

医学仪器

医用电子仪器

第一册

云南省卫生干部进修学院
医用电子仪器教研组 编

上官绍武

刘 辉 主编

施廷华

云南省卫生干部进修学院印刷

一九八五年六月

前 言

这套书是根据我校《医疗仪器专业》(招收应届高中毕业生三年制)的教学需要而编辑的。全套书包括《X射线机》五册共26章;《医用电子仪器》四册共22章;《理疗仪器》二册共19章。主要内容为各类仪器的结构原理、线路分析和安装修理。

因目前医学仪器种类繁多,更新换代很快,从而技术资料十分广泛。在处理不断出现的新仪器和基本内容的矛盾时,我们采取了以收集目前我国各医院最普遍应用的仪器为主,并加入适当先进仪器的编辑方法。

鉴于医学仪器所涉及的基础知识很广,在处理基础知识广而篇幅不能过大的矛盾时,我们只有让教材在学完理工科中等专业以上的数理、化、电工和电子技术基础的课程之后采用,使该书在涉及基础部分的篇幅尽量从简。

本教材《X射线机》部分由施廷华同志主编;《医用电子仪器》部分由上官绍武、刘辉和施廷华同志主编;《理疗仪器》由罗树华同志主编。

特别提出的是,本教材除收集了编者整理、翻译的国内外大量技术资料外,还整理收编了国内前辈和同行编著中的不少资料,在此特对有关作者深切致谢。

本书除可供医疗仪器专业作为大专、中专教材试用外,尚可供生物医学工程技术人员,医疗卫生人员和医学管理人员学习参考。

由于我们对医学仪器的知识了解有限,又缺乏一定的教学实践,书中必然存在不少缺点和错误,殷切希望批评指正。

编 者

一九八五年六月 于 昆 明

医用电子诊断仪器

第一分册 心电图机

目 录

第一章 生物电基础和生物电检测仪基础	6—124
1—1 医用电子诊断仪器的分类	6—19
1—2 生物电位的起源	20—28
一、应激细胞的电活动。静息电位和动作电位	20—28
二、动作电位的传播。容积导体电场	26—28
1—3 心电信号产生原理和心电图	28—63
一、心脏传导系统和心肌生理特性	29—39
a 心脏的结构和功能	
b 心脏传导系统	
二、心电信号的产生、波形形成——心电向量概念	40—47
三、体表电位的记录	47—55
a 心电图机的导联系统	
b 导联向量	
c 各种导联	
四、正常心电图	55—63
a 波形、名称及测量参数	

b 平均电轴和心电位

1-4 生物电极理论64-116

一、电极的极化64-70

a 氧化、还原反应

b 双电层结构

c 能斯特公式

d 超电压

e 电化学极化和浓差极化

二、电极的性能和电路模型70-77

a 双电层模型

b 等效电极阻抗

c 电解液—皮肤界面的等效阻抗

d 各种应用电极

1-5 对人体生物电检测仪器的要求116-119

一、检测人体生物电信号时的特殊问题

a 强干扰背景下检测弱信号

b 活有机体与电极接触界面处产生的极化电压

c 生物活系统，差异性及时变性

二、生物电检测仪应有的性能指标117-119

三、电气安全要求及防护119-124

第二章 生物电检测仪常用单元电路基础125

2-1	差值放大器	125-150
a	简单差值放大器的工作原理	125-133
b	长尾式差值放大器的工作原理	133-139
c	差值放大器的四种工作方式	139-141
d	恒流源电路	141-145
e	场效应管及场效应管差值放大器	145-146
f	共模负反馈两级差值放大器	146-150
2-2	集成运算放大器	150-160
a	集成运算放大器的理想化模型	151-156
b	理想运算放大器的闭环特性	156-157
c	集成运算放大器的主要参数及运用	157-164
2-3	稳压器电路	165-184
第三章 心电图机的基本构成、单元电路和特殊元件、部件概述		
.....		186-196
3-1	心电图机的一般构成和单元概述	186-188
3-2	心电图机的输入部件	188-190
a	电极	
b	导程线	
c	导联转换开关	
3-3	心电图机的放大单元	190-193

