

经济
科学
译
库

Social Network
Analysis:
Methods and
Applications

社会

社会网络分析： 方法与应用

斯坦利·沃瑟曼

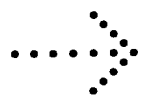
Stanley Wasserman

凯瑟琳·福斯特

Katherine Faust

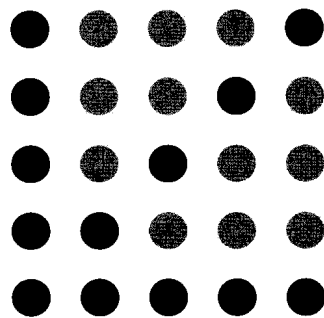
陈 禹 孙彩虹

齐 心 /校



经济科学译库

社会网络分析： 方法与应用



斯坦利·沃瑟曼

Stanley Wasserman

凯瑟琳·福斯特 / 著

Katherine Faust

陈禹 孙彩虹 / 译

齐心 / 校

Social Network
Analysis:
Methods and
Applications

中国人民大学出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

社会网络分析: 方法与应用/沃瑟曼等著; 陈禹等译. —北京: 中国人民大学出版社, 2011.12
(经济科学译库)

ISBN 978-7-300-15030-7

I. ①社… II. ①沃… ②陈… III. ①社会分析 IV. ①C915

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 271954 号

经济科学译库

社会网络分析: 方法与应用

斯坦利·沃瑟曼 凯瑟琳·福斯特 著

陈禹 孙彩虹 译

齐心 校

Shehui Wangluo Fenxi: Fangfa yu Yingyong

出版发行 中国人民大学出版社

社 址 北京中关村大街 31 号

邮政编码 100080

电 话 010-62511242 (总编室)

010-62511398 (质管部)

010-82501766 (邮购部)

010-62514148 (门市部)

010-62515195 (发行公司)

010-62515275 (盗版举报)

网 址 <http://www.crup.com.cn>

<http://www.ttrnet.com> (人大教研网)

经 销 新华书店

印 刷 涿州市星河印刷有限公司

规 格 185 mm×260 mm 16 开本

版 次 2012 年 4 月第 1 版

印 张 41.5 插页 2

印 次 2012 年 4 月第 1 次印刷

字 数 898 000

定 价 78.00 元

版权所有 侵权必究 印装差错 负责调换

序 言

本书的目标是对网络分析方法进行综述，为那些对分析关系数据感兴趣的研究者提供一本参考书，也可作为社会网络初学者了解该领域基本情况的教科书。我们希望这本书能够帮助研究人员了解到大范围的社会网络方法，理解这些方法背后的理论动机，重视社会网络的应用价值，找到为给定的研究应用选择适当方法的一些指导方针。过去十年间已经有几本涉及社会网络理论、应用和方法等方面的书籍和丛书出版，但这些书里没有一本对社会网络方法论作了全面讨论。我们希望这本书能够填补这个空白。贝克维兹（Berkowitz, 1982）和伯特（Burt, 1982）所著的书中已经详尽讨论了网络视角的理论基础。在这些书中已经提供了很好的理论概述，除了直接与网络方法相关外，本书中将不再详述社会网络研究的理论进展。此外，还有些论文集收录了关于将网络思想应用到实际研究问题中去的论文（Leinhardt, 1977；Holland and Leinhardt, 1979；Marsden and Lin, 1982；Wellman and Berkowitz, 1988；Breiger, 1990a；Hiramatsu, 1990；Weesie and Flap, 1990；Wasserman and Galaskiewicz, 1994）。这些论文集中收录了包含网络分析的基础性著作以及来源于多个学科的应用例子。

一些书中给出了网络方法中专题的阅读文献列表（例如，Burt and Minor, 1983），当前方法论进展的论文（例如，Freeman, White and Romney, 1989），或关于网络分析基本主题的初步讨论（例如，Knoke and Kuklinski, 1982；Scott, 1992）。此外，还有许多关于网络方法论综述的专著和文章（Northway, 1952；

