

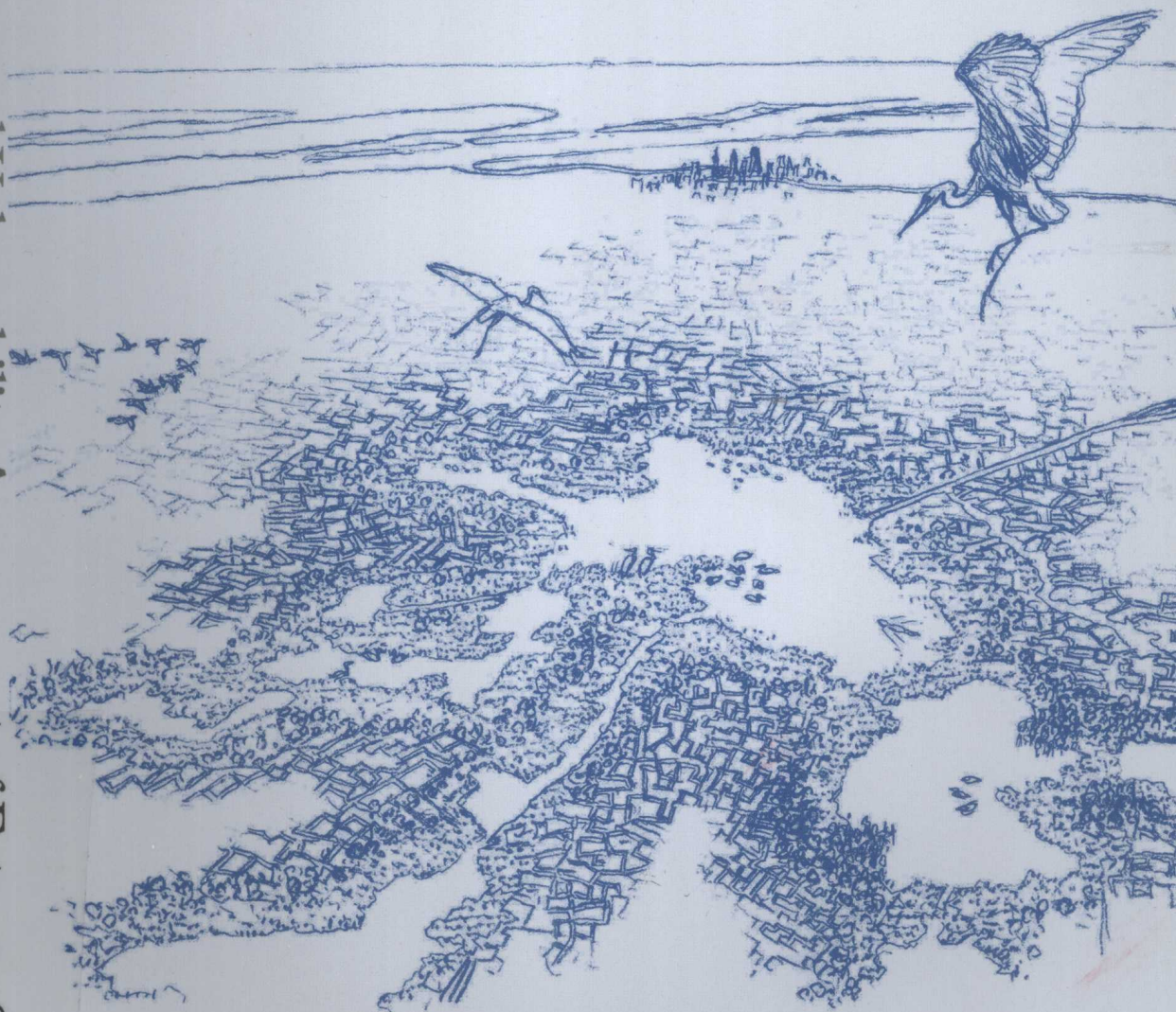


● “把脉河口，应对气候变化” 丛书

全球气候变化 与河口城市脆弱性评价 ——以上海为例

王祥荣 王原 主编

Global Climate Change and Vulnerability Assessment of Estuary City
—— A Case Study of Shanghai



