SARS专项学术出版基金
SARS ACADEMIC PUBLICATION FOUNDATION

SARS医学中的物理热学方法与应用

刘 静 编著



科学出版社
www.sciencep.com

需要全本请访问 www.ertongbook.com

SARS专项学术出版基金
SARS ACADEMIC PUBLICATION FOUNDATION

SARS医学中的物理热学方法与应用

刘 静 编著

科学出版社

北京

内 容 简 介

严重急性呼吸系统综合征——SARS在全球范围的首次暴发，凸显医学生物学中的诸多空白，相关研究已成为临床医学中亟待解决的重大课题。为适应该领域迅速发展的需要，本书旨在从方法学的角度探讨在SARS预防、诊断与治疗中所涉及的若干非药物性物理热学方法，并提出该领域内若干可供探索的途径和新方向，特别对一些热学方法在SARS医学生物学方面的应用也将作重点阐述。本书可供SARS医学生物学、热科学、物理、医护装备、生物技术与医学工程等领域的研究人员、临床医师、工程师以及大专院校有关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

SARS医学中的物理热学方法与应用/刘静编著. —北京：科学出版社，2004

ISBN 7-03-012750-1

Ⅰ.S… Ⅱ.刘… Ⅲ.热学－应用－重症呼吸综合征－防治 Ⅳ.R563.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第001426号

策划编辑：鄢德平 马学海 盖 宇/文案编辑：李久进/责任校对：钟 洋
责任印制：安春生/封面设计：王 浩

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
新蕾印刷厂 印刷
科学出版社发行 各地新华书店经销
*
2004年3月第 一 版 开本：B5(720×1000)
2004年3月第一次印刷 印张：11 1/4
印数：1—2 000 字数：213 000
定价：38.00元
(如有印装质量问题，我社负责调换〈新欣〉)

前　言

自 SARS 暴发以来，社会各界乃至全球科技界都在为战胜这一突发灾难贡献自己的力量，并相继在病原识别、病毒检测、药物和疫苗研制、临床救治等方面取得了令人瞩目的成就。在关注这些可喜进展的同时，作者也深感在 SARS 医学生物学研究方面，非药物性物理方法也必将发挥重要作用，但就目前国内外发展态势看来，此方面的努力十分不够，许多问题甚至未引起注意。实际上，在每一个预防 SARS 病毒扩散，环境清洁处理，SARS 诊断、救治及医护保障的环节中，已凸显大量的医学工程问题亟待解决，它们是战胜 SARS 的重要技术保障。尤其在当前尚无 SARS 预防疫苗及特效治疗药物的情况下，这种努力尤显必要。而就 SARS 所涉及的各医学工程分支领域看来，热学问题又显得突出而重要。比如，SARS 的出现与一定温度、湿度气候条件密切相关，SARS 病毒对热十分敏感，SARS 感染者的典型体征之一表现为发热，SARS 医护工作中需要解决防暑降温问题等，这些课题均与生物热物理学密切相关。为正确应用和发展这些方法，需要深入了解有关的基础热学知识。

考虑到 SARS 医学生物学研究是一个长期过程，为从工程学角度对其进展起到一定的学术支撑作用，作者特别就 SARS 医学实践中所涉及的若干热学问题及其应用进行了总结和评述，希望提供一本能部分满足上述需求的著作。全书结构安排如下：第 1 章概述当前 SARS 热学问题研究的态势和基本内容；第 2 章介绍了温度与生命现象中的一些典型问题，其内容有助于对 SARS 医学生物热问题的理解；第 3 章讨论几种比较适合于分析 SARS 病毒物理化学行为的热学理论方法，它们是定量研究 SARS 病毒存活与传播规律的重要理论基础；第 4 章分析了几类可能在 SARS 检测或相关问题中发挥作用的热学方法；由于 SARS 首发症状之一是发热，因而体温监测已成为快速筛选潜在患者的有力工具，为此，第 5 章着重介绍了疾病热诊断中的基础热学问题及应用策略，其内容有助于建立对 SARS 确诊程度更高的体温测量措施；第 6 章通过引入有关热学理论模型，定量研究了支气管末端肺泡组织内的病毒扩散和氧传输问题，并对 SARS 病程发展作出了定量预测，其结果可望为 SARS 临床康复提供若干新的启示；第 7 章尝试探讨升温对抑制 SARS 病毒侵害机体的物理机制，并介绍一些相应的热学治疗方法及其工程学基础，其努力有益于今后建立临床上有效的 SARS 物理治疗方法；此外，供氧问题在 SARS 救治中起着至关重要的作用，比如，SARS 病理发展中的一个显著特点即机体出现严重缺氧，为成功救治患者，需要对机体组织中的氧分传输与消耗动力学机制作深入认识，因此第 8 章对此类问题进行了讨论；第 9 章着重阐述 SARS 医护工作中的防

