

中国工程院 国家开发银行 浙江省人民政府重大咨询项目

浙江沿海及海岛 综合开发战略研究

地质气象卷

浙江沿海及海岛地区
地质与气象环境研究

主编 刘嘉麒

中国工程院 国家开发银行 浙江省人民政府重大咨询项目

浙江沿海及海岛 综合开发战略研究

地质气象卷

浙江沿海及海岛地区
地质与气象环境研究

常州大学图书馆
藏书章

主编 刘嘉麒

图书在版编目(CIP)数据

浙江沿海及海岛综合开发战略研究. 地质气象卷: 浙江沿海及海岛地区地质与气象环境研究/刘嘉麒主编. —杭州: 浙江人民出版社, 2012. 12

ISBN 978-7-213-05424-2

I. ①浙… II. ①刘… III. ①沿海—地质环境—研究—浙江省②沿海—气象学—研究—浙江省③岛—地质环境—研究—浙江省④岛—气象学—研究—浙江省 IV. ①F127.55②X141③P468.255

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 055575 号

书 名	浙江沿海及海岛地区地质与气象环境研究 (浙江沿海及海岛综合开发战略研究·地质气象卷)
作 者	刘嘉麒 主编
出版发行	浙江人民出版社 杭州市体育场路 347 号 市场部电话: (0571)85061682 85176516
责任编辑	王 燕
责任校对	戴文英 鞠 朗 陈 春 张谷年
封面设计	厉 琳
电脑制版	杭州大漠照排印刷有限公司
印 刷	浙江海虹彩色印务有限公司
开 本	787×1092 毫米 1/16
印 张	35
字 数	74.3 万
插 页	5
版 次	2012 年 12 月第 1 版·第 1 次印刷
书 号	ISBN 978-7-213-05424-2
定 价	170.00 元

如发现印装质量问题,影响阅读,请与市场部联系调换。

课题组成员名单

课题组组长 刘嘉麒 (中国科学院院士,中国科学院地质与地球物理研究所)

课题组副组长 李泽椿 (中国工程院院士,国家气象中心)

王功逸 (副厅长,浙江国土资源厅)

李长江 (浙江省特级专家/教授级高级工程师,浙江省国土资源厅信息中心)

黎 健 (局长,浙江省气象局)

陈建国 (局长,浙江省测绘局)

课题组联络人 孙乐玲 (处长,浙江国土资源厅地质环境处)

课题工作组组长 秦小光 (博士,中国科学院地质与地球物理研究所)

课题组秘书 王月冬 (国家气象中心)

