

中国地理学专著丛书

中国冰川概论

中国科学院兰州冰川冻土研究所



科学出版社

中国地理学专著丛书

中国冰川概论

中国科学院兰州冰川冻土研究所

科学出版社

1988

内 容 简 介

本书是《中国地理学专著丛书》之一,是对中国现代冰川 30 年来科学考察研究的系统总结。全书共分十二章,主要内容有:冰川的发育条件与区域分布,冰川的物质和能量运动过程,冰川的物理和地球化学性质,冰川融水径流,以及冰川泥石流和冰湖溃决洪水等。此外,还附有 1 张中国主要冰川基本数据统计表,1 幅中国现代冰川与雪线高度分布图,6 幅典型冰川图。

本书可供冰川学、自然地理学、地貌学、第四纪地质学、气象学和水文学等方面的科研和教学人员,以及在高寒地区从事交通、水利和地质勘探工作的技术人员参考。

中国地理学专著丛书

中国冰川概论

中国科学院兰州冰川冻土研究所

责任编辑 朱昇堂

科学出版社出版

北京朝阳门内大街 137 号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1988 年 10 月第 一 版 开本: 787 × 1092 1/16

1988 年 10 月第一次印刷 印张: 16

印数: 平 1—1,450 插页: 平 4 精 6

精 1—1,210 字数: 360,000

ISBN 7-03-000652-6/P · 107(平)

ISBN 7-03-000653-4/P · 108(精)

压膜平装 21.50 元

布脊精装 23.20 元

(附图七幅,随书发行)

谨以本书奉献给三十年来
为中国冰川研究贡献力量的战友们

CA413/08

《中国地理学专著丛书》编辑委员会

主任:黄秉维

副主任:周廷儒 施雅风 吴传钧 王乃樑

委员:(按姓氏笔画排列)

丁锡祉	么枕生	王恩涌	左大康
丘宝剑	刘培桐	朱震达	许廷官
陆大道	沈玉昌	严钦尚	陈传康
陈吉余	杨怀仁	杨树珍	杨勤业
林超	周立三	张兰生	赵松乔
陶诗言	曹廷藩		

中国冰川概论

主编:施雅风

副主编:黄茂桓 任炳辉

前 言

中国是世界上中低纬度山岳冰川最发达的国家,冰川总面积约为 $58\,650\text{ km}^2$,所含水资源总量达 $51\,440\times 10^8\text{ m}^3$ (统计截止 1987 年),除了南极大陆和格陵兰两大冰盖外,中国冰川数量仅次于加拿大、苏联和美国,在亚洲遥居首位。第四纪冰期时的冰川范围比现在要大好几倍。冰川的存在与中国西部地区人民的建设和有密切的关系。它既是宝贵的资源,又是在若干地区形成严重灾害的发源地;它也是山地环境的组成要素,给山地和山麓平原的水文、地貌、第四纪地质、植被、土壤以至绿洲的生成和人类活动以重要影响;它所含的气候和环境信息,在了解过去预测未来的研究中将发挥越来越显著的作用。

中国现代冰川研究,如果以中国科学院于 1958 年建立冰川专门研究机构为标志,至本书问世已整整 30 年了。初期参与组织领导冰川研究的同志,现在都已六、七十岁了,当时刚出校门、勇跃参加冰川工作的青年人,现在也都五十有余了。中国冰川科学从无到有,披荆斩棘,发展壮大,其间经历和克服了许多曲折和困难,甚至个别同志还为此献出了自己的宝贵生命。在高山冰川雪岭取得的每一个数据,都凝聚着众多同志的心血,真是来之不易!经过 30 年的努力,巩固和发展了一支专门队伍,在全国各大冰川区都进行了一定程度的考察研究,基本上摸清了中国冰川资源的分布,掌握了冰川形成、存在和变化的基本规律,探索了高山冰雪的利用途径与冰雪灾害的防治方法,解决了经济建设中若干重要问题,以研究中纬度高山冰川为特色,全面认识冰川资源、灾害以及和气候、环境变化相联系的中国冰川学已初步形成。为了总结过去 30 年中国现代冰川研究和促进冰川科学更自觉地适应中国社会主义现代化建设的需要,我们组织编写了本书。