暑降温问题,并提出若干潜在的可供实际选用的工程措施;我们注意到,在SARS研究中需要涉及诸多病理生物样本的长期保存问题,而低温保存是目前较为有效的途径之一,因此第10章扼要介绍了生物样品的低温保存问题。

应该指出的是,SARS医学是一门实践性科学。然而,受其高强度传染性所限,相关实测工作只能在安全性极高的P3实验室或定点医院进行,且由于SARS是一种刚刚出现的新型疾病,目前与热学相关的SARS实验成果极少,因此本书探讨的主要是理论和方法学问题,但其着眼点也在于为今后SARS医学工程学实验研究提供若干有益的思路和启示。毫无疑问,因SARS而引发的医学工程问题远非本书所能包括,限于主题,许多内容只好略去,即便如此,在SARS热学领域内,本书虽已尽力,仍可能遗漏一些重要信息,希望今后能进一步补充。

目前,必须强调的是,SARS虽已暂时得到成功抑制,相关科研却并不能因此停顿,任何人都无法预知今后是否会出现新一轮流行。面对这种人类知之甚少的新型烈性传染病,谨慎对待并研究相应对策无疑是明智之举,惟有如此才能做到有备无患。人类能否最终战胜SARS,依靠的只能是科学技术。因此,相应基础研究和应用探索就显得十分必要。SARS医学是一个系统工程,其成功实践既有赖于大量的医学生物学研究,也需要来自工程学方面的技术支持,本书正是本着这一认识而展开的,作者无意于也不可能给出某些对SARS研究的定论,其目标仅在于从热科学的视野出发,阐述SARS医学生物学中的热学问题,并探讨有关应用途径,若能由此对读者起到一定启发作用,撰写本书的初衷也就达到了。

本书虽是因SARS引发而集中开展的论述,却也是作者实验室在生物热医学工程学领域内长期研究的结果,其间我的学生和同事为此做出了许多贡献,他们的工作也部分地反映在本书内容中。其中需要特别感谢的是邓中山、吕永钢、桂林及姬妍等同志。我的同事周一欣副研究员长期以来给予作者鼎力相助,学界前辈周远院士一直给予作者诸多关心、鼓励和支持,在此谨对他们一并表示诚挚的感谢。本书部分工作得到国家自然科学基金的支持,作者在此也深表谢意。

应该说,对于本书的撰写,作者始终存在一些犹豫,以致其间曾出现数次搁笔。近期,随着天气逐渐进入秋冬季节,有关SARS预防工作又相继提上日程,显然,SARS对公众健康造成潜在威胁的形势仍然严峻。正是这种忧虑促使作者鼓足勇气完成了本书的撰写,希望能对SARS相关研究与应用及时起到一定的促进作用。当然,由于时间仓促并限于作者水平,书中内容定有不当甚至错误之处,恳请读者批评指正。

