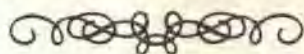




国家自然科学基金研究专著  
NATIONAL NATURAL SCIENCE FOUNDATION OF CHINA



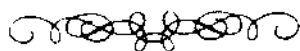
# 中国日本全新世 环境演变对比研究

黄镇国 张伟强 等著

**E**arth  
广东科技出版社



国家自然科学基金研究专著  
NATIONAL NATURAL SCIENCE FOUNDATION OF CHINA



# 中国日本全新世 环境演变对比研究

黄镇国 张伟强 等著

广东科技出版社

· 广州 ·

## 图书在版编目 (CIP) 数据

中国日本全新世环境演变对比研究/黄镇国, 张伟强等著.  
—广州: 广东科技出版社, 2002.8  
ISBN 7-5359-2734-3

I. 中… II. 黄… III. 全新世-古环境-演变-对比研究-中国、日本 IV. Q911.663

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 067737 号

Zhongguo Riben Quanxinshi Huanjing Yanbian Duibi Yanjiu

---

出版发行: 广东科技出版社  
(广州市环市东路水荫路 11 号 邮编: 510075)  
E-mail: gdkjzbb@21cn.com  
http://www.gdstp.com.cn  
出版人: 黄达全  
经 销: 广东新华发行集团  
排 版: 广东科电有限公司  
印 刷: 广东省佛山市粤中印刷公司  
(广东省佛山市普澜公路石头乡 邮编: 528041)  
规 格: 787mm×1092mm 1/16 印张 51.5 插页 2 字数 1257 千  
版 次: 2002 年 8 月第 1 版  
2002 年 8 月第 1 次印刷  
印 数: 1~300 册  
定 价: 152.00 元

---

如发现因印装质量问题影响阅读, 请与承印厂联系调换。

# 本书承

国家自然科学基金研究成果  
专著出版基金资助出版

## 著者名单

|     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|
| 黄镇国 | 张伟强 | 许世远 | 陶 静 |
| 刘慧屏 | 丘世钧 | 陈伟光 | 霍修顺 |

# 前言

中国是一个幅员辽阔的大陆国家，日本是一个地形狭长的岛国，中国国土面积是日本 ( $37 \times 10^4 \text{ km}^2$ ) 的 25.9 倍。但是，中国和日本一衣带水，隔海相望，在全球环境演变格局中，共同代表亚洲东部及太平洋西岸。

全新世气候变暖，海平面回升，并引起一系列的环境变化，在这个变化的过程中，塑造了现今地球表面的自然环境。现代的气候—生物地带、海陆轮廓、海岸线、海岸平原和三角洲、自然环境的区域分异等，主要是在全新世形成的。因此，全新世是第四纪的“近代史”，研究这段历史，对于阐明现代自然环境的演变规律、预测其未来的发展具有重要的意义。

中国、日本对比，先要知己知彼，知彼可以进一步知己。本书部分作者曾多次赴日本考察，而且为时不短。从北海道到冲绳，对许多现象都有“似曾相识”之感。冲绳岛的珊瑚礁、种子岛的海滩岩、鹿儿岛湾的红树林，使我们联想到华南热带海岸；樱岛火山的玄武岩台地在海南岛北部常可见到；浓尾平原的“轮中”就像珠江三角洲的“桑基鱼塘”；西南日本的红土不亚于中国南方；中国黄土降落到日本即是“黄尘”；九十九里浜的 10 列海岸沙堤可与苏南平原的 9 列沙堤（贝壳堤）相提并论；大阪湾和东京湾的“埋立地”即是中国的滩涂围垦；长白山顶的天池不比富士山顶的“六月雪”逊色；北海道的泥炭层在中国东北分布更广……看起来，中国与日本的全新世有不少可以类比之处。想起来，如果作一番对比研究，必定既同又异。做起来，却是相当复杂。近 20 多年，中国和日本的全新世研究迅速发展，新文献和新资料层出不穷。全新世环境演变对比，要究其异同，求其规律，就不可能面面俱到，只能在前人研究的基础上，结合实地考察所得，取其精华，突出重点和可比点。本研究得到国家自然科学基金的支持，历时 4 年，从 22 个方面进行了对比分析，初步得知，日本、中国的全新世，大同小异的主要是气候变迁、海平面变化、海岸平原海侵—海退的垂直序列、海岸沙堤、泥炭发育、埋没林、牡蛎礁、环境考古；异多同少的主要是平原的横向发展、珊瑚礁、海滩岩、红树林、红土、自然地带变迁；差异甚大的主要是海域沉积、湖泊变迁、动植物迁徙、黄土、冰川与冰缘作用、板块构造、地震、火山、构造地貌。

中国和日本作为亚洲东部和太平洋西岸的一个代表性区域，其全新世环境演变，既有类同点，又有纬向差异和经向差异。兹概述如下。

中国和日本的全新世气候波动都可分为 3 个时期，中国为回暖期、升温期、降温期，日本为渐暖期、温暖期、冷凉期，而且各期的年代，中国和日本都很接近，只是日本的降温略早。日本海和日本太平洋海域，中国的泥炭、湖泊、风沙、黄土、冰芯、冰碛、海洋沉积都有新仙女木冷回返事件记录。中国和日本都有中全新世气候适宜期，但是纬向和经向的差异都较大。晚全新世以来的气候波动阶段，中国与日本也可互相对比。

全新世海平面变化，中国和日本都有 3 个阶段：迅速上升、稳定高海平面、波动下降。验潮海平面变化，在中国和日本都呈上升趋势，速率也近似。单站相对海平面最大上升速率，日本为  $9.40 \text{ mm} \cdot \text{a}^{-1}$ ，中国为  $8.37 \text{ mm} \cdot \text{a}^{-1}$ （台湾岛除外）。绝对海平面上升速率，日本 80~90 a 来为  $1 \sim 2 \text{ mm} \cdot \text{a}^{-1}$ ，中国 72~87 a 来为  $1.4 \sim 2.2 \text{ mm} \cdot \text{a}^{-1}$ 。

