

“十二五”国家重点图书出版规划项目

“十一五”国家科技支撑计划重点项目

综合风险防范关键技术与示范丛书

综合风险防范

长江三角洲地区自然致灾因子与风险等级评估

徐 伟 田玉刚 张 勇 郑 璟 方伟华 著
吕红山 杨旭东 万荣荣 赵婷婷 史培军



科学出版社

综合风险防范关键技术与示范丛书

综合风险防范

长江三角洲地区自然致灾因子与风险等级评估

徐 伟 田玉刚 张 勇 郑 璟 方伟华
吕红山 杨旭东 万荣荣 赵婷婷 史培军 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书基于问卷调查和历史资料,对长江三角洲地区的台风、风暴潮、洪水、干旱、地震和地质(崩塌、滑坡和泥石流)等自然灾害的致灾因子和灾情的时空进行了系统分析,在此基础上较为全面地介绍了长江三角洲地区上述6种自然灾害风险评估的方法与模型,阐述了基于公里网单元和县、乡两级行政单元对长江三角洲地区上述6种自然灾害风险评估的结果。

本书可供灾害学、风险管理、应急技术、防灾减灾、地理、资源、环境、保险、生态、农业等领域的政府工作人员、研究人员、企业管理人员以及高等院校的师生等参考,也可作为高等院校相关专业研究生的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

综合风险防范:长江三角洲地区自然致灾因子与风险等级评估/
徐伟等著. —北京:科学出版社, 2014. 6
(综合风险防范关键技术研究示范丛书)

ISBN 978-7-03-040562-3

I. ①综… II. ①徐… III. ①长江三角洲-自然灾害-风险评价-研究
IV. ①X43

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第093032号

责任编辑:朱海燕 彭胜潮 杨帅英等/责任校对:郭瑞芝
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>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014年6月第一版 开本:787×1092 1/16

2014年6月第一次印刷 印张:18 1/2 插页:2

字数:430 000

定价:169.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

长江三角洲地区是中国的经济中心之一，也是受台风、洪水等自然灾害严重影响地区之一。开展对长江三角洲地区综合自然灾害风险评估的研究，特别是编制大比例尺自然灾害风险地图，对制定该区域综合防灾减灾对策、减轻自然灾害损失有着重要的科学与实践价值，也是当前我国综合自然灾害风险管理中一项重要而迫切的任务。

2008年汶川地震后，科技部通过组织专家广泛论证，设置了国家“十一五”科技支撑计划项目“中国重大自然灾害风险等级综合评估技术研究”(2008BAK50B00)。该项目由中国科学院资源环境科学与技术局牵头组织，中国科学院地理科学与资源研究所所长刘毅研究员负责，北京师范大学史培军教授和徐伟副教授作为课题负责人承担了第七课题“长三角地区自然灾害风险等级评估技术研究”(2008BAK50B07)的科研任务。同时，中国科学院南京地理与湖泊研究所、中国地震局地球物理研究所、国家基础地理信息中心、国家气候中心、中国地质环境监测院、广东省气候中心、南京大学、中山大学、中国地质大学(武汉)和深圳大学等单位的相关研究人员也参加了此项科研任务。

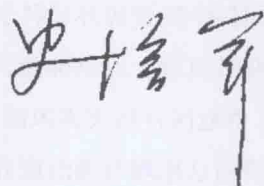
《综合风险防范：长江三角洲地区自然致灾因子与风险等级评估》和《综合风险防范：长江三角洲地区综合自然灾害风险评估与制图》是“长三角地区自然灾害风险等级评估技术研究”课题所取得的部分成果。《综合风险防范：长江三角洲地区自然致灾因子与风险等级评估》对长江三角洲地区台风、风暴潮、洪水、干旱、地震、崩塌、滑坡和泥石流等主要自然灾害进行了风险诊断，同时基于公里网单元和县乡行政单元对这一地区的自然灾害风险评估进行了系统而深入的研究。《综合风险防范：长江三角洲地区综合自然灾害风险评估与制图》对长江三角洲地区主要历史气候灾害进行了风险诊断，并对不同尺度的承灾体遥感测量方法、自然灾害社会脆弱性评估方法和典型台风—滑坡灾害链风险评估进行了探讨；同时，基于公里网单元、县乡行政单元对研究区综合自然灾害风险评估及基于土地利用单元对典型城市综合自然灾害风险评估进行了深入研究，对综合自然灾害风险地图制图和数字地图系统进行了系统的阐述。