科学出版社
www.sciencep.com

X321.251

X321.251
1



WWF “把脉河口,应对气候变化”丛书

全球气候变化与河口城市 脆弱性评价——以上海为例

王祥荣 王 原 主 编

科 学 出 版 社

北 京

内 容 简 介

本书以 WWF(世界自然基金会)“河口城市气候变化脆弱性综合评价”项目以及国家相关课题基金为基础,以气候变化脆弱性为理论框架体系,重点关注河口城市气候变化问题研究;并以河口城市上海为例,分别从市域和典型区域两个层面开展气候变化脆弱性的案例评价。全书共 11 章,分别为:背景和意义,全球气候变化事实和影响,全球典型河口城市应对气候变化的策略,气候变化脆弱性的理论、方法与案例,气候变化脆弱性指标体系评述,上海气候变化的背景与事实,上海快速城市化进程对局地气候变化的影响,气候变化对上海城市复合生态系统的影响,上海气候变化脆弱性综合评价及信息系统构建,上海典型区域气候变化脆弱性分析与应对,以及应对气候变化的低碳城市发展策略等。

本书旨在探索河口城市气候变化脆弱性评价的理论和方法,并希望通过综合评估上海气候变化脆弱性,为上海市制定应对气候变化的相关策略,实现全球气候变化背景下的上海可持续发展,发展低碳经济,建设低碳城市提供相关基础科学支撑和参考。本书的出版能对从事全球变化与环境演变、环境保护、生态规划与建设、城市管理等专业的科研单位、大专院校师生、政府部门管理人员等及感兴趣的公众提供参考。

图书在版编目(CIP)数据

全球气候变化与河口城市脆弱性评价——以上海为例 /
王祥荣,王原主编. —北京:科学出版社,2010.6
“把脉河口,应对气候变化”丛书
ISBN 978-7-03-027516-5

I. ①全… II. ①王…②王… III. ①气候变化—影
响—生态环境—研究—上海市 IV. ①X321.251
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 084260 号

责任编辑:许 健 谭宏宇 / 责任校对:刘珊珊
责任印制:刘 学 / 封面设计:殷 靓

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>

上海锦佳装璜印刷发展公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010 年 6 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2010 年 6 月第一次印刷 印张:14

印数:1—2 500

字数:305 000

定价:68.00 元

“把脉河口,应对气候变化”丛书序

Take the Pulse of the Estuary, Tackle the Impacts of Climate Change

河口乃江河汇入大海之处,是盐淡水交汇、海陆接壤之地,生物多样性非常丰富,具有强大的生态服务功能,是最重要的生态系统之一。同时,河口生态系统又是十分脆弱的生态系统,受到人类活动与气候变化的双重胁迫。一方面,由于大多数河口区位优势明显,成为许多经济圈和城市群的核心,高强度的人类活动开发(如围海造地、港口、码头、航道的建设,污染,过度捕捞等)都对河口生态系统造成了极大的压力;另一方面,河口是对全球气候变化影响最敏感的区域,不仅整个流域的气候变化将打破河口水沙通量的平衡,而且海平面上升也对河口造成直接冲击。所以河口最需要得到关注,其存亡安危不仅关乎亿万人类的福祉,更维系着无数物种的存亡。

长江河口,既是中国最大的河口,拥有鸟类、鱼类、底栖动物等丰富的生物资源,以及丰富的淡水和湿地资源,同时也是中国最大的经济中心——上海市的所在地,肩负着保护与发展的双重使命。WWF(世界自然基金会)自2006年开始在长江河口开展工作,以“把脉河口,应对气候变化”为目标,关注在全球气候变化背景下长江河口的自然保护和河口城市上海的可持续发展,先后支持了长江河口城市气候变化脆弱性评估、气候变化背景下河口城市水资源和供水安全面临的挑战和应对、长江河口水生生物多样性的保护、河口大型水利工程对河口自然生态的影响及其发展策略、河口城市上海的低碳规划和发展等领域的工作。为了对河口综合管理的项目成果作系统的总结,WWF与科学出版社合作,筹划出版“把脉河口,应对气候变化”丛书。该丛书将分别从“全球气候变化与河口城市脆弱性评价”、“河口城市的低碳发展规划”、“河口城市水资源保护和供水安全保障”、“河口城市生物多样性的保护和恢复”、“河口滩涂湿地的保护和开发”、“河口大型水利工程对河口生态的影响及对气候变化的响应”等方面来阐述目前长江河口应对气候变化方面的研究成果。

