

中国寒区水文

杨针娘·刘新仁 著
曾群柱·陈赞廷

著

科学出版社



国家自然科学基金委员会资助出版

中国寒区水文

杨针娘 刘新仁 等著
曾群柱 陈赞廷

国家自然科学基金资助项目

科学出版社

2000

内 容 简 介

本书系统地论述了我国高寒山区冰川水文、冻土水文和雪水文过程、水资源状况的基本特征、观测实验研究和估算方法,讨论了我国寒区水资源数量,包括冰川融水径流量、时空分布及其对西部山区河川径流量的补给作用,提出了寒区河冰、冰湖溃决洪水和冰川泥石流等灾害的形成、发生及其危害、防治等,还探讨了气候变化对寒区和寒区水文的影响等。

本书可供冰川、冻土、气候、自然地理、生态环境、水利及水利工程等专业研究人员、高等院校教师、研究生、本科生以及从事交通、水利、农、牧、林部门工程技术人员以及政府决策、行政管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国寒区水文/杨针娘等著. —北京:科学出版社,2000

ISBN 7-03-007880-2

I. 中… II. 杨… III. 水文地理学-中国 IV. P344.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 44043 号

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717

新蕾印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

2000 年 3 月第 … 版 开本: 787×1092 1/16
2000 年 3 月第一次印刷 印张: 15 1/2
印数: 1—800 字数: 353 000

定价: 35.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈北燕〉)

序

全球多年冻土约占陆地面积的四分之一。而我国的寒区从中、低纬度的青藏高原和西部高山到东北大兴安岭、长白山区等地均有广泛分布,面积大约占了全国领土的 43%。可见,在我国,乃至全球开展寒区水循环、水平衡以及水资源研究具有重要的科学意义和广泛的应用前景。

中国寒区是干旱与半干旱区水资源的发源地,又是对气候变化敏感的地带。我国早在 60 年代初就重视冰川、冻土的水文观测实验研究,并着重于地表与大气间的水热交换过程研究,为了进一步深入探讨寒区水文的物理机制解释高寒地区经常发生的特殊的水文过程,除了继续在不同下垫面进行水量与热量平衡的观测实验研究以外,自 80 年代中期以来,分别在天山与祁连山典型地区开展了冻土活动层水热状况对寒区径流作用的研究,取得了大量第一手实验数据,提出了一些新的见解,为寒区水资源估算和评价提供了重要科学依据。

本书首次系统总结了 40 年来我国寒区水文重要的研究成果,尤其是近 10 年来的研究进展,包括中国西部高寒山区水量平衡要素降水、蒸发、径流的分布特征、估算方法,冰川、冻土和雪水文的基本理论、观测实验方法与寒区水文基本特征及其规律,以及我国河流冰情、西部山区冰湖溃决洪水和冰川泥石流等自然灾害的形成、发生及其危害,并且探讨了在全球气候变化及其对寒区水文过程的影响等。

寒区水文是陆地水文学的一门重要分支学科。它在国外已有半个世纪的研究历史,而在我国寒区水文研究起步较晚。在改革开放的 20 年中,我们采取走出去请进来的办法,学习借鉴国外寒区水文先进研究方法和仪器设备,促进了我国寒区水文研究,特别值得一提的是加拿大麦克马斯特(McMaster)大学地理系水文学家、加拿大籍华人胡鸣高教授不辞辛苦,多次应邀来中国科学院兰州冰川冻土研究所访问、讲学并进行合作研究,对促进我国寒区水文研究做出了重要贡献。

《中国寒区水文》一书倾注了一代人的心血,特别是作为学术带头人的杨针娘同志数十年如一日,在自然环境恶劣、条件艰苦的高原、高山孜孜不倦地为发展我国寒区水文科学事业做出了无私的奉献。年轻的学者阅读本书可以全面了解我国寒区水文过去、现在和未来,从中找到当前研究的热点,避免不必要的重复。本书的问世,不仅填补了我国寒区水文的空白,同时也为在 21 世纪深入开展西北水资源开发利用研究奠定了基础,对我国西部地区资源开发、生态环境的保护与社会经济可持续发展具有重要的应用价值。

