

〔德〕 Hanns-Christian Gunga 著
商 澎 主译 余志斌 主审



人类极端环境生理学

Human Physiology in Extreme
Environments



科学出版社

人类极端环境生理学

Human Physiology in Extreme Environments

〔德〕Hanns-Christian Gunga 著

商 澎 主译

余志斌 主审

北 京

图字：01-2017-7936 号

内 容 简 介

本书是德国柏林夏洛特医科大学教授、国际宇航科学院院士、西北工业大学客座教授 Hanns-Christian Gunga 教授撰写的 *Human Physiology in Extreme Environments* 的中译本。本书共 7 章，分别介绍了星际与地球环境、极端环境下生理学的主要研究方法、运动生理、压力环境、荒漠与热带环境和寒冷环境对人体的影响及其防护，以及目前载人航天（特别是航天失重）对人体的生理学影响及其防护。

本书可作为高等院校极端环境相关学科高年级学生、研究生的参考书，也可作为从事相关研究的教学和科研人员及管理人士的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

人类极端环境生理学 / (德) 贡嘎著；商澎主译. —北京：科学出版社，2018.1

书名原文：Human Physiology in Extreme Environments

ISBN 978-7-03-055553-3

I. ①人… II. ①贡… ②商… III. ①特殊环境—人体生理学
IV. ①R339.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 288434 号

责任编辑：李 萍 丁晓魏 / 责任校对：郭瑞芝

责任印制：张克忠 / 封面设计：迷底书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码：100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2018 年 1 月第 一 版 开本：720×1000 1/16

2018 年 1 月第一次印刷 印张：18

字数：350 000

定价：128.00 元

(如有印装质量问题，我社负责调换)

Elsevier(Singapore) Pte Ltd.

3 Killiney Road, #08-01 Winsland House I, Singapore 239519

Tel: (65) 6349-0200; Fax: (65) 6733-1817

Human Physiology in Extreme Environments

Hanns-Christian Gunga

Copyright © 2015 Elsevier Inc. All rights reserved.

ISBN-13: 9780123869470

This translation of Human Physiology in Extreme Environments by Hanns-Christian Gunga was undertaken by Science Press and is published by arrangement with Elsevier (Singapore) Pte Ltd.

Human Physiology in Extreme Environments by Hanns-Christian Gunga 由科学出版社进行翻译, 并根据科学出版社与爱思唯尔(新加坡)私人有限公司的协议约定出版。

《人类极端环境生理学》(第1版)(商 澎 主译 余志斌 主审)

ISBN: 9787030555533

Copyright © 2018 by Elsevier (Singapore) Pte Ltd.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording, or any information storage and retrieval system, without permission in writing from Elsevier (Singapore) Pte Ltd. Details on how to seek permission, further information about the Elsevier's permissions policies and arrangements with organizations such as the Copyright Clearance Center and the Copyright Licensing Agency, can be found at our website: www.elsevier.com/permissions.

This book and the individual contributions contained in it are protected under copyright by Elsevier (Singapore) Pte Ltd. and Science Press (other than as may be noted herein).

This edition is printed in China by Science Press under special arrangement with Elsevier (Singapore) Pte Ltd. This edition is authorized for sale in the People's Republic of China only, excluding Hong Kong SAR, Macau SAR and Taiwan. Unauthorized export of this edition is a violation of the contract.

本书简体中文版由Elsevier (Singapore) Pte Ltd.授权科学出版社在中国大陆地区(不包括香港、澳门特别行政区以及台湾地区)出版与发行。未经许可之出口,视为违反著作权法,将受民事和刑事法律之制裁。

本书封底贴有 Elsevier 防伪标签,无标签者不得销售。

注 意

本译本由 Elsevier (Singapore) Pte Ltd.和科学出版社合作完成。相关从业及研究人员必须凭借其自身经验和知识对文中描述的信息数据、方法策略、搭配组合、实验操作进行评估和使用。(由于医学科学发展迅速,临床诊断和给药剂量尤其需要经过独立验证。)在法律允许的最大范围内,爱思唯尔、译文的原文作者、原文编辑及原文内容提供者均不对译文或因产品责任、疏忽或其他操作造成的人身及/或财产伤害及/或损失承担责任,亦不对由于使用文中提到的方法、产品、说明或思想而导致的人身及/或财产伤害及/或损失承担责任。

