

中国气候丛书

青藏高原气候

黄加洗 主编



气象出版社

青藏高原气候

戴加洗 主编

气象出版社

内 容 简 介

本书是中国气候丛书编委会主编的十卷《中国气候丛书》中的一卷,在本卷中论述了青藏高原自然地理、太阳辐射和大气环流的概况,阐述了高原天气系统的发生、发展,分析了气压、温度、降水、风等气象要素及主要气象灾害的时空分布规律,并对高原气候资源进行评价和区划,最后对高原应用气候作了介绍。

本书可作为气象、气候、地理、农林、水利等专业的师生以及科技人员的重要参考书,也可作为国民经济各部门的领导和有关工作人员的重要参考资料。

青 藏 高 原 气 候

戴 加 洗 主 编

责任编辑 殷 钰

* * *

气象出版社 出版

(北京西郊白石桥路46号)

北京昌平环球科技印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行 全国各地新华书店经销

* * *

开本: 850×1168 1/32 印张: 11.375 字数: 294千字

1990年7月第一版 1990年7月第一次印刷

印数: 1—1800 定价: 9.80元

ISBN 7-5029-0355-0/P·0199

前 言

青藏高原地处“世界屋脊”，平均海拔在4000米以上，约占我国陆地面积的四分之一，是世界上最高大、地形最复杂的高原，也是气候上一个独特的区域。它的存在不仅对我国，对亚洲甚至对北半球的大气环流都有极其重要的影响，而且直接影响我国的天气、气候的形成和演变。

解放前高原地区气象事业几乎空白，成为外国人窥探之地。解放后，在政府关怀下，气象事业得到飞速发展，至今已建立了90多个气象台站，有些已积累了30年以上的气候资料；以青藏高原的天气、气候为研究对象的各种科研、考察工作十分活跃，并获得了大量宝贵资料并取得了丰硕成果，一些新的天气气候事实已被揭示。多年来，随着业务工作和科研实践的深化，关于高原天气、气候的著作也相继问世。50年代末杨鉴初等编写了第一本《西藏高原气象学》；1974年西藏气象局编写了《西藏高原天气学讲义》；1979年叶笃正、高由禧等著有《青藏高原气象学》；1984年中国科学院青藏高原综合科学考察队编著了《西藏气候》。上述这些著作以及其它一些科研成果，揭露了高原地区大量气候事实，丰富了高原气候学的理论，成为编写本书的重要参考资料。然而，随着国民经济的蓬勃发展，需要对整个高原气候成因及其规律加以分析和揭露，进一步认清高原气候资源及其分布，为长远规划提供气候依据。因此，在总结以往成果的基础上，结合我们的部分科研、科学考察和有关气候工作成果，编写一本以青海、西藏两省区为范围的区域气候书籍，是四化建设所必需，也是高原气象工作者的职责。

本书共分十三章。第一章主要描述高原自然地理概况。第二

章阐明高原辐射和冷热源状况。第三章概括介绍高原及其周围的环流因子。第四章主要阐述高原的天气系统。第五章至第九章描述和揭露气压、风、气温、降水、湿度、云等主要气候要素的分布与变化规律。第十章阐明高原旱涝、霜冻、雪灾、冰雹等主要气象灾害的发生规律与地区分布。第十一、十二两章对高原气候资源进行评价和区划。最后一章介绍了与高原建筑、城市规划等有关的风压、风能、太阳能、大气污染等应用气候问题。

参加本书编写工作的有：戴加洗（第二章）、吴永森（第四章和第七章）、阳燮（第三章）、黄孔怒（第十一章和第十二章）、吴鹤轩和宛正颐（第一章、第九章和第六章第二、三节）、上官鸿模（第六章第一节和第八章）、周陆生（前言、第五章和第十三章）、陈蒲显（第十章）。最后由周陆生作了全书的统编工作。

我们在编写过程中得到西藏自治区气象局的支持，并为我们提供了三十年地面气候资料，在此表示衷心感谢！本书所有插图均由朱亚云同志清绘，王锦乐等同志协助抄、校工作，谨向他们表示谢意。