中国科学院院士 程国栋

1999 年 6 月

前 言

中国寒区分布广,面积约占全国总面积的 43%,其中多年冻土区面积约占了寒区面积的 53%。中国高寒山区降水量十分充沛,并分布有丰富的冰雪资源。冰川面积 $58\,651\text{km}^2$,冰川储量 $51\,322 \times 10^8\text{m}^3$,冰川年融水量为 $563 \times 10^8\text{m}^3$;稳定积雪面积 $230 \times 10^4\text{km}^2$,冬季平均积雪储量约为 $536 \times 10^8\text{m}^3$ 。可见,高寒山区是中国干旱与半干旱区水资源的发源地,故研究寒区的水文规律和气候变化对寒区环境的影响,对开发利用水资源十分短缺的干旱与半干旱区,对发展工、农、牧业生产,均具有十分重要的科学意义和实用价值。

为了填补中国冻土地区的水文研究领域,作者于 1989 年至 1996 年获得了两期国家自然科学基金委的资助,分别在祁连山中段黑河上游冰沟和天山冰川站乌鲁木齐河源空冰斗重点开展了寒区径流观测实验研究。除了观测常规的地面水文、气象要素以外,还对冻土活动层的水热状况进行观测实验,取得了较为完整、时间系列仅次于天山站的大量第一手实验数据。首次比较深入地探讨了高寒山区水量平衡要素的时空分布,寒区径流的形成、变化特征,冻土地区产流与汇流机制,大气、地表与冻土活动层内水热状况的相互作用及其水文特征和水文模式等。上述研究成果标志着中国冰川水文研究范围从冰川区拓展到整个高寒山区,研究领域扩大到包括冻土水文在内的寒区水文研究。本书是我国第一部较为系统的寒区水文专著。

本书共十一章,分析了中国寒区降水、蒸发、径流和水资源的时空分布;论述了寒区水文包括冰川水文、冻土水文和雪水文的基本理论、基本规律和估算方法;寒区水资源冰雪融水径流对西部山区河流的补给作用;寒区河流冰情、冰湖溃决洪水和冰川泥石流的形成与防治;气候变化对寒区水文环境的影响及寒区水文观测实验等。

项目主持单位与负责人为中国科学院兰州冰川冻土研究所和杨针娘研究员,研究人员有曾群柱研究员、梁凤仙高级实验师、杨志怀助理研究员、王强助理工程师和朱守森工程师等。合作研究者有:加拿大麦克马斯特大学地理系胡鸣高教授和夏兆君博士;河海大学水文与环境学院刘新仁教授和夏自强副教授;中国科学院新疆地理研究所王积强副研究员以及黄河水利委员会水文局陈赞廷总工程师。

本书是集体劳动成果。第一、三、四、五、六和第十章由杨针娘执笔,第七章由刘新仁与曾群柱执笔,第八章由陈赞廷执笔,第九章由曾群柱执笔,第二章由朱守森和杨针娘执笔以及第十一章由王强和杨针娘执笔。

本项目为国家自然科学基金委员会两期面上资助项目(批准号:48870020 和 49271023)和中国科学院兰州冰川冻土研究所天山冰川观测实验站两期基金资助项目。本书 1998 年获国家自然科学基金优秀研究成果专著出版基金资助[(98)出版基金办字第 054 号],另外还得到甘肃科讯教育发展基金冰川冻土分会的部分出版赞助。在此一并致谢。

值得提出的是,本项目自始至终得到加拿大加籍华人胡鸣高教授的大力支持、关怀和指导。他多次应邀来中国科学院兰州冰川冻土研究所进行短期寒区水文讲学,并赴青藏公路沿线和天山站开展寒区水文研究。他不辞劳苦,亲临天山冰川野外勘察、布点,参加野外的观测实验研究、指导工作等,对我国寒区水文研究做出了重要贡献,在此谨向他表示衷心感谢。