课题组成员

浙江国土资源厅 姚洪华 张 岩 肖常贵 郑丽波 麻土华

齐岩辛 黎 伟 张义顺 王建国 朱兴盛

沈惠珍 黄卫平 赵建康 吴孟杰

中国科学院地质与地球物理研究所 姜文英 陈晓雨 穆 燕

中国气象局 朱 蓉 高 歌 徐 影 赵珊珊 周荣卫

浙江省气象局 苗长明 樊高峰 柳 苗 何 月 李慧武

李正泉 朱持则 楼茂园 刘爱民 吴清林

黄 辉 丁华君 黄鹤楼 楼丽银 徐瑞国

张建海 陈卫良

浙江省测绘局 周方根

综合报告

组 长 刘嘉麒

副组长 李泽椿 王功逸 黎 健 李长江 陈建国

成 员 秦小光 苗长明 樊高峰 高 歌 朱 蓉

王月冬 姚洪华 张 岩 郑丽波 麻土华

齐岩辛 张 藻 赵建康

第一专题组

组 长 李长江

副组长 麻土华

成 员 王建国 朱兴盛 郑丽波

第二专题组

组 长 姚洪华

副组长 黎 伟 张义顺

成 员 郑丽波 吴孟杰 姜 云

第三专题组

组 长 张 藻

副组长 赵建康

成 员 沈慧珍 刘思秀 吴孟杰 黎 伟

第四专题组

组 长 张 岩

副组长 齐岩幸

成 员 黄卫平 郑丽波

第五专题组

组 长 樊高峰

副组长 柳 苗

成 员 郁珍艳 何 月

第六专题组

组 长 樊高峰

副组长 何 月

成 员 柳 苗 高大伟 郁珍艳

第七专题组

组 长 李正泉

副组长 徐集云 陈胜军

成 员 张小伟 吴尧祥 毛裕定

第八专题组

组 长 柳 苗

副组长 张小伟

成 员 何 月 马 浩

第九专题组

组 长 朱持则

副组长 顾骏强

成 员 张 斌 林惠娟 樊高峰

第十专题组

组 长 楼茂园

副组长 樊高峰

成 员 朱持则 陆 玮 黄 辉

第十一专题组

组 长 李慧武

副组长 王镇铭

成 员 王 文 樊高峰

第十二专题组

组 长 刘爱民

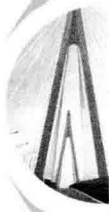
副组长 吴清林 黄 辉

成 员 周宽宏 赵海林 阮义军

第十三专题组

组 长 樊高峰

成 员 丁华君 张立峰 潘文卓 黄鹤楼 姚日升
丁烨毅 胡 波 楼丽银 马永安 万 寒
王忠东 徐瑞国 徐 赞 杨 洋 陆 琛
张建海 陈国勇 沈玉伟 黄 辉 赵海林
范其平 陈卫良 张家鼎



前 言

海岛定位、海洋权益、海洋资源、海洋灾害和海洋安全是当今海洋工作的主要问题。我国海岛众多,在属于我国的四个海域中,东海岛屿最多,约占全国海岛总数的 $2/3$ 。浙江海域广阔,岛屿众多,海岸线长而曲折、多港湾,是全国海岛最多的省份。这些岛屿主要由中生代火山岩构成,其分布主要受北东与北西或北西西向构造控制,使群岛总体上呈北东—南西向排列。岛群(链)或列岛岸边岩体坚固,边界陡峻,近岸水深,岛链或列岛之间水域宽阔,是建设巨型深水港和发展核能的优选地。浙江也是我国东部沿海气象灾害多发地区和气候变化敏感地区,属于受台风影响最严重的地区之一。

浙江沿海人口稠密,经济发达,在经济社会快速发展的形势下,存在一些实际问题,诸如海岛的开发与保护,资源的合理利用与布局,水资源的污染与紧缺,生态环境的保护与治理,气象灾害和海洋灾害的应对与防御,等等。

针对上述情况,我们的课题研究目标就是根据已有工作,理清浙江海岸带及其岛屿的地质、地理、环境和气候背景及演变规律,查明浙江沿海的国土资源和气象潜力,为保护、开发、利用浙江海岸带及其岛屿资源,防治自然灾害提供基础资料和科学依据。

本专著就是课题研究成果的总结。地质环境部分全面介绍了浙江海岸带及其岛屿的地质、地理、环境背景,给出了岛屿的准确数目和位置,讨论了海平面上升与浙江沿海平原地面沉降迭加可能引发的地质灾害及生态环境问题,总结了浙江沿海及海岛地区的地质遗迹资源,分析了舟山附近海底古河道和古水文网,提出了寻找海底淡水资源的线索。气象环境研究部分全面论述了浙江沿海及海岛地区气候时空分布及其变化特征,研究了浙江省光、热、水等气候资源状况,并进一步模拟研究浙江风能、太阳能的精细化分布情况,评估了浙江省沿海及海岛开发中面临的气象灾害风险。在此基础上对浙江省精细化气象观测系统、气象灾害预报预警系统、舟山海洋气象预警系统等提出了意见和建议。

研究取得了以下主要认识:

(1) 浙江区域自第四纪中期以后,地壳构造对地貌演化的影响程度让位于气候与海面变化,迄今未发现全新世以来断裂强烈活动的地质证据。无论是历史文献记载还是现今地震记录,均显示浙江沿海地区是最大震级仅为 5 级的弱震构造区,其中杭州湾北侧的平湖—海宁、萧山—绍兴、三门湾南岸至乐清湾以及苍南地区属于地壳次稳定区,其余

地段属于地壳弱活动区。全区地壳总体基本稳定,不具备发生强烈破坏性地震($M \geq 7.0$ 级)的断裂构造条件。近海海域地震产生本地海啸的可能性比较小,日本海地震产生的海啸和太平洋地震产生的远洋海啸一般也不会对浙江沿海地区产生重大威胁。

(2) 浙江沿海及海岛地区的坚硬块状侵入岩组(酸性—中酸性花岗岩类)、坚硬块状火山岩组和坚硬—较坚硬块状火山碎屑岩组,一般都适宜修建大中型工程。但是对于涉及重大工程区的晚更新世活动断层,在工程建设与运行中应重视对断裂构造活动性的监测评价。

(3) 港口资源是浙江近海区域最重要的资源之一,尤其是舟山—宁波海域有 15~20 米深水岸线 129 千米,大于 20 米深水岸线 324 千米,其中适宜建深水码头的水深大于 15 米的深水岸线达 210 千米。在地质上,舟山—宁波海域的岛屿主要由中生代火山岩构成,各单岛或列岛的走向则与相对较晚北西或北西西断裂构造有关,沿北西或北西西断裂的差异性断层升降活动形成的单岛或列岛边界陡峻,近岸水深,在岛屿或列岛之间水域宽阔,多为天然深水航道,建巨型深水港的自然条件十分优越,利于成片开发,规模效益好,深水岸线集中程度世界罕见,是中国建港条件最优越的港口航道资源群,具有显著的深水岸线和航道资源优势与地理区位优势。

(4) 浙江沿海及海岛地区发育了丰富而齐全的海岸地貌类型,已建立五种类型的保护区,即地质公园、矿山公园、自然保护区、风景名胜区和森林公园。浙江沿海及海岛地区主要地质遗迹资源多数分布在不同级别的保护区内,已保护的地质遗迹约占 60%。保护地质遗迹的有效方式,就是动员全社会的力量,合理而科学地开发利用地质遗迹资源。根据沿海地区地质遗迹分布特征,建议拟建立以岛屿发育完整的燕山晚期 I—A 型岩浆演化序列、新生代海岸地貌和花岗岩地貌为突出特色的、以舟山群岛和南麂列岛两大区块为核心的浙江省海岛地质公园。

(5) 根据第四纪地层从陆向海延伸的趋势和含淡水体地层的地质、地貌形成条件分析,在舟山群岛以西、象山港—温州以东近海海域的海底可能存在规模不等的“封存型”淡水体,是离岸海岛的潜在淡水水源,值得进一步勘探和开发利用。

(6) 浙江沿海及海岛地区属典型亚热带季风气候,气候资源丰富,光照较丰,热量适中,雨量充沛,空气湿润,雨热同季,风能资源丰富,为浙江沿海及海岛综合开发提供了较为有利的气候条件与丰富的气候资源。

(7) 但同时气象灾害在浙江沿海及海岛地区种类众多,影响严重,台风、暴雨(雪)、高温、干旱、雷电、大雾、大风、低温、冰雹等气象灾害频繁发生,尤其是这一区域是台风、暴雨影响的高风险区。

(8) 在全球气候变化背景下,浙江沿海及海岛地区气温明显升高,降水略有增加,日



照及风速减小,气候有向暖干化变化趋势,气象灾害及气候异常趋于频繁和严重,随着经济总量和城市化人口密集度的增加,气候变化对区域能源、水资源、生态环境和公共安全及可持续发展等构成严重威胁。