Lindzey and Borgatta, 1954; Mitchell, 1974; Roistacher, 1974; Freeman, 1976; Burt, 1978b; Feger, Hummell, Pappi, Sodeur and Ziegler, 1978; Klodahl, 1979; Niesmoller and Schijf, 1980; Burt, 1980; Alba, 1981; Frank, 1981; Wellman, 1983; Rice and Richards, 1985; Scott, 1988; Wellman, 1988a; Wellman and Berkowitz, 1988; Marsden, 1990b)。最近, 出版了许多讨论关于高级方法论主题的书籍。哈根和哈拉里 (Hage and Harary, 1983) 是其中的典型; 博伊德 (Boyd, 1990), 布雷格 (Breiger, 1991) 和帕蒂森 (Pattison, 1993) 向读者介绍了其他一些专题。

然而, 对那些希望理解网络分析的研究人员而言, 在初步讨论和复杂分析之间存在空白, 没有一本书提供了对网络方法论的统一论述。正因为如此, 我们想通过本书填补这个空白, 对网络分析方法论给出一个宽泛、全面及完整的讨论。

我们要感谢很多人, 感谢他们对这本书出版的帮助。马克·格兰维特 (Mark Granovetter), 剑桥大学出版社这一丛书的编辑, 在修订书稿的这些年给了我们许多鼓励。林·弗里曼 (Lin Freeman), 罗·布雷格 (Ron Breiger) 和彼得·马斯顿 (Peter Marsden) 为剑桥出版社审阅了这本书的初稿, 对改进提出了许多建议。阿莲娜·迈克尔森 (Alaina Michaelson) 在 1990—1991 学年期间阅读了整部书稿, 为此特别感谢。苏·弗里曼 (Sue Freeman), 乔·格拉斯科维斯 (Joe Galaskiewicz), 奈杰尔·霍普金斯 (Nigel Hopskins), 莱瑞·休伯特 (Larry Hubert), 皮蓬·帕蒂森 (Pip Pattison), 金·罗姆尼 (Kim Romney) 和汤姆·斯尼德斯 (Tom Snijders) 阅读了不同的章节, 做了很多有用的评论。南卡罗来纳州大学社会学系的同事 [约翰·斯科沃瑞茨 (John Skvoretz), 帕特·诺兰 (Pat Nolan), 戴夫·威勒 (Dave Willer), 谢莉·史密斯 (Shelley Smith), 吉姆·桑德斯 (Jim Sanders), 拉拉·斯地蒙 (Lala Steelman) 和史蒂夫·博尔加蒂 (Steve Borgatti)] 为我们提供了灵感, 还有菲利普·阿拉比耶 (Phipps Arabie), 弗兰克·罗莫 (Frank Romo) 和哈里斯·怀特 (Harrison White)。感谢戴夫·克莱克哈特 (Dave Krackhardt), 约翰·帕杰特 (John Padgett), 罗斯·伯纳德 (Russ Bernard), 林·弗里曼 (Lin Freeman) 和乔·格拉斯科维斯 (Joe Galaskiewicz) 为我们分享数据。我们的学生卡罗琳·安德森 (Carolyn Anderson), 迈克·沃克 (Mike Walker), 黛安·佩恩 (Diane Payne), 劳拉·柯雷 (Laura Koehly), 先农·莫里森 (Shannon Morrison) 和梅利莎·阿波实 (Melissa Abboushi) 都是很棒的助手。吉尔·格雷 (Jill Grace) 为我们提供图书馆方面的协助。此外, 我们同样感谢本书中用到的分析数据的电脑程序的作者——卡瑞·斯布瑞格 (Karel Sprenger) 和弗兰斯·司托克门 [Frans Stokman (*GRADAP*)], 罗·布雷格 [Ron Breiger (*ROLE*)], 诺亚·弗里德金 [Norah Friedkin (*SNAPS*)], 罗·博特 [Ron Burt (*STRUCTURE*)], 林·弗里曼 (Lin Freeman), 史蒂夫·博尔加蒂 (Steve Borgatti) 和马丁·埃弗里特 [Martin Everett (*UCINET*)]。当然, 我们也非常感谢埃利森 (Allison), 德鲁 (Drew), 埃利奥特 (Eliot), 基思 (Keith), 罗斯 (Ross) 以及莎拉 (Sarah), 因为用了他们的名字!

