

BRAIN DEATH=DEATH 脑死亡=死亡

# Brain Death

— Modern Thanatology

# 脑死亡

现代死亡学

陈忠华 主编

(Zhonghua Klaus Chen)



科学出版社

[www.sciencep.com](http://www.sciencep.com)

# 脑 死 亡

—现代死亡学

**Brain Death—Modern Thanatology**

陈忠华

主编

(Zhonghua Klaus Chen)

科 学 出 版 社

## 内 容 简 介

1959年,法国学者首次提出脑死亡概念。经过近半个世纪的摸索和实践,脑死亡标准日益完善,已逐步取代心脏死亡标准成为死亡判定的金标准。目前,全世界约有80个国家或地区颁布了成人脑死亡标准。而我国脑死亡研究起步很晚,仍有很多问题有待解决。

本书从基础医学、临床医学、医学伦理学、哲学、法学等多个方面对脑死亡问题进行了详尽的论述,充分证明脑死亡在医学、伦理学和法学上的合理性和可行性,并结合我国国情对我国现阶段脑死亡研究存在的主要问题一一予以讨论,例如,脑死亡与植物状态的区别、脑死亡的预防、脑死亡判定的标准程序、脑死亡立法的社会意义、脑死亡与器官移植的关系等。“脑死亡=死亡”是本书的核心思想,这一结论在现阶段和今后相当长时期内都将是一个严格的科学定义。

### 图书在版编目(CIP)数据

脑死亡——现代死亡学/陈忠华(Zhonghua Klaus Chen)主编:—北京:科学出版社,2004

ISBN 7-03-013269-6

I. 脑… II. 陈… III. 脑-死亡-研究-中国 IV. R339.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第028956号

责任编辑:马学海 盖宇 张继林/责任校对:刘小梅/责任印制:钱玉芬

封面设计:北京凌立广告有限公司 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>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2004年12月第一版 开本:B5(720×1000)

2004年12月第一次印刷 印张:35.3/4 插页:2

印数:1—2 000 字数:701 000

定价:88.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

# 《脑死亡——现代死亡学》编辑委员会

主 编：陈忠华

编写助理：袁 劲

参编人员：(按姓名汉语拼音排序)

- 卜碧涛 华中科技大学同济医学院同济医院  
陈新山 华中科技大学同济医学院  
陈雪春 《姑苏晚报》编辑部  
陈忠华 华中科技大学同济医学院同济医院  
广州中医药大学附属广东省中医院 (兼职)  
丁 岩 《现代家庭报》编辑部  
杜敦峰 华中科技大学同济医学院同济医院  
段德智 武汉大学哲学与宗教学系  
郭自力 北京大学法学院  
雷 霆 华中科技大学同济医学院同济医院  
李本富 北京大学医学部  
李舜伟 北京协和医院  
李幼平 四川大学华西医学中心  
林俊敏 广州医学院第一附属医院  
刘长金 华中科技大学同济医学院  
刘瑞爽 北京大学法学院  
孟凡刚 山东大学齐鲁医院  
邱仁宗 中国社会科学院哲学研究所  
史以珏 上海第二医科大学瑞金医院  
舒 凯 华中科技大学同济医学院同济医院  
宋儒亮 广东省委党校, 广东诺臣律师事务所  
苏雪娥 广州医学院第一附属医院  
孙东东 北京大学法学院  
孙 鑫 四川大学华西医学中心  
陶铁军 四川大学华西医学中心  
唐北沙 中南大学湘雅医学院

汪希娟 英国华威大学 (University of Warwick) 医学院  
吴承远 山东大学齐鲁医院  
徐弘道 中华医学会,《中华医学杂志》编辑部  
余承高 华中科技大学同济医学院  
袁 劲 华中科技大学同济医学院同济医院  
赵卫国 上海第二医科大学瑞金医院  
张苏明 华中科技大学同济医学院同济医院  
张天锡 上海第二医科大学瑞金医院  
周鸿敏 华中科技大学同济医学院同济医院  
周绍棠 华中科技大学同济医学院同济医院  
朱长庚 华中科技大学同济医学院  
Rihito Kimura 日本早稻田大学人文学院 (School of Human Sciences,  
Waseda University)