(9)在浙江沿海及海岛综合开发过程中,为区域可持续协调发展,更应注重加强气象灾害防御、气候资源开发及气候变化应对工作,进一步完善精细化气象灾害预警体系和远洋气象导航服务体系,完善气候资源及气象灾害综合监测系统、大气污染和核应急气象保障服务系统,制定气象灾害防护预案与应急处置机制,加强风能、太阳能等气候资源开发利用,加强气候变化监测诊断和评估,加强农村防灾减灾体系和农业气象服务体系建设,加强气象灾害风险分析与管理,对重大工程开展气候可行性论证,避免和减少气象灾害、气候变化对重要设施和工程项目的影响。



目 录

◎ 综合报告 ◎

浙江沿海及海岛地区地质与气象环境研究综合报告

一、自然地理概况	3
二、浙江沿海气象基本特征、灾害影响与风力资源	7
(一) 气候特征	7
(二) 气候变化特征及趋势	11
(三) 浙江沿海气象灾害特征及其影响	13
(四) 浙江沿海与近海风能、太阳能资源分析与评价	20
(五) 结论	24
(六) 措施建议	26
三、浙江沿海及海岛地区的区域地质背景	31
(一) 岩石地层	31
(二) 地质构造	33
(三) 水文地质条件	35
(四) 工程地质条件	35
四、海岸带地质环境	37
(一) 杭州湾形成的地质环境背景	37
(二) 浙江海岸带	41
(三) 海岛	43
(四) 舟山群岛—宁波深水港群的岸线资源	49
五、区域地壳稳定性	54
(一) 区域新构造运动及地貌演化	54
(二) 地震活动特点	54
(三) 浙江沿海及海岛地区受地震海啸袭击的可能性	55
(四) 地壳稳定性分区	56
(五) 浙江沿海及海岛地区地壳稳定性主要特征分析	58
六、浙江沿海及海岛地区水文、工程地质特征和主要地质灾害	61
(一) 沿海平原和海岛的水文地质特点	61

(二) 岩土体工程地质特征	61
(三) 主要地质灾害问题	62
七、浙江沿海及海岛地区地质旅游资源	74
(一) 地质遗迹资源分布	74
(二) 地质遗迹重要价值及意义	76
(三) 地质遗迹保护现状	78
(四) 开发利用建议	79
八、舟山海底地下淡水资源	82
(一) 海域淡水资源潜力	82
(二) 海域地下水资源勘查任务和方法	82
(三) 建议	83
九、地质环境的结论与建议	84
(一) 结论	84
(二) 建议	85
参考文献	86

◎ 专题报告 ◎

专题一 浙江沿海及海岛地区地质环境研究

一、自然地理概况	91
二、区域地质	93
(一) 大地构造环境	93
(二) 地层	93
(三) 侵入岩	94
(四) 地质构造	94
三、海岸带	98
四、海岛	100
(一) 海岛数量、类型、面积与岸线	100
(二) 舟山群岛	101
五、舟山群岛—宁波深水港群的岸线资源	102
六、区域地壳稳定性	104
(一) 区域新构造运动及地貌演化	104
(二) 地震活动特点	104
(三) 浙江沿海及海岛地区受地震海啸袭击的可能性	105



(四) 地壳稳定性分区	106
(五) 浙江沿海及海岛地区地壳稳定性主要特征分析	107
七、浙江沿海平原和海岛的水文地质特点	109
八、浙江沿海及海岛地区工程地质特征和主要地质灾害	110
(一) 岩土体工程地质特征	110
(二) 主要地质灾害问题	110
九、结论与建议	115
(一) 结论	115
(二) 建议	116
参考文献	117