撰写本书的倡议早在 1979 年就曾提出,1980 年拟定了提纲,分工写作,但进展不平衡,有些章节很快完成,并独立成文,先行发表;有些章节则因执笔人承担其他重要任务,一时无暇顾及;有关区域冰川章节远超过原定篇幅,未能及时调整,时间稍久,原写材料又嫌过时。到 1986 年,增设了副主编,加强了编写力量,规定了完稿期限,于 1987 年 3 月在兰州召开审稿会,对全书初稿进行审查,提出了许多宝贵的修改意见,于 8 月定稿,经过编辑,交付出版。

本书的各章作者是:施雅风(第一、二和九章)、黄茂桓(第四、六和七章)、任炳辉(第一、九和十章)、白重媛(第二、三章)、谢自楚(第四、五章)、王平(第八章)、杨针娘(第十一章)、邓养鑫(第十二章)和张金华(第五章)。各章之间,力求互相衔接,但允许风貌见解各具特色。全书最后经黄茂桓统一定稿,为求得全书的大体一致,有些章节,定稿时作了较大修改。赖祖铭协助汇编全书参考文献。书中所附的中国主要冰川基本数据统计表由任炳辉汇集,中国现代冰川与雪线高度分布图由米德生、袁远荣编绘,典型冰川图(6 幅)由王银学编绘。

本书由袁远荣编辑,王新明助理。金正妹清绘全书插图。在本书稿件准备过程中,丁良福、寇有观、谢维荣、王文悌提供部分材料;白重媛、李玉芳、刘子东、顾佩、梁红、傅素兰、贺心平、袁兰菊等协助工作。在全书编著、审稿过程中,崔之久、李吉均、张祥松、郑本兴、王

宗太、曾群柱、陈建明、王立伦、曲耀光、赖祖铭、康尔泗、张志忠、秦大河、姚檀栋、刘潮海和朱昇堂等提示修改意见。这本书终于能够编成并迅速出版，是和中国科学院兰州冰川冻土研究所领导及广大职工的支持以及科学出版社领导及有关同志的支持分不开的，谨向上述提名和未提名的同志表示最诚挚的感谢！至于书中仍然存在的缺点、错误，肯定还有不少，希读者不吝指正。

施作凤

1987年8月于兰州

本书主要符号

A	总消融, 流动定律参数	D_C	有云天气下散射辐射平均辐照度或日总量
A_a	年总消融	D_O	晴天散射辐射平均辐照度或日总量
A_s	暖季总消融, 消融期总消融	D_{RH}	反射-散射辐射平均日总量
A_w	冷季总消融	E	蒸发
u	消融	E_D	瞬时散射辐射辐照度
u	消融速率	E_G	瞬时总辐射辐照度
$\bar{a}$	平均纯消融	E_i	冰川作用能
a_a	年消融	E_{G_0}	晴天最大瞬时总辐射辐照度
$\bar{a}_a$	平均总消融	E_s	水平面上瞬时太阳直接辐射辐照度
$\bar{a}_b$	底面消融率	F	冰川区面积, 水文点流域面积
a_s	暖季消融	F_A	大气长波逆辐射辐照度
a_t	累计消融	F_a	块体热交换系数
a_w	冷季消融	$F_{B, eff}$	冰雪面有效辐射辐照度
B	总平衡, 辐射平衡平均日总量	F_b	裸露山坡面积
B_a	纯消融, 消融区净平衡	F_D	天空散射辐射辐照度
B_c	纯积累, 积累区净平衡	F_E	冰雪面长波辐射辐照度
$\bar{B}_c$	有云天气下辐射平衡平均日总量	F_G	总辐射辐照度
B_{eff}	冰雪面有效辐射平均日总量	F_{G_0}	晴天总辐射辐照度
B_{LW}	长波辐射平衡平均日总量	F_{NL}	长波辐射平衡辐照度
B_n	年净平衡	F_{NR}	辐射平衡辐照度
B_{SW}	短波辐射平衡平均日总量	F_{NS}	短波辐射平衡辐照度
b	物质平衡	F_{RH}	反射-散射辐射辐照度
b_a	年平衡	F_s	水平面上太阳直接辐射辐照度
b_{in}	内补给	f	冰川覆盖度
b_n	净平衡	f_k	消融区比率
$\bar{b}_n$	平均净平衡	f_{k_0}	实测消融区比率
$ \bar{b}_n $	物质平衡差额	f_r	积累系数
b_s	夏平衡	G	冰川系数, 总辐射平均日总量
b_w	冬平衡	G_{AN}	大气上界太阳辐射平均日总量
C	总积累, 比热	$\bar{G}_C$	有云天气下总辐射平均日总量
C_a	年总积累	G_0	晴天日总辐射量
$\bar{C}_N$	平均总云量	$\bar{G}_0$	晴天总辐射平均日总量
C_p	空气定压比热	$G_{0, eff}$	晴天天顶垂直(于光线)表面上的总辐射平均辐照度, 即晴天有效总辐射平均辐照度
C_s	暖季总积累, 雪的比热	g	重力加速度
C_v	河流径流变差系数	g_x, g_y, g_z	重力加速度分量
$C_{v, k}$	冰川径流变差系数	H	高度
C_w	冷季总积累	H_0	平衡线高度, 粗糙参数
c	积累	$\bar{H}_0$	多年平均平衡线高度
c	积累速率	H_{10}	夏季 0℃ 层高度
$\bar{c}$	平均纯积累	h	年层厚度, 冰厚
c_a	年积累	$\bar{h}$	平均厚度
$\bar{c}_a$	平均总积累	l	地下径流深
c_s	暖季总积累	i	泥石流体的表面纵比降
c_t	累计积累		
c_w	冷季积累		
D	跨流域风吹雪补给, 天空散射辐射平均日总量		

