

国家科学技术学术著作出版基金资助出版

香港地区土壤及其环境

骆永明 等 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

在系统回顾香港土壤环境研究现状的基础上,本书作者通过实地踏勘,采集了香港地区发育于10多种母质上的52个典型土壤剖面 and 300余个覆盖全区的土壤样品,分析了全区不同土壤(含母岩及胶体)的物理、化学、微生物学及矿物学的基本组成、性状和微形态特征,大量、中量、微量及稀土元素,有机氯农药、多氯联苯和多环芳烃等持久性有机污染物,获得观察与分析数据15000余个。本书正是在这些原始性数据、资料及其分析和比较研究的基础上整理而成的。

本书首次提出了包括7个土纲、7个亚纲、16个土类和25个亚类的香港地区土壤系统分类方案和11个土壤组合与分布模式,揭示了热带海岛季风气候下香港地区土壤发生与分布的基本规律,阐明了香港地区不同类型土壤的肥力特征、微量元素和稀土元素地球化学特征以及持久性有机污染物分布特征,提出了参考背景值,并初步揭示了土壤污染现状。同时还采用SOTER方法建立了香港地区土壤-地体数字化数据库,编制了香港地区1:15万土壤图和土壤环境质量系列图,填补了该地区土壤环境图件的空白。

本书不仅可作为香港地区环境保护和土地管理部门的重要资料,也可作为珠三角及其他地区土壤环境研究与管理方面的参考资料,适用于土壤、环境、生物、信息及管理科学领域的科研与管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

香港地区土壤及其环境/骆永明等著. —北京:科学出版社,2007
ISBN 978-7-03-019731-3

I. 香… II. 骆… III. 土壤环境-研究-香港 IV. X144

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第129721号

责任编辑:赵峰/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>

印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2007年9月第一版 开本:787×1092 1/16

2007年9月第一次印刷 印张:18 1/2 插页:6

印数:1—1 000 字数:439 000

定价:68.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈科印〉)

《香港地区土壤及其环境》作者名单

(按姓氏笔画顺序)

李振高 吴龙华 吴胜春 张甘霖
周生路 赵玉国 赵其国 骆永明
黄铭洪 章海波

序

香港自 20 世纪 70 年代初迅速崛起，高速完成了现代化进程，但同时也带来了许多环境方面的问题。大气、水体、固体废弃物的环境污染问题在香港的一些大学和管理机构，包括香港浸会大学和香港环境保护署已有许多研究，但对于土壤及其环境方面的研究却相当有限。迄今为止，香港还没有一所大学设有专门的土壤科学系。要综合解决诸如珠江三角洲地区这样的区域环境污染问题，我们不能不考虑土壤在其中所起的重要作用。

《香港地区土壤及其环境》专著的出版，填补了香港地区的上述空白。该专著涉及的主要研究内容都是在中国科学院南京土壤研究所与香港浸会大学土壤与环境联合研究实验室主持下完成的，其成果获得了国家环境保护总局的奖励。作为原香港浸会大学校长，当初积极推动建立联合实验室并资助开展香港土壤研究的一员，看到今天土壤与环境联合研究实验室能在土壤环境保护领域取得这样优异的成绩，甚感欣慰！

早在 20 世纪 60 年代，由香港大学地理系的 Charles J. Grant 教授主持，以提高农业产量为目的，对香港土壤做过系统研究，并撰写了 *The Soils and Agriculture of Hong Kong* 这本专著。由于自 20 世纪 70 年代以来，香港经历了工业化和新城镇的发展，农业规模已经极度萎缩，农业用地也相应地大规模缩减。因此，《香港地区土壤及其环境》与 Grant 教授这本专著的最大区别在于将土壤作为高度城市化发展下该地区生态环境的一个重要组成部分来研究，关注的是在这种高强度人类活动情况下土壤环境质量的状况，以及它对区域可持续发展的影响。当然，我们首先还是需要对整个香港地区的土壤发生、发育以及它与华南其他地区土壤的联系及区别等这些土壤学的基本问题有系统的认识，在此基础上结合典型土壤类型来揭示香港土壤的环境质量并提出相应的保护策略。基于这样一个科学思路，该专著首次提出香港地区的土壤系统分类方案和土壤组合与分布模式，揭示了热带海岛季风气候下香港地区土壤发生与分布的基本规律，研究了香港地区不同类型土壤的肥力特征、微量元素和稀土元素地球化学特征以及持久性有机污染物分布特征，提出了参考背景值，初步揭示了土壤污染现状。同时还建立了香港地区的土壤-地体数字化数据库，首次编制了香港地区 1:15 万土壤图及环境质量系列图。

该专著是多年来，集中多学科、多名科研工作者共同完成的集体成果，

是一本具有多学科交叉和区域性特色的科研著作。我深信该专著所提供的关于香港地区土壤科学的基础理论和土壤环境方面的基础数据，对于进一步开展香港乃至整个珠江三角洲地区的生态环境保护研究和管理均具有格外重要的参考价值。同时，该专著也是香港回归以来，香港与内地的科研机构在土壤学领域合作完成的第一项科研成果，对于加深两地的学术交流起到了极其重要的推动作用。

香港、澳门回归祖国以后，港澳地区与内地在各个方面的合作都得到了前所未有的加强。在环境保护领域，特别是珠江三角洲地区的污染治理问题上，作为澳门大学校董会的主席，希望澳门大学也能像香港的大学一样，积极与内地的科研院校通力合作，为合力解决珠江三角洲环境问题，实现区域可持续发展而出谋划策，做出重要贡献。

冼志伟

二〇〇七年三月于澳门

Foreword

Environmental pollution in Hong Kong has attracted much attention with the increasing pace of economic development since the 1970s. However, there has been relatively little research on soil pollution in Hong Kong and systematic knowledge on soil environmental quality is also scant. Both of these shortcomings are likely to make it difficult to solve the environmental problems of the Pearl River Delta in the long term.

The book entitled *Hong Kong Soils and Environment* has been written based on the systematic research on Hong Kong soils which was funded both by the State Major Basic Research Development Program of China and by Hong Kong Baptist University, and carried out in the Joint Open Laboratory of Soil and the Environment between the Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences and Hong Kong Baptist University. As one of the sponsors of the laboratory and the former President of Hong Kong Baptist University, I am really grateful to know the achievements from the laboratory.

In the 1960s, Professor Charles J. Grant of Hong Kong University wrote a book entitled *The Soils and Agriculture of Hong Kong* based on a survey of Hong Kong soils with the main objective to sustain and further develop high crop yields. However, the agricultural land area has decreased to no more than 5% due to the development of industry and new town planning since the 1970s. Therefore, in my opinion, greater attention is given to soil environment quality under the human activities of contemporary society and its impacts on the sustainable development of the region in *Hong Kong Soils and Environment*, which is a clear distinction from the thrust of the book by Professor Grant.

This book puts forward Hong Kong soil taxonomy and soil association patterns for the first time, and reveals the characteristics of soil genesis and soil distribution under the typical tropical monsoon climate. In addition, it characterizes the fertility status of different soil types and the geochemical fate and distribution of trace elements, rare earth elements and persistent organic pollutants, proposes new environmental geochemical baselines for these substances and indicates the preliminary soil contamination status. In addition, it includes an atlas of soils and environmental quality on a scale of 1 : 150000 and the Soil and Terrain Digital Database (SOTER) of Hong Kong.

The production of this book is a collective effort involving multiple disciplines such as pedology, biology and environmental science. I have never doubted that the book will serve as a reference for environmental protection and management in Hong Kong and perhaps throughout the Pearl River Delta region. It is memorable that the book is also

the first scientific research achievement in soil science after the return of Hong Kong to the Chinese Mainland and this will effectively promote academic exchange and cooperation between Hong Kong and the Mainland.

After Hong Kong and Macau returned to the Chinese Mainland in 1997 and 1999 respectively, cooperation between these two regions and the Mainland has accelerated in many spheres. Hence, as the chairman of the University Council for the University of Macau, I personally hope that our university will cooperate more actively with institutes and universities on the Mainland in resolving the environmental problems of the Pearl River Delta and securing the sustainable development of this economically and industrially important region of China.