刘 静

2003年10月于中关村

需要全本请访问 www.ertongbook.com

目　录

前言

第 1 章　绪论 …… 1

1.1　导言 …… 1

1.2　SARS 医学工程学概要 …… 2

1.3　SARS 病毒存活性及其侵害人体的典型热特征 …… 3

1.4　SARS 医学中的一些基础工程学问题 …… 4

1.5　SARS 医学研究中的方法学问题 …… 6

1.6　SARS 急救医学的一些研究态势及展望 …… 7

参考文献 …… 8

第 2 章　温度与生命 …… 9

2.1　导言 …… 9

2.2　生物体的温度概念 …… 9

2.3　体温调节及恒温的意义 …… 11

2.4　热舒适性问题 …… 11

2.5　发热及其生物学意义 …… 13

2.6　发热类型及热型规律 …… 13

2.7　高温及其医学应用 …… 16

参考文献 …… 16

第 3 章　SARS 病毒的物理化学特性及其传染问题 …… 17

3.1　导言 …… 17

3.2　SARS 冠状病毒的确定 …… 17

3.3　SARS 冠状病毒起源问题分析及其启示 …… 18

3.4　SARS 病毒环境存活测试结果 …… 19

3.5　定量刻画 SARS 病毒存活过程的速率理论 …… 19

3.6　SARS 病毒体外存活时间公式 …… 21

3.7　SARS 病毒体内存活时间公式 …… 23

3.8　SARS 病毒速率系数确定 …… 25

3.9　SARS 病毒存活时间预测 …… 26

3.10　SARS 病毒速率过程理论的启示 …… 30

3.11　SARS 病毒在空气中传播问题的理论研究 …… 32

3.12 SARS发病与气候条件的关系 …… 33
3.13 青壮年易染SARS的高呼吸通量机制 …… 34
3.14 SARS新增病例呈波动走势的滞后机制 …… 36
参考文献 …… 38
第4章 SARS检测中的热学方法 …… 41
4.1 导言 …… 41
4.2 筛查SARS潜在患者的局部体温检测法 …… 41
4.3 人体体表区域性温度的检测方法 …… 43
4.4 用于人体病变诊断的动态热图成像系统 …… 44
4.5 疾病热诊断中的体表热流法 …… 46
4.6 人体上呼吸道内热量与水分传输动态模型 …… 47
4.7 基于上呼吸道热测量的疾病监测技术 …… 51
4.8 降温动力学曲线用于检测SARS病毒的可行性分析 …… 56
参考文献 …… 60
第5章 SARS热学诊断中的基础物理问题 …… 61
5.1 导言 …… 61
5.2 活体组织温度涨落行为及其诊断学意义 …… 61
5.3 感染性发热时三维脑组织热臃塞问题 …… 62
5.4 体表及环境因素对热诊断影响的综合研究方法 …… 70
5.5 发热病灶的稳态诊断问题 …… 72
5.6 发热病灶的动态诊断问题 …… 83
5.7 组织病变热诊断准则 …… 85
参考文献 …… 90
第6章 研究SARS病理学的热学途径 …… 91
6.1 导言 …… 91
6.2 SARS患者肺泡病毒扩散模型 …… 91
6.3 SARS患者肺泡氧扩散模型 …… 93
6.4 SARS患者肺部病毒浓度的分布及其影响因素 …… 94
6.5 SARS患者肺部氧浓度的分布及其影响因素 …… 100
参考文献 …… 105
第7章 SARS预防与救治中的热学方法 …… 106
7.1 导言 …… 106
7.2 环境SARS病毒的热灭活方法 …… 106
7.3 SARS预防与治疗中的非药物性物理途径 …… 107
7.4 缓解肺部SARS病毒侵害的热氧灌注法原理 …… 109

7.5 肺部热氧灌注中的组织热响应及其临床意义分析 …… 111
7.6 基于肺部微波透热治疗 SARS 的方法 …… 116
7.7 提高人体免疫力的高低温桑拿理疗途径 …… 117
参考文献 …… 119
第 8 章 生物组织中的氧传输与消耗动力学问题 …… 121
8.1 导言 …… 121
8.2 低温脑保护的研究现状 …… 121
8.3 低温复苏中的热量和氧分输运问题 …… 123
8.4 SARS 救治中的紧急供氧问题 …… 123
8.5 基于解剖结构的生物组织氧传输理论 …… 125
8.6 氧传输及血流动力学房室模型 …… 129
8.7 降温对机体氧传输与消耗的影响 …… 132
参考文献 …… 138
第 9 章 SARS 医护工作中的环境热学问题 …… 139
9.1 导言 …… 139
9.2 隔离病房中 SARS 病人的热臃塞问题 …… 139
9.3 人与环境间的相互热交换问题及其整体模拟 …… 144
9.4 微型病房内热质输运的理论模型 …… 147
9.5 微型保温室内的流动和传热规律计算研究 …… 150
9.6 SARS 医护中的防暑降温问题及其对策 …… 157
9.7 易于充冷的 SARS 医护人员防暑降温服 …… 158
9.8 夏季高温下 SARS 医院空调问题的进一步探讨 …… 159
9.9 具有区域性大规模削弱阳光直射的大空调方案 …… 160
参考文献 …… 162
第 10 章 SARS 医学生物样品的低温保存问题 …… 164
10.1 导言 …… 164
10.2 生物材料的低温保存技术概况 …… 164
10.3 深低温保存生物样品的液氮冷却方法 …… 165
10.4 深低温保存生物样品的快速冷却方法 …… 167
参考文献 …… 169