这两本专著的总体设计和统一审定由史培军和徐伟完成；《综合风险防范：长江三角洲地区自然致灾因子与风险等级评估》由徐伟、田玉刚、张勇、郑璟、方伟华、吕红山、杨旭东、万荣荣、赵婷婷和史培军等完成；《综合风险防范：长江三角洲地区综合自然灾

害风险评估与制图》由史培军、王静爱、方修琦、叶瑜、辜智慧、葛怡、卓莉和徐伟等完成；两本专著中的地图插图由王静爱、周垠和连芳统一设计和绘制。在两本专著的编写过程中，北京师范大学明晓东、方建、周垠、刘宝印、陈文方、胡馥好和中国地质大学(武汉)杜渊会等帮助整理资料、计算或绘图，特此致谢！此外，作者对在课题中期和结题评估过程中提出宝贵意见的各位专家表示衷心感谢！

在这两本专著的编写中，除了得到前述国家“十一五”科技支撑计划课题的支持外，还得到了教育部-国家外国专家局高等学校学科创新引智计划“北京师范大学综合灾害风险管理创新引智基地”(B08008)和国家自然科学基金委员会创新研究群体科学基金“地表过程模型与模拟”(41321001)项目的支撑。

北京师范大学



2014年3月

目 录

前言

第 1 章 长江三角洲地区概况	1
1.1 地理位置与行政区划	1
1.2 自然环境	3
1.3 社会经济	16
第 2 章 自然灾害风险诊断	26
2.1 基于问卷调查的自然灾害风险诊断	26
2.2 主要自然致灾因子的时空格局	30
2.3 主要自然灾害灾情	41
第 3 章 台风灾害风险评估	49
3.1 国内外进展	49
3.2 资料与数据	56
3.3 评估方法与模型	57
3.4 风险评估	69
3.5 结论	125
第 4 章 风暴潮灾害风险评估	130
4.1 国内外进展	130
4.2 资料与数据	132
4.3 评估方法与模型	132
4.4 风险评估	136
4.5 结论	155
第 5 章 洪水灾害风险评估	156
5.1 国内外进展	156
5.2 资料与数据	161
5.3 评估方法与模型	162
5.4 基于指标加权的洪水灾害风险评估	165
5.5 基于概率分析的暴雨灾害风险评估	184
5.6 结论	206
第 6 章 干旱灾害风险评估	208
6.1 国内外进展	208
6.2 资料与数据	213
6.3 评估方法与模型	214

6.4 风险评估	216
6.5 结论	233
第7章 地震灾害风险评估	234
7.1 国内外进展	234
7.2 资料与数据	237
7.3 评估方法与模型	237
7.4 风险评估	238
7.5 结论	264
第8章 地质灾害风险评估	265
8.1 国内外进展	265
8.2 资料与数据	268
8.3 评估方法与模型	270
8.4 风险评估	274
8.5 结论	283
参考文献	284

第 1 章 长江三角洲地区概况

长江三角洲地处我国东部沿海地区中部,包括江苏东南部、浙江东北部和上海,面积约 11 万 km^2 。据《中国统计年鉴 2011》、《上海统计年鉴 2011》、《江苏统计年鉴 2011》和《浙江统计年鉴 2011》,长江三角洲以全国 7.6% 的人口在占全国 1% 的土地上,创造了占全国 17.6% 的国内生产总值和 17.9% 的财政收入,人均 GDP 达到 69 444 元,为全国平均水平的 2.32 倍,是我国的经济发展中心之一。这一地区也是自然灾害频发的地区,据北京师范大学环境演变与自然灾害教育部重点实验室自然灾害数据库信息统计,1949~2010 年,登陆我国大陆的台风中,约 1/6 从长江三角洲地区登陆,近 1/3 对该区域造成了不同程度的影响;1991 年与 1999 年太湖流域两次洪水灾害分别致使该区域直接经济损失达 110 亿元和 141 亿元;从相关的历史记录来看,该区域还受到连阴雨、风暴潮、干旱、地震、滑坡和泥石流等多种致灾因子的影响。灾害是孕灾环境、致灾因子和承灾体共同作用的结果(史培军,1991;1996)。孕灾环境是致灾因子危险性产生的前提条件,也是造成灾害的根本因素;而承灾体会对灾情起到放大或缩小的作用。本章主要描述长江三角洲地区的地质、地貌、气候、水文和植被等孕灾环境,以及人口、社会经济和交通等社会承灾体特征。

