

中国水利

(新版)

钱正英 主编



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

要 录 内

本书共分五章。第一章为绪论，主要介绍水利工程的定义、分类、作用、地位、发展概况、主要成就、存在问题、发展趋势等。第二章为水资源，主要介绍水资源的定义、分类、分布、特性、评价、利用、保护等。第三章为水文，主要介绍水文的定义、分类、特性、评价、利用、保护等。第四章为水力学，主要介绍水力学的基本概念、基本方程、基本定理、基本方法等。第五章为水利工程施工，主要介绍水利工程施工的基本概念、基本程序、基本方法、基本设备、基本材料等。

中国水利

(新版)

钱正英 主编

钱正英 主编

中国水利出版社 地址：北京市西城区三里河路 邮编：100044

ISBN 7-81124-210-6 定价：20.00元

中国水利出版社 地址：北京市西城区三里河路

（编者） 钱正英

主编

中国水利出版社

地址：北京市西城区三里河路 邮编：100044

电话：010-68286111 传真：010-68286112

网址：http://www.waterpub.com.cn

电子邮箱：waterpub@163.com

中国水利出版社 地址：北京市西城区三里河路

邮编：100044 电话：010-68286111

传真：010-68286112 网址：http://www.waterpub.com.cn

电子邮箱：waterpub@163.com

中国水利出版社 地址：北京市西城区三里河路

邮编：100044 电话：010-68286111

传真：010-68286112 网址：http://www.waterpub.com.cn

电子邮箱：waterpub@163.com

中国水利出版社 地址：北京市西城区三里河路

邮编：100044 电话：010-68286111

传真：010-68286112 网址：http://www.waterpub.com.cn

电子邮箱：waterpub@163.com



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书内容丰富,资料翔实,表述清楚,是水利科技文献宝库中的一部好书。全书共18章,主要内容包括中国的水资源、水利史、防洪、灌溉排水、水力发电、内河航运、水利渔业、水利综合经营、海岸带开发利用、用水与供水、水土保持、河流泥沙问题、水利与环境、坝工、江河综合规划、水利经济、水法与水管理、水利决策问题等。

本书的主要读者对象是水利工作者、水利研究人员和国内外希望了解中国水利的人士。

图书在版编目(CIP)数据

中国水利 / 钱正英主编. -- 北京 : 中国水利水电出版社, 2012.9
ISBN 978-7-5170-0218-5

I. ①中… II. ①钱… III. ①水利建设—成就—中国
IV. ①F426.9

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第226708号

审图号: GS (2012) 1371 号

书 名	中国水利 (新版)
作 者	钱正英 主编
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京新华印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 41.25印张 977千字
版 次	1991年3月第1版 1991年3月第1次印刷 2012年9月新1版 2012年9月第1次印刷
印 数	0001—1000册
定 价	128.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

主 编 钱正英

撰 稿 (以姓氏笔画为序)

方子云 石 衡 朱树人 朱惠琴

刘善建 李伯宁 李运涛 严 恺

吴德镇 何孝佺 张 岳 陈家琦

周家苞 柯礼聘 顾文书 钱正英

徐乾清 高如山 曹楚生 戴定忠

责任编辑 汤鑫华 马爱梅

再 版 序

《中国水利》是在 1989 年新中国成立 40 周年之际编写出版的。当时的目的是：在现代科学的指导下，总结中国水利有史以来的实践经验，提出一些规律性的认识，并探讨今后发展的方向。最近中国水利水电出版社决定，将它作为一个历史文献，再版发行，我认为还是有其意义的。

新中国成立后的 40 年，是中国人民探索如何建设有中国特色社会主义的时期。就水利领域来说，也是一个探索时期。为了建设有中国特色的社会主义，是否需要大力兴修水利？如何兴修水利？在每次社会变革中，都曾经过反复的争论和各种试探性的实践。直到 1989 年以后，随着中国特色社会主义的理论形成和科学发展观的确立，有关水利的认识也趋于统一，中国水利进入平稳发展的时期。