本书在撰写过程中得到中国科学院院士、研究员程国栋所长的关怀和大力支持,并得到名誉所长、中国科学院院士、研究员施雅风和前任所长、研究员谢自楚的鼓励、帮助和支持。朱元甦教授、康尔泗研究员、何兴编审等提出宝贵意见,曾群柱研究员负责本书统稿,顾佩负责清绘全书插图,写作过程中得到刘潮海研究员的大力支持和帮助,在此表示深切感谢。

书中的错误和不妥之处请读者批评指正。

杨针娘

1999年6月

目 录

序	
前 言	
第一章 概论	(1)
第一节 寒区的定义	(1)
第二节 中国寒区的分布	(2)
第三节 中国寒区的气候特征	(3)
第二章 中国西部地区的降水	(6)
第一节 中国西部地区年降水分布特征	(6)
第二节 中国西部地区降水的年内与年际变化	(12)
第三节 中国西部某些山区的气候特征	(17)
第三章 中国寒区蒸发	(20)
第一节 中国高寒山区蒸发观测实验	(20)
第二节 寒区蒸发量估算	(25)
第三节 中国寒区蒸发量的分布	(28)
第四章 中国寒区河川径流及水资源	(35)
第一节 寒区河流类型	(35)
第二节 寒区河流水文情势	(36)
第三节 寒区河川径流特征	(43)
第四节 中国寒区水资源	(46)
第五章 中国冰川水文	(54)
第一节 中国冰川的数量与分布	(54)
第二节 冰川热量平衡	(59)
第三节 冰川物质平衡	(63)
第四节 冰川作用区的水量平衡	(67)
第五节 冰川融水径流	(69)
第六节 冰川融水径流估算	(84)
第六章 中国冻土水文	(90)
第一节 中国冻土的分布	(90)
第二节 冻土活动层的季节冻结与融化	(94)
第三节 冻土区水热平衡	(109)
第四节 冻土区山坡水文	(117)
第五节 冻土区水文模式	(121)
第七章 中国雪水文	(125)

第一节	积雪·····	(125)
第二节	积雪遥感·····	(131)
第三节	融雪·····	(136)
第四节	融雪径流计算·····	(139)
第八章	中国河流冰情·····	(150)
第一节	河流冰情研究概况·····	(150)
第二节	河流冰情特征·····	(151)
第三节	河流冰盖·····	(158)
第四节	冰塞的形成与变化·····	(160)
第五节	冰坝的形成与演变·····	(163)
第六节	冰灾及其防治·····	(167)
第九章	中国冰川湖溃决洪水与冰川泥石流·····	(170)
第一节	冰川湖溃决洪水·····	(170)
第二节	冰川泥石流·····	(182)
第十章	中国气候变化对寒区水文与环境的影响·····	(192)
第一节	中国西部某些地区气候变化·····	(192)
第二节	中国寒区水文环境对气候变化的响应·····	(199)
第三节	中国气候变化对寒区水文的影响·····	(209)
第十一章	中国寒区水文观测实验研究·····	(213)
第一节	概况·····	(213)
第二节	中国寒区水文实验流域·····	(214)
第三节	水量平衡要素观测实验·····	(218)
第四节	冰川物质平衡观测·····	(223)
第五节	冻土活动层水热状况观测实验·····	(225)
参考文献 ·····		(228)