K	冰川稳定性系数, 导温系数	S_0	太阳常数
K_{AS}	湍流交换系数	S_0	任何时刻的太阳常数
K_A	感热湍流扩散率	T	冰面气温, 温度
K_m	动量湍流扩散率	T_a	气温
K_v	运动特征值	$\bar{T}_a$	平均气温
K_w	水汽湍流扩散率, 雪的导水率	T_{EL}	平衡线上年平均气温
L	冻结潜热, 冰川长度, 沿流线的曲线坐标	T_0	平衡线上气温
M_z	冰川融水径流模数	$\bar{T}_0$	冰面温度(时间)平均值
M_{go}	实测冰川融水径流模数	T_p	4—9月正积温
m	物质平衡水平, 大气质量	T_s	6—8月平均气温, 夏季平均气温, 表面温度
n	幂次, 粘度		波动振幅
n_c	泥石流糙率	T_{so}	平衡线上夏季平均气温
P	降水, 测站大气压力	t	年龄, 时间
$\bar{P}$	流域平均降水量	t_d	冰川消融期
P_{BL}	平衡线上年平均降水量	t_m	冷暖季交界日
P_0	标准大气压力	t_1	物质平衡年初日, 日出时间
P_s	年固态降水量	t_2	物质平衡年终日, 日没时间
Q	冰川体积, 日平均流量	U	冰面水平运动速度, 水平风速
Q_B	清水设计流量	U_m	实测最大运动速度
Q_c	泥石流设计流量, 冰雪层中热交换通量	u	运动速度分量
Q_d	碎屑层中热交换通量	u_b	底面滑动速度
Q_g	地热流通量	u_*	摩擦速度
Q_{ht}	冰川下垫面不均一性引起的水平湍流热交换和融水渗流热交换通量	V_E	上升流速度
Q_L	蒸发或凝结潜热通量	V_S	下降流速度
Q_M	冰雪融化耗热或冻结释热	v	运动速度分量
Q_{NR}	冰雪表面辐射平衡	$\bar{v}$	泥石流平均流速
Q_P	高温降水热交换通量	v_0	泥石流流体表面实测最大流速
Q_S	冰雪表面与近地面空气层间湍流交换的感热通量	W	冰川区径流量
Q_w	水汽通量	W_b	裸露山坡径流量
q	在大气质量 $m=1$ 时的大气透明系数, 比湿	W_g	冰川融水径流量
q^m	在大气质量为 m 时的大气透明系数	W_i	单位体积的潜热释放率
R	冰川区平均径流深度	w	运动速度分量, 单位体积雪中含水量, 泥石流流体中水的体积含量
R_{ai}	冰川消融区冰川融水径流	w_f	雪层内再冻结水量
R_{ar}	冰川消融区夏季降水降雪径流	w_0	表面的单位体积雪中含水量, 参加泥石流活动的固体物质的原始体积含水量
R_{ar}	冰川消融区冬春融雪径流	α	常数, 冰川区径流系数, 冰面坡度
R_b	裸露山坡径流	α_z	冰川覆盖区径流系数
R_c	冰川积累区融雪径流	γ	垂直增温率, 太阳高度角
R_e	瞬时反射率	γ_c	容重
$\bar{R}_e$	平均反射率	δD	D/H 比值的相对浓度
R_g	冰川融水径流	$\delta^{18}O$	$^{18}O/^{16}O$ 比值的相对浓度
S	冰川面积(水平投影), 水平面上太阳直接辐射平均日总量	δT	温跃值
$\bar{S}$	晴天太阳直接辐射平均日总量	δ	有效剪应变率
S_d	消融区面积(水平投影)	δ_e	面膨胀率
S_c	积累区面积(水平投影)	δ_{max}	最大剪应变率
$\bar{S}_c$	有云天气下水平面上太阳直接辐射平均日总量	$\delta_x, \delta_y, \delta_z$	法向应变率分量
$\bar{S}_{max}$	垂直(于光线)表面上太阳直接辐射平均最大辐照度	$\delta_{xy}, \delta_{yz}, \delta_{xz}$	切向应变率分量
		δ_1, δ_2	主应变率
		η	粘度, 空气动力粘性系数
		η_a	空气的运动粘性系数
		η_0	有效粘度

