

DONGNAN YANHAI JI ZHONGYAO JINGJIQU HUANJING DIZHI

东南沿海及重要经济区 环境地质

姜月华 哈承祐 卢耀东 丁式江 林 军 等著
欧也成 陈鸿汉 贾军元 周权平 许乃政

地质出版社

东南沿海及重要经济区环境地质

姜月华	哈承祐	卢耀东	丁式江	林 军	欧也成	
陈鸿汉	贾军元	周权平	许乃政	廖香俊	支兵发	
邓鼎兴	黄喜新	黄金玉	薛桂澄	夏长健	冯亚生	等著
何江涛	王敬东	李淑梅	刘百灵	袁旭音	徐玉琳	
吴小勇	方 正	赵建康	徐忠胜	刘 菲		

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书是研究东南沿海及重要经济区环境地质的一本专著。探讨了东南沿海地区海岸带地质环境特点、第四纪海岸带分布、侵蚀和淤积类型、变化速率及其时空变迁规律和发展趋势;研究了东南沿海地区地面沉降、地裂缝的分布区域、发育程度及特点,对比分析了长三角、珠三角地区地面沉降的差异,并对其造成的经济损失进行了定量评估;阐述了东南沿海地区崩塌、滑坡、泥石流地质灾害的类型、分布、危害程度与特点;总结了珠三角、闽南地区新构造运动特点,并进行了区域地壳稳定性分区评价;分析了东南沿海重点地区地下水污染现状、类型、特点及主要污染物来源,通过对苏锡常地区浅层地下水有机污染试点调查研究,讨论了浅层地下水有机污染现状、组分及污染程度;总结了东南沿海重点地区土壤重金属、有机农药污染以及放射性异常现状与特点;在系统分析东南沿海地区地下水开采历史和现状的基础上,对地下水资源潜力进行了评价,在珠三角和广西环北部湾等地新圈定了20余处后备地下水水源地,为今后找水指出了方向;采用地下水地球化学、同位素方法,对苏锡常地区的地下水年龄、流场变化、含水系统进行了研究,并取得了新的认识;建立了东南沿海地区地质环境信息平台。总之,该书是一份区域性、重点性、综合性与专题性、研究性与应用性相结合,并反映当前最新研究进展的集成成果,可为东南沿海及重要经济区制定社会经济可持续发展规划提供地质依据。

该书可供从事区域地质、水文、工程和环境地质,矿产资源调查的广大科技人员,大专院校师生,以及城乡规划设计等部门相关人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

东南沿海及重要经济区环境地质 / 姜月华等著.

—北京:地质出版社,2010.2

ISBN 978-7-116-06568-0

I. ①东… II. ①姜… III. ①沿海-地区-环境地质学-研究-中国 IV. ①X141

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第018584号

责任编辑:李莉 吴宁魁

责任校对:杜悦

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路31号,100083

电话:(010)82324508(邮购部);(010)82324567(编辑室)

网址:<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱:zbs@gph.com.cn

传真:(010)82310759

印刷:北京地大彩印厂

开本:889mm×1194mm 1/16

印张:21.25 彩版:19面

字数:687千字

印数:1—800册

版次:2010年2月北京第1版·第1次印刷

定价:68.00元

书号:ISBN 978-7-116-06568-0

(如对本书有建议或意见,敬请致电本社;如本书有印装问题,本社负责调换)

项目参加单位

项目主管部门

中国地质调查局

项目实施单位

南京地质矿产研究所

项目参加单位

南京地质矿产研究所

广东省地质调查院

福建省地质调查研究院

广西壮族自治区地质调查研究院

海南省地质调查院

中国地质大学（北京）

项目协作单位

上海市地质调查研究院

江苏省地质调查研究院

浙江省地质环境监测总站

浙江省地质调查院

国际合作机构

国际原子能机构（IAEA）

项目参加人员

南京地质矿产研究所

姜月华 贾军元 许乃政 周权平 黄金玉 王敬东 袁旭音

中国地质环境监测院

哈承祐

广东省地质调查院

卢耀东 支兵发 李淑梅 梁家海 梁向阳 萧金文 刘 煜 黎贵勇
杨群兴 郭兴华 甘永安 唐昨旺 王宜清 陈慧川 黄荣通 温家和
梁池生 甘永安 杨瑞生 刘伟新 邱松青

福建省地质调查研究院

林 军 邓鼎兴 刘百灵 施文耀 陶明刚 王 涛 黄文义 郑丽蓉
叶龙珍 赖树钦 邓有灿 陈 刚 李俊录 吴庚林 周建军 罗仁燕

广西壮族自治区地质调查研究院

欧也成 黄喜新 谢复飘 谭晓军 李炳义 卢进林 陈润荣 覃旭健
王鹏翥 马钧衡 覃 仁 胡自宁 石剑龙 度 刚 何卫华 李金茂
杨 敏 覃锡玲 黄海芬 胡自宁 陈润荣

海南省地质调查院

丁式江 廖香俊 薛桂澄 夏长健 徐忠胜 冯亚生 柳长柱 文 健
何新浪 阮 明 覃 旭 刘景兰 林 明 叶 碧 赵达迎 吴乾全
马海涛 唐 鹰 林 化

中国地质大学(北京)