**资料收集:** 袁 劲、郭 晖、王 铮、王 蓓、杨 敏、汪希娟

# 序

我国受传统观念的影响，临床上习惯以“心脏搏动停止”作为死亡的标志，并以这个时刻作为个体的死亡时刻。但近年随着呼吸循环复苏技术、心脏人工替代技术的迅速进展，特别是心脏移植和心肺联合移植技术的成熟，彻底动摇了心脏在人类死亡判定中的权威地位。现代医学则认为，代表人体生命的首要生理特征是呼吸功能，而主宰呼吸功能的神经中枢是脑干。脑干是中枢神经至关重要的部位，一旦脑干死亡，一切脑干反射以及呼吸功能全部消失，而脑干功能的丧失必将导致全脑的功能丧失。目前，几乎所有的发达国家和地区都已采用了脑干死亡（脑死亡）作为临床人体死亡的标准。

“脑死亡等于机体整体死亡”这一重要的科学概念是早在 1959 年由法国学者 Mollaret 首次提出的。1968 年美国哈佛大学明确界定了脑死亡概念，并制定了人类第一个脑死亡标准——哈佛标准。脑死亡标准与传统的心脏死亡标准相比，更科学、更准确、更可靠。正因如此，目前全球实施脑死亡判定标准的国家/地区约有 80 个。应该认识到，我国推行脑死亡判定标准已是大势所趋，符合医学发展的规律。

作为我国器官移植创始人之一，我从 20 世纪 80 年代起就一直呼吁推行脑死亡标准。但由于当时国内各方面条件的限制，以及公众对脑死亡问题的认识不够，因而脑死亡标准一直未能在我国实施。此外，我国对脑死亡的研究起步太晚，而且缺乏足够的重视和统一的组织，严重阻碍了我国脑死亡判定标准的实施和立法。

华中科技大学同济医学院同济医院脑死亡问题专家、教育部“长江学者”特聘教授陈忠华博士有鉴于此，乃组织北京大学、英国华威大学、武汉大学、北京协和医院、上海第二医科大学、中南大学湘雅医学院、四川大学华西医学中心、山东大学、广州医学院等 17 个大专院校的 36 名专家共同编写了这本《脑死亡》专著，填补了我国在脑死亡问题上大型参考书的空白。

本书从基础医学、临床医学、医学伦理学、哲学、法学等多个方面对脑死亡问题进行了详尽的论述，充分证明脑死亡在医学、伦理学和法学上的合

理性和可行性。本书还对实施脑死亡判定标准可能产生的社会影响进行了初步估计，并提出相应的应对措施，这对脑死亡知识的普及有重要意义。

可以预见，本书将会受到广大读者，特别是医务人员、医学伦理学工作者和法律学家的广泛关注，并为推动我国脑死亡判定标准的实施和立法，做出重要的贡献。

裘法祖

中国科学院资深院士  
2003年冬至



裘法祖 男 汉族，1914年出生于浙江杭州。国际著名外科学家，中国科学院资深院士，华中科技大学同济医学院荣誉院长，同济医院外科学终身教授、博士生导师。

1936年就读于德国慕尼黑大学医学院，1939年以一等最优秀成绩获得德国医学博士学位。历任慕尼黑大学附属医院住院医师、主治医师、副主任医师，1945年受聘为Tölz医院外科主任。1947年初回国，历任上海同济大学医学院院属同济医院（后迁至武汉）外科学主任教授长达35年。1978年出任武汉医学院副院长兼器官移植研究所首任所长。1981年任同济医科大学校长，1984年迄今任同济医科大学名誉校长。