CONTENTS

Foreword

Preface

Chapter 1 Introduction	(1)
1.1 Definition of cold regions	(1)
1.2 Distribution of cold regions in China	(2)
1.3 Characteristics of climate in cold regions of China	(3)
Chapter 2 Precipitation in west China	(6)
2.1 Characteristics of precipitation distribution in west China	(6)
2.2 Seasonal distribution and yearly variation of precipitation in west China	(12)
2.3 Characteristic of climate in some mountains of west China	(17)
Chapter 3 Evaporation in cold regions of China	(20)
3.1 Observational and experimental studies on evaporation in high mountainous cold regions of China	(20)
3.2 Estimation of evaporation in cold regions	(25)
3.3 Distribution of evaporation in cold regions of China	(28)
Chapter 4 Streamflow and water resources in cold regions of China	(35)
4.1 Type of rivers in the cold regions	(35)
4.2 Streamflow regime in the cold regions	(36)
4.3 Characteristics of river runoff in the cold regions	(43)
4.4 Water resources in cold regions of China	(46)
Chapter 5 Glacier hydrology in China	(54)
5.1 Number and distribution of glaciers in China	(54)
5.2 Energy balance of glaciers	(59)
5.3 Mass balance of glaciers	(63)
5.4 Water balance in the glacierized areas	(67)
5.5 Glacial meltwater runoff	(69)
5.6 Estimation of glacial meltwater runoff	(84)
Chapter 6 Permafrost hydrology in China	(90)
6.1 Distribution of permafrost in China	(90)
6.2 Seasonal freezing and thawing in the active layer of permafrost	(94)
6.3 Water and energy balance of permafrost areas	(109)
6.4 Slope hydrology of permafrost areas	(117)
6.5 Hydrology models of permafrost areas	(121)
Chapter 7 Snow hydrology in China	(125)

7.1	Snow cover	(125)
7.2	Remote sensing of snow cover	(131)
7.3	Snow melt	(136)
7.4	Estimation of snow melt runoff	(139)
Chapter 8	Regime of river ice in China	(150)
8.1	General situation of researches on river ice	(150)
8.2	Characteristics of river ice	(151)
8.3	River ice cap	(158)
8.4	Formation and change of ice clogging	(160)
8.5	Formation and evolution of ice-jam	(163)
8.6	Ice disaster and its prevention and tackling	(167)
Chapter 9	Glacial outburst floods and glacial debris-flows in China	(170)
9.1	Glacial outburst floods	(170)
9.2	Glacial debris-flow	(182)
Chapter 10	The impact of climate changes on hydrology and environment in cold regions of China	(192)
10.1	Climate changes in some areas of west China	(192)
10.2	Response of hydro-environment to climate changes of cold regions of China ...	(199)
10.3	Impacts of climate changes on cold regions hydrology in China	(209)
Chapter 11	Observational and experimental researches on hydrology in cold regions of China	(213)
11.1	Overview	(213)
11.2	Experimental basins of hydrology in cold regions of China	(214)
11.3	Observational and experimental researches on water balance	(218)
11.4	Observation of glacier mass balance	(223)
11.5	Observation and experiment on water and energy in the active layer of permafrost	(225)
References		(228)

第一章 概 论

第一节 寒区的定义

一、国外寒区的定义

气温是描述寒冷很重要的指标。Koppen(1936)把加拿大北部寒冷地区定义为最冷月的平均气温低于 -3.0°C 和高于 10°C 的月平均气温不超过4个月。

关于极地和亚极地的区分。Washburn(1953)认为最暖月的平均气温低于 10°C 和年平均气温低于冻结温度的地区为极地地区。此外,根据7月平均气温把极地区分为高极地和低极地。当7月平均气温低于 5°C 为高极地,而在7月平均气温在 $5\sim 10^{\circ}\text{C}$ 之间为低极地。当最冷月的平均气温低于 0°C 而高于 10°C 的最暖月不超过4个月为亚极地地区。Gerdel(1969)认为最简单的划分方法是以冷区的年均气温 0°C 等温线为冷区的南界,此线以北为加拿大北方寒冷地区,此线相当于北纬 36° 。

单独考虑气温因素划分寒冷地区认为还存在一些问题。因此,有人主张要同时考虑气温和降水量(Wilson,1967)。这样考虑的结果,寒冷地区的界限在 50°N 和 55°N 之间(表1.1)。

表 1.1 寒冷地区
(Wilson,1967)
Table 1.1 Cold region
(Wilson,1967)

