提高，但在中国加入 WTO 后迎来了更高的增速。中国加入 WTO 后对世界贸易产生了巨大影响，受益的不仅包括美国、英国等发达国家，还包括了墨西哥、泰国等发展中国家。随着中国经济的增长，中国在国际贸易中处于越来越重要的位置，这使得中国有能力倡议“一带一路”，并得到国际社会的高度关注和众多国家的积极响应。

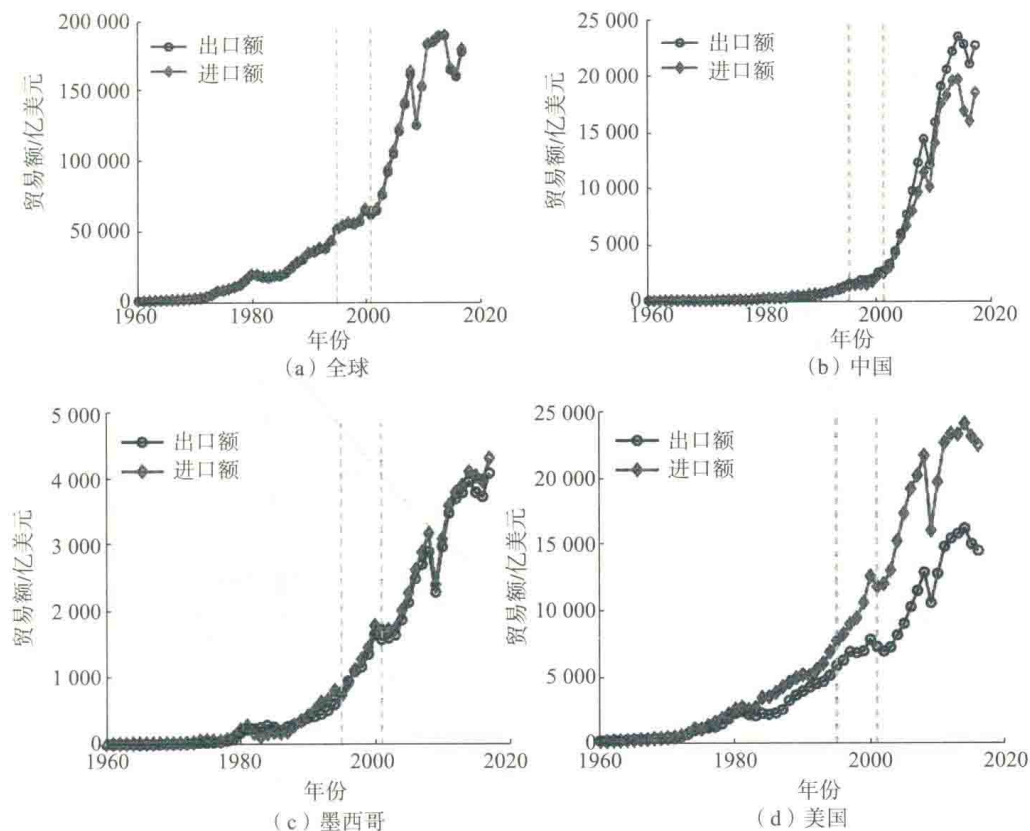


图 1.1 1960~2017 年中国、墨西哥、美国与全球进出口贸易总额
两条竖直的虚线表示 1995 年 WTO 成立和 2001 年中国正式加入 WTO

全球金融危机爆发后，经济复苏脆弱乏力，致使保护主义加剧。当 2016 年英国进行脱欧公投并最终成功脱欧时，民粹主义的胜利仍被认为是“黑天鹅事件”，而直到特朗普赢得美国总统大选，还可以坚持认为这只是偶然吗？2017 年特朗普正式就任美国总统后就签署行政命令，决定退出跨太平洋伙伴关系协定（Trans-Pacific Partnership Agreement, TPP）并撕毁多边贸易协定。2017 年 1 月 27 日，特朗普签署了一份名为“阻止外国恐怖分子进入美国的国家保护计划”的行政命令，这份行政令要求，未来 90 天内，禁止伊拉克、叙利亚、伊朗、苏丹、索马里、也门和利比亚等七国公民入境美国。特朗普就任美国总统后的种种举措，预示着未来几年美国在全球的声誉将越来越弱。然而，全球化发展至今，世界上的众多国家已经通过国际贸易、对外投资和通信技术等紧密联系在一起，不可能简单退回到独立、封闭的时代；相反，技术的创新与发展更要求国家和区域间进行交流与合作。因此，当今世界的发展趋势不是“逆全球化”，而是一种新型的“全球化”。作为世界第一大经济体的美国既已选择“逆全球化”，作为世界第二大经济体的中国就有责任倡导“一带一路”并成为全球经济的引领者，重

构现有的贸易规则，使其更适用于当前的新型“全球化”时代。

三、“一带一路”倡议的发展现状

在“一带一路”倡议提出之后的一年多时间里，习近平主席、李克强总理等国家领导人先后出访 20 多个国家，出席加强互联互通伙伴关系对话会、中阿合作论坛第六届部长级会议，就双边关系和地区发展问题，多次与有关国家元首和政府首脑进行会晤，深入阐释“一带一路”的深刻内涵和积极意义，就共建“一带一路”达成广泛共识。2014 年底，习近平主席在北京举行的亚洲太平洋经济合作组织（Asia-Pacific Economic Cooperation, APEC）会议上宣布，中国出资 400 亿美元成立丝路基金，为“一带一路”沿线国家基础设施有关项目提供投融资支持。2015 年 3 月 28 日，国家发展和改革委员会、外交部和商务部联合发布了《推动共建丝绸之路经济带和 21 世纪海上丝绸之路的愿景与行动》，提出了共建“一带一路”的方向和任务。同年 12 月 25 日，亚洲基础设施投资银行（简称亚投行）正式成立，为亚洲地区长期的巨额基础设施建设融资缺口提供资金支持。2017 年 5 月 14 日至 15 日，“一带一路”国际合作高峰论坛在北京举行，全面总结“一带一路”建设的积极进展，共商下一阶段的重要合作举措。

“一带一路”倡议提出至今已逾五载，“一带一路”建设从提出到实施，进度和成果超出预期。现在全球已有 100 多个国家和国际组织共同参与，40 多个国家和国际组织已与中国签署合作协议，形成广泛的国际合作共识。

第二节 “一带一路”大数据的界定

“一带一路”大数据包括基础设施建设、世界贸易、政治冲突、政治和经济风险评估、国际关系、民意、旅游、宗教、体育、教育、环境、法律等方面的相关数据。下面我们扼要介绍有哪些数据源可以帮助我们获取与“一带一路”有关的大数据。

一、相关数据源简介

本书列出部分数据源以供参考。具体见表 1.1。