全球气候变化与河口城市脆弱性评价——以上海为例

在此基础上,WWF 将继续和合作伙伴推动河口综合管理的相关工作,并衷心希望该丛书的出版能推动长江口的综合整治、合理开发和自然保护。

WWF(世界自然基金会)
北京代表处保护运营总监

FOREWORD | 前言

近几十年来,全球气候变化及其效应已成为从世界各国政府、学术界到普通公众日益关注的国际前沿问题,从大的区域尺度问题演变为中等尺度、小尺度及全方位的影响,向人类社会逼近。全球气候变化将导致海水变暖和膨胀,加速极地冰川和冻土的融化,造成海平面上升等,对全球生态系统及人类社会造成严重的生态后果,直接或间接影响生物多样性、森林生态系统、水资源、海岸带、农业生产、人类健康、城市发展、产业布局和土地利用等,海拔较低的地区将面临被淹没的危险。2009年12月,在丹麦首都哥本哈根召开的“全球气候大会”既显示了国际社会对全球气候变化影响的担忧,也反映了对“减碳排放”、应对全球气候变化的政治化倾向,将形成发展中的又一个“绿色门槛”。

IPCC第二工作组(2007)在第4次评估报告中指出,如果在几百年到上千年内,全球平均温度升高 $1\sim 4^{\circ}\text{C}$,将造成海平面上升 $4\sim 6\text{ m}$ 以上,会造成海岸线和生态系统的重大变化和低洼地区的洪涝,对江河三角洲地区的影响最大。目前,全球 $50\%\sim 70\%$ 的人口分布在海岸带,我国人口的 60% 集中在距海岸线 60 km 的范围内;全球受风暴潮影响的人口有 $4\,600$ 万,海平面如上升 50 cm 将使受灾(淹没和风暴潮)人口增加到 $9\,200$ 万,如上升 100 cm ,受灾人口将达到 $11\,800$ 万。

长江三角洲地区是我国人口最多、经济最繁荣的地区之一,濒江临海,对全球气候变化的影响十分敏感;而上海作为长江三角洲典型的河口海岸城市、大陆特性与海洋特性交汇、地理区位独特,同时又是我国的经济中心之一,人口超过 $2\,000$ 万,现代化程度高,人口稠密,如何协调好经济、社会发展和环境保护两者之间的关系,有效减缓气候变化对上海市的不利影响,提高应对气候变化的适应能力,是上海城市可持续发展面临的一项重大课题,开展全球气候变化背景下河口城市气候脆弱性评估及对策研究具有十分重要的意义,对上海的案例分析可为其他同类型城市提供借鉴。

本书旨在总结国际上关于全球气候变化对河口城市脆弱性影响及对策的相关研究及我国应对气候变化的策略,特别是城市尺度的相关研究,建构基础理论体系、总结评价方法与实证应用,并以上海为例提出相应的评价指标体系、建构评价信息系统框架及应对策略。本书是WWF(世界自然基金会)策划、支持的“把脉河口,应对气候变化”丛书的重要

组成部分。

本书主要基于复旦大学环境科学与工程系、城市生态规划与设计研究中心近年来在世界自然基金会(WWF)及国家和地方政府相关课题基金(国家社科基金重大项目“建设资源节约型与环境友好型社会的理论与政策研究(06&ZD024)”,“211工程”重点学科建设项目“人类活动下区域环境演变与生态系统响应及调控”,科技部科技支撑计划项目“城镇绿地标准化生态信息获取与综合评价关键技术研究(2008BAJ10B01)”)的支持下,开展全球气候变化与城市脆弱性评价研究的相关成果。期望该书的出版能对从事全球变化与环境演变、环境保护、生态规划与建设、城市管理等专业的科研单位、大专院校师生、政府部门管理人员等(如城市规划局、发改委、环保局、气象局、水务局、环卫局、绿化管理局、自然保护、信息管理等)及感兴趣的公众提供参考。