气候类型	下垫面情况
E 极地(雪)气候:最暖月平均气温 $<10^{\circ}\text{C}$	ET 冻土地带:最暖月的平均气温 $0^{\circ}\text{C} < T < 10^{\circ}\text{C}$
	EF 冻结带:每月的气温 $T < 0^{\circ}\text{C}$,为永久积雪区
	E 福克兰(Falkland)带最冷月平均气温 $T > -3^{\circ}\text{C}$, 但最暖月 $T < 10^{\circ}\text{C}$
	EH 山区:低纬山地类型(海拔高于1500m)
D 寒冷、雪-林气候:最 季节性降水分布 冷月平均气温 $< -3^{\circ}\text{C}$, 最暖月气温 $> 10^{\circ}\text{C}$ 严冬气温	F 无干旱季节,在冷季最湿月降水量小于暖季最干 月降水量的3倍
	W 干冬季,冷季的最干月降水量小于暖季最湿降水 量的1/10
	C 最冷月平均气温在 $-38\sim -3.0^{\circ}\text{C}$
	D 最冷月平均气温 $T < -38^{\circ}\text{C}$

对高纬冷区 Hamelin(1979)用10种综合因素加以分区,包括:纬度、夏季气温高于 5.6°C 、年平均气温低于 0°C 、冰的类型(在陆地或水)、总降水量、植被覆盖状况、大气或地

表变化、居民人数或地区的人口密度以及经济发展程度等。根据上述指标加拿大北方高纬冷区近似占 25%。

二、中国寒区的定义

关于我国寒区的概念作者(1997 年)曾参照加拿大麦克马斯特大学地理系胡鸣高教授关于北美寒区定义为最冷月的气温低于 -3.0°C , 高于 10°C 的月平均气温不超过 4 个月, 河流、湖泊封冻期在 100 天以上及 50% 以上的降水量为固态降水(杨针娘, 1997)。加拿大高纬寒区特征虽然与中国有其相似之处, 但因所处地理位置、自然环境及气候条件与中国不完全相同, 因此, 上述指标不一定适合于中国。

作者根据《中国自然地理图集》(1984)中的 1、2、7 和 10 月平均气温等值线, 日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$, 积雪日数等值线, 及年平均气温和降水量等值线, 并结合中国气候区划、青藏高原气候区划与中国水文区划等, 分析提出如下中国寒区的气候指标(表 1.2)。

表 1.2 中国寒区的气候指标
Table 1.2 Climatic index of cold region in China

气候 指标	1 月平均 气温 ($^{\circ}\text{C}$)	暖 月		10 月平 均气温 ($^{\circ}\text{C}$)	4 月平 均气温 ($^{\circ}\text{C}$)	年平均 气温 ($^{\circ}\text{C}$)	日均温 $> 10^{\circ}\text{C}$ 的积温 ($^{\circ}\text{C}$)	日均温 $> 10^{\circ}\text{C}$ 的日数 (d)	固态降水 百分比 (%)	年平均积 雪日数 (d)
		平均气温 ($^{\circ}\text{C}$)	月数							
寒区	$-10 \sim -30$	> 10	≤ 5	≤ 0	≤ 0	≤ 5	$500 \sim 1\,500$	< 150	$\geq 30\%$	≥ 30

中国寒区的特点主要海拔高, 气候寒冷。最冷月的指标采用 1 月的平均气温值为 $-10 \sim -30^{\circ}\text{C}$, 极端最低气温可达 -52.3°C ; 最暖月采用 7 月的平均气温高于 10°C , 但超过 10°C 的暖季气温要少于 5 个月; 另外, 过渡季节 4 月和 10 月的月平均气温分别要低于 0°C ; 日平均气温超过 10°C 要少于 150d, 其相应的积温大约在 $500 \sim 1\,500^{\circ}\text{C}$ 之间; 年平均气温值要小于或等于 5°C ; 降水量作为寒区的副指标, 主要以固态降水在降水量中的比例 ($\geq 30\%$) 与积雪覆盖的日数(大于 30d)来考虑。而我国从高纬度到低纬度, 从高海拔到海拔相对较低的都有寒区分布, 而且所受的环流系统的影响各不相同, 如在青藏高原区冬季一般为冷高压所控制, 降水量比较少。只有在阿勒泰地区冬季降水量比较多, 约占全年降水量的 20%~25%; 其次, 在伊犁河谷和喀什地区约占 10%~15%。寒区年降水量差别很大, 降水充沛的西藏东南部年降水量可达 1 000mm 以上, 而在藏北内陆有的地方年降水量尚不足 50mm。因此, 用固态降水占年降水量的比重作为寒区的指标之一较为合适。以乌鲁木齐河出山口(英雄桥站, 海拔 1 800m)以上流域为例, 其流域平均固态降水量约为年降水量的 30%(杨针娘等, 1987); 而在流域源头的冰川区, 固态降水量占年降水量约 50%。因此, 寒区除考虑气温指标以外, 固态降水量占年降水量的比重至少也应在 30% 以上, 或年平均积雪日数在 30d 以上, 以上指标是比较能反映我国寒区的特征。