1.1 地理位置与行政区划

1.1.1 地理位置

长江三角洲是由长江和钱塘江在入海处冲积而成的三角洲,位于我国华东地区东部,地理位置为 $118^{\circ}00' \sim 122^{\circ}30'E$, $27^{\circ}12' \sim 35^{\circ}20'N$,作为长江中下游平原的一部分,长江三角洲东临黄海和东海,西部与安徽、江西两省接壤。

1.1.2 行政区划

长江三角洲行政区如图 1-1 和表 1-1 所示,包括上海市,江苏省的南京、苏州、无锡、常州、镇江、南通、扬州和泰州,以及浙江省的杭州、宁波、嘉兴、湖州、绍兴、舟山和台州,包括 1 个直辖市和 15 个地级市、140 个县(县级市、区)在内的区域,总陆地面积约 11 万 km^2 。

* 本章执笔人:北京师范大学徐伟、史培军、明晓东、刘宝印、胡馥好,中国科学院南京地理与湖泊研究所杨桂山、万荣荣、郭杰,国家基础地理信息中心赵勇、赵婷婷。



图 1-1 长江三角洲地区政区

表 1-1 长江三角洲地区行政区划 (2010 年)

省 (直辖市)	地区	面积/km ²	县 (市、区)
上海	—	6 340.5	黄浦区 卢湾区 徐汇区 长宁区 静安区 普陀区 闸北区 虹口区 杨浦区 闵行区 宝山区 嘉定区 浦东新区 金山区 松江区 青浦区 南汇区* 奉贤区 崇明县
江苏	南京	6 598.0	玄武区 白下区 秦淮区 建邺区 鼓楼区 下关区 浦口区 栖霞区 雨花台区 江宁区 六合区 溧水县 高淳县
	无锡	4 664.0	崇安区 南长区 北塘区 锡山区 惠山区 滨湖区 江阴市 宜兴市
	常州	4 375.0	天宁区 钟楼区 戚墅堰区 新北区 武进区 溧阳市 金坛市
	苏州	8 848.0	沧浪区 平江区 金阊区 虎丘区 吴中区 相城区 常熟市 张家港市 昆山市 吴江市 太仓市
	南通	8 001.0	崇川区 港闸区 海安县 如东县 启东市 如皋市 通州市 海门市
	扬州	6 638.0	广陵区 邗江区 维扬区 宝应县 仪征市 高邮市 江都市
	镇江	3 843.0	京口区 润州区 丹徒区 丹阳市 扬中市 句容市
	泰州	6 029.0	海陵区 高港区 兴化市 靖江市 泰兴市 姜堰市
浙江	杭州	16 596.0	上城区 下城区 江干区 拱墅区 西湖区 滨江区 萧山区 余杭区 桐庐县 淳安县 建德市 富阳市 临安市
	宁波	9 365.0	海曙区 江东区 江北区 北仑区 镇海区 鄞州区 象山县 宁海县 余姚市 慈溪市 奉化市
	嘉兴	3 915.0	南湖区 秀洲区 嘉善县 海盐县 海宁市 平湖市 桐乡市
	湖州	5 818.0	吴兴区 南浔区 德清县 长兴县 安吉县
	绍兴	8 256.0	越城区 绍兴县 新昌县 诸暨市 上虞市 嵊州市
	舟山	1 440.0	定海区 普陀区 岱山县 嵊泗县
	台州	9 411.0	椒江区 黄岩区 路桥区 玉环县 三门县 天台县 仙居县 温岭市 临海市