Daniel C W Tse

Macau

March, 2007

前 言

香港土地面积仅为 1104km²，人口却高达 680 万，为世界上人口密度最大的地区之一。自 20 世纪 50 年代以来，香港本地和英国的一些研究人员从不同的层面和学科角度开展了一些关于土壤与农业、土壤污染与生态恢复等方面的研究。但迄今为止，对该地区的土壤发生与分类学问题尚不清楚，对该地区土壤环境质量也缺乏一个整体的了解，更无一张土壤图，成为中国土壤系统研究的一个空白区。鉴于此，2000 年中国科学院南京土壤研究所与香港浸会大学共建的土壤与环境联合开放研究实验室决定设立香港地区土壤及其环境的研究项目，开展了合作研究，并得到了香港浸会大学基金和国家重点基础研究发展计划项目（2002CB410810）的部分资助。

该研究项目依托于中国科学院南京土壤研究所-香港浸会大学土壤与环境联合开放研究实验室，主要由中国科学院南京土壤研究所土壤与环境生物修复研究中心、土壤资源与遥感应用研究实验室和香港浸会大学裘槎环境科学研究所共同完成。

项目组集成了土壤学、生物学和环境科学等多学科的综合优势，历时 4 年，开展了香港地区土壤的发生、形态、特征和环境质量及其空间分布与变异的研究，同时采用 RS 和 GIS 技术，依据先进的土壤制图理论和方法，首次建立了香港地区土壤及其环境质量图库（1:15 万）和数据库系统，填补了该地区此领域研究空白。期间，对整个香港地区进行了实地踏勘，总共采集土壤样品 300 余个（包括覆盖香港地区的 52 个典型剖面土样及 0~10cm 的表层土样）和成土母岩样品 12 个。分析项目包括：土壤颗粒组成、质地、土壤微团聚体组成、成土母岩和黏土矿物组成鉴定、pH（H₂O 和 KCl）、有机质含量、腐殖酸组成和含量、阳离子交换量（CEC）、交换性酸（包括交换性 Al 和交换性 H）、交换性盐基（Ca、Mg、K、Na）、土壤矿质养分含量（包括 N、P、K 总量和有效态含量；Ca、Mg、S 总量）、土体和胶体全量（包括烧失量，SiO₂、Al₂O₃、Fe₂O₃、TiO₂ 等）、游离铁含量、重金属（包括 As、Cd、Cu、Ni、Pb、Zn、Hg 等总量）、稀土元素总量、持久性有机污染物（包括有机氯杀虫剂、多氯联苯和多环芳烃）含量，以及微生物状况等；研究了该地区典型土壤的微形态特征；对成土母岩样品进行了电镜扫描鉴定，并分析了主要组成元素（Al、Fe、Mn 等）和微量元素（Cu、Zn、Pb 等）；总共获得分析数据近 15 000 个。此外，还对香港地区的一些基本图件进行了数字化和数据库的构建工作，主要包括：植被图、地形图、地貌图、地质图、土地利用图等，采用国际上先进的 SOTER（土壤-地体数字化数据库）制图理论和技术，初步建立了香港地区的 SOTER，为进一步研究奠定了基础。

《香港地区土壤及其环境》一书总共分 9 章，并附有 8 个附录，同时还附有土壤及其环境质量图的部分缩略图。

第一章从香港地区的地理位置、地质地貌、气候、植被、土地利用与环境保护等方面介绍了该地区的成土环境。体现了香港地区受热带海岛季风气候影响的典型性，以及

农业生产极度萎缩、人口高度密集等社会经济特点。

第二章对香港地区近半个世纪以来的土壤研究历史作了回顾。介绍了香港地区的土壤与农业、土壤肥力、土壤污染及其生态环境保护等方面的研究。同时，通过与中国内地的土壤研究比较，认为香港地区的土壤研究在基础数据和资料积累以及在土壤学基本问题阐明方面还有待补充和完善。

第三章结合香港地区的土壤调查，从土壤地理调查的理论与技术要则，实验室分析的方法与质量保证、质量控制，以及区域土壤制图的方法论方面作了较为详尽的介绍。

第四章采用了中国目前使用的国际统一的土壤系统分类体系，从土纲、亚纲、土类和亚类四个级别将香港地区的主要土壤类型划分为 7 个土纲 7 个亚纲 16 个土类和 25 个亚类。并结合香港地区 11 个典型土壤组合，阐述了香港地区土壤的地域性特点。

第五章从地形、地貌特征以及土壤微形态方面等多角度探讨了香港地区的土壤发生特征和规律，并将这种发育特点与华南其他地区的土壤发育特性作了对应的比较。

第六章在前面阐述土壤发生和分类的基础上，系统总结了香港地区的土壤肥力状况。从土壤基本性质、土壤养分和土壤微生物学等方面进行了详述，并对其肥力质量作了综合评价。

第七章从土壤地球化学的角度探讨了香港地区微量元素环境地球化学基线的问题，并提出了该地区微量元素的参考背景值。选择了生命必需元素硒为对象，研究了它在香港地区土壤中的累积分布规律，以便为进一步制定香港地区的土壤环境质量标准提供科学依据。

第八章从土壤地球化学的角度继续探讨了香港地区土壤的稀土元素，包括它们在该地区的土壤背景值和地球化学特征，为进一步研究它们的生态环境影响提供了基础资料。

第九章针对斯德哥尔摩公约规定的几种有机氯农药和多氯联苯，以及 16 种美国 EPA 优先控制的多环芳烃这些典型的持久性有机污染物，探讨它们在香港地区土壤中的含量和分布及其可能的来源。

全书系统地概括了香港地区土壤及其环境的几个重要研究方面，为该地区土壤环境的保护和立法提供了大量的基础性资料，同时也供从事土壤科学研究、环境保护和土地规划工作的科研人员、管理工作者和研究生参考，这也是我们的主要初衷之一。

本书的最终定稿如同该研究项目完成一样，是一个集体的成果。其写作框架和过程是在骆永明研究员主持下拟定和完成的，并一直得到赵其国院士的指导。具体的撰写分工如下：前言和结语由骆永明撰写；第一章，赵其国、骆永明、章海波；第二章，骆永明、赵其国、黄铭洪、章海波；第三章，章海波、骆永明、赵其国、张甘霖、周生路、赵玉国、吴龙华；第四、五章，赵其国、张甘霖、章海波、骆永明；第六章，章海波、骆永明、吴胜春、李振高；第七、八章，骆永明、章海波；第九章，章海波、骆永明、黄铭洪。全书由骆永明统稿。在本书的写作过程中，中国科学院南京土壤研究所龚子同研究员和陈怀满研究员对本书的结构和大纲提出了宝贵的意见，香港中文大学邹桂昌教授为第二章内容提供了许多宝贵资料，在此对他们的支持和帮助深表谢意。同时，非常感谢澳门大学校董会主席（原香港浸会大学校长）谢志伟博士为本书作序！

由于作者水平有限，书中错漏在所难免，恳切希望各位同仁给予批评指正。

骆永明

2007年1月于南京

Preface

Hong Kong covers a total land area of 1104km² and has a population of approximately 6.8 million on this limited area. The high population density has created a lot of environmental problems including soil pollution due to urban development in the last several decades. Many researchers with different scientific backgrounds have conducted researches on agricultural soil, soil pollution and ecological restoration in Hong Kong. However, the foundation of knowledge of basic pedology such as pedogenesis and soil classification, which is very important in resolving the problems in relation to the soil environment of Hong Kong, is still limited. There is also a lack of systematic knowledge with regards to the soil environmental quality of Hong Kong, even without a map of Hong Kong soils. Since Hong Kong has returned to China, investigations should be performed on Hong Kong soil to provide a comprehensive picture of soils in China in order to fill the data gap in the Chinese soil database. Accordingly, research on Hong Kong soil was made in 2000 by the Joint Open Laboratory of Soil and the Environment, a cooperation between Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences (ISSAS) and Hong Kong Baptist University (HKBU). The project was funded by the Strategic Research Fund of HKBU, and Major State Basic Research Development Program of China (No. 2002CB410810). This project lasted a total of four years (from 2000 to 2004) and was accomplished cooperatively by Soil and Environment Bioremediation Research Center of ISSAS, Department of Soil Resources and Remote Sensing Application of ISSAS and Croucher Institute for Environmental Sciences of HKBU.

During the four years, our research group took advantage of the integrated multiple-disciplines, such as pedology, biology and environmental science, to carry out research on pedogenesis, pedological features, soil fertility, soil environmental quality and spatial distribution and variation of soils in Hong Kong. Meanwhile, we have produced an atlas of soil and its environmental quality on a scale of 1 : 150000 and have created the Soil and Terrain Digital Database (SOTER) of Hong Kong with the aid of Geographic Information System (GIS) and Remote Sensing (RS). This is the first systematic research on the soils of Hong Kong since the last 50 years. We have written this book in order to supply basic scientific data for scientists and policy-makers who are interested in soils and environmental protection of Hong Kong and to facilitate the exchange of information. It is hoped that this volume may serve as a reference book for undergraduate and postgraduate students, professional or community members and governmental policy-makers who are involved in soil science, environmental protection and land planning. This book includes 9 chapters, 8 appendices and 8 soil and its environ-

mental maps.

The production of this book is a collective effort under my guidance. All work was supervised by Professor Zhao Qiguo (ISSAS), who was invited as an academic advisor of this project. The collaboration was: Chapter 1 (Zhao Qiguo, Luo Yongming and Zhang Haibo), Chapter 2 (Luo Yongming, Zhao Qiguo, Wong Minghung and Zhang Haibo), Chapter 3 (Zhang Haibo, Luo Yongming, Zhao Qiguo, Zhang Ganlin, Zhou Shenglu, Zhao Yuguo and Wu Longhua), Chapters 4, 5 (Zhao Qiguo, Zhang Ganlin, Zhang Haibo and Luo Yongming), Chapter 6 (Zhang Haibo, Luo Yongming, Wu Shengchun and Li Zhengao), Chapters 7, 8 (Luo Yongming and Zhang Haibo), Chapter 9 (Zhang Haibo, Luo Yongming and Wong Minghung). Besides that, I framed the book structures and wrote the introduction, conclusions and suggestions. On behalf of my co-authors, I would like to use this opportunity to thank Prof. Gong Zitong and Prof. Chen Huaiman from ISSAS for their valuable comments on the book outline, and to Prof. K. C. Chau from Chinese University of Hong Kong for supplying the literature materials for the writing of Chapter 2. I would also like to express my sincere gratitude to Dr. Daniel Chi Wai Tse, Chair of the University Council, University of Macau, and former president of Hong Kong Baptist University, for writing the foreword for this book.