λ	衰变常数	τ	有效剪应力, 近地面空气层中的动量垂直 通量
λ_s	雪的导热系数	τ_b	底面剪应力
ρ	密度, 冰的密度	τ_o	屈服应力
ρ_a	空气密度	$\tau_{xy}, \tau_{yz}, \tau_{zx}$	剪应力分量
$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$	法向应力分量		
$\sigma'_x, \sigma'_y, \sigma'_z$	应力偏量		

目 录

前言

本书主要符号

第一章 绪论	1
第一节 冰川和冰川学	1
第二节 中国冰川学的发展	3
第三节 冰川研究的社会意义	8
第二章 中国西部高山冰川形成的地貌、气候条件和雪线分布	11
第一节 西部高山地貌与冰川发育	11
第二节 雪线分布与有关温度、降水因素	15
第三节 环流形势与冰川分布	25
第三章 中国冰川的辐射和热量平衡	29
第一节 冰川能量平衡方程和计算方法	29
第二节 高山冰雪区湍流交换的特征、变化和影响因素	31
第三节 高山冰雪区太阳辐射的分布特征及其影响因素	34
第四节 高山冰雪区辐射平衡组成分量随高度的变化	42
第五节 中国西部山地冰川热量平衡的地域性分布和它的影响因素	49
第四章 中国冰川的成冰作用	55
第一节 基本概念	55
第二节 研究方法	57
第三节 成冰带	58
第四节 主要冰川区的成冰作用	60
第五节 中国冰川区冰圈的结构	66
第五章 中国冰川的物质平衡	69
第一节 基本概念	69
第二节 观测和计算方法	72
第三节 中国若干冰川的物质平衡	74
第四节 冰川物质平衡与天气气候的关系	82
第五节 中国冰川物质平衡的特征	84
第六章 中国冰川的运动	88
第一节 冰川运动的垂直剖面	88
第二节 冰川运动的纵剖面	91
第三节 冰面运动	97
第四节 冰川运动随时间的变化	100
第五节 中国冰川运动的区域特征	103
第七章 中国冰川的温度	105
第一节 冰川的传热学	105

第二节 大陆型冰川的温度状况	111
第三节 海洋型冰川的温度状况	119
第八章 中国冰川的地球化学	122
第一节 冰雪的水化学特征	122
第二节 冰雪中的痕量元素	129
第三节 冰雪中的同位素	132
第九章 中国现代冰川类型与区域分布	138
第一节 中国冰川的类型划分	138
第二节 现代冰川分区简述	145
第十章 中国现代冰川近期变化	171
第一节 冰川近期变化	171
第二节 主要山区的冰川进退	175
第三节 中国冰川变化与世界中、低纬冰川的比较	183
第四节 冰川变化与气候因素	184
第十一章 中国冰川融水径流及其对河流的补给作用	187
第一节 冰川消融与冰川融水	187
第二节 冰川区径流的基本特点	190
第三节 冰川融水径流	197
第四节 中国冰川资源的评价与利用	202
第十二章 中国冰川泥石流与冰湖溃决洪水	205
第一节 冰川泥石流	205
第二节 冰湖溃决洪水	217
第三节 冰川泥石流与冰湖溃决洪水的防治	220
参考文献	221
附录	230
中国主要冰川基本数据统计表	230
中国现代冰川与雪线高度分布图(袋装)	
祁连山老虎沟12号冰川图(袋装)	
祁连山“七一”冰川图(袋装)	
天山乌鲁木齐河源1号冰川图(袋装)	
天山托木尔冰川图(袋装)	
喜马拉雅山绒布冰川图(袋装)	
横断山海螺沟冰川图(袋装)	

