

- ◎国家863计划项目资助
- ◎重庆市重大科技攻关项目资助
- ◎重庆市出版专项基金资助

远程心电监护技术 及其应用

YUANCHENG XINDIAN
JIANHU JISHU JIQI YINGYONG

吴宝明 储伟 曾垂省 / 编著



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>

◎国家863计划项目资助

◎重庆市重大科技攻关项目资助

◎重庆市出版专项基金资助

远程心电监护技术 及其应用

YUANCHENG XINDIAN
JIANHU JISHU JIQI YINGYONG

吴宝明 储伟 曾垂省 / 编著



重庆大学出版社

内 容 提 要

全书分为技术篇、应用篇和趋势篇三部分。其中,技术篇在回顾远程心电监护的发展历史的基础上,详细阐述了远程心电监护心电检测、传输、分析关键技术;应用篇系统介绍了远程心电监护在临床诊治、预防保健、急救医学、基层医疗、科学研究与特种医学、战场救治等领域的应用;趋势篇对远程心电监护技术的发展趋势进行了展望。

本书是著者多年研究成果和工作经验推广的总结,内容丰富,资料翔实,配有 100 多幅插图,给出了大量的应用案例,兼具理论和实用价值。本书既可作为普通高等院校生物医学工程、医学等相关专业教学的参考书,同时也可作为企业远程心电监护相关技术研发人员、医院信息科技技术人员和相关科室医护人员设计、开发、应用时的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

远程心电监护技术及其应用/吴宝明,储伟,曾垂省编著.—重庆:
重庆大学出版社,2016.11

ISBN 978-7-5689-0215-1

I.①远… II.①吴…②储…③曾… III.①心脏功能试验—远程医学 IV.①R540.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 254419 号

远程心电监护技术及其应用

吴宝明 储 伟 曾垂省 编著

策划编辑:周 立

责任编辑:周 立 版式设计:周 立

责任校对:贾 梅 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:易树平

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路 21 号

邮编:401331

电话:(023) 88617190 88617185(中小学)

传真:(023) 88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)

全国新华书店经销

重庆学林建达印务有限公司印刷

*

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:15.25 字数:371千

2016 年 11 月第 1 版 2016 年 11 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5689-0215-1 定价:48.00 元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

序 一

由吴宝明、储伟、曾垂省三位专家主编的《远程心电监护技术及其应用》即将正式出版,我对此表示衷心的祝贺!

心电图在心脏疾病的诊断治疗中具有十分重要的作用。自 1903 年 Willem Einthoven 发明心电图至今,心电图的发展已经历了 100 多年的历史,心电图机、动态心电图仪(Holter)、心电监护仪等已广泛应用于心脏疾病的诊断与治疗,心电图已成目前临床上最为广泛可靠的诊断技术之一。随着医学传感技术、无线通信技术和信号处理技术的进步,当前国际心电检测技术正朝着远程化、网络化、微型化、智能化、监护化、穿戴化、多信息化的方向发展,远程心电监护技术的发展使得心脏疾病的“早预防、早发现、早治疗”有望成为现实。

我国远程心电监护技术始于 20 世纪 90 年代,钱剑安教授等老一辈专家在远程心电的应用方面做出了开拓性的工作,随后不同单位陆续研究开发出了电话传输心电图仪、远程心电监护仪、远程静态心电检测仪、远程动态心电/血压监测仪等设备,一些设备已达到国际先进水平,并具有我国自身特色。但整体而言,我国远程心电监护技术还不能完全满足心脏病防治的实际需要,应用模式也尚未成熟。如何尽快研究开发出能更好地满足临床要求,适合医院、社区、家庭、个人等不同应用环境的远程心电监护技术和设备,并尽快建立起适合我国国情的远程心电监护网络和服务模式,还有大量工作需要做。本书的编写和出版,正好满足这一需求。

本书由三位具有医学仪器、远程心电技术、医学信号处理研究和心电图分析诊断丰富经验的专家共同编写。他们结合自己的实践经验,对国内外远程心电监护技术及其应用和今后的发展趋势作了详细的描述,还附有大量珍贵的插图和应用实例。因此,本书具有很强的实用性。