Luo Yongming

Nanjing, P R China

January, 2007

目 录

序

前言

第一章 香港地区自然环境	1
第一节 香港地区位置	1
第二节 香港地区地质与地貌	2
第三节 香港地区气候	7
第四节 香港地区植被	10
第五节 香港地区水土资源	13
第六节 香港地区环境状况及其保护	17
主要参考文献	21
第二章 香港地区土壤研究历史	22
第一节 土壤分类和农业土壤区划	22
第二节 园林绿地土壤肥力调查	23
第三节 土壤环境污染与生态恢复	25
第四节 香港地区土壤研究与区域可持续发展	30
主要参考文献	31
第三章 香港地区土壤调查与制图	35
第一节 土壤调查的目的和任务	35
第二节 土壤调查的总体思路	35
第三节 野外土壤调查方法	36
第四节 实验室分析项目与方法	40
第五节 SOTER 与专题图	49
主要参考文献	55
第四章 香港地区土壤系统分类与分布规律	57
第一节 香港地区土壤系统分类	57
第二节 香港地区不同类型土壤的发生特性	59
第三节 香港地区土壤分布规律	63
第四节 香港地区土壤组合规律	65
主要参考文献	65
第五章 香港地区土壤发生规律与特征	66
第一节 土壤发生与地理地质特征	66
第二节 土壤发生与土壤基本特征	68
第三节 土壤发生与地形地貌特征	70
第四节 土壤发生的某些微形态特征	71

第五节 香港地区土壤与华南地区土壤的发育特点比较	73
主要参考文献	76
第六章 香港地区土壤肥力及其综合评价	77
第一节 土壤质地	77
第二节 土壤酸碱度	78
第三节 土壤阳离子交换量	79
第四节 土壤有机质	80
第五节 土壤微生物	81
第六节 土壤氮素	86
第七节 土壤磷素	87
第八节 土壤钾素	89
第九节 土壤中量元素 (Ca、Mg、S)	91
第十节 香港地区土壤肥力综合评价	92
主要参考文献	98
第七章 香港地区土壤微量元素的地球化学特征	100
第一节 香港地区土壤的环境地球化学基线	100
第二节 香港地区土壤微量元素的富集——地质累积指数法	104
第三节 香港地区土壤微量元素的富集和分布——以硒为例	108
第四节 香港地区土壤中重金属的化学形态及潜在风险	114
主要参考文献	119
第八章 香港地区土壤稀土元素的地球化学特征	122
第一节 香港地区土壤稀土元素的背景值	122
第二节 香港地区土壤稀土元素的分馏特征	124
第三节 香港地区土壤稀土元素分馏的影响因素	126
主要参考文献	130
第九章 香港地区土壤持久性有机污染物状况	131
第一节 香港地区环境 POPs 污染	131
第二节 香港地区土壤中 POPs 的来源	132
第三节 香港地区土壤中 POPs 的含量和分布	137
第四节 土壤有机碳对 POPs 滞留的影响	143
主要参考文献	145
结语	148
附录 4-1 香港地区土壤系统分类表 (HONG KONG SOIL TAXONOMY)	150
附录 4-2 香港地区不同土壤类型的剖面特征及基本特性	152
附录 4-3 香港地区土壤亚类的系统与发生分类命名参比	244
附录 4-4 香港地区 11 个土壤组合的分布规律和土壤性质	245
附录 5-1 香港地区主要成土母岩电镜扫描图	261
附录 5-2 香港地区主要成土母岩的无机元素含量	266
附录 5-3 香港地区主要土壤类型的基本性质与发生特性表	268
附录 5-4 华南地区主要土壤类型的基本性质与发生特性表	274
图版	

Contents

Foreword

Preface

Chapter 1	General description of Hong Kong	1
1.1	Location and area	1
1.2	Geology and relief	2
1.3	Climate	7
1.4	Vegetation	10
1.5	Water and land resources	13
1.6	The environment and its protection	17
	References	21
Chapter 2	History of soils research in Hong Kong	22
2.1	Soil classification and agricultural districts	22
2.2	Soil fertility status of rural land	23
2.3	Soil pollution and ecological restoration	25
2.4	Relationship between soil research and regional sustainable development	30
	References	31
Chapter 3	Description of soil survey and mapping methods	35
3.1	Objectives	35
3.2	General considerations	35
3.3	Soil survey field methods	36
3.4	Laboratory analysis	40
3.5	SOTER database design and soil mapping	49
	References	55
Chapter 4	Soil taxonomy and distribution of soil types in Hong Kong	57
4.1	Soil taxonomy	57
4.2	Pedogenic features of different soil types	59
4.3	Distribution characteristics of soils	63
4.4	Characteristics of soil associations	65
	References	65
Chapter 5	Characteristics of pedogenesis in Hong Kong	66
5.1	Geographical and geological characteristics affecting pedogenesis	66
5.2	Impacts of pedogenic features on soil characteristics	68

5.3	Relief characteristics affecting pedogenesis	70
5.4	Micromorphological features of pedogenesis	71
5.5	Comparison between pedogenic features of Hong Kong and South China	73
	References	76
Chapter 6	Soil fertility and its integrated assessment in Hong Kong	77
6.1	Soil texture	77
6.2	Soil acidity	78
6.3	Soil cation exchange capacity (CEC)	79
6.4	Soil organic matter	80
6.5	Soil microorganisms	81
6.6	Soil nitrogen (N)	86
6.7	Soil phosphorus (P)	87
6.8	Soil potassium (K)	89
6.9	Soil calcium, magnesium and sulfur	91
6.10	Integrated assessment of soil fertility	92
	References	98
Chapter 7	Pedogeochemical characteristics of trace elements in Hong Kong	100
7.1	Environmental geochemical baseline of Hong Kong soils	100
7.2	Estimation of soil accumulation of trace elements with geoaccumulation index	104
7.3	Accumulation and distribution of trace elements in soils; the case of selenium	108
7.4	Chemical speciation of heavy metals in soils and their potential environmental risks	114
	References	119
Chapter 8	Pedogeochemical characteristics of rare earth elements (REE) in Hong Kong	122
8.1	Background REE in the soils	122
8.2	Fractionation of REE in the soils	124
8.3	Factors affecting REE fractionations	126
	References	130
Chapter 9	Persistent organic pollutants (POP) in the soils of Hong Kong	131
9.1	POP contamination in biotic and abiotic media	131
9.2	Source identification of POPs in the soils	132
9.3	Concentrations and distributions of POPs in the soils	137
9.4	Impact of soil organic carbon on the resistance of POPs in the soils	143
	References	145
	General conclusions	148
Appendix 4-1	Taxonomic table of Hong Kong soils	150

Appendix 4-2	Soil profiles features and descriptions	152
Appendix 4-3	Reference base for Hong Kong soils	244
Appendix 4-4	Distributions of 11 soil associations and their characteristics	245
Appendix 5-1	Scanning electron micrographs of parent rocks	261
Appendix 5-2	Table of inorganic elements concentrations in parent rocks	266
Appendix 5-3	Tables of soil characteristics and pedogenic features of different soil types in Hong Kong	268
Appendix 5-4	Tables of basic soil characteristics and pedogenic features of different soil types in South China	274
Colour Plates		

第一章 香港地区自然环境

第一节 香港地区位置

香港地区位于北纬 $22^{\circ}08'$ ~ $22^{\circ}35'$ 及东经 $113^{\circ}49'$ ~ $114^{\circ}31'$ 之间，于我国南海之滨，珠江口东侧，与广东省深圳市相毗邻，是我国通向世界的南大门，也是远东地区海、空交通运输要冲，素有“东方之珠”之美誉（图 1.1a）。香港地区为太平洋西岸的中枢，地理位置得天独厚，全境包括香港岛、九龙半岛、新界及离岛四个部分，陆地总面积为 1104.04km^2 （根据 2005 年地政署资料统计），其中香港岛及邻近小岛约 80.47km^2 ，九龙半岛约 46.93km^2 ，新界及离岛约 976.64km^2 （图 1.1b）。香港岛与九龙之间的港湾即维多利亚港，是一个天然的深水良港，具有“东方第一大港”之称。港湾南北两岸即是高楼林立、车水马龙的港九老城区，是香港最为繁华的商贸中心，也是人口最为密集的地区。