AN INTRODUCTION TO THE GLACIERS IN CHINA

CONTENTS

Preface

List of principal symbols

Chapter I	Introduction.....	<i>Shi Yafeng and Ren Binghui</i>	(1)
1.1	Glacier and glaciology		(1)
1.2	Development of glaciology in China		(3)
1.3	Social significance of glaciological research.....		(8)
Chapter II	Geomorphologic and climatic conditions of existence of alpine glaciers and elevation of snowline in West China.....	<i>Shi Yafeng and Bai Chongyuan</i>	(11)
2.1	Alpine landforms associated with existence of glaciers in West China		(11)
2.2	Air temperature and precipitation in relation to elevation of snowline.....		(15)
2.3	Circulation and distribution of glaciers		(25)
Chapter III	Radiation and heat balances on alpine glaciers in China.....	<i>Bai Chongyuan</i>	(29)
3.1	Equations and calculation methods of energy balance on glacier.....		(29)
3.2	Features, variation and affecting factors of turbulent exchange in alpine glaciated areas		(31)
3.3	Distribution and affecting factors of solar radiation in alpine glaciated area		(34)
3.4	Elevation variation in components of radiation balance in alpine glaciated area ...		(42)
3.5	Territory distribution of heat balance on alpine glaciers in West China and its affecting factors		(49)
Chapter IV	Ice formations of glaciers in China... ..	<i>Xie Zichu and Huang Maohuan</i>	(55)
4.1	Basic concepts		(55)
4.2	Methods of study		(57)
4.3	Ice formation zones		(58)
4.4	Ice formations in main glaciated areas.....		(60)
4.5	Pattern of cryosphere in China		(66)
Chapter V	Mass balance of glaciers in China... ..	<i>Xie Zichu and Zhang Jinhua</i>	(69)
5.1	Basic concepts		(69)
5.2	Methods of measurement and calculation.....		(72)
5.3	Mass balance of some glaciers in China		(74)
5.4	Weather and climate in relation to mass balance of glaciers		(82)
5.5	Features of mass balance of glaciers in China		(84)
Chapter VI	Flow of glaciers in China.....	<i>Huang Maohuan</i>	(88)
6.1	Vertical section of flow in a glacier		(88)
6.2	Longitudinal section of flow in a glacier		(91)
6.3	Ice movement at the surface		(97)
6.4	Temporal variation of glacier flow		(100)
6.5	Regional features of glacier flow in China.....		(103)
Chapter VII	Temperature of glaciers in China.....	<i>Huang Maohuan</i>	(105)
7.1	Heat transfer in a glacier		(105)

7.2 Temperature regime in continental type glaciers	(111)
7.3 Temperature regime in maritime type glaciers	(119)
Chapter VIII Geochemistry of glaciers in China	<i>Wang Ping</i> (122)
8.1 Hydrochemical features of snow and ice	(122)
8.2 Trace elements in snow and ice	(129)
8.3 Isotope components in snow and ice	(132)
Chapter IX Types and regional distribution of glaciers in China	
..... <i>Shi Yafeng and Ren Binghui</i>	(138)
9.1 Classification of glaciers in China	(138)
9.2 A brief description of glaciers in various regions	(145)
Chapter X Recent fluctuation of glaciers in China	<i>Ren Binghui</i> (171)
10.1 Recent fluctuation of glaciers	(171)
10.2 Fluctuations of glaciers in main mountainous regions	(175)
10.3 Fluctuations of glaciers in China by comparison with other glaciers in the middle and low latitudes	(183)
10.4 Climatic factors in relation to fluctuation of glaciers	(184)
Chapter XI Runoff from glacier melting water in China and its nourishment to rivers	<i>Yang Zhenniang</i> (187)
11.1 Ablation and melting water of a glacier	(187)
11.2 Main features of the runoff in glaciated areas	(190)
11.3 Runoff from glacier melting water	(197)
11.4 Assessment and utilization of glacier resources in China	(202)
Chapter XII Glacial debris-flow and glacial lake outburst flood in China	<i>Deng Yangxin</i> (205)
12.1 Glacial debris-flow	(205)
12.2 Glacial lake outburst flood	(217)
12.3 Control of glacial debris-flow and glacial lake outburst flood	(220)
References	(221)
Appendices	(230)
Basic data of main glaciers in China	(230)
Distribution map of glaciers and snowline, elevation in China (1:6 000 000, in bag).	
Map of Laohugou Glacier No. 12, Qilian Mountain (in bag).	
Map of "1st July" Glacier, Qilian Mountain (in bag).	
Map of Glacier No. 1 in the Ürümqi River Headwaters, Tianshan Mountains (in bag).	
Map of Tomur Glacier, Tianshan Mountains (in bag).	
Map of Rongbu Glacier, Himalayas (in bag).	
Map of Hailuoguo Glacier, Hengduan Mountains (in bag).	