因此，《中国水利》可作为新中国成立初期的历史文献和基础资料，供水利工作者查考和阅读研究。

钟正英
2012, 5, 31

第一版前言

水利是人类社会适应、利用、改造和保护环境的重要组成部分。在中华民族的生存和发展中，水利有着特殊的地位和作用，这正是中国的环境条件所决定的。纵观中国历史，在昌盛时期，莫不以水利作为安邦定国的重要措施，而社会动乱又往往从严重的水旱灾害引发。新中国成立以来，在每次社会变革中，都伴随着兴修水利的高潮，中间虽曾发生过一些失误和挫折，但广大人民对发展水利的要求仍有增无减。到1989年即中华人民共和国成立40周年之际，在960万平方公里的国土上，水利工程星罗棋布，江河整治初见成效，农业生产条件大为改观，并形成了一支具有一定科技水平的水利专业队伍。中国水利的成就和经验受到世界的重视。

水利工作是无止境的。随着人类社会的发展，人类与环境不断出现新的矛盾，从而对水利也不断提出新的要求。在我国，人口膨胀，耕地资源有限，水资源时空分布不均，这些问题日益成为我国经济与社会发展的制约因素。在20世纪的最后10年，水利应如何前进，这是关系到中华民族如何迎接21世纪的重大问题。中国的水利工作者，亟须冷静地思考过去，全面地分析现状，认真地探索未来，从中认识中国水利的规律，以求制定今后10年和21世纪的发展战略。

根据以上考虑，我们集合了20位长期从事水利工作的同志，从1989年4月开始酝酿，到1990年11月全部交稿付梓，以一年半的时间，编写了这本《中国水利》。我们的希望是：在现代科学的指导下，总结实践经验，提出一些规律性的认识，并探讨今后发展的方向。为此，本书首先分析了中国水资源的特点并回顾了中国的水利史；然后从防洪、灌溉排水、水力发电、内河航运、水利渔业、水利综合经营、海岸带开发利用、用水与供水、水土保持、河流泥沙问题

等各个方面，分别论述 40 年的经验与展望；进而研究水利与环境、坝工、江河综合规划、水利经济、水法与水管理等方面的经验与展望，最后提出中国水利的决策问题。全书反映的内容，是中国人民和广大水利工作者长期奋斗的成果，我们谨将此书献给伟大的社会主义祖国。

本书的主要对象是水利工作者、即将踏上水利工作岗位的高、中等院校毕业生和国内外希望了解中国水利的人士。全书的指导思想、结构及编写提纲经共同讨论商定，然后由各章执笔人分别撰写，经集体审议、主编复核后，自行定稿，最后集体审阅校样。各章作者的某些观点，不强求统一。虽然各章作者都长期从事本专业工作，在定稿过程中也注意征询有关专家的意见，但毕竟作者知识水平有限，写作时间仓促，出版这样的书籍更属新的尝试，错误缺点在所难免，尚望读者指正。

为了编写出版本书，水利部、能源部、交通部、建设部给予了多方支持，中国水利学会和水利部科教司协助组织，水利电力出版社全力以赴，许多单位供给资料，许多同志提出宝贵意见，徐乾清同志为主编分担了许多工作，在此一并致谢。

徐乾清
1990年12月15日

目 录

再版序

第一版前言

第一章 中国的水资源	陈家琦 (1)
第一节 自然概况	(1)
第二节 水资源概况	(16)
第三节 水资源的特点及问题	(30)
第四节 水资源的展望	(34)
参考文献	(40)
第二章 中国的水利史	朱惠琴 (41)
第一节 水利史综述	(41)
第二节 水利史专题分述	(57)
参考文献	(81)
第三章 中国的防洪	徐乾清 (84)
第一节 洪水灾害和防洪建设	(84)
第二节 主要江河的洪水、洪水灾害及防治对策	(96)
第三节 主要防洪措施的探讨	(115)
第四节 当代防洪发展趋势	(122)
参考文献	(127)
第四章 中国的灌溉排水	高如山 朱树人 (128)
第一节 灌溉排水在中国农业发展中的作用	(128)
第二节 灌溉排水的状况	(134)
第三节 各具特色的灌溉排水工程	(143)
第四节 节水灌溉	(149)
第五节 效益、问题和措施	(156)
第六节 灌溉排水的展望	(159)
参考文献	(162)
第五章 中国的水力发电	顾文书 (163)
第一节 水电在中国能源建设中的地位	(163)
第二节 水电开发状况	(169)
第三节 大型水电站和水电基地的建设	(181)
第四节 中小水电开发和农村电气化	(190)