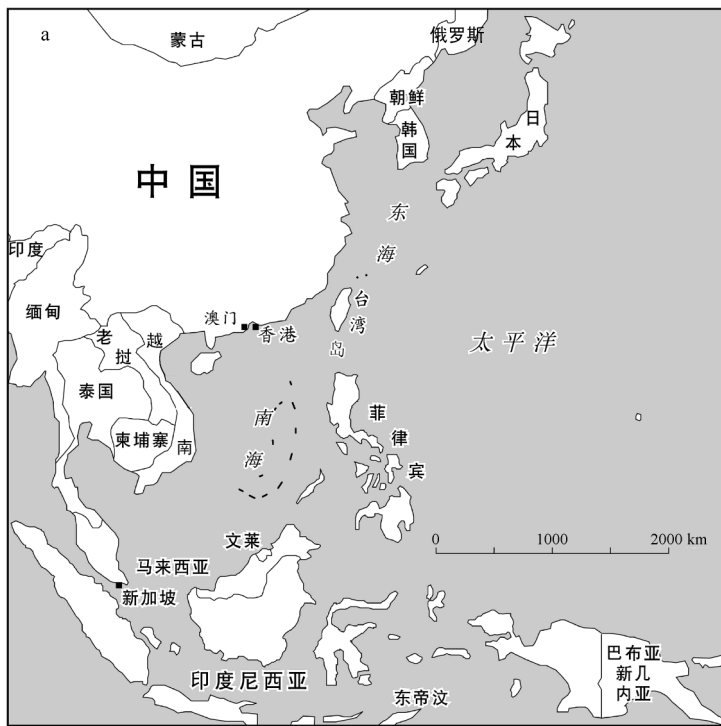


图 1.1 香港地区位置 (a) 及政区图 (b)

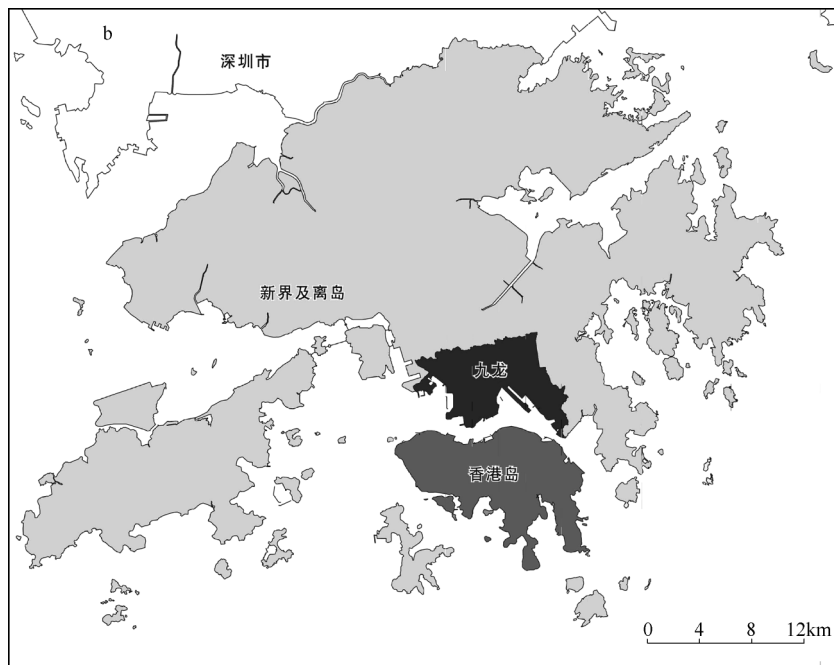


图 1.1 (续)

第二节 香港地区地质与地貌

香港地区属低山丘陵岛屿地形，山岗及丘陵占 80%，平原及台地仅占 20%，海湾沙滩多，海岛星罗棋布，大小岛屿 200 多个，海蚀地貌极为发育。全区超过 850m 的山峰有三座，新界的大帽山是最高峰，海拔 958m；第二、三高峰均在大屿山（大濠岛），分别为 934m 的凤凰山和 869m 的大东山。此外海拔较高的尚有弥勒山（751m）、马鞍山（703m）和飞鹅山（602m），以及港岛的最高点——太平山（扯旗山），海拔为 552m。港岛与九龙半岛之间有维多利亚港相隔，它是世界一级深水良港，港阔水深，面积 59km²，深 1.2~9.6km，可容吃水 12m 的轮船自由出入，与美国的旧金山、巴西的里约热内卢，合称世界天然良港。

一、香港地区地质概况

地质构造上，香港地区属于华南加里东褶皱带南缘，是中生代西太平洋岩浆活动带的一部分，区内分布晚古生代和中生代碎屑沉积岩和火山岩、缺失第三纪地层，其中大面积分布侏罗纪火山熔岩、凝灰岩和燕山期花岗岩类。从地质演化史看，香港地区在震旦纪至早古生代，可能是加里东构造岩相带的一部分，是加里东运动褶皱带的南缘。经过漫长岁月的风化剥蚀，可能到泥盆纪中世，始沦为拗陷区，接受陆相-滨海相碎屑沉积，并延续至早石炭世末。早期海西运动，可能对本区有所影响，产生火山喷出岩。中晚石炭世末见石灰岩。二叠纪早期石灰岩也未出现，晚二叠世为滨海-浅海碎屑沉积。

未发现三叠纪地层。印支运动使本区晚古生代地层褶皱隆起。早侏罗世为山间盆地陆相碎屑沉积。中晚侏罗世-早中期燕山运动是本区岩浆强烈活动期，大量酸性熔岩喷发及凝灰岩堆积，以及大量的酸性、中酸性、偏碱性的岩基、岩株、盐墙等侵入。白垩纪，局部出现内陆山间盆地，堆积陆相山麓、洪积粗碎屑岩。新生代第三纪，香港地区抬升成剥蚀区，成为珠江口盆地碎屑物的供给区之一。第四纪以来，才形成香港地区今天的海陆分布面貌。

根据地质演化特点，香港地区的地层组合见表 1.1。

表 1.1 香港地质史简表（李作明等，1997a）

地质时代	年龄 / Ma	主要地质活动	形成的主要岩石
第四纪	小于 1.8	地表沉积	冲积物、坡积物、海滩沉积
第三纪	1.8~65	吉澳组河流沉积	红层：砾岩及角砾岩
		岩脉侵入活动	辉绿岩
白垩纪晚期	65~100	地壳运动：褶皱及断层作用；岩脉侵入活动	辉绿岩
白垩纪早期	100~141	坪洲组湖泊沉积	主要为钙质粉砂岩及泥岩；夹有泥灰岩和燧石层
		赤洲组河流沉积	红层：砾岩、砂岩及泥岩
侏罗纪晚期	141~160	花岗岩基的侵入活动	主要为花岗岩；次为花岗闪长岩、正长岩、二长岩等
侏罗纪中期	160	地壳运动：褶皱作用	—
侏罗纪早期	195	浅水湾组火山喷发活动，伴有河流冲积	酸性熔岩、凝灰岩、含有页岩及粉砂岩夹层
		大澳组沉积	砂岩、页岩及粉砂岩，常含石墨
		吐露海峡组海洋沉积	页岩、粉砂岩及石英岩
三叠纪	195~230	地壳运动：褶皱和断层作用	—
二叠纪	230~280	吐露组海陆交替沉积	页岩、粉砂岩及石英岩
石炭纪	280~345	落马洲组沉积	页岩、粉砂岩和砂岩，但后来区域变质
		元朗组	碳酸盐岩，喀斯特地貌
泥盆纪	大于 345	马鞍山组	粉砂质页岩、砂岩，受变质后成角岩；中含白云岩，变质为大理岩及硅卡岩
		黄竹角嘴三角洲沉积	砾岩、石英岩、砂岩、粉砂岩及页岩

泥盆系，是香港地区出露最老的沉积地层，有两个组，分别为黄竹角嘴组和马鞍山组。黄竹角嘴组的含义为“沿着赤门海峡北岸陆地的狭长条带出露。从东北部的黄竹角嘴到西南部的白沙头洲，一般走向为 NE-SW，倾向 NW，倾角为 40°~80°，地层沿着赤门海峡局部倒转”，“在船湾地区这组由粗韵律的地层单位组，如砾岩或粗砂岩、石英岩和云母砂岩、石母粉砂岩及石母页岩”；马鞍山组是指香港马鞍山地区的一套“灰白、紫红、褐黄、浅绿色粉砂质页岩、砂岩、受变质后成角岩；中含白云岩，变质为大理岩及硅卡岩，产磁铁矿”地层。1986 年，香港土木工程署土力工程处出版的《沙田幅》（1：20 000）地质图上将马鞍山地区的这套地层置于泥盆系黄竹角嘴组内，但无化石证据。1996 年下半年，中国科学院南京地质古生物研究所胡兆纂等与香港土力工程处地

地质调查组 C. Fletcher、黎权伟等在联合调查中，首次于马鞍山东北坡官坑附近的马鞍山组内，发现了重要的标志性植物化石 *Leptophloeunz rhonzbicunz* Dawson，确定时代属晚泥盆世（李作明等，1997b）。

石炭系分为两个组，即元朗组和落马洲组。元朗组分布于香港新界（从罗湖到屯门）地区，20 世纪 80 年代经钻探发现，以碳酸岩为特征，为数米至数十米厚的灰白色含石膏层的大理岩，下部尚有十余米厚的碎屑岩（石英岩、粉砂岩等）。碳酸岩中常有溶洞，形成地下喀斯特地貌。落马洲组分布在新界西北部新田地区（与深圳接壤），组成元朗以北地区的低山丘陵，呈 NE 向延至深圳地区，属浅变质的含煤碎屑岩建造。落马洲组未发现过大化石（仅在石墨化含炭层中发现过植物碎片）。香港土力工程处曾在元朗等地木组地层出露区分析到不少孢粉，鉴定的时代为早-中石炭世。