本书共分为11章,其主要内容及编写分工如下:

- | | |
|-------------------------|-----------------|
| 1. 背景和意义 | 王原 |
| 2. 全球气候变化事实和影响 | 田波 徐晓江 王晟昇 |
| 3. 全球典型河口城市应对气候变化的策略 | 徐曦 王原 |
| 4. 气候变化脆弱性的理论、方法与案例 | 王原 刘新 |
| 5. 气候变化脆弱性指标体系评述 | 顾玉娇 李莹莹 林文诗 |
| 6. 上海气候变化的背景与事实 | 王原 胡欢 |
| 7. 上海快速城市化进程对局地气候变化的影响 | 王原 胡欢 |
| 8. 气候变化对上海城市复合生态系统的影响 | 王原 顾玉娇 刘新 高琴 |
| 9. 上海气候变化脆弱性综合评价及信息系统构建 | 王原 王伟 顾玉娇 刘新 王静 |
| 10. 上海典型区域气候变化脆弱性分析与应对 | 田波 黄磊昌 雍怡 |
| 11. 应对气候变化的低碳城市发展策略 | 王祥荣 刘钰 王原 |

由于研究问题的复杂性和不确定性,本书关于“全球气候变化与河口城市脆弱性评价”的研究还属一种尝试,由于时间紧迫,研究水平有限,在研究与整理出版的过程中,尚存在种种不足,欢迎读者提出批评指正;如果说,全球气候变化的研究是一座宏伟的建筑、是一项复杂的系统工程的话,本书则是一块小小的砖头和基础材料,我们愿抛砖引玉,引发全社会对全球变化问题的更多关注和更多的研究,以助于获得更多的应对良策,促进区域与城市的可持续发展。

特别感谢世界自然基金会上海办事处雍怡博士、王利民博士、任文伟博士以及复旦大学环境科学与工程系樊正球博士在策划及编著过程中提供资料、提出宝贵建议,感谢高琴、王静、张昆仑、陈晨、刘静娴、吴林豪、王晨旭、马庆伟、束梦照、张延亮、董小耘、陆吕雯等同学协助翻译和整理国际城市的相关案例;感谢汪绪柱、程彪、潘起等在河口城市综合评估信息系统构建方面做出的工作;感谢本书所有研究者、参考文献提供者及科学出版社对本书的顺利出版付出的辛勤劳动和贡献。

王祥荣 于复旦园

2010. 3. 31

目 录

“把脉河口,应对气候变化”丛书序

前言

1 背景和意义	1
1.1 全球气候变化问题发展历程和研究趋势	2
1.2 我国应对气候变化的发展战略	3
1.3 河口城市的研究意义	4
2 全球气候变化事实和影响	5
2.1 全球气候变化事实	6
2.1.1 全球气候变暖	6
2.1.2 海平面上升与海洋水热环境变化研究	7
2.1.3 全球降水分布变化	7
2.1.4 全球冰川、雪(冰)盖以及冻土变化	7
2.1.5 全球极端气候事件变化	8
2.2 中国气候变化情况与形势	8
2.2.1 地表气温变化	9
2.2.2 降水变化	10
2.2.3 极端气候事件变化	10
2.2.4 其他气候要素变化	10
2.3 全球气候变化影响	11
2.3.1 对农业的影响	11
2.3.2 对渔业的影响	12
2.3.3 对畜牧业的影响	12
2.3.4 对森林的影响	13
2.3.5 对水资源的影响	13
2.3.6 对生物多样性的影响	14