裘法祖院士从事外科学医疗、教学、科研工作达65年，致力于推动我国外科学发展，为我国培养了大批外科学专业人才，其中不少已成为国内外知名学者。他是我国器官移植学科主要创始人和奠基人之一。裘法祖院士自1956年起即为国际外科学会会员，历任全国外科学会副主任委员、中华医学会湖北外科学会主任委员、中华医学会外科学分会名誉主任委员、《中华外科杂志》副总编、《中华器官移植杂志》总编，为我国知名科普杂志《大众医学》（1948年）创刊人之一。主编《一般外科手术学》、《医学百科全书》（外科基础分册和普通外科学分册）、《黄家驹外科学》第四~六版、全国高等医学院校规划教材《外科学》（一、二、三、四版），并发表论文240余篇。

1978年被评为全国科技先进工作者，参加了全国首届科技大会，以门静脉高压症外科治疗获第一届全国科学大会奖；后因组织、领导、参与肝移植、体外培育牛黄等临床、科研项目而多次获得国家级重大奖项；1985年荣膺联邦德国大十字功勋勋章；2000年获中国医学科学院“中国医学科学奖”；2001年获中国医学基金会授予的“医德风范终身奖”；2003年获何梁何利基金科学与技术进步奖。1982年获联邦德国海德堡大学名誉博士学位；1985年被日本金泽医科大学聘为名誉顾问；并受聘为亚洲血管外科学会名誉会员、上海同济大学名誉教授、广州暨南大学名誉教授、香港中文大学外科学客座教授、香港外科医学院名誉院士。

裘法祖曾任第三届全国政协委员，第四、五、六、七届全国人大代表，是我国最早向国家政府机构提交脑死亡立法提案的医学家，多年来为此作出了坚持不懈的努力。

## 前 言

如果说脑科学能被誉为当代科学之前沿和当代医学之巅峰，那么脑死亡则能代表脑科学和临床医学中最为终极的问题。

脑死亡的概念虽由外国人提出，但中国人对死亡问题提出之早和认识之深刻决不落后。《论语·先进》记载：季路问事鬼神。子曰：“未能事人，焉能事鬼？”曰：“敢问死。”曰：“未知生，焉知死？”也就是说，生的问题还没有搞清楚，怎么能了解死呢？老先生虽未能直接回答“死”的问题，但却提出了一个“生死相对论”原理。整个脑死亡判定标准实际上都是在寻找重要生命迹象是否存在的证据。如果完全找不到，那就是死亡。作者相信圣人在世之灵听完这番话一定暗自高兴。

没有呼吸机也就没有单独提出脑死亡概念的必要。因为“心-脑死亡”或“脑-心死亡”在时间上是紧密地联系在一起。心死-脑死互为因果，其间隔不过以分钟计算。呼吸机和复苏技术的出现和应用彻底打破了这种联系。呼吸机可使脑死亡后心跳长时间维持。心死不再代表脑死；脑死心亦可不死。于是才有本书要讨论的“心死-脑死孰是孰非”问题。人的死亡究竟是以“心死”还是“脑死”作为标准？医学界、伦理学界一直存在争议。

2003年12月18日，就在本书完稿之时，我带领研究生做了一个简单的实验\*：用外科手术将6只成年狗自颈部完全离断，只用呼吸机，其心跳可维持20个小时至数天不等。该模型以简单而直观的方式告诉我们，这种情况下，有心跳绝不意味着生命继续存在。

星星之火熄灭后也许还会有一缕青烟，但青烟的存在决不等于星星之火还可以死灰复燃。根本无法想象我本人在大脑完全失去活力之后还被人认为活着，还要继续用机器和药物维持呼吸和心跳将是什么一种滋味。因为那时我连想象力也死亡了。

“脑死亡 = 死亡”就是本书试图要论证的一个再也简单不过的公式。本书

---

\* 葛宗渔. 我科学家实验证明：脑死亡等于死亡. 光明日报, 2003-12-22



作者愿将此书献给我们的亲人，希望他们能按该书所倡导的观念正确善待我们的最后时刻。

主编：Zhonghua Klaus Chen (陈忠华)

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Zhonghua Klaus Chen', written in a cursive style.