第二节 中国寒区的分布

根据上述寒区的特征, 我国寒区主要分布于西北三省区包括甘肃、青海、新疆; 西南的

西藏,川西的阿坝、甘孜,云南的滇北、玉龙山和高黎贡山的北部;东北的黑龙江的东北和西北部,以及内蒙古东北部,其中的准噶尔盆地、塔里木盆地、河西北部的沙漠地区除外。

从分布的山脉来看,包括低纬高海拔和高纬低海拔山区,主要分布于西部高山区包括阿尔泰山区、天山山区和青藏高原及其边缘山区包括帕米尔、喀喇昆仑山、昆仑山、唐古拉山、念青唐古拉山、祁连山区、羌唐高原、冈底斯山、喜马拉雅山和横断山区等以及东北的大小兴安岭山区。

西部高原高山寒区,虽然纬度低,但地势高亢,深居内陆,气候寒冷,属低纬高山高原寒区。东北低山高纬寒区,虽然海拔不高,但由于纬度高,受蒙古高压的影响,为我国最寒冷的自然区,其南界与年均温 0°C 等温线相当,即相当于东北岛状多年冻土区的南界。

第三节 中国寒区的气候特征

一、垂直地带性的气候特征

低纬高山高原寒区地带性十分明显,可划分为山地(高原)寒温带、山地(高原)亚寒带和山地(高原)寒带。

山地(高原)寒温带的海拔高度约在 $2\,500\sim 3\,500\text{m}$,日平均气温高于 10°C 的天数在 $50\sim 150\text{d}$,最暖月的平均气温高于 10°C 不超过 5 个月,这一带为山地的中山带。

山地(高原)亚寒带分布的海拔高度在 $3\,500\sim 4\,500\text{m}$,日平均气温高于 10°C 的天数少于 50d ,最暖月的平均气温高于 10°C ,等于或少于 3 个月,这一带为高山带。

山地(高原)寒带分布的海拔高度在 $4\,500\text{m}$ 以上,一般没有出现日平均气温高于 10°C ,最暖月的平均气温低于 6°C ,且只出现 1 个月,日的最低气温几乎全年都在 0°C 以下,这一带为极高山带。

东北高纬低山寒区具有明显纬度地带性,可划分为 2 个自然带即寒温带和温带。前者又分为 3 个亚带,即:年平均气温在 -5.0°C 线以北为大片连续多年冻土带;平均气温在 $-5.0\sim -3.0^{\circ}\text{C}$ 之间为岛状融区多年冻土带;年平均气温在 -3.0°C 与 0°C (多年冻土南界)之间为岛状多年冻土带;以及南界附近的季节冻土带(郭东信等,1981)。

二、中国寒区的气候特征及农作物

(一) 低纬高山高原寒区

根据青藏高原气候区划将高原划分为高原寒温带、高原亚寒带和高原寒带,气候特点如下(林振耀,1990):

1. 高原寒温带

(1) 湿润气候区。分布于川西海拔 $1\,500\sim 3\,400\text{m}$;日平均气温 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的天数为 $120\sim 180$ 天,最暖月平均气温 $12\sim 18^{\circ}\text{C}$,干燥度 < 1.0 ,年降水量 $500\sim 1\,000\text{mm}$,农作物以小麦、青稞为主,自然灾害为低温和春旱。