2.3.7	对交通能源的影响	14
2.3.8	对居民健康状况的影响	14
2.3.9	对人居环境的影响	15
3	全球典型河口城市应对气候变化的策略	16
3.1	全球典型河口城市特征概述	17
3.1.1	河口的类型	17
3.1.2	全球典型河口城市分布及特征	18
3.2	典型河口城市的应对策略——案例研究	22
3.2.1	国际大都会：纽约-哈德逊河口	22
3.2.2	干热的夏与冷湿的冬：伦敦-泰晤士-默西河口	24
3.2.3	岛国都市圈：东京-三条河流汇入东京湾	28
3.2.4	欧洲最大海港：鹿特丹-莱茵河三角洲	30
3.2.5	亚太重要金融中心：悉尼-海岸的盆地	33
3.2.6	繁忙的港口，东方之珠：香港-珠江三角洲的顶端	36
3.2.7	飓风的教训：新奥尔良-密西西比河河口	38
3.2.8	断裂带上的港口：旧金山-圣弗朗西斯科湾	41
3.2.9	冰封的多岛城市：斯德哥尔摩-梅拉伦湖与波罗的海	44
3.2.10	非洲最南端：开普敦-好望角与特步尔湾	49
4	气候变化脆弱性的理论、方法与案例	52
4.1	气候变化脆弱性的概念体系	53
4.2	气候变化脆弱性评价的主要流派	56
4.3	气候变化脆弱性评价不同阶段的演化特征	57
4.4	气候变化脆弱性评价的主要方法	59
4.4.1	气候模式预估和排放情景	59
4.4.2	模型模拟法	60
4.4.3	指标体系法	62
4.4.4	决策支持的评价方法和工具	62
4.5	气候变化脆弱性评价案例	63
4.5.1	基于气候变化影响的脆弱性评价	63
4.5.2	气候变化脆弱性的阈值研究	64
4.5.3	基于 GIS 的气候变化脆弱性区划	64
4.5.4	基于综合指标体系的气候变化脆弱性评价	64
4.5.5	气候变化的社会经济脆弱性研究	64
4.5.6	注重相关利益者参与过程的气候变化脆弱性评价	65
5	气候变化脆弱性指标体系评述	66
5.1	不同空间尺度的生态脆弱性评价指标体系的研究	67
5.1.1	国家尺度下的气候变化脆弱性评价指标体系	68
5.1.2	地区尺度下的气候变化脆弱性评价指标体系	72

5.2	不同生态系统类型的生态脆弱性评价指标体系研究	73
5.2.1	江河流域生态系统	75
5.2.2	湿地生态系统	75
5.2.3	海岸带生态系统	76
5.2.4	森林生态系统	77
5.2.5	水生生态系统	78
5.2.6	农田生态系统	78
6	上海气候变化的背景与事实	80
6.1	上海气候变化的长三角区域背景	81
6.2	上海气候变化事实研究	83
6.2.1	数据来源和研究方法	83
6.2.2	气温变化	84
6.2.3	其他气象要素变化	91
6.2.4	极端气候事件	94
6.2.5	海平面上升	95
7	上海快速城市化进程对局地气候变化的影响	96
7.1	上海快速城市化发展阶段	97
7.1.1	上海城市化发展的主要过程	97
7.1.2	上海快速城市化阶段的辨识	98
7.1.3	上海城市化水平和局地气候变化的关系	99
7.2	上海社会经济驱动因子变化及对局地气候变化的影响	100
7.2.1	社会经济驱动因子变化特征	100
7.2.2	对局地气候变化的影响	102
7.3	上海能源消费变化及对局地气候变化的影响	105
7.3.1	能源消费总量和结构变化	105
7.3.2	能源消费过程对局地气候变化的影响	107
7.4	上海市城市空间扩展及对局地气候变化的影响	108
7.4.1	1978~2006 年上海城市空间扩展的基本特征	108
7.4.2	基于 RS/GIS 的上海市城市建设用地扩展的空间特征分析	113
7.4.3	上海市城市空间扩展对局地气候变化的胁迫	115
8	气候变化对上海城市复合生态系统的影响	118
8.1	河口城市气候变化的影响模型	120
8.2	气候变化影响的定性评价	121
8.2.1	对自然生态系统的影响	121
8.2.2	对社会经济发展的影响	127
8.2.3	气候变化影响矩阵	129
8.3	基于 AVIM2 模型的气候变化影响量化评价 ——以上海农田生态系统为例	131