埃米莉·卢斯 (Emily Loose) 是我们在剑桥的第一个编辑, 一直都在尽力帮助我们加速本书的付印。剑桥的伊丽莎白·尼尔 (Elizabeth Neal) 和保利娜·

爱尔兰 (Pauline Ireland) 在出版的最后阶段给予我们很多帮助。密歇根大学政治社会研究校际联盟的汉克·赫特维特 (Hank Heitowit), 七年来让社会网络分析作为一门课程在暑期用定量方法进行讲授。对于 ICPSR 的学生, 还有来自伊利诺伊大学厄巴纳分校、南卡罗来纳州大学、美国大学的学生, 在此特致谢忱。最后, 我们感谢国家科学基金会的默里·阿博思 (Murry Aborn), 吉姆·布莱克曼 (Jim Blackman), 萨利·纳洛夫 (Sally Nerlove) 和彻丽尔·伊维 (Cheryl Eavey) 这些年来给予的经济资助 (最近, 是通过 NSF 给伊利诺伊大学的 SBR93-10184 号拨款)。

我们将本书献给萨拉·沃瑟曼 (Sarah Wasserman)、唐·福斯特 (Don Faust) 和马格丽特·福斯特 (Margaret Faust), 没有他们, 这本书将是不可能完成的。

斯坦利·沃瑟曼
大湖 (Grand Lake), 肯塔基州
凯瑟琳·福斯特
谢佛湖 (Shaver Lake), 加利福尼亚
1993年8月

修订版注: 我们感谢读者在原版中发现的错误 (无论是印刷上的还是其他方面的), 在修订版中这些错误已经得到了校正。

1996年9月

目 录

第一部分	网络、关系和结构	1
	第 1 章 社会科学和行为科学中的社会网络分析	3
	1.1 社会网络视角	4
	1.2 历史基础和理论基础	7
	1.2.1 经验动因	8
	1.2.2 理论动因	10
	1.2.3 数学动因	11
	1.2.4 小结	12
	1.3 网络分析的基本概念	12
	1.4 网络理论和网络测度的显著特征	14
	1.5 本书结构以及如何阅读本书	15
	1.5.1 复杂性	16
	1.5.2 描述方法和统计方法	16
	1.5.3 理论驱动方法	16
	1.5.4 按时间排列	17
	1.5.5 分析层次	17
	1.5.6 需要提前阅读的章节	18
	1.6 总结	19

第2章 社会网络数据：收集与应用	20
2.1 引言：什么是网络数据？	20
2.1.1 结构变量与成分变量	21
2.1.2 模式	21
2.1.3 从属变量	21
2.2 边界界定和抽样	22
2.2.1 什么是你要研究的总体	22
2.2.2 抽样	24
2.3 网络类型	25
2.3.1 单模网络	26
2.3.2 双模网络	28
2.3.3 自我中心以及特殊的二元网络	29
2.4 网络数据、测量与收集	30
2.4.1 测量	31
2.4.2 收集	32
2.4.3 纵向数据收集	38
2.4.4 测量的有效性、可靠性、准确性、误差	39
2.5 在本书中可以找到的数据集	42
2.5.1 Krackhardt 的高科技管理人员	42
2.5.2 Padgett 的佛罗伦萨家庭	43
2.5.3 Freeman 的电子信息交换系统网络	44
2.5.4 国家贸易数据	45
2.5.5 Galaskiewicz 的 CEO 和俱乐部网络	46
2.5.6 其他数据	47

第二部分 社会网络的数学表示 49

第3章 社会网络数据的符号表示	51
3.1 图论符号表示法	53
3.1.1 单一关系	53
3.1.2 ○多重关系	55
3.1.3 小结	56
3.2 社会计量符号表示	57
3.2.1 单一关系	59
3.2.2 多重关系	60
3.2.3 提要	62
3.3 ○代数符号表示	62
3.4 ○两个行动者集合	63
3.4.1 ⊗不同类型的组对	64
3.4.2 ○社会计量的符号表示	64
3.5 总结	66