虽然日本河流短小，最长的信浓川也仅有中国长江的 1/15，但是日本全新世海岸平原的发育经历了与中国广大平原相似的过程。平原全新世沉积的基底都是末次盛冰期的古河谷

及其陆相充填物。全新统厚度也相似,中国以长江三角洲为最大(20~40 m,最大60 m),向北和向南变薄,在日本也有30~40 m或50~60 m。全新世海岸平原的沉积都可分为3个阶段,在日本为海侵初期的下部砂砾层—海侵盛期的中部泥层—海退期的上部砂层和泥层。在中国为海陆过渡相—浅海相—过渡相及陆相。大河三角洲平原是动力类型,关东平原与长江三角洲都是潮流—河流型,大阪平原与韩江、滦河三角洲都是河流—波浪型,浓尾平原与黄河、珠江三角洲都是河流型。浓尾平原与珠江三角洲尤其相似,都有三江汇合、八口分流现象。

冰后期对马暖流流入日本海是从10 000~8 000 aBP开始的,约6 300 aBP,日本海的海况已与今无异。濑户内海是冰后期海平面上升形成的。中国的陆架海也经历了相似的过程,末次盛冰期的古海岸线位于陆架外缘转折处,11 000 aBP位于水深50~60 m,8 000 aBP与现今海岸线很接近,在杭州湾以北略向陆架超越,以南则与20 m等深线相当。

中国的南海诸岛、海南岛、雷州半岛、台湾岛以及日本的琉球群岛至东京相模湾,是西太平洋造礁珊瑚和珊瑚礁连续分布的地带。中全新世暖期,中国和日本的珊瑚礁都曾向北推移。日本琉球群岛与中国台湾岛的全新世珊瑚礁发育盛期可以对比,而且都与气候暖期及高海平面期相对应。珊瑚礁反映的全新世相对高海平面的年代及高度,在中国和日本都很接近,日本喜界岛和冲绳岛为6 500~6 000 aBP和3 m左右,中国雷州半岛为6 700~5 300 aBP和3~4 m。日本琉球群岛与中国台湾岛的珊瑚礁发育盛期可以对比,前者为6 100~4 600 aBP、4 000~3 000 aBP、1 800~1 500 aBP,后者为6 000~5 000 aBP、1 800~1 300 aBP。

日本和中国的海岸沙堤可以对比,但日本贝壳堤罕见。日本海岸沙堤只有2~3列,但多有10列(九十九里浜)。中国的海岸沙堤(贝壳堤),渤海西岸有5列,苏北平原有4列,苏南平原9列,韩江三角洲有10列。日本、中国的沙堤都是中全新世高海平面之后在海平面波动下降过程中形成的。日本的沙堤有4期,中国的沙堤(贝壳堤)有5期,其中,4 000 aBP之后的3期沙堤,日本与中国基本对应。中国南方(25°N以南)的沙堤岩和贝壳岩在中国北方和日本都甚少见到。

中国、日本都有红树林,但中国有31种,日本只有4~7种;林相高度,中国海南岛达15 m,广东和福建为2~5 m,日本的红树林呈灌木丛状。海滩岩在中国和日本都有分布,最大年龄也接近,日本为6 500 aBP,中国为6 955 aBP,中全新世其分布都曾北移。海滩岩的发育盛期也相似,为4 000~1 000 aBP,代表海平面波动下降(海滩岩海侵时沉积,海退时胶结)。6 500(或7 000) aBP之前,中国和日本都甚少有海滩岩形成,反映海平面迅速上升。

中国、日本泥炭的形成条件相似,北方冷湿,南方暖湿或热湿,暖而湿是最佳条件,凉而湿其次,凉而干更次,冷而干或热而干则泥炭不发育。中国和日本泥炭的发育都与海平面波动具有同步性。日本泥炭的盛期(6 000~4 000 aBP)反映绳文海侵及尔后的海退。中国东部平原高程-10~-30 m泥炭反映海侵初期,7~15 m泥炭反映高海平面稳定时期,-1~6 m泥炭反映海退期。

中全新世的暖湿环境,中国和日本都有动植物迁徙的例证。日本的杉约7 000 aBP开始向北回迁。日本现今的哺乳动物特征是中全新世以来形成的。牡蛎礁中全新世在日本最北分布到35°N。在中国,中全新世,胡桃和水蕨分布到内蒙古和华北;蕈树和枸橼到达浙江余杭;山龙眼到达南京;热带动物到达河北阳原;犀、象、扬子鳄、四不像鹿分别到达西安半坡、

河南安阳、河南舞阳、河北昌黎，晚全新世它们逐渐南迁，反映了新冰期及小冰期的影响。

日本和中国都有埋没林，虽然日本埋没林的年代为早、晚全新世，中国为中、晚全新世，但其形成过程都与气候及海平面变化有关。

虽然日本没有黄土，但是中国与黄土同源的尘暴影响到日本，尘暴是沙漠化发展的表现。降落在日本上越、鸟取、盛冈、新潟的黄尘以及日本海的风尘砂，都是中国降尘地带的向东延伸。

中国和日本都有红土，全新世及现代红土的分布北界都是在  $Q_3^2$  奠定基础，日本为  $31^{\circ}\text{N}$ （九州南端），中国为  $25^{\circ}\text{N}$  或  $26^{\circ}\text{N}$ （华南），此界以南都属亚热带南部地带。

新石器时代环境考古期的划分，中国和日本可以对比。日本的绳文时代即是新石器时代，划分为绳文早、前、中、后、晚期，但是绳文晚期已开始从贝丘时代转入农耕时代，故日本的新石器时代为  $11\,000 \sim 3\,000\text{ aBP}$ 。中国的新石器时代为  $11\,000 \sim 3\,500\text{ aBP}$ ，此后转入青铜时代。考古期与气候期的关系，日本的绳文早期为渐暖期，绳文前期和中期为温暖期，绳文后期为冷凉期。在中国，新石器早期为回暖期，中期和晚期为升温期， $3\,000\text{ aBP}$  后为降温期。考古期与海平面的关系，日本中全新世的高海平面期及气候适宜期的鼎盛阶段（ $6\,500 \sim 5\,000\text{ aBP}$ ）处于绳文前期，故称绳文海侵。在中国， $6\,000 \sim 5\,000\text{ aBP}$  的高海平面期及气候适宜期的鼎盛阶段（ $7\,200 \sim 6\,000\text{ aBP}$ ）处于新石器中期，是全国各地古文化的灿烂时期。

虽然中国、日本的板块构造很不相同，但是，太平洋板块的俯冲作用直接影响到中国东北地区。菲律宾海板块的俯冲和弧陆碰撞影响到台湾岛  $22^{\circ}\text{N}$  以北地区。