由于编者水平有限，加之西藏地区的气候复杂，不少地区尚缺乏观测及实地考察资料，因此书中难免有不当之处，希望读者批评指正。

中国气候丛书《青藏高原气候》编写组

1988年6月于青海省气象局

中国气候丛书编委名单

主 编：张家诚

副主编：朱瑞兆 林之光

编 委（按姓氏笔画为序）：

王文辉 纪乃晋 朱瑞兆

许协江 张家诚 李江风

林之光 周 琳 徐裕华

顾庭敏 钱林清 鹿世瑾

蒋德隆 戴加洗

秘 书：许协江

《青藏高原气候》编委会名单

主 编：戴加洗

副主编：周陆生

编 委（按姓氏笔画为序）：

上官鸿模 阳 燮 陈蒲显

吴永森 吴鹤轩 周陆生

黄孔恕 戴加洗

目 录

前言

第一章 青藏高原自然地理概况	1
第一节 青藏高原的隆起	1
第二节 青藏高原的地貌概述	4
第三节 青藏高原的河流湖泊简介	9
第四节 青藏高原的植被	14
第五节 青藏高原气候变迁简述	17
参考文献	22
第二章 青藏高原的日照、辐射和热状况	23
第一节 日照时数和日照百分率	23
第二节 青藏高原的辐射状况	26
第三节 青藏高原的热状况	46
参考文献	50
第三章 青藏高原的环流与季风	51
第一节 平均流场特征	51
第二节 青藏高原季风	56
参考文献	61
第四章 青藏高原的天气系统	63
第一节 青藏高原的高压	63
第二节 青藏高原500百帕的低值系统及其对天气、气候的影响	75
第三节 青藏高原边缘和边界层系统对高原天气的影响	88
第四节 青藏高原上的锋面活动和冷空气活动	92
参考文献	97
第五章 青藏高原的气压和风	98
第一节 平均气压场和风场的基本特征	98
第二节 气压的年变化和日变化	100

第三节	风速和大风日数的地理分布	105
第四节	风速的时间变化	111
第五节	地方性风	114
参考文献		124
第六章	青藏高原的气温、地温和冻土	125
第一节	气温	125
第二节	地温	142
第三节	冻土	158
参考文献		169
第七章	青藏高原的降水	171
第一节	降水的地理分布和季节变化	171
第二节	年降水平均变率、雨季和旱季	178
第三节	地理条件对降水的影响	184
第四节	暴雨、雷暴与阵性降水	188
参考文献		196
第八章	青藏高原的湿度与蒸发	197
第一节	水汽压	197
第二节	相对湿度	202
第三节	蒸发	209
参考文献		214
第九章	青藏高原的云	215
第一节	云量	215
第二节	云状	222
第三节	各类地形区云状的对比统计	227
第四节	青藏高原积雨云与降水性质和雷暴的关系	234
第五节	实测云高统计	236
参考文献		248
第十章	青藏高原的气象灾害	249
第一节	旱涝	249
第二节	霜冻	255
第三节	雪灾	261

第四节	冰雹	264
第五节	其它灾害天气	269
参考文献		271
第十一章	青藏高原的农业气候资源评价	272
第一节	热量资源	272
第二节	水分资源	289
第三节	太阳辐射能资源	294
第四节	农业气候资源的综合评价	300
参考文献		306
第十二章	青藏高原气候区划	307
第一节	区划原则和指标	307
第二节	分区气候概述	312
参考文献		334
第十三章	应用气候	335
第一节	风与建筑	335
第二节	风能和太阳能资源及其利用	341
第三节	城市大气污染	346
参考文献		352
附表	青藏高原主要台站一览表	354

第一章 青藏高原自然地理概况

第一节 青藏高原的隆起

一、大陆板块碰撞学说

据地质和古地理学的研究，海相沉积的证据证明现今的青藏高原在远古时曾是极为辽阔的海洋，并与北非、南欧、西亚和东南亚的诸海域是连通的，称为“特提斯海”。由古海如何变为陆地以及如何形成喜马拉雅山脉和青藏高原的巨大变迁，曾有过几种地壳运动的假说，其中本世纪六十年代提出的板块学说是最受推崇的。