第 4 章 图和矩阵	68
4.1 为什么引入图?	69
4.2 图	70
4.2.1 子图、二元图和三元图	71
4.2.2 节点度	73
4.2.3 图和子图的密度	74
4.2.4 例子: Padgett 的佛罗伦萨家族	75
4.2.5 链、迹和路	77
4.2.6 连通图和连通分图	79
4.2.7 测地线、距离和直径	80
4.2.8 图的连通性	82
4.2.9 同构图和子图	85
4.2.10 ○特殊种类的图	86
4.3 有向图	88
4.3.1 子图——二元图	90
4.3.2 节点的入度和出度	91
4.3.3 有向图的密度	93
4.3.4 例子	93
4.3.5 有向链、有向路和半路	94
4.3.6 有向图的可达性和连通性	96
4.3.7 测地线、距离和直径	97
4.3.8 ○特殊种类的有向图	98
4.3.9 提要	99
4.4 符号图和符号有向图	99
4.4.1 符号图	100
4.4.2 符号有向图	101
4.5 有价值图和有值有向图	102
4.5.1 节点和二元图	103
4.5.2 有价值图中的密度	104
4.5.3 ○有价值图中的路径	104
4.6 多图	106
4.7 ⊗超图	106
4.8 关系	108
4.8.1 定义	108
4.8.2 关系的特性	109
4.9 矩阵	109
4.9.1 图的矩阵	110
4.9.2 有向图的矩阵	111
4.9.3 有价值图的矩阵	112
4.9.4 双模网络的矩阵	112

4.9.5	超图的矩阵	112
4.9.6	基本矩阵运算	113
4.9.7	计算简单的网络属性	117
4.9.8	小结	120
4.10	图、关系和矩阵的属性	120
4.10.1	反身性	120
4.10.2	对称性	121
4.10.3	传递性	121
4.11	总结	121

第三部分

结构和位置属性	123
----------------	-----

第5章 中心性和声望	125
-------------------	-----

5.1	显著：中心性和声望	127
5.1.1	行动者的中心性	128
5.1.2	行动者的声望	129
5.1.3	组群集中度和组群声望	129
5.2	无向关系	131
5.2.1	度中心性	131
5.2.2	接近中心度	135
5.2.3	中介中心度	139
5.2.4	⊗信息中心度	141
5.3	有向关系	145
5.3.1	中心性	146
5.3.2	声望	148
5.3.3	一个不同的例子	153
5.4	比较和扩展	157

第6章 结构平衡和传递性	161
---------------------	-----

6.1	结构平衡	163
6.1.1	符号无向关系	164
6.1.2	符号有向关系	167
6.1.3	平衡性检验	168
6.1.4	平衡指数	170
6.1.5	小结	171
6.2	可聚类性	171
6.2.1	聚类定理	172
6.2.2	小结	175
6.3	可聚类性的一般化	175
6.3.1	实证依据	175
6.3.2	等级可聚类性	176
6.3.3	小结	178

6.4	传递性	179
6.5	总结	181
第7章	凝聚子群	183
7.1	背景	184
7.1.1	社会群体和子群	184
7.1.2	标记法	185
7.2	基于完全交互性的子群	186
7.2.1	团的定义	186
7.2.2	一个例子	187
7.2.3	思考	188
7.3	基于可及性和直径的子群	189
7.3.1	n -团	189
7.3.2	一个例子	190
7.3.3	一些思考	191
7.3.4	n -族和 n -社	191
7.3.5	小结	193
7.4	基于节点度的子群	193
7.4.1	k -丛	194
7.4.2	k -核	195
7.5	子群内外联系之间的比较	195
7.5.1	LS 集	196
7.5.2	λ 集	197
7.6	子群凝聚程度的度量	198
7.7	有向关系	200
7.7.1	基于交互联系的团	200
7.7.2	有向关系中的连通性	201
7.7.3	有向关系中的 n -团	201
7.8	有值关系	203
7.8.1	团, n -团和 k -丛	204
7.8.2	其他有值关系方法	206
7.9	凝聚子群的解释	207
7.10	其他方法	207
7.10.1	矩阵置换方法	208
7.10.2	多维标度	210
7.10.3	因子分析	211
7.11	总结	212
第8章	从属与子群的重叠	213
8.1	从属网络	213
8.2	背景	214
8.2.1	理论	214

8.2.2	概念	215
8.2.3	应用和原理	216
8.3	表示从属网络	218
8.3.1	从属网络矩阵	218
8.3.2	二分图	219
8.3.3	超图	221
8.3.4	单形和单纯复形	223
8.3.5	小结	223
8.3.6	一个例子: Galaskiewicz 的 CEO 和俱乐部	224
8.4	单模网络	224
8.4.1	定义	224
8.4.2	例子	226
8.5	从属网络的属性	228
8.5.1	行动者和事件的属性	229
8.5.2	单模网络的属性	230
8.5.3	考虑子群大小	235
8.5.4	解释说明	237
8.6	⊗行动者和事件的同时分析	238
8.6.1	⊗伽罗瓦格 (Galois Lattices)	238
8.6.2	⊗对应分析	243
8.7	总结	249