我深信,本书的出版对从事远程心电监护技术研发与应用的科研人员、工程师和医务人员都会有很大的帮助,因此,乐于向读者推荐,并作序。

第三军医大学大坪医院心血管病专科医院院长

曾春雨

2016年7月

序二

本书是吴宝明、储伟、曾垂省三位专家合著的远程心电监护技术的专著。本书结合他们亲身的实践经验,紧密围绕远程心电监护信号检测、传输、处理三个核心内容,对远程心电监护技术及其应用和今后的发展趋势作了详细的描述。

远程心电监护是心血管疾病防治的重要技术手段。随着我国医疗体制改革的深入,卫生信息化远程医疗建设的快速发展,当前迫切需要大量适合医院、社区、家庭、个人等不同应用环境的远程心电监护技术和设备,并尽快建立起适合我国国情的远程心电监护网络和服务模式。吴宝明教授是国内有名的生物医学工程专家,十多年来一直从事远程心电检测监护技术方面的研究。储伟主任是国内有名的心电学专家,从事心脏电生理研究和心电图分析诊断 30 多年,具有丰富的理论和实践经验。两位专家带领医工结合合作团队成功研究开发出了国际先进的远程心电检测监护系统,并在全国多个地区推广应用,其工作走在了国内前列,获得了国家科技部、卫生部的认可。2010、2012 年远程心电监护项目分别被列入国家“十百千万”工程和“科技惠民计划”;2012 年在卫生部的支持下,第三军医大学大坪医院成立了西南地区远程心电会诊中心。本书是著者多年研究开发成果和推广应用经验的总结,具有很强的实用性。

我相信,本书的出版对推动我国心脏监护技术的进步和医疗卫生事业的发展将发挥重要的作用。为此,本人非常愿意向读者推荐,并作序。

中国医药信息学会心脏监护专业委员会主任委员

顾菊康

2016 年 7 月

前言

心脑血管疾病已成为严重危害我国人民健康的头号杀手。研究与实践表明,“积极预防、早期发现、及时治疗”是解决心脑血管病最有效的对策/手段,面对我国医疗资源有限、分布不均,老百姓“看病贵、看病难”的突出问题,如何充分利用现代医学信息技术,尽快建立适合我国的心脑血管疾病防治监测网络体系,是迫切需要研究解决的重大课题。

自 20 世纪 90 年代末,我们在国家 863 计划、重庆市科技攻关重大项目等多项课题的资助下,选择发病率高、突发性强,危险程度高的心脏疾病作为切入点,对远程心电监护技术开展了较系统且深入的研究。经过十几年的艰苦技术攻关,在国内研究开发出了先进的远程心电监护网络系统,并初步探索出了行之有效的应用模式。

本书为国内第一本关于远程心电监护技术的专著,内容专业全面。介绍了远程心电监护技术的发展历程、心电图基本知识和心电检测、心电分析处理和无线通信的基础理论和应用技术;详细阐述了心电检测的新兴技术:MEMS 技术、单芯片技术、穿戴式技术和非接触式技术等;也介绍了远程心电监护相关的新兴无线通信技术:体域网(BAN)、射频识别(RFID)、区域无线传感网络等;以及远程心电监护信号处理的新技术:多信息融合、模式识别与数据挖掘等。同时结合作者多年亲自应用实践和国内外同行应用成果,对远程心电技术在临床诊治、预防保健健康管理、灾难和院前急救、社区乡村基层医疗、科学研究与特种医院、战场伤员救治中的应用进行了全面阐述。最后对远程心电监护技术的发展趋势进行了展望。本书是我们多年研究成果和推广工作经验的总结,希望对开展远程心电监护技术研究和应用的工程技术人员和相关医护人员有所裨益。本书插图近 100 幅,内容丰富,资料翔实,既适合普通高等院校医学、生物医学工程等相关专业教学使用,也可作为远程心电监护研究开发、应用人员的参考资料。