* 南汇区于 2009 年并入浦东新区, 在本书中仍作独立区域计算。

数据来源: 中国地图出版社, 2011。

1.2 自然环境

自然灾害是在一定的环境条件下产生的, 每一种自然灾害都有其极易产生的环境背景, 这涉及地质构造、地形、地貌、气候、植被、土壤类型以及气候、水文背景等诸多环境因素 (图 1-2)。这些自然环境因素构成了区域灾害系统中的孕灾环境, 其在自然灾害形成过程中既是承灾体赖以生存的客观物质基础, 又是致灾因子危险性产生的前提条件, 它们之间常有密切的联系, 也相互制约, 形成自然环境系统 (高庆华和孙哲庆, 1991; 仪垂祥和史培军, 1995; 周寅康, 1995; 聂高众等, 1999; 国家科委国家计委国家经贸委自然灾害综合研究组, 1998; 范宝俊, 1998; 葛全胜等, 2008)。



图 1-2 长江三角洲地区卫星影像

1.2.1 地质构造

地质构造是指地壳中的岩层受地壳运动的作用发生变形与变位而遗留下来的形态,是地震灾害发生的基础条件。构造体系控制活动构造的轮廓从而控制地震灾害的分布(高庆华,1996),同时地震断裂带对震害的严重性也有较明显的影响,地震断层面的空间位置大体上控制了烈度分布(聂高众等,2002;姚清林,2003)。此外,地质构造类型,在一定程度上,也会影响区域崩塌、滑坡和泥石流灾害的发育情况。

长江三角洲地区北部处于相对稳定的扬子准地台区,西南部为华南褶皱系,东南部为东南沿海褶皱系,地层以浅变质岩、碳酸盐岩和中生代、新生代碎屑岩为主(国家科委国家计委国家经贸委自然灾害综合研究组,1998),地层相对稳定,不易发生地震灾害。

1.2.2 地形地貌

地貌即地球表面各种形态的总称,也叫地形。大陆地貌格局控制着大气要素的区域差异,从而决定着相关灾害的宏观空间分布;海陆地貌布局决定着台风等沿海灾害的分布;中小尺度的地貌环境也对自然灾害的空间布局有一定的影响,如洪水灾害^①主要集中在河流的中下游平原地区(葛全胜等,2008)。另外地震、地质灾害也受地貌环境的控制,地震带多分布于地堑盆地、裂谷;崩塌、滑坡和泥石流等灾害多发生在山区、丘陵地带(张业成和张梁,1996;朱良峰等,2002;张春山等,2003,2006a;马寅生等,2004)。

长江三角洲地区总体呈现南高北低的地势特征(图1-3),以宁波—绍兴—杭州—长兴一线为界,形成明显的两级阶梯。其中,南部以中低山地和丘陵地貌为主,约占整个长江三角洲面积的2/5,多为平均海拔1000m以下的中低山和丘陵。主要山脉有杭州和湖州西部的天目山、绍兴南部的会稽山、台州西南部的括苍山以及雁荡山余脉,均为东北—西南走向。区内最高处为浙皖交界处的天目山主峰清凉峰,海拔1784m。丘陵一般是指海拔低于500m,相对高度不超过200m的起伏地形,主要位于几大山脉的边缘。其中西南部湖州、杭州一带的丘陵在天目山东缘,属于江南丘陵,东南部绍兴、宁波、台州等地的丘陵属于浙闽丘陵。如图1-4所示,长江三角洲丘陵地区的地形坡度多为10°~45°,且不乏下陡中缓上陡、上部成环状的坡形,这是崩塌、滑坡和泥石流等地质灾害发生的地形基础。

长江三角洲北部地区以平原地貌为主,属于我国三大平原中海拔最低的长江中下游平原。东部临海,北部与黄淮平原连为一体,西南部为东南丘陵。平原的北部地区是长江冲积平原,太湖周边平原为太湖流域湖积区,杭州湾沿岸为钱塘江冲积平原。平原区的平均海拔在20m以下,这是长江三角洲易发生洪水灾害的地形基础。长江三角洲地区为亚欧大陆与太平洋间的海陆地貌布局,沿海地区易受到台风、风暴潮和洪水灾害的侵袭(陈香,2007;苏高利等,2008)。