中译本序

二十余年前，我去德国 Kirsch 教授的实验室参观学习，认识了年轻的 Gunga 博士，之后一直保持密切的学术交往。2006 年，我们两人共同作为主席，参加了在西安举办的“第一届中德空间生命科学双边研讨会”。时光荏苒，二十多年弹指一挥间。如今，Gunga 已是教授，并在多年积累的基础上，撰写了专著 *Human Physiology in Extreme Environments*。细细读后，受益匪浅。

该书共 7 章。第 1 章介绍了星际与地球环境，在偌大的地球上，人类生存的空间很狭小，不仅被限定在海平面到海拔 1500m 的有限空间内，而且在不足三分之一地球表面积的陆地上，尚有极地、高寒地区、荒漠地区、高原寒冷与缺氧地区，这些地区均不适宜于人类生存与居住，故称为极端环境。第 2 章介绍了在极端环境下开展研究的主要方法，有趣的是，还介绍了这些方法的发展历史与最新进展。第 3 章描述了运动生理学内容，貌似与极端生理学无关，但是，为了克服极端环境的不良影响，身体素质与体能是重要的一环。第 4 章介绍了压力环境。第 5 章介绍荒漠与热带环境对人体的影响及其防护，实质上是关于热负荷对人体生理学影响的详细描述。第 6 章讲述寒冷环境对人体的生理学与病理学的影响及其防护，特别是在北极与南极地区生存的原则。我国幅员辽阔，既有东北地区的寒温带，也有北回归线以南的大片热带地区，另外，我国已在南极建立长城站、中山站、昆仑站和泰山站四个科学考察站，这些都需要我们对温度负荷下人体生理学变化有深入细致的掌握。随着我国由大国向强国进军的步伐加快，载人航天事业亦蓬勃发展。第 7 章详细描述了发达国家在载人航天活动中积累的经验与科学规律，特别是航天失重对人体的生理学影响及其有效的防护措施。

随着我国科学技术的不断进步和经济实力的持续增强，向更远、更高、更深探索的步伐将健步如飞，亟需一本关于极端环境下人体生理学的专著作为指导，以保障在探索过程少付出或不付出生命的代价。*Human Physiology in Extreme Environments* 中译本的出版恰逢其时，有志者读后，定会点亮前行的灯塔。

张立属 教授

译者序

非常高兴看到我的老朋友、德国柏林自由大学夏洛特医科大学 Gunga 教授的专著 (*Human Physiology in Extreme Environments* 《人类极端环境生理学》) 中译本付梓。在激动与欣慰之余, 借此机会简要回顾一下与 Gunga 教授的学术友谊, 作为该书中译本的译者序, 同时也是对 Gunga 教授, 以及十多年来帮助我们进行空间生命科学科研和教学的前辈学者们的致敬和感谢!

2004 年 4 月, 我国唯一一所从事“航空、航天、航海”科技教育的大学——西北工业大学, 以“国家载人航天工程”领域重大需求为牵引, 结合学校自身在“三航”领域的背景和优势, 创建了学校的第十五个专业学院——生命学院。我从第四军医大学转业, 作为生命学院的第一位教师, 零起步开始领导筹建这个新的学院, 迄今, 已十三载。

2006 年 4 月, 第四军医大学主办“第一届中德空间生命科学双边研讨会”。我国航空航天医学的奠基人之一——第四军医大学航空航天医学系张立藩教授, 邀请我这个转行的新手参加这次高水平的学术交流。我在会上结识了国际宇航科学院 (International Academy of Astronautics, IAA) 院士、德国柏林夏洛特医科大学生理学系 Hanns-Christian Gunga 教授。2006 年 9 月, 我和尹大川教授在德国柏林夏洛特医科大学拜访了 Gunga 教授, 初步探讨了双方开展空间及特殊环境下航天医学与工程、空间生物科学与技术等方向的合作与交流事宜。在北京航空航天大学庄逢源教授的帮助下, 自 2009 年开始, Gunga 教授受西北工业大学资助, 开始在西北工业大学生命学院和空间生物实验模拟技术国防重点学科实验室开展“极端环境生理学”的研究生和本科生英文授课和讲座, 并与我们团队以及中国航天员中心合作开展航天特殊环境下的相关科学研究。至今, Gunga 教授的全英文课程“极端环境生理学”已经成为深受西北工业大学学生喜爱的课程之一, 以该内容为主的教学实践项目还荣获了西北工业大学优秀教学成果一等奖和二等奖各一项。