第一章 绪 论

第一节 冰川和冰川学

冰川 (glacier) 是寒冷地区多年降雪积聚、经过变质作用形成的自然冰体,在重力作用下有一定的运动。冰川以结晶的冰川冰为主体,还包含一定数量的空气、液态物质和岩屑。冰川从积累、运动到消融的全过程中,在动力和热力作用下,贯串着水分和热量不断地收支变化,冰川与大气、冰川与冰床之间的相互作用,构成一个复杂的系统。冰川主要分布在南极和北极地区,中低纬度的高山上也有冰川存在。世界陆地面积的 11% 为冰川覆盖,淡水资源的 4/5 积聚在冰川上,而在第四纪冰期时,冰川覆盖范围更扩大到世界陆地面积的 30% 以上。尽管世界上大部分冰川分布在人迹罕至地区,但冰川形成的资源、导致的灾害以及它所构成的环境和指示的气候变化信息需要人们关注它、认识它,从而发展成为一门学问——冰川学。

在二千多年前的中国古代文献中,就有对冰雪的记述,如《礼记·月令》称:“孟冬之月,水始冰,地始冻,仲冬之月,冰复坚,地如圻”。西汉时韩婴在《韩诗外传》中指出:“凡草木花皆五出,雪花独六出”(施雅风、任炳辉,1983)。唐代玄奘师徒去印度求经,于公元 630 年左右途经天山的木扎尔特冰川(图 1-1)时作了生动的描述,如称“其山险削,峻极于天,自开辟以来,冰雪所聚,积而为凌,春夏不解,凝沍汗漫,与天连属,仰之皑然,莫睹其际,其凌峰摧圯,横路侧者,或高百尺,或广数百丈,由是蹊径崎岖,登涉艰阻,加以风雪杂飞,虽被履重裘,不免寒战,将欲眠食,复无燥处可停,唯知悬釜而炊,席冰而寝,七日之后,方始出山,徒侣之中,馁冻死者,十有三四,牛马逾甚”(慧立著《大慈恩寺三藏法师传》,见施雅风、王宗太,1979)。玄奘师徒对冰川的文字叙述,远早于欧洲 11 世纪冰岛文献中关于冰川的描写。

近代科学意义的冰川学孕育于 18、19 世纪的欧洲,始于对冰川如何能运动的解释,先是阿特曼 (Altmann) 于 1751 年提出的重力说,继为包第埃 (Bordier) 和福勃斯 (Forbes) 提出的粘性流说,但真正恰当的解决是在本世纪上半期理解到冰是结晶体,像金属晶体那样,在接近融点时变形,将固体物理学和冶金学观念应用于冰川之后。对于冰川的系统观测,始于 1830 年阿迦西 (Aggasiz) 对阿尔卑斯山一条冰川各部分的流速测量,发现冰川中部流速最快,而向两侧以及向源头和末端减缓,阿迦西是第一个冰川观测站的建立者,并以丰富的观察证明第四纪大冰期的存在。

经过近 200 年、特别是第二次世界大战后的迅速发展,冰川学以冰川物理为主体,以冰川水文气候和冰川地质地貌为两翼发展着。冰川物理包含雪变质成冰过程,冰晶的构造和变形,冰川的积累、消融和物质平衡,冰川的流动和跃动,冰川温度分布,冰川的组构与构造,以及通过钻孔采取冰芯的分析研究(如氧同位素、微粒、痕量元素等)。冰川水文

