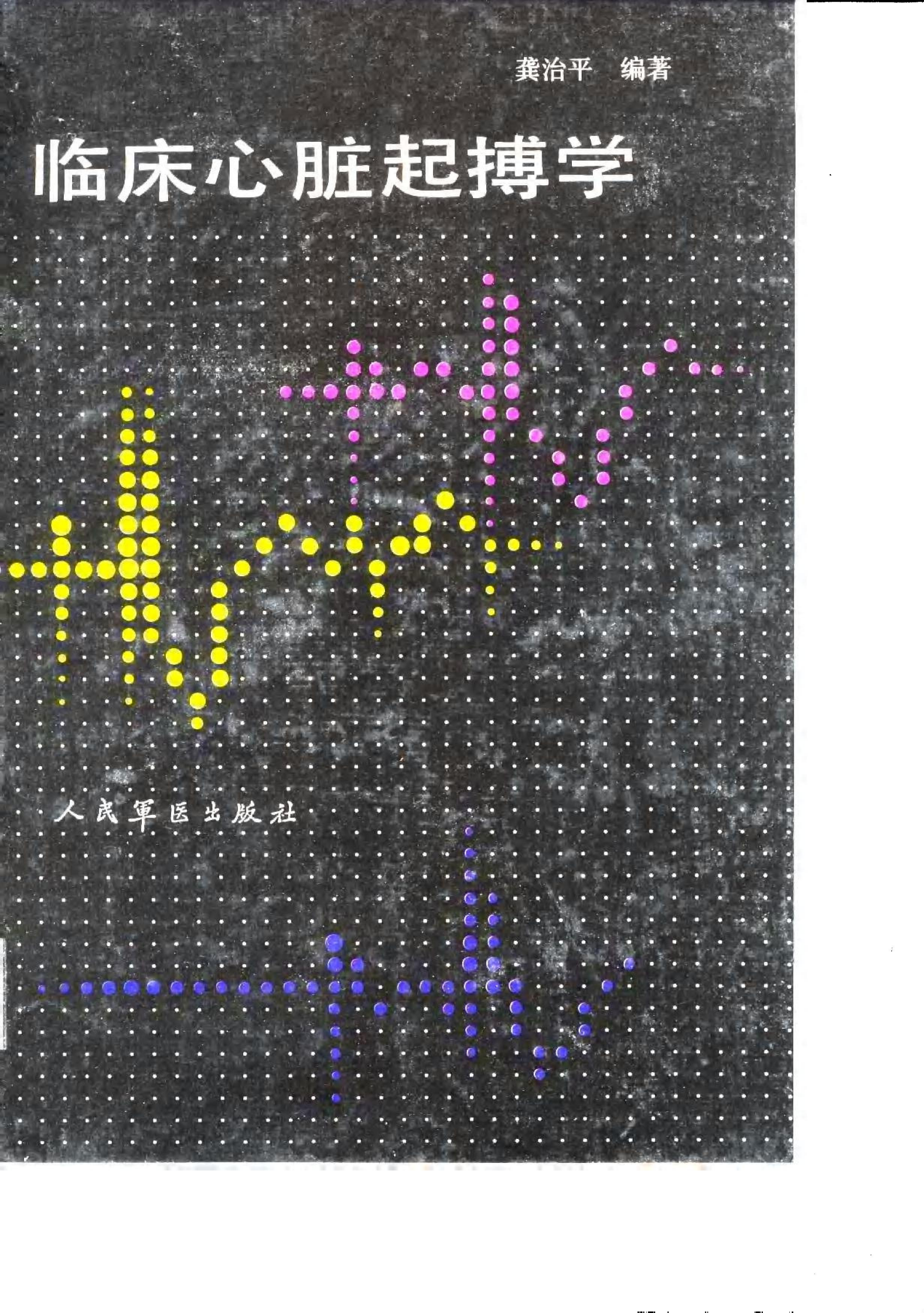


龚治平 编著

临床心脏起搏学

人民军医出版社

The background of the cover is a dark, textured surface with a grid of small white dots. Overlaid on this grid are three distinct ECG-like waveforms. The first waveform, on the left, is composed of yellow dots. The second waveform, in the upper middle, is composed of purple dots. The third waveform, at the bottom, is composed of blue dots. The overall effect is a stylized representation of cardiac electrical activity.

临床心脏起搏学

LINCHUANG XINZANG QIBOXUE

龚 治 平 编著
郑 道 声 审校

人民军医出版社

1992·北京

内 容 提 要

临床心脏起搏学全书 23 章, 系统介绍了各类起搏器工作原理及其特征、起搏生理、起搏指征、起搏器置入术、起搏心电图和起搏并发症及其处理, 并且叙述了临时起搏、起搏分析仪和程控器的功能及其使用方法。是心脏病学内外科医师、医学院校教师、心电学工作者和心脏起搏工程技术人员的参考专著。

责任编辑 姚 磊

临床心脏起搏学

龚治平 编著

人民军医出版社出版

(北京复兴路 22 号甲 3 号)

(邮政编码: 100842)

人民卫生出版社印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所发行

开本: 787×1092mm/16·印张: 18·字数: 436 千字
1992 年 12 月第 1 版 1992 年 12 月 (北京) 第 1 次印刷

印数: 1~5,000 定价: 15.00 元

ISBN 7-80020-339-5/R·284

〔科技新书目: 277-210⑦〕

序

人工心脏起搏是通过人工心脏起搏系统，用人造的脉冲电流刺激心脏，代替心脏的起搏点带动心脏搏动的治疗方法，近年也应用于诊断的领域。它是心脏病诊断学和治疗学的重要进展之一，也是现代电子技术应用于临床医学的一项重大成就。