2003年12月20日于武汉

# 目 录

序 .....	裘法祖
前言 .....	陈忠华

## 社会学篇

<b>第一章 人类对自己生死存亡的基本认识</b> .....	陈忠华
第一节 关于死亡的悬念：宗教、神话和迷信 .....	1
第二节 死亡具有不可避免性和不可逆性两大特点 .....	2
第三节 生死律与人类抗争 .....	6
第四节 关于人体死亡本质的科学探索 .....	8
第五节 关于“人”和人的定义 .....	10
<b>第二章 人类死亡概念和判定标准的演变和进化</b> .....	陈忠华
第一节 人体死亡的概念和定义 .....	13
第二节 死亡概念和定义的生物医学基础 .....	15
第三节 死亡标准制定的基本原则 .....	20
第四节 心死标准受到各种挑战 .....	21
第五节 “脑死亡=死亡”概念的建立 .....	25
第六节 死亡概念和标准的配套及沿革 .....	29
第七节 脑死亡：一个概念一套标准在现代医疗中的指导意义 .....	30
第八节 人体死亡终极标志及脑死亡不同定义 .....	32
第九节 对脑死亡概念的曲解导致各种严重误导 .....	37
第十节 带呼吸机死亡的 2 个典型案例 .....	38
<b>第三章 对死亡现象的哲学与宗教学思考</b> .....	段德智
第一节 对死亡现象的哲学思考（上）：西方哲学家论死亡 .....	41
第二节 对死亡现象的哲学思考（下）：中国哲学家论死亡 .....	50
第三节 对死亡现象的宗教学思考 .....	58
第四节 中国人的丧葬观和祭祀观 .....	66
<b>第四章 脑死亡与伦理学</b> .....	李本富、邱仁宗
第一节 脑死亡伦理学争论 .....	77
第二节 脑死亡伦理问题 .....	84
<b>第五章 脑死亡法律问题</b> .....	孙东东、刘瑞爽、宋儒亮、郭自力
第一节 概述脑死亡立法 .....	92

第二节	脑死亡立法必要性	106
第三节	脑死亡法理问题	141
<b>第六章</b>	<b>从医疗纠纷看医疗实践中脑死亡立法的必要性</b>	周鸿敏、陈忠华
第一节	关于“脑死亡”的世界及世纪之争	152
第二节	全社会关注的“生、死”之议	153
第三节	现代社会医疗纠纷的预防途径	155
<b>第七章</b>	<b>脑死亡立法的社会学意义、阻力和推动程序</b>	汪希娟、陈忠华
第一节	脑死亡立法的社会学意义	159
第二节	脑死亡讨论和实践中的无形阻力	162
第三节	脑死亡医疗实践和立法的推动程序	165
第四节	由脑死亡带来的若干新伦理学问题	167

## 医 学 篇

<b>第八章</b>	<b>高级中枢神经系统解剖</b>	朱长庚
第一节	延髓	170
第二节	脑桥	178
第三节	中脑	183
第四节	脑干网状结构	187
第五节	小脑	193
第六节	间脑	198
第七节	端脑	203
第八节	脑被膜和脑脊液	218
第九节	脑动脉供应和静脉回流	224
第十节	脑屏障与室周器官	229
<b>第九章</b>	<b>高级中枢神经系统生理</b>	余承高、刘长金
第一节	神经元与突触	232
第二节	神经递质与受体	238
第三节	神经反射	243
第四节	神经系统感觉分析功能	246
第五节	神经系统对躯体运动的调节	255
第六节	脑的电活动与觉醒、睡眠机制	267
第七节	神经系统对内脏活动的调节	271
第八节	认知、精神	286
<b>第十章</b>	<b>临床脑死亡判定标准(成人)</b>	李舜伟、徐弘道
第一节	脑死亡判定技术规范(成人)	297
第二节	制定我国脑死亡判定标准的过程中,专家组面临的问题和该	

