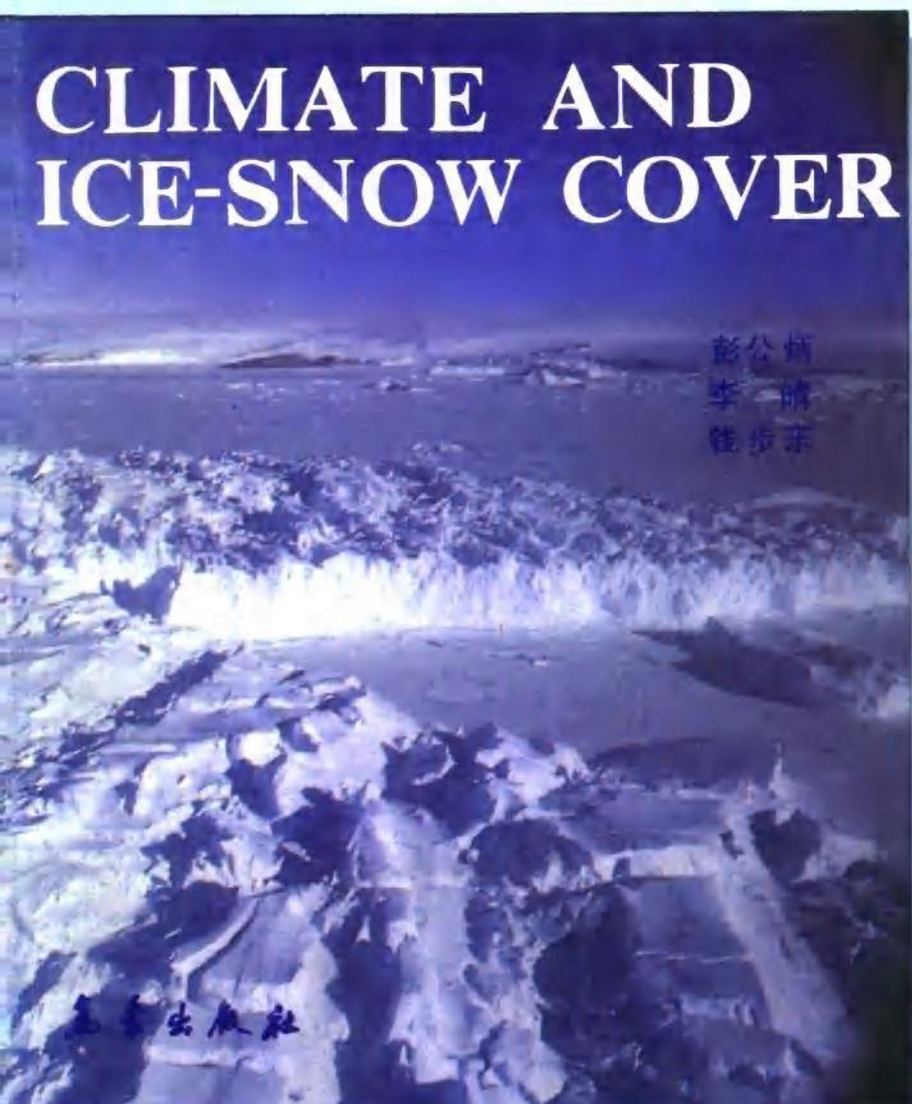


气候与冰雪覆盖

CLIMATE AND ICE-SNOW COVER

彭公炳
李 晴
钱步东

气象出版社



气候与冰雪覆盖

彭公炳 李 晴 钱步东

高 索 出 版 社

(京) 新登字046号

内 容 简 介

本书论述了全球冰雪覆盖的基本特征,运用数理统计、天气气候分析和数值模拟方法揭示了冰雪覆盖与天气气候的相互作用,探讨了冰雪覆盖影响大气环流和天气气候的物理过程及物理本质,并介绍了应用冰雪因子作天气预报和气候预测的问题。

本书可供气象、气候、冰雪、水文、海洋及自然地理等学科的科研人员、大专院校师生和有关业务部门参考。

气候与冰雪覆盖

作者 彭公炳 李 晴 钱步东
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: 11.5 字数: 298千字