中国、日本的地震活动有一定的联系，例如，中国阴山、秦岭、南岭东西向构造的向东延长，恰好是岛弧的接合部北海道、九州、台湾岛。日本海沟的发震与中国东北和华北的地震相对应。中国华北又与西南日本的地震分布具有连续性。日本海地震与中国大陆地震也有对应关系。中国华北和日本的强震活动都有“成片迁移”的现象。日本琉球岛弧与中国台湾和东南沿海同属北西向主压应力场；西南日本则与中国东部和华北同属东西向主压应力场。

中国台湾岛北部及离岛的火山是日本群岛火山带的延续。小兴安岭—长白山火山活动与日本海沟的板块俯冲有关。中国、日本的火山都以中晚全新世为活跃期。长白山的火山灰向东降落到日本海和北海道。无独有偶，长白山最近一次火山喷发为 1702 年，而日本富士山为 1707 年。

中国东部的自然环境在纬向上跨 7 个地带：赤道热带、季风热带、亚热带南部、亚热带北部、暖温带、温带、寒温带。日本本土及琉球群岛则跨 5 个地带，仅缺少热带。因此，中国、日本全新世环境的纬度分异都很明显。

全新世下限的年代，在日本有南早北迟现象，例如纪伊半岛为  $12\,000\text{ aBP}$ ，大阪和京都为  $12\,000 \sim 11\,000\text{ aBP}$ ，北陆（富山）为  $11\,000\text{ aBP}$ 。云杉锐减的年代也是南早北迟，例如大阪为  $12\,000\text{ aBP}$ ，日本中部和日本东北部为  $11\,000\text{ aBP}$ ，北海道为  $10\,000\text{ aBP}$ 。在中国，海域的全新世下限差别很小，都是  $12\,000 \sim 11\,000\text{ aBP}$ ，而陆域的全新世下限，则南北差异明显， $30^{\circ}\text{N}$  以南的南方地带为  $12\,000 \sim 11\,000\text{ aBP}$ ， $30^{\circ}\text{N} \sim 40^{\circ}\text{N}$  的华北及长江中下游为  $11\,000 \sim 10\,000\text{ aBP}$ ， $40^{\circ}\text{N}$  以北的东北地区为  $10\,000\text{ aBP}$ 。

中全新世气候适宜期在日本和中国都有纬度差异，而且都有南早北迟的趋势。日本一般为  $8\,000 \sim 4\,000\text{ aBP}$ ，但北海道为  $7\,000 \sim 5\,000\text{ aBP}$ 。中国东部和华南为  $8\,500 \sim 5\,000\text{ aBP}$ ，长

江中下游为8 500~4 000 aBP, 华北和东北为8 000~4 000 aBP。

中国、日本的全新世海域环境都有纬度变迁。在日本, 现今分布在冲绳以南的一些热带贝类, 7 000 aBP出现在鹿儿岛湾, 6 500 aBP到达南关东, 延续至4 500 aBP。绳文海侵期, 牡蛎曾扩展到鄂霍次克海沿岸, 形成大型的牡蛎礁, 北海道东北岸(43°40'N)牡蛎礁年龄为5 610 aBP。在中国, 现今见于台湾海峡以南和南海的底栖有孔虫呈轮虫属, 中全新世曾出现在宁波、上海、连云港。渤海湾西岸天津平原(约39°N)埋藏的牡蛎礁年龄为6 654 aBP, 其个体比海南岛的现生种还要大。

由于纬度差异, 中国、日本的珊瑚礁很不相同。造礁珊瑚的生长率, 中国(5~10 mm·a<sup>-1</sup>)比日本(2~8 mm·a<sup>-1</sup>)大。珊瑚礁的生长率, 也是中国(5~7 mm·a<sup>-1</sup>)比日本(3~5 mm·a<sup>-1</sup>)大。珊瑚礁的类型, 日本以裾礁为主, 缺乏低纬度地区的堡礁和环礁; 在中国, 岸礁(台湾岛)、岸礁和裾礁(海南岛和雷州半岛)、环礁和桌礁(南海诸岛)都有发育。类型不同, 地貌结构亦不同。南海诸岛珊瑚礁的时代可追溯到渐新世或中新世, 海南岛至少可追溯到32 000 aBP, 但是台湾岛珊瑚礁的最大年龄为8 975 aBP, 日本为8 720 aBP。

日本、中国全新世环境的差异, 其原因之一是黑潮对日本影响更大。因此, 琉球群岛造礁珊瑚的属数(64属)比中国广东(21属)和海南岛(34属)之和还要多。日本房总半岛馆山湾(35°N)是太平洋造礁珊瑚和小规模点礁的生长北界, 中国为台湾岛北岸(25°N)。日本种子岛(30°N)是典型珊瑚礁的北界, 中国为台湾岛南岸(22°30'N)。中全新世珊瑚礁在日本最北曾分布到馆山湾(6 160 aBP), 中国为台湾岛北岸(5 550~5 290 aBP)。日本九州鹿儿岛湾(31°40'N)是西太平洋红树林分布的北界, 而中国为福建的福鼎(27°20'N), 但中全新世曾分布到浙江宁波(30°N)。台湾岛和日本西表岛现今尚有红萼海桑(热带种), 也是因黑潮暖流的影响产生的。

西太平洋现代海滩岩的北界不只是中国海南岛南岸(18°10'N), 而是日本的种子岛(30°50'N)。中全新世海滩岩的北界也不只是北移到中国的连云港(34°40'N, 6 955 aBP), 而是到达日本的能登半岛(37°28'N, 5 700 aBP)。

中国、日本泥炭的发育都有南少北多、南老北新、南埋北露的现象。日本的全新世泥炭主要分布在东北地区 and 北海道。在中国东部, 40°N以北的泥炭占80%。日本的泥炭发育期为8 500~1 500 aBP, 但北海道为5 000 aBP之后; 中国东部泥炭的北界, 10 000 aBP为40°N, 10 000~3 000 aBP为48°N, 3 000 aBP后为53°N。