标准的特点·····	304
附件一: 脑死亡临床判定实施研究 31 例·····	苏雪娥、林俊敏
附件二: 脑死亡临床判定标准之我见·····	张天锡、史以珏、赵卫国
附件三: 我国首例标准脑死亡判定及停止医疗一例报告·····	陈忠华、张苏明、卜碧涛
<b>第十一章 脑死亡与中枢神经系统检查</b> ·····	张苏明
第一节 脑死亡的物理检查·····	335
第二节 脑电图与脑死亡·····	340
第三节 脑干听觉诱发电位 (BAEP)·····	343
第四节 经颅多普勒超声 (TCD)·····	344
<b>第十二章 小儿脑死亡判定中的特殊问题</b> ·····	袁 劲、陈忠华
<b>第十三章 容易导致脑死亡的常见疾病——预防、诊断、治疗及预后</b> ·····	
·····	雷霆、舒 凯、唐北沙
第一节 颅脑损伤的抢救、诊治及预后·····	352
第二节 脑血管疾病和脑死亡·····	370
第三节 中枢神经系统感染和脑死亡·····	396
<b>第十四章 脑死亡鉴别诊断</b> ·····	吴承远、孟凡刚
第一节 持续性植物生存状态·····	412
第二节 深昏迷·····	417
第三节 去皮质强直状态·····	417
第四节 醒状昏迷·····	417
第五节 闭锁综合征、精神抑制状态与木僵状态·····	418
第六节 严重下丘脑损害·····	419
第七节 低温、药物及毒物对脑死亡判定的影响·····	420
第八节 脑死亡鉴别诊断中需注意的几个问题·····	422
<b>第十五章 心肺脑复苏概况与相关进展</b> ·····	袁 劲、陈忠华
第一节 心肺脑复苏·····	425
第二节 生命辅助技术概况·····	430
<b>第十六章 “头/脑移植”的历史、现状及问题</b> ·····	周鸿敏、陈忠华
第一节 复活——Mary Shelley 的恐怖小说·····	441
第二节 Dr. Robert J. White——现代 Victor Frankenstein?·····	442
第三节 “头/全脑移植”的历史与现状·····	442
第四节 全躯体移植外科技术·····	446
第五节 脊髓再生研究·····	446
第六节 全躯体移植免疫问题·····	447
第七节 全躯体移植受体和供体·····	448

第八节	全躯体移植面临的社会伦理学挑战	449
<b>第十七章</b>	<b>人死亡后机体的早期变化</b>	陈新山
第一节	概述	455
第二节	早期死后变化	459
第三节	死后化学变化	473
第四节	死后人为现象	475
<b>第十八章</b>	<b>脑死亡卫生经济学问题</b>	李幼平、陶铁军、孙  鑫
第一节	脑死亡卫生经济学问题的提出	479
第二节	脑死亡卫生经济学的意义	480
第三节	临终医疗、重症监护和脑死亡	481
第四节	临终医疗卫生经济学	483
<b>第十九章</b>	<b>脑死亡与器官移植的非必然联系</b>	袁  劲、陈忠华
第一节	脑死亡者供器官移植	496
第二节	脑死亡者组织、器官捐赠伦理学原则	501
第三节	目前存在的问题	504
<b>第二十章</b>	<b>脑死亡后病理生理改变及器官捐献处理原则</b>	杜敦峰、陈忠华

## 纪  实  篇

<b>第二十一章</b>	<b>脑死亡问题专访</b>	丁  岩
第一节	全息透视人体死亡	516
第二节	推开脑死亡的社会之窗	523
<b>第二十二章</b>	<b>中国脑死亡启蒙运动纪实</b>	陈雪春
第一节	英伦车祸揭开脑死亡真相	529
第二节	中国脑死亡启蒙运动不算很成功	532
第三节	从首例脑死亡器官移植到首例脑死亡宣布	537
第四节	中国脑死亡立法进入准备阶段	542
<b>第二十三章</b>	<b>日本脑死亡和器官移植状况</b>	Rihito Kimura、周绍棠、陈忠华
<b>附录一：</b>	<b>脑死亡问题相关报道摘要</b>	551
<b>附录二：</b>	<b>中国脑死亡判定标准及脑死亡立法大事记</b>	554
<b>附录三：</b>	<b>中国成人脑死亡判定标准（征求意见稿）</b>	556
	彩图	