由于我们水平有限,加上时间匆忙,书中难免有错误和不当之处,敬请批评指正,以便我们不断改进提高。

编著者
2016年9月

目 录

第1篇 技术篇

第1章 远程心电监护技术概论	2
1.1 远程心电监护发展历史	2
1.2 远程心电监护的主要关键技术	7
第2章 远程心电监护心电检测技术	13
2.1 心电图基础	13
2.2 心电图导联系统	20
2.3 心电电极	26
2.4 心电检测电路	32
2.5 心电监护仪主要技术标准与技术指标	38
第3章 远程心电监护心电信号分析处理技术	40
3.1 心电信号预处理	40
3.2 心电信号检波	49
3.3 心电信号心律实时识别分类	55
3.4 心电信号的频域分析	61
第4章 常用几种心电可视化分析技术	71
4.1 时域心电图分析(即常规心电图分析)	71
4.2 频谱心电图分析	77
4.3 心电向量图分析	80
4.4 心率变异性可视化分析	84
第5章 移动远程心电监护中的无线通信技术	94
5.1 近程通信技术	94
5.2 远程无线通信技术	106
5.3 无线医疗标准在远程心电监护中的应用	108
第6章 移动远程心电监护系统的实现	110
6.1 远程心电监护概述	110
6.2 设计思想与实现原理	111
6.3 便携式心电监护仪的硬件设计	113
6.4 便携式心电监护仪的软件设计	114
6.5 监护中心服务器软件的设计	119
6.6 云数据中心平台设计	122

6.7 卫生信息平台网络接入方案设计	124
6.8 总结与讨论	126

第2篇 应用篇

第1章 远程动态心电/血压监护系统的应用	129
1.1 动态心电图的回顾与发展	129
1.2 动态血压的发展简介	131
1.3 远程心电/血压监护系统简介	132
1.4 远程动态心电/血压监护系统临床应用	134
第2章 远程静态心电检测系统的应用	140
2.1 心电图机的历史发展	140
2.2 远程静态心电检测系统简介	140
2.3 远程静态心电检测系统在临床上的应用	142
第3章 远程心电检测/监护系统的网络应用	143
3.1 远程心电网络应用价值	144
3.2 远程心电网络建设方式	145
3.3 远程心电网络应用模式	145
3.4 远程心电网络应用技术架构	146
3.5 远程心电网络服务流程	147
3.6 远程心电网络应用受益层面	149
第4章 远程多参数监护系统的应用	151
4.1 我国多参数监护系统的发展	151
4.2 远程多参数移动监护系统简介	152
4.3 远程多参数监护系统临床应用	154
4.4 远程多参数移动监护系统院内应用	156
第5章 远程穿戴式动态心电/血压监护系统的应用	165
5.1 可穿戴健康监测产品的发展	165
5.2 穿戴式心电血压监护系统简介	166
5.3 穿戴式心电血压监护系统应用价值	168
5.4 穿戴式心电血压监护系统应用	169
第6章 云计算在区域心电检查、监测、监护会诊平台中的 应用	172
6.1 云计算介绍	172
6.2 区域卫生信息化	173
6.3 云计算在区域心电会诊平台的应用	174
6.4 总结	180

第3篇 趋势篇

第1章 远程心电监护终端发展趋势	182
1.1 心电检测电路发展趋势	182
1.2 多功能集成化、微型化与低功耗化	187
1.3 导联多样化与智能化	189
1.4 无线化、便携化、家庭化与可穿戴化	190
第2章 远程心电监护通信网络技术的发展趋势	192
2.1 家庭网关	192
2.2 体域网	193
2.3 物联网(RFID)	199
2.4 无线传感器网络体系结构、设计与挑战	200
第3章 远程心电信息处理技术的发展趋势	203
3.1 体征、体位、体态多信息融合	203
3.2 心电信息分析智能化	203
3.3 大数据时代的心电信息的数据挖掘	207
第4章 物联网、云计算与大数据技术有机融合	209
4.1 云计算 Cloud Computing	209
4.2 物联网 The Internet of things	213
4.3 大数据 Big Data	217
4.4 云计算、物联网、大数据三网整合	220
致谢	229

第 1 篇

技术篇

历经百年漫长历史,心电图技术取得了巨大的进步。当前,随着医学传感技术、无线通信技术和信号处理技术的进步,心电监测技术正朝着远程化、网络化、微型化、智能化、监护化、穿戴化、多信息化的方向发展,远程心电监护技术的出现使得心脏疾病的“早预防、早发现、早治疗”有望成为现实。本篇在回顾远程心电监护技术发展历史和阐述远程心电监护关键技术的基础上,详细介绍了远程心电监护的心电检测、分析处理、无线通信技术和系统实现。