陈鸿汉 何江涛 刘 菲 李炳华 刘宝林 刘立才 刘 石

江苏省地质调查研究院

徐玉琳 陆徐荣 王彩会

浙江省地质调查院

吴小勇 汪庆华

上海市地质调查研究院

方 正 严学新

浙江省地质环境监测总站

赵建康

前 言

本书是在中国地质调查局“东南沿海及重要经济区环境地质综合研究”项目成果的基础上写成的。

“东南沿海及重要经济区环境地质综合研究”项目的总体目标任务：开展珠江三角洲地区、福建沿海平原、海南岛、广西北部湾地区、苏锡常地区环境地质综合研究，建立东南沿海地区地质环境信息平台，为制定该地区社会经济可持续发展规划提供地质依据。其中，2003年工作任务：组织并开展综合研究。2004年工作任务：组织开展海岸带变迁、地面（地壳）稳定性研究；开展环太湖地区浅层地下水和土壤环境质量研究；开展苏锡常地区地下水同位素地球化学研究；开展无锡市、苏州市及其近郊浅层地下水的有机污染调查；编制浅层地下水有机污染调查技术要求，并组织培训。2005年工作任务：开展东南沿海及重要经济区水土污染研究；完成苏锡常地区地下水同位素地球化学研究；完成东南沿海及重要经济区环境地质综合研究报告编写；建立东南沿海及重要经济区环境地质信息系统。

项目自2003年1月开题后，项目组在各级领导的关心和支持下，克服了时间紧张、人员调整、经费紧张等各种困难，于2005年12月底如期完成报告编写和各类图件和图册的编制。该成果获得了有关专家高度评价，认为成果“首次对东南沿海地区海岸带变迁、水土污染、海水入侵、区域地壳稳定性、地面沉降、斜坡稳定性、地下水水源地等进行了系统研究，是一份集区域性与重点性、综合性与专题性、研究性与应用性相结合，并反映当前最新研究进展的集成创新性成果”。

应该说该项成果的取得是与各级领导的关心和各位专家的倾力支持、鼓励是分不开的，是与南京地质矿产研究所和东南沿海地区各省（市）地调院、环境总站、有关院校等单位之间兄弟般的亲密合作是分不开的，尤其是各方单位的主要调查和科研人员工作态度认真负责，任劳任怨，发扬无私奉献精神，牺牲无数节假日，倾注大量心血，综合组成员密切合作，才得以顺利完成任务。因此，该项成果一定程度上是集南京地质矿产研究所、东南沿海各省（市）地调院、环境总站和有关院校很多地质工作者辛勤汗水和长期工作积累的结晶，是产、学、研成功联合集体劳动的结晶。

值得指出的是，本项目技术顾问中国地质环境监测院哈承祐先生曾对项目实施进行了全过程的指导，并一起参与立项调研、野外调查、综合组会议讨论和报告编写工作，作出了极为重要的贡献，在项目成果将要讨论出版之际突然仙逝，在这里我们谨向哈承祐先生致以崇高的敬意，相信本书的出版是对哈承祐先生最好的纪念。

在本项目的野外调查、实验测试、室内分析整理和研究过程中，曾先后得到了中国地质调查局水文地质环境地质部殷跃平主任、武选民主任、文冬光主任，水环处郝爱兵处长、张二勇博士、林良俊博士、吴登定博士，地质灾害处张卓成处长、综合处杨澍处长等的关心和指导；得到了东南沿海地区各省（市）地调院、地矿厅（局）以及高校和研究所等众多地质专家如方家骅总工、沈新国总工、段永侯研究员、王瑞久研究员、李文鹏研究员、沈照理教授、蔡鹤生教授等的帮助与指点；得到了上海地调院魏子新院长、方正总工，江苏地调院袁晓军院长、朱锦旗院长、徐玉琳高工、陆徐荣高工、王彩会高工，浙江地调院张建明院长、汪庆华院长、吴小勇高工，浙江环境总站赵建康总工，福建地调院吴建设院长、文斐成院长、陶建华院长、黄德贤院长、赖树钦高工，福建省地勘局徐书勇高工，福建环境监测中心周伟东主任，广东地调院杜海燕院长、何俊美院长，广东地勘局梁池生高工，广西地调院黄志强院长，广西地勘局钱小鄂高工，海南地调院吴国爱院长、徐忠胜院长、傅扬荣总工等的大力协助；得到了中国地震局地质研究所地震动力学国家重点实验室（放射性同位素 ^{14}C 和 ^3H 测试）、中国地质科学院矿床地质研究所同位素实验室（环境同位素 ^2H 、 ^{18}O 和 ^{34}S 测试）、中国地质大学（武汉）环境学院同位素实验室（硝酸根中氮、氧同位素 $^{15}\text{N}-\text{NO}_3$ 、 $^{15}\text{O}-\text{NO}_3$ 测试）和南京地质矿产研究所实验室（水质全分析样测试）等单位和个人的大力支持；得到了南京地质矿产研究所陈国栋所长、郭坤一副所长等领导的关心，得到了南京地质矿产研究所项目办陈国光研究员、冯小铭研究员、骆学全研究员和地调部陈冰研究员、邢光福研究员、董永观研究员的倾力支持。此外，报告中引用了很多个人和有关单位资料与成果，在此一并表示衷心感谢。