陈忠华 (Zhonghua Klaus Chen) 男 1954 年出生于湖北武汉。1985 年毕业于同济医科大学 (MM、MD), 1996 年获英国剑桥大学博士学位 (PhD Cantab)。曾任英国剑桥大学高级研究员 (SRA)。主攻外科学、器官移植学、免疫学、医学伦理学和医学立法问题。现任国家教育部“长江学者”奖励计划特聘教授、华中科技大学同济医学院器官移植研究院院长、中华医学会器官移植分会副主任委员, 亚洲移植学会理事等职务。发表学术论文 93 篇, 其中 SCI 收录 28 篇, SCI 他人引用记录 200 余次。在脑死亡理论及实践上的贡献有: 2001 年, 创立我国第一个脑死亡学术医疗团体——同济医院脑死亡协作组; 2003 年 2 月, 带领同济医院脑死亡协作组完成我国首例标准脑死亡判定及停止治疗; 2003 年 11 月, 实施我国首例儿童脑死亡判定及停止治疗, 并首次公开接收无偿自愿器官捐赠。脑死亡者捐赠的双侧肾脏使两位患尿毒症儿童重获新生。2003 年 12 月, 首创脑死亡动物模型: 一只实验狗头部切除后, 仅用呼吸机维持心跳达 20 小时。该实验证明了心脏不能作为死亡判定的靶器官; 脑死亡 = 死亡。《现代健康报》将以上工作列为 2003 年度第 3 大健康新闻及 2003 年度八大医学人物。2004 年 1 月 8 日, 人民网将以上工作评为 2003 年度 10 大医学新闻第 7 位。

## 第一章 人类对自我生死存亡的基本认识\*

### 第一节 关于死亡的悬念: 宗教、神话和迷信

自古以来, 死亡就是一个充满悬念的话题。人类对死亡充满想象, 并赋予各种哲学、宗教的内涵甚至迷信的色彩。什么是死亡? 人为什么会死? 什么时候死? 如何死? 人有没有灵魂? 这些问题一直都困扰着神学家、宗教人士、哲学家、医学家甚至每一个普通的人。关于死亡的话题, 始终只是猜测, 从来没有满意的答案。前人通过不断地生活实践、观察、思考, 对死亡问题做出了大量的研究并留下了丰富的文化遗产, 然而人类对死亡的认识并未就此了结。

我们的祖先希望揭示生命的奥秘和死亡的本质, 渴望获得健康长寿, 甚至永恒的生命。他们对死亡做出了各种各样的解释, 虽然有些从现代科学看来相当奇妙和荒谬, 但这些毕竟是人类文明的一部分, 是人类对死亡问题进行探索的历史轨迹。

在不同文明的神话世界中, 我们听说过各种各样掌管人类生死大权的神话人物, 例如古埃及的阿努比斯 (Anubis) 以及中国的阎罗王等, 他们都是死亡的宣判者, 或者是地府的统治者, 完全主宰着人类的生死沉沦。人类创造出这些神奇的人物是因为在当时的历史背景下, 无法解释个体的生死奥秘, 无法揭示生命的

\* 本文承蒙袁劲、汪希娟、周鸿敏、郭晖协助收集有关资料, 在此表示感谢。

本质，因此也就将死亡看作是神的旨意。人们期望虔诚的祷告会得到神的恩赐，并获得更长久的生命，甚至起死回生；认为作恶多端会受到神的惩罚，死后被送进阴府地狱（如希腊神话中的 Hades）；行善积德则会进入天堂。医学的落后，使得人类在疾病和伤痛面前显得束手无策，这就更加使他们坚信，神和神的超自然力主宰着人类的生老病死。在长达数千年的时间里，人类都坚信神的存在。