2011 年, 作为西北工业大学的客座教授, Gunga 教授入选了国家外国专家局的首批“国家高端外国专家”, 这是 Gunga 教授的荣誉, 也是对我们多年合作工作的肯定。Gunga 教授基于自己多年来在德国、智利和中国西北工业大学为研究生和本科生开设的讲座和课程内容, 结合国际该领域的学科前沿, 撰写了专著 *Human Physiology in Extreme Environments*, 由 Elsevier 出版社出版。该专著获得了国际宇航科学院 (IAA) “Life Science Book Award” (生命科学图书奖)。

为了将该书更好地介绍给国内同行学者、学生和读者，我牵头邀请了西北工业大学生命学院的多位青年学者和研究生，翻译完成了该书的中译本。

在该书的翻译过程中，我们得到第四军医大学航空航天医学系张立藩教授的热情鼓励和大力支持，并亲自撰写了中译本序；第四军医大学航空航天医学系余志斌教授承担了该书翻译的主审工作，在此一并表示深深的感谢！

感谢西北工业大学相关部门对该书中译本出版的大力支持。

感谢西北工业大学生命学院和空间生物实验模拟技术国防重点学科实验室的青年学者和研究生为该书翻译进行的辛勤劳动。

该书中译本共 7 章，具体章节的分工如下：

第 1 章由靳明亮、张健译，孙瑜隆审；

第 2 章由杨鹏飞、黄凌威译，孙瑜隆审；

第 3 章由刘若菲、李国斌译，续惠云审；

第 4 章由李文斌、吕毅译，李京宝、孙瑜隆审；

第 5 章由杨瑞昕、贾斌、李晨睿、孟晓风译，孙瑜隆、牛银波审；

第 6 章由牛银波、呼延霆、董丹丹、杨建成译，李晨睿审；

第 7 章由杨周岐、任丽、王圣航、陈云鹤、武婉情译，孙瑜隆审。

由于译者和团队成员学术水平有限，尽管我们已经进行反复检查审定，但书中不足之处仍在所难免，恳请读者谅解，并提出批评和建议，以便改正。

商 澎 博士

西北工业大学教授

国际宇航科学院院士

2017 年 9 月 6 日于西安

前 言

本书主要描述极端环境中人体生理变化规律。编写本书的灵感源自二十余年前与导师 Kirsch 教授在加纳热带雨林塔夸（Tarkwa）金矿的实地考察时。书中内容主要源于 20 世纪 80 年代初期在柏林自由大学生理学研究所^①为医学生做的讲座和研讨会，以及在德国学术交流中心（DAAD）资助的智利圣地亚哥讲学和中国外国专家局资助的西北工业大学空间生物实验模拟技术重点实验室讲学的内容。书中知识源自非洲、北美洲和南美洲、南极洲及空间环境中的实测数据和相关实验研究结果。

近几十年已有数本关于这一主题的专著相继出版^[1-3]。但是，有的专著只涉及某一方面，如 Edholm 的《人类：冷与热》^[1]。也有一些优秀的专著非常全面，如《环境生理学》^[4]，Pandolf 等的《极端环境人体机能生理学与环境医学》^[5]和 Auerbach 的《野外医学》^[6]。因此，撰写本书的出发点是为医学生和感兴趣者提供一本“知识面广且直奔主题”的参考书^{[7]②}。为此，我们主要参考 Folk 的经典教材《环境生理学（第二版）》^[8]、Piantadosi 最新出版的《极端环境中人类生存与死亡生物学》^[9]和 Cheung 的《环保运动生理学进展》^[10]。同时，本书也首次介绍与这一主题相关的其他知识，如进化、人类学及方法学等。