1992年6月第一版 1992年6月第一次印刷

印数: 1—1000 定价: 16.40元

ISBN 7-5029-0893-5/P·0440

前 言

气候受大气中长期物理过程的制约，而且总是与具体的自然地理环境相联系。因此，在研究气候演变规律时，既要分析制约它的物理过程，又要考察孕育它的自然地理条件；气候学中往往将后者称作下垫面。下垫面在气候形成和演变中的作用早已为人们所注目，但气候学科的不同发展阶段对下垫面的含义和研究深度是不同的。经典气候学只注意不同地形、土壤和植被条件对气候的影响，近几十年来已将海洋看作下垫面的重要组成部分。本书讨论的是下垫面的第三个重要组成部分——冰冻圈，而着重讨论全球冰雪覆盖的作用。冰雪与气候的关系比起海洋与气候的关系来，研究历史较短，成果较少。但一些发达国家早已开展这方面的研究，发表了许多重要成果；我国有关本专题的研究尚处于开创阶段，然而从事研究和积极关注的人逐渐增多，发展比较迅速，已经取得了一些有意义的结果。

1974年在斯德哥尔摩召开的国际气候学会议上，公认冰冻圈是气候的五大成份之一，充分肯定了冰冻圈在气候形成和演变中的重要性。大气圈、水圈、岩石圈、生物圈和冰冻圈是气候的五个基本成份，它们始终处在相互作用的过程中，其中一种成份的变化必然伴随它种成份的相应变化。海洋和大气的相互作用早已被人们所公认，冰冻圈和大气也像海洋和大气一样，处于不断的相互作用过程中。这些概念是使传统气候学转变为物理气候学的重要标志。

冰雪覆盖的季节和年际变化是受大气环流制约的。大气环流制约着各地区的气候特点，包括降水（降雪）、气温及风云等特点；而这些气候特点又与地形特点共同决定各地的冰雪覆盖状况。从这个意义上说，在冰气相互作用的过程中，大气是因，冰

雪是果；这是问题的一个方面。

冰雪覆盖形成以后，就成为大气的冷源。以南北极冰雪为例，若两极冰雪量增加，则加强两极的冷源，加大高低纬度之间的温差和相应的气压梯度，于是气压场和大气环流随之变化，并最终导致气象要素和气候特点的变化；反之亦反是。包括南北极在内的大范围冰雪覆盖对气候的影响，不仅体现为其冷却作用影响周围地区的气温，更重要的是它影响大气活动中心的强度和位置，而通过后一影响来制约全球大气环流和各地区的气候。也就是说，冰雪对气候产生明显的反作用；在这个过程中冰雪是因，气候是果；这是问题的另一个方面。

气候系统是由各子系统组成的，其形成与演变的实质是，在太阳能源的驱使下，各子系统之间存在着很多线性和非线性的相互作用。这就不可避免地存在着很多正、负反馈作用，并由此派生出了气候系统的敏感性和可预报性问题。就冰冻圈与大气而言，前者的冷却作用导致地气系统辐射平衡的变化，在这个变化中，冰雪覆盖的高反照率起着关键的作用，大部分反馈机制中的关键因子就在于此。此外，还应该看到，大范围冰雪覆盖也影响大气圈和水圈之间的热交换。当存在大范围冰雪覆盖时，这种热交换显著减少，海洋中的较暖水流不能向高纬地区输送更多的热量，这样就造成南北极地区更加冷却。最后，融冰化雪需要吸收大量热量，这些过程都会导致相应的大气环流的调整。

本书共分六章。第一章论述全球冰雪覆盖的基本特征，包括南北极冰雪、世界各地大陆冰雪和海洋积冰。在考察各地区气候演变时，必须分析不同地区冰雪覆盖的不同影响及其综合效应，因而了解全球各地冰雪状况是此专题研究的前提条件。第二章运用数理统计和天气气候学分析方法，揭示全球冰雪覆盖对大气环流和各地区天气气候影响的大量事实，并总结了某些影响过程的天气学模式以及有关物理量的计算。第三章以类似的方法阐述了与第二章相反的过程，即大气环流和天气气候对冰雪覆盖的反作

用。这两章具体地展现了冰气相互联系相互作用的关系。第四章利用精确度较高的数值模拟方法，进一步佐证了冰气相互作用及联系的可靠性；概括了数值模拟中各种模式的思路、数学方法、物理依据及其计算结果。在此基础上第五章探讨了冰雪覆盖影响大气环流和天气气候的物理过程及物理机制，从理论上论证了前三章所述关系的内在本质，从而使这种关系具有更坚实的科学基础。第六章讨论了应用冰雪因子作长期天气预报和气候趋势预测的可能性及其实现途径，同时也涉及短期天气预报方法和冰雪覆盖未来演变趋势的推测问题。随着大范围冰雪覆盖卫星资料的增多，预报应用前景将愈来愈广阔。因此，本书的内容概括了这一专题的几个基本环节，构成一个相互衔接的完整体系，从不同侧面体现此项研究的科学意义和应用价值。