由于我们的水平十分有限以及时间紧迫，因此，东南沿海及重要经济区环境地质综合成果肯定存在很多的不足和谬误之处，敬请各位领导、专家和同行批评指正。

作者
2009年5月
于南京

目 录

前 言

引 言	(1)
第一节 项目总体思路	(1)
第二节 研究现状	(2)
第三节 项目执行过程和完成工作量	(4)
第四节 主要成果	(6)
第五节 新技术、新方法的应用	(9)
第六节 国际合作与交流	(10)
第七节 成果编制	(10)
第一章 自然地理与社会经济概况	(11)
第一节 自然地理	(11)
第二节 社会经济	(14)
第二章 东南沿海地区环境地质背景	(16)
第一节 地质构造	(16)
第二节 前第四纪岩层	(17)
第三节 第四纪地层	(19)
第四节 水文地质	(25)
第五节 工程地质	(30)
第六节 环境地质	(33)
第三章 东南沿海地区海岸变迁	(35)
第一节 东南沿海地区海岸环境特点	(35)
第二节 东南沿海地区古海岸变迁规律	(36)
第三节 东南沿海地区近、现代海岸变迁规律	(45)
第四节 东南沿海地区近、现代海岸侵蚀	(46)
第五节 东南沿海地区近、现代海岸淤积	(57)
第六节 东南沿海地区海岸变迁防护建议和对策	(67)
第四章 东南沿海地区地面稳定性	(70)
第一节 东南沿海地区地面沉降	(70)
第二节 东南沿海地区地裂缝	(97)
第五章 东南沿海地区斜坡稳定性	(106)
第一节 滑 坡	(106)
第二节 崩 塌	(114)
第三节 泥石流	(119)

第四节	崩塌、滑坡和泥石流防治对策	(122)
第五节	崩塌、滑坡和泥石流危害程度分级建议	(124)
第六章	东南沿海地区区域地壳稳定性	(126)
第一节	概 述	(126)
第二节	闽南区域地壳稳定性	(128)
第三节	珠江三角洲区域地壳稳定性	(139)
第七章	东南沿海地区地下水污染	(150)
第一节	概 述	(150)
第二节	东南沿海地区地下水污染现状	(151)
第三节	东南沿海地区地下水污染特点	(170)
第四节	东南沿海地区地下水污染原因和防治对策	(172)
第八章	苏锡常地区地下水有机污染	(178)
第一节	概 述	(178)
第二节	采样点布置与样品分析测试	(179)
第三节	苏锡常地区浅层地下水有机污染现状	(181)
第四节	苏锡常地区浅层地下水环境质量评价	(185)
第五节	苏锡常地区浅层地下水有机污染特征	(188)
第六节	苏锡常地区浅层地下水有机污染成因	(199)
第七节	苏锡常地区主要有机污染物在土壤中迁移模拟实验	(207)
第八节	苏锡常地区浅层地下水有机污染防治对策和建议	(215)
第九章	东南沿海地区海水入侵	(218)
第一节	概 述	(218)
第二节	东南沿海地区海水入侵分布和类型	(219)
第三节	东南沿海地区海水入侵现状和成因	(221)
第四节	东南沿海地区海水入侵特点	(234)
第五节	东南沿海地区海水入侵防治对策和建议	(236)
第十章	东南沿海地区土壤污染	(238)
第一节	概 述	(238)
第二节	东南沿海地区土壤污染类型和现状	(238)
第三节	东南沿海地区土壤污染特点	(254)
第四节	东南沿海地区土壤污染原因分析	(256)
第五节	东南沿海地区土壤污染防治对策	(257)
第十一章	东南沿海地区地下水资源和潜力	(260)
第一节	地下水开采潜力判定方法和标准	(260)
第二节	地下水开采利用情况	(260)
第三节	地下水开采潜力分析	(262)
第十二章	苏锡常地区地下水同位素地球化学特征	(270)
第一节	概 述	(270)
第二节	样品采集和测试	(270)

第三节 地质背景条件 (271)
 第四节 地下水水化学特征 (273)
 第五节 地下水同位素地球化学特征 (274)
 第十三章 东南沿海地区地质环境信息平台 (286)
 第一节 概 述 (286)
 第二节 地质环境信息平台建设目的 (286)
 第三节 地质环境信息系统平台选择与开发工具 (287)
 第四节 地质环境信息系统平台的构成 (287)
 结 论 (299)
 存在问题和下一步工作建议 (309)
 参考文献 (312)
 Environmental Geology in Southeast Coastal Area (321)
 彩色图版
 彩色照片

引 言

第一节 项目总体思路

项目总体工作思路：①在充分收集和研究前人资料的基础上，结合当前社会发展总体规划，把东南沿海地区经济发展急需与保持地区长期稳定可持续发展的长远目标相结合，综合利用环境地质学与之相关学科的新理论、新技术，采用综合研究与区域调查、专题调查密切相结合的方法，围绕地质环境脆弱因素对人口密集区发展的约束与重大人类经济-工程活动的地质环境效应，查清急需解决的主要环境地质问题、地质灾害及其发生机制、发展趋势与防治措施，实现东南沿海及重要经济区环境地质工作整体水平的提升，并为东南沿海及重要经济区地质环境保护和制定该地区社会经济可持续发展规划提供地质依据；②成立综合组，通过综合组制定或修正“东南沿海及重要经济区环境地质调查评价”计划项目下属各工作项目的室内和野外工作细则，统一技术标准，统一工作部署，指导、协调、实施和管理各方面工作；③成果集成。各工作项目具体为：