图 1 Nathan Zuntz（1847~1920）在柏林皇家农业学院办公室（1915 年左右）

柏林夏洛特医科大学生理学研究所惠赠

① 2003 年，柏林自由大学医学院和洪堡大学夏洛特医学院合并为柏林夏洛特医科大学。

② Arnold Schönberg 以“专家的另一个美德是实现全民教育”这一迷人准则为指导，概述上个世纪的历史和美学发展，也遇到了类似的问题。

在这个知识爆炸的时代,教学趋于模块化,要求有相当大的基础理论知识,此时一个可以从整体水平观察生理活动过程的综合性方法显得尤为重要,否则人们很可能拘泥于细节,而导致“一叶障目不见泰山”。这种综合性方法并不依赖于不切实际的假设^[11],而是源自实地验证的实验室研究结果和在极端环境中开展的研究。这种综合性研究理念在柏林并不是首次使用,一百多年前的 Nathan Zuntz (1847~1920) 是研究极端环境人类生理学史上的一个关键人物(图 1)。

在生理学史中,Zuntz 等的《高海拔气候和登山对人类的影响》(*Höhenklima und Bergwanderungen in ihrer Wirkung auf den Menschen*)^[12]和《行军过程中的生理学研究》(*Studien zu einer Physiologie des Marsches*)^[13]是和 Bert 的《气压》^[14]及 Adolph 的《沙漠中的人类生理学》^[11]齐名的著作^①。Adolph (1895~1986) 主持的美国罗彻斯特沙漠研究团队与美国科学研究与发展办公室就人体对水的需求与体温调节研究签订了合作协议,并与著名的哈佛疲劳实验室展开了密切的合作研究^[19]。哈佛疲劳实验室由 Lawrence J. Henderson 于 1926 年提议组建,由 David Bruce Dill 于 1927 年秋季开始运行,逐渐成为研究人类适应运动、疲劳、高温、低温、高海拔等极端环境方面的中心和标杆^[20]。著名的重力生理学家和柏林生理学研究所前所长 Otto Gauer (1907~1979) (图 2) 也热衷于这方面的研究。

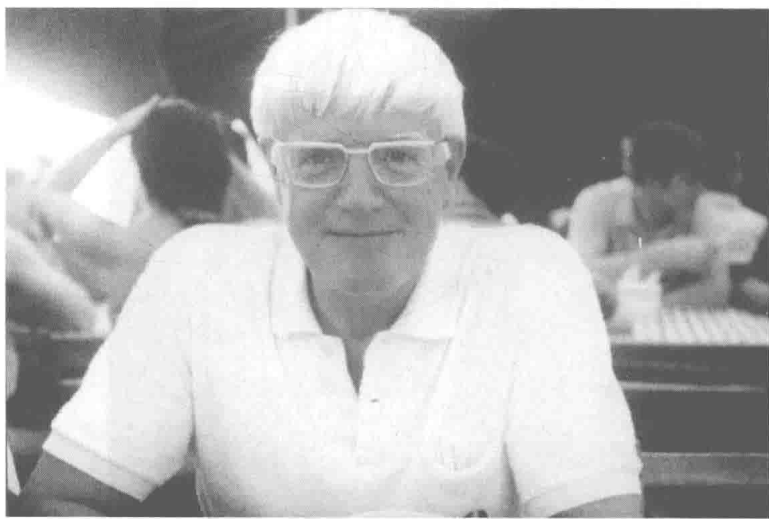


图 2 Otto Gauer (1907~1979) 65 岁时拍摄于柏林

柏林夏洛特医科大学生理学研究所惠赠

众所周知,Gauer 对这方面十分熟悉,尤其是 20 世纪 50 年代到 60 年代初在

① 请参考文献[15]—[18]获得更多详细资料。

美国布鲁克斯空军基地期间, Gauer 亲自接见并与美国罗彻斯特沙漠研究团队和哈佛疲劳实验室开展了合作研究, 为极端环境下的人体研究奠定了基础(图3)。



图3 Otto Gauer 获得重力应激研究领域荣誉会员证书(1965年1月11日)

柏林夏洛特医科大学生理学研究所惠赠

在柏林, 师从 Gauer 的学者 Kirsch (1938~) 和 Röcker (1940~) 继续开展和深化了这一领域的研究, 尤其是在心血管、血液、运动和空间生理学领域。该领域的研究者主要集中在英语语言区, 如文献[17]的著作。