第1章 绪 论

1.1 导 言

由世界卫生组织(WHO)命名的SARS是一种新出现的全球性传染病,其英文全称为severe acute respiratory syndrome,意为严重急性呼吸系统综合征,在中国又被广泛称为"非典型"肺炎[1]。自其于2002年末在中国广东首次暴发起,SARS就对人类健康造成严重威胁。因此,对其发病机制和治疗方法的探索在世界范围内引起广泛重视,迄今已相继在病原识别、基因测序、病毒检测、流行病学分析、药物和疫苗研制、病理学、临床诊断与治疗等方面取得进展[2,3]。现已逐步清楚的是,引起SARS的病原体是一种新型冠状病毒。众所周知,对病毒性疾病,通常应采用药物治疗。然而,由于此次发现的SARS病毒非常独特,以往从未在人类身上发现,因而SARS病因至今不清,药物途径很难对症,一时之间尚无良好应对方法,以致会出现所收治危重病人的健康状况日趋恶化,而临床上却束手无策的被动局面。由于研制开发相应的预防疫苗和治疗药物均需待时日,当务之急是应调动一切力量加快研究进程以及早推出高效、安全并易于普及的措施。作者认为,除继续加强对当前业已引起高度重视并正处于全力实施中的药物和疫苗研制的力度外,对由SARS病毒的物理特性着手针锋相对地发展相应的非药物性物理防治方法,也应引起足够重视并投入力量研究[4]。特别是在当前尚无特效药物、疫苗和治疗方法的状况下,这一努力尤显必要,其无疑会加快SARS防治工作的进展。另一方面,考虑到冠状病毒通常变异性很强,疫苗研制存在很大困难,因此寻找有效安全的物理施治方法十分有意义。即使最终研制出功能强大的药物和疫苗后,物理方法因其无毒、无副作用等优良特征仍会成为疾病治疗的重要途径。综观整个生命科学和医学技术发展的历程可以看出,人类在战胜病魔的道路上,非药物性物理防治方法,即生物医学工程学方法做出了巨大的贡献,我们同样有理由相信,在SARS防治方面,它也将发挥至关重要的作用。

基于以上考虑,本书将从有别于现已广泛开展的SARS研究思路即疫苗和药物途径,从新的方法学角度对SARS流行、诊断与治疗中的若干关键问题进行探讨,特别提出通过非药物性物理热学途径建立相应的研究体系,并由此发展可望在临床中加以应用的物理诊断和治疗方法,从而为SARS的有效预防和控制提供相应的热学理论基础和技术支撑。

1.2 SARS医学工程学概要

自2003年初开始，为了寻求能够对付SARS病毒的方法，人们投入了大量的时间和经费用于此类技术的研究。SARS医学研究遍及相当广泛的领域如药物学、病理学、病毒学、临床医学、流行病学、生物技术、医学工程等。世界范围内的一些著名医学研究机构均紧急启动相关课题，而且，为实现该领域研究的迅速突破，WHO组织成员中的许多国家和地区机构，在全球范围内进行了堪称典范的通力合作，并创造了在极短时间内即取得科学发现的佳绩。不少国家和地区如美国、加拿大、越南、新加坡及中国香港、中国台湾等的一些重要项目均对SARS研究及时给予了大力支持。在中国内地，从政府各级部门到社会各界尤其投入了巨大的人力物力寻找解决办法，并在许多关键问题如临床急救、中医施治、心理康复等方面取得了可喜的成绩，可以认为，在SARS临床救治和疾病流行性分析方面，中国积累了可能是世界上最丰富的资料。

SARS医学科技涉及相当广阔的学科范畴。前期开展最多且成效较为显著的是SARS应急救治措施，随着这一医学领域逐步走向成熟，并向科学化和系统化方向发展，人们的注意力必然转向与SARS医学密切相关的各类基础医学生物学研究上来。尽管目前离最终解决问题仍相距甚远，我们相信，与SARS医学相关的突破可能会悄然来临，它不仅仅意味着人类找到战胜SARS的武器，其意义将远胜于此。

SARS急救医学的含义是指利用一些传统或新兴技术完成的临床救治工作，其任务部分体现为对灭活在体或离体SARS病毒并有助于人体恢复生理、心理健康起关键作用的技术。这种含义当然是十分广泛的，它包括这样一些广阔领域如药物疗法、免疫预防、物理施治等。生物医学工程学正属于由上述定义界定的新领域，它是所谓利用非药物性或药物与物理、化学方法等相结合的新型技术，借助于这类技术，人们可以在无须拥有特效药物的情况下即实现对SARS的成功救治。

当前的SARS研究主要集中在药物和疫苗问题上，今后会朝更宽方向发展。比如本书阐述的非药物性物理热学方法即属于这样的范畴。一切由SARS引发的科研工作都是与实际应用密切相关的。对于所有SARS医学技术应用来说，全面了解人体在感染SARS后的各种物理、化学体征包括热行为等已经成为迫在眉睫的任务，在此方面，以数理为基础的医学工程学必然会发挥重要作用。正如与所有领域内SARS课题研究的蓬勃发展态势一样，SARS医学工程学也正在成为新兴的学科分支之一。

SARS涉及大量的生物热医学工程知识，如下我们先扼要介绍该学科领域的一些基本概况和研究课题，并随后介绍一些SARS医学中的典型热学示例，但其远

远不能代表该学科的全貌，因为 SARS 医学工程学的内涵正不断扩展。

1.3 SARS 病毒存活性及其侵害人体的典型热特征

在 SARS 流行、诊断与治疗中，均要涉及这样一些关键问题，即 SARS 病毒在体外及机体组织内能存活多久，SARS 病毒如何攻击肺泡组织并造成患者病情恶化以及如何建立有效的诊断和治疗措施等。实际上，这些问题均可通过一定的生物热学方法加以研究。