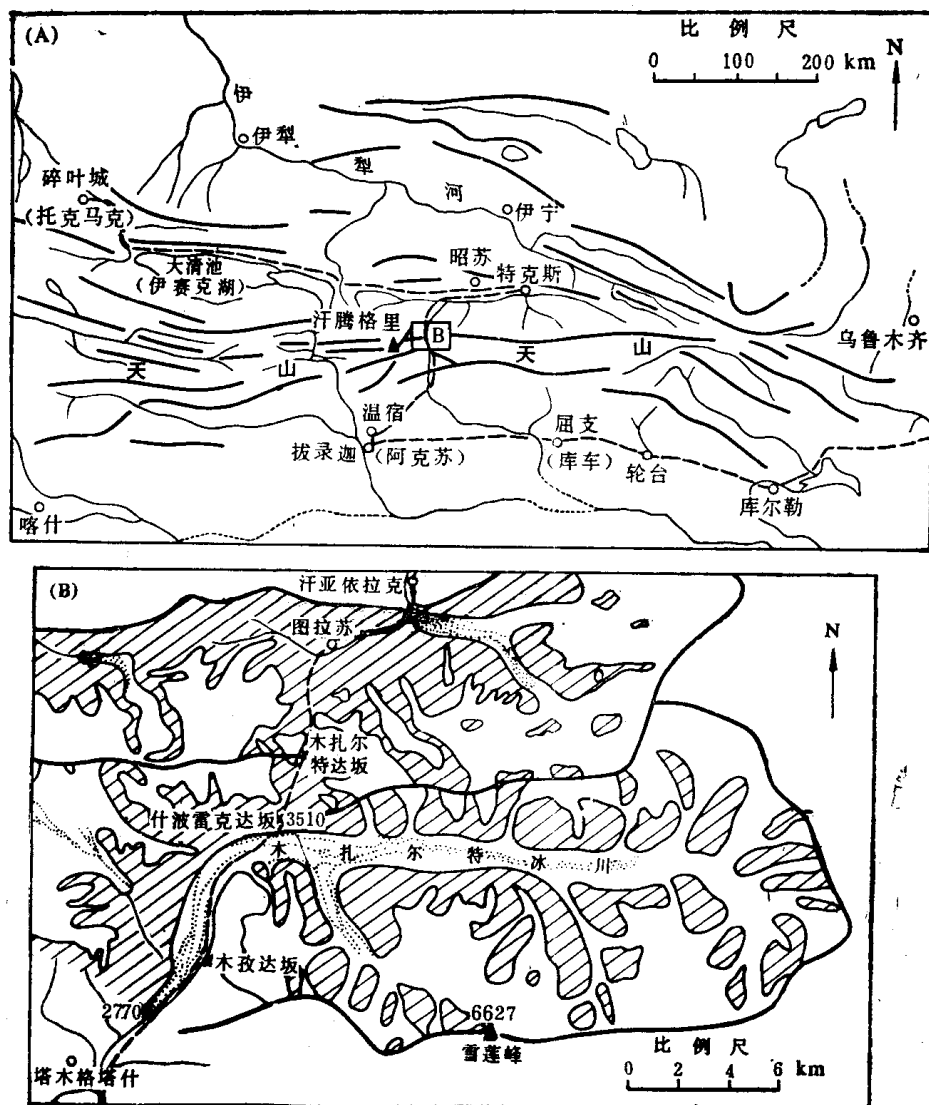


图 1-1 唐代木扎尔特谷道及其在亚洲中部的交通位置
(施雅风、任炳辉, 1983)

(A) 玄奘旅行路线; (B) 木扎尔特冰川谷道

和气候研究冰川与大气相互作用, 热量和物质收支, 消融与产生径流过程, 冰川对河流的补给作用, 冰川洪水, 冰川泥石流以及冰川对气候变化的响应等。冰川地质和地貌研究冰川对冰床的侵蚀、岩屑搬运和堆积过程、形态、沉积特征以及在古地理、古气候变化中的作用和对环境指示的意义等, 这一部分有时也不列入冰川学范围, 在本书中亦未加叙述。

现代冰川学的研究已扩大到地球上冰圈 (cryosphere) 范围内的所有各种冰体, 如积雪和积雪产生的雪崩, 风吹雪, 大洋中的冰山和海冰, 陆地上的河冰、湖冰和地下冰, 以及其他星球上的结冰现象等即所谓广义的冰川学。这些冰川以外的各种冰雪现象, 在我国也有一定的研究, 但亦不在本书论述之列。