全新世中国、日本的自然地带都有明显的变迁。现今的自然地带, 日本的北海道、东日本、西日本、琉球群岛大体分别相当于中国的东北、华北、江淮、江南。早全新世, 日本几乎全境相当于北海道的环境, 自然地带南移15个纬度。中国东部的环境变迁不及日本剧烈, 东北、华北、江淮、江南的环境依次向南取代, 移距约5~7个纬度, 而南方的自然地带只南移2个纬度。中国西部, 内蒙古和新疆回暖, 青藏高原冷干。中全新世, 日本的自然地带与今差别不明显, 仅本州北部尚与北海道的环境相似。日本当时的温暖化主要表现在沿海地带。中国东部自然地带的北移比日本显著得多, 与现今大不相同, 暖温带移到东北, 亚热带移到华北, 移距3~5个纬度, 亚热带南部地带扩大到秦淮, 热带扩大到江南, 移距1~2个纬度。中国西部, 新疆和青藏都趋于温湿。晚全新世(约3 000 aBP)的环境变迁则是日本比中国显著, 北海道的环境向南扩大到东日本。中国东部自然地带与今差别不大, 但西部明显降温, 内蒙古和新疆成为寒温带, 青藏冷干。由上所述, 冷期日本的环境变迁比中国显著,

而暖期则相反,表明中国东部具有更强的季风气候特点。

亚洲东部及太平洋西部的自然环境至少可分4个带:日本—台湾岛弧、边缘海及陆架海、中国东部季风地带、中国西部干旱及高寒地带。因此,中国、日本全新世环境演变具有明显的经度分异。

日本全新世的起始比中国早,孢粉气候标志大多为12 000~11 000 aBP,沉积标志(从陆相向海相转变)较滞后,为10 000 aBP。桦的增加,12 000 aBP首先出现在日本海一侧。绳文海洋性文化,12 000 aBP首先产生在太平洋一侧。因此,西日本与东日本环境的经度分异是从全新世初开始。中国全新世的下限大多为11 000~10 000 aBP,比日本滞后,但是亦有经度差异,东早西迟,海早陆迟。海域及沿海为12 000~11 000 aBP,与日本类似;100°E以东为11 000~10 000 aBP;100°E以西为10 000 aBP。

虽然中国、日本全新世气候波动的3个时期在年代上很接近,但是两地年均温的升降幅度有差异。例如中全新世升温期的年均温,在日本比现今高2℃,中国东海高2~4℃,中国东部高2~3℃,华北高3~4℃,西北和青藏高3~6℃,从东向西增大,降温的幅度也有同样的趋势。

日本和中国都有仙女木冷回返事件记录,但事件年代有东西向差异。日本和中国海域较早,为11 000~10 000 aBP;中国东部季风区和西部季风边缘区或早或迟,前者11 000 aBP,迟者9 000 aBP;西北干旱区推迟,约10 000 aBP;高寒的青藏高原则较早,为11 000~10 000 aBP。降温幅度西大东小,中国陆域为3~3.5℃,海域为1~3℃,日本为2~4℃。

中全新世气候适宜期的经度差异表现为年代东早西迟,温度变幅则相反,东小西大。日本为8 000~4 000 aBP,年均温比现今高2℃(东日本)或1.5~2.0℃。中国海域为8 000~6 000 aBP,年均温比现今高2~3℃。中国东部以华北为代表,为8 000~4 000 aBP,年均温比现今高1.5~2.5℃(东北地区为2~5℃,华南小于1℃)。中国西部季风过渡带为7 500~4 000 aBP,年均温比现今高1.5~3.5℃。西北地区和青藏高原为7 000~3 000 aBP,年均温比现今高3~5℃。

中、晚全新世以来气候波动的一个有趣现象是日本比中国滞后。新冰期Ⅰ在中国记录很少(8 000~7 600 aBP),在日本几乎未见报道。新冰期Ⅱ,中国为5 000~4 600 aBP,日本为4 000~3 000 aBP。新冰期Ⅲ,中国为3 200~2 400 aBP(周冷期),日本为2 500~1 800 aBP(弥生时代)。新冰期Ⅳ,中国为1 700~1 400 aBP(南北朝冷期),日本为1 500~1 300 aBP(古坟时代)。纪元后的气候变化,中世纪温暖期,中国为公元560~1230年,其中,880~1230年为小适宜期(隋唐暖期),日本则分别滞后至7世纪后半至13世纪和10~11世纪。而现代小冰期中国和日本则很接近,中国为1450~1893年,日本为1430~1880年。

气候变化日本滞后,海平面变化则是中国滞后。早全新世海平面迅速上升阶段,中国和日本差异很小,10 000 aBP的海平面都是-30~-40 m,8 000 aBP左右有过停顿(-10~-20 m)。但是,中全新世高海平面,日本为6 500~5 300 aBP,中国略滞后,为6 000~5 000 aBP。高海平面遗迹的保留高程,日本较大(10~23 m),中国较小(3.5~5.0 m),当时的海平面高度则是中国较大(2.0~2.5 m),日本较小(1~2 m)。中晚全新世海平面波动下降,日本比中国较早出现。5 000 aBP之后的海平面波动,日本和中国几乎相反,日本5 000~4 000 aBP和3 000~2 000 aBP为低海平面,中国却是高海平面(5 000~4 500 aBP,

2 500~2 000 aBP), 只有其间的某个时段, 中国和日本都出现高海平面, 但中国略滞后, 为 3 500~3 000 aBP。2 000aBP以来的海平面, 日本波动少, 中国有 5~6 次波动。

虽然日本和中国海岸平原的全新世垂向沉积过程相似, 但是横向发育过程差异甚大。日本平原的海侵盛期为 6 500~5 300 aBP, 海侵最大范围为 70 km (东京湾)。中国海侵盛期有北早南迟之势, 渤海西岸为 7 500~6 500 aBP, 温州以南为 6 000~5 000 aBP, 海侵最大范围达 240 km (长江三角洲) 和 110 km (珠江三角洲)。中国海岸平原海退而逐步成陆的时代比日本早, 为 6 000 aBP 左右, 日本则是 4 500 aBP 左右, 这与海平面的波动一致。

中国有 2 300 多个湖泊, 日本较大的湖泊只有 30 多个。虽然日本琵琶湖沉积的孢粉反映全新世冷—暖—温的气候变化, 一些海岸湖泊的湖岸阶地反映高海平面 (6 500~5 500 aBP、4 000~3 000 aBP), 但是中国湖泊的全新世环境效应要比日本明显得多, 例如, 太湖、洞庭湖的发展与海平面上升及江河水位抬高的关系, 白洋淀的形成、扩张、收缩与气候的关系, 内蒙古、新疆、青藏高原湖泊的高湖面、低湖面、成盐、淡化与气候的关系。