1952年，美国 Zoll 在病人胸壁表面施行电刺激致使停搏心脏复跳，这一创举使人工心脏起搏成为医师和工程师们共同研究的新兴学科；1958年，瑞典 Senning 为频发阿-斯综合征病人成功地置入埋置式人工心脏起搏器，促进了人工心脏起搏在工程技术和临床应用方面的迅速发展。人工心脏起搏早期用于纠治缓慢性心律失常，以后发展到用于纠治快速性心律失常，数以万计的病人因而获得了新的生命，提高了工作能力或改善了生活质量。虽然无法统计应用临时性人工心脏起搏的病例数，但近年对应用埋置式心脏起搏器病人的统计，显示全世界大约已有 200 万人置入起搏器，每年约有 20 万人新安置起搏器，6~8 万人更换已安置的起搏器。我国是人工心脏起搏研究较早的国家之一，早在 1961 年，上海市第一人民医院使用自制人工心脏起搏器抢救心脏病并发阿-斯综合征病人获得成功，60 年代，南京、上海等地相继研制生产我国第一代心脏起搏器投入市场用于临床。近年，不仅进口起搏器应用于临床，而且，我国已有数家设备比较先进的工厂，生产 VVI 型和 VVIM 型起搏器，各种新型起搏器的研究有待起步和加强。据 1990 年底不完全统计，我国已置入 6998 台各种类型起搏器，仅 1989 年就置入 1178 台。虽然从每百万人口安置起搏器的人数看，数字仍然很少，但还是能反映出，我国人工心脏起搏技术在迅速发展，并达到一定的广度和深度。

在人工心脏起搏临床应用的领域中，虽已累积了大量的资料，但是起搏理论，特别是特殊起搏器的理论和实践还十分不成熟，亟待积极探索。

龚治平副主任医师编著的《临床心脏起搏学》着重介绍了各种类型起搏器的工作原理及其性能特征、起搏解剖生理、起搏指征、起搏器置入术、起搏心电图、起搏并发症及其处理，简要叙述了临时性起搏、起搏分析仪和起搏程控仪的功能及其使用方法。该书系统地反映了国内临床心脏起搏理论和实践的最新成就，结构纲目清楚、行文简洁流畅、阐述观点明确、图表清晰明了，便于读者理解和检索，值得向心脏内、外科医师、心电学工作者、医学院校教师和心脏起搏工程技术人员推荐，特为作序。

陈灏珠

1991年9月

于上海医科大学附属中山医院
上海市心血管病研究所

前 言

人工心脏起搏分为临床学和工程学两部分。近30年，在临床上，人工心脏起搏以永久性起搏、临时性起搏和心脏电生理检查的形式被广泛应用并迅速发展，面临这种形势，我国心脏病学内外科医师、心电学工作者和生物医学工程工作者迫切需要扩大知识面，更新理论认识，提高实际工作能力，以便追踪心脏起搏技术的前进步伐。有鉴于此，作者搜集文献资料结合个人工作中的点滴体会编著成书，命题为《临床心脏起搏学》。

临床心脏起搏学毕竟是一新提法，它处于前无定型可资借鉴，后有展望而远未终结之际；况且，目前临床应用的埋置式心脏起搏器以VVI型为多，双腔起搏、频率应答式起搏、抗心动过速起搏应用仍不普遍，它们的临床理论和实践都迫切须待进一步探索研究；正因如此，又加之作者专业水平所限，错误实属难免，恳请同道在鉴谅之余赐于斧正。

我诚挚地感谢杰出的临床心脏起搏学家朱思明、孙瑞龙、朱中林、杨鼎颐等教授，我在写作中汲取了他们所发表文献的精华；同时，顺向被引文献的其他作者致谢！

胡昆先生为我提供了大量参考资料等帮助，茅明珍主治医师和龚雪飞先生为我整理和翻译了部分资料，为此我均致以谢忱！

成书后，承蒙著名临床心脏病学家、上海心血管病研究所所长、上海医科大学陈灏珠教授作序，我深感荣幸，谨致以衷心感谢！

龚治平

1991年9月15日

于上海海军四一一医院

目 录

第1章 概论	1
第2章 人工心脏起搏简史	5
第3章 埋置式人工心脏起搏系统	10
第1节 脉冲发生器结构	10
第2节 脉冲发生器的编码	15
第3节 起搏器的程控功能	17
第4节 起搏器的遥测功能	25
第5节 绝缘包鞘	26
第6节 电极-导线	27
第4章 体外式心脏起搏装置	33
第1节 体外式心脏起搏器	33
第2节 Zoll PD 起搏除颤器	34
第3节 心脏电生理诊疗仪	34
第5章 人工心脏起搏应用解剖	36
第1节 心脏	36
第2节 气管	43
第3节 食管	43
第4节 部分血管的局部解剖	44
第6章 人工心脏起搏生理	48
第1节 心肌细胞的跨膜电位	48
第2节 心肌的兴奋性	53
第3节 心肌细胞的自律性	56
第4节 心肌的传导性	58
第5节 心肌的收缩性	60
第6节 心脏起搏传导系统的电生理特点	61
第7节 心肌电刺激效应	62
第8节 心脏对电刺激的电生理效应	63
第9节 心脏人工起搏的血流动力学效应	65
第10节 电张调整性T波改变	69
第11节 起搏综合征	70
第7章 诊断性人工心脏起搏术	72
第1节 心脏起搏方式	72
第2节 起搏电极放置术	73