本书总结了国内外这一领域的研究成果，其中包括我们在国内外学术期刊及国际会议文集发表的十多篇论文的主要结果。我们期望，本书的出版将为气象、气候、冰雪、水文、海洋和自然地理学者以及有关业务部门展示现阶段冰气关系研究的基本状况，从而抛砖引玉，以利于本专题今后更深入的研究。由于笔者水平所限，错误和不妥之处在所难免，诚恳欢迎批评指正。

在我们的研究工作过程中，河海大学周恩济、范钟秀教授、德国美因兹大学 Domroes 教授和美国威斯康星大学王宝贯教授给予友好合作，美国伊利诺斯大学 Walsh 教授和美国国家海洋大气局不吝提供冰雪资料，中国国家自然科学基金会及德国马普学会惠予经费资助；在本书定稿和出版过程中，得到了中国科学院地理研究所和气象出版社的支持与帮助。笔者在此一并致以谢忱。

目 录

前言

第一章 全球冰雪覆盖的基本特征·····	(1)
1.1 地球上冰冻圈概述 ·····	(1)
1.1.1 地球上冰冻圈的组成 ·····	(1)
1.1.2 全球冰雪覆盖概况 ·····	(3)
1.2 南极及其周围的冰雪 ·····	(7)
1.2.1 南极冰雪概况 ·····	(7)
1.2.2 南极海冰的时空变化 ·····	(9)
1.3 北极海冰 ·····	(15)
1.3.1 北极海冰的基本特征 ·····	(15)
1.3.2 北极海冰的时空分布 ·····	(17)
1.4 全球的雪盖 ·····	(27)
1.4.1 北半球雪盖 ·····	(27)
1.4.2 南半球雪盖 ·····	(34)
1.5 中国的雪盖 ·····	(36)
1.5.1 中国雪盖的主要特点 ·····	(36)
1.5.2 青藏高原积雪 ·····	(42)
第二章 冰雪覆盖对大气环流及气候的影响·····	(49)
2.1 雪盖的影响 ·····	(49)
2.1.1 雪盖对印度夏季风的影响 ·····	(49)
2.1.2 雪盖对东亚夏季风的影响 ·····	(54)
2.1.3 雪盖对旱涝的影响 ·····	(57)
2.1.4 雪盖对冷暖的影响 ·····	(59)
2.2 北极海冰的影响 ·····	(66)
2.2.1 北极海冰对大气环流及天气气候的影响 ·····	(66)
2.2.2 北极海冰对旱涝的影响 ·····	(81)

2.2.3	北极海冰对冷暖的影响	(34)
2.3	南极冰雪的影响	(92)
2.3.1	南极雪盖对大气环流及我国气候的影响	(92)
2.3.2	南极海冰对大气环流及气候的影响	(100)
2.4	冰雪覆盖影响大气环流的海洋-大气背景及其在经 向热量交换场上的反映	(108)
2.4.1	南极海冰影响500hPa印缅地区位势高度场的海洋-大 气背景	(109)
2.4.2	海冰对南极大气冷源的影响	(114)
2.4.3	南极海冰影响西北太平洋副高的海洋-大气背景	(115)
2.4.4	冰雪覆盖影响大气环流在经向热量交换场上的反映	(123)
	第三章 大气环流及气候对冰雪覆盖的影响	(131)
3.1	全球气候变暖对冰雪圈的影响	(132)
3.2	大气环流对积雪的影响	(134)
3.2.1	多雪与少雪年的环流型	(134)
3.2.2	年雪量长期变化与环流平均特征	(140)
3.2.3	雪盖与700hPa高度相关场	(144)
3.3	大气环流及气候对海冰的影响	(146)
3.3.1	北极气候要素对海冰的影响	(147)
3.3.2	西北太平洋副高对北极海冰的影响	(152)
3.3.3	北太平洋及北大西洋海洋大气对海冰的影响	(155)
3.3.4	大气海洋状况对南极海冰的影响	(163)
3.4	大气环流及气候影响冰雪覆盖的物理解释	(172)
	第四章 冰气过程的数值模拟	(176)
4.1	冰气过程数值模拟的基本方法	(176)
4.1.1	模式概况	(176)
4.1.2	参数化方案	(178)
4.1.3	气候模式研究的进展	(181)
4.2	Budyko-Sellers型模式	(185)
4.2.1	不包含陆-气-海相互作用的Sellers一维能量	