a、前置放大器及 1 mV 标准电压	
b、中间放大级和增益调节、平衡调整，封闭装置，基线调节	
c、功率驱动级及阻尼调节	
3-4 各种记录器	193-194
a、动铁式记录器	
b、动圈式记录器	
c、位置反馈式记录器	
3-5 操作控制装置	194-195
a、准备、观察、记录开关	
b、纸速变换	
c、增益变换及校准	
3-6 走纸传动机构:	194-195
a、盛纸机构	
b、电动机及变速稳速	
3-7 电源变换及蓄电池的保养	195-196
第四章 常见心电图机线路原理和结构	197-394
4-1 电子管—晶体管混合式心电图机 XDH-2 型机和 XDH-3 型机	197-251
4-2 全晶体管式心电图机 XD-4 型	252-353
4-3 集成电路式心电图机 XDH-3B 型	354-371

4-4	国外心电图机	372-394
第五章	心电图机的现行标准及检验方法	395-414
第六章	心电图机的维修检查通用方法	416-424
第七章	常见心电图机的调整和维修	424-493
7-1	XDH-2型	424-436
7-2	XD-4型	438-460
7-3	XDH-3B型	461-473
7-4	老式电子管心电图机 7121型资料	474-493

附图:

1	XDH-3B 电路图	1 张
2	XDH-3B 印刷电路板图	2 张
3	5151 电路图	1 张
4	6151 电路图	1 张

第一章 生物电基础和生物电检测仪基础

1-1 医用电子仪器的分类

医用电子仪器是指生物医学领域中专用电子设备。早在四十年代无线电电子技术就已渗入生物医学领域，后来发展成为一门单独的学科——生物医学电子学。美国生产医用电子仪器占世界首位，目前有2000个专业工厂，其次是日本和西德，日本有55个大公司，3000个医用电子仪器厂，据统计77年日本的医用电子仪器产值是34791万日元，为68年的三倍。

目前除高频治疗仪器振荡器采用电子管以外，各种医用电子仪器已普遍晶体管化，电子管已被淘汰，并且在不远的将来分立元件组装的仪器必然被集成电路所淘汰。

医用电子技术之所以发展迅速，原因之一是由于其本身具有许多特点。由于电子运动的惯性小，用电量表示信息时，其转换方便，传递迅速，便于计量，容易记录，对信息又可进行逻辑处理，故有可能连续观察生命过程的各种微妙变化。生物体内的各种理化过程实质上是电子质点的运动，是电磁作用范畴。如果从理工角度关于电子运动能的传递与变化来认识和测量生物的质量、能量和信息及其相互关系以及与环境变化的关系，那么，就能够从表象到微观，从静态到动态，从主观到客观，从片面到全面，更大限度地延伸眼、手、脑的功能，使得生命现象能既客观又定量地动态显示，计量、记录以及分析。

近年来由于集成电路突飞猛进的发展，使计算机技术冲击着医学方面各个领域，在国外，医疗设备已微处理机化，一个大型医院好比一个大型的联合企业，计算机不但可以操作病史记录、索检、开帐单和其它管理杂务，而且可以使一切诊断、护理、治疗手段自动化，甚至可以衡量和检查医师的技能和业务状态。一张普通的X光平片，计算机可以使它的分辨率提高50倍。超大规模集成电路的出现使各种人造脏器（如人造眼、人造内耳等）成为现实，它完全可以用来代替具有天然功能的脏器，甚至人工智能及电子神经系统的内植术都可能实现。国外计算机已发展到第五代（即光集成计算机或激光计算机 laser computer）和第六代（即原子

—晶格计算机atom-lattice computer(它用原子或分子中的晶格作为运算元件和存储元件),电子技术对医学革命的冲击将是无法估量的。

医用电子仪器又可分为以下几个类型:

(一) 生物电放大器:

如心电图机、脑电图机、肌电图机、眼电图机、胎儿心电图机、心向量图机及微电极放大器等,它们都是不用换能器而用电极直接从人体取得生理信息进行放大并显示图形的。

(二) 非电量检测仪器:

如心音、血压、心尖搏动,颈动脉、呼吸、体温、流量检测、脉搏、胎儿心音、宫缩等检测仪器,它们的特点是采用医用换能器从人体取得非电量信息并转换成电能的变化后经加工并显示结果的。有的仪器如阻抗或导纳容积图仪,眼球震颤记录器,皮肤电反应记录器等虽然亦采用电极取得信号,但经放大器加工

以后显示的信息并不是生物电,而间接地表示容积、位移等其它生理信息,因此仍可将它们归入非电量检测仪器一类,近年来,发展成将生物电放大器和其它各种生理信息测量装置组合在一起,组成多道生理记录系统来满足各方面测量的要求

(三) 医用监护和遥测系统:

监护系统包括由硬件或软件执行的重症病人监护单元(I. G. U)、冠心病监护单元(C. C. U)和心律失常监护系统等等十多种,它对某些重危病人的一些重大生命指标如心电、血压、脉搏、呼吸、体温等进行自动监测,平时将指标记录储存,帮助医务人员监护病情的变化,当某些指标超出预定范围就发出警报,同时可能做出相应的处理。不少监护系统还具有自动分析、处理测量信息的功能,并采用分级报警的装置,随着信息处理技术的不断发展,收集的数据和处理的速率均可不断增加,为了更好地了解说明和使用这些数据,必须采用有效的处理方法,如参数估计技术判定病人的状态,最优控制技术处理病情,判决理论和人工智能等帮助作判断。遥测系统,分有线和无线两种,将一处的生理信息采集后通过传输设备送至另一处。如通过电话线将病人的心电送到医院进行记录诊

断，甚至通过人造卫星的通信系统把心电传到几千公里以外。美国还搞了无线电遥测的病房监护系统。美国、日本研制的“电子药丸”也是一种微型遥测装置，它是一个很小的换能器加一个微发报装置，做成药丸大小，吞入胃肠消化系统，测出压力、温度、酸度、酶活性量和出血量等，发出电讯号，在体外接收。

(四) 医用超声仪器：

近年来超声技术在医学领域中十分活跃，由于电子技术的飞速发展，使医用超声仪器成为现代化医学设备的佼佼者。超声用于临床有安全、副作用少、非创伤性、软组织界面反射强烈易于检测、方向性好、穿透性强、易于成象、换能器转换效率高等优点，但亦有多次反射伪象，易被骨组织吸收、分辨率还不够高等缺点，大型成象设备价格又昂贵，因此在临床上应用尚受到一定限制。

目前应用的超声仪器均采用回声反射测距法，但A型（即距离—振幅型）已趋于淘汰，M型（时间—距离型）广泛用于探测瓣膜和心肌的病变，B型（距离—光点成象型）得到很大发展，正日趋完善。主要分：手动扫描、多探头电子扫描、扇型机械扫描、相控阵电子扫描等类型，近年来，国内、外在超声全息摄影和超声显微镜的研究上有了新的进展。最近美国出现了采用透射法接受超声束的飞点渡越时间法（SPOT FLY TIME）并通过计算机重建图象，这种重建的图象是反映组织的密度分布，因此比反射法图象要清晰和有价值得多。超声图象的冻结和伪彩色灰阶显示法亦已达实用阶段。随着图象处理技术和计算机应用的普及，超声成象设备还会有新的发展，以后要作详细介绍，这里不再赘述。

(五) 电子治疗仪器：

电子治疗仪器大部分属于理疗产品，低频仪器包括直流感应治疗仪，电针仪器，空气负离子发生器等，中频仪器包括音频治疗仪、间动电流治疗仪、干扰治疗仪等。高频仪器包括短波治疗机，超短波治疗机及微波治疗机等。他们分别在镇痛、疤痕及粘连的治疗、改善组织血液循环和促进内分泌功能等方面有显著的效果。外科用的高频电刀亦属于高频仪器的内容。

这些仪器的主要部分均为各种类型振荡发生器，详细电路可参

阅有关产品说明书。

(六) 临床实验室用电子仪器：

是指对生物标本进行形态学、生物化学、生物物理等范围内进行测量的仪器如透射及扫描电子显微镜、PH计、浓度及光电比色计、色谱及极谱计、蛋白电泳仪、超速离心机、质谱分析仪、X线分析仪、糖、酶、酯类的成份分析装置。血液气体分析及血球分类计数装置，亦是临床实验室仪器的重要内容之一，这些仪器大都是采用光—电或化学—电传感器，将样品的化学、物理性质转变成微弱的电量，再经过放大加工后进行测量的。