第 1 章

远程心电监护技术概论

远程心电监护技术主要包括传感器技术、信号采集调理技术、信号传输通信技术、信号处理分析技术等,是生物医学工程、计算机、电子、通信、信号处理等多学科交叉融合的远程医学的一个重要内容。本章概述了远程心电监护技术和设备的发展历史,在此基础上对远程心电监护的主要关键技术进行详细阐述。

1.1 远程心电监护发展历史

远程心电监护(ECG Telemonitoring)的历史,可以追溯到 20 世纪初。1903 年,“心电图之父”荷兰教授 Einthoven 通过 1 500 m 的电缆线,记录了世界上第一份完整人体心电图,这在后来被广泛认为是心电远程监护的雏形。其后数十年间,伴随冠心病等心血管疾病的大肆流行,心电采集和监测技术得以迅猛发展。20 世纪中晚期,随着远程通信技术、电子技术、计算机多媒体技术和网络技术快速发展,远程医疗(Telemedicine)日益兴起和成熟,远程心电监护获得了长久发展和广泛应用,下面从技术和设备两个方面概述远程心电监护技术的发展。

1.1.1 技术发展历史

远程心电监护技术是在常规心电检测技术的基础上,随着电子技术、通信技术、计算机技术发展而发展起来的。在心电信号远程传输方面,从早期的仅能通过有线(电话线)进行心电远程传输和监护发展到通过卫星、或者互联网、或者移动通信进行心电远程传输和监护,远程心电监护技术发生了根本的变化。回顾历史,远程心电监护技术其发展过程可分为下述几个阶段。

第一阶段:1903—1960 年,为有线模拟“远程”传输阶段,也可称为心电远程监护技术准备阶段。在这阶段,从 1903 年 Einthoven 通过 1 500 m 的电缆线“远程”记录了世界上第一份完整人体心电图开始,在随后的 50 多年仍是采用心电图仪器旁直接记录心电波形图形,这阶段“远程”还不是真正的远程,传输的也是模拟信号,只是远程传输的初始雏形。

第二阶段:1960—1988 年,为远程心电监护技术发展的起始阶段。在该阶段,通过两个事件促进了远程心电监护技术诞生和远程心电远程监护成功应用,第一个事件,由于早年的心脏

起搏器不完善,安装起搏器后的病人必须经常去医院进行心电图检测,以观察和检测起搏器的性能是否良好和工作正常,这给患者带来极大不便,这就促使研究应用电话进行心脏起搏功能的检测,并取得良好的效果;第二个事件,由于美国海岛交通不便,当时基层医疗机构水平有限,对复杂心电图诊断产生较大困难,迫切需要与大陆上条件较好的医院和心电图诊断技术水平较高的医师进行会诊,这就促使研究应用电话远程传输心电图(发送端通过心电信息调制心电音频信号传输,接收端通过解调器恢复心电信息),并发展成为了基层医院或诊所请求大医院和水平高的医生进行心电图远程会诊的一种实用和成熟的技术。在该阶段“床边遥测心电监护技术”也得到开发、应用与发展。

第三阶段:1988—2001年,为基于电话的远程心电监护技术快速发展阶段。在第二阶段基础上,各国先后投入大量的人力财力开展基础电话的远程心电技术研究开发,例如,1988年美国的丹尼尔·戴维医师创立了“Cardiac Medical Company”(心脏医疗公司)专门从事心脏远程监护工作,并逐步建立了一系列基于电话传输的远程心电简化中心站,为医院门诊病人、康复病人、病房病人、手术麻醉病人和监护室病人进行远程监护服务,受到有关医院和病人的欢迎。随后,日本、以色列、澳大利亚、德国、意大利、西班牙、印度、英国、加拿大等国家,结合本国实际情况,开展大量的基于电话的远程心电监护技术研究应用工作。在这个阶段,虽然第一代移动通信技术(1G)已经发展应用,但是由于存在很多不足,如容量有限、制式太多、互不兼容、通话质量不高、不能提供数据业务和不能提供自动漫游以及通信费昂贵等,在关于基于第一代移动通信的远程心电监护方面没有得到研究应用,另外,虽然随着1992年世界上第一个GSM网在芬兰投入使用,移动通信跨入了第二代,但是由于当时远程心电监护技术研究者精力还是集中在电话上和同时第二代移动通信不够普及,所以关于基于第二代移动通信的远程心电监护技术研究也没有得到开展。

