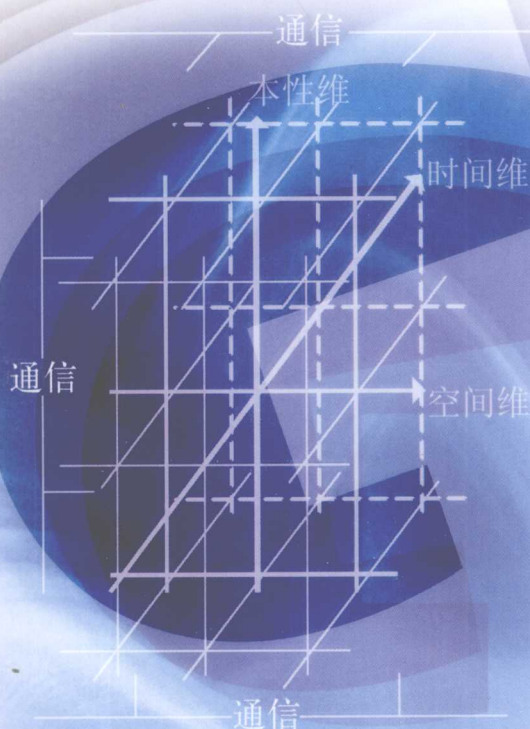




地理信息系统理论与应用丛书

并行时空模型

● 朱定局 著



科学出版社
www.sciencep.com

地理信息系统理论与应用丛书

并行时空模型

朱定局 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书提出并研究了并行时空模型:从科学层面上研究如何时空并行,即如何理解和表示“时空并行性”;从技术层面上研究如何构建能在并行计算机上运行的时空模型,即在并行计算机上模拟时空并行性的方法;从应用层面上研究如何应用并行时空模型,这对地理信息科学领域中时空模型的并行化、数字城市的规模化和并行化,以及计算机科学领域中并行计算的应用推广都具有理论和实践意义。

本书可供地理信息科学领域和计算机科学领域的研究人员使用,亦可作为高等院校和科研院所相关专业的教学用书和参考用书,同时还可以供政府部门和企事业单位数字信息化建设参考。

图书在版编目(CIP)数据

并行时空模型/朱定局著. —北京:科学出版社, 2009

(地理信息系统理论与应用丛书)

ISBN 978-7-03-025734-5

I. 并… II. 朱… III. 地理信息系统 - 研究 IV. P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 176027 号

责任编辑:朱海燕 韩 鹏 刘希胜/责任校对:张 琪

责任印制:钱玉芬/封面设计:王 浩

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

陈海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009 年 10 月第 一 版 开本: 787 × 1092 1/16

2009 年 10 月第一次印刷 印张: 13 1/4

印数: 1—3 000 字数: 277 000

定价: 38.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈环伟〉)

作者简介



朱定局 博士,毕业于中国科学院计算技术研究所。先后任职于胜利油田地质科学研究所、美国 Texas State University 地理系(访问学者)、北京大学(博士后)。现任职于中国科学院深圳先进技术研究院,全国高性能计算专业委员会委员,国家“863”重大项目(华南高性能计算与数据模拟网格)副组长。获授权专利2项(“一种数字城市全自动生成的方法”与“一种图像处理中物体自动识别并三维重建的方法”),撰写 *Handbook of Research on Artificial Immune Systems and Natural Computing: Applying Complex Adaptive Technologies* 中 *Nature Inspired Parallel Computing* 一章。

前 言

自然场景、动物、植物、人造物都并行地存在于时空之中；物理反应、化学反应都可以并行地发生；人们可以并行地协作来完成一件事情或者一个项目。时空中的万事万物相对独立又相互联系，因此万事万物在大部分时间内可以独立地存在，有时又需要相互作用。

随着人类对地球观测手段的快速发展，人们获取城市数据的能力越来越强、成本越来越低，对海量空间数据的处理也成为数字城市和电子政务建设的“瓶颈”之一。世界范围内不少部门要管理和分析海量时空数据，传统的时空模型不能很好地满足海量时空数据的管理和分析。并行计算和时空模型也是近几年来 GIS 研究中最活跃的领域之一。