让我们先来分析一下 SARS 的一些典型特征。

WHO 国际研究协作组及中国科研工作者最近对 SARS 冠状病毒在数种环境条件下的存活时间进行了测定[5,6]。初步结果显示，SARS 病毒的体外存活时间可从数小时到数天甚至更长，如此大的跨度出人意料。实际上，上述结果反映的仅是某个局部，而 SARS 病毒的存活性是一个相当复杂的问题，与其周围环境及人体自身健康状态密切相关[7]。此方面，基于温度依赖型速率理论可以得出清晰的认识，本书后文将对此予以详细介绍。

对 SARS 病理发展的研究表明，SARS 感染者在头一星期时，病毒会在上呼吸道和肺泡壁大量复制，从而引起患者高热与干咳。人体免疫体系发现外来病毒时，即开始紧急运作，产生大量白细胞。然而，若 SARS 患者免疫系统反应过度，却会破坏肺泡周围的毛细血管，使其破裂并出现纤维化。实际上，受 SARS 病毒侵害，肺泡壁部位会因旺盛的病毒复制和细胞分裂、破损行为，加速其氧耗；另一方面，由于肺泡壁细胞受到病毒攻击，造成此处细胞破裂及细胞内外液体失衡，从而在肺泡壁表面形成一道屏障，外来氧气因此不易越过该屏障而进入组织，造成供氧不足，人体全身肌肉无力，进而引起患者极度呼吸困难甚至死亡。对 SARS 患者的肺部拍照显示，病毒攻击的主要部位是支气管末端的微小肺泡，而该部位正是人体吸收氧气后与内部组织发生交换的场所。由于炎症反应，SARS 患者几乎百分之百的出现体温过高的特点。因此，紧紧把握住这些热学因素，对于深入揭示受 SARS 病毒侵害后肺泡组织的热量、呼吸道气流特点及耗氧机理、并研制相应的医疗器械显得十分重要。

另外，在 SARS 医务环境中的防暑降温方面，也提出一些关键性热医学工程学问题。比如，在夏季，SARS 隔离病房中医务人员和患者会面临更为严峻的考验，威胁来自高温。生理学上，过高的体温会引发一系列严重的机体负面效应；而持续的高强度排汗则会造成水盐代谢紊乱、体内酸碱失衡、渗透压失调；与此同时，机体过热则会使得氧的供应、输送和利用能力下降，进而影响到细胞的正常代谢并引发坏死。由于 SARS 病毒具有高强传染性，现有空调类降温装置均很难用于 SARS 隔离病房(它们会加剧病毒随空气的流通)。另一方面，SARS 病人受到病毒攻击

需要全本请访问 www.ertongbook.com

后，机体代谢率显著升高，造成热量聚集，引起体温上升。所以，对这些问题的工程化研究对于降低SARS患者死亡率、提高医务人员工作效率和减少被传染的可能性具有重要的现实意义。

值得指出的是，自SARS暴发以来，在公共场所采用红外测温已成为筛选潜在SARS患者的首选方法。然而，如何正确理解测试结果与疾病之间的关系却鲜有研究。在SARS无损伤诊断中，体表温度与实际病理状况之间的准确关联十分重要。此方面，应全面考察人体三维传热机制，并研究体表的辐射、汗液蒸发、气体对流和热传导以及肤色、组织内真实热参数等的效应，从而准确揭示体表热状态与发热状况之间的关系，为SARS热图诊断提供重要的热科学依据。

1.4 SARS医学中的一些基础工程学问题

根据以上论述，可以归纳出一些有待探索的典型的SARS医学工程热学问题，其解决将为SARS的预防、诊断和救治工作提供部分关键技术基础。这里对此略做阐述。

(1) 从热科学角度出发，可以建立一种相对完整的分析SARS病毒在体外及体内存活规律的方法，研究结果会对如下问题的认识打下基础：①SARS病毒存活时间预测，利用所建立的定量理论及基于实验估计出的某些重要参数，可对较宽温度范围内SARS病毒的体外存活时间作出预测，从而在一定程度上免除大量实测的困难。这对于全面考察高传染型SARS病毒的行为十分重要，对于正确认识现有或即将开展的测试工作会有积极的指导意义；②分析酶变性及免疫反应对SARS病毒存活及复制问题的影响规律；③了解SARS病毒变异性及其与机体亲和性问题；④揭示酸碱环境及消毒液的影响规律；⑤解释包裹物中SARS病毒存活时间增长的原因。所建立的速率方程也将对探索工程治疗及检测方法提供重要启示；在此基础上还可进一步借助于有关试验数据，对SARS病毒受电、光、酸性环境等物理因素作用的规律开展研究；建立细胞及组织层次受病毒侵染的数学模型；深入揭示病毒在普通物体及细胞膜表面的黏附机制。