专题二 浙江沿海及海岛地区地质灾害类型、特征及防治措施

一、导言	118
二、浙江沿海及海岛地区地质环境背景	119
(一) 地质构造	119
(二) 地层岩性	120
(三) 地形地貌	121
(四) 水文地质条件	122
(五) 工程地质条件	122
三、相对海平面上升与地面沉降	124
(一) 浙江沿海平原地面沉降的时空分布特征	124
(二) 浙江沿海平原地面沉降的影响因素	130
(三) 浙江沿海平原地面沉降危害及经济损失评估	141
(四) 浙江沿海平原地面沉降发展趋势及海平面上升趋势	146
(五) 地面沉降防治工作	149
四、突发性地质灾害类型与特征	154
(一) 突发性地质灾害时空分布特征	154
(二) 突发性地质灾害形成条件与影响因素	158
(三) 突发性地质灾害易发程度分区	160
(四) 突发性地质灾害发展趋势	164
(五) 突发性地质灾害防治工作	165
五、结论与建议	167
(一) 结论	167
(二) 建议	168
参考文献	169

专题三 舟山海底地下淡水资源分布与勘查和开发利用研究

一、浙江沿海及海岛地区水资源概况	171
(一) 水资源	171
(二) 供水状况	172
(三) 海底淡水勘查和开发利用研究的意义和价值	174
二、浙江沿海及海岛地区地下水类型及其水文地质结构	175
(一) 第四纪地质	175
(二) 水文地质条件	178
三、海域孔隙承压淡水分布的推断和预测	188
(一) 海域孔隙承压淡水分布的推断	188
(二) 嵊泗海域淡水开发利用评价	191
四、海域淡水资源勘查和开发利用前景	198
(一) 海域淡水资源开发利用前景	198
(二) 海域地下水资源勘查任务和方法	198
五、结论及建议	200
(一) 结论	200
(二) 建议	200
参考文献	201

专题四 浙江沿海及海岛地区地质遗迹资源及其保护

一、地质背景	202
(一) 地层特征	202
(二) 侵入岩	203
(三) 区域构造特征	203
二、地质遗迹资源分布	205
(一) 海岸地貌	209
(二) 花岗岩地貌	209
(三) 火山岩地貌	210
(四) 地质形迹	210
(五) 矿业遗址	211
三、地质遗迹类型及特征	212
(一) 地质形迹大类	212
(二) 地貌景观大类	219
(三) 矿业生产遗址大类	233



(四) 古生物化石产地大类	237
(五) 水体景观大类	237
四、地质遗迹重要价值及意义	239
(一) 在环太平洋构造域上的科学研究价值	239
(二) 在中国东南全新世海平面变迁、气候演变上的研究价值	240
(三) 在海岸带动力地质作用和地貌类型研究上的价值	241
(四) 在景观地貌美学鉴赏上的重要价值	242
(五) 其他重要的地学研究价值	242
(六) 对浙江经济社会与资源环境和谐发展的意义	242
(七) 对海岸带地质遗迹保护具有全国性和世界性意义	243
五、地质遗迹保护现状	244
六、开发利用建议	245
(一) 处理好保护与开发利用的关系	245
(二) 建立浙江省海岛地质公园	245
(三) 加强地质遗迹调查评价和科学研究的力度	245
(四) 建立健全稳定的投入保障机制	246
(五) 加强地质遗迹保护的科普宣传	246
(六) 积极开展国际交流	246
参考文献	246

专题五 浙江沿海与浙江省气候及其变化特征分析

一、气温	248
(一) 平均气温	248
(二) 最高气温	249
(三) 最低气温	250
二、降水	251
(一) 降水量	251
(二) 降水日数	253
三、日照	256
四、风	257
(一) 平均风速	257
(二) 大风日数	259
(三) 最大风速	259
(四) 极大风速	260
五、蒸发量	262

六、浙江省未来气候变化趋势预估	264
(一) 全球气候变化情景简介	264
(二) IPCC AR4 模式介绍	265
(三) 2011~2030 年浙江省预估气温多年平均	266
(四) 2011~2030 年浙江省预估降水多年平均	267
(五) 不同情景下浙江省温度变化	267
(六) 不同情景下浙江省降水变化预测	269
七、小结	271
八、措施建议	272
(一) 完善气象综合探测系统建设,开展精细化气候资源监测	272
(二) 加强气候资源监测评估	272
(三) 加强气候变化监测诊断和评估	272
(四) 组织开展气候可行性论证工作	273
参考文献	273