中国陆架广阔, 陆架外缘转折线水深达 159 m (东部) 或 227 m (南部); 日本陆架狭窄, 外缘平均水深仅 140 m。日本陆架有 8 级水下阶地, 中国陆架也有 7 级, 但是, 日本水下阶地的时代依次比中国早, 反映了全新世从东向西的海侵过程。

日本、中国海域的沉积差异甚大。日本残留砂仅见于对马海峡陆架; 中国残留砂面积达  $38.26 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 约占陆架面积的 30%。海域的全新世沉积, 日本海的全新统厚度不足 3 m, 有些剖面厚仅 15~20 cm, 因为深海无陆源物质供给, 沉积速度甚慢。中国陆架的全新世沉积厚度, 渤海 8~30 m, 黄海 4~20 m, 东海 25~40 m, 南海北部 5~30 m。日本海全新统的沉积基底为更新统的硅藻土、粉砂、粘土互层, 为海相层。中国陆架全新统的沉积基底则是陆相层 (渤海)、河相层 (黄海) 或弱海相层 (黄海东部)、黄褐色硬粘土层 (东海)、残留砂 (台湾海峡)、风化粘土或砂砾层 (南海北部)。全新世沉积为海侵层序: 河湖相—滨海相—浅海相。而且, 全新世沉积环境有 2 个 (东海), 甚至 5 个 (南黄海) 海退—海侵旋回。黄河、长江、珠江的水下三角洲更是中国陆架全新世沉积的特色。

珊瑚礁所反映的构造运动, 日本与中国差异很大。日本全新世珊瑚礁有 4~6 级阶地, 最高 22 m; 中国只有台湾岛可与日本比拟, 东岸和南岸珊瑚礁高程达 20~25 m, 而海南岛和雷州半岛原生礁高程均小于 3 m, 在南海诸岛则小于 1 m。

黑潮的流路有纬度变迁, 末次盛冰期黑潮前沿位于纪伊半岛 (33°N), 10 000 aBP 北移至房总半岛 (35°N), 7 000 aBP 至今移至铫子半岛 (36°N)。不仅如此, 黑潮还有经度迁移。冲绳海槽沉积物的硅藻分析表明, 约 3 000 aBP 黑潮主流曾向西即向台湾岛方向迁移, 尔后回复到现今的位置。东海陆架长江水下三角洲中全新世出现膜蕨、燕尾蕨、桫欏等热带分子, 是由台湾暖流向西携带而来。东海陆架西部表层沉积物中的红树植物花粉, 说明黑潮暖流至少在早全新世便已存在, 中全新世比现今偏西面且更强劲。

日本、中国构造升降运动的差异, 使两者海滩岩高程具有很大差异。日本海滩岩最大高程达 10 m, 也有 -2~-3 m 的沉溺海滩岩; 在中国, 最大高程为 9.8 m, 但沉溺海滩岩为 -20~-40 m。

泥炭发育的经度差异表现在: 日本的泥炭期比中国东部短, 8 500 aBP 前日本甚少泥炭, 中国东部的泥炭发育始于早全新世。日本的泥炭盛期为 6 000~4 000 aBP, 与中国华北大体一致。中国东部的泥炭盛期南北差异明显, 南方几乎连续发育; 华中 (江西) 为 7 000~

5 000 aBP, 华北为5 000~4 000 aBP, 东北为4 000~3 000 aBP, 大兴安岭为2 500 aBP之后。中国西部黄土高原和西北干旱区一直不利于泥炭的形成。青藏高原9 970~1 000 aBP都有泥炭发育, 尤以4 000~1 000 aBP为盛。

中国和日本的红土分布界限有差异, 总体上日本偏北, 中国偏南。强风化红土北界日本为31°N (九州南端), 但典型红土为29°N (奄美大岛以南); 中国为25°N或26°N, 但典型红土为雷州半岛以南。红土北界日本为35°N, 即分布在西南日本; 中国为30°N, 即分布在长江以南。棕红色土北界日本可达41°N (本州北端); 中国则达50°N。然而, 中国华南和日本九州南端以南的红土才是全新世发育至今的红土, 而且早在Q<sub>3</sub>便已形成地带性; 以北地区的红土为古红土。

日本没有现代冰川, 全新世冰川遗迹也罕见。中国西部现代冰川分布广, 全新世以来冰川经历冰退—大幅度冰退—冰进的过程, 现代多数冰川处于缓慢后退。日本现今雪线高度(4 000~3 500 m)比中国(6 200~4 100 m)低。日本全新世冰缘现象从北海道至九州都有分布。中国东部全新世冰缘作用南界迁移明显, 现今为46°N~48°N, 气候适宜期北移到52°N, 新冰期南移至38°N~44°N。冰缘作用下界高程, 日本为南高北低, 中国则是西高东低。现代长年冻土南界, 日本(35°N~38°N)比中国(46°N~48°N)偏南。

中国、日本的板块构造迥然不同。虽然台湾岛弧是西太平洋岛弧系列的一部分, 但与琉球岛弧差异甚大。日本在构造上为5个岛弧, 有3个接合部, 是4个板块相互运动的产物。中国除台湾岛弧外, 中国大陆均属欧亚板块, 它与印度板块、菲律宾海板块的相互运动, 分化为7个亚板块, 这也是中国大陆的板块构造分区, 然而, 日本岛弧则可按内弧、外弧及其接合部分为8个构造区。

由于板块构造不同, 所以活动断裂系统也不同。日本的活动断裂受板块运动边界的控制, 中国的活动断裂则主要受亚板块边界的控制。日本的活动构造带有3种类型, 即海沟俯冲活动带(包括岛弧)、板块碰撞或弧陆碰撞挤压活动带(北海道、东北日本的日本海一侧、中央日本)、引张活动带(九州)。在此构造背景上, 日本可分10个断裂活动区。中国的活动断裂主要是挤压类型, 多为平移断裂, 除青藏和台湾岛为垂直隆起外, 皆以水平形变为主。以中国中部的近东西向和近南北向断裂为坐标, 可将中国大陆的断裂系统分为4个区, 东北部附加北东向断裂, 东南部和西北部附加北西向断裂, 西南部附加东西向断裂。