在德国, 生理学家对极端环境研究领域的认可度不同。尽管该研究领域带有娱乐性质, 但并不能因此否定德国在其中的贡献。这对于大学教育是不小的优势, 甚至是特殊优势。对人类在极端环境中的适应性认识不充分, 可能是由于研究通常局限于现象描述, 缺乏具体的解释。尽管最初采用的描述性观察方法未能对该领域获得充分的认识, 但从长远看来, 由此产生的研究方法和思考方式至关重要。主要针对皮肤的钠离子非渗透存储研究即是一个典型的例子, 该研究作为探索长期隔离对人类影响的一部分, 成为空间飞行任务的准备工作^[21]。此外, 在极端环境中工作, 特别是开展生理学研究, 通常需要高性能、微型化、无创且操作简单的设备, 而这类设备并不仅仅用于极端环境中, 在现实生活的方方面面也非常实用。几十年来, 本研究团队致力于开发小型、无创的仪器和方法, 用于测定人体生理指标, 并与该领域的公司展开了密切合作。这些技术的发展得益于波恩·卡瑟尔德国宇航中心(DLR) Preu 博士、Ruyters 教授、Gräf 博士和 Hoffmann 博士提供的充足的、持续的资金资助。同时在中小型企业和大型企业的资助下, 于2003年在柏林自由大学建立航天医学与极端环境研究 Nathan Zuntz 课题组, 并于近期

建立 NathanZuntz-Förderkreis e.V 课题组,使研究工作得以在柏林长期开展。此外,我们也受到了德国技术合作协会(GTZ,埃施伯恩)和德国联邦教育与研究部(BMBF,波恩)的资助。

简言之,本书内容主要来源于以下三个方面的工作:①包括科学史在内的德国大学传统教育必修课程;②我们在实地和实验室开展的某些极端条件下的人体生理学研究计划、实施和评估方法,其中包括与德国及国际合作伙伴的研究工作;③与中小型企业就计划、开发和生产新设备开展的密切合作。因此,本书的部分章节基于或源自之前的手稿或出版物,包括在夏洛特医科大学基础课程的讲义(原稿)、刊印在不同期刊上的文献、专家委员会的工作指南、长期从事该领域研究的课题组科研经验[如德意志研究联合会(DFG)533研究组]、经典文本材料^[22-24],以及作者前几年撰写的手册章节^[25,26]。

本书的出版离不开众人长期的大力支持:Roecker、Kirsch,我的科研团队成员 Opatz 博士、Stahn 博士和 Steinach 博士,部分章节的共同作者 Werner 博士、Thomas,提供大量技术支持的 Bünsch、Himmelsbach、Hofmann、Kern,以及满怀热情为本书配图的 Sommer。感谢以上所有人员。

参 考 文 献

- [1] Edholm OG. Man: hot and cold. London: E. Arnold; 1978.
- [2] Sloan A. Man in extreme environments. Springfield, IL: Charles C. Thomas; 1979.
- [3] Kamler K. Surviving the extremes: a doctor's journey to the limits of human endurance. New York: St. Martins Press; 2004.
- [4] Fregly MJ, Blatteis CM, editors. Environmental physiology. Oxford, New York: Oxford University Press; 1996.
- [5] Pandolf KB, Sawka MN, Gonzalez RR. Human performance physiology and environmental medicine at terrestrial extremes. Indianapolis, IL: Brown & Benchmark; 1988.
- [6] Auerbach PS, editor. Wilderness medicine. Philadelphia. Mosby Elsevier; 2007.
- [7] Schneider F. Arnold Schönberg: Stil und Gedanke. Leipzig: Reclam Verlag; 1989.
- [8] Folk GE. Textbook of environmental physiology. 2nd ed. Philadelphia: Lea & Febiger; 1974.
- [9] Piantadosi CA. The biology of human survival life and death in extreme environments. Oxford, New York: Oxford University Press; 2003.
- [10] Cheung SS. Advanced environmental exercise physiology. Champaign, IL: Human Kinetics; 2010.
- [11] Adolph EF. Physiology of man in the desert (Reprint 1969). New York: Hafner Publishing Company; 1947.
- [12] Zuntz N, Loewy A, Müller F, Caspari W. Höhenklima und Bergwanderungen in ihrer Wirkung auf den Menschen. Berlin, Leipzig, Wien, Stuttgart: Deutsches Verlagshaus Bong; 1906.
- [13] Zuntz N, Schumburg W. Studien zur Physiologie des Marsches. Berlin: Verlag von August Hirschwald; 1901.
- [14] Bert P. Pression barometrique. Paris: Masson; 1878.
- [15] Fishman A, Richards DW, editors. Circulation of the blood—men and ideas. New York: Oxford University Press; 1964.
- [16] West JB. High life: a history of high-altitude physiology and medicine. Oxford, New York: Oxford University Press; 1998.