二叠系（未分）吐露港组为海相碎屑浅变质岩，包括含黄铁矿砂页岩，粉砂岩、石英岩、产珊瑚、苔藓虫、瓣鳃类和一些海百合茎化石，相当于二叠系上统。仅见于大埔海的马屎洲。与中泥盆统露头相比邻，二者呈断层接触。

下、中侏罗系，吐露海峡组为砂页岩沉积。见于吐露海峡北侧。即中泥盆统露头南缘。侏罗系中上统名浅水湾组，为火山熔岩及碎屑岩组成。中下部为酸性熔岩、集块岩、火山碎屑凝灰岩为主；上部为沉积火山碎屑岩，即著名的“平洲千层饼页岩”，五彩斑斓，页理清晰。海洋公园海涛馆的大水池欢乐岸，就是选用千层石砌筑的。本组火山岩系分布非常广阔，新界、香港和大屿山 3/5 面积，都被其所占据；区内最高的三座山峰，也主要由火山熔岩组成。

晚侏罗纪-早白垩纪火山岩-浅水湾群在整个香港地区分布十分广泛，是香港岛和大屿山岛的主要地层，在新界也占很大面积，总厚度 2000m 以上主要岩性为流纹岩，流纹质至英安质熔结凝灰岩、斑晶凝灰岩、层凝灰岩、集块岩、集块凝灰岩、火山角砾凝灰岩等，内夹数层厚度不等（数十米至百余米）的沉积岩，沉积岩主要为灰色、黄褐色砂岩、砾岩、含砾砂岩和灰黑色粉砂岩、泥岩，产植物、孢粉及鱼化石。浅水湾群通常以断层或喷发不整合覆于下侏罗统或其他老地层之上，其上被白垩纪红层（八仙岭组）不整合覆盖。

香港的白垩纪红层分布于新界东北部，最西达沙头角海之南的鹿颈至八仙岭山的西段，向东延伸至大鹏湾海区，均为陆相盆地沉积。在赤洲岛、黄竹角嘴和八仙岭等地均可见到红层与下伏浅水湾群火山岩呈角度不整合接触。红层内迄今未发现化石，按岩性特征，大致可分为三套：早白垩世中晚期八仙岭组、晚白垩世赤洲组和白垩-第三系吉澳组。

第三系吉澳组命名于沙头角海的吉澳洲岛西北端。此外还包括长排头、小鸭洲、鸭洲等岛上的地层。是一套俱有“钙质胶结”和“灰红色、灰白褐色带棱角砾岩”。砾岩分选性差、可以偶尔看到小型流动纹理。尽管可区分为粗、细层位，并表现出有规律性的倾向和走向，但均无层面，是经很短距离搬运的山麓坡积物。

从上可见，香港地区的地质环境，基本上和邻近的广东东南沿海地区的地质相似。香港许多突露的岩石，在广东也可以找到，有的甚至跨区分布。故香港虽是个狭小地区，它的构造体系却与广东一样，是多个地质时代的造山运动和侵蚀作用的结果。

香港地区的岩石包括三大类：火成岩、沉积岩和变质岩，但和粤东南一样，现在出

露在香港大部分地区的是火成岩，其中以侏罗纪酸性火成岩和上侏罗纪的花岗岩占多数（Peng, 1986）。露头的沉积岩层大都由岩屑组成，包括砾石、砂、粉砂和黏土。它们的地质年代是由二叠纪至第四纪。覆盖的面积不但细小，并且零散。至于变质岩，则包括一些区域变质的沉积岩，但亦只限于少部分地区。香港地区的岩浆岩，主要属燕山中期（晚侏罗世）的侵入体，分布于新界大埔—元郎一线以南的维多利亚湾两侧、大屿山及南海海域小岛。以酸性花岗岩为主，有宋岗花岗岩、长洲花岗岩、马鞍山花岗岩、香港花岗岩和针山花岗岩等岩株、岩基，还有大埔花岗闪长岩、石英二长岩岩株和长石斑岩岩墙等。繁华的香港和九龙街区闹市，就是坐落在香港花岗岩基上，香港新机场所在地的大屿山北赤腊角，全岛均由长洲花岗岩构成。

香港地区的矿产不多，已知的有铁、铅锌铜、银、钨、钼和石墨、长石、白陶土、石英砂等。其中在沙田附近的马鞍山地区，与白云石和花岗岩接触的大块硅卡岩岩体中含有丰富的铁矿藏；在大帽山北面和西面山坡地许多地方则分布着在花岗闪长岩侵入体上形成的铅锌铜矿；钨矿则主要在荃湾附近；有一小部分钼矿与钨矿共生，也有一些地方的钼矿在花岗岩的热液石英岩脉上形成（Peng, 1978）。总的来说，香港地区的金属矿产储量少，多缺乏开采价值；非金属矿的长石、白陶土、石英砂等矿产储量丰富，目前正在开采。

二、香港地区地貌概况

香港位于华南丘陵地带，是一块部分受海水淹没和河流切割的多山地体。主峰从大帽山海拔 957m 的最高点，朝不同方向伸展，然后急剧下降到海里；狭小的低地分散在山间。地体主干是一列 NE-SW 走向的山脉，和华南构造的走向吻合。在西南方，主脉高攀至海拔 934m（凤凰山）和 869m（大东山）。同一走势的多条山脊，分布在新界西部，特别是深井和大榄，但高度已削减至 400~500m，那里更夹杂着西北至东南走向的山脊和谷地，成了香港山脉的次要走向。再西，受这双重地势走向控制的山地还有另外一系列南北走势的山脉。这一系列山脉在青山以北，网井半岛以南，高度为 200~500m。网井的东西是香港最广阔的低地，由青山谷、元郎平原和石岗平原三处组成。低地的边缘还有一狭隘的走廊，连接东北部的上水平原。这片低地海拔数米至 20 多米。吐露港和赤门海峡也有山地，在海拔 600m 以上，如 645m 的草山和 703m 的马鞍山。但低地只有沙田和吐露港岸旁的狭窄地带和小规模的河谷沉积地。贯穿了九龙半岛北面边界的狮子山和笔架山，构成高山地带的外缘。在这些山脉的南面，有孤立的小丘散布在满载谷地沉降和河海沉积的洼地。这些洼地，经填海和排水的人工处理后，大都成了九龙半岛的发展地区。总的来看，香港地区高地多、低地少、坡地多、平地少、可用地更少，地貌类型共有以下几种（钱俊生，1997）。

1. 高坡地

大部分残余上升的侵蚀面，由流水旁蚀和下切堆砌作用形成，陡坡上有不少风化物，易受侵蚀影响。据土力工程处统计，香港地区的斜坡坡度为 $15^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 的面积占 33.5%，坡度大于 30° 的占 29.3%，滑坡多发生较陡斜坡上。

2. 侵蚀地

这些侵蚀面，大部分已受后期的河流所切割。它们可以在任何岩类形成，而部分更可能横切不同岩类的接触带，在分布上，它们在海岸区较内陆区多，在低地也较高地更为集中。

3. 高平原

由构造面所形成，如大屿山的昂平高原，海拔 750m，由石英斑岩岩流构成。类似的高原平面和岩床，在新界东部的嶂上，却形成了河间地。还有八仙岭的单斜脊，有陡坡向南，缓坡朝北，由属于赤洲组的平缓北倾的砾岩、砂岩和泥岩互层构成。这些构造地形，因有奇峰异景而成了游览胜地，更是不少郊野公园的所在地。

4. 河谷平地

河谷平地大都较狭小，并由多个小的水系形成，也有多个河网合并形成，如梅窝谷地。另在近海地方，因为海陆相沉积物汇集，河谷平地常有沼泽和洼地。这些地区需要足够的排水系统，才能进行适当的土地利用。

5. 泛滥平原

由河水汇流沉积而成，在香港，石上河流流经的上水平原、西北部的元朗平原和邻近的石岗平原，都是泛滥平原。那里有些地方还有少数残丘存在，与环绕着的高地区形成强烈的对照。低地大部分受沉积物覆盖，但部分也有坡积层。而古海入侵过的地方，又保存着少量海相沉积物。

6. 沼泽湿地

主要是新界西北部较隐蔽海湾的沼泽地和红树林沼泽。这些低地是西北部泛滥平原濒海的部分，一直伸展到沿香港边界而流的深圳河口。由于沼泽湿地沉积作用的过渡区，故海陆相沉积都存在。离岸较远之处，这两种沉积物分隔还算分明，但接近潮水入侵的区域，二者常混杂在一起。就在这些地方，可以从上升海滩的残余，找出海岸平原形成的过程。

7. 海岸地貌

香港的海岸线长约 870km，它是由 200 多个大小岛屿和华南陆地毗连，现有的海岸是近期海侵的结果。沉积作用形成的海岸，大部分是在海湾内形成的，基本的海岸沉积地貌包括：海滩、湾内砂坝、速岛砂坝、三角沙嘴坝等。绵长而曲折的海岸带给香港优美的环境与景色，如港岛南部、清水湾、大屿岛等地均是难得的游览胜地。值得注意的是另有一种人为的海岸——“填海”，港岛北部和九龙半岛的天然海洋已被填海完全改变，沙田、大埔、屯门等新市镇也被填为低地，据调查，1993～1998 年共填海达 18.89km²，随着经济的发展，填海仍在不断进行中，今后填海造陆可能势在难免，但应有一定的规划与管治，特别应考虑香港海岸地貌与土地利用布局的科学性与合理性。