1. 东南沿海及重要经济区环境地质综合研究（工作项目编号：200312300013，任务书编号：水[2003] 007-06，工作起止年限：2003~2005年）

2. 琼海县幅 1:25 万生态环境地质调查（工作项目编号：20001230006271，任务书编号：0200146009，工作起止年限：2000~2002年）。

3. 福建南部沿海地区 1:25 万生态环境地质调查（工作项目编号：200012300103，任务书编号：水[2002] 015-01，工作起止年限：2000~2002年）。

4. 珠江三角洲经济区 1:25 万生态环境地质调查（工作项目编号：200012300104，任务书编号：水[2003] 007-01；工作起止年限：2000~2004年）。

5. 海南岛西南部 1:25 万生态环境地质调查（工作项目编号：200012300105，任务书编号：水[2003] 007-03，工作起止年限：2002~2004年）。

6. 福建北部沿海地区 1:25 万生态环境地质调查（工作项目编号：20012300103，任务书编号：水[2003] 007-04，工作起止年限：2002~2004年）。

7. 广西北部湾 1:25 万生态环境地质调查（工作项目编号：200012300105，任务书编号：水[2003] 007-03；工作起止年限：2003~2004年）。

8. 苏锡常地区浅层地下水有机污染调查（工作项目编号：200310400046，任务书编号：水[2003] 007-05，工作起止年限：2003~2004年）。

9. 海口市城市环境地质调查（任务书编号：水[2004] 009-02，工作起止年限：2004年）。

“东南沿海及重要经济区环境地质综合研究”项目要求在各工作项目基础上，按照任务书要求在长江三角洲、福建沿海平原、珠江三角洲、北部湾和海南岛五个工作区，根据各区存在的主要环境地质问题和社会经济发展的需求，紧密围绕以海岸带变迁、水土污染、地下水资源潜力和地面（地壳）稳定性等问题为主线开展综合研究，进行成果集成，提交计划项目最终成果。综合研究项目与各个工作项目之间的关系如图 0-1 所示。

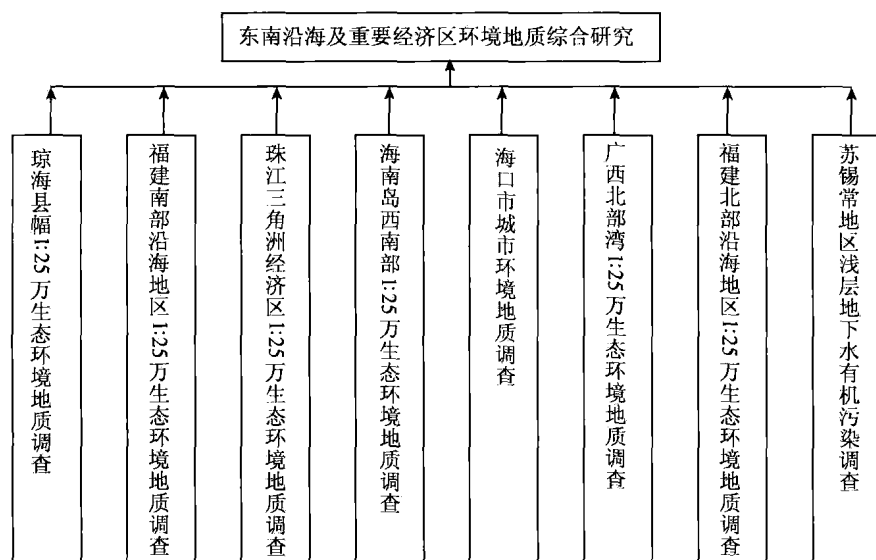


图 0-1 项目之间关系图

第二节 研究现状

一、国内外研究概况

随着全球性生态环境日益恶化，自然灾害危害的不断加大，人类的生存和发展受到了严重的威胁。为此，世界各国一方面加强了环境保护与管理工作，另一方面调整了学科的研究方向，加强了环境变化的自然作用与人为作用影响综合研究，建立和开发区域性和全球性数据库、监测短期和长期环境变化，提高了对环境变化和自然灾害的预测能力，并积极开展环境治理和自然灾害的防治，以保护和改善人类赖以生存的地球环境。

环境地质调查和研究工作作为环境质量评价、环境变化趋势预测、自然灾害防治和减轻的基础工作，在国土整治和规划及环境保护中起着重要作用。20 世纪 80 年代以来环境地质调查工作得到了迅速的发展，世界各国的地质调查工作的重点都已从山区转移至盆地和平原人类密集区，从传统的资源勘查型转变为环境主导型，西方国家的一些地质调查局在 20 世纪 80 年代末至 90 年代根据各国国土资源的具体特点，纷纷推出新一代国家环境地质或生态环境地质调查计划，取得了较大的进展并产生了一定的社会效应。