大多数宗教都排斥死亡是生命终结的想法，认为死亡只是个体阴阳界面的转换。米开朗基诺的名画《最后的审判》中所描绘的阴河摆渡鬼凯农就专施这种转换。我国藏传佛教的《轮回图》描绘众生流转轮回、沉陷生死之景观，以壁画和唐卡（藏式卷轴画）的形式广泛悬挂或绘制于藏地各大寺庙正殿大门之外侧。“轮回”，梵文是 Samsara，意为“流转”，即人的灵魂并不因身体的死亡而消失，而是转入另外一个实体。该图呈轮形，以象征往复不已、前无起点、后无终结之轮回。整个画面的主体结构为中阴阎罗法王口含六道轮回之轮，此乃三界六道众生无法超离轮回、摆脱中阴境界的绝佳写照。可谓“恐怖轮回大海中，生死波涛连天涌”。不过，大阿闍黎赞臣偈乐在其所著的《宝鬘论》中则认为，“死后身毁灭，如灯烬光熄”<sup>[1]</sup>。

很多宗教在死亡的概念上都认为死亡是灵与肉的分离，虽然分离的时空标准并不明确。奇怪的是宗教从未在医学关于死亡判定的临床标准上发生过争议，同时也承认死亡的不可逆性。祈祷神的回天之力，希望起死回生多半是迷信，而不是宗教。宗教在人死后所作的仪式具有“超度”的意思，即让灵魂安息或去该去的地方。这在心理学上对亲友具有良好的、积极的安慰作用。

## 第二节 死亡具有不可避免性和不可逆性两大特点

### 一、死亡的必然性与偶然性

从天体演化到基本粒子的衰变似乎都遵循某种从产生到消逝的过程。这一自然规律在生物界表现得尤为明显，生老病死似乎都是不可抗拒的。死亡是自然过程，并非受控于任何超自然力（super-nature）<sup>[2]</sup>。所有的人都必然死亡，但对每个人而言，他的死是意外的（偶然性）和无可避免的（unjustified violation），尽管他知道、他担忧<sup>[3]</sup>。正是这种死亡的必然性与偶然性注定了人类对于死亡认识上的悲剧性情节。

### 二、人类基因库在分子水平上界定了死亡的不可避免性

近年来，不断有研究显示，生物衰老进程可能与一种叫端粒的生物结构有关。端粒是真核细胞内染色体末端的一种特殊结构，由端粒 DNA 和端粒蛋白质

构成，其功能是完成染色体末端的复制，防止染色体发生融合、重组和降解。端粒 DNA 的长度对维持细胞的增生能力有重要意义，是触发衰老的分子钟。细胞在有丝分裂过程中，其端粒 DNA 序列会出现丢失，随着有丝分裂次数的增多，端粒长度不断缩短。当端粒 DNA 的长度缩短到一定程度时，可能启动某种阻止细胞分裂的信号，使细胞进入第一致死期（ $M_1$  期），即细胞开始衰老死亡。此时，如果细胞被病毒转染，或者某些肿瘤抑制基因如 *TP53* 等发生突变，则细胞可越过  $M_1$  期而获得额外增生能力，继续分裂。随着分裂次数的增加，端粒 DNA 进一步缩短，最终达到一个临界点，细胞即进入第二致死期（ $M_2$  期）。在  $M_2$  期，大部分细胞由于端粒太短而失去功能，导致细胞死亡，但极少数细胞通过激活端粒酶对端粒进行修复，从而维持染色体功能结构的稳定，具有无限增生能力，成为永生细胞。

端粒功能结构的维持依赖于端粒酶的活性。端粒酶由 RNA 和蛋白质构成，含有引物特异识别位点，能以自身 RNA 为模板，反转录生成端粒 DNA，使端粒延长，从而延长细胞的寿命，甚至使其永生化。正常细胞是将端粒酶限制在细胞核里的一个特定区域，只有在细胞分裂、端粒 DNA 需要修补时才把它释放出来。在肿瘤细胞内，可以检测到高度表达的端粒酶。这些异常表达的端粒酶可以随时对端粒进行修补，以维持端粒 DNA 的长度，从而使得肿瘤细胞可以持续增生，甚至成为不死细胞。端粒酶的异常表达也许是肿瘤发生的一个重要原因。