近年来气相、液相色谱分离法、微热测定、放射免疫分析以及离子电极装置等新技术得到广泛使用。

激光技术也开始用于生化分析。如激光血球计数仪，利用单色性好的激光光源代替普通光源检测血球大大提高了仪器的精度，激光病毒计可测定病毒的大小。激光全息技术已开始用于医学生物学的研究工作，激光作为一种新的激发光源将荧光标记法推进了一步。流动细胞分选法是检测和分离活细胞的一种新技术。

随着医学科学的向现代化发展，临床实验室的工作量急剧上升，一个大型医院实验室的工作量一年可达20万次到100万次，面临这种情况，迫使生化设备大量应用微处理机来加快实现自动化。

在测量功能方面包括引入新的项目检验生理或化学过程敏感度和动力学测定等完成检验所需的样品量减少检验精度和速度以及仪器的质量控制等，在智能方面包括数据收集、编辑、报告输出、不正常结果或可能的病理情况的自动判别等都有不同程度的提高。样品传送、吸量、混合、温度控制、终点测定、反应速度测定，这些重复性强的操作实现了机械化。

(七) 医用电子计算机：

国外在生物医学领域引入电子计算机是六十年代开始的。由于电子计算机具有运算速度快、存储容量大、有逻辑和记忆功能、精确度高、可连接各种形式的输入输出装置，并可在线实时处理和控制等优点，在生物医学方面应用于数值计算、数据处理和过程控制。

电子计算机的推广应用已在生物医学的基础医学、预防医学、临床医学和医院管理等方面产生了巨大的影响。现在国外所谓的自动化、现代化医院，实际上就是电子计算机与各种医用自动装置联用所形成的完整的自动化系统。其工作内容包括门诊、病房、药房、病历卡管理、会计以及与各诊疗室的各种诊察、治疗设备相联结，进行顺序控制、数据、图形处理等。医用电子计算机发展速度占有医学仪器中的第一位。单以日本为例，71年以前为13台，75年前为314台，至78年为止有1856台，其中39%用于医院管理，2%用于病例管理，7%用于临床实验室，2%用于其它。

从计算机进入医学领域开始到现在，二十多年时间里所取得的进展和成就证明：计算机在为医生提供更佳的诊疗工具，提高医院工作效率，促进医学科学研究和实现医学重大技术革新等方面带来很大的好处。医学信息科学已成为医学发展中富于生命力的一个方面军，它推动了医学、数理科学、工程技术等不同领域的专业人员协同工作，促进这些科学之间的沟通和渗透。