第三节 香港地区气候

香港地处低纬度，一年中正午有两次受到太阳直射机会，年太阳总辐射量大，为 $5286.86 \times 10^6 \text{ J/m}^2$ ，年日照时数多，达 1948.1h，夏半年受热多，冬半年较少。香港是受季风环流控制地区。冬半年受冬季风影响，夏半年受夏季风控制，年内季风交替明显，干湿季分明，在气候分类上，本地属南亚热带季风气候。

冬季，在每年的 12 月份，强大的蒙古高压控制着整个大陆。香港地区常处于大陆冷高压脊的东南缘，盛行东北季风，中高纬度东移的槽线常引导冷空气南下，地面冷锋随之南下影响香港，市区气温常降至 10°C 以下，新界和地势较高的地区，有时会降至 0°C 以下，随着冷高压东移出海和气团变性，气温逐渐回升。冬末春初，南海暖湿气流在沿江一带对峙，出现准静止锋引起的低温阴雨天气，形成前冬以干冷为主、后冬以湿冷为主的天气。

春季（3~4 月），地面的冷高压开始衰退，行星锋区略向北移，西太平洋副高北抬，高空南支西风小槽小脊活动频繁，地面冷空气与副高西侧偏南暖湿气流相遇，锋面空气活跃。

夏季（5~9 月），随着太阳直射点的北移，温度升高，亚洲热带环流出现调整，大陆热低压形成，海洋高压不断加强。5~6 月间香港受印度低压影响，过赤道的西南气流北进增强，南海西南季风建立。6 月以后西太平洋副高不断增强。香港处在副高南缘，同时，南海热带辐合带、东风波、热带低压等热带天气系统活动频繁影响本地。

秋季（10~11 月），干燥的冬季风逐渐代替暖湿的夏季风的过渡季节，西风季节性南移，对流层中层的副高迅速退出，低层夏季风南撤，随后便是东北季风开始建立，香港出现了短暂晴朗、干燥的天气。

该地区的年降雨量分布情况见图 1.2。从图中可以发现，年降雨量较大的地区主要集中在几个山峰，如大帽山、大屿山、马鞍山和太平山。

总的看来，香港地区气候具有以下四个基本特征。

1. 光能充足，热量丰富，全年日照长

由于北回归线从北面穿过，致使香港地区受太阳直射机会多，太阳辐射量大，热量丰富。香港多年平均太阳辐射总量为 $5286.86 \times 10^6 \text{ J/m}^2$ ，月平均辐射量为 $440.57 \times 10^6 \text{ J/m}^2$ 。其中，7 月最高，为 $593.65 \times 10^6 \text{ J/m}^2$ ；2 月最低，为 $299.32 \times 10^6 \text{ J/m}^2$ 。辐射年总量的年际变化小，最大与最小之差为多年平均值的 23.3%，但月总量的年际变化大，3 月是变化最大的一个月份，最大与最小之差可达平均值的 114.7%。月平均太阳辐射日总量的变化范围从 7 月的 $19.15 \times 10^6 \text{ J/(m}^2 \cdot \text{d)}$ 到 2 月的 $10.69 \times 10^6 \text{ J/(m}^2 \cdot \text{d)}$ 。全年平均日总量为 $14.46 \times 10^6 \text{ J/(m}^2 \cdot \text{d)}$ ，这一变化显示了辐射日总量年变化的基本特征。

此外，多年平均的日照时数为 1948.1h，最大值出现在 7 月，为 231.1h；最小值在 3 月，为 96.4h。季节和气候的变化对香港日照时数年内分布的影响显著，夏季长冬季短。日照时数波动最大是 3 月，这与春天的天气状况有关。

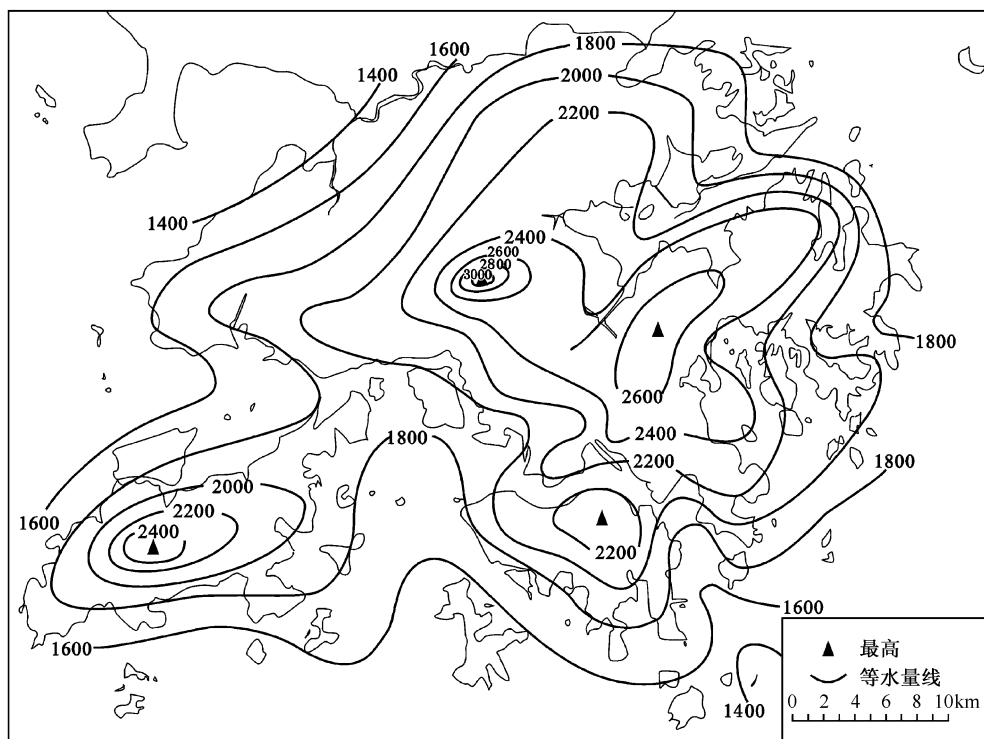


图 1.2 香港地区平均年水量 (mm) 分布 (1961~1990 年) (资料来自香港天文台)

2. 夏温颇高，冬不寒冷，四季气候温和

按候平均气温 $\geq 22^{\circ}\text{C}$ 为夏季、 $< 10^{\circ}\text{C}$ 为冬季、 $10\sim 22^{\circ}\text{C}$ 为春秋两季的四季划分标准，则香港 $\geq 22^{\circ}\text{C}$ 有 41 个候 (第 22~62 个候)，且没有一个候 $< 10^{\circ}\text{C}$ ，可见香港夏季时间长，春秋两季相连，没有真正“气候”意义上的冬季。但在习惯上一年中仍可划分出 4 个明显的季节，12 月至翌年的 2 月是干冷的冬季；3~4 月是温暖多雾的春季；5~9 月是长而多雨炎热的夏季；10~11 月是短暂晴朗、干燥的秋季。

香港地区多年平均气温为 23.0°C (表 1.2)，最热月 (7 月) 为 28.8°C ，最冷月 (1 月) 为 15.8°C ，年平均最高气温为 25.7°C ，年平均最低气温为 20.9°C 。月平均最高、最低气温的差值变化不大，为 $4.4\sim 5.1^{\circ}\text{C}$ ，说明最高温度与最低温度的变幅较小。

3. 雨量充沛，雨期集中，干湿季分明

香港是多雨地区之一，雨量丰沛，历年平均降水量为 2214.3mm ，最多降水量是 8 月份，为 391.4mm ，占全年降水量的 17.7% ；最少降水量为 23.4mm ，仅占 1.1% 。平均降水日数为 137.40d ，占全年天数的 37.6% ，降水日数与降水量成正比，其中 6 月份降水日数达 19.23d (表 1.3)。

表 1.2 香港多年各月平均气温 (单位: °C) (董慧涵等, 1994)

气候指标	月 份												年均气温
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
平均气温	15.8	15.9	18.5	22.2	25.9	27.8	28.8	28.4	27.6	25.2	23.4	17.6	23.0
年平均日最高气温	18.6	18.6	21.3	24.9	28.7	30.3	31.5	31.3	30.3	27.9	24.2	20.5	25.7
年平均日最低气温	13.6	13.9	16.5	20.2	23.9	25.9	25.6	26.3	25.5	23.1	19.2	15.4	20.9
差值	5.0	4.7	4.8	4.7	4.8	4.4	4.9	5.0	4.8	4.8	5.0	5.1	4.8

表 1.3 香港多年各月平均降水量及降水日数 (单位: mm/d) (董慧涵等, 1994)

项 目	月 份												年降水量
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
降水量	23.4	48.0	66.9	161.5	316.7	376.0	323.5	391.4	299.7	144.8	35.1	27.3	2214.3
降水日数	5.63	8.93	10.1	11.13	14.93	19.23	17.47	17.30	14.37	8.60	5.87	3.87	137.40