专题六 浙江沿海与浙江省气象灾害评估及风险区划

一、浙江省气象灾害及其影响	274
(一) 台风	274
(二) 暴雨	277
(三) 干旱	281
(四) 高温热浪	284
(五) 低温雨雪冰冻	286
(六) 强对流(大风、冰雹等)	291
(七) 雷电	295
(八) 大雾与霾	297
二、气象灾害风险区划	301
(一) 气象灾害风险系统的构成	301
(二) 气象灾害风险区划原则与方法	301
(三) 台风灾害风险区划	302
(四) 暴雨洪涝灾害风险区划	304
(五) 干旱灾害风险区划	305
(六) 低温雨雪冰冻风险区划	306
(七) 高温风险区划	307
(八) 强对流(冰雹、龙卷风、雷电)风险区划	309
(九) 气象灾害综合性风险区划	310

三、小结	312
(一) 气象灾害在浙江沿海及海岛种类多、影响大	312
(二) 气象灾害群发性显著,同步叠加,并具有连锁性	312
(三) 气象灾害的发生具有阶段性	313
(四) 气象灾害及气候异常趋于频繁和严重	313
(五) 气象灾害造成的损失严重	313
四、措施建议	315
(一) 提高气象灾害综合探测能力	315
(二) 建立精细化气象灾害预报预警体系	315
(三) 加强气象灾害预警信息发布	316
(四) 组织开展气象灾害风险评估和气候可行性论证工作	316
(五) 制定并实施气象灾害防御方案	316
(六) 加强气象灾害防御法规和标准化建设	317
(七) 完善气象灾害应急预案及处置机制	317
(八) 提高基层气象灾害综合防御能力	318
参考文献	318

专题七 浙江沿海及近海风能太阳能分析与评价

一、风能、太阳能发展现状	320
二、风能资源分析与区划	322
(一) 平均风速	322
(二) 有效风速小时数	324
(三) 平均风功率密度	325
(四) 风能资源量	325
(五) 风能资源评价	326
(六) 浙江沿海与近海风能资源详查	328
三、太阳能资源分析与评价	336
(一) 日照时数	336
(二) 日照百分率	337
(三) 太阳总辐射	338
(四) 太阳能资源评价	340
四、浙江省风能太阳能资源开发建议	341
(一) 进一步充实、完善浙江省风能资源专业观测网	341
(二) 加强太阳辐射观测网的建设	341
(三) 大力开发浙江的风能资源	341



(四) 加强风电场、光伏电场建设气候可行性论证	341
(五) 建立风能实时预报服务体系	342
(六) 加强部门合作,开展科学的风电场选址工作	342
参考文献	342

专题八 杭州城市高温特征分析

一、杭州市高温概况	343
(一) 杭州市高温日数变化情况	343
(二) 杭州市极端高温变化情况	345
(三) 杭州市暖季(6~9月)平均气温变化情况	345
二、利用炎热指数分析杭州高温	347
(一) 炎热指数的计算	347
(二) 炎热临界值的确定	347
(三) 杭州炎热日数分析	347
三、杭州市与传统“火炉”(南京、武汉、合肥、南昌、重庆)高温对比	349
(一) 高温日数对比	349
(二) 极端高温对比	350
(三) 炎热日数对比	350
(四) 综合比较	351
四、城市高温的数值模拟试验	352
(一) 模式及试验设计方案	352
(二) 模拟结果分析	352
五、结论	355
六、对策建议	356
参考文献	356

专题九 浙江海洋气象精细化综合观测系统建设

一、发展动态	357
(一) 历史概述	357
(二) 国外发展动态	358
(三) 国内发展背景	360
(四) 发展趋势	361
二、现状与需求	363
(一) 发展现状	363
(二) 需求分析	366