按照板块学说，青藏高原的崛起是由于印度大陆板块向北漂移并与欧亚大陆板块碰撞而形成的。按板块论解释，从大约一亿三千万年前开始，由于印度洋底的扩张速度加快，使印度板块迅速往北推移，并且在现今的雅鲁藏布江一带向下俯冲，插入欧亚大陆前缘的下面。正是由于两个大陆板块碰撞，导致地壳大规模缩短和加厚，致使曾把印度大陆同欧亚大陆隔开的古特提斯海消失，变成了陆地，形成了喜马拉雅山的雏形。地球上这次剧烈的地壳大变动被叫做喜马拉雅运动。

板块论认为，喜马拉雅是印度板块与欧亚板块最后碰撞的交接地带，因为这一带具有各种地壳变形特征。在喜马拉雅地壳运动中不但形成了喜马拉雅山脉，而且导致了青藏高原的强烈隆起。据古地质学研究，青藏高原强烈隆起的时代开始于1000万年前的上新世，那时的青藏地区，海拔只有1000米左右。在距今大约200—300万年的时间内，原始的青藏高原才大面积被抬升到现在的高度。因此，就地质年龄来说，青藏高原是地球上最年轻而

又最高的高原。

二、青藏高原还在上升

文献〔1〕分析指出，喜马拉雅和青藏高原自第四纪以来已累计上升了3500—4000米。若以第四纪以来为200万年计算，平均每年上升约2毫米，但晚更新世以来的15万年中，上升了约1500米，则每年平均上升量可达10毫米。解放后重复水准测量说明青藏高原东南部目前仍在迅速上升，其量值达到每年平均3.2—12.7毫米。这些事实说明青藏高原至今还在上升。

三、青藏高原的隆起对气候要素的直接影响

青藏高原如果以平均海拔4000米而言，它比世界上著名的巴西高原、伊朗高原、阿哈加尔高原、中西伯利亚高原等要高出3000米左右，是地球上最高的高原。

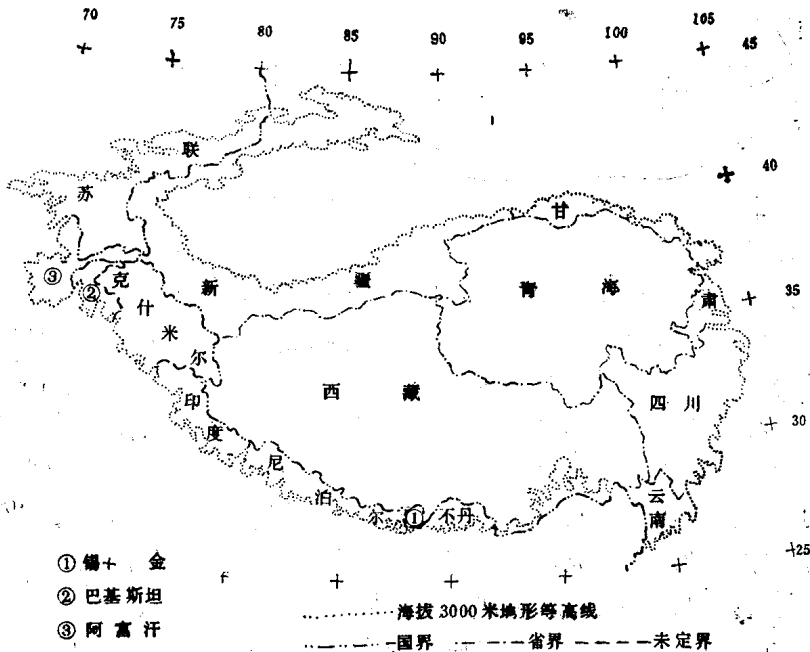


图1.1.1 广义青藏高原地理范围示意图

青藏高原的面积，从广义上讲，如图1.1.1所示。图中点线所括为海拔3000米的地形轮廓。其东西相距3000公里，南北最宽处约1600公里，总面积约为290万平方公里，是仅次于巴西高原的世界第二大高原。