8.3.1	数据来源和研究方法	131
8.3.2	气候变化驱动下上海农田 NPP 变化特征	132
8.3.3	土地利用变化对上海农田 NPP 总量的影响	134
8.3.4	气候变化和土地利用变化对上海农田 NPP 总量影响的综合评价	135
9	上海气候变化脆弱性综合评价及信息系统构建	136
9.1	城市区域气候变化脆弱性综合评价指标体系构建	137
9.1.1	指标体系的指导思想和构建原则	137
9.1.2	指标体系 PSR“压力-状态-响应”模型构建	137
9.1.3	评价指标体系框架	138
9.1.4	基于 AHP 层级分析法的各级评价指标权重确定	140
9.2	上海市 1998~2006 年气候变化脆弱度指数的时间序列分析	141
9.2.1	上海气候变化脆弱性评价指标的筛选	142
9.2.2	气候变化脆弱度指数的计算方法	143
9.2.3	气候变化脆弱度指数评价结果分析	144
9.3	河口城市气候变化脆弱性信息系统	148
9.3.1	系统建设目标	148
9.3.2	系统建设原则	149
9.3.3	系统架构与设计	150
9.3.4	系统功能	153
9.3.5	软件技术手段	157
10	上海典型区域气候变化脆弱性分析与应对	166
10.1	崇明岛气候变化脆弱性评价与生态安全战略	167
10.1.1	崇明岛屿自然社会经济概况	167
10.1.2	崇明岛的生态安全表征与影响因素	170
10.1.3	岛屿演变趋势变化	171
10.1.4	基于生态环境脆弱性的岛屿安全评价	172
10.1.5	气候变化应对——崇明生态岛建设	173
10.2	国际重要湿地——崇明东滩鸟类国家级自然保护区	177
10.2.1	保护区概况	178
10.2.2	保护区主要气候变化影响要素	180
10.2.3	保护区脆弱性分析与评价	181
11	应对气候变化的低碳城市发展策略	185
11.1	低碳城市的概念与内涵	185
11.2	低碳城市发展动态	186
11.3	上海低碳城市发展策略	192
11.3.1	建立低碳技术创新体系,为发展低碳经济提供科技支撑	192
11.3.2	以能源的可持续发展支持经济社会的可持续发展	192
11.3.3	以低碳理念指导城市规划和交通体系建设	193

11.3.4 优化产业结构,转变经济发展方式 193

11.3.5 倡导绿色生活方式,鼓励公众参与 194

11.3.6 以“碳排放交易”为切入点,推进低碳化发展的市场化措施 194

11.3.7 加强相关经济和产业政策引导,推进低碳技术和低碳产品的
生产和使用 194

11.3.8 加强自然保护,构建具有较高气候变化应对能力的生态格局 195

参考文献 196

CONTENTS

Take the Pulse of the Estuary, Tackle the Impacts of Climate Change Foreword

1 Background and Significance	1
1.1 Research History, Development and Trends for Global Climate Change	2
1.2 Strategy to Tackle with Climate Change of the Chinese Government	3
1.3 Significance of Climate Change Researches of Estuary Cities	4
2 Global Climate Change: Facts and Impacts	5
2.1 Facts of Global Climate Change	6
2.1.1 Global Warming	6
2.1.2 Sea Level Rise and Changes in Marine Hydrothermal Environment	7
2.1.3 Changes in Global Precipitation	7
2.1.4 Changes in Global Glacier, Snow Cover and Frozen Soil	7
2.1.5 Changes in Global Extreme Climate Events	8
2.2 Situation of Climate Change in China	8
2.2.1 Changes in Surface Temperature	9
2.2.2 Changes in Precipitation	10
2.2.3 Changes in Extreme Climate Events	10
2.2.4 Changes in other Meteorological Elements	10
2.3 Impacts of Global Climate Change	11
2.3.1 Impacts on Agriculture	11
2.3.2 Impacts on Fisheries	12
2.3.3 Impacts on Livestock	12
2.3.4 Impacts on Forestry	13
2.3.5 Impacts on Water Resources	13
2.3.6 Impacts on Bio-diversity	14