4. 风速较大, 偏东风多, 且春季多雾

香港北部新界与大陆相连, 九龙半岛及各岛屿受海洋影响大, 终年受暖湿气流调节, 升温、降温缓慢, 除具季风气候特色外, 还兼具海洋气候的一些特征, 除了气温年、日差较大和大陆度较小外, 常风、湿度较大。香港在季风影响范围内, 风向风速都随季节的更替有明显的改变 (表 1.4)。在每年的 12 月至翌年的 2 月是东北季风盛行期, 因近海风向偏于东北到东; 5~9 月是东南、西南季风盛行期, 风向有西南, 但仍以偏东风为主; 春秋的过渡季节既有东北偏东风, 也有东风。

表 1.4 香港多年各月盛行风向、平均风速 (风速单位: km/s) (董慧涵等, 1994)

项 目	月 份												年 平均	观 测 站
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
盛行风向	090	090	090	090	090	090	230	090	090	090	090	090	090	天文台
平均风速	4.0	4.3	4.5	4.2	3.8	3.7	3.6	3.4	3.9	4.1	4.0	3.8	4.0	天文台
盛行风向	070	070	070	080	090	090	230	090	090	080	080	080	080	横 澜 岛
平均风速	8.6	8.6	8.0	7.0	6.9	7.8	7.2	6.7	7.9	9.9	9.8	9.2	8.1	横 澜 岛

以上阐述了香港地区气候的基本特征。而可能影响香港的恶劣天气包括热带气旋、强烈冬季风以及经常在 4~9 月伴随某些天气系统发生的狂风雷暴; 水龙卷与冰雹等也偶有出现, 降雪和陆龙卷则属罕见。随着香港地区经济的繁荣和发展, 在这一城市特殊下垫面和人类活动的影响下, 产生“热岛效应”。由于香港城区道路狭窄且高楼众多, 冷气机外喷的高热废气, 致使城市“热岛效应”加剧, 据 1950~1980 年和 1960~1990 年前后 30 年气象资料分析, 香港城区出现气温增高, 湿度、降雨量减少的现象, 气温多年平均值增高了 0.2°C, 相对湿度下降了 1%, 降雨量减少了 20.4mm。

第四节 香港地区植被

香港处于湿润亚热带与暖温带海洋性气候的过渡地带，冬季寒冷而干燥，虽然没有出现最典型的潮湿热带的植物种属，但也存在许多热带的和温带的植物科，使这里的植物显得多种多样。全世界的植物共有 441 科，其中出现在香港的有 225 科，下分 1179 属，香港的土著植物种类却只有 42 种（香港植物标本室，2005）。历史上香港的植被十分茂盛，进入近代以后受到了极具破坏性的影响。1841 年以前，当英商还未到港聚居时，植被只略受当地客家农民破坏。1841 年后，夷地造屋，开垦耕地，伐木取材，使天然林地遭受了很大程度的破坏。日本占领香港时，林木遭到更大规模的砍伐，导致大片原生植被被破坏。从 20 世纪 50 年代起，香港政府推行绿化政策，进行绿化造林，保护环境。后来又通过建立自然保护区和郊野公园，使香港植被得到较大程度的恢复。现在，香港地区植被的覆盖率已达 70.4% 以上，其中林地为 11.7%，灌木林地和草地为 58.6%，沼泽和红树林为 0.1%。

一、林 地

1. 半自然林

半自然林分布于港岛的太平山、摩利臣山、金马伦山、聂高信山及新界企岭下海以南和白沙湾以西的西贡半岛、九龙水塘以东、大榄涌以北和大屿山的大澳以南等地。这些林区受干扰较少。树林的成分和结构反映了潮湿热带和暖温带间的过渡性环境。典型的树林有高密的上盖和三层的植被结构。上层林冠形状各处不同，和热带雨林比较，有较小但较厚的伞形，在低层处才分散开。中层是年轻的树木和耐阴的灌丛。地面的下层是不完整的植被，由蕨类、苔藓和阔叶耐阴草本植物组成。像热带雨林一样，这里没有显著的属和种。每个群落有 10~20 个共建种，而且大多是常绿的。林地大都覆盖着 6~8 层腐烂的树叶层。与典型的热带雨林相比，香港的树林在冬季受较低湿和较低温的影响，枯枝落叶层分解率较低。香港的林属，既有热带雨林的成分，又有暖温带、亚热带的植物成分。现今香港最普遍的林属是松科。原生种是马尾松，引进种有美洲的爱氏松。香港南亚热带常绿阔叶林的主要类型有华润柿-短花柿群落（Comm. *Machilus chinensis*-*M. breviflora*）、臂形果-肉实树-鸭脚木群落（Comm. *Pygeum topengii*-*Sarcosperma laurinum*-*Schefflera octophylla*）、白木香-假苹婆-红鳞蒲桃群落（Comm. *Aquilaria sinensis*-*Sterculia lanceolata*-*Syzygium hancei*）、腺叶野樱-厚壳桂-白楸群落（Comm. *Prunus phaestica*-*Cryptocarya chinensis*-*Mallotus paniculatus*）和红柿-秀柱花-罗浮栲群落（Comm. *Machilus thunbergii*-*Eustigma oblongifolium*-*Castanopsis fabri*）。

2. 风水林

风水林分布在许多村落边成新月形的林带。因“风水”而得名并在其他林区大量被砍伐的过程中幸存下来。风水林的面积较小。尽管经过多年的间伐和栽种，其组分常有

改变, 但还保存了香港某些最古老的树, 并且通常长有诸如土沉香、荔枝、橄榄、番石榴和竹等具实用价值的树种。风水林的结构可分为 4 层: ① 由一些很稀疏的高大树木构成的高耸层; ② 6~15m 高的浓密树冠层; ③ 2~2.5m 高的灌木层; ④ 由长在路边的苔藓和草本植物构成的稀疏的地面覆盖层。像热带雨林一样, 风水林缺乏优势种, 但种数很多, 总共约有 72 个非引进种, 而且每个种都有若干个体。

3. 纯人工林

纯人工林这是第二次世界大战后特别是 20 世纪 60 年代和 70 年代香港人为适应环境保护需要而营造的森林。它包括森林迹地的重新营造、水源林、水土保持林, 以及发展绿化的游乐场所。其树种主要有马尾松、湿地松、台湾相思和红胶木等。

4. 充植林

充植林又称富集林, 指许多森林被砍光或被过度砍伐后由人工播种形成的林区。其特点是优势树都是同一个种, 而且树龄的大小也相似。如九龙水塘附近的尖山自然保护区就是 20 世纪 40 年代末和 50 年代初播种了松树的充植林。其他地方, 已选了如白干层、小叶桉、台湾相思、红胶林、湿地松, 还有香港的两个本地种——马尾松和杉树, 充实和恢复山坡上的森林, 形成充植林。

二、灌 丛

在香港, 灌丛一般是指长有 0.3~2.9m 高灌木和灌丛的连续性植被。在许多情况下, 灌丛地是草地向林地演替系列中的一个过渡阶段, 所以很难确定出这种群落的界线。在另一种地区, 由于自然条件的不适宜, 或者由于人们砍树所造成的破坏, 使演替系列中断, 灌丛就会变成偏途演替顶极群落。香港地区灌丛最典型的“指示植物”是桃金娘 (*Rhodomyrtus tomentosa*) 和车轮梅 (*Rhaphiolepis indica*) (蔷薇科)。这两种灌木在森林和草地中都不能立足, 因为森林的环境过阴, 草地的环境过阳。在较开阔的地方, 灌丛中的这两种灌木, 常常被岗松所取代。在灌丛发育得很好的地方, 灌丛中出现一些森林种, 成为森林群落的开拓者, 例如, 鹅掌楸、乌柏和马尾松等。拖竹分布广泛, 多由灌木型竹种组成。最常见的种类有慧竹 (*Arundinaria hindsii*)、拖竹 (*A. cantorii*)、扫把竹 (*Phyllostachys nidularia*)、华箬竹 (*Indocalamus sinicus*) 等 (邢福武等, 1999)。

三、草 地

1. 旧田园草地

旧田园草地是一种填充在人为小生境中的“新”草本群落, 它与山丘草地不同之处在于它通常出现在下坡和河谷的平地上, 特别多见于上面种过水稻或者蔬菜的地区, 且其优势草本属于不同的属。由于长期灌溉耕种, 在土壤中形成了靠近地表的土磐结构或压实层, 阻碍了植物根系的发展。结果只能长一些草本之类的浅根植物和少数的灌木,

因而严重阻碍了潜在的植物群落的演替。旧田园草地的优势草本是柳叶箬、锦地黍和白茅。有些废耕的稻田太潮湿，不易形成草地，而可能被灯芯草属和一些莎草科植物所侵入；另一些较干的地方，则被大量的如蝶形花科、蓼科和玄参科等草本植物所侵入；在某些情况下，还被蕨等蕨类所侵入。

2. 山丘草地

山丘草地通常出现在海拔较高（300m 以上）的坡地上。但是，在海平面附近，当环境条件限制了较复杂的群落发展时，也发育有山丘草地。发育最好的顶极山丘草地群落见于大帽山、马鞍山、青山的上部坡地以及大屿山和南丫岛的山丘坡地上。山丘草地通常是包括草质植物和矮生的木质植物，特别是在较隐蔽的凹地和砾质地。其优势植物是鸭嘴草属和野古草属。常见于隐蔽地的灌木有刺葵、米碎花、车轮梅、变叶榕、粗叶榕和酒饼筋。在谷底和积水凹地的密集灌丛中，见有灯芯草属，还有茅膏菜属、狸藻属等其他喜湿植物。