第五节 水电的作用和效益分析·····	(194)
第六节 水电建设的展望·····	(201)
参考文献·····	(206)
第六章 中国的内河航运 ·····	石 衡 吴德镇 (207)
第一节 内河航运在中国交通运输中的地位·····	(207)
第二节 内河航运建设成就·····	(213)
第三节 河流渠化及通航建筑物·····	(220)
第四节 航道管理·····	(225)
第五节 内河航运建设的展望及发展对策·····	(227)
参考文献·····	(237)
第七章 中国的水利渔业 ·····	李运涛 (238)
第一节 水利渔业发展简况和特点·····	(238)
第二节 水利渔业的工程设施·····	(245)
第三节 水利渔业养殖技术的发展趋势·····	(251)
第四节 水利渔业效益·····	(256)
第五节 水利渔业的展望·····	(258)
参考文献·····	(260)
第八章 中国的水利综合经营 ·····	李伯宁 李运涛 (262)
第一节 水利综合经营的产生与发展·····	(262)
第二节 水利综合经营的特点和效益·····	(267)
第三节 水利综合经营中的问题和对策·····	(271)
第四节 水利综合经营的展望·····	(274)
参考文献·····	(279)
第九章 中国的海岸带开发利用 ·····	严 恺 周家苞 (280)
第一节 海岸带特征·····	(281)
第二节 海岸带资源及主要开发利用方式·····	(289)
第三节 河口治理·····	(306)
第四节 海岸带开发利用中的问题和对策·····	(317)
第五节 海岸带开发利用的展望·····	(321)
参考文献·····	(324)
第十章 中国的用水与供水 ·····	刘善建 (326)
第一节 供水的基本情况与特点·····	(326)
第二节 供水的原则、方向和重大措施·····	(333)
第三节 农村及农业的用水与供水·····	(338)
第四节 城市和工业的用水与供水·····	(341)
第五节 合理利用与节约用水·····	(347)
第六节 供水事业的展望·····	(354)

参考文献	(358)
第十一章 中国的水土保持	刘善建 (359)
第一节 水土流失的地区分布与因果分析	(359)
第二节 水土保持的基本情况	(369)
第三节 水土保持的特点	(372)
第四节 水土保持的原则与措施	(376)
第五节 水土保持的效益与作用	(385)
第六节 水土保持的展望	(390)
参考文献	(393)
第十二章 中国的河流泥沙问题	戴定忠 (395)
第一节 江河泥沙概况	(395)
第二节 水库泥沙	(403)
第三节 低水头枢纽与渠首渠系泥沙	(414)
第四节 河道治理	(423)
第五节 泥沙学科研究的展望	(428)
参考文献	(431)
第十三章 中国水利与环境	方子云 (433)
第一节 环境问题的重要性	(433)
第二节 水资源保护	(438)
第三节 水利建设对环境的改善及影响	(448)
第四节 环境影响评价的方法与步骤	(453)
第五节 水利与环境的展望	(459)
参考文献	(461)
第十四章 中国的坝工	曹楚生 (462)
第一节 综述	(462)
第二节 土石坝	(477)
第三节 混凝土及浆砌石坝	(488)
第四节 枢纽布置及其他建筑物	(504)
第五节 基础工程	(510)
第六节 施工	(516)
第七节 坝工的展望	(521)
参考文献	(526)
第十五章 中国的江河综合规划	何孝侠 (527)
第一节 江河综合规划的任务和作用	(527)
第二节 江河综合规划技术和理论的发展	(530)
第三节 江河综合规划工作的回顾	(532)
第四节 主要江河存在的问题与规划要点	(541)