(2) 在SARS基础热医学工程问题研究上取得的突破，可望建立新的理论描述工具。比如，从热科学定量理论出发，可建立SARS发热问题的数学物理模型，从而对因肺部感染而引起的人体体表热图的奇异性作出解释。针对SARS病人或疑似病人体征，要开展相应热学监测方法及测试装置研究。此方面可从生物传热学角度出发，探明体温与SARS发病的关联性、特异性，提高基于发热症状诊断疾病的准确率；而在探索SARS快速诊断的热学方法方面，涉及对SARS病人局部(特殊部位)、全身体表热图的空间及时间依赖性规律研究，以及探索现有红外测温设备的经济性替代装置等。

(3) 可建立基于监测呼吸道气流的热参数从而对 SARS 症状及病程发展做出判断的方法,通过测试患者呼吸气体的温度、湿度及氧浓度、呼吸频率、呼吸通量等因素,判断病程,以便为临床给药提供依据。这是因为,SARS 病程发展相当复杂,所以临床上给药时机并非一成不变,需根据相应的症状针对性给药,以减小不利因素。而目前 SARS 救治难点之一在于缺乏对病程判断的方法,我们认为,合理的监测应该成为一种重要渠道。由此开展的呼吸道热流体参数的监测措施将为此提供可能。

(4) 针对环境潜伏 SARS 病毒,可探索有别于现有消毒液、紫外线杀毒等途径的高温灭活方法,比如,发展用于消除环境潜伏 SARS 病毒的高温灭活装置,其优点在于:热方法高效、安全、无毒、无污染、杀毒彻底、经济、易于推广,可在许多场合替代喷洒消毒液方式。还可通过系统的数值模拟及房间热测试、评价通过封闭受污染房间予以加温杀灭病毒方案的可行性,研究实际可用的装置。

(5) 在防暑降温医护装备方面可建立完善的科学基础。该问题的背景在于:SARS 隔离病房禁开空调,医护人员处高温环境时,身着密不透风防护服,散热存在严重问题。体温过高对身体状况威胁极大,严重影响医护工作。自医疗卫生部门呼吁解决该问题的报道发布后,社会各界都纷纷踊跃援助,但系统化、规范化的研究工作不多,因此需要对人体产热和散热问题进行系统考察,提出性能比较完善的个体防暑降温装备,并对 SARS 隔离病房的热设计做出评价。此外,还要特别针对高发热 SARS 病人,提出可行的物理降温技术与装置,课题的开展可有助于降低病人危险,提高治愈率及缩短疾病治疗周期。体温持续过高已成为 SARS 病人死亡的重要原因之一,如何行使有效的降温十分关键,应着重对一些体表、体内降温措施做出全面评价。

(6) 在 SARS 疾病的治疗方面,应探索可行的热学物理方法及器械。实际上,基于 SARS 冠状病毒对温度、湿度及酸碱环境等物理因素敏感的特性,可探明相关规律,发展有效的医疗方法及器械。如针对呼吸道、消化道、眼睛等病毒易于侵害的部位可望发展热学、电学防治方法,并研制出无创或微创医疗器械,以用于消除病症的局部或全身热疗装置;此方面也包括研制用于 SARS 手术防护和病人监护的装置。此外,要全面评价 SARS 急救医学中的现有供氧技术及装置,研究新型给氧技术中的理论和实验问题。高效供氧对于缓解病人痛苦、减少后遗症及降低死亡率具有至关重要的临床意义。在各种为提高 SARS 疗效而作出的努力中,对肺泡供氧、并对患者免疫功能加以调节的支持性疗法,已被确认为最有效的急救措施之一。显然,相关的系统化研究亟待开展。

1.5 SARS医学研究中的方法学问题

SARS病毒行为发生在三类空间尺度内，即其自身存在的纳米尺度，它所攻击的细胞又在微米范围，而最终体现却反映到人体组织和全身。所以，对SARS病毒的研究无疑要综合考虑其微观及宏观行为。

目前由于缺乏疫苗、特效药物及治疗方法，在侵入体内的SRAS病毒发生严重复制前，对肺部重点实施物理干预，可能建立有效的临床救治措施；而根据SARS症状体现出的若干热物理体征，则可望发展出快速、有效的临床诊断技术；基于SARS病毒在各种热环境下的暴露和黏附情况，借助于有关热力学损伤概念，可以建立定量描述SARS病毒在体外及体内环境中存活与复制的理论；基于SARS病毒对热和酸碱度敏感的特点，则可发展出无污染、安全且快速有效的环境病毒灭活方法和装置，并可能建立临床上有效的康复技术。热医学方法旨在从理论和实验两方面揭示人体感染SARS后这一特殊状态下肺泡组织内的关键传热传质机制，通过考察不同热状态及供氧方式下实验动物肺组织内及其体表的温度场、肺泡壁病毒浓度场发展规律及氧分传输与消耗的动力学机制，探索相应的热学监测与评价方法，寻求适宜于临床应用的高效肺保护措施，为SARS急救医学的进展提供相对系统的热学物理基础，为研制开发相应的SARS监测与康复仪器创造条件，也为SARS临床医学的整体发展增加热医学工程学方面的技术储备。