平衡模式	(185)
4.2.2 Budyko一维能量平衡模式	(188)
4.2.3 包含陆-气-海相互作用的能量平衡模式	(192)
4.3 动力-热力模式对冰气过程的数值模拟	(201)
4.3.1 一个动力-热力海冰模式	(202)
4.3.2 动力-热力海冰模式在数值模拟中的应用	(209)
4.3.3 动力-热力海冰模式对北半球海冰的数值模拟	(212)
4.4 大气环流模式对冰气过程及冰期气候的 数值模拟	(221)
4.4.1 Goddard大气环流模式对冰气关系的数值模拟	(222)
4.4.2 应用大气环流模式对历史冰期气候的数值模拟	(227)
4.4.3 国内有关运用大气环流模式对冰气关系的模拟研究	(235)
4.5 其它有关冰气过程的气候模式及模拟	(236)
4.5.1 随机气候模式	(236)
4.5.2 原始方程大气模式	(241)
第五章 冰雪影响大气环流及气候的可能物理过程及物 理机制	(245)
5.1 冰原和全球能量收支	(246)
5.1.1 全球能量平衡	(246)
5.1.2 冰原的热量收支	(251)
5.1.3 北极地区辐射状况及热量收支	(258)
5.1.4 南极地区辐射状况及热量收支	(265)
5.2 影响气候的一些物理因子和物理过程	(271)
5.2.1 影响气候系统形成、变化的物理因子和过程概述	(272)
5.2.2 冰雪变量的时空特征及造成其变化的因子	(275)
5.2.3 冰被的性质及其与气候相互影响的物理过程	(278)
5.3 冰雪异常与气候变化相互作用的反馈机制	(287)
5.3.1 反馈与反馈链	(288)
5.3.2 涉及晶圈及极区气候的反馈机制	(294)
5.3.3 冰雪-温度-反照率反馈	(299)
5.3.4 风-洋流-海冰反馈	(304)

5.3.5 反照率反馈和外力	(309)
第六章 冰雪覆盖在天气预报上的应用	(313)
6.1 概述	(313)
6.2 Ross和Walsh的研究	(315)
6.2.1 基本思路	(315)
6.2.2 资料和方法	(316)
6.2.3 试验结果	(320)
6.2.4 全球环流模式试验	(330)
6.3 国外其他学者的工作	(334)
6.3.1 数值模拟	(334)
6.3.2 统计-天气学分析	(341)
6.4 我国学者的工作	(343)
6.4.1 数值模拟	(343)
6.4.2 统计-天气学研究	(345)

CONTENTS

PREFACE

CHAPTER 1	FUNDAMENTAL CHARACTERISTICS OF THE GLOBAL ICE-SNOW COVER	(1)
1.1	An introduction to the global cryosphere	(1)
1.1.1	Components of the earth's cryosphere	(1)
1.1.2	Survey to the global ice-snow cover	(3)
1.2	Antarctica and ice-snow around it	(7)
1.2.1	Survey to the antarctic ice-snow	(7)
1.2.2	Spatial and temporal distribution of antarctic sea ice	(9)
1.3	Arctic sea ice	(15)
1.3.1	Main characters	(15)
1.3.2	Spatial and temporal distribution	(17)
1.4	The global snow cover	(27)
1.4.1	Snow cover of the Northern Hemisphere	(27)
1.4.2	Snow cover of the Southern Hemisphere	(34)
1.5	The snow cover of China	(36)
1.5.1	Main characters	(36)
1.5.2	The perpetual snow in Qinghai-	

	Xizang plateau	(42)
CHAPTER 2	THE INFLUENCE OF ICE- SNOW COVER ON ATMOSP- HERIC CIRCULATION AND CLIMATE	(49)
2.1	The influence of snow cover	(49)
2.1.1	On the Indian summer monsoon	(;9)
2.1.2	On the East Asia summer mon- soon.....	(54)
2.1.3	On the climatic regimes of flood /drought	(57)
2.1.4	On the climatic regimes of wa- rm/cold	(59)
2.2	The influence of the arctic sea ice.....	(66)
2.2.1	On the global atmospheric cir- culation and climate	(66)
2.2.2	On the climatic regimes of flo- od/drought... ..	(81)
2.2.3	On the climatic regimes of wa- rm/cold	(84)
2.3	The influence of the antarctic ice-snow	(92)
2.3.1	The influence of antarctic snow cover on atmospheric circulation and climate of China.....	(92)
2.3.2	The influence of antarctic sea ice on atmospheric circulation and climate	(100)
2.4	The ocean-atmosphere background of the influences of the antarctic sea ice on	

the atmospheric circulation system and reflection of the influences in the meridional heat exchange field	(108)
2.4.1 On 500hPa geopotential height fields in the region of India-Burma	(109)
2.4.2 On the cold source of the antarctic atmosphere	(114)
2.4.3 On the Northwest Pacific subtropic high	(115)
2.4.4 The reflection of the influences in the meridional heat exchange field.....	(123)