地震的构造类型, 中国缺少俯冲边界地震, 日本则以此类为主, 其次为岛弧板缘地震, 也有碰撞板缘地震和海洋板内地震。中国是研究大陆板内地震的理想地区, 日本则缺少此类地震。中国的碰撞板缘地震(青藏和台湾)比日本更典型, 中国也有海洋板内地震(南海)。由于地震构造不同, 故中国多为浅震, 中深震发生在台湾岛、西藏、新疆, 深震仅见于东北地区的东部。日本则以深震为主, 仅西南日本和琉球岛弧为浅震。中国有7个无震区, 日本则没有明显的无震区。从日本到中国, 地震活动类型的经度分布, 日本为板块俯冲和岛弧型, 台湾岛为弧陆碰撞型, 东北地区为俯冲牵动型, 东南沿海为弧陆碰撞牵动型, 再向西为板内断裂型和无震区, 青藏为大陆板块碰撞型。

在日本, 岛弧内弧与外弧的分界即为火山带, 有两个火山带系列, 东北日本火山带系列包括4个火山带, 均属全新世; 西南日本火山带系列包括2个火山带, 其中琉球至九州中部的火山带属全新世。中国全新世火山活动构造背景与日本很不相同, 为“一盆二谷三弧”, 即南海海盆, 大兴安岭裂谷和雷琼裂谷, 小兴安岭—长白山火山弧、台湾火山弧、藏北—腾

冲火山弧。日本陆上有 60 多座活火山，而中国现代火山活动仅见于东北的长白山、五大连地、察哈彥，还有台湾北部的若干个岛屿。

中国的构造地貌即使是台湾岛弧也与日本差异很大，台湾岛弧为弧陆碰撞而形成，可分 7 个构造地貌带。日本为典型的岛弧，可分 6 个构造地貌区：北海道、东北日本弧、中央日本、西南日本弧、九州、琉球弧。其中，中央日本为 4 个岛弧的接合部，这里有日本最高的山脉、最大的平原、最深的海湾。琉球弧的构造分带最明显：海沟、非火山岛链、火山岛链、弧后盆地。中国大陆属板内构造地貌，其特征首先是从陆到海的 4 大地貌台阶；其次是东、西两大山地系统，即以中部近南北向山系为界，西部纬度山系，东部经度山系，反映地貌的两种力源。进而可将中国大陆的构造地貌分为 5 个区（东北、华北、华南、西北、青藏）

日本、中国的海域构造地貌也很不同。日本海为弧后盆地边缘海，中部为海岭，其北为深水平坦海盆，其南水浅，地形起伏与日本岛弧走向一致。中国的渤海、黄海、东海为陆前海而不是边缘海，属于陆架断陷盆地，仅南海海盆为具有大洋型地壳的边缘海。

近期地壳形变，在日本，日本海一侧基本稳定，仅九州北部沉降（ $-2\text{ mm}\cdot\text{a}^{-1}$ ），太平洋一侧，西南日本隆起（ $2\text{ mm}\cdot\text{a}^{-1}$ ），东北日本和北海道沉降（ $-2\sim-8\text{ mm}\cdot\text{a}^{-1}$ ）。中国沿海地带，地壳形变的总趋势为南升北降，杭州湾以北存在多个沉降中心，速率（ $-4\sim-30\text{ mm}\cdot\text{a}^{-1}$ ）比日本大；杭州湾以南以隆起为主，速率（ $1\sim2\text{ mm}\cdot\text{a}^{-1}$ ）与日本近似。台湾岛的地壳形变则比日本强烈，东岸以隆起为主（ $10\sim20\text{ mm}\cdot\text{a}^{-1}$ ），西岸以沉降为主（ $-10\sim-30\text{ mm}\cdot\text{a}^{-1}$ ）。日本山地近期隆起速率为  $0.5\sim2\text{ mm}\cdot\text{a}^{-1}$ ，剥蚀速率为  $0.3\text{ mm}\cdot\text{a}^{-1}$ ，都比中国的小，中国台湾岛为  $30\text{ mm}\cdot\text{a}^{-1}$  和  $0.4\text{ mm}\cdot\text{a}^{-1}$ ，喜马拉雅山为  $35\sim41\text{ mm}\cdot\text{a}^{-1}$  和  $1.0\text{ mm}\cdot\text{a}^{-1}$ 。

上述初步认识当然不足以表达中国、日本全新世的全过程。史实是论史的依据和基础。本书列举较多的实例，而且叙述得比较具体和详细，旨在给读者留有较大余地，便于了解中国、日本全新世的全过程；同时便于根据这些事实，查考，从不同的观点进行中日对比。我们不敢妄说本书是对中国、日本全新世的系统论述，而且本书的主题在于中日对比，但是迄今尚无中国全新世的专论出版，本书资料较为丰富翔实，并有大量附图，试图对中国、日本全新世的全貌进行初步的概括。

波动变化、进退迁徙、突发事件是环境演变的普遍特征，这些特征的区域差异很大，加之各人研究区域的范围大小不一，研究程度有详有略，因而有关环境变化的年代、阶段、程度、分布等都会有不同的推断。本书按照每一个专题所涉及的较完整的自然区域，以较全面的实际资料，进行区域对比，有对比才有区别，有区别才见特征。本书既尊重前人的论断，亦不乏自己的新见解。然而，由于作者实际考察研究地域的局限性，书中必定存在不周或不当之处，敬请读者批评指正。

本研究承蒙町田洋、大矢雅彦、太田阳子、成濑洋、米仓伸之、新井正、田中好国、伊藤安男、石再添、张瑞津、韩慕康诸位教授给予热诚的帮助，谨致谢意。

著 者  
2000.3.