-
- [17] Tipton CM. Exercise physiology: People and ideas. Oxford, New York: Oxford University Press; 2001.
 - [18] Gunga H-C, Nathan Zuntz. His life and work in the fields of high altitude physiology and aviation medicine. Amsterdam: Elsevier, Academic Press; 2009.
 - [19] Horvath SM, Horvath EC. The Harvard fatigue laboratory. Its history and contributions. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, Inc.; 1973.
 - [20] Folk GE. The Harvard fatigue laboratory: contributions to World War II. *Adv Physiol Educ* 2010;34:119–27.
 - [21] Titze J, Machnik A. Sodium sensing in the interstitium and relationship to hypertension. *Curr Opin Nephrol Hypertens* 2010; 19:385–92.
 - [22] Hierholzer K, Schmidt RF. Pathophysiologie des Menschen. Weinheim: VCH; 1991.
 - [23] Klinke R, Pape HC, Silbernagl S, editors. Lehrbuch der Physiologie. 5th ed. Stuttgart, New York: Thieme; 2005.
 - [24] Speckmann E-J, Hescheler J, Kohling R, Rintelen H, editors. Physiologie. München, Jena: Elsevier, Urban & Fischer Verlag; 2013.
 - [25] Ley W, Wittmann K, Hallmann W, editors. Handbook of space technology. Chichester, West Sussex: Wiley and Sons; 2009.
 - [26] Preedy VR, editor. Handbook of anthropometry. Physical measures of human form in health and disease. Berlin: Springer; 2012.

目 录

中译本序

译者序

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 宇宙	1
1.2 星系	3
1.3 行星系系统	5
1.4 地球-月亮系统	7
1.4.1 地球-月亮系统的起源	7
1.4.2 地月系统与地球生命发展	8
1.4.3 地球	8
1.5 生命	9
1.5.1 古生物方面	10
1.5.2 人类学方面	15
参考文献	28
第 2 章 方法学	34
2.1 引言	34
2.2 历史背景	34
2.3 技术的飞速发展	37
2.4 用于野外环境的便携移动技术	40
2.5 智能设备	42
2.5.1 极端环境下的生理节律	43
2.5.2 疲劳和认知水平	52
2.6 展望	57
参考文献	59

第 3 章 运动生理学	66
3.1 引言	66
3.2 物理原理	67
3.3 肌力测试	67
3.4 能量消耗	68
3.4.1 间接测热法	70
3.4.2 代谢当量和 O_2 消耗	71
3.4.3 能量效率	71
3.5 最大耗氧量	72
3.6 能量来源和储存	73
3.7 肌肉组织	75
3.8 能量和运动强度	77
3.9 乳酸阈值	80
3.10 O_2 供应	82
3.10.1 呼吸作用	82
3.10.2 血液运输	82
3.10.3 心输出量和血液分布	83
3.10.4 菲克原理	84
3.10.5 运动后过摄氧量	84
3.11 肌力	86
3.12 训练	87
3.13 运动、健康和进化	88
参考文献	91
第 4 章 压力环境	101
4.1 低压环境	101
4.1.1 引言	101
4.1.2 生理学	107
4.1.3 高原病	117
4.2 高压环境	120
4.2.1 历史	121
4.2.2 气体定律	122
4.2.3 比较生理学	124
4.2.4 哺乳动物潜水反射	124