^①本书中的洪水灾害包括水灾和涝灾。

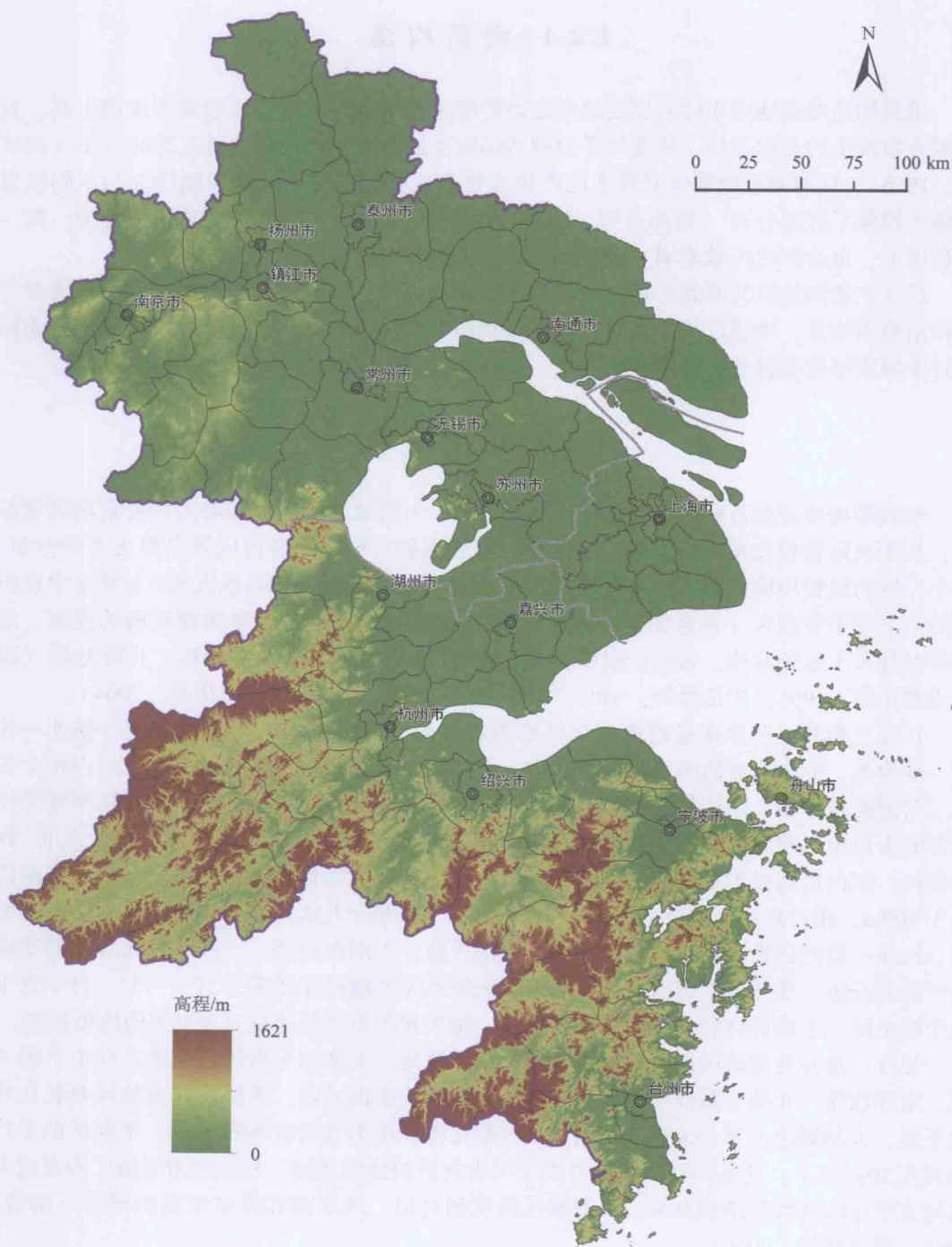


图 1-3 长江三角洲地区地形

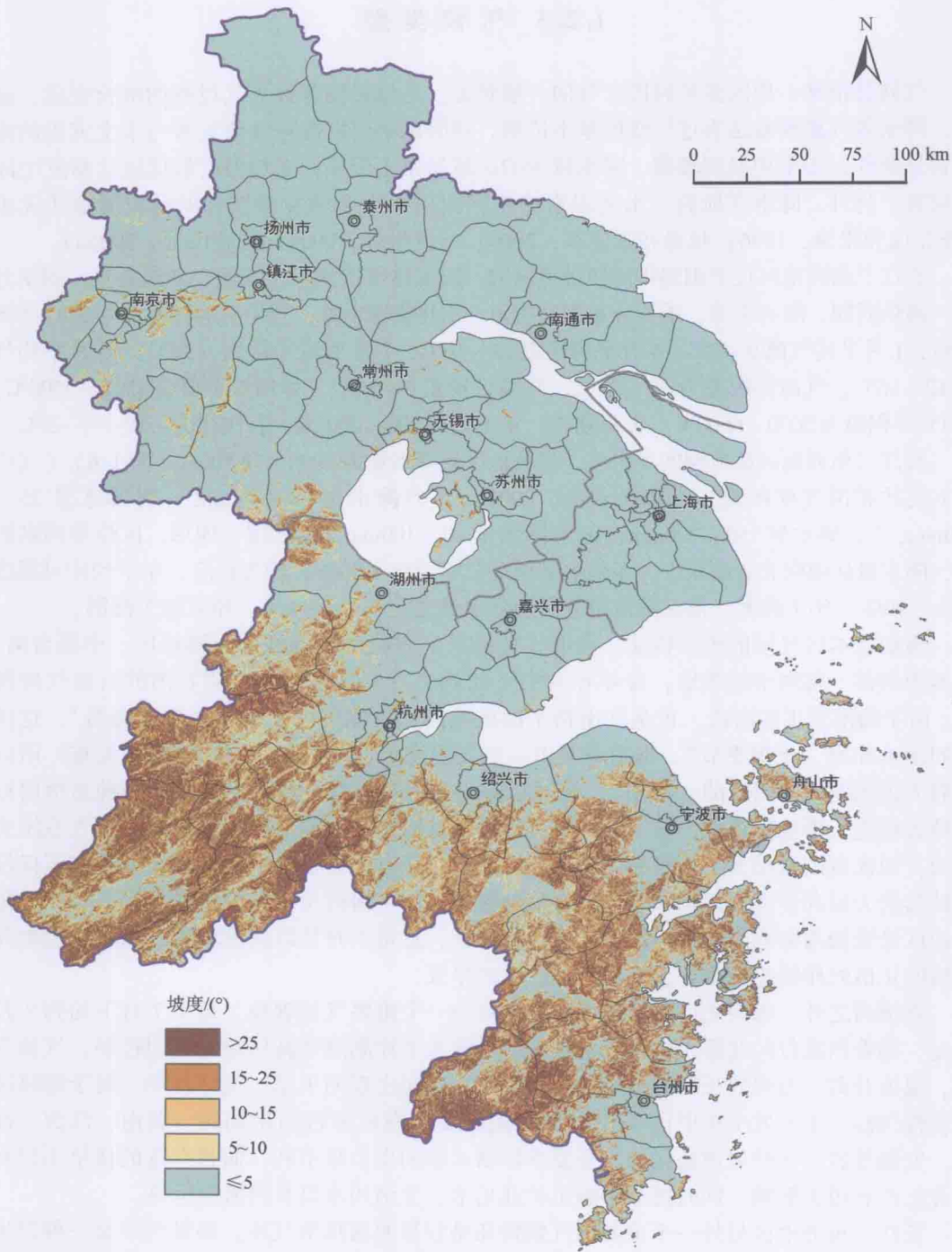


图 1-4 长江三角洲地区地面坡度

1.2.3 气候类型

气候是指某一地区多年时段大气的一般状态,是该时段各种天气过程的综合表现。温度、降水等气象要素是表述气候的基本依据,同时也是引发部分气象灾害与水文灾害的重要背景条件,如平均温度较高、降水较少的区域易发生干旱;平均温度较低地区易发生冰冻灾害。另外,降水在地貌、水文因素的共同作用下也会诱发滑坡和泥石流等地质灾害(张业成和张梁,1996;张梁和张建军,2000;马寅生等,2004;张春山等,2006a)。