带。草被茂密和尚未开发的原始森林,沼泽泥炭地相当发育。大片连续多年冻土区厚度可达 70~80m 或大于 100m;地下冰相当发育,冰层厚度由几厘米至三四米。

(2) 岛状融区多年冻土区。是大片连续多年冻土区与岛状多年冻土区之间的过渡区。南北气候、植被自然条件变化大。年平均气温为 $-5 \sim -3^{\circ}\text{C}$,降水量 300~400mm。植被:南部为森林草原,以阔叶林为主的针阔叶混交林;北部草原减少,森林增多,以针叶林为主的针阔叶混交林。

(3) 岛状多年冻土区。冻土仅零星分布于谷底、洼地、古河道以及沼泽地,河床下部一般无冻土。年平均气温为 $-3 \sim 0^{\circ}\text{C}$,年降水量 250~300mm,为干旱草原气候环境。高平原湖泊多,如西北部的呼伦湖、贝尔湖等。冻土厚度多为 5~10m。植被为森林与草原交错,反映了高平原和山地之间的森林草原自然景观。

2. 温带

为多年冻土南界(年平均气温为 0°C)附近及以南的季节冻土区,年平均气温为 $0 \sim 3.5^{\circ}\text{C}$ 。

第二章 中国西部地区的降水

降水是水资源的总补给,也是水量平衡重要的要素之一,尤其是在干旱和半干旱的我国西部地区,降水在工、农、牧业生产的发展中占有极其重要的地位。因此,分析降水的时空分布、变化规律对于实施中国西部经济发展战略具有重要的现实意义。

第一节 中国西部地区年降水分布特征

一、基本资料

中国西部地区(包括新疆、甘肃乌鞘岭以西、青海、西藏四省区)的年降水分布特征曾做过比较详细的分析(杨针娘,1991)。由于水文气象台站分布不均匀,即东部多于西部,中低山和平原多于高山区;其中3 000m以上的台站69个,占22%;2 000m至3 000m的站76个,占24%;2 000m以下的站171个,占54%。另外在绘制降水等值线图时参考了中国科学院兰州冰川冻土研究所在高山冰川区定位及半定位观测站的降水资料以及西藏自治区水利厅水文总站布设的短期高山雨量点的资料。

二、中国西部山区年降水量的分布特点

(一) 年降水量的水平分布

中国西部地区年降水量的分布与水汽来向、海拔高度以及地形有关。水汽输送有来自西南、东南季风,西风及北冰洋气流。一般距水汽输送来向近的,降水量大;反之,大陆度增强,降水量减少。例如西藏东南部受孟加拉湾西南气流的影响最大,是我国西部山区降水量最充沛的地区之一,如戴林和巴昔卡年降水量分别达到5 000mm和4 495mm^①,这在全国是少见的。在中印边境附近,如丹巴河和苏班西里河,年降水量也达4 000~4 500mm。由此向西北与东北方向,年降水量递减。如墨脱,年降水量约为2 400mm,经雅鲁藏布江大拐弯到林芝年降水量下降为650mm。沿雅鲁藏布江河谷向西由于受喜马拉雅山屏障作用的影响,这一带为“雨影区”降水迅速减少,如拉孜,年降水量只有300mm;藏北高原的改则年降水量不足200mm,至噶尔年降水量仅50mm。受西南及东南季风影响的青海及甘肃东南部,降水量远不及西藏东南部大。就这两省区而言,其东南部相对是为多雨区,年降水量可达600~700mm,向西至柴达木盆地的冷湖,年降水量不

^① 王保尼等,独特的西藏气候。西藏高原气候论文选编(1962~1979)。西藏气象学报

足 20mm。

受西风气流影响的地区有天山南北坡、帕米尔、喀喇昆仑山等。降水量的分布由西向东递减,如由天山西段的伊犁地区到哈密地区,年降水量(中山带)由 500~600mm 减少到不足 50mm。由帕米尔高原和喀喇昆仑山到昆仑山西段的年降水量也有自西向东递减的趋势。

受北冰洋和西风气流影响的阿尔泰山区和塔城地区,年降水量由北向南及由西北向东南方向递减,阿尔泰山区年降水量约 800mm,到南部山麓地带准噶尔盆地附近不足 100mm;西部年降水量约 500mm,到东部递减为 100~200mm,准噶尔盆地不足 50mm(图 2.1)。