如俄罗斯、乌克兰等国开展了系统的地质生态填图工作，前苏联甚至还于 1990 年出版了《1:20 万~1:1 万地质生态调查和制图要求》一书^①。美国地调局从 1995 年开始实施生态系统调查计划 (Ecosystem program)，曾选择 South Florida、San Francisco Bay、Chesapeake Bay 三个地区作试点工作。从调查内容上看，俄罗斯、美国等的调查重点是围绕区域环境资源问题（水、土、矿产）、土地利用和人类活动引起的环境负效应来开展，其次开展其他如大气成分、大气沉降物、植被群落等调查工作。从技术方法上来看，西方各国的调查均重视“3S”技术的应用。从需要提交的成果来看，西方各国均强调成果的多方式表达、强调成果面向社会。国内^{②③④}在近些年曾经在河北流常、龙华，浙江萧山、安吉、湖州，四川九寨沟、大巴山等地先后布置实施了以农业地质、旅游地质、生态地质等方

① 顾承启译，肖庆辉校，1996，前苏联地质部地质生态调查和制图的要求，地质矿产部地调局，中国地质矿产信息研究院。

② 浙江省区域地质调查大队，1999，1:5 万萧山北部地区农业地质环境调查报告。

③ 浙江省国土资源厅，2001，浙江省安吉地区农业生态环境地质调查报告。

④ 姜月华、郑善喜等，2001，杭嘉湖平原 1:5 万生态环境地质调查试点报告。

面为重点的1:5万环境地质专项调查,取得了丰富的成果与宝贵的经验。但是,从总体上看,我国的生态环境地质调查工作当前仍处于探索阶段,有关1:25万生态环境地质调查的内容和方法还尚无现存的规范可循。

由于环境地质调查和研究工作成果是各国和各地区可持续发展的一个必不可少参考资料,因此,环境地质调查和研究工作当前已成为地质工作的主要任务和内容之一,环境地质学已成为现代地质学的中心或焦点,更是地质科学发展的希望和重要生长点^①。

二、以往工作程度及评述

1. 区域地质工作程度

东南沿海及重要经济区内地质工作起步较早。解放前,不少地质学家就对东南沿海地区的地层、古生物、矿产等做过调查和勘探工作,如1877年Mossman. S曾发表了《扬子江三角洲》论文等;20世纪50~70年代,各省地矿部门、地质院校和地质研究单位对东南沿海地区地质和矿产做了较为系统详细的普查和研究,先后承担完成了区内1:20万区域地质调查工作,开展了1:5万~1:50万航磁、重力测量、1:20万化探、1:20万区域土壤测量等,编制出了各地1:50万地质图,出版了各省(区、市)区域地质志、岩石地层、地层表、土壤地质、第四纪地质或矿产地质等各类专著;80~90年代,基本完成了1:5万区域地质调查,及部分地区的1:25万区域地质调查。

2. 水工环地质工作程度

新中国成立以来,特别从20世纪70年代起,地矿部门和其他有关部门在本区先后进行过不同精度、不同范围的水文地质、工程地质、环境地质勘查、评价,以及水资源评价、生态环境调查等工作,积累了大量资料,取得了一批成果。如90年代以前相继完成的1:50万环境地质调查、1:50万水文地质编图、1:20万区域水文地质普查;90年代初结束的1:20万海岸带和海涂资源调查;目前1:50万~1:20万的地质灾害和环境地质现状调查已覆盖全区;1:5万水文地质、工程地质调查和重要城市水工环综合勘查评价工作也已大部分完成。此外在部分地区还进行了1:5万~1:2.5万的农田水文供水勘查、地热田的勘查和大江大河沿岸、主要交通干线的环境地质、工程地质综合勘查评价。

80年代以后为适应沿海改革开放和经济发展的需要,地矿部门曾先后多次开展了沿海地区环境地质研究,“七五”期间为配合全国国土开发整治规划,进行了沪宁杭地区、珠江三角洲、闽南三角地区等地水资源与地质环境综合评价;同时还开展了上海、南通、福州、厦门、漳州、广州、深圳、珠海等沿海主要城市的水资源和地质环境评价以及沿海开放城市南通、闽南金三角、湛江的环境地质研究;90年代开展了1:50万各省(区、市)区域环境地质调查和各省(区、市)地下水资源评价工作。近年在沿海各地相继开展了1:25万生态环境地质调查,长江三角洲地区环境地质调查则对基岩构造、第四纪地层结构、地下水含水层结构、地面沉降和沉降监测网络进行了研究。上述工作成果对东南沿海地区的区域地质环境、主要环境地质问题及地质灾害进行了评价和预测。

3. 以往工作评述

前人所做的区域地质、水工环地质及相关科研工作为本次生态环境地质调查和综合研究奠定了基础,积累了宝贵资料。然而由于工作区社会经济迅速发展,城市化进程的加快,以往工作成果相当一部分已不能满足社会经济可持续发展需求,主要表现在如下几方面:

(1) 以往开展的地质调查和研究工作基本是在改革开放前完成,时间较早。近20年来,强烈的人类工程经济活动已使工作区地质环境发生了很大改变,亟待开展调查评价和综合研究,以对基础地质资料进行更新。

(2) 因人为活动加剧,出现了一些新的环境地质问题,如平原区地面沉降、水土污染问题、沿

^① 刘树臣,国外环境地质工作的主要进展与启示,见:跨世纪的地学态势——调查与科技,中国地质矿产信息研究院编,1998。

海地区港湾淤积、海岸坍塌等诸多环境地质问题，需要重新对地面稳定性进行评价及查明水土污染和海岸变迁等范围、变化特征和形成机理。

(3) 围绕新的社会需求，需要补充和加强水工环地质条件的调查和研究。如面对苏锡常地区全面禁采深层地下水的现状，需启动浅层地下水的赋存条件、补径排变化、水质（特别是有机污染）、水量调查评价及浅层地下水开采环境效应研究；根据《广西北钦防沿海经济区发展规划纲要》，北海、钦州、防城港市 2020 年的规划供水量分别为 80、55 和 35 万 m^3/d 。因此，北海市、钦州市、防城港市是外调水资源还是在当地寻找地下水资源的问题，需要通过地下水资源的进一步勘查评价来回答。