长江三角洲地区位于副热带高压带范围内,属亚热带湿润季风气候,冬温夏热,四季分明,雨热同期,降水丰沛,季节分布较为均匀。水热资源丰富,全年平均气温 $12\sim 20^{\circ}\text{C}$ (图1-5),1月平均气温 $0\sim 8^{\circ}\text{C}$,4月平均气温 $12\sim 16^{\circ}\text{C}$,7月平均气温 $24\sim 32^{\circ}\text{C}$,10月平均气温 $12\sim 16^{\circ}\text{C}$ 。气温年较差为 $22\sim 26^{\circ}\text{C}$,气温日较差 $6\sim 10^{\circ}\text{C}$ 。 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 年积温 $4500\sim 5500^{\circ}\text{C}$, $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 年积温为 $5000\sim 6500^{\circ}\text{C}$,无霜期长,年无霜期 $200\sim 300$ 天,农作物能实现一年三熟。

长江三角洲地区属典型的夏雨区,多数地区年降水量为 $1000\sim 1600\text{mm}$ (图1-6)(《中华人民共和国气候图集》编辑委员会,2002),1月降水量 $25\sim 75\text{mm}$,4月降水量 $75\sim 200\text{mm}$,7月降水量 $150\sim 300\text{mm}$,10月降水量 $20\sim 100\text{mm}$ 。受纬度、地形、区位等因素影响,降水量从南向北逐渐减少。年降水量相对变率 $15\%\sim 20\%$,较为稳定,年平均相对湿度 $70\%\sim 90\%$,年干燥度(潜在蒸散量与同期降水量之比) $0.5\sim 1.0$,相对较为湿润。

梅雨是本区气候的重要特征。梅雨(黄梅天)是指中国长江中下游地区、中国台湾、日本中南部、韩国南部等地,每年6月中下旬到7月上半月持续天阴有雨的自然气候现象。由于梅雨发生的时段,正是江南梅子的成熟期,故称这种气候现象为“梅雨”,这段时间也被称为“梅雨季节”。梅雨季节里,空气湿度大、气温高,衣物等容易发霉,所以也有人把梅雨称为同音的“霉雨”。梅雨时期的天气形势有3种不同情况:一种是梅雨形势持久稳定,雨量较集中,易形成洪水;另一种是梅雨时期的形势很不稳定,天气系统变化快,雨区范围变动大,干旱和内涝现象不突出;还有一种是整个六七月江淮流域不仅没有持续的大雨和暴雨,而且降水也不多甚至很少,即空梅或少梅,易造成干旱。长江三角洲地区是受梅雨影响的典型地区,当梅雨历时长,总量大时易形成流域性的洪水,当出现空梅时正值农作物生长季节,又会造成严重的旱灾。

除梅雨之外,梅雨之后的伏旱也是该地区的一个重要气候现象。每年7月下旬到8月中旬,随着西风带的北移,长江三角洲地区受西太平洋副热带高压单一气团控制,气流下沉,温度升高,出现较长时间的晴热少雨天气。此时出现的干旱,又称夏旱,属于季风区灾害性气候。主要发生在中国长江中下游流域及江南地区特别是湖北、湖南、江西、江苏、安徽等省。伏旱对该地区的主要夏季作物水稻的生长很不利。而且严重的伏旱不仅对农业生产有很大影响,同时还会影响工矿业用水、生活用水以及内河航运等。

长江三角洲地区另外一个重要的气候特征是容易遭遇热带气旋。热带气旋是一种发生在热带或者副热带海洋上的气旋性涡旋,依其强度可以分为热带低压、热带风暴、强热带风暴和台风。其中,台风破坏性最为猛烈(近中心最大风速大于 32.7m/s)。台风伴有狂风、暴雨、巨浪、风暴潮,活动范围很广,具有很强的破坏力,是一种典型的灾害性天气。