广义青藏高原整体宽度占西风带的宽度1/3以上；它的高度也是对流层平均厚度的1/3。这是研究大气环流时常用的尺度。

一般习惯于把青海、西藏两省区合称为“青藏高原”。实际上青海、西藏两个行政辖区只是高原的主体部分，并非全部。因此，相对于广义青藏高原来说，我国境内的青藏高原地理范围是狭义的青藏高原。表1.1.1给出了青海和西藏的地理坐标，总面积192.2万平方公里，占全国陆地面积的1/5。基本上是本书所涉范围。

表1.1.1 青藏地区面积

地区	北 纬	东 经	面 积	
			万平方公里	占全国%
青海	31°39'—39°19'	89°35'—103°04'	72.1	1/13
西藏	26°50'—36°33'	78°25'—99°06'	120.1	1/8
青藏	26°50'—39°19'	78°25'—103°04'	192.2	1/5

青藏高原特殊高和大的整体地形对某些气候要素能够产生直接的影响，这些影响的气候特点既不同于孤立的高山，也不同于其它次高原。

诸如，由于“高”而直接导致的温度低、气压低、含氧量少、对流层厚度薄，以及海拔高的高原山区终年积雪，冰川发育等等不仅是构成高原气候的显著特点，而且还是制约着高原上许多自然现象和生态系统的基本因素。

高原高大整体面对气候要素的直接影响首先表现在太阳辐射上。由于高原上大气层厚度薄，大气干洁，强烈的太阳辐射作用

在约290万平方公里的广阔范围，其热能使高原地面的实际温度比按海拔应有的温度提高了4—8℃，形成“热岛”效应。在气候图上可以看出，由于高大实体对气流的阻抑作用，使高原南北侧的雨量分布极为悬殊，干湿迥异，高原面上的雨量分布也很不均匀。

又如高由禧研究青藏高原边界层的影响范围时指出，由于高原四周地区侧向边界影响层的存在，在水平范围相对扩大了高原的有效大小。特别是夏季高原边界层的影响范围比广义青藏高原的实有面积要将近大一倍。在高原边界层影响的垂直厚度上，也增高了高原的有效作用高度，青藏高原平均高度约4000米，而有效高度却可达6000—7000米左右。

还有研究表明，青藏高原的隆起，不但对东亚和北半球环流有重要影响，而且在夏季还可以影响到赤道以南。

第二节 青藏高原的地貌概述

青藏高原是一个东宽西窄为高大山脉环抱所拱托拔起的庞大高台。其南北两侧外壁险峻陡峭，雄伟罕见，向内地势和缓降低；它的东缘绿色山谷相间，切割深邃，江流奔泻，异常壮观；西面毗连帕米尔高原，地势高亢，冰川雪帽绵延，颇具极地景色。再看高原面上，自北而南呈东西向排列，依次分布着阿尔金山-祁连山、昆仑山、喀喇昆仑山-唐古拉山、冈底斯山-念青唐古拉山、喜马拉雅山，五大山系组成的地势骨干。在这些巨大的山系之间，还有许多次一级的山脉、高原、宽谷和盆地等，其地貌特征也各有差异。

一、阿尔金山-祁连山

阿尔金山与祁连山是青藏高原的北缘，当金山口以西为阿尔金山，以东是祁连山。

阿尔金山全长约500公里，西宽东窄约50—18公里，山顶海拔一般在3500—4000米，最高峰龙苏巴勒山，海拔6295米。气候干

旱，现代雪线海拔5000米，终年积雪较少。

祁连山全长1000公里，宽200—300公里，山峰海拔多在4000米以上，最高峰位于疏勒南山，其主峰团结峰海拔5827米。气候半湿润，现代雪线海拔4400—5100米之间，共有冰川2859条，面积1973平方公里，冰储量954.4亿立方米。祁连冰川是我国研究现代冰川最早的地区，并进行过雪面黑化试验。祁连北坡的冰融雪水流量对甘肃河西走廊有重要意义。祁连北侧山地陡峻，相对高差约2000米，南侧山峦起伏似丘陵，相对高差仅500—1000米。祁连山西段以党河南山地貌垂直变化比较典型。祁连山东段山区有古冰川遗迹、冰碛丘陵、河流侵蚀阶地和冲积倾斜小块平原等，这一带是青藏高原与黄土高原的地形过渡地带。祁连山与拉鸡山区有森林分布，宽阔的湟水、黄河河谷气候相对暖湿，人工林木繁茂，是青海省最重要的农业区。