第五节 江河综合规划工作展望·····	(554)
参考文献·····	(556)
第十六章 中国的水利经济 ····· 张 岳	(557)
第一节 水利经济概述·····	(557)
第二节 水利项目的经济评估·····	(570)
第三节 水价及水费政策·····	(576)
第四节 水库移民和移民政策·····	(583)
第五节 水利经济研究的展望·····	(589)
参考文献·····	(593)
第十七章 中国的水法与水管理 ····· 柯礼聘	(594)
第一节 中华人民共和国水法·····	(594)
第二节 水管理体制与基本制度·····	(605)
第三节 水利工程管理·····	(611)
第四节 未来的水管理·····	(614)
参考文献·····	(616)
第十八章 中国水利的决策问题 ····· 钱正英	(618)
第一节 水利决策的重要性·····	(618)
第二节 水利决策中的认识问题·····	(624)
第三节 水利决策中的程序和方法问题·····	(629)
第四节 决策者的个人素质·····	(634)
第五节 水利决策的展望·····	(637)
参考文献·····	(644)
英文目录 ·····	(645)

第一章 中国的水资源

陈家琦

水是维持一切生命活动的不可替代的物质。水资源是地球上最重要的自然资源之一，不仅为人类生活所必需，也为人类的生产活动和维持人类赖以生存的生态环境所不可缺。地球上水资源的循环再生和时空分布有其特定规律，在一定条件下水也给人类带来灾害。深入认识水资源的变化规律，以适应、利用和改造水环境，是人类生存和持续发展的必要条件。随着人类社会的不断前进及人口的增长，人们对水资源开发利用和治理的广度与深度越来越大，在改造水环境的过程中，也往往引发新的矛盾。从总体上说，由于社会对水的需求不断增加，而自然界所能提供的可用水资源量又有一定限度，无论在中国或在世界上有些地区，水资源已成为国民经济和社会发展的主要制约。在当代世界最关心的资源、环境、人口和自然灾害四大问题中，如何保持水资源的永续利用，发挥水资源的经济效益、社会效益和生态效益，并尽可能减轻水旱灾害带来的损失，是关系人类当前和长远利益的重要任务。

中国的水资源总量在世界各国中排第六位，且水热同季有利于农业生产，但按人均或按国土面积平均都低于世界平均水平，时空变化的不均匀程度又大于同纬度其他地区，洪涝旱灾也比同纬度地区严重。因此，开发利用水资源和防治水害是关系中华民族生存发展的重大问题。中国国土辽阔，跨越不同的气候和地理环境，不同地区的水资源特点不同，表现的问题也各异。由水资源特点带来的问题，是中国水利工作的基本出发点。本章主要阐明中国水资源的概况、特点和问题及今后的展望，以作为研究中国水利问题的依据。

第一节 自然概况

中国在地球上位于东经 $73^{\circ}39'$ 至 $135^{\circ}05'$ 、北纬 $03^{\circ}12'$ 至北纬 $53^{\circ}43'$ 间，在欧亚大陆的东南部，东南濒临太平洋，北部、西北部和西南部均在大陆上与邻国接壤，深入亚洲腹地。由国土最北端黑龙江省漠河附近黑龙江主航道中心线至最南端南沙群岛的曾母暗沙，长约

本章在编写过程中曾征求过吴以鳌、杨继孚、赵珂经、焦得生、陈志恺、贺伟程和任光照同志的意见，得到不少改正与补充，谨此致谢。

5500km。而东起黑龙江省抚远县境内黑龙江与乌苏里江汇合点至最西端新疆乌恰县以西的帕米尔,长约5200km。海岸线总长约1.8万km,陆上边界长约2万km。全国国土面积约960万km²,约占全球陆面面积的1/15。按国土面积计仅次于苏联、加拿大而居世界第三位,在亚洲则为国土面积最大的国家^[1]。

一、地 势 地 形

中国地势西高东低。如自贺兰山、六盘山、龙门山到哀牢山划一条线,把中国分为东西两部,则西部地形高差大,东部地形高差相对较小。从大趋势看,自西向东大体可分为三级阶梯:最高一级为青藏高原,地势一般在海拔高程4000m以上,高原上岭谷并列,湖泊众多,雪峰连亘,主要山脉有昆仑山、阿尔金山、祁连山、唐古拉山、冈底斯山、喜马拉雅山和横断山脉的一部分。喜马拉雅山平均海拔约7000m,最高峰珠穆朗玛峰海拔8848m,为世界第一高峰。青藏高原内部因地势较高,大气较稀薄,大气中水汽含量不多,降水稀少。高原边缘地区因气流上升运动剧烈,降水较多。