针对SARS的临床特点，现虽已探索出一些救治方法，但进展仍偏于迟缓。原因之一可能是基础医学工程学手段的介入很少，由于对SARS发生时患者肺部所发生的一系列相当特殊的热学物理机制（包括病毒浓度扩散、传热学、热力学、血液流体动力学及氧气的输运和消耗等问题）的认识存在诸多空白，制约了SARS康复医疗技术的持续进展。迄今，国内外学者对SARS诊断及救治的研究几乎都是从药物和疫苗的角度开展的，而从工程上，尤其是热科学的角度，却很少涉及。所以，为揭示SARS发生发展的规律，需要建立一整套有效的热学监测和临床救治方法，以定量揭示肺泡组织内氧输运、病毒浓度场及热场的变化规律，进一步探索相应的医学应用途径。全面了解肺泡及其组成单元在受SARS病毒侵害情况下的氧分传输行为对于发展高效的SARS康复技术与热监测仪器具有重要的意义，而这些问题本身也是热医学工程学向SARS临床医学纵深发展的必然，毫无疑问，SARS诊断与治疗正成为临床急救医学中最为重要的课题之一。目前，对这一领域的研究尚处于开端，相应工作的开展将会促成一些新的SARS医学工程学应用，并有可能开辟新的热医学工程前沿课题，为有关基础探索提供新的研究手段，可以认为，未来一些最有效的SARS康复措施在很大程度上将建立在这类应用基础研究中。现在，人们逐渐认识到研究SARS侵害下肺泡组织内的氧传输机制的重要性，但已有

的知识不足以描述所观测到的现象。

总之，SARS 临床医学牵涉预防、诊断和治疗等诸多方面，决非单一学科所能解决。这里阐述的也仅是从热学的角度对 SARS 医学研究方法的探讨。针对前期医学实践，应全面评估现有呼吸重症救治中的各种医学工程途径、研究态势和基本研究方法，着重考察其中典型的康复和监测程序，探索新型高效康复仪器的设计、制造和应用策略；基于系统的理论与实验研究工作，应对若干典型的康复案例进行分析，从而为今后 SARS 急救医学的有效实施提供实质性的参考意见。而且，通过系统论述，可进一步促成热科学与 SARS 康复医学的交融和相互拓展，开辟新的生长点并将研究不断推向深入。

针对当前 SARS 预防、诊断和救治中的关键环节，可以提炼出 SARS 临床急救所需解决的许多基础医学工程学课题。而且，可以预计，从理论和实验两方面得到的认识对于 SARS 医学来说将是崭新的内容。因此 SARS 医学工程学研究是一个能充分将理论与实践良好结合的前沿课题，体现了医学与工程学相互交叉的特点。其研究还可带动相关研究的进展。可以预见，这方面所建立的一些理论和实验研究方法会丰富 SARS 的预防、诊断和治疗研究工作，并将积极推动 SARS 医学技术的进步。

1.6 SARS 急救医学的一些研究态势及展望

目前，国内外在 SARS 的预防、诊断和救治方面，已投入大量的人力、物力和财力展开协同攻关，但主要的精力几乎都集中在基因、药物和疫苗研制方面，非药物性物理方面的问题被注意很少。即使从世界范围内的发达国家看来，明确地从工程角度对 SARS 加以研究的态势尚未形成。实际上，在整个 SARS 科学研究方面，物理学及工程方法也必将发挥重要作用。中国是 SARS 主要发病区之一，科研人员对其危害有深切体会，若能及早做出迅速反应，积极开展相关医学工程学课题研究，必能率先取得一批实质性成果，这一研究还将带动相关的呼吸病救治工作的开展。实际上，在传染病预防扩散、环境消毒处理、SARS 救治及医护保障的每一个环节中，已暴露出大量的医学工程问题急需解决，相应进展将成为今后战胜 SARS 疾病的重要技术保障。当然，由于 SARS 科研中所涉及的医学工程学领域也是多方面的，本书介绍的内容只是其中非常有限的一部分。作者将主要从生物热医学工程学的角度出发，力求系统考察若干在 SARS 预防、诊断和救治中可望发挥重要作用的关键热学问题。作者撰写本书的目的之一是希望能促成更多医学工程分支领域的学者对 SARS 的关注及研究，从而为早日建立有效治疗和诊断方法做出多角度的贡献。最后，必须指出，21 世纪的临床医学是全面建立在科学与技术的基础上的，开展有远见的研究常常是应对重大突发医学事件的出发点，在 SARS 医学