Bodnar 等<sup>[4]</sup>将人的端粒酶基因转入正常细胞中，使得端粒酶高度表达。活化的端粒酶使端粒 DNA 序列异常延长，细胞增生活跃，细胞寿命大大延长。这一实验有力地说明了端粒在生物衰老中的重要性。此外，世界上第一个克隆羊 Dolly 过早的衰老也与端粒有关。Dolly 是由其母体细胞克隆而来，它体内的端粒 DNA 长度与母体是一致的，在端粒酶没有被活化的情况下，随着细胞分裂次数的增加，端粒迅速缩短，最终细胞停止分裂，走向死亡。所以，严格地说，Dolly 是对母体生命的延续，而并非重生。

端粒 - 端粒酶之间的动态平衡决定了细胞的寿命，也注定了衰老死亡不可避免。也许随着科学技术的发展，人类可以通过修复端粒 DNA，从而延缓机体衰老的过程，但从目前的研究水平来看，还有很多问题有待解决。

随着生物医学科学的进步，人类逐渐认识到死亡是自然界万物生灵都要经历的必然过程之一。与出生、生长、发育、成熟、衰老一样，死亡是生命过程中不可缺少的重要环节。由于有了生死交替，自然界生灵才得以世代延续。尽管医学在不断地进步，但人类对死亡这一最终结局仍是无可奈何。死亡是机体生长发育的必然结果，不以任何人的意志为转移，不会因为科技的发达而消失，从这一点上来说，死亡是绝对客观的。世界上并不存在所谓主宰人类生死的神灵，也不存在长生不老的灵丹妙药。



### 三、在光速的限定下，时间的不可逆性 决定了死亡的不可逆性

尽管现代医学已相当发达，但仍不能起死回生。人们日常生活中听到的关于“起死回生”、“死而复生”的各种传说，既不是神的力量，也不是医学本身创造了奇迹，通常都是在死亡概念和判定标准上出现了错误。最常见的是心死概念和标准的错误运用。根据爱因斯坦相对论的时间公式，真正意义上的“起死回生”只有在时间倒退条件下才能实现。而时间（ $t$ ）的倒退只有在物体运动速度超过光速（ $c$ ）的条件下才能出现。

$$t = \frac{t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

遗憾的是到目前为止，人类还没有创造出可以让时间倒退的超光速时间机器（time machine）即：爱因斯坦飞船，也没找到穿越时空的蠕虫洞口<sup>[5]</sup>。最新研究表明，即使有一天能创造出爱因斯坦飞船，时间的倒退也最多只能倒退到飞船诞生之日。

### 四、尸体冷冻术是否意味着能延长生命？

1964年 Robert Ettinger 出版《The Prospect of Immortality》一书，从而激发了冷冻学（cryonics）的产生。一个名为 Alcor 的公司于 1972~1976 年在美国应运而生（图 1-1），称为“生命延伸基金会”（Alcor Life Extension Foundation）。其目标是将死亡者（如癌症病死患者）的尸体冷冻保存，期望有一天医学发达了再将“他们”解冻、治疗。1976 年 Alcor 实施首例人体冷冻保存（cryopresena-

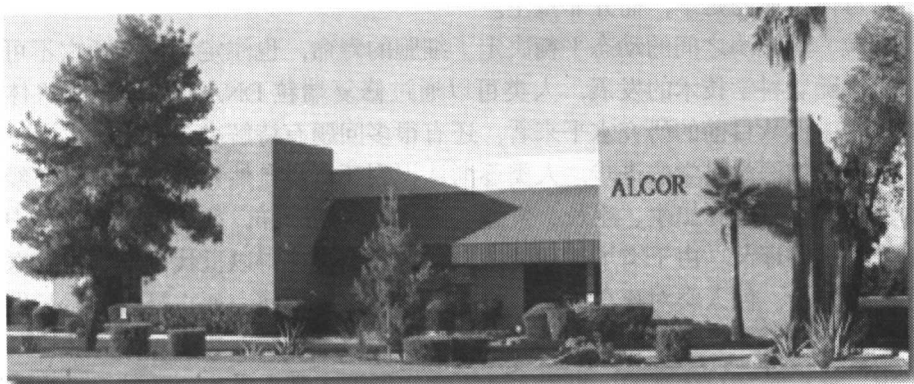


图 1-1 ALCOR 公司外景