2. 3. 7	Impacts on Transportation and Energy	14
2. 3. 8	Impacts on Human Health	14
2. 3. 9	Impacts on Human Settlements	15
3	Cases of Typical Estuary Cities to Tackle Climate Change Impacts	16
3. 1	An Introduction to World Typical Estuary Cities	17
3. 1. 1	Types of Estuary	17
3. 1. 2	Distribution and Characteristics of World Typical Estuary Cities	18
3. 2	Cases of Typical Estuary Cities to Tackle with Climate Change	22
3. 2. 1	An International Metropolis; New York – the Hudson Estuary	22
3. 2. 2	Dry and Hot in Summer while Wet and Cold in Winter; London – the Thames – Mersey Estuary	24
3. 2. 3	Metropolis Circle of An Island Nation; Three Rivers Flow into the Tokyo Bay	28
3. 2. 4	The Biggest Port in the Europe; Rotterdam – the Rhine Delta	30
3. 2. 5	Economic Center in Asia-Pacific Region; Sydney-Basin Area Near the Coastal line	33
3. 2. 6	Busyzhg Port, Pearl of the Orient; Hongkong; on the Peak of the Pearl Delta	36
3. 2. 7	Lessons Learning of the Hurricane; New Orleans – the Mississippi Estuary	38
3. 2. 8	Port on the Fault Zone; San Francisco – the San Francisco Bay	41
3. 2. 9	The Iced Island City; Stockholm – Lake Mälaren and the Baltic Sea	44
3. 2. 10	The Southernmost of the Africa; Cape Town: Cape of Good Hope and the Table Bay	49
4	The Theory, Method and Cases of Climate Change Vulnerability	52
4. 1	The Concept of Climate Change Vulnerability	53
4. 2	Main Theoretical Schools of Climate Change Vulnerability Assessment	56
4. 3	Evolution Characteristics of Climate Change Vulnerability Assessment	57
4. 4	Main Methods of Climate Change Vulnerability Assessment	59
4. 4. 1	Climate Module Project and Emission Scenario	59
4. 4. 2	Climate Moduel Simulation	60
4. 4. 3	Assessment Index and Criteria	62
4. 4. 4	Decision-making Oriented Assessment Method and Tools	62
4. 5	Cases of Climate Change Vulnerability Assessment	63

4. 5. 1	Climate Change Impacts-Oriented Vulnerability Assessment	63
4. 5. 2	Researches on Threshold Value of Climate Change Vulnerability	64
4. 5. 3	GIS-based Climate Change Vulnerability Zoning	64
4. 5. 4	Integrated Index-Based Climate Change Vulnerability Assessment	64
4. 5. 5	Socio-Economic Vulnerability Assessment under Climate Change Impacts	64
4. 5. 6	Stakeholders Participation Climate Change Vulnerability Assessment	65
5	Review of Climate Change Vulnerability Assessment Index System	66
5. 1	Spatial Scale-based Ecological Vulnerability Assessment Index System	67
5. 1. 1	National Scale Ecological Vulnerability Assessment Index System	68
5. 1. 2	Regional Scale Ecological Vulnerability Assessment Index System	72
5. 2	Ecosystem-based Ecological Vulnerability Assessment Index System	73
5. 2. 1	River Basin Ecosystem	75
5. 2. 2	Wetland Ecosystem	75
5. 2. 3	Coastal Ecosystem	76
5. 2. 4	Forest Ecosystem	77
5. 2. 5	Aquatic Ecosystem	78
5. 2. 6	Farmland Ecosystem	78
6	Background and Facts of Climate Change in Shanghai	80
6. 1	The Yangtze Delta, Regional Background of Climate Change in Shanghai	81
6. 2	Facts of Climate Change in Shanghai	83
6. 2. 1	Data Source and Research Method	83
6. 2. 2	Temperature	84
6. 2. 3	Other Climate Elements	91
6. 2. 4	Extreme Weather	94
6. 2. 5	Sea Level Rise	95
7	The Impacts of the Rapid Urbanization on Local Climate Changes in Shanghai	96
7. 1	Urbanization Stages of Shanghai	97
7. 1. 1	Process of Shanghai Urbanization	97
7. 1. 2	Urbanization Stages Interpretation of Shanghai	98
7. 1. 3	Relationship of Urbanization and Climate Change in Shanghai	99
7. 2	Socio-Economic Driver to Local Climate Change of Shanghai	100
7. 2. 1	Characteristics of Socio-economic Drivers	100
7. 2. 2	Impacts on Local Climate Change	102