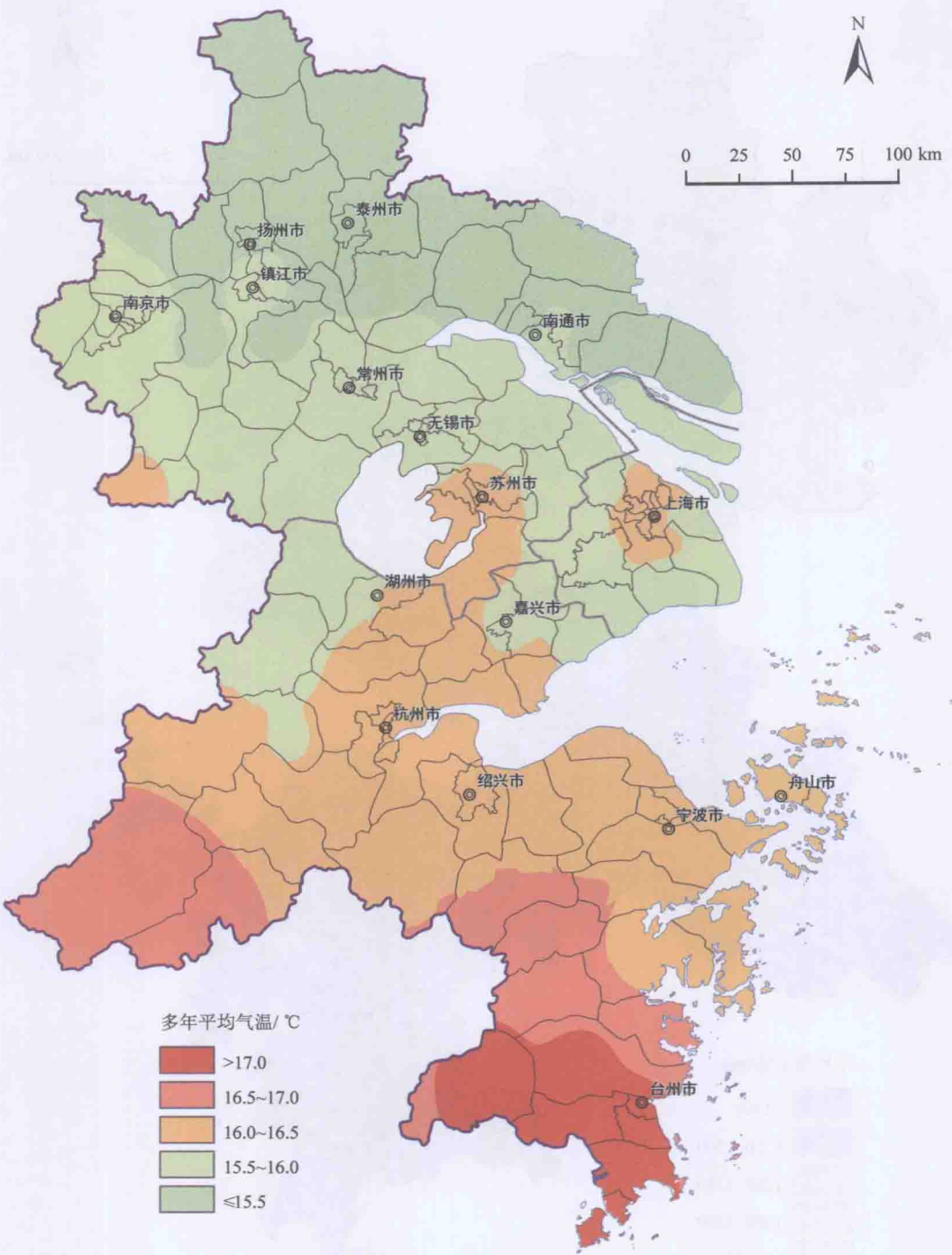


图 1-5 长江三角洲地区多年平均气温