第3节	心脏起搏在临床心脏电生理学检查中的应用	75
第8章	病态窦房结综合征	98
第9章	心脏房室传导阻滞	105
第1节	病因	105
第2节	诊断方式	108
第3节	临床特征	108
第10章	心动过速	118
第1节	阵发性室上性心动过速	118
第2节	室性心动过速	120
第3节	心房颤动	121
第4节	心房扑动	122
第5节	心室扑动与颤动	123
第11章	晕厥	124
第12章	阿-斯综合征	127
第13章	人工心脏起搏的适应证	129
第1节	永久性人工心脏起搏的适应证	129
第2节	临时性人工心脏起搏的适应证	132
第3节	抗心动过速起搏器应用的适应证	133
第14章	起搏与急性心肌梗塞	135
第1节	急性心肌梗塞时心脏起搏的适应证	135
第2节	心肌梗塞与心室起搏在诊断上的相互混淆	137
第15章	扩张性心肌病的心脏起搏	138
第16章	儿童置入心脏起搏器的特殊问题	139
第17章	埋置式人工心脏起搏器的性能特征	141
第1节	分类	141
第2节	非同步型心脏起搏器	142
第3节	同步型心脏起搏器	143
第4节	心房同步心室起搏器	147
第5节	心房同步心室按需起搏器	148
第6节	房室顺序心室按需型起搏器	148
第7节	全自动型起搏器	150
第8节	双腔起搏器的特定术语	153
第9节	频率应答式起搏器	159
第10节	抗心动过速起搏器	163
第11节	埋置式自动心脏转复除颤器	167
第12节	心脏起搏-转复-除颤器	170
第13节	常规起搏器选用通则	171
第18章	开展心脏起搏术的医疗设备	173
第1节	手术设备	173

第2节	起搏系统分析仪	175
第3节	心脏起搏器的程控器	181
第4节	心脏起搏器的遥测器	185
第5节	除颤分析器	186
第19章	埋置式人工心脏起搏系统安置术	187
第1节	术前准备	187
第2节	经静脉插入电极-导线	189
第3节	心房电极安置术	197
第4节	心室电极安置术	200
第5节	双腔起搏的电极安置术	202
第6节	冠状静脉窦起搏的电极安置术	203
第7节	脉冲发生器与电极-导线的连接法	204
第8节	制作埋置脉冲发生器皮下囊袋	204
第9节	脉冲发生器置入皮下囊袋内	205
第10节	起搏系统更换术	206
第11节	特殊起搏器置入术	208
第12节	术后处理	209
第20章	临时人工心脏起搏术	219
第1节	胸壁起搏法	219
第2节	心肌起搏法	220
第3节	心内膜起搏法	221
第4节	食管内起搏法	222
第5节	气管内起搏法	223
第6节	心脏紧急起搏	224
第21章	起搏心电图	225
第1节	起搏脉冲信号	225
第2节	脉冲、QRS (P) 波及其相互间关系	226
第3节	各起搏部位的心电图	227
第4节	各种起搏类型的起搏心电图特征	228
第5节	起搏并发症心电图	238
第6节	心动过速的起搏器治疗	248
第22章	人工心脏起搏的并发症及其处理	252
第1节	心律失常	252
第2节	感染	254
第3节	起搏阈值增高	256
第4节	电极移位	257
第5节	心脏穿孔	258
第6节	起搏综合征	258
第7节	起搏系统故障	260

第 8 节 其他并发症.....	263
第 23 章 起搏器病人的随访	270
第 1 节 随访日程.....	270
第 2 节 建立起搏器病人的病案资料.....	270
第 3 节 起搏器病人的药物治疗.....	276
第 4 节 永久性心脏起搏的疗效.....	276
第 5 节 判断更换脉冲发生器的时机.....	277
第 6 节 特殊起搏器的随访要点.....	278
参考文献.....	279

第 1 章 概 论

人工心脏起搏是由人工心脏起搏装置发放脉冲电流刺激心脏，替代心脏的起搏点引起心脏搏动的诊断、治疗方法。

临床心脏起搏学是着重研究人工心脏起搏在临床应用中的解剖生理、起搏适应证、起搏技术、起搏心电图、起搏并发症及有关的起搏工程技术的一门学科。

早在 200 多年前，人们已注意到动物心室颤动的致颤、除颤的实验观察。至于人工心脏起搏则完全是依赖于起搏工程技术的发展。直至 1930 年，Hyman 研制了一台由发条驱动的电脉冲发生器，当时命名为“人工心脏起搏器”，这一名称一直沿用至今。自 1952 年 Zoll, PM. 在病人胸壁表面施行电刺激致使停搏心脏复跳以来，在世界范围内，人工心脏起搏学成了医师和工程师们共同研究的新兴学科。1958 年，瑞典医师 Åke Senning 为一位完全性房室传导阻滞患者成功地置入 Siemens-Elema 公司 Rune Elmqvist 工程师设计制造的第一台埋置式人工心脏起搏器。

据近时粗略统计，世界上已有 35 个生产起搏器的厂家，主要分布在欧洲、美国、澳大利亚和中国，生产 300 余种不同规格的起搏器。仅就埋置式永久性心脏起搏器的统计，大约已有 200 万人置入起搏器，而且每年有 20~30 万人新安置起搏器，6~8 万人更换起搏器。起搏器置入率是以每百万人口 (M) 每年 (Y) 置入起搏器的台数表示，美国、德国、比利时、法国、英国、日本等国的置入率约为 300~400 台/M/Y。根据 1990 年不完全统计，我国已置入 6998 台各种类型起搏器，其中国产品占 40%；仅 1989 年度置入 1178 台起搏器，置入率约为 1.07 台/M/Y。

埋置式人工心脏起搏系统由脉冲发生器和电极-导线组成，现今的脉冲发生器钛壳内装置高容量电池和规模巨大、结构复杂、功能完善的集成电路，能在相当长时间内发放一定的电脉冲，通过电极-导线刺激心脏搏动和感知心脏电活动来纠正缓慢型和某些快速型心律失常的症状，有些起搏系统具有程控和/或遥测功能，电极-导线的工艺已达到低阈值、高感知、定位好和长期使用的目标。