研究方面也同样如此，这要求系统探索生物热医学工程学中的一些基本现象、效应及用以研究这些问题的理论、概念和方法。本书讨论的内容可以算是此方面的一个初步尝试。

正如世界卫生组织专家所告示的那样，SARS已成为进入21世纪以来威胁人类健康最严重的疾病之一。对相应防治机制的探索任重道远。目前所做出的种种努力，只是SARS防治战役的一个开端。SARS的突发是对人类的一种警示，面对这一事件，人类应变能力的提高和超前意识显得极为重要。这不仅仅反映在国家和地区的卫生管理层面、普通百姓的迅速应对上，对科技界快速研发的紧迫要求又何尝不是如此呢？SARS的暴发已对科技研发的速度及应急体系的完善提出极高的要求。就像本次全球科学界围剿SARS病因的情况看来，世界范围的通力合作已初见成效，科学家们可以在较短的时间内迅速锁定病毒种类，并完成相应的基因组测序。SARS带给我们的思考，远远不止于现在所注意到的各种现象，其对科技、人文、社会、经济、协作、安全乃至历史等的冲击效应，恐怕只有在今后相当长一段时间之后才会看得更清楚。

参 考 文 献

[1] 杨焕明. 图说非典型肺炎防治. 北京：科学出版社，2003

[2] 贺福初，朱云平，王东根. SARS——严重急性呼吸系统综合征. 北京：科学出版社，2003

[3] 朱元珏，蔡柏蔷. 重症急性呼吸系统综合征(SARS)诊治. 北京：人民卫生出版社，2003

[4] 刘静. 非药物性物理方法战非典. 科学时报，2003年4月29日第3版

[5] WHO multi-center collaborative network on SARS diagnosis. First data on stability and resistance of SARS coronavirus compiled by members of WHO laboratory network. http://www.who.int/csr/sars/survival_2003_05_04/en/index.html, accessed on May 5, 2003

[6] 张小军，廖雷. 非典病毒生存能力比预想强——对热辐射紫外线敏感. 新华网，2003年6月3日

[7] 中国气象局. SARS病毒传播与气象条件有关. 人民日报，2003年6月5日

第2章　温度与生命

2.1　导　　言

在众多的物理因素(如电、磁、声、光、热等)中,温度是最重要的因素之一,它显著地影响着各种尺度水平上的生命行为,自然界的长期演化使得各类生物均有其最适宜生存的温度范围,一旦环境温度发生改变,则往往会带来一系列后果,对于人类这种高等生命体更是如此。在长期的医学实践中,人们也基于许多生物热学效应发展出大量有用的技术。

温度与生命的关系长期成为交叉于热科学、生物学、医学、仪器科学等领域的重大课题。在种种生物热现象背后蕴涵着大量的生物医学应用前景,如不完全列举的一些内容有:生物材料和微小生命个体的保存、低温外科、高温肿瘤热疗和光动力学疗法、激光外科、热康复技术、疾病热诊断、温控药物输送、烧伤、冻伤、烫伤等,此方面的知识对于理解生命的过程、生物对各种冷热环境的响应、各种工业产品热安全标准的建立、发展极端温度下的热保护装置及大量的临床热应用会产生重要的影响,可为热生理机制的探索、动物恒温机制的揭示包括热舒适、热感觉等复杂的生理、心理问题的解决提供科学依据,为各种热医学仪器、热理疗仪、热诊断仪、热保健器械及生物技术产品的开发奠定基础。揭示温度与生命的关系对于理解生命起源这类基础问题也有重要意义。由于 SARS 医学涉及大量生命热学问题,本章将对此予以扼要介绍,以利于进一步的深入探讨。

2.2　生物体的温度概念

哺乳动物只能在一个非常狭窄的温度范围内生存,且其体温上下不能超过10℃。与医学目的密切相关的关于温度与生命的研究一般不外乎以下三类:①哺乳动物正常生理温度;②高于哺乳动物正常生理温度的情况;③低于哺乳动物正常生理温度的情况。每一范畴均涉及大量的相对认识较少的热物理问题。医学上关于温度的概念与工程上的理解不同。比如,在工程上,低温通常是指比 -120℃更低的温度范围,而在生物医学中,低温可从稍低于正常体温 37℃直至低于 -196℃,如亚低温医疗的温度仅略低于 37℃,植物耐寒性研究的温度范围在冰点温度即 0℃上下,而生物材料低温保存、冷冻手术中使用的低温探头温度可低至 -196℃以下。

需要全本请访问 www.ertongbook.com