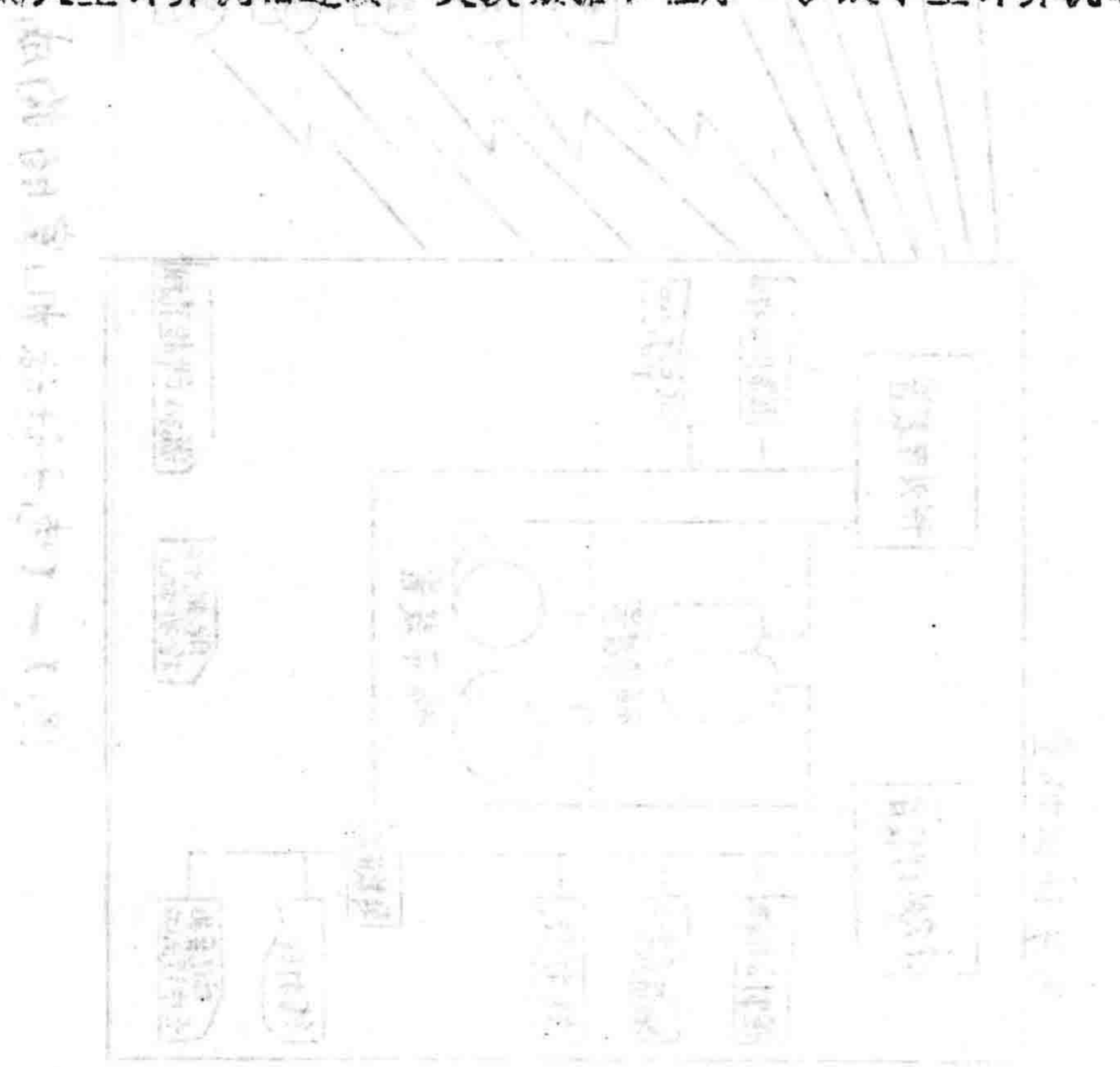
在大医院中建立一个计算机系统，必须用大型通用计算机、电子计算机室的机器构成见图1-1。图中中央处理装置采用双重系统是为了防止一台万一发生故障时，另一台可以作为处理故障用，另外在一台正常情况下，另一台可以不影响在线系统而进行插入程序处理，扩大功能，进行教育和研究方面的工作，利用计算机作管理工作，从入院登记、药物使用等直到医院其它所需的自动化控制 and 数据处理。日本东芝公司的TOSBAC-40D型计算机系统具有最大可扩展到513K字的主存贮器；16个通用寄存器；具有可以实现以处理语言功能为前提的高效能的指令系统；磁盘存储器的容量为200兆字；外围终端装置最多可接到255台。而且操作系统可以实现实时处理和间歇处理。

医院事务处理系统是指在医院管理和医疗活动中进行信息管理和通讯联系的计算机系统。采用这种系统极大地提高了工作效率，改善了工作条件，而且减少了工作中的差错，在医院各处都装有终端装置，用来输入正确的资料，再通过计算机系统就可以制成可靠的文件报表，并可以得到医院每日每月动态方面的经营管理资料。