冰川学是一门跨界科学。它与气象学、水文学、数学、物理学、自然地理学、地貌学、第四纪地质学、测量学、同位素化学、遥测、遥感以及工程技术等都有密切的联系。在学科分类中, 一般看作是地质学、地理学和地球物理学之间的边缘学科, 但更接近于地球物理学。在我国, 现代冰川研究首先是由地理学家们倡导、地理研究部门发动的, 因此, 通常列入地

理学范畴,这是不尽适当的。

冰川学是国际性很强的学科。冰川的大规模扩展和收缩影响到全球环境的变化,冰川中储存的气候与环境变化信息的发掘为各国科学家共同注目,冰物理研究所得的成果更是世界通用。据国际地质学大会的倡议,1894年就建立了国际冰川委员会,1927年改属国际水文科学协会,1939年起改称国际雪冰委员会(International Commission of Snow and Ice)。另外,由学者个人自愿参加组织的国际冰川学会(International Glaciological Society),会址设在英国剑桥,每年都举行专题学术会议,并于1949年起发刊的《冰川学杂志》(Journal of Glaciology),连同在奥地利出版的《冰川学和冰川地质学期刊》(Zeitschrift für Gletscherkunde und Glazialgeologie),是国际上两大冰川学刊物。前者侧重于冰雪的物理和地球物理方面;后者着重刊载冰川的地质地理观点。国际性冰川合作研究的地区主要是南极大陆冰盖和北极区域(格陵兰、斯瓦尔巴特群岛等),近年喜马拉雅山、喀喇昆仑山和青藏高原的国际合作研究项目亦在增加。

第二节 中国冰川学的发展

19世纪末至20世纪初,西方国家少数地质、地理、生物学家到中国西部山区探险考察,有涉及第四纪冰川与现代冰川的报道,其中较著名的常被引用的文献是麦茨巴赫(Merzbacher, 1905, 1916)对天山博格达山和汗腾格布山汇四周的冰川,马生(Mason, 1927)、谢普顿(Shipton, 1938)对喀喇昆仑山北麓克勒青河谷的冰川,华金栋(Ward, 1916, 1924, 1934)对藏东南和横断山系南部的冰川,哈姆(Heim, 1936)对贡嘎山冰川的报道。至本世纪50年代,维斯曼(Wissman, 1959)撰著《高亚洲冰川与雪线》一书,对西方学者的研究有综合论述,并绘制了详细的雪线分布图。

中国学者中较早注意现代冰川的是竺可桢,他在20年代初编著的《地学通论》中有专章论述冰川。袁复礼曾测绘过博格达北坡的冰川地形(袁复礼, 1984)。黄汲清对天山南麓第四纪冰川有较深入的考察(Huang, 1944),并发表了《中国冰川》一文,概述了中国及毗邻地区冰川的情况(黄汲清, 1941)。

新中国成立后,科学工作条件有了根本性的改善,1956年起的登山活动与中国科学院组织的新疆等地区的综合考察,对现代冰川研究有较大的促进,如1956年中苏混合登山队在慕士塔格山若干冰川末端作了标记(别列茨基, 1958),1957年贡嘎山登山活动结束后,崔之久(1958)发表了第一篇报道现代冰川的论文。但对我国现代冰川研究事业起决定性作用的是1958年中国科学院在兰州建立了专门的冰川研究机构,在施雅风主持下,先是考察队(中国科学院高山冰雪利用研究队),后转为研究所(1962—1965年为中国科学院地理研究所冰川冻土研究室,1965—1977年为中国科学院兰州冰川冻土沙漠研究所,1978年至今为中国科学院兰州冰川冻土研究所)。它和有关高等院校以及研究所、生产部门合作,先后对祁连山、天山、喜马拉雅山、喀喇昆仑山、西藏地区某些山系、阿尔泰山、横断山以及西昆仑山的冰川进行了考察,并先后建立了祁连山大雪山冰川观测站(1958—1962年)和天山乌鲁木齐河源的天山冰川观测试验站(1959—1966年,1980年至今,以下简称“天山站”)。冰川研究的范围涉及冰川物理(冰结构、成冰作用、物质平衡、冰温度、冰运动、冰化学等),冰川水文,冰川泥石流,冰川气候(主要是辐射和热量平衡),