起搏类型的选择主要取决于患者的病情，但也应考虑患者对经济的承受能力、医师个人的经验和操作技术、医院设备条件和起搏器现货供应条件等诸多因素。根据我国实际情况，目前安装经静脉埋置式心脏起搏器的适应证主要是：①高度房室传导阻滞，特别是希氏束内或以下之阻滞，伴有明显的重要脏器供血不足的症状；②仍有进展可能的室内三支阻滞，特别是 H-V 间期 $> 80\text{ms}$ ；③窦房结功能障碍，心室率经常低于 50/min 伴明显症状；④间歇性 R-R 间歇 $> 3\text{s}$ ；⑤颈动脉窦过敏所致的反射性心室率过缓伴有明显症状；⑥采用其他治疗方法而需保持合理心室率；⑦以折返为机制的阵发性心动过速，特别是阵发性室上性心动过速。而那些：①周身性感染疾病；②细菌性心内膜炎及败血症；③局部化脓；④出血性疾病及有出血倾向；⑤严重肝、肾功能障碍；⑥严重心功能障碍；⑦严重电解质紊乱、酸碱平衡失调；⑧急性疾病之极重期；⑨慢性疾病之临终期；⑩未获患者同意等都不予于施行置入术。

VVI型起搏器避免了起搏脉冲与自身心搏的竞争心律，在一定程度上提高了心排出量，虽由于与心房不能同步而血流动力学效应欠佳，但因置入术操作简单、置入后电极不易移位、售价便宜、适应绝大多数患者，所以仍是现阶段纠治缓慢型心律失常所采用的永久性人工心脏起搏的主要方式，十分广泛地应用于临床。它主要适用于一般的心室率缓慢或间歇性长R-R间隔，而不适用于心功能不良和VVI型起搏所致的起搏综合征或血压下降20mmHg(2.67kPa)以上者。

AAI型起搏器避免了起搏脉冲所致的心搏与自身心搏的竞争，是一种最简单的单腔生理性起搏，它保持了良好的心房和心室舒缩顺序和血流动力学效应。但只适用于心房调搏率130/min时不发生心室脱漏和H-V间期 $<55\text{ms}$ 者，而不适用于慢性心房颤动或心房不能应激者。

DDD型起搏器的心房和心室电极都具有起搏感知功能，它模拟了正常心脏的生理活动，并随心房和/或心室频率变化而自动安排起搏类型，所以冠于房室全能型起搏器之美称。它主要适用于房室传导阻滞伴病窦综合征，而不适用于慢性心房颤动者。

频率应答式起搏器通过感受器感知病人的某些生理信息，自动作出改变起搏频率的反应，用增快起搏频率的方式来增加心排出量，提高患者的运动耐量。它主要适用于心脏变时能力不良而患者要求活动力较强者，其中慢性心房颤动者选用VVIR型，心房有起搏反应、房室传导无障碍者选用AAIR型，心房有起搏反应而无室房传导者选用DDDR型。

抗心动过速起搏器对以折返为机制的阵发性心动过速，特别是房室折返型和房室结折返型室上性心动过速、经心脏电生理检查证实能被电脉冲刺激所终止而无不良反应者有积极的防治效果，对反复发作的恶性室性心动过速者，可选用埋置式自动心脏除颤器(AICD)或心脏起搏-转复-除颤器(PCD)。

具有程控功能的起搏器可由相应的程控器在体外无创伤地发出指令在一定范围内改变起搏参数值，根据患者具体需要争取给予最适当的起搏条件，以便更适应病情需要，减少合并症，节省起搏器电能耗损及无创伤地处理某些起搏故障。

临床心脏起搏技术的迅猛发展，不仅有赖于心脏起搏工程技术的现代化，也有赖于临床心脏电生理学的发展；从另一个角度来说，临床心脏电生理学既是人工心脏起搏学的一部分，又是促进临床心脏起搏学发展的理论基础。概言之，人工心脏起搏与临床心脏电生理学在向现代化方向的发展中相互促进又相互依赖。

1903年，荷兰生理学家Einthoven, W.用弦线电流计无创伤地在人的体表描记了心电图，开创了临床心脏电生理学的新纪元，此后，心导管技术和心腔内电位记录技术相继应用于临床，特别是1967年，Massumi, RA.采用人工心脏起搏术开拓了心内调搏法，1971年，Wellens建立倡用人工电脉冲对心脏的程序刺激与各种心电位记录法结合的临床心脏电生理检查的完整方法学，是临床心脏电生理学发展中的新里程碑。临床心脏电生理学在判断心脏起搏适应证、选择起搏类型、评价起搏器的起搏感知功能、识别起搏故障等方面都具有不可估量的独特的临床价值，尤其是各类抗心动过速起搏术前的适应证判断和术后疗效观察起到几乎是其他方法无法替代的决定性作用。

创伤性心内电生理学检查的对象多是：①较严重的心律失常；②晕厥原因不明；③研究计划的组成部分；④电-药理学工作需要；⑤强化安装心脏起搏器的指征，包括抗心律失常起搏治疗和接受AICD；⑥心律失常的介入性手术治疗；⑦患者志愿。下列情况应列为施行创伤

性心内电生理学检查的禁忌证：①周身性感染疾病；②局部化脓；③细菌性心内膜炎及败血症；④出血性疾病及有出血倾向；⑤严重肝、肾功能障碍；⑥严重心功能障碍；⑦严重电解质紊乱及酸碱平衡失调；⑧恶液质；⑨疾病之临终期；⑩受检单位尚不具备电生理检查的条件；⑪未获患者同意。应认真作好术前准备。通过检查至少可以了解窦房结功能、房室结功能、室上性心动过速和室性心动过速发病机理及终止方式等。