(4) 以往区域地质调查侧重于资源普查与勘查，缺少与岩石地层和生态环境因素相关调查；且以往开展的水工环地质调查，仅在局部地区进行过较详细的调查工作，对于资源开发利用状况、潜力、重大工程引起的多重效应问题等缺乏详细工作，调查精度也偏低。

(5) 以往的地质调查与科研相脱节现状一直未能有效解决，以往地质工作因专业较单一、资料分散以及调查评价体系恪守固定模式，使得成果实用性较差，难以直接服务于社会。

(6) 以往地质工作的方法手段相对落后，地质资料标准化、数字化程度低，水工环地质空间数据库和信息系统亟待建立。

第三节 项目执行过程和完成工作量

项目大致可分如下几个阶段：

第一阶段（2003 年 1~4 月）：为总体设计和 2003 年度设计编写、修改、认定阶段。收集整理东南沿海地区社会、经济、人口、资源、环境、基础地质、各种专门性调查研究资料，检索有关海岸带变迁、水土污染、地下水资源潜力和地面（地壳）稳定性等国内外文献。期间，项目组曾在中国地质调查局指导下，会同有关专家和南京地质矿产研究所领导、项目办水工环主任工程师等赴东南沿海各省（区、市）进行调研，了解各地主要需求和存在环境地质问题。2003 年 4 月项目总体设计书和年度设计通过由中国地质调查局组织的专家评审。

第二阶段（2003 年 5 月至 2003 年 12 月）：为制定统一技术要求和野外调查阶段。制定了包括地下水环境同位素等采样测试要求、数据库技术要求、水文地质环境地质调查、地下水资源开采潜力评价、地质环境动态监测、钻探技术要求、遥感解译技术要求、物探技术要求，并分别发送至广东、广西、海南和福建等地调院各工作项目。在聘请有关专家的指导下，年度内分别在广州、北海、海口召开了三次工作项目协调会和在南京召开一次学术研讨会，对各工作项目工作重点进行了进一步的明确和落实，强调了突出重点、兼顾一般的指导思想。各工作项目开展野外调查。综合组针对工作区存在的主要环境地质问题，完成对海南、珠江三角洲、广西北海野外调查工作。

第三阶段（2004 年 1 月至 2004 年 12 月）：为综合研究和野外调查阶段。2004 年 7 月中国地质调查局完成对本项目年度设计审查。年度内分别在福州、北海、海口、广州召开了四次工作项目协调会，在安徽召开一次有机污染调查技术要求培训会议，在南京召开了一次环太湖浅层地下水和土壤环境质量研究协调会。各工作项目开展野外调查。综合组开展苏锡常、苏北、福建沿海等地区的野外调查工作。

第四阶段（2005 年 1 月至 2005 年 12 月）：为综合研究和报告编写阶段。2005 年 5 月中国地质调查局完成对本项目年度设计审查。开展总报告编写和 61 张东南沿海地区以及苏锡常地区、环太湖地区、珠江三角洲地区、福建沿海地区、海南岛、广西北部湾地区不同比例尺的各类地质图编制工作。完成 12 份阶段性成果报告、专报和成果报告编写，分别为《东部沿海城市环境地质调查工作规划》、《东部沿海地区 1:5 万城市环境地质调查技术要求》、《华东地区水工环地质战略研究》、《苏锡常地区地下水同位素地球化学研究阶段性报告（中英文）》、《苏锡常地区浅层地下水有机污染研究报告》、

《苏锡常地区浅层地下水有机污染调查技术要求报告》、《东南沿海地区地面（地壳）稳定性专题研究报告》、《东南沿海地区海岸变迁专题研究报告》、《长江三角洲地下水资源合理开发利用模式专报》、《东南沿海地区海水入侵地质灾害情况、问题及对策建议专报》、《环太湖浅层地下水和土壤环境质量研究报告及图册》、《东南沿海及重要经济区环境地质综合研究报告和图册》。

项目完成的实物工作量主要有 1:25 万生态环境地质调查（修测）41845km²，1:25 万生态环境地质调查（编测）40878km²，1:25 万生态环境地质调查（实测）94364.4km²，1:10 万专项环境地质调查 3800km²，1:5 万水文地质调查 5110km²，1:5 万生态环境地质调查 970km²，三等水准测量 43km，视电阻率垂向电测深测量 72 点，1:25 万遥感解译 103920km²，1:10 万遥感解译 17000km²，1:5 万遥感解译 6960km²，钻探 2899.01m，洛阳铲钻探 1508m，土工试验 203 件，岩石和地下水放射性分析 23 件，¹⁴C 测年、钾氩测年、热释光测年 179 件，孢粉、微古分析 166 件，土壤化学分析 1763 件，动植物化学分析 62 件，地下水环境同位素分析 867 组，地表水化学分析 156 组，地下水化学分析 1312 件，地下水有机污染分析 252 件，土样有机污染分析 66 件（表 0-1）。