本书主要涉及计算机科学领域的并行计算研究方向和地理信息科学领域的时空模型研究方向。传统时空模型使用的是串行计算模式，但当时空问题的规模超过串行计算机的计算和存储能力时，串行计算机就无法模拟其传统时空模型。大部分时空应用中有着海量应用、海量空间、海量时间、海量用户，并要求在有效的时间内模拟出结果。显然应用传统时空模型无法解决大规模时空应用问题，所以本书提出并研究并行时空模型。

并行时空模型继承传统时空模型模拟客观世界时空特性的能力，增加模拟客观世界时空并行的能力。并行时空模型能够将时空应用中的时空问题划分为很多小的时空问题，并能将这些小的时空问题映射到并行计算机的不同计算节点。当时空问题规模增大时，只要相应地增加划分的数量，保持每个划分中时空问题的规模大小，同时相应地增大并行计算节点的数量，就可以在有效的时间内进行模拟。

本书的主要内容如下：

(1) 结合并行计算和时空模型技术，提出并研究了并行时空模型。从时空对象的本质、空间属性、时间属性上划分了不同类型的时空模型，为开发并行时空应用提供可以参考的模型。给出了并行时空模型的数据结构设计方法、程序结构设计方法、数据库表设计方法、基本操作，并以数字城市、违章建筑监测、遥感图像识别、交通监控为例说明了并行时空模型的应用方法。

(2) 研究并给出将传统时空模型及其应用升级为并行时空模型及其应用的方法。具体为：分别将时空立方体模型、时空快照修正模型、时空组合模型从传统时空模型升级为并行时空模型，以及利用并行时空模型升级现有数字城市的方法。

值此书出版之际，谨向樊建平研究员和湛飞并教授表示衷心的感谢！

本书作者提出的并行时空模型是探索性的研究，同时由于作者水平有限，书中难免有不足甚至错误之处，恳请读者批评指正。

朱定局

2009年2月9日

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 时空数据模型	1
1.1.1 时空数据模型的研究意义	1
1.1.2 时空数据模型的研究现状	3
1.1.3 已有时空数据模型的分类	3
1.1.4 已有时空数据模型的局限性	5
1.2 时态 GIS 与并行 GIS	6
1.2.1 时态 GIS	6
1.2.2 并行 GIS	6
1.2.3 时态 GIS 与并行 GIS 需要集成	7
1.3 数字城市	7
1.3.1 数字城市的研究意义	7
1.3.2 数字城市的研究现状	8
1.3.3 数字城市的已有技术	10
1.3.4 现有数字城市需要并行	11
1.4 并行计算	12
1.4.1 并行数据挖掘	12
1.4.2 并行交通仿真	13
1.4.3 并行视频压缩	13
1.4.4 已有并行研究在时空中不足	14
1.5 本书的内容	14
1.6 本书的组织	15
第 2 章 并行时空模型的理论基础	16
2.1 时空模型	16
2.1.1 时空立方体模型	16
2.1.2 序列快照模型	17
2.1.3 基态修正模型	18
2.1.4 时空复合模型	19
2.1.5 离散格网单元列表模型	20
2.1.6 时空对象模型或双时间时空对象模型	21
2.1.7 基于特征的时空数据模型	21
2.1.8 图谱数据模型	21
2.1.9 面向对象的数据建模	22

2.1.10	基于事件的时空模型	23
2.1.11	基于时间语义模型或称时空属三域模型	24
2.1.12	基于状态事件的时空模型	25
2.2	并行模式	25
2.2.1	任务播种	26
2.2.2	单控制流多数据流	26
2.2.3	分治策略	26
2.2.4	数据流水线	27
2.2.5	投机策略	27
2.2.6	混合模型	27
2.3	时空模型与并行模式的特点与互补性	27
第3章	并行时空模型的概念与设计	29
3.1	时空中的并行模式	29
3.1.1	时空数据并行模式	29
3.1.2	时空任务并行模式	30
3.1.3	时空流水线并行模式	31
3.1.4	时空混合并行模式	32
3.1.5	时空并行模式的效率	34
3.2	并行时空模型中的基本概念	35
3.2.1	并行时空模型的组成要素	35
3.2.2	并行时空模型的定义	36
3.3	并行时空模型的设计	38
3.3.1	划分的原则	39
3.3.2	单级一维并行时空模型	40
3.3.3	单级二维并行时空模型	45
3.3.4	单级三维并行时空模型	49
3.3.5	多级并行时空模型	51
3.3.6	独立并行时空模型与关联并行时空模型	55
3.3.7	单式并行时空模型与复式并行时空模型	57
3.3.8	松耦合并行时空模型与紧耦合并行时空模型	61
3.4	并行时空模型举例	64
3.4.1	单级各维单式独立并行时空模型	64
3.4.2	复式联合多级并行时空模型	66
3.5	并行时空模型中的基本操作	66
3.5.1	并行本性聚类	67
3.5.2	并行查询	68
3.5.3	并行关系运算	70
3.5.4	并行时空分布	76
3.6	并行时空模型到并行计算机的映射方法	84