在人工心脏起搏病例中，显然无法统计临床上的紧急起搏、保护预防性起搏、诊断性起搏及实验研究起搏等等的临时性起搏，可以推断，这类起搏的病例已远不止以百万例次可计。这些临时心脏起搏的共同点是脉冲发生器都置体外，电极-导线置入心内的时间一般不超过2周，待达到治疗或诊断目的之后，随即撤除电极-导线，终止心脏起搏。脉冲发生器的起搏类型、起搏方式及起搏电参数值均可在病人体外由操作者直接手控操作设定。

永久性和临时性心脏起搏的心内电极-导线置入术是相似的。在操作方法上目前大多趋向是：①选择静脉：永久起搏静脉切开法首选头静脉，次为颈外静脉，再次为颈内静脉，临时起搏首选大隐静脉或贵要静脉；永久起搏静脉穿刺法首选锁骨下静脉，次选颈内静脉，临时起搏首选股静脉或贵要静脉；②患者连接心电监测导线，安置护理措施；③静脉切开法：1%利多卡因液局麻，切开皮肤，逐层分离皮下组织，找到静脉后，切开静脉插入电极-导线，头静脉或颈外静脉采用血管结扎固定导管，颈内静脉采用荷包线固定导管；④经皮穿刺法：患者取头低足高位，穿刺针进入静脉后，插入导引钢丝，必须在X线透视下肯定导引钢丝已进入右心房才拔去穿刺针，送入血管扩张器与外鞘管，当外鞘管确切插入静脉腔内后，拔去血管扩张器及导引钢丝，把电极-导线从外鞘管内插入心腔，然后退出外鞘管撕裂解脱；⑤置入电极：心室电极置于右室心尖部，心房翼状头电极必须置于右心耳内，心房螺旋电极不一定置于心耳内，血管外导线籍借塑料小套缝固于皮下组织；⑥测试电参数：心室起搏电压阈值应 $<1V$ ，电流阈值 $<2mA$ ，心内R波振幅 $>5mV$ ，R波斜率 $>0.5V/s$ ，导联阻抗 $500\sim 1000\Omega$ ，心房起搏电压阈值应 $<1.5V$ ，电流阈值 $<3mA$ ，心内P波振幅 $>2.5mV$ ，P波斜率 $>0.3V/s$ ，导联阻抗 $500\sim 1000\Omega$ ，测试过程中指导患者作深呼吸、咳嗽及翻身动作，以考验电极安置是否牢固。频率应答式起搏器按各种类型要求进行测试。抗心动过速起搏器必须作诱发-终止测试。

起搏心电图是在原有病理心电图基础上，不时添加电脉冲信号及其它常所引起的心电活动波形，这些都可能掩盖了原有心电图表现和/或使原有心电图波形变形，况且，起搏器类型繁多，如再加之起搏系统故障，终使起搏心电图更为复杂，临床医师和心电图学工作者应对此潜心分析，以便判断起搏器的起搏感知功能及临床效果。

人工心脏起搏可能发生一系列并发症，如心律失常、感染、电极移位、心脏穿孔、手术局部瘀块、皮下囊袋血肿、皮肤坏死、肌肉抽搐、血栓形成、心脏功能衰退及起搏系统的故障等等，常导致病人不适、起搏失败、甚至危及病人生命，必须及早发现，有力处置。

对起搏器病人应加强随访，认真详细填写随访卡，发现问题及时处理。对程控起搏器病人，除观察起搏器功能状况外，应根据患者病情、生理特点，调整起搏器的有关参数值，使起搏器的工作最适合患者的病理-生理要求。注意起搏器更换指征：①起搏器出现各种故障，不能用无创性方式排除者，属于故障性更换；②起搏器电源耗竭，如符合设计要求，属于自然寿命更换；③电源耗竭的更换指标，各类起搏器有其规定标准，应掌握各起搏器的特殊性；但日常工作中还是有某些共同性的标准，其中最重要的是起搏频率减慢，若起搏频率减慢10%，

就需更换，其次是脉宽增加、按需功能丧失等。

正如前述，心脏起搏、转复、除颤术已如此广泛地应用于临床，现今迫切需要临床医师更多地关注其生理学的基础理论研究，特别是对心肌电刺激效应、非生理性起搏和生理性起搏的电生理及血流动力学效应的研究。心肌的应激性活动既取决于组织本身的机能状态，又取决于刺激强度和时间的特征，当刺激强度达到足以引起心肌应激兴奋活动的最小刺激强度称为阈，心肌应激性与刺激时间的依从关系表现为时值变化。心肌应激性具有阶段性变化，通常包括绝对不应期、相对不应期超常期和低常期。心肌在直流电刺激时发生的生理电紧张现象表明，直流电对心肌的刺激作用在通电时发生在阴极之下，断电时则发生阳极之下。心肌在直流电刺激时发生的物理电紧张现象表明，直流电对心肌的刺激，心肌在阳极之下及其邻近部位获得较远处为正的电位，阴极之下及其邻近部位获得较远处为负的电位。在心脏起搏中，不能忽视电脉冲通过电极作用于心脏时发生电极电离现象而产生极化作用，极化作用产生的电流有可能抵消电脉冲作用。生理性起搏至少应包含随机体需要的自动调整起搏心率、保持正常电激动顺序、房室同步舒缩及心室的正常舒缩顺序等因素。单腔右心室起搏为代表的非生理性起搏，虽然在提高心排出量方面起到一定的积极作用，但它所致的并发症如充血性心力衰竭、心房颤动、血栓形成等较多见，有的甚至导致严重后果。诸如此类的人工心脏起搏生理学急待进一步研究。