二、昆仑山

昆仑山西起帕米尔高原，东至四川西北部，长2500公里。西昆仑山地宽150公里，平均海拔约6000米。它的北侧相对高出塔里木盆地4000—5000米。南侧则是一系列山前洼地、湖盆和宽谷，以及海拔约5000米的藏北高原。整个昆仑山脉有冰川面积11.639平方公里，占全国冰川总面积的20.62%。其中仅克里亚山口至甜水海一段的冰川面积就有3000平方公里以上，是昆仑山系最大的冰川。著名的玉龙冰川长25公里。西昆仑山冰川融水是塔里木盆地南缘河流的重要水源。

东昆仑山在36—32°N，87—102°E的区间内分为三支：

1. 南支为可可西里山-巴颜喀拉山。可可西里山平均海拔5600米，青新交界处的山峰汇集着冰川，最大冰川面积可达1000平方公里，宽大的冰舌上有许多冰塔林。可可西里山区跨越青、藏两省区，是青藏高原最北面的湖群区，也是长江上游通天河支流楚玛尔河的源地。

巴颜喀拉山平均海拔5000米以上，最高峰海拔5267米，山脊

终年积雪有少量冰川分布。北坡平缓，南坡深切多峡谷，是长江、黄河上游的分水岭，在河源地区有水网沼泽湖群地貌。

2. 中支为阿尔格山-博卡雷克塔格-布尔汉布达山-阿尼玛卿山（也叫积石山或玛积雪山），全长约1300公里，平均海拔5000米以上。阿尔格山最高峰布喀达坂峰海拔6860米；阿尼玛卿山最高峰玛卿岗日峰海拔6282米，均有冰川积雪分布。中支地势自西而东渐低，其中博卡雷格塔格-布尔汉布达山段，是柴达木盆地绿洲的水源，楚拉克阿拉干河、格尔木河、诺木洪河的源地。这一段昆仑支脉与格尔木最近距离仅20公里，相对高度突然拔高2800米左右，比著名的华山（1997米）、黄山（1841米）、泰山（1524米）的海拔高度还要高约1000米，而且有绵长超出视野，高耸伸入云霄的气派。正因为如此地形，这一带的等温线在气候图上呈现出密集状态。但在楚玛尔高平原上向北面看，相对高度差只有800米左右了。在昆仑山东段上的阿尼玛卿山四周，则完全是一派高山狭谷环境。在雨季，青山碧水，森林草原伴随着黄河从西南到东北三面绕流宽60—150公里，长约300公里的阿尼玛卿山。白色的主峰周围分布着17座独立山峰、32条大川谷和无数沟溪。在这里人们能够看到明显的植被垂直带谱。这里还栖息着许多野生珍贵动物。

3. 北支为祁漫塔格山，位于阿尔金山、阿尔格山之间，呈西北-东南向斜卧在柴达木盆地西南角和新疆的东南端，大部分在新疆。海拔4000米以上的山体长约360公里，宽15—75公里，平均海拔约4500米。气候干燥，降水稀少，高山积雪面积甚微。东北面山麓为俯视戈壁沙漠的阶地，西南侧地势和缓，山体中部有宽谷河流，河水流至戈壁潜入地下。

三、喀喇昆仑山-唐古拉山

喀喇昆仑山主体在新疆与克什米尔的交界线上，大部分在克什米尔。这一段山体较完整，降水充沛，是现代冰川分布的中心之一，冰川作用异常发达，在我国境内的冰川面积3265平方公里。

里。在我国的边境上座落着海拔8000米以上的高峰4座。青藏高原上的喀喇昆仑山只是主体的东延部分，至 83°E 长约500公里，平均海拔6000米以上，现代冰川不甚发育。这条山脉继续向东的山体变得零散，已不具山系形象。