3.6.1	并行计算机的典型体系结构	84
3.6.2	映射的方法	85
第 4 章	并行时空模型的软件设计方法	87
4.1	时空构件	87
4.2	并行时空构件	89
4.2.1	并行时空构件的特点	89
4.2.2	并行时空构件的并行性	91
4.2.3	并行时空构件的分类	91
4.2.4	并行时空构件的设计	92
4.2.5	并行时空构件的开发原则	102
4.3	并行时空构件的数据传输模式	103
4.3.1	不同并行时空构件内存间传输模式	103
4.3.2	不同并行时空构件内外存间传输模式	104
4.3.3	不同并行时空构件外存间传输模式	105
4.3.4	不同传输模式的应用	105
4.4	并行时空构件的集成方法	106
4.4.1	1:1 管道集成法	107
4.4.2	1:N 管道集成法	107
4.4.3	单级总线集成法	108
4.4.4	多级总线集成法	109
第 5 章	传统时空模型到并行时空模型的升级	110
5.1	时空立方体模型的升级	110
5.1.1	串行时空立方体模型	110
5.1.2	划分串行时空立方体模型	111
5.1.3	索引时空立方体模型	111
5.1.4	并行时空立方体模型	112
5.1.5	多用户时空立方体模型	112
5.2	时空快照修正模型的升级	112
5.2.1	串行时空快照修正模型	112
5.2.2	划分时空快照修正模型	114
5.2.3	索引时空快照模型	114
5.2.4	并行时空快照模型	115
5.2.5	索引与并行时空 2、4 修正模型	115
5.2.6	改进后的索引与并行时空 2、4 修正模型	116
5.2.7	索引与并行时空 3、5 修正模型	116
5.2.8	改进后的索引与并行时空 3、5 修正模型	116
5.3	时空复合模型的升级	117
5.3.1	串行时空复合模型	117
5.3.2	划分时空复合模型	117

5.3.3	索引时空复合模型	118
5.3.4	并行时空复合模型	118
5.3.5	多用户时空复合模型	119
5.4	时空模型划分方法的比较	119
5.5	时空模型升级前后的性能比较	119
第 6 章	基于并行时空模型的数字城市并行化方法	122
6.1	数字城市的并行时空模型	122
6.1.1	数字城市中的时空数据来源	122
6.1.2	数字城市中的时空数据类型	123
6.1.3	数字城市的并行时空建模方法	124
6.1.4	数字城市并行时空建模的方法举例	129
6.2	利用并行时空模型升级已有数字城市的方法	130
6.2.1	升级程序结构	130
6.2.2	升级数据结构	131
6.2.3	升级数据库	132
6.2.4	升级显示机制	132
6.3	并行时空模型在数字城市中的使用方法	133
6.3.1	一种数字城市水平空间的三维重建方法	133
6.3.2	对数字城市三维空间的操作方法	135
6.3.3	数字城市在水平空间上的并行	137
6.3.4	数字城市在主题上的并行	140
6.3.5	数字城市在垂直空间上的并行	143
6.3.6	数字城市在时间维上的并行	146
6.3.7	数字城市中并行通信与协同	154
6.3.8	数字城市中识别和建模的并行	157
6.3.9	数字城市的多用户并行模式与并行显示	159
第 7 章	并行时空模型的应用方法	161
7.1	违章建筑监测	162
7.1.1	并行时空建模	162
7.1.2	并行时空模型中数据的组织与处理	163
7.1.3	并行数据操纵树状图	167
7.1.4	将并行时空模型映射到并行计算机	168
7.1.5	利用并行时空数据模型解决违章建筑问题的体系	168
7.2	实时交通监控	169
7.2.1	分析实时交通的时空并行性	169
7.2.2	实时交通监控的并行时空建模	170
7.2.3	并行时空模型中的同步机制	172
7.2.4	并行时空模型中数据的组织与处理	174
7.2.5	交通监控并行数据操作树状图	178