第四阶段:2001年至今,为基于移动通信与网络通信的远程心电监护技术起步与发展阶段。在这个阶段,随着第二代移动通信的进一步发展、应用普及、通信费用降低以及第二代移动通信具有保密性强、频谱利用率高,能提供丰富的业务,标准化程度高等特点,使得基于移动通信的远程心电监护技术研究应用(主要是GPRS移动通信)得到了空前的快速发展。同时,随着短距离无线通信技术(如蓝牙、ZigBee、WiFi)、网络通信技术和新型心电电极、单片机、FPGA、片上系统(Soc)、心电采集处理单芯片化、物联网、体域网、可穿戴化、信息融合以及第三代、第四代通信等技术的发展,远程心电监护技术进一步呈现多样化、系统化、平台化、综合化趋势。特别是最近几年,随着手机开发技术快速提升,智能手机的迅速普及与低成本,手机正成为远程心电监护的重要智能终端。

1.1.2 设备发展历史

随着科技的发展及其在远程心电监护技术中应用,自1960年以来,尤其是近10年来,许多远程心电监护产品被研究开发出来,并得到了广泛的应用。使原来在医院监护室的心电监护,走出医院进入社区、家庭,使心脏病人和亚健康人群以及健康保健人群,均能得到有效的心脏活动状态的监护,在心血管疾病的诊断、急救和预防保健上发挥重要的作用,为人类的健康事业作贡献。从发展历程来看,远程心电监护设备可以分为以下几类:

第一类设备:Holter系统

为了在日常生活中有效监护患者心电,发现异常信息,20世纪50年代,美国科学家Holter

首创了动态心电图 (Dynamic ECG or Ambulatory ECG)。Holter 博士发明的动态心电记录装置,可以长时间 (24~72 h) 记录病人正常生活状态下的心电活动,监测患者应激状态下的异常心电和随机病理发作,而且病人可以远离医院在家进行心电监护,所以 Holter 装置可以看作最早的远程心电监护系统。从最初的简单动态心电记录仪到今天的带有大容量存储功能的数字式动态心电监测系统, Holter 一直是心血管疾病诊断领域重要的检测手段,并广泛应用于临床诊断及其他医学研究。但是, Holter 系统不能实现心电信号的实时分析,更重要的是不具备心电信号的远程传输能力。患者在使用 Holter 后,必须回到医院,将存储的心电信息通过专门的设备进行回放、显示和分析。由于 Holter 只能回顾心电监护信息,在发病时无法得到及时的诊断与救治指导,从严格意义上讲, Holter 只能算作远程心电监护系统的前端装置。

第二类设备: TTM 心电监护系统

早在 1903 年, Einthoven 就描述了通过一根电话线传送心电图信号,直到 20 世纪 70 年代,国外才开始将电话传送心电图监测 (Transtelephonic ECG monitoring, TTM) 应用于临床。TTM 的基本原理是应用心电记录仪将心电信号记录并转换成声频信号,再通过电话将其传送至监测中心,最后经调制解调器转换成心电图信号。

心电 BP 机是一种最典型的 TTM。其核心是一个类似 BP 机大小的心电图监护记录单元和通信单元,当用户感觉不适或监护单元发现心电不正常时可记录下数秒到数分钟的心电图,通过电话经声音耦合的方式传输到医院。值班医生在短时间内为患者提供诊断及治疗意见,通过电话指导治疗。临床实践证明:心脏 BP 机是一种轻便、易操作、不受时间、地域限制的心电监测工具,具有即时显示、记录和传送功能,可为患者提供及时服务,并且戴机不影响日常生活,戴机时间不受限制,初步实现了重症监护、心电监护家庭化,尤其适用于偏远地区患者和外出患者,缩短了医生与患者的距离,为院外心脏病长期心电监测和指导治疗提供了方便,使心电图监护实现家庭化。

但是心电 BP 机系统尚有不完善的地方,它的操作较复杂,过于程序化,对于老年患者不易掌握,按键反应较慢,等待时间长;主机接收信号和 BP 机发放信号要求较高的同步配合,否则,只能重新开始通信;心电 BP 机的容量较小,只能记录数量较少段心电图,难免会遗漏心电资料。当患者活动剧烈时,所记录的心电图含有较多的干扰。