第 2 章 人工心脏起搏简史

人工心脏起搏技术是心脏起搏工程技术和心脏电生理学高度密切结合的生物医学工程，它在医学临床应用中已取得了巨大的成功，并仍在迅速发展。人工心脏起搏的含义已远远超出既往对缓慢型心律失常纠治的概念，现已包含对某些快速型心律失常的防治。人工心脏起搏已不仅作为治疗方法，也已作为预防性措施和诊断性手段。

殊不知，现今小巧玲珑、功能复杂的人工心脏起搏器，经历了近 200 年的艰难探索发展的道路。源溯于 1804 年的原始粗见，当时，Aldini 用直流电刺激断头尸体的停搏心脏可将其复跳；此后，Lister (1858) 和 Walshe (1862) 用直流电刺激交感神经而使心脏复跳；1870 年，Duchenne 在心尖部胸壁皮肤用电刺激治疗白喉患者的心动过缓。上述事实表明，人们早已应用电刺激心脏不同部位企图使其复跳，并获得了初步成功。

1929 年，澳大利亚医学博士 Lidweoll 与物理学家 Booth 合作设计“起搏器”，那时他们针刺心脏作心房起搏无效，而改用心室起搏救活了一婴儿，为此，人们把它认作是人工心脏起搏史上第一次成功的临床应用。

美国纽约贝斯-大卫医院胸科医生 Hyman，在穿刺心脏给药过程中屡次发现，当针尖刺激右心房时可使心房肌除极化而收缩。于是，他在 1932 年设计制作了一台由发条驱动的电脉冲发生器，该装置净重达 7.2kg，脉冲频率可调节为 30、60、120/min，把它命名为“人工心脏起搏器”(artificial cardiac pacemaker)，这一术语一直沿用至今。它成为世界上第一台体外人工心脏起搏器。他用针穿刺家兔心脏的右心房对窦房结及心房进行电刺激，使已停搏 15min 的心脏重新应激而起搏，恢复正常的心脏跳动。这台起搏器原保存在德国 Siemens 公司，可惜于第二次世界大战中被战火毁灭。Hyman 的这一创举足以证明，对心脏特定部位进行电刺激时，接近电极处的心肌除极，并扩展到整个心脏，为心脏起搏奠定了理论与实践的基础。

1947 年，Sweet 报道 2 例因胸腔手术而心脏停搏的病人应用电刺激窦房结使心脏复跳而存活。1950 年，Bigelow, WC.、Callaghan, JC.、Hopps 重复施行电刺激窦房结的动物实验，并于 1951 年，经静脉插入导管电极刺激狗的窦房结区域，使心脏复跳成功，还指出，快速电刺激可超越正常窦性节律而有效起搏，这不仅是心脏起搏的实践，也是心内膜电极、临床心脏电生理研究的雏形。

至此，既往 100 多年的探索研究工作，虽有个别的临床应用之例，但主要还是属于实验研究阶段，虽有了“识破天机”的新发现，但并未引起临床工作者的广泛的足够的重视。尽管如此，至少人们已充分认识到这样一种事实，即电刺激心脏可引起心脏搏动，为以后人工心脏起搏技术由实验研究真正过渡到临床应用奠定了基础。

1952 年，美国哈佛大学医学院 Zoll 医生首次在人体胸壁表面施行脉宽 2ms，强度 75~150V 的电脉冲刺激心脏，挽救了 2 名因完全性房室传导阻滞而心脏停搏的濒死病人的生命，诚然，当时电刺激心脏的同时也刺激了胸壁肌肉，引起局部肌肉抽动和疼痛，但他这一创举立即为医学界和工程技术界人士所广泛重视，Zoll 被尊称为“心脏起搏之父”。

此后，心脏起搏的实验研究和临床研究象雨后春笋蓬勃发展，可能由于学术交流的障碍，难能避免地发生这样情况，有些研究工作是多余的重复，有些研究成果当时未被重视而冷落若干年后又再被应用。1954年，Hopps 采用绝缘导线经静脉送入动物心房进行起搏实验成功。1957年，Allen、Lillehei, CW. 和 Weirich, WL. 先后在心脏手术所致的心脏传导阻滞病人，将电极缝置在心外膜上直接刺激心肌起搏成功。1958年，Furman, S. 和 Robinson, G. 提出心腔内起搏所需的阈值强度较低，倡用心内膜电极，次年，他们将心脏起搏导管电极，经静脉插入人的右心室刺激心内膜，使心脏起搏器的安置方法大大简化。心内膜电极实践和理论很快被人们所接受，不仅沿用至今，而且有广阔的发展前景。

举世瞩目的临床实践是1958年10月8日瑞典胸外科医生Åke Senning教授在斯德哥尔摩将埋置式人工心脏起搏器应用于临床，成为世界上第一位埋置式人工心脏起搏器的手术者。这一固定频率型起搏器（VOO）（图1）是Elema-Schonander即现在的Siemens-Elema公司的Rune Elmqvist博士设计的，能源是两节串联连接的镍-镉电池，可以无创伤地通过体外感应充电，这位工程师成为世界上第一位埋置式心脏起搏器的设计者。当时的患者是Arne Larsson，男性，40岁，完全性房室传导阻滞多年，频发心脏停跳，多种药物治疗均未奏效，病情愈加严重，经置入人工心脏起搏器后一般状况改善，此后又先后更换了23只起搏器，依赖心脏起搏器生活工作了近30年，他是世界上第一位接受埋置式心脏起搏器治疗的病人。