7.2.6 将并行时空模型映射到并行计算机.....	179
7.2.7 利用并行时空数据模型解决交通监控问题的体系.....	181
7.3 遥感图像识别.....	182
7.3.1 并行划分与建模.....	182
7.3.2 遥感图像识别的并行时空模型中对数据的操作方法.....	182
7.4 应用方法小结.....	183
7.4.1 应用的步骤.....	183
7.4.2 应用的关键.....	184
参考文献.....	185
索引.....	191
结束语.....	192

图 目 录

图 1.1	房屋对象的分割与合并(石伟伟等, 2006)	2
图 1.2	欧洲数字城市(Ishida, 2002)	8
图 1.3	数字城市 Kyoto(Ishida, 2002)	9
图 1.4	基于网格的区域划分(刘泓等, 2006)	13
图 2.1	时空立方体模型(翟亮等, 2005)	17
图 2.2	序列快照模型(翟亮等, 2005)	18
图 2.3	序列快照模型(姜晓轶和周云轩, 2006)	18
图 2.4	基态修正模型(翟亮等, 2005)	19
图 2.5	基态修正模型(姜晓轶和周云轩, 2006)	19
图 2.6	时空复合体模型(姜晓轶和周云轩, 2006)	20
图 2.7	时空复合模型(李阳东等, 2008)	20
图 2.8	离散格网单元列表模型(姜晓轶和周云轩, 2006)	20
图 2.9	时空对象(翟亮等, 2005)	23
图 2.10	基于事件的时空数据模型(姜晓轶和周云轩, 2006)	24
图 2.11	三域模型概念框架(李阳东等, 2008)	24
图 2.12	基于时间语义的模型(姜晓轶和周云轩, 2006)	24
图 2.13	时空状态事件描述(尹章才和李霖, 2005)	25
图 2.14	时空状态事件模型的组成(尹章才和李霖, 2005)	25
图 2.15	主从模式基本结构(何元清等, 2002)	26
图 2.16	单控制流多数据流结构(何元清等, 2002)	26
图 2.17	分治策略的虚拟树(何元清等, 2002)	27
图 2.18	数据流水线结构(何元清等, 2002)	27
图 3.1	时空单级数据并行模式	30
图 3.2	时空多级数据并行模式	30
图 3.3	时空单级任务并行模式	30
图 3.4	时空多级任务并行模式	31
图 3.5	时空单级流水线并行模式	31
图 3.6	时空多级流水线并行模式	31
图 3.7	时空数据-任务并行模式	32
图 3.8	时空任务-数据并行模式	32
图 3.9	时空流水-数据并行模式	33
图 3.10	时空数据-流水并行模式	33
图 3.11	时空流水-任务并行模式	34

图 3.12	时空任务-流水并行模式	34
图 3.13	传统时空模型与并行时空模型的关系	37
图 3.14	时空模型按时空性进行分类	37
图 3.15	并行时空模型按划分之间的并行性进行分类	38
图 3.16	并行时空模型的分类	39
图 3.17	基于时间维对应用对象集合进行划分	41
图 3.18	基于时间维对用户对象集合进行划分	41
图 3.19	基于时间维对观察对象集合进行划分	41
图 3.20	基于空间维对应用对象集合进行划分	42
图 3.21	基于空间维对用户对象集合进行划分	42
图 3.22	基于空间维对观察对象集合进行划分	42
图 3.23	基于本性维对应用对象集合进行划分	43
图 3.24	基于本性维对用户对象集合进行划分	43
图 3.25	基于本性维对观察对象集合进行划分	43
图 3.26	基于本性维和时间维对对象集合进行划分	46
图 3.27	基于空间维和时间维对对象集合进行划分	46
图 3.28	基于空间维和本性维对对象集合进行划分	46
图 3.29	基于空间维、本性维、时间维对对象集合进行划分	49
图 3.30	多级划分	52
图 3.31	单级时间维单式独立并行时空模型	64
图 3.32	单级空间维单式独立并行时空模型	65
图 3.33	单级主题维单式独立并行时空模型	65
图 3.34	多级多式关联并行时空模型	66
图 3.35	求同一个时间上的不同空间中的同类对象	67
图 3.36	求同一个空间上的不同时间中的同类对象	67
图 3.37	求不同时间上的不同空间中的同类对象	68
图 3.38	在同一个时间上的不同空间中查询某对象或某些对象	69
图 3.39	在同一个空间上的不同时间中查询某对象或某些对象	69
图 3.40	在不同时间上的不同空间中查询某对象或某些对象	70
图 3.41	同一时间不同空间内的对象之间的空间关系	70
图 3.42	不同空间内的时间点对象之间的空间关系	71
图 3.43	不同时间同一空间内的对象之间的空间关系	71
图 3.44	不同时间不同空间内的对象之间的空间关系	72
图 3.45	不同时间内的某对象自身与自身的空间关系	73
图 3.46	不同时间内的各对象自身与自身的空间关系	73
图 3.47	一段时间内的各对象轨迹之间的空间关系	74
图 3.48	不同空间内的某类对象自身的时间轨迹之间的关系	74
图 3.49	同一空间内不同时间点内对象之间的本性关系	75