唐古拉山长约600公里，山体最宽处在150公里以上，平均海拔5500米，海拔6000米以上的山峰有10多座，在长江源头附近就群集了6座雪峰，最高峰为格拉丹冬雪山，海拔6621米。其附近有冰川40余条，面积600多平方公里。唐古拉山脉既是青、藏两省区的界山，也是长江、怒江上游的分水岭。

四、冈底斯山-念青唐古拉山

冈底斯山-念青唐古拉山山系西起狮泉河，东抵横断山脉的伯舒拉岭，是绵延连续的东西向弧形山系，全长约1600公里，南北宽40—200公里，平均海拔5800—6000米。此山系地势中间稍低，南翼陡峭，北翼和缓。它是藏北与藏东南的界山，也是西藏地区内、外流水系的主要分水岭。

冈底斯山脉从 80°E 向东南方向延伸到东经 85°E 附近转为东西向直至 90°E ，全长近1100公里，平均海拔5800米。冰川总面积2188平方公里。 85°E 以西冈底斯山两侧气候干燥，植被覆盖率低，仅在溪流两岸滩地或冻土融化岛有稀疏牧草片，在较大一些河流谷地有成片牧草分布。 85°E 以东冈底斯山北麓地势起伏不大，为内流湖群区；南面是雅鲁藏布江宽谷，气候逐渐湿润呈现出一派高原农牧区的景观，在拉孜-日喀则一带，海拔4000米以下为小麦集中产区之一，产量高达500斤/亩左右，是我国麦类种植高度最高的地区。

念青唐古拉山全长约600公里，平均海拔约5800米。西段高大雄伟，东段虽然山体略低，但山形陡峻，阻抑了沿雅鲁藏布江河谷北上的暖湿气流，从而在山区形成了巨大的冰川。山系冰川面积高达7536平方公里，占全国冰川总面积的13.3%，其东段是我国海洋性冰川发育最典型的区域。仅易贡湖北岸的勒曲藏布即

有现代海洋冰川面积超过800平方公里，其中最大的卡钦冰川长达35公里，总面积172平方公里，是青藏地区最大的冰川。波密南山著名的阿扎冰川长度近20公里，冰舌末端海拔2400米，达到当地茶叶种植上限，是青藏冰川下伸最低的一条冰川。沿河流岸滩至山区坡面上的植被具有垂直分布，而且有天然林木，是重要林区之一，是雅鲁藏布江流域中农业区面积最大总产量最多的地区。

五、喜马拉雅山

喜马拉雅山全长2400公里，宽200—300公里，是青藏高原上最南缘、最巨大、最雄伟的一条东西向的弧形山系，其主体部分在我国与尼泊尔、印度等国的交界线上。习惯上把喜马拉雅山分为三段，东段指南迦巴瓦峰至绰莫拉利峰之间，中段为绰莫拉利峰向西至纳木那尼峰，西段是纳木那尼峰至喀喇昆仑山的东端。中部喜马拉雅山脉雪峰林立，海拔7000米以上的高峰有40余座，海拔8000米以上的超高峰有9座。其中4座在我国边境内，1座世界最高峰珠穆朗玛峰（海拔8848米）在中尼国界线上。喜马拉雅山脉的冰川在我国境内的面积达11055平方公里，占全国现代冰川总面积的19.6%。

喜马拉雅山系的南翼地势非常陡峻，从山岭到恒河平原以大约6000米的急剧落差形成异常雄伟的斜面。由于雨量充沛，流水侵蚀力量极强，干流常形成许多深切峡谷或峰谷，而下切力量较弱的支流河谷大多为悬在半山腰的悬谷，落差可达几十米，形成壮观的瀑布或跌水。喜马拉雅山系的北麓地形比较平缓，与高原湖盆之间相对高差仅1500米左右，这里降水较少，河流侵蚀切割能力弱，河谷地形宽坦、堆积地貌发育。喜马拉雅山中段、西段的北麓均属高原亚干旱区。

喜马拉雅山脉被许多源出北翼的河流切穿割开，造成深大峡谷，河水奔泻，势如飞瀑。著名的如雅鲁藏布江-布拉马普特拉河的大拐弯峡谷，印度河上游的象泉河（朗钦藏布）、狮泉河