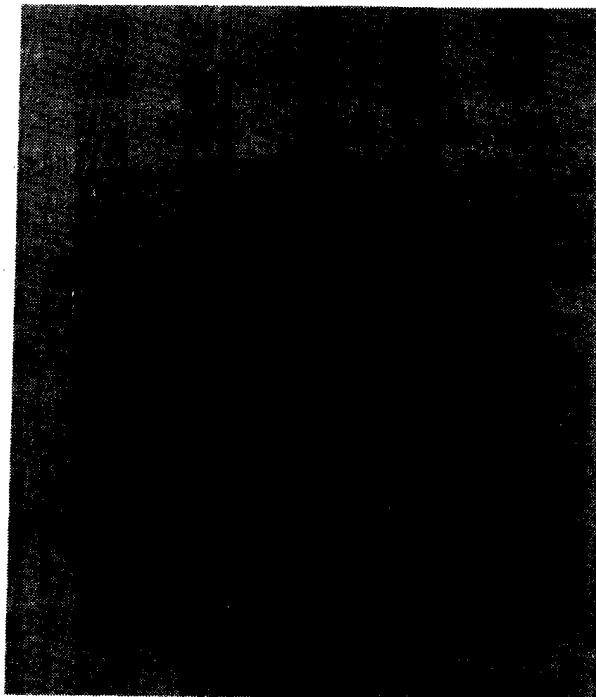


图1 Siemens-Elema公司Rune Elmqvist工程师设计的世界上第一台埋置式人工心脏起搏器

虽然，导管电极由静脉内送到心腔和整个起搏系统埋置于体内的永久性埋置式人工心脏起搏器的工程技术学和临床学已具模式，但由于起搏器能源技术困难，体外佩带式起搏器仍

在此后的相当长时期内在临床广泛使用。由于体外佩带式起搏器给病人带来的生活不便和难以防治的伤口感染问题，这类人工心脏起搏器给人们留下了至今还“心有余悸”的深刻印象。当时，科学家曾作过多方面的努力，如为避免和减少体外细菌容易沿着导管侵入血行而发生败血症的弊端，Lagergren, H. (1962) 倡用皮下隧道法，使电极导管在进入静脉之前先通过一段皮下隧道，从而大大减少血行感染的可能性。

但无论如何，从病人应用来说，埋置式起搏系统是合乎情理的，因此，也就自然成了工程学和临床学的攻坚目标。专家们都在各自的方向上进击。Greatbatch, W. (1959) 发明汞电池供电的埋置式起搏器。Zoll (1960) 通过开胸手术的方法把永久起搏用的电极缝于心肌或心外膜上，并研制出把脉冲发生器置入体内的埋置式起搏器。Cammilli, L. (1961)、Schuder (1962) 分别设计成功一种实际上没有电极引线的小型接受器，即感应式起搏器的副线圈，直接安置在病人的心脏上进行起搏。Lemberg (1965)、Parsonaet (1966) 倡用R波抑制型起搏器（VVI），开创了第二代起搏器，而在此之前的起搏器几乎都属于VOO型，应归入第一代

起搏器。

既往相当长一段时间内，心脏起搏器多着眼于右心室起搏研究，这主要与当时应用心脏起搏的指征侧重于完全性房室传导阻滞有关，但右心室起搏使病人的心房和心室缺乏顺序同步活动，导致每搏出量降低之虞。事实上，最起码的推理也应明白，心脏起搏点应在窦房结或心房更合理，所以，另一些学者早已为房室同步起搏开展了有价值的实验研究。重新回顾 Hyman (1932) 制作的第一台起搏器就是刺激窦房结和心房的方法恢复心跳的。1942 年，Butterworth 和 Poindexter 在猫和狗体上，从心房检取 P 波经放大延迟后再传递到心室，产生房室同步活动。这些研究是生理性起搏的良好开端。1957 年，Folkman 和 Watkins 在狗体上人工造成房室传导阻滞，应用这种心房 P 波同步式起搏器成功地使心房和心室活动趋于同步。1963 年，Nathan, AW. 和 Center 制成了埋置式心房 P 波同步型心室起搏器 (VAT)，这是一种双腔生理性心脏起搏器，这种第三代起搏器在临床试用成功。Berkovits、Castellas、Lemberg (1969)，Matloff (1970)，Casfillo (1971) 报告房室顺序起搏器 (DVI)。Rogel (1971) 报告一种心房同步心室按需的体外起搏器 (VDD)。Funke (1978) 描述了一种心房同步、心房按需、心室按需起搏系统 (DDT)。1979 年出现了 DDD 型起搏。至此，双腔生理性起搏技术基本成熟，习称第四代起搏器。

70 年代后期以来，临床已使用埋置式频率应答式起搏器，其中 Cammilli, L. (1973) pH 值触发型，Rickards, AF. (1982) Q-T 间期感知型，Kundson, MB. (1982) 非同步 P 波感知型，Rossi, P (1983) 呼吸频率感知型，Sugicura, T. (1983) 和 Jolgren, D. (1984) 的血温控制型，但这些都是单腔型频率应答式起搏器。1986 年，Kappenberger, LJ. 报道 2 例频率应答式双腔起搏的成功经验，推动了起搏器工程技术学的发展。频率应答式起搏器是最新型生理性心脏起搏器，被誉为 80 年代最重大的心脏起搏学进展。连同抗快速型心律失常起搏器一起被统称为第五代起搏器。