青藏高原以北和川东,地势高度显著下降,海拔1000~2000m,构成中国大陆上的第二级阶梯,由内蒙古高原、黄土高原、云贵高原和阿尔泰山、天山、秦岭、大兴安岭和太行山等山脉组成。高原之间有巨大盆地构造,如准噶尔盆地、塔里木盆地、四川盆地等。夏季风北缘可深入二阶梯带上空,年降水量较青藏高原有明显增多。

大兴安岭、太行山、巫山及云贵高原东缘以东,直到海滨,为第三级阶梯。这一地带丘陵和平原交错,大部山丘海拔高程多在1000m以下,少数山峰可高达2000m以上,滨海平原海拔高程则在50m以下,包括东北平原、华北平原、长江中下游平原和珠江三角洲平原等。这一阶梯上空,夏季风活动频繁,降水量丰沛。这一阶梯向东向南延伸到海,并构成中国的大陆架。在中国海域内共领有岛屿6500多个,最大的是台湾岛,面积约35700km²,年降水及年径流深均为全国之冠;其次为海南岛,面积约34000km²。台湾东侧为陡斜的大陆坡,直下降到-4000m以下的太平洋深海。

中国地形复杂,山地面积约占全国面积的33%,高原面积约占全国面积的26%,丘陵地区约占全国面积的10%。这三者即占国土面积的69%左右。此外,山间盆地面积约占国土面积的19%,而平原地区只占全国面积的12%。因此,在中国国土上主要是山丘高原地带。

中国山脉按其走向大致可分为东西向、东北西南向、南北向三大类。水汽输送受其影响,使我国降水分布形成大尺度带状的特点。东西走向的山脉有天山—阴山、昆仑山—秦岭、喜马拉雅山以及南岭等。天山山脉阻挡了自西北大陆来的水汽,形成北疆和南疆的降水差异。秦岭是黄河和长江中下游的南北分水岭,形成我国温带与亚热带的分界,也是我国南方与北方气候的不同特点的分界。喜马拉雅山的高大山体阻挡了来自印度洋上空西南季风的北进,南北坡降水相差悬殊。南岭则是我国中、南亚热带的分界。南岭以南气候温暖,降水十分充沛。西南—东北向的山脉,有大兴安岭经太行山至雪峰山一线,即地形的第二级阶梯与第三级阶梯的分界线。这些山脉拦阻来自东南方大洋的水汽,致使山脉的两侧降水量悬

殊。还有从小兴安岭、长白山到浙闽丘陵一线的山地，因临近海洋，迎风面抬升水汽，雨量也很丰沛，且容易形成暴雨中心。南北走向的山脉有北方的贺兰山及西南的横断山脉。贺兰山东阻水汽西行，东侧降水多于西侧，横断山脉西挡来自孟加拉湾的水汽东进，西侧降水明显大于东侧。

青藏高原、内蒙古高原、云贵高原和黄土高原是中国四大高原。青藏高原在中印、中尼边界上坡折明显，北缘以昆仑山北坡、东缘以龙门山东坡均有较明显坡折，但在藏东、川西和滇北就没有明显的阶坡。青藏高原总面积约占全国国土面积的 $1/4$ ，海拔 $4000\sim 5000\text{m}$ ，是世界上最高的大高原。高原中盆地地面高程最高和最低相差约 3000m ，盆地周围山地许多高峰又高出盆地 $3000\sim 4000\text{m}$ ，地面起伏巨大。内蒙古高原在中国北部，西起甘肃边境和祁连山麓，东至大兴安岭，海拔 $1000\sim 2000\text{m}$ ，地势波状起伏，沙漠草原遍布。云贵高原位于青藏高原的东南，海拔 $1000\sim 2000\text{m}$ ，地面崎岖不平，岩溶地貌发育。黄土高原在黄河中游，海拔也为 $1000\sim 2000\text{m}$ ，广泛分布着黄土丘陵和特殊的塬、梁、峁、川，地形破碎，土质疏松，是严重水土流失区。

