



心瓣流体动力学

四川教育出版社

1
R318.11
KZH

康振黄 著

生物医学工程丛书 VI



A0035894

责任编辑：杨亚雄

封面设计：何一兵

技术设计：刘 江

生物医学工程丛书Ⅶ

心瓣流体动力学

康振黄 著

四川教育出版社出版发行

(成都盐道街三号)

四川省新华书店经销

自贡新华印刷厂印刷

开本850×1168毫米 1/32 印张9.875 插页9 字数213千

1991年7月第一版

1991年7月第一次印刷

印数：1—1500 册

ISBN7-5408-1541-8/G·1488 定价：5.90元



作者近照

作者简介

康振黄,1920年6月生,山西省五台县人。

1942年毕业于中央大学航空工程系(重庆),1949年毕业于美国纽约大学研究生部,获硕士学位。

历任重庆大学副教授,西南工专教授兼航空工程科主任,四川大学教授兼工学院院长,成都工学院教授兼教务长,成都科技大学教授、系主任、副校长,四川省人民政府副省长。

现任成都科技大学教授,生物工程研究所所长,生物力学博士生导师;中国生物医学工程学会副理事长;世界生物力学委员会(World Committee for Biomechanics)委员;全国人民代表大会代表;国务院学位委员会委员;四川省人大常委会副主任兼教科文卫委员会主任;四川省科学技术协会主席;中国民主同盟中央委员会副主席,四川省委员会主任委员。

发表有空气动力学、流体力学、生物力学等方面论文和译著。主编有《大自然探索》杂志,《生物医学工程丛书》,《四川外向型经济文化丛书》。

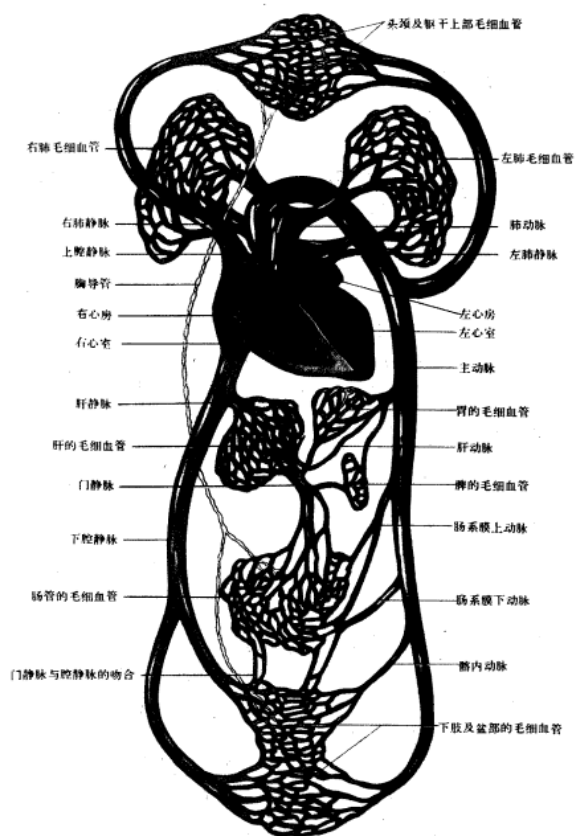
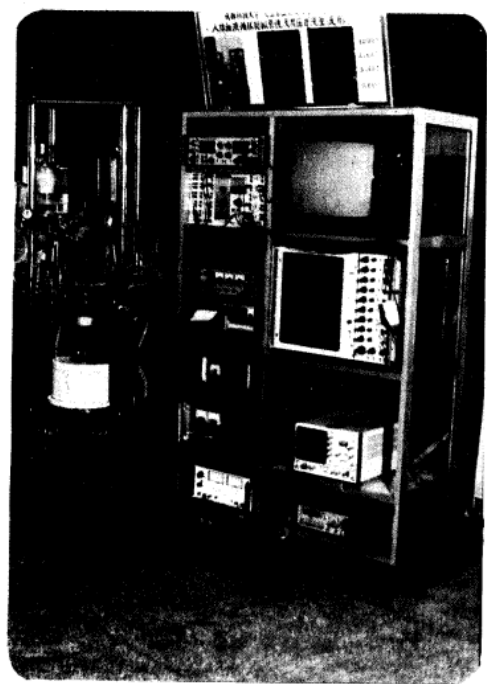


图 2-1 血液循环模式图



上：人工牦牛心包生物瓣（成都科技大学）

下：人工双叶翼形机械瓣（成都科技大学）



人工心肺流动实验台
(成都科技大学)

τ_{xy}

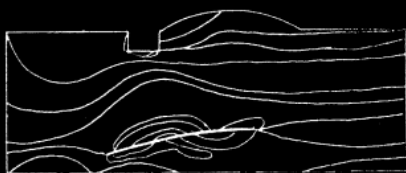


Figure 10. Contour lines of the shear stress

$Re = 1000$, $\alpha = 9^\circ 16'$, $t = 5\%$

翼形翼叶流场参数分布的有限元计算
(成都科技大学)

内容提要

心瓣流体动力学是生物力学中一个正在形成的分支科学。本书提出了建立心瓣流体动力学的体系框架，这在国内外还是一个新的尝试。

全书共八章。第一章：引言，第二章：心血管系统，第三章：流体与运动，第四章：基本流动，第五章：心瓣流体动力学，第六章：天然心瓣的流场与运动，第七章：人工心瓣（机械瓣），第八章：人工心瓣（生物瓣）。书中除附有丰富而有价值的参考文献外，还附有最新的人工心瓣国际标准的中译文。