第四部分

角色和地位	251
第9章 结构等价	253
9.1 背景	254
9.1.1 社会角色和地位	254
9.1.2 地位和角色分析概述	256
9.1.3 简要历史	258
9.2 结构等价的定义	259
9.2.1 定义	259
9.2.2 一个例子	260
9.2.3 定义结构等价中遇到的一些问题	261
9.3 地位分析	263
9.3.1 多重关系网络的简化	263
9.3.2 地位分析的任务	265
9.4 度量结构等价	266
9.4.1 结构等价测度——欧几里得距离法	267
9.4.2 结构等价测度的相关性法	269
9.4.3 结构等价测度的一些注意事项	271

9.5	网络地位的代表法	273
9.5.1	将行动者分类	273
9.5.2	行动者等价性的空间表示法	279
9.5.3	地位之间和地位内部的联系	281
9.6	总结	284
第10章	块模型	286
10.1	定义	287
10.2	建立块	288
10.2.1	完全匹配(胖匹配)	289
10.2.2	零块准则(瘦匹配)	290
10.2.3	一块准则	290
10.2.4	密度准则	290
10.2.5	准则的比较	291
10.2.6	例子	291
10.2.7	有值关系	295
10.3	解释	296
10.3.1	行动者属性	296
10.3.2	描述个别地位	298
10.3.3	映像矩阵	301
10.4	总结	306
第11章	关系代数	307
11.1	背景	308
11.2	符号和代数运算	309
11.2.1	组合和复合关系	310
11.2.2	复合以及复合关系的属性	312
11.3	关系的乘法表	313
11.3.1	乘法表和关系结构	314
11.3.2	一个例子	317
11.4	角色表的简化	319
11.4.1	通过比较映像的简化	320
11.4.2	\otimes 同态约简	321
11.5	\otimes 比较角色结构	324
11.5.1	联合同态约简	325
11.5.2	普通结构半群	326
11.5.3	一个例子	327
11.5.4	测量角色结构的相似性	329
11.6	总结	331
第12章	网络地位和角色	333
12.1	背景	334
12.1.1	角色和地位的理论定义	334

12.1.2	12.1.2 社会网络中角色分析的层次	335
12.1.3	12.1.3 网络等价性	336
12.2	12.2 回到结构等价性	338
12.3	12.3 自同构等价和同构等价	339
12.3.1	12.3.1 定义	339
12.3.2	12.3.2 例子	340
12.3.3	12.3.3 测度自同构等价性	341
12.4	12.4 正则等价性	342
12.4.1	12.4.1 正则等价性的定义	342
12.4.2	12.4.2 无向关系的正则等价性	343
12.4.3	12.4.3 正则等价性块模型	344
12.4.4	12.4.4 ○正则等价性的测度	346
12.4.5	12.4.5 一个例子	348
12.5	12.5 联系的“类型”	349
12.5.1	12.5.1 一个例子	351
12.6	12.6 局部角色等价性	352
12.6.1	12.6.1 局部角色相异性的测度	353
12.6.2	12.6.2 例子	355
12.7	12.7 自我代数	357
12.7.1	12.7.1 自我代数的定义	359
12.7.2	12.7.2 自我代数等价性	360
12.7.3	12.7.3 测度自我代数相似性	360
12.7.4	12.7.4 例子	361
12.8	12.8 讨论	363

第五部分

二元方法和三元方法	365
第13章 二元图	367
13.1 概述	368
13.2 实例和定义	369
13.3 二元图	370
13.3.1 二元谱	372
13.3.2 实例及其二元谱	373
13.3.3 相互性指数	374
13.3.4 ⊗第二个相互性指数	377
13.3.5 ○一般性的子图分析	378
13.4 简单分布	379
13.4.1 均匀分布——回顾	380
13.4.2 有向图的简单分布	382
13.5 弧数目的统计分析	383
13.5.1 检验	384