塔里木、准噶尔、柴达木和四川盆地是中国四大盆地。塔里木盆地在新疆南部，地面高程 $300\sim 1300\text{m}$ ，由边缘向中部呈带状分布着戈壁、绿洲和沙漠。准噶尔盆地位于新疆北部，地面高程 $500\sim 1000\text{m}$ ，中部多固定沙丘，南缘为冲积扇平原。柴达木盆地在青海省西北部，地面高程为 $2700\sim 3000\text{m}$ ，是中国地势最高的内陆盆地。四川盆地在四川省东部，地面高程为 500m 左右，东部多低山丘陵，西北部为成都平原。

中国丘陵地形主要分布在东部，如辽东丘陵、山东丘陵、长江中下游以南的红色丘陵、黄土高原上的黄土丘陵、四川盆地的紫色丘陵等。丘陵多与山地交错分布，地形起伏和缓，没有明显山脉走向，相对高度一般低于 200m 。

平原大多分布于山前、山间和沿海地带。东北平原、华北平原和长江中下游平原是中国三个最大的平原。中国的主要平原见表 1-1^[2]。

表 1-1 中国主要平原简表

名 称	位 置	高 程 (m)	地 表 特 征
东北平原	东北中部、南部	200 以下	波状起伏。沿河多沼泽
华北平原	燕山、太行山、大别山一线以东	50 以下	平坦。东部有洼淀、盐碱地
长江中下游平原	长江中下游沿岸	50 以下	湖泊众多。港汊纵横。河口为巨大三角洲
珠江三角洲	珠江入海口附近	50 左右	河网纵横。孤丘散布
河套平原	内蒙古、宁夏黄河沿岸	1000 左右	渠道纵横
渭河平原	陕西中部	500 左右	即关中平原，河岸有三级黄土阶地
成都平原	四川盆地西北部	600 左右	自西北向北向东南倾降。河渠成网
台南平原	台湾岛西南部	100 以下	由若干三角洲组成。滨海有沙丘

二、地 质

根据不同程度的地质活动和发展,中国各主要地质构造单元大致可划分为:①华北半稳定陆台;②华南半稳定陆台;③北满过渡地块;④塔里木、柴达木和准噶尔三个盆地;⑤地槽区,主要有蒙古地槽、天山地槽、祁连山—昆仑山地槽、秦岭地槽、滇藏地槽和喜马拉雅地槽^[3]。

在震旦纪以前,中国现在的大陆曾经历过若干次褶皱和沉积建造。到元古代下震旦纪吕梁运动之后,华北陆台和华南陆台渐趋稳定。在震旦纪初期,在北方有由满蒙地块、阿拉善地块和准噶尔地块连成的古大陆,东南面有包括华夏地块、越北地块和康滇陆隆的古大陆,而在这两个古大陆之间则是海水侵淹区。在区内也还有一些由古陆形成的海岛。到震旦纪后期,由于地壳变动,四川地块下陷而淹于海中,燕辽沉降带西部、祁连向斜和天山向斜等发生拗陷。自震旦纪末期至寒武纪初期,北方的满蒙地块和鄂尔多斯地台,以及西南方的藏北地块相继隆起,连成一广大陆地,蒙古向斜南部上升为陆,海水向北退落,而横断向斜却下沉,由陆为海,华中也成为一大海侵区,海水超淹到淮阳、江南和康滇等一些古大陆边缘部分。中、上寒武纪时,陆面进一步下降,海侵范围扩大,在北面海水侵淹了鄂尔多斯、山西、祁连山、天山等地区,而康滇陆隆带东南的昆明一带却突起为陆地。到上奥陶纪时,海进范围缩小,华北陆台及华南陆台全隆起为陆,当时在中国大陆上只有蒙古大向斜海侵区,扬子向斜通过四川连于祁连、天山一带海侵区,横断向斜、喜马拉雅向斜和北越海湾的海侵区。至志留纪初期,蒙古向斜的海侵向南扩大,东面淹到北满,西与祁连、天山海相通,准噶尔成为海岛。在志留纪末至泥盆纪初,中国大陆在继续上升中发生了一次显著的褶皱运动,北秦岭地槽和北祁连地槽剧裂上升为山岳,康滇陆隆带隆起,四川和黔北上升为陆,龙门地槽和南秦岭地槽却急剧深陷而有显著褶皱。到中、下泥盆纪时中国东南略有隆起而西北部却下降为海,仅留有塔里木、柴达木及藏北几个大海岛。到泥盆纪末期,继续发生褶皱运动,出现了古昆仑山、祁连山、北秦岭等山地,藏北则全为海水侵淹。中上石炭纪时,海水淹没了整个华北陆台的低原地区和华南陆台的大部分地区,天山地槽褶皱成为古天山,蒙古地槽也返成山地。二迭纪初期,华北陆台已发展成为大陆,天山及阿尔泰山也上升为陆,但华南海侵扩大,四川又陷为海,西藏也全为海水所淹没。三迭纪时鄂尔多斯在华北陆台上成为内陆湖,华南陆台自中三迭纪起海水逐渐向四川、云南退落,至三迭纪末海侵只在横断山脉及西藏地区。到白垩纪因燕山造山运动影响,华北陆台发生块裂,华南陆台也发生分裂和褶皱,天山、祁连山、昆仑山、秦岭等受此影响而高耸,四川、塔里木、柴达木、准噶尔等盆地受此影响而更深陷,滇藏地槽隆起为陆地。到第三纪中期,经喜马拉雅造山运动,结束了亚洲部分的特蒂斯海,出现了喜马拉雅山和台湾岛。