4.2.5 高压环境下的人体	125
4.2.6 高压环境相关疾病	130
4.2.7 治疗	132
参考文献	134
第 5 章 沙漠和热带环境	139
5.1 引言	139
5.2 热量平衡	141
5.2.1 变温和吸热代谢	141
5.2.2 中温区	142
5.3 产热	143
5.3.1 代谢性产热和代谢率	143
5.3.2 不同的物理和环境条件下的热平衡	144
5.3.3 影响因素	144
5.4 核心体温测量的方法	144
5.5 热传递的基础	146
5.5.1 内部热传递	146
5.5.2 外部热传递	147
5.5.3 热传导	148
5.5.4 辐射	148
5.5.5 蒸发	149
5.6 温度调节	153
5.6.1 心血管调节	155
5.6.2 水盐内平衡	157
5.7 特殊温度调节	158
5.7.1 体力劳动时的产热	158
5.7.2 热损耗	158
5.7.3 年龄与体温调节	159
5.8 适应、习服、驯化和习惯	160
5.8.1 定义	160
5.8.2 特殊适应性	163
5.9 高热和发热	166
5.9.1 高热	166
5.9.2 发热	168
5.10 温度调节和气候	172
5.11 展望：全球气候变暖和人类健康	173

5.12 总结	177
参考文献	178
第6章 冷环境	183
6.1 引言	183
6.2 北极地区	186
6.2.1 育空极地极限长跑比赛	187
6.2.2 研究设计	189
6.2.3 结果和讨论	190
6.2.4 局限性	198
6.3 南极区域	198
6.3.1 引言	198
6.3.2 概述	204
6.3.3 结果和讨论	214
6.3.4 局限性	223
6.4 总结	224
参考文献	225
第7章 空间环境	235
7.1 简介	235
7.2 空间飞行任务	237
7.3 长期飞行任务中主要的生理学和医学问题	237
7.4 国际空间站生命保障系统	239
7.5 过去的空间飞行经验	241
7.6 空间驻留期间出现的特殊医学生理学问题	245
7.6.1 身体组成成分的变化	246
7.6.2 心血管系统	246
7.6.3 肌肉骨骼系统	247
7.6.4 感知系统	249
7.6.5 饮食	250
7.6.6 辐射	251
7.6.7 太空居住造成的精神-生理学的问题	253
7.6.8 对抗措施	257
7.6.9 应急和救援任务	259
7.6.10 展望	265
参考文献	265

第1章 绪 论

Hanns-Christian Gunga*

1.1 宇 宙

根据最新测算,宇宙的年龄大约为 138 亿年^[1],可能来源于“大爆炸”。宇宙之前的可能存在形式完全超出了我们的知识范围。紧随宇宙大爆炸,在所谓的普朗克时期,目前已知的四大基本力——引力、强和弱的原子能、电磁开始扩散,宇宙随着爆炸膨胀。随后,电子、夸克和辐射形成,大爆炸后约 10^{-5} s 第一个质子和中子形成。在大爆炸后第一秒及因为爆炸膨胀随后的冷却过程中,物质形成。此外,物质和能量形式产生,但是它们仍然超出我们的接触和描述范围(图 1.1)。重要的是这部分物质和能量形式组成了宇宙的主要部分。根据最近的计算,仅仅 4% 的宇宙物质是我们可以看见和分析的。所谓的重子物质是原子的组成成分,其中 73% 是由“暗能量”组成,23% 由暗物质组成,现在人类还不清楚这种暗物质到底是由什么组成的^[2]。在随后的章节中,我们将会详细讨论人体的化学组成成分。在这些假设的物质中,有的被称为高质量弱相互作用粒子(weakly interacting massive particles, WIMPs)^[3]。这些粒子质量高、惰性强,很难与我们可见的物质世界相互作用。根据最新的理解,宇宙存在更多的复杂超级 WIMPs 结构,这些结构被认为存在于外在世界的暗物质中,拥有我们所不可感知的能量和光的形式。根据理论物理学家和天文学家的理论,这些奇异粒子在大爆炸后迅速形成,仅仅在暗物质粒子碰撞后的 1ns 内部分受到破坏。只有经过进一步膨胀和随后的宇宙冷却(宇宙诞生 10ns 后),现在大部分理论计算的 WIMPs 才能存在于宇宙中。因为过低的温度和密度,不能形成新的 WIMPs,这也可能是由暗物质彼此碰撞的概率大大减小所致^[2]。大约在宇宙大爆炸 3min 后,形成了第一批元素——氢和氦。10000 多年后,宇宙中质量和能量才大致均衡分布。直到今天,宇宙仍然主要由两种元素组成,92.969% 的氢和 6.901% 的氦(表 1.1),我们将在稍后的章节中讨论其起源。

* 教授,空间医学与极端环境中心,生理学研究所,柏林夏洛特医学院,柏林,德国。