# 目 录

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 1 全新世下限 .....           | 1   |
| 1.1 日本的全新世下限 .....      | 1   |
| 1.1.1 气候标志 .....        | 1   |
| 1.1.2 沉积标志 .....        | 3   |
| 1.2 中国的全新世下限 .....      | 4   |
| 1.2.1 孢粉气候标志 .....      | 4   |
| 1.2.2 陆域沉积标志 .....      | 6   |
| 1.2.3 海域沉积标志 .....      | 9   |
| 1.2.4 同位素比值标志 .....     | 10  |
| 1.2.5 冰缘及冰川现象 .....     | 11  |
| 1.2.6 考古动物群标志 .....     | 12  |
| 1.2.7 占地磁性事件 .....      | 12  |
| 2 气候变迁 .....            | 15  |
| 2.1 全新世气候波动 .....       | 15  |
| 2.1.1 日本的气候期 .....      | 15  |
| 2.1.2 中国的气候期 .....      | 25  |
| 2.2 新仙女木冷回返事件 .....     | 56  |
| 2.2.1 日本新仙女木事件 .....    | 56  |
| 2.2.2 中国新仙女木事件 .....    | 57  |
| 2.3 全新世气候适宜期 .....      | 60  |
| 2.3.1 日本的气候适宜期 .....    | 60  |
| 2.3.2 中国的气候适宜期 .....    | 62  |
| 2.3.3 气候适宜期的鼎盛阶段 .....  | 77  |
| 2.4 新冰期 .....           | 81  |
| 2.4.1 日本的新冰期 .....      | 81  |
| 2.4.2 中国的新冰期 .....      | 85  |
| 2.5 历史时代气候变化 .....      | 93  |
| 2.5.1 纪元后的气候波动 .....    | 93  |
| 2.5.2 现代小冰期 .....       | 99  |
| 2.5.3 20 世纪的气候变化 .....  | 102 |
| 3 海平面变化 .....           | 106 |
| 3.1 全新世海平面波动 .....      | 106 |
| 3.1.1 日本的全新世海平面波动 ..... | 106 |
| 3.1.2 中国的全新世海平面波动 ..... | 110 |
| 3.2 中全新世最高海平面 .....     | 113 |
| 3.2.1 日本的最高海平面 .....    | 113 |
| 3.2.2 中国的最高海平面 .....    | 120 |
| 3.3 晚全新世海平面的小波动 .....   | 124 |

|        |                       |     |
|--------|-----------------------|-----|
| 3.3.1  | 日本海平面的小波动 .....       | 124 |
| 3.3.2  | 中国海平面的小波动 .....       | 127 |
| 3.4    | 历史时期的海平面变化 .....      | 130 |
| 3.4.1  | 日本历史时期的海平面变化 .....    | 130 |
| 3.4.2  | 中国历史时期的海平面变化 .....    | 131 |
| 3.5    | 海平面变化对沿海沉积环境的影响 ..... | 136 |
| 3.5.1  | 日本的实例 .....           | 136 |
| 3.5.2  | 中国的实例 .....           | 144 |
| 3.6    | 验潮海平面变化 .....         | 147 |
| 3.6.1  | 日本海平面变化 .....         | 147 |
| 3.6.2  | 中国海平面变化 .....         | 151 |
| 4      | 平原环境 .....            | 160 |
| 4.1    | 日本海岸平原的发育 .....       | 161 |
| 4.1.1  | 海岸平原与海平面变化 .....      | 161 |
| 4.1.2  | 关东平原 .....            | 164 |
| 4.1.3  | 大阪平原 .....            | 167 |
| 4.1.4  | 浓尾平原 .....            | 169 |
| 4.1.5  | 广岛平原 .....            | 172 |
| 4.1.6  | 新潟平原 .....            | 174 |
| 4.1.7  | 富山平原 .....            | 175 |
| 4.1.8  | 上胜平原 .....            | 175 |
| 4.2    | 中国海岸平原的发育 .....       | 176 |
| 4.2.1  | 渤海湾西北岸 .....          | 176 |
| 4.2.2  | 滦河三角洲 .....           | 177 |
| 4.2.3  | 渤海湾西岸平原 .....         | 179 |
| 4.2.4  | 山东半岛 .....            | 182 |
| 4.2.5  | 黄河三角洲 .....           | 184 |
| 4.2.6  | 废黄河三角洲 .....          | 190 |
| 4.2.7  | 长江三角洲 .....           | 193 |
| 4.2.8  | 杭嘉湖平原 .....           | 200 |
| 4.2.9  | 东海沿岸平原 .....          | 204 |
| 4.2.10 | 韩江三角洲 .....           | 212 |
| 4.2.11 | 珠江三角洲 .....           | 215 |
| 4.2.12 | 广西沿海平原 .....          | 219 |
| 4.2.13 | 海南岛沿海平原 .....         | 223 |
| 4.3    | 海岸侵蚀 .....            | 226 |
| 4.3.1  | 日本的海岸侵蚀 .....         | 226 |
| 4.3.2  | 中国的海岸侵蚀 .....         | 227 |
| 5      | 湖泊环境 .....            | 235 |
| 5.1    | 日本的湖泊环境 .....         | 236 |
| 5.2    | 中国的湖泊环境 .....         | 239 |
| 5.2.1  | 湖泊环境与海平面变化 .....      | 240 |

|       |                     |     |
|-------|---------------------|-----|
| 5.2.2 | 湖泊环境与气候变化 .....     | 248 |
| 5.2.3 | 湖泊环境与构造运动 .....     | 268 |
| 6     | 海域环境 .....          | 272 |
| 6.1   | 日本的海域环境 .....       | 273 |
| 6.1.1 | 日本的陆架与海平面变化 .....   | 273 |
| 6.1.2 | 日本海的全新世环境 .....     | 277 |
| 6.1.3 | 黑潮的迁移 .....         | 284 |
| 6.1.4 | 贝类种群与海域环境 .....     | 286 |
| 6.2   | 中国的海域环境 .....       | 288 |
| 6.2.1 | 中国海底地貌 .....        | 288 |
| 6.2.2 | 中国海底沉积 .....        | 291 |
| 6.2.3 | 中国陆架古海岸线变迁 .....    | 293 |
| 6.2.4 | 中国陆架沉积环境变化 .....    | 298 |
| 6.2.5 | 中国海域的气候信息 .....     | 308 |
| 6.2.6 | 中国陆架水下三角洲 .....     | 323 |
| 7     | 珊瑚礁 .....           | 336 |
| 7.1   | 造礁珊瑚的分布 .....       | 337 |
| 7.2   | 珊瑚礁的分布 .....        | 341 |
| 7.3   | 珊瑚礁的类型 .....        | 344 |
| 7.4   | 珊瑚礁地貌特征 .....       | 348 |
| 7.4.1 | 岸礁(裙礁)的地貌特征 .....   | 351 |
| 7.4.2 | 环礁的地貌特征 .....       | 358 |
| 7.5   | 珊瑚礁与气候变迁 .....      | 361 |
| 7.6   | 珊瑚礁与海平面变化 .....     | 376 |
| 7.7   | 珊瑚礁与构造运动 .....      | 385 |
| 8     | 海滩岩 .....           | 394 |
| 8.1   | 海滩岩的分布 .....        | 394 |
| 8.2   | 海滩岩的类型 .....        | 404 |
| 8.2.1 | 沙丘岩与海滩岩的主要区别 .....  | 405 |
| 8.2.2 | 沙丘岩的典型例子 .....      | 407 |
| 8.3   | 海滩岩的时代 .....        | 410 |
| 8.4   | 海滩岩的成因 .....        | 413 |
| 8.5   | 海滩岩的环境意义 .....      | 420 |
| 8.5.1 | 气候变迁 .....          | 420 |
| 8.5.2 | 海平面变化 .....         | 423 |
| 8.5.3 | 构造运动 .....          | 426 |
| 9     | 沙堤(贝壳堤)与环境变迁 .....  | 428 |
| 9.1   | 日本的沙堤和沙丘 .....      | 428 |
| 9.1.1 | 沙堤和沙丘的发育期 .....     | 428 |
| 9.1.2 | 沙丘与海平面变化及气候变化 ..... | 430 |
| 9.1.3 | 主要沙丘地带 .....        | 433 |