中国大陆的几次大的海进与海退中,某些地槽区出现波状升沉和回返现象,陆台某些区也有此现象。

到第四纪初期,由于全球出现气温变冷,各地发生冰川现象,并在第四纪期内在我国秦岭及淮阳山以北出现黄土,以南出现垆土,以及近代出现的冲积层,成为地下水的主要储存地层。

三、气候

中国的东部广大地区和华南地区,受季风气候的控制。夏季一般受海洋气流的影响,冬季主要受大陆气流的影响,冬干夏湿。其中东部广大地区处于东亚季风气候区,虽可分为雨季及早季,但旱季仍有少量降水。西藏南部和云南大部在夏季属西南季风气候区,雨季和旱季分明。东亚季风区冬夏温差很大,北方尤其明显。

根据国家气象局在1978年提出的中国气候区划^[4],在中国划分了9个气候带和1个高原气候区域,即:(I)北温带:在黑龙江省最北部根河区;(II)中温带:包括小兴安岭区、三江一长白区、大兴安岭区、松辽区、蒙东区、蒙中区、富蕴区、塔城区、伊宁区、蒙甘区和北疆区;(III)南温带:包括辽东—胶东半岛区、河北区、鲁淮区、渭河区、晋陕甘区、南疆区;(IV)北亚热带:包括江北区、秦巴区;(V)中亚热带:有江南区、瓯江—闽江—南岭区、四川区、贵州区、滇北区、金沙江—楚雄和玉溪区;(VI)南亚热带:包括台北区、闽江—珠江区、滇南区;(VII)北热带:包括台南区、雷琼区、滇南河谷区、琼西区和元江区;(VIII)中热带:琼南—西沙区;(IX)南热带:南沙区;(X)高原气候区域:包括达旺—察隅区、波密—川西区、青南区、昌都区、祁连—青海湖区、藏中区、蒙南区、柴达木区和藏北区。

中国西北内陆地区,受山脉高原阻挡影响,季风难以深入,降水很少。东南地区则因受夏季风控制时间长,降水较多。此外,西太平洋副热带高压脊线的西伸、东退、北进和南撤都会引起中国天气的变化和雨季的移动。一般在每年6月以前,西太平洋副热带高压脊线常位于北纬20°以南,雨季则于4月出现在华南。自6月中旬至7月中旬,西太平洋副热带高压脊线向北移至北纬25°一带,雨区也随之北移至长江中下游地区;至7月中旬后副热带高压脊线再北移至北纬30°上下,雨区也北进到淮河以北,广大华北地区开始进入雨季盛期,即俗称的“七下八上”时期,大暴雨多于此时期发生。8月下旬以后太平洋副热带高压南撤,雨季开始返回南方,我国东部的雨季自北向南先后结束。