13.5.2	估计	386
13.6	⊗条件均匀分布	388
13.6.1	以弧的数目为条件的均匀分布	388
13.6.2	以出度数目为条件的均匀分布	390
13.7	相互二元图数目的统计分析	391
13.7.1	估计	392
13.7.2	检验	394
13.7.3	举例	395
13.8	其他的条件均匀分布	395
13.8.1	以入度为条件的均匀分布	396
13.8.2	$U MAN$ 分布	397
13.8.3	更为复杂的分布	399
13.9	其他研究	401
13.10	总结	403
第14章	三元图	404
14.1	随机模型和实际假设	405
14.2	三元图	406
14.2.1	三元谱	410
14.2.2	例子和其三元谱	417
14.3	三元谱分布	418
14.3.1	⊗ K -子图谱的均值和方差	419
14.3.2	三元谱的均值和方差	421
14.3.3	回到例子中	422
14.3.4	三元谱线性组合的均值和方差	424
14.3.5	简单的回顾	425
14.4	结构假设检验	425
14.4.1	配置 (configurations)	425
14.4.2	从配置到加权向量	428
14.4.3	从加权向量到统计检验	431
14.4.4	一个例子	432
14.4.5	另一个例子——传递性检验	433
14.5	概述与结论	434
14.6	总结	436
第六部分	统计二元交互模型	439
第15章	对单一关系网络的统计分析	441
15.1	单一有向关系	443
15.1.1	Y -阵列	443
15.1.2	Y -阵列模型	446
15.1.3	参数	451

15.1.4	⊗ p_1 是一个随机有向图分布吗?	461
15.1.5	小结	462
15.2	属性变量	462
15.2.1	引言	463
15.2.2	W-阵列	464
15.2.3	属性变量的基本模型	467
15.2.4	举例: 属性变量的用法	470
15.3	更进一步的汇总数据的有关模型	473
15.3.1	严格关系分析——V-阵列	474
15.3.2	定序关系数据	476
15.4	无向关系	478
15.4.1	一个模型	478
15.4.2	一个例子	478
15.5	⊗近期对 p_1 的一般化	480
15.6	单一关系与两个行动者集合	482
15.6.1	引言	482
15.6.2	基本模型	483
15.6.3	双模网络的二元组汇总	483
15.7	对数-线性模型的计算	485
15.7.1	计算软件包	485
15.7.2	从打印输出到参数选择	489
15.8	总结	491
第 16 章 随机块模型和拟合优度指数		493
16.1	评估块模型	495
16.1.1	块模型的拟合优度统计量	496
16.1.2	基于结构的块模型和排列检验	502
16.1.3	一个例子	503
16.2	随机块模型	505
16.2.1	随机块模型的定义	506
16.2.2	随机等价的定义	508
16.2.3	特殊概率函数的应用	508
16.2.4	随机块模型的拟合优度指数	512
16.2.5	随机后验块模型	514
16.2.6	随机等价的测度	515
16.2.7	随机块模型表示	516
16.2.8	继续前面的例子	517
16.3	总结: 概括和扩展	523
16.3.1	多重关系网络的统计分析	523
16.3.2	纵向关系的统计分析	524

第七部分	结语	527
	第 17 章 未来的发展方向	529
	17.1 统计学模型	529
	17.2 概括新型数据	530
	17.2.1 多重关系	531
	17.2.2 动态和纵向网络模型	531
	17.2.3 自我中心网络	532
	17.3 数据收集	532
	17.4 抽样	533
	17.5 关于结构的一般命题	533
	17.6 计算机技术	534
	17.7 网络与一般的社会科学和行为科学	534
	附录 A 计算机程序	535
	A.1 GRADAP	535
	A.2 <i>KrackPlot</i>	536
	A.3 NEGOPY 和 FATCAT	536
	A.4 SNAPS	536
	A.5 STRUCTURE	537
	A.6 UCINET	537
	附录 B 数据	538
	B.1 Krackhardt 高科技经理	538
	B.2 Padgett 的佛罗伦萨家族	538
	B.3 Freeman 的 <i>EIES</i> 网络	539
	B.4 国家贸易数据	539
	B.5 Galaskiewicz 的首席执行官和俱乐部网络	539
	参考文献	555
	关键术语	614
	符号表	633
	译后记	639
	翻译说明	642