四、海滨植被

香港海岸有岩岸、漂石滩和沙滩的海滨植被及淤泥滩的红树林群落两大类。其中，海滨植被以沙滩的滨后植被发展得最好。那里的群落高潮线以上，介乎移动的沙砾和山边密丛之间，呈狭窄的带状分布。海滨植被有两个特点：① 地带越阔，品种越多；② 离海越远，品种越多，差异也越大。在分布上，海滨植被呈现和海岸平行的三行列。傍海的第一列有矮小蔓草和固沙植物，如五爪金龙、黄荆、鼠尾粟和沟叶结缕草等；第二列为包括荳苳、假茉莉、马缨丹、草海桐和先锋蔓草等的颇密的草、莎草和灌丛；靠陆的第三列有较密的灌木和矮树，与内陆植被相接或重叠，包括木麻黄这类高树，黄槿也多见。至于泥滩，则仍以蔓草居多，特别是黄荆和海刀兰。漂石滩和岩岸，植被有限，只断续出现，最普遍的植物是先锋蔓草，包括海刀兰。而红树林群落则因香港远离赤道，所以品种少、群落小、植物个体低矮。受填海工程的影响，已遭严重破坏，面积日益缩小，仅剩下 276km²，在分布上，大多只集结在狭窄地带和暴露少的地点，宽度也很少超过 20~25m。后海湾因大量淤泥的沉积，红树林长得最好，企岭下海和大埔海的也长得繁茂。一般情况下，红树林的先锋种是海榄雄（*Avicennia marina*），尤以暴露多的地区最为显著，而在暴露较小的近海地区的主要品种则是桐花树（*Aegiceras corniculatum*）；向内陆，紧靠先锋植物带的是一个由桐花树、红苜、海榄雄、老鼠筋、鱼藤等集结而生的混合地带；再进内陆，过了高潮点，便是滨后群落，这里有沟叶结缕和其他草类，又有假茉莉、黄槿、木麻黄等非红树林品种。但因人类干扰，这类群落很难健康成长。

五、市区植被

各新发展区开辟的公园的植物则有宫粉羊蹄甲、台湾相思、木棉、木麻黄、黄槐、凤凰木等，较受欢迎的装饰性灌木有黄槿、马缨丹等。围墙和旧屋有原生植物、港岛罗

便臣道、陈旧护士墙即可见，湾仔及西区的屋檐、沟渠及旧墙亦有，植物大都是苔藓羊齿（蕨类），细叶榕的幼苗时或可见。市区荒地植被主要是蔓草和草类，如五爪金龙和石珍茅，也有灌木及细叶榕、台湾相思等。

六、植物区系特征

从科的主要分布类型来看，热带、亚热带分布的科在香港植物区系中明显占优势。区系中最大的几个科，包括禾本科、兰科、蝶形花科、莎草科、大戟科、茜草科和樟科，其中仅茜草科和樟科主产于热带、亚热带，其余均为全球分布的植物类型。但从这些大科所含的属的分布型分析，得知大戟科含的 26 属全为热带、亚热带成分；蝶形花科，仅 9 属主产温带，其余 35 属也以热带、亚热带分布为主；兰科除 5 属主产温带外，其余 47 属均为热带亚热带成分。在森林群落中，热带、亚热带成分占有重要地位，如樟科、大戟科、茜草科、壳斗科、桑科；山茶科和紫金牛科是香港森林群落的主体，反映出本区具有较强的热带性质。

此外，香港植物区系中，属于国家及广东省级保护的植物有 16 种，其中，刺沙椴、油杉、穗花杉、葛量洪茶和克氏茶的数量十分稀少，受香港森林条例保护。观光木及乌檀是最近发现的香港新记录植物，前者仅见 1 株分布于大帽山，后者 3 株分布于上禾坑次生林中，四药门花过去一直认为是香港的特有种，但后来在广西龙州及贵州的石灰岩地区也有发现。

值得注意的是，香港所有的 179 科 876 属 1884 种野生种子植物中，在广东几乎全部可以见到，香港植物不仅在区系组成上与广东相似，而且在群落结构和组成上均与广东亚热带季风常绿阔叶林十分相近。如广东东南亚热带常绿阔叶林中常见的木荷（*Schima superba*）、厚壳桂、黄果厚壳桂（*Cryptocarya concinna*）华润柿、鸭脚木、罗浮栲、土沉香等均是香港低海拔常绿阔叶林中的优势种或常见植物。广东北部山地常绿林中常见的甜楠（*Castano psiseyrei*）、鹿角锥（*C. lamontii*）、阿丁枫（*Altingia chinensis*）等，在香港 600m 以上的山地也较常见。

由此可见，香港植物属南亚热带性质的区系，不论是区系组成，还是群落外貌结构均具有从热带至亚热带过渡的特点。从属的地理成分统计分析可知，香港植物区系成分复杂、联系广泛，热带、亚热带分布的属所占比例最大，尤以泛热带及热带亚洲成分占优势。与邻近植物区系比较，香港植物区系表现与广东植物区系有着密切的渊源关系，与我国海南、台湾及中南半岛、菲律宾植物区系的联系主要体现在属一级水平上，这不仅反映了香港生态环境的特点，同时对研究香港与广东大陆相连的植物演化规律有重要意义（邢福武等，1999）。

第五节 香港地区水土资源

一、香港地区水资源概况

香港是一个每年消耗 9.5 亿 m^3 水的国际大都市，水源主要来自两个部分，即本地

收集利用的地表水资源和从广东省输入的东江水是主要的淡水来源（图 1.3）。

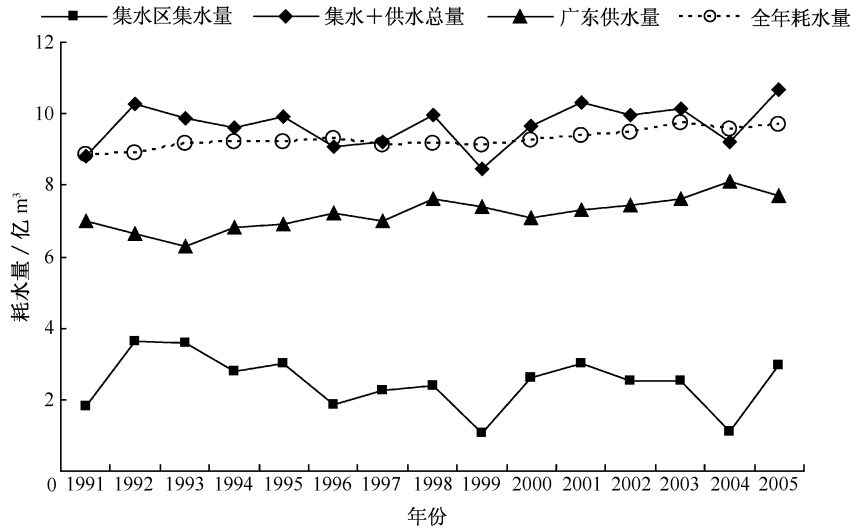


图 1.3 香港地区水资源平衡

资料来自 2005 年香港水务署统计数据

香港地区集水系统包括占全港 1/3 土地的集水区、120km 的引水道、10 个低地蓄洪抽水站及 17 个水库。该系统的管理，一方面旨在尽量保护集水区内的水质，另一方面尽量以经济运作模式收集及储存地表水，避免流走，以及确保在降暴雨时，过多的地表水可以安全地排走。因区内土地发展以无污染项目为主，并受到严格控制，本地收集的地表水水质良好。大部分集水区亦已规划为郊野公园，供市民享用。区内所收集的地表水水质兼受《水务设施条例》、《水污染管制条例》及《郊野公园条例》等多重法规保护，同时，政府及支持环保的团体亦不断借教育及宣传普及保护水资源环境的理念。虽然目前基本上集区内固定污染源不多，但随着土地发展需求日益增加，政府已加强监督规管小型污水处理设施的兴建，同时在长远规划当中，加入敷设排污管道截污工程，使集水区内的水质得以持续的保护。从连接水库的集水区，原水可以直接流入水库。为收集更多原水，香港利用引水道及低地蓄洪抽水站将较远地区的地表水引入水库，集水范围借此得以扩大至直接集水面积的 3 倍。为保证引水道系统集水能力，相关联的大量人造斜坡及引水道结构等都需要严格定期巡查及维修保养。引水道的另一种功能是截流与排洪，在暴雨期间适当需要疏导洪水的需要。低地蓄洪抽水站的作用是将低地收集的原水提升到高点，令水可自流入水库。这种做法因需要投入能源运作，所以只在有需要的时候才采用。

但本地可收集利用的地表水平均不足耗水量的 1/3，七成以上所耗用的淡水是从广东省购入的东江水。粤港双方订下协议，对港年供水量需预先商定，最高可达每年 11 亿 m^3 。这一供水量足以确保香港在未来的十多年免受缺水之苦，而每月供水量更可以就香港存水实际情况作有限度地弹性调整。广东省政府亦已采取多项措施保障供港东江水水质，包括完成东深供水改造工程使东江水免受沿途污染。随着输入东江水水量的日益增加，香港境内需要作大量原水调度。东江水正常每年 1~11 月输港期间，大致上是