受来自西伯利亚和蒙古高原上冬季风的影响,中国大部分地区的冬季气温比世界上其他同纬度地区偏低5~18℃。中国大部分地区冬冷夏热,四季分明,但受地形高程和纬度的影响,各地气候大有不同。如东北最北部及高山地区长冬无夏,春秋相连;广东和广西中南部长夏无冬,秋去春来;云南中部四季如春,南海诸岛终年如夏。全国极端最高气温出现于新疆吐鲁番,曾达49.6℃,极端最低气温出现于黑龙江漠河,达-52.3℃。气温年较差(一年中最暖月平均气温与最冷月平均气温之差)在珠江流域为16℃,在长江中下游为24~26℃,华北为32℃,黑龙江流域可达44℃。

四、水汽输送

在全球水文循环过程中,海洋上空的大量水汽受大气纬向环流和季风的作用被带到陆地上空,有的又从陆地上空带到海洋。水汽的这种运动针对某一陆面区域来说称为该区的水汽

输送。

水利部门在 20 世纪 80 年代初统计^[5]，在我国东、南、西、北 4 个方向的边界，在一年中随季风和环流的变化，水汽既输入到我国境内上空，也由境内向外输出。通过东边界的水汽输出大于输入，输出量约为输入量的 2.5 倍，而其余通过南、西、北边界的水汽都是输入大于输出，具体来说南边界输入量为输出量的 4.1 倍，西边界输入量为输出量的 3.5 倍，北边界输入量为输出量的 1.6 倍。由南边界的水汽输入量最大，可占全国总水汽输入量的 42%，由东边界与北边界的输入量大体相当，约各占全国的 23%，而由西边界的输入量最小，只占全国水汽输入量的 12%。因此，在中国大陆上空水汽的主要补给来源是来自南方的海洋。主要的水汽输出方向为向东。在夏季由南边界的水汽净输入量为冬季的 3 倍，其中德钦以西喜马拉雅山南侧，终年盛行西南气流，水汽输送量特别强大。东边界在冬、夏季水汽输送量随纬度而有不同，冬季时在青岛以北的北段多干冷的西北气流，水汽输出量不大，但由南京到杭州一线的南段，水汽的输出则较多。夏季时南北段输出均较强，北段在沈阳附近，南段仍在南京至杭州一带。北边界无论冬夏输入输出变化都不大，以输入为主，只夏季在二连浩特以东有输出。西边界则冬夏均以输入为主，偶有输出，夏季时在伊宁附近的纬向输入强度为冬季的 6 倍，西来的水汽为北疆迎风坡降水和西部高山冰川的发育提供了条件。

水汽输送量的变化直接影响降水的变化，但水汽输送量的统计值并不等于降水量的统计值。这是因为在大陆上空的水汽过往量和停储量除反映在各个边界的水汽输入与输出外，还和在陆地及其上空进行的陆内水循环有关。据统计，全国多年平均年水汽净输入量约 24000 亿 m^3 ，只占总毛输入量的 13%，这个数字大体相当于全国多年平均年河川径流入海与出境量之和。

五、降 水

降水是在全球水文循环过程中由大气向地面供水的最主要来源。因受水汽补充条件和地形、地理位置等条件而在地区上和时程上都有变化。

1. 降水的地区分布

年降水深的地区分布总趋势是由东南向西北递减。东南沿海及西南部分地区的多年平均年降水深高于 2000mm，中印边境东段一些地区年降水深可达 5000mm 以上；长江中下游以南地区年降水深大于 1000mm；秦岭至淮河一带则为 800~900mm；华北平原、东北、山西和陕西大部、甘肃、青海东南部、新疆的北部和西部山区、四川西北部和西藏东部等，年降水深为 400~800mm；东北西部和内蒙古、甘肃以西广大地区年降水深均低于 400mm，有些地区低于 200mm；天山西端山区年降水深在 800mm 以上，为高山冰川发育提供条件，在这一带年降水深的分布呈现自西向东的递减趋势。我国年降水深的最高记录出现在台湾东北部，为 6569mm，实测最小年降水深出现于新疆吐鲁番的托克逊站，21 年平均年降水深为 7.1mm，1968 年全年降水仅 0.5mm。

多年平均年降水深在全国主要山区形成 16 个高值区，即东北的张广才岭、长白山区、