图 3.50	同一时间内不同空间内对象之间的本性关系	75
图 3.51	不同时间内不同空间内对象之间的本性关系	76
图 3.52	同一时间内某类对象的空间分布	77
图 3.53	同一时间内多类对象的空间分布	77
图 3.54	某类对象时间点的空间分布	78
图 3.55	多类对象时间点的空间分布	78
图 3.56	不同时间内某类对象的空间分布	79
图 3.57	不同时间内多类对象的空间分布	80
图 3.58	同一空间内某类对象的时间分布	81
图 3.59	同一空间内多类对象的时间分布	81
图 3.60	某类对象空间点的时间分布	82
图 3.61	多类对象空间点的时间分布	82
图 3.62	不同空间内某类对象的时间分布	83
图 3.63	不同空间内多类对象的时间分布	84
图 3.64	典型的并行计算机的体系结构	85
图 3.65	映射图 1	85
图 3.66	映射图 2	85
图 3.67	映射图 3	86
图 3.68	映射图 4	86
图 4.1	并行时空模型的软件设计方法	87
图 4.2	时空构件中的对象变量	88
图 4.3	并行时空构件与并行时空模型的关系	90
图 4.4	并行时空构件的金字塔结构	90
图 4.5	划分数组	94
图 4.6	主从式	96
图 4.7	数组划分	100
图 4.8	不同并行时空构件内存间传输模式	104
图 4.9	不同并行时空构件内外存间传输模式	105
图 4.10	不同并行时空构件外存间传输模式	105
图 4.11	改进前的数据传输	106
图 4.12	改进后的数据传输	106
图 4.13	1 : 1 管道集成法	107
图 4.14	1 : N 管道集成法	108
图 4.15	单级总线集成法	108
图 4.16	多级总线集成法	109
图 5.1	串行时空立方体模型 (Langran, 1992)	110
图 5.2	划分串行时空立方体模型	111
图 5.3	索引时空立方体模型	111

图 5.4	并行时空立方体模型	112
图 5.5	串行时空快照修正模型 (Langran, 1992)	113
图 5.6	划分时空快照修正模型	114
图 5.7	索引时空快照模型	115
图 5.8	并行时空快照模型	115
图 5.9	串行时空复合模型 (Langran, 1992)	117
图 5.10	索引时空复合模型	118
图 5.11	并行时空复合模型	118
图 5.12	各类时空模型升级前后时空复杂度的比较	121
图 6.1	数字城市的维度	124
图 6.2	从空间维进行划分	125
图 6.3	结合时间维和空间维进行划分	125
图 6.4	结合三个维进行划分	125
图 6.5	根据特征维的主题进行划分	126
图 6.6	根据维的值进行自然划分	126
图 6.7	根据维的值的数量划分	127
图 6.8	根据空间内容的大小划分	127
图 6.9	根据空间内容密度的间隔划分	127
图 6.10	相对划分	128
图 6.11	基于维刻度划分的时空建模	129
图 6.12	基于维内容划分的时空建模	130
图 6.13	基于维关系划分的时空建模	130
图 6.14	升级数字城市的程序结构	131
图 6.15	升级数字城市的数据结构	131
图 6.16	升级数字城市的数据库	132
图 6.17	数字城市的地表空间三维重建	134
图 6.18	用于阴影监测的遥感图	134
图 6.19	监测出的阴影图	135
图 6.20	数字城市的地表空间三维重建	135
图 6.21	选中建筑物显示高度和面积	136
图 6.22	选中 2 个建筑物显示距离	136
图 6.23	单个水平区域	137
图 6.24	单个水平区域场景	138
图 6.25	多个并行水平区域的空间关系	138
图 6.26	多个并行水平区域场景	139
图 6.27	数字城市在水平空间上的并行方法流程图	139
图 6.28	数字城市的背景层	140
图 6.29	数字城市的背景层+雾层	140