7.3	Energy Consumption and Its Impacts on Local Climate Change	105
7.3.1	Total Energy Consumption and Its Structural Changes	105
7.3.2	Energy Consumption Procedure and Its Impacts on Local Climate Change	107
7.4	Urban Development and Its Impacts on Local Climate Change in Shanghai	108
7.4.1	Characteristics of Urban Land Use Development in Shanghai, 1978~2006	108
7.4.2	RS/GIS-based Land Use Analysis of Construction Area of Shanghai	113
7.4.3	Urban Land Use Development and Stress on Local Climate Change in Shanghai	115
8	Climate Change Impacts on Urban Complex Ecosystem in Shanghai	118
8.1	Climate Change Module of Estuary City	120
8.2	Qualitative Analysis of Climate Change Impacts	121
8.2.1	Impacts on the Natural Ecosystem	121
8.2.2	Impacts on the Socio-Economic Development	127
8.2.3	Climate Change Impact Matrix	129
8.3	AVIM2 Module Based Climate Change Impacts Quantitative Assessment — A Case Study on Farmland Ecosystem of Shanghai	131
8.3.1	Data Resource and Research Method	131
8.3.2	NPP Changes of Farmland Ecosystem under Climate Change Impacts	132
8.3.3	Land Use Change Impacts on Total NPP of Farmland Ecosystem in Shanghai	134
8.3.4	Integrated Impacts of Climate Change and Land Use Change on Total NPP of Farmland Ecosystem in Shanghai	135
9	The Index System and Information System Development of Climate Change Vulnerability Assessment in Shanghai	136
9.1	The Index System Development of Climate Change Vulnerability Assessment of Urban Area	137
9.1.1	Guideline and Principles	137
9.1.2	PSR Module Index System Development	137
9.1.3	Framework of the Index System	138
9.1.4	AHP-based Weight Valuation	140
9.2	Annual Climate Change Vulnerability Assessment of Shanghai, 1998~2006	141
9.2.1	Criteria Selection of the Climate Change Vulnerability Assessment	

of Shanghai	142
9.2.2 Index Development of the Climate Change Vulnerability Assessment of Shanghai	143
9.2.3 Results of Climate Change Vulnerability Assessment of Shanghai	144
9.3 Information System of Climate Change Vulnerability Assessment of Estuary City	148
9.3.1 Objectives	148
9.3.2 Principles	149
9.3.3 Framework and Design	150
9.3.4 Key Functions	153
9.3.5 Support Software	157
10 Analysis and Responses of Key Vulnerable Areas to Climate Change Impacts of Shanghai	166
10.1 Climate Change Vulnerability Assessment and Ecological Security Strategy of Chongming Island	167
10.1.1 Background Information of Chongming Island	167
10.1.2 Characteristics and Impacts of Ecological Security of Chongming Island	170
10.1.3 Transformation of the Island	171
10.1.4 Ecological Environmental Vulnerability-based Ecological Security Assessment	172
10.1.5 Response to Climate Change Impacts: Chongming Eco-island Development	173
10.2 Ramsar site — Chongming Dongtan National Nature Reserve for Birds	177
10.2.1 Background Information	178
10.2.2 Main Factors of Climate Change Impacts in the Nature Reserve	180
10.2.3 Analysis and Evaluation of the Vulnerability Classification	181
11 Low Carbon City Development Strategy to Tackle Climate Change Impacts	185
11.1 The Concept and Connotation of a Low Carbon City	185
11.2 Development Trend of Low Carbon City	186
11.3 Low Carbon City Development Strategy of Shanghai	192
11.3.1 Develop the Low-Carbon Technology Innovation System and Support to Low Carbon Economic Development	192
11.3.2 Develop Energy Sustainability Based Socio-economic Sustainable Development	192
11.3.3 Develop A Low-Carbon Oriented Urban Planning and Transportation	