表 0-1 计划项目下属各工作项目完成总工作量

工作项目		设计工作量	实际工作量	完成比例/%
地质测量	1:25 万生态环境地质调查（修测）	41845km ²	41845km ²	100
	1:25 万生态环境地质调查（编测）	40878km ²	40878km ²	100
	1:25 万生态环境地质调查（实测）	94283km ²	94364.4km ²	100
	1:10 万专项环境地质调查	3800km ²	3800km ²	100
	1:5 万水文地质调查	4500km ²	5110km ²	114
	1:5 万生态环境地质调查	770km ²	970km ²	126
	三等水准测量	43km	43km	100
	视电阻率垂向电测深测量	60 点	72 点	120
	调查点数	—	8216 个	—
遥感解译	1:25 万遥感解译	99000km ²	103920km ²	105
	1:10 万遥感解译	17000km ²	17000km ²	100
	1:5 万遥感解译	6655km ²	6960km ²	105
钻探	钻探	1870m	2899.01m	155
	洛阳铲钻探	1020 m	1508 m	148
岩矿测试	土工试验	173 件	203 件	117
	岩石和地下水放射性分析	23 件	23 件	100
	¹⁴ C 测年、钾氩测年、热释光测年	66 件	179 件	271
	孢粉、微古分析	166 件	166 件	100
	地下水化学分析（全分析、简分析）	1011 件	1312 件	130
	土壤化学分析（常量、微量）	1640 件	1763 件	108
	动植物化学分析（微量）	50 件	62 件	124
	地下水环境同位素分析	474 组	481 组	101
	土壤有机污染分析	66 件	66 件	100
	地下水有机污染分析	252 件	252 件	100
	地表水化学分析	156 件	156 件	100

第四节 主要成果

一、海岸变迁研究方面

(1) 基本查明东南沿海地区海岸环境特点、古海岸变迁规律和近现代海岸变迁规律。认为东南沿海地区在第四纪地质历史时期曾发生 8 次较大规模海岸变迁, 而近现代海岸变化最直接和最显著的作用是海岸侵蚀和淤积, 人为活动已对海岸侵蚀和淤积影响越来越大。

(2) 基本查明东南沿海地区海岸侵蚀和淤积现状。东南沿海地区海岸线长约 14687km, 据查 70% 的沙质海滩和大部分开阔水域的泥质潮滩受到侵蚀, 其中黄海侵蚀海岸占 49%, 东海沿岸(包括中国台湾岛)占 44%, 南海沿岸(包括海南岛)占 21%, 东南沿海地区淤积和稳定岸线在黄海沿岸约占 51%, 在东海和南海沿岸分别占 56% 和 79%。东南沿海地区海岸侵蚀范围大和后退速度快的地区主要为江苏北部废黄河口海岸和海南东部部分海岸, 最大蚀退速度都曾达到 30m/a, 其次是浙闽和粤东沿海; 淤积岸线主要分布在东南沿海河流入海口岸段及苏北中部, 崇明东滩向海淤涨速率达 150~350m/a, 珠江口西珠海岸段最大达 709.92m/a。

(3) 研究认为东南沿海地区海岸侵蚀和淤积具有侵蚀和淤积现象的普遍性、侵蚀和淤积时空的差异性、侵蚀和淤积形式的多样性、侵蚀和淤积类型的多变性及侵蚀趋势加剧(淤积目前仍呈淤涨态势)五个特点; 认为影响东南沿海地区近、现代海岸侵蚀和淤积的原因主要有自然的、人为的及自然和人为叠加的三个方面。

二、水土污染研究方面

(1) 基本查明东南沿海地区地下水污染物来源、污染物类型、污染现状、污染特点和成因。东南沿海地区地下水污染可分原生和次生两种成因, 其中, 地下水原生污染主要是东南沿海一些地区由于受到原生地质环境条件的影响, 导致地下水中出现的高氟、高铁、高锰、高砷或高矿化度等现象。地下水次生污染则主要为人类经济工程活动所造成的地下水污染。研究认为东南沿海地区地下水水质总体尚属良好, 但是, 因人类活动影响部分地区地下水特别是浅层地下水有污染恶化的趋势, 主要污染组分为“三氮”、矿化度、总硬度、pH 值、化学耗氧量、挥发酚类、细菌总数、大肠杆菌群以及微量有机污染组分。以环太湖地区为例, 通过选取耗氧量、“三氮”、铁、锰、硬度、矿化度 8 个评价参数采用综合指数法对浅层地下水质量进行综合评价, 结果表明: 优质浅层地下水面积 120km², 良好级浅层地下水约 800km², 一般级浅层地下水 15142km², 较差级浅层地下水 2950km², 极差级浅层地下水 3000km²。