图 6.30	数字城市的背景层+道路信息层	141
图 6.31	数字城市的背景层+高程层	141
图 6.32	数字城市的背景层+建筑层	141
图 6.33	数字城市的背景层+车辆层	142
图 6.34	数字城市的背景层+树木层	142
图 6.35	数字城市的背景层+桥梁层	142
图 6.36	数字城市的背景层+航空层	143
图 6.37	数字城市在本性维上的并行方法流程图	143
图 6.38	数字城市的空中部分	145
图 6.39	数字城市的地表部分	145
图 6.40	数字城市的地下部分	145
图 6.41	数字城市在垂直空间上的并行方法流程图	146
图 6.42	增量式更新方法	149
图 6.43	同一地区不同年份的两幅不同源遥感影像	150
图 6.44	时间 1 的数字城市	151
图 6.45	时间 2 的数字城市	152
图 6.46	时间 3 的数字城市	152
图 6.47	时间 4 的数字城市	152
图 6.48	三维城市中运动的车辆和飞机	154
图 6.49	数字城市在时间维上的并行方法流程图	154
图 6.50	同步起点	156
图 6.51	同步过程	156
图 6.52	同步终点	157
图 6.53	数字城市中并行通信协同方法流程图	157
图 6.54	数字城市中的任务并行方法流程图	158
图 6.55	并行显示支持多用户使用	159
图 6.56	数字城市在用户维上的并行方法流程图	160
图 7.1	并行时空模型的应用机理	161
图 7.2	违章建筑监测的并行时空模型	163
图 7.3	违章监测并行数据操作树状图	167
图 7.4	映射图 1	168
图 7.5	映射图 2	168
图 7.6	观察员集合的拓扑树	168
图 7.7	利用并行时空模型解决违章建筑问题的总体结构	169
图 7.8	实时交通监控的并行时空模型	171
图 7.9	并行时空模型中同步机制示意图	174
图 7.10	交通监控并行数据操作树状图	179
图 7.11	映射图 1	179

图 7.12	映射图 2.....	179
图 7.13	映射图 3.....	180
图 7.14	映射图 4.....	180
图 7.15	映射图 5.....	180
图 7.16	映射图 6.....	180
图 7.17	观察拓扑图.....	181
图 7.18	利用并行时空模型解决交通监测问题的总体结构	181
图 7.19	并行计算机树状拓扑.....	183

表 目 录

表 1.1	数字城市的已有技术	10
表 5.1	各类时空模型特性比较表	120
表 5.2	各类时空模型升级前后计算复杂度比较表	120
表 5.3	各类时空模型升级前后存储复杂度比较表	121
表 6.1	更新情况分类	150
表 7.1	总表	163
表 7.2	表名 A	164
表 7.3	表名 B	164
表 7.4	表名 C	164
表 7.5	表名 A2007	164
表 7.6	表名 A2008	164
表 7.7	表名 B2007	164
表 7.8	表名 B2008	164
表 7.9	表名 C2007	165
表 7.10	表名 C2008	165
表 7.11	表名 A2007	165
表 7.12	表名 A2008	165
表 7.13	表名 B2007	165
表 7.14	表名 B2008	165
表 7.15	表名 C2007	165
表 7.16	表名 C2008	165
表 7.17	表名 1	172
表 7.18	表名 2	173
表 7.19	表名 3	173
表 7.20	路段表	173
表 7.21	路段 1-时间 1	174
表 7.22	路段 1-时间 2	175
表 7.23	路段 2-时间 1	175
表 7.24	路段 2-时间 2	175
表 7.25	数据字典	175
表 7.26	时间点 1	176
表 7.27	时间点 2	176
表 7.28	时间点 3	176
表 7.29	时间点 4	176