|                           |     |
|---------------------------|-----|
| 9.2 中国的沙堤和贝壳堤 .....       | 442 |
| 9.2.1 沙堤和贝壳堤的时代 .....     | 442 |
| 9.2.2 沙堤(贝壳堤)与海平面变化 ..... | 451 |
| 10 红树林的环境意义 .....         | 476 |
| 10.1 红树林的分布 .....         | 476 |
| 10.2 红树林的古环境意义 .....      | 481 |
| 10.2.1 红树林的历史 .....       | 481 |
| 10.2.2 红树林与古气候 .....      | 482 |
| 10.2.3 红树林与海平面变化 .....    | 483 |
| 10.2.4 红树林与暖流 .....       | 486 |
| 11 泥炭与环境变迁 .....          | 489 |
| 11.1 泥炭的形成条件 .....        | 489 |
| 11.2 泥炭的分布 .....          | 491 |
| 11.3 泥炭与气候变化 .....        | 494 |
| 11.3.1 日本泥炭与气候变化 .....    | 494 |
| 11.3.2 中国泥炭与气候变化 .....    | 496 |
| 11.4 泥炭与海平面变化 .....       | 505 |
| 11.4.1 日本泥炭与海平面变化 .....   | 505 |
| 11.4.2 中国泥炭与海平面变化 .....   | 506 |
| 12 动植物迁徙的环境信息 .....       | 512 |
| 12.1 几种植物的分布 .....        | 512 |
| 12.1.1 日本杉等植物的分布 .....    | 512 |
| 12.1.2 中国几种植物的分布 .....    | 515 |
| 12.2 埋没林 .....            | 520 |
| 12.2.1 日本埋没林 .....        | 520 |
| 12.2.2 中国埋没林 .....        | 524 |
| 12.3 几种哺乳动物的迁徙 .....      | 528 |
| 12.3.1 日本哺乳动物的迁徙 .....    | 528 |
| 12.3.2 中国哺乳动物的迁徙 .....    | 529 |
| 12.4 牡蛎礁 .....            | 536 |
| 12.4.1 日本牡蛎礁 .....        | 536 |
| 12.4.2 中国牡蛎礁 .....        | 537 |
| 13 黄土与黄尘 .....            | 542 |
| 13.1 黄土的环境信息 .....        | 542 |
| 13.2 中国的尘暴 .....          | 554 |
| 13.3 日本的黄尘 .....          | 559 |
| 14 红土化作用 .....            | 560 |
| 14.1 日本的红土化作用 .....       | 560 |
| 14.2 中国的红土化作用 .....       | 564 |
| 15 冰川与冰缘环境 .....          | 570 |
| 15.1 全新世及现代冰川 .....       | 570 |

|                               |     |
|-------------------------------|-----|
| 15.1.1 日本的冰川遗迹 .....          | 570 |
| 15.1.2 中国全新世及现代冰川 .....       | 570 |
| 15.2 全新世及现代冰缘现象 .....         | 581 |
| 15.2.1 日本冰缘现象 .....           | 581 |
| 15.2.2 中国冰缘现象 .....           | 582 |
| 16 环境考古 .....                 | 586 |
| 16.1 日本的考古期 .....             | 586 |
| 16.2 日本的考古现象与环境 .....         | 587 |
| 16.3 中国新石器时代考古期的环境特征 .....    | 591 |
| 16.4 中国新石器时代环境考古分区评述 .....    | 594 |
| 16.4.1 东北地区 .....             | 594 |
| 16.4.2 黄河中下游地区 .....          | 594 |
| 16.4.3 长江中游地区 .....           | 598 |
| 16.4.4 长江下游地区 .....           | 598 |
| 16.4.5 华南地区 .....             | 603 |
| 16.4.6 台湾岛 .....              | 605 |
| 16.4.7 西南地区 .....             | 606 |
| 16.4.8 西北地区 .....             | 607 |
| 16.4.9 青藏高原 .....             | 607 |
| 17 板块构造 .....                 | 609 |
| 17.1 亚洲东部及南部板块构造 .....        | 610 |
| 17.2 日本的板块构造 .....            | 615 |
| 17.3 中国的板块构造 .....            | 622 |
| 17.3.1 亚板块分异轮廓的若干地球物理特征 ..... | 625 |
| 17.3.2 中国亚板块的划分 .....         | 632 |
| 18 活动断裂 .....                 | 643 |
| 18.1 日本的活动断裂 .....            | 643 |
| 18.2 中国的活动断裂 .....            | 646 |
| 19 地震活动 .....                 | 652 |
| 19.1 日本的地震活动 .....            | 652 |
| 19.1.1 太平洋-侧板块边界的地震 .....     | 654 |
| 19.1.2 东北日本弧的地震 .....         | 654 |
| 19.1.3 中央日本的地震 .....          | 654 |
| 19.1.4 西南日本弧的地震 .....         | 656 |
| 19.2 中国的地震活动 .....            | 659 |
| 19.2.1 中国大陆地震带的划分 .....       | 660 |
| 19.2.2 中国板内地震与板缘地震的关系 .....   | 663 |
| 19.2.3 中国地震构造区划分 .....        | 664 |
| 19.3 中国、日本地震活动的联系 .....       | 671 |
| 20 火山作用 .....                 | 679 |
| 20.1 西太平洋岛弧与日本的火山带 .....      | 679 |