(2) 通过对长江三角洲地区浅层地下水有机污染的试点调查和研究, 初步查明 14 项卤代烃和单环芳烃有机污染物的污染现状、有机污染特征和成因, 发现苏锡常部分浅层地下水中有有机污染物检出率较高, 但极少有超标现象, 有机污染组分浓度高值点多集中于城市工业区。综合污染指数法评价结果显示, 常州地区地下水样不同程度受到污染, 轻污染占 52.78%, 中度污染占 38.89%, 重污染占 8.33%; 苏州无锡地区地下水未污染占 68.82%, 轻污染占 26.88%, 无重污染, 表明苏州无锡受有机污染程度较轻, 而常州地区地下水有机污染形势相对严峻。苏锡常地区浅层地下水有机物主要污染源为工业排污, 污染源分布及有机污染组分的物理化学性质影响着浅层地下水的有机污染特征; 气象和水文地质等条件一定程度影响着浅层地下水有机污染的特征; 认为苏锡常地区包气带土样粘土矿物含量丰富, 黏粒含量以及有机质含量均很高, 对有机污染物具有很强的吸附和阻滞能力。此外, 总结了地下水有机污染调查评价技术要求和办法, 为目前正在我国东部地区开展的地下水有机污染调查评价工作奠定了良好基础。

(3) 基本查明东南沿海地区土壤污染现状、污染特点和成因。东南沿海地区土壤污染主要为重金属污染,此外,也存在有机农药污染和放射性污染。重金属污染多分布在城镇郊区及工矿企业附近,而放射性污染则分布在珠江三角洲和福建沿海花岗岩局部地区。东南沿海地区土壤重金属污染组分主要为镉、汞、铜、铅、锌、铬、镍、砷、锰等,土壤放射性污染组分主要为铀钍。

三、海水入侵研究方面

(1) 基本查明了东南沿海地区海水入侵类型、入侵方式、分布范围、海水入侵成因和海水入侵动态变化,查明东南沿海地区地下含水层海水入侵面积达 168km^2 ,发现东南沿海地区出现了一种人为引海水入内地高位养虾所致的新海水入侵方式(海水入侵面积达 73km^2),指出海南洋浦、海口、广东湛江和广西涠洲岛是沿海地区第四纪孔隙承压含水层海水入侵高危地区,需引起高度重视,提出了东南沿海地区海水入侵的防治措施和建议。

(2) 东南沿海地区海水入侵类型复杂,海水入侵具有点多面广和入侵灾害不断加剧的特点。东南沿海地区海水入侵有三种类型——河口海水入侵、含水层海水入侵和沿断裂带的海水入侵。河口海水入侵主要发生在长江、珠江和闽江等河流入海口及其上游 $10\sim 200\text{km}$ 河段内,发生时间主要在冬春季节。咸水侵袭最长时间在长江口曾经达 5 个月之久,经济损失十分严重。如 1987 年春季仅上海市 90 家工厂咸水入侵造成的直接经济损失达 1400 万元;2005 年 1 月珠江海水倒灌,给珠海、中山、广州等珠三角地区供水造成很大影响,引起社会各界的广泛关注。含水层海水入侵目前主要发生在广西北海、钦州、涠洲岛、海南洋浦、海口、珠江三角洲、湛江、福建平潭岛、漳州、厦门、苏北平原、上海、宁波、萧山、杭州等地。含水层海水入侵主要是由于不合理开采地下水引起,而部分地区如海南南部、东南部以及广西北海南部地区出现的海水入侵系人为引海水入内地高位养虾所致。沿断裂带的海水入侵目前主要在福建南部的漳州盆地和厦门杏林湾等地发现。海水入侵的主要原因是开采地下温泉水引起切割基岩的 NWW 向断裂带发生海水入渗造成。东南沿海地区含水层海水入侵在实行人为控制后海水入侵范围可以缩小。

(3) 应用了电测深勘查技术对广西北海地区海水入侵进行了调查和研究,结果表明该项技术对查明海水入侵现状效果显著,对今后在东南沿海地区开展海水入侵专项调查有重要意义。

四、地面(地壳)稳定性研究方面

(1) 基本查明了东南沿海地区地面沉降和地裂缝的现状、发展历史和趋势,对珠江三角洲软土分布范围、软土沉降危害和原因进行了综合研究,认为珠江三角洲软土引起的地面沉降与长江三角洲地面沉降两者在地质背景、成因和表现形式等方面存在明显差异。东南沿海地区地面沉降主要发育在长江三角洲地区、珠江三角洲地区、闽江三角洲、南渡江三角洲等地,发生地面沉降的城市主要有盐城、大丰、苏州、无锡、常州、南通、上海、杭州、嘉兴、湖州、宁波、温州、台州、福州、台北、彰化、云林、嘉义、屏东、珠海、广州、湛江、海口等城市,地面沉降超过 200mm 的面积已达到 20000km^2 以上。上海、苏锡常、杭嘉湖、宁波等地区通过采取限制地下水开采量、调整地下水开采层次及开展地下水人工回灌等措施,地面沉降有一定程度的趋缓,但地面沉降总体形势不容乐观。东南沿海地区地裂缝主要分布在江苏和广东,福建、浙江以及广西未发现地裂缝。东南沿海地区地面沉降可以分为不合理超采地下水引起的地面沉降、软土引起的地面沉降和工程性地面沉降三个主要类型,东南沿海地区地面沉降具表现形式多样性、区域易发性、时间累进性、过程缓变性、成因复杂性和后果难以逆转性等特征。首次对珠江三角洲软土沉降造成的经济损失进行了定量评估,截至 2003 年底经济损失为 588.94 亿元;也对长江三角洲地区地面沉降造成的经济损失进行了数据更新,截至 2006 年底经济损失为 3813.3 亿元。

(2) 基本查明了东南沿海地区崩塌、滑坡和泥石流分布、类型和成因,总结了崩塌、滑坡和泥