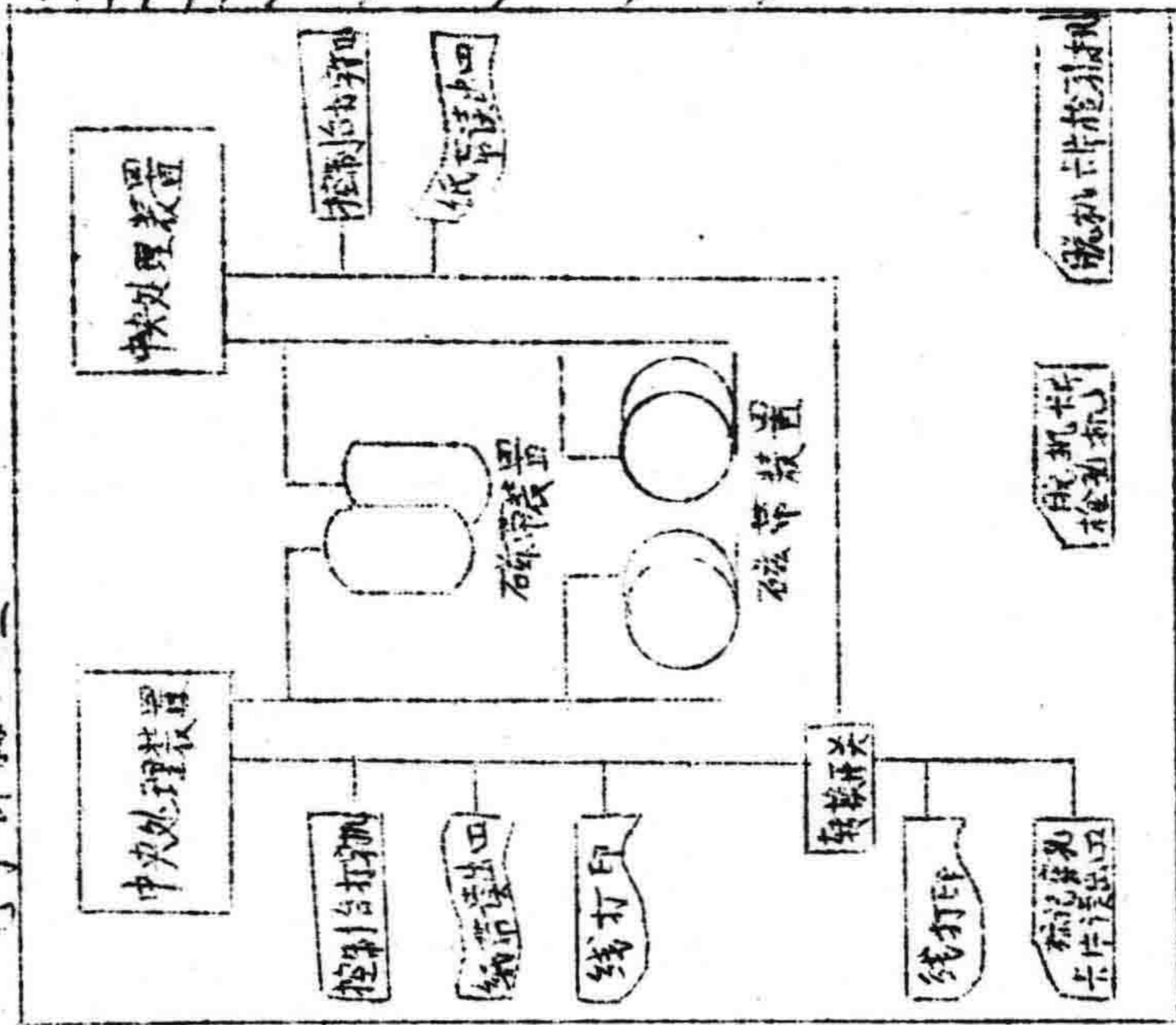
系统概况如图1-2所示。

它的业务包括病人登记、预约、处方医嘱、会计、保险和各种统计月报。近年来又扩充了饮食医嘱、食品管理，营养指导、药品库存管理、病历检索、体格检查医嘱等方面业务。一个医院计算机系统的信息构成如图0-7所示。其它在国外医院常见的大中型计算机有IBM370-155、IBM360-40、POP-9、POP-15、CDC6400等。

六十年代中期小型计算机崭露头角，它可任意选配、性能可靠、维修方便、价格较低，使生物信号的检测和分析自动化进入了新阶段，可以用它组成实时联机应用系统，用来进行心电和脑电的自动分析、肺功能的数据计算、X线图象的处理、配合病房监护器指导病房护理和临床化验室自动化等等，同时可与本医院或其它大医院的大型计算机相连接，交换数据和程序，扩展小型计算机的功能。