第三类设备:遥测心电监护系统

心电遥测监护系统一般可分为电话心电遥测和无线心电遥测。电话心电遥测是在心电采集器和心电接收器之间进行遥测,通过声耦合把遥测的心电信号经电话线传输送到医院的心电监护工作站。与 Holter 系统及心脏 BP 系统相比,电话心电遥测在心电检测的实时性上有所改进,但仍然会限制病人的活动,且难以做到长时期的监护。无线心电遥测由心电检测单元和无线传输单元构成,心电检测单元把检测到的心电信号通过无线电方式发送到心电接收仪中,后者把心电信号传送给 PC 机,由 PC 机对心电信号进行简单的处理,识别常见的几种心律失常,根据严重程度决定是否将心电图上网传给医院。无线遥测心电监护可以让病人在一定范围内自由活动,且心电信号能实时地反映在遥测分析系统中,虽然给病人带来行动上的便利,但是由于通信、电视以及医疗电子仪器的广泛应用,其抗干扰能力差,甚至在某些场合无线电遥测根本不能正常工作。这些缺点将对远程心电监护的实施和疾病的诊断都会产生许多不利的影响。

除此之外,还有红外心电遥测系统,它以计算机作为分析、处理、显示、存储、通信手段,用

红外光作为传输媒介,对被试者进行实时监护,通过调制解调器,把遥测数据传输到医疗中心,供医疗专家分析、诊断。由于活动范围和应用场所受限,红外心电遥测不能算作理想的远程心电监护设备。

第四类设备:基于计算机网络的远程心电监护系统

计算机网络通信技术的发展为远程心电监护提供了广泛的应用平台,也促进了心电监护系统向网络化、家庭远程化方向发展。随着 Internet 和 PC 机的普及,基于计算机网络的远程心电监护系统将会更加深入人心,使人们能够享受到良好的医疗服务,提高健康水平。

在基于计算机网络的远程心电监护系统中,通常由 PC 机来控制心电信号传感器进行 ECG 信号的采集,然后再把 ECG 数据通过计算机网络传输到医院的心电监护工作站。前端的 PC 机可以对所采集到的心电信号进行实时处理、报警和提示,也可以将心电数据部分或全部发送到医院的心电监护中心进行进一步的分析和处理。按照网络接入方式的不同,基于计算机网络的远程心电监护系统有可以分为通过电话线和 MODEM 拨号上网、综合业务数字网 ISDN、数字数据服务 DDN 等许多种,各种接入方式的数据传输速度也不一样。

随着 Internet 在技术上的突飞猛进以及在地域、空域的不断延伸,远程心电监护系统的应用范围和它提供的服务得到了进一步的拓展,也为建立基于 Web 的远程心电监护网提供了绝佳的机会。如何利用先进的 Web 技术实现经济实用的远程医疗系统,正成为当前远程医疗研究的一个新方向。在这方面开展研究较早的欧美国家,以及随后的加拿大、澳大利亚、日本、韩国和新加坡等都先后投入远程医疗的研究和开发之中。目前国外正在积极建立基于 Internet 的包括远程心电监护的远程医疗系统,HP、IBM、GE 和西门子在内的许多大公司也纷纷投入其中。我国在 20 世纪 90 年代,随着“金卫工程”的展开,在计算机网络的远程心电监护方面进行了研究。

与上述其他的远程心电监护系统一样,基于计算机网络的远程心电监护系统也存在其固有的弊端。系统的前端必须要有可以上网的 PC 机,否则该监护系统就无法使用,这就使得监护系统的使用环境和用户的活动范围受限,也就无法科学、全面地对用户在各种活动状态下的心电信号实施监护,从而不利于病情的诊断和评价。其次,虽然目前的计算机网络的传输速度在不停地加快,由于用户数量的增加更快,致使网络负担较重,这就使得远程心电监护系统存在较长的时延,也就无法保证 ECG 信号的传输速度,更不能保证远程监护所需要的服务质量(QoS)。此外,目前计算机网络的安全性问题日益突出,计算机病毒的侵害和黑客的攻击等可能会对远程心电监护系统造成危害,使其可靠性无法得到保证。

第五类设备:基于移动通信的远程心电监护系统

为了保证受试者所检测的心电信号的准确性和科学性,远程心电监护系统要求用户在日常生活中保持一定的活动。由于各类远程心电监护的通信方式不一样,系统要求用户的活动范围和运动的剧烈程度也不一样,使得系统采集的信号质量得不到有效的保证。正因为如此,由于移动通信能为用户提供更大的活动范围、更为灵活的通信方式,基于移动通信技术的远程心电监护越来越受到人们的重视,并成为当今远程心电监护系统的研究热点。