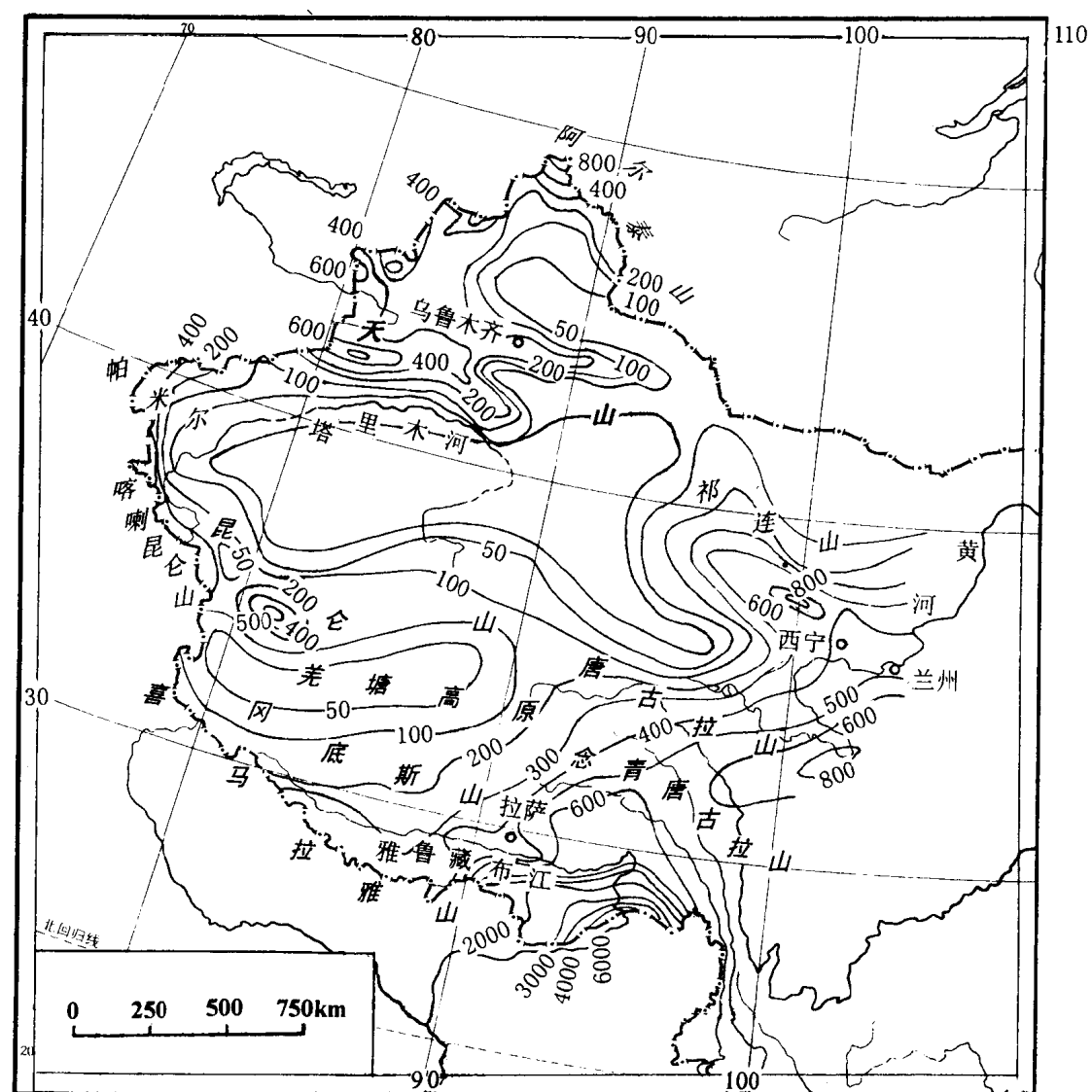


图 2.1 中国西部山区年降水量分布图
(杨针娘,1991)

Fig. 2.1 The distribution map of mean annual precipitation in mountainous region of western China
(Yang Zhenning,1991)