在临床心脏起搏学中，心脏复律除颤是其重要组成之一。追溯到 1775 年，那时 Abildgarrd 就发现鸡被电击后，如再给予电击可以得到复苏，这是心室致颤和除颤的早年动物实验观察。1899 年，Prevost 和 Batteli 提出哺乳动物心脏也可电击除颤。1947 年，Beck 在开胸手术过程中，病人发生心室颤动，当即用交流电除颤器 (60Hz, 100V, 1~2A, 100ms) 电击除颤成功。1956 年，Zoll 应用体外除颤器给病人体外除颤 (交流电 200~700V, 150ms) 获得成功。之后，临床上对电击除颤给予了应有的重视，并开始应用交流电电击除颤纠治某些心律失常。1962 年，Lown 和 Neuman, G. 提出交流电电击除颤对人体有一定损害，建议改用直流电电击除颤。他们将交流电经升压后整流成为直流电对电容器充电，利用电容器放电，可使多种心律失常得以纠治。此后，直流电电击除颤便在临床上得到广泛应用。至今，直流电心脏除颤几乎仍是体外施行为主，并在临床上保持着极为广泛的实用价值。

Mirowski 等 (1970) 最早提出，体内置入全自动脉冲发生器纠治快速型心律失常的设想，并于 1980 年为一名 52 岁猝死病史的女病人安置第一台自动埋置式除颤器 (AID)，进而，1982 年自动埋置式心脏转复除颤器 (AICD) 始用于临床，近年在此基础上又发展成心脏起搏-转复-除颤器 (PCD)。

在起搏器工程技术发展过程中，自 70 年代起，将宇航技术中的混合电路 (hybrid circuit) 引入了起搏器电路，这样起搏器不仅具有高可靠性，而且置入体内后，可根据事先编码，通过程序控制器对起搏器某些工作参数进行调整，这类起搏器称为程序控制起搏器 (pro-

grammable pacemaker), 若能将起搏器的参数和工作状态以信息形式发往体外接收器, 这类起搏器称为遥测功能起搏器 (telemetry pacemaker) 或诊断功能起搏器 (diagnostic pacemaker)。

在脉冲发生器不断更新发展的同时, 电极-导线也有一定的改进。最初使用的导管电极是单极导管电极, 并且需要前端与心内膜面完全接触等严格条件。此外, 由于把参照电极缝于皮下, 容易发生皮肤切口感染等缺点。直至1962年, Zucker, IR 研制了双极导管电极, 以后经静脉右心室起搏法又取得了很大进展, 因双极导管电极的阴极和阳极在导管电极前端距离很近, 所以电极和心内膜面的接触就无需太严格。早年电极头为球形, 面积约 100mm^2 , 产生感知过度、高电压起搏阈值的严重缺点, 此后在电极材料、电极头面积、电极头形状、电极的极化作用、固定装置和传导绝缘等方面都有显著的改进, 初步达到低阈值、高感知、易进易退、定位牢固、长期生物相容性好的目标。

虽然人工心脏起搏系统的种类如此众多复杂, 工艺如此精良先进, 已基本上满足临床需要, 但它还有许多不尽如人意之处和更新要求, 展望未来, 必将会有更多更新的发展和设想。

例如, 脉冲发生器的程控功能不仅决定于硬件设计, 也要注重于软件设计, 医生可在置入起搏器时根据当时需要而设置程控内容, 并能随着患者的年龄和病情变化, 更改程控内容, 设置当初未予虑及的程控项目。

对于纠治过缓型心律失常的起搏器的要求, 应兼顾结构简单、功能俱全、工作可靠、使用方便、售价便宜等诸方面优点, 例如: ①起搏器的整体小、轻、薄, 电极阈值低, 使用寿命长 (>10 年), 双极起搏; ②多功能多参数程控: 如果一个起搏器可程控为 DDDR、VVIR、DDD、DVI、DDI、VVI、AOO、VOO、DOO、VDD 等多达 10 种不同的起搏类型, 则为临床应用提供更大的灵活性。在起搏参数方面应可程控下限频率、上限频率、滞后、输出幅度、脉宽、反拗期、感知度、A-V 间期、单极或双极起搏等; ③双向联系: 不但可将参数值经程控方式输入已埋置在体内的起搏器, 而且可将起搏器型号、批号、前次随诊日期及各种实时工作参数值通过遥测方法传出体外, 这对起搏器病人的随诊、估计电池消耗、判断故障都有很大帮助; ④记忆及诊断功能: 起搏器除具有治疗作用外, 还应可监测患者的心电变化, 存储记忆多达数月的心内心电图, 有助于了解起搏器工作状况; ⑤磁铁频率应专门设置指示电池耗竭的频率, 并与可程控频率不相混淆, 一般的磁铁频率和脉冲宽度都要稳定, 其改变能反映电路故障; ⑥Vario 功能; ⑦设置应急工作方式 VVI, $10\text{mA}-1.0\text{ms}$, 转换迅速可靠; ⑧与起搏器相应的程控器的结构要小巧便携, 程序容易理解, 操作简便确切。

频率应答式起搏器将朝着多传感系统的方向发展, 由于单一传感器有它的局限性, 有的灵敏度低, 有的动态范围小, 有的响应时间长, 有的线性差, 况且, 心血管系统的调节过程是一个多变量的、非线性的复杂过程, 不可能用一、二个参数就能反映它的真实生理过程, 如多种传感器相结合, 则可以取长补短。例如采用血氧分压、血酸碱度、体温、呼吸频率、体位改变、Q-T 间期、心血管腔内压力等数种或全部参数以调节起搏频率, 起搏器输出能量和感知灵敏度也可根据这些生物信号作逐搏调整。

防治严重的快速型心律失常以及心源性猝死起搏器功能进一步扩展, 起搏器不仅能依靠心电图图型和心搏频率自动判断是否发生严重心律失常和属哪一种类型, 是生理性或病理性, 采取哪种刺激方式或程序加以终止。也要利用生物感受器获得的信息, 如心血管腔内压力、心肌收缩力、呼吸频率、血氧张力、Q-T 间期、心房/心室激动比例等加以自动判断。这种起搏