CHAPTER 3 THE INFLUENCE OF ATMOSPHERIC CIRCULATION AND CLIMATE ON THE ICE-SNOW COVER

(131)

3.1 The influence of the global warming trend on the cryosphere	(132)
3.2 The influence of atmospheric circulation on snow cover.....	(134)
3.2.1 The circulation patterns in different snowfalls	(134)
3.2.2 The long-term change of annual snowfall and the characters of mean circulations	(140)
3.2.3 Correlation fields between Snow cover and 700hPa heights	(144)
3.3 The influence of atmospheric circulation on sea ice	(146)
3.3.1 The influence of climatic con-	

	dition in the arctic regions on sea ice.....	(147)
3.3.2	The influence of the Northwest Pacific subtropical high on the arctic sea ice.....	(152)
3.3.3	The influence of the North Pa- cific and Atlantic ocean-atmo- sphere on sea ice	(155)
3.3.4	The influence of atmosPhere- ocean condition on the antarctic sea ice.....	(163)
3.4	A basic physical interpretation of the influences.....	(172)

CHAPTER 4	NUMERICAL MODELLING OF ICE-ATMOSPHERE PROCES- SES	(176)
4.1	Basic methods in modelling.....	(176)
4.1.1	Outline of models.....	(176)
4.1.2	Parameterization schemes	(178)
4.1.3	Development in the study of climatic models.....	(181)
4.2	Budyko-Sellers models	(185)
4.2.1	A one-dimensional sellers energy balance model without including interaction among land-atmos- phere-ocean	(185)
4.2.2	Budyko one-dimensional energy balance model	(188)
4.2.3	An energy balance model allo- wing for interaction among land- atmosphere-ocean	(192)

4.3	Modelling of ice-atmosphere processes by dynamic-thermodynamic models	(201)
4.3.1	A dynamic-thermodynamic sea ice model	(202)
4.3.2	Applying to numerical experi- ments	(209)
4.3.3	Numerical modelling of the Northern Hemisphere sea ice by a dynamic-thermodynamic model	(212)
4.4	Modelling of ice-atmosphere processes and ice-age climate by GCMs	(221)
4.4.1	A numerical experiment by Goddard GCMs	(222)
4.4.2	Applying GCMs to ice-age cli- mate.....	(227)
4.4.3	Some model experiments by GCMs in China	(235)
4.5	Other climate models and modelling about ice-atmosphere processes	(236)
4.5.1	Stochastic climate models	(236)
4.5.2	Primitive equation atmospheric models.....	(241)

CHAPTER 5 THE POSSIBLE PHYSICAL PROCESSES AND MECHANI- SMS OF ICE-SNOW AFFECT- ING THE GENERAL CIRCU- LATION AND CLIMATE

5.1	Ice sheets and the global energy bala- nce.....	(246)
5.1.1	The global energy balance.....	(246)

5.1.2	Ice sheet energy budget	(251)
5.1.3	Radiation and heat budget of arctic region	(258)
5.1.4	Radiation and heat budget of antarctic region.....	(265)
5.2	The physical factors and processes that affect the climatic system.....	(271)
5.2.1	An introduction to the physical factors and processes affecting the forming and changing of climate.....	(272)
5.2.2	Spatial-temporal characters of ice-snow variates and their con- trolling factors	(275)
5.2.3	The nature of ice sheet and physical processes responsible for interactions between ice sheet and climate	(278)
5.3	Feedback mechanisms in the interaction between ice-snow abnormality and climate change	(287)
5.3.1	Feedback and feedback loop	(288)
5.3.2	Climate feedback mechanisms involving the cryosphere and polar region	(294)
5.3.3	The temperature-ice-albedo feed back	(299)
5.3.4	The wind-ocean circulation-sea ice feedback	(304)
5.3.5	Albedo feedback and external forcing.....	(309)

CHAPTER 6 APPLYING OF ICE-SNOW COVER TO WEATHER PRE- DICTION	(313)
6.1 Introduction.....	(313)
6.2 The study of Ross and Walsh	(315)
6.2.1 Basic idea	(315)
6.2.2 Data and methods	(316)
6.2.3 Experimental results	(320)
6.2.4 General circulation model exp- eriment	(330)
6.3 Researches and studies of other overseas scholars.....	(334)
6.3.1 Numerical modelling	(334)
6.3.2 Statistical-synoptic analysis	(341)
6.4 Researches and studies of scholars in China.....	(343)
6.4.1 Numerical modelling	(343)
6.4.2 Statistical-synoptic study	(345)