移动通信技术从第一代的模拟移动通信发展到第二代的数字移动通信 GSM,到几年前比较流行的 2.5 代的 CDMA 和 GPRS,以及近几年的第三代移动通信实施推广和体域网的发展,逐步从今年开始向第四代移动通信实施推广。与此同时,移动通信在覆盖范围、传输速度以及通信质量等方面都有了日新月异的进展。利用移动通信可以使用户在心电监护中不受活动限

制,而且在高山、野外及移动过程中都能得到监护,在急救过程中依然是无法替代的最佳通信方法之一。此外,数字移动通信在抗干扰、安全性、大容量信息传递上都具有其他通信方式无法比拟的优越性。这些技术特点使得移动通信技术逐渐成为远程心电监护中最主要的通信载体之一。

我们在近十多年来,在多项资金项目(如属信息技术应用与信息化重大工程中数字医疗产品与应用系统技术领域,国家电子信息产业发展基金项目指南重点支持范围项目)等的支持下,针对移动环境下人体心脏疾病监测、救治困难,现有心电远程监护设备移动性差、抗干扰能力弱、智能化低、救治功能缺乏的问题,采用独特的高抗干扰有源心电检测技术,结合先进的CDMA2000-1X移动通信、GPSOne定位和智能心电分析技术,研究开发一套全新的高抗干扰智能人体心脏移动远程监护系统,实现人体心电的“全时空”自动监护、识别与分类,人体的地理位置精确定位与救治指导。系统先进复杂,是一个综合的医疗网络信息系统,涉及生理信号检测、移动数据存储、嵌入式操作系统、移动通信及网络辅助式卫星定位、地理信息系统、智能分析等多个技术领域,需要重点解决的技术关键和难点主要包括移动特殊环境高抗干扰心电检测技术、移动通信数据传输与控制技术、心电智能监测报警、识别分类技术和患者位置定位与双向交互远程救护技术以及系统集成等相关技术。

1.1.3 中国远程心电监护应用发展简史

在我国远程心脏监护系统的应用,自1979年上海瑞金医院钱剑安教授率先开展远程心电监护以来至今已有35年历程,大体可分为四个阶段:

第一阶段是1979—1992年,我国应用的远程心电监护设备是通过电话传输的心电监护设备,而且是进口的美国的产品。应用范围局限在上海等大城市,使用的人员仅在部分干部保健,使用过的人员仅数百人。

第二阶段是1993—2005年,国内开始使用GSM—Modem或者是带红外接口的手机作为通信载体的心脏远程监护系统,并普及到中国各省市进行使用,有些也进入门诊和保健范围,据了解有近百万人次使用了远程电话心电图监护,取得比较重要的科研和临床使用成就,形成了一大批的研究报告。

第三阶段是2006—2009年,国内倡导并实现了依托GPRS无线通信网络构建的院外心脏远程监护系统,监护导联由单导、双导片断监测发展到3导动态心电监护,而且远程心脏监护技术从远程心电监护发展到远程血压、远程血糖、远程血氧、远程睡眠、远程呼吸监护;监护对象从大医院应用,扩展到社区基层医疗机构,从心脏监护的医疗行为发展到保健预防行为,甚至已深入到家庭和个人的健康保健。

第四阶段是2010年至今,这是一个物联网、云计算向大数据应用发展的阶段。随着医学临床和计算机网络与现代通信技术的发展,远程心电监护已不满足于掌测、胸触、指捏测量,通过电话线传输的片断式心电监护。目前我国远程心电监护技术已非常成熟,远程心电监护设备由原来的3导动态心电监护升级至12导同步心电监护,12导动态心电/血压二合一同步远程监护,动态心电、血压、脉搏、呼吸、血氧、体温多参数远程移动同步实时监护。基于无线网络(2G,GPRS2.5,GPRS2.75C,3G)技术,同步多参数、“既监亦护”的,可广泛应用于个人、社区、医院(三位一体化)的人体心脏“动态”监护系统现已进入临床及科研领域并得以广泛应用。应用领域已由单纯的临床心电检查、监测扩展到“家庭健康监护、院前急救监护、入院中央监