序

在可敬的学术界和出版界朋友们的鼓励和支持下，我有幸主编这一套生物医学工程丛书，感到兴奋，也感到任重。

为什么要出这样一套丛书？我觉得，道理很简单。一句话，社会的需要。它既是促进医疗保健现代化的需要，也是开发新兴产业的需要；既是提高现代科学文化水平的需要，也是迎接世界新技术革命挑战的需要。总之，是社会的需要，是社会现代化的需要。

生物医学工程是一门新兴的综合性学科。到现在，人们有的对它感到陌生，有的看法不一，这都是很自然的。“生物医学工程就是生物学加医学加工程学，三合一”，这是一种看法；“生物医学工程就是工程学在生物学、医学中的应用”，这又是一种看法。我认为，无论是相加也好，应用也好，都有一定的道理。但是，从现实的情况，特别是发展的趋势看，还可以对生物医学工程再作一番深究。依我看，生物医学工程正在

形成一门现代工程科学，一门把生物学、医学和工程学由耦联到融合塑造而成的整体性现代工程科学，一门以生物体（现在研究的主体是人）整体及其各个组成系统和结构层次的动态和规律、生物体与人为条件，自然环境和社会群体的关系和规律为主要研究对象的生命工程科学。主要是人体生命工程科学。说到“工程”，老的概念是指修建、营造，中英文都如此。现代工程科学是指这样一种科学体系，它的任务是研究如何使物质（包括生物的和非生物的）、能源和信息，按照人们预期的目的，利用跨学科耦联性的原理和方法，在保证社会效益、经济效益和生态效益的原则下，转化成为适应人们需要的社会产品或社会服务业。和许多现代工程科学如能源工程、材料工程、信息工程等一样，生物医学工程也是一种现代工程科学，即人体生命工程科学。

这套丛书怎么编？我们有些想法和作法，且待实验来检验。第一，生物医学工程还在发展中，还没有一套完整定型的体系，我们也没有这样一套完整体系的工作准备。因此，我们不是先搞出一套全面的编辑构架来，然后逐项安排内容；而是根据有多少实际工作内容，出多少书。先求实，先不求全。第二，每本专书既反映这个专题研究领域的现状和可能的发展，更要有作者自己在这方面的研究工作和成果。力求在掌握动

态和开展研究的基础上，在“著书”的同时，还要“立说”，以此向读者奉献和求教。第三，丛书的编辑没有先验确定的组织机构，而是通过研究工作的结识，成果交流中的以文会友，靠学术交往，走到这套丛书中来，形成充分开放的合作。我们相信，开放的编辑系统有利于学术的繁荣。

这套丛书，希望能对从事生物医学工程和有关学科的中、高级科技人员的工作，有所帮助；同时，对有志趣进入或有兴趣了解生物医学工程科学领域的朋友们，起一些向导作用。说到底，一本书、一套书的作用，总是很有限的。但是，它所激发的社会响应，却可能要大得多。这，正是我们所追求的。

康振黄

一九八九年元旦

目 录

第一章 引言.....	1
参考文献.....	6
第二章 心血管系统.....	7
§ 2—1 血液循环系统.....	7
心血管系统.....	9
心脏.....	9
动脉.....	10
静脉.....	13
毛细血管.....	14
血液循环.....	16
§ 2—2 心脏.....	18
心脏的外形.....	18
心脏的内部结构.....	19
心脏的支架与心壁构造.....	22
心脏的自主收缩.....	23
心动周期.....	24
§ 2—3 心脏瓣膜.....	28
二尖瓣.....	28
三尖瓣.....	30

目 录

主动脉瓣.....	30
肺动脉瓣.....	32
瓣膜病变.....	32
参考文献.....	34
第三章 流体与运动.....	35
§ 3—1 关于流体的基本概念.....	35
连续性.....	35
易变形性.....	39
应力状态.....	39
粘性.....	44
§ 3—2 流体运动的描述.....	47
两种描述法.....	47
流线.....	51
流函数.....	53
流动的叠加.....	56
§ 3—3 流体动力学基本方程.....	60
连续性方程.....	61
运动方程.....	62
能量方程.....	71
边界条件.....	76
求解分析和举例.....	77
参考文献.....	88
第四章 基本流动.....	89
§ 4—1 管流.....	89
Reynolds实验.....	89
层流与湍流.....	91

转换.....	93.
Reynolds应力.....	96
§ 4—2 涡流.....	98.
环流.....	98
涡量.....	100
守恒问题.....	102
Bernoulli常数.....	103
无旋运动.....	105
点涡.....	106.
间断面.....	108
§ 4—3 势流.....	109
速度势.....	109.
流动表示式.....	111
复变量.....	112.
复势函数.....	114.
用复势函数表示的流动形态.....	115
薄翼理论.....	117.
§ 4—4 剪切流.....	122
剪切层.....	122
边界层.....	123
射流.....	126
参考文献.....	135.
第五章 心瓣流体动力学	136
§ 5—1 学科背景.....	136.
§ 5—2 临床背景.....	142.
§ 5—3 主要内容.....	153.

对象与特点.....	154
任务.....	157
§ 5—4 研究方法.....	158
离体研究.....	158
在体研究.....	164
参考文献.....	165
第六章 天然心瓣的流场与运动.....	167
§ 6—1 基本认识.....	167
§ 6—2 运动过程.....	170
主动脉瓣.....	170
二尖瓣.....	174
§ 6—3 关闭理论.....	177
涡流关闭理论.....	180
逆向压力梯度理论.....	184
对流波理论.....	190
潜伏涡理论.....	191
可塌陷管理论.....	192
简要评述.....	192
§ 6—4 综合因素分析法.....	194
假设条件.....	194
解析方法.....	196
求解结果与说明.....	197
实验验证.....	201
§ 6—5 病变心瓣流场.....	205
参考文献.....	210
第七章 人工心瓣(机械瓣).....	213