电子计算机室



(初学录) (复习录) (合)

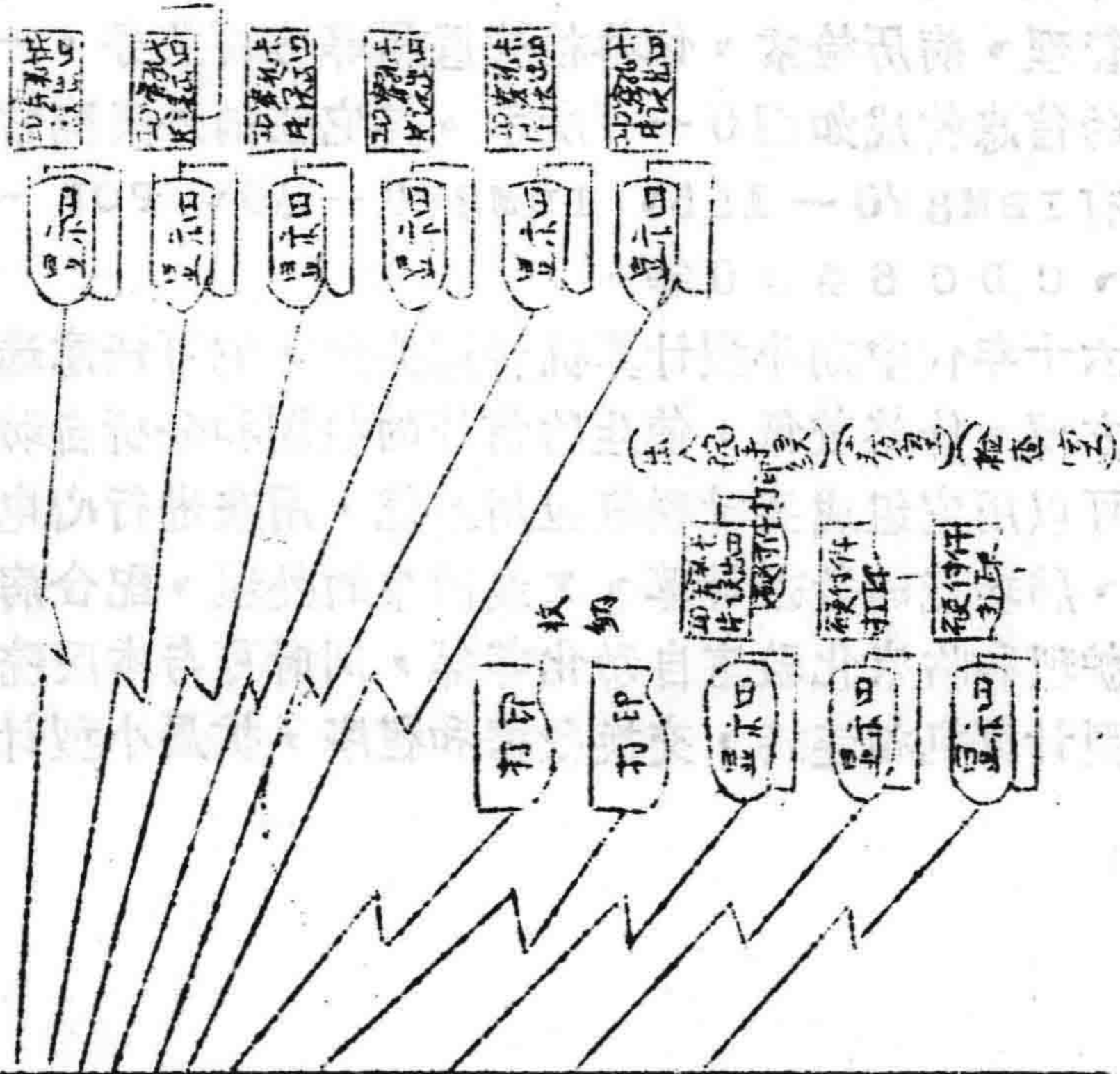


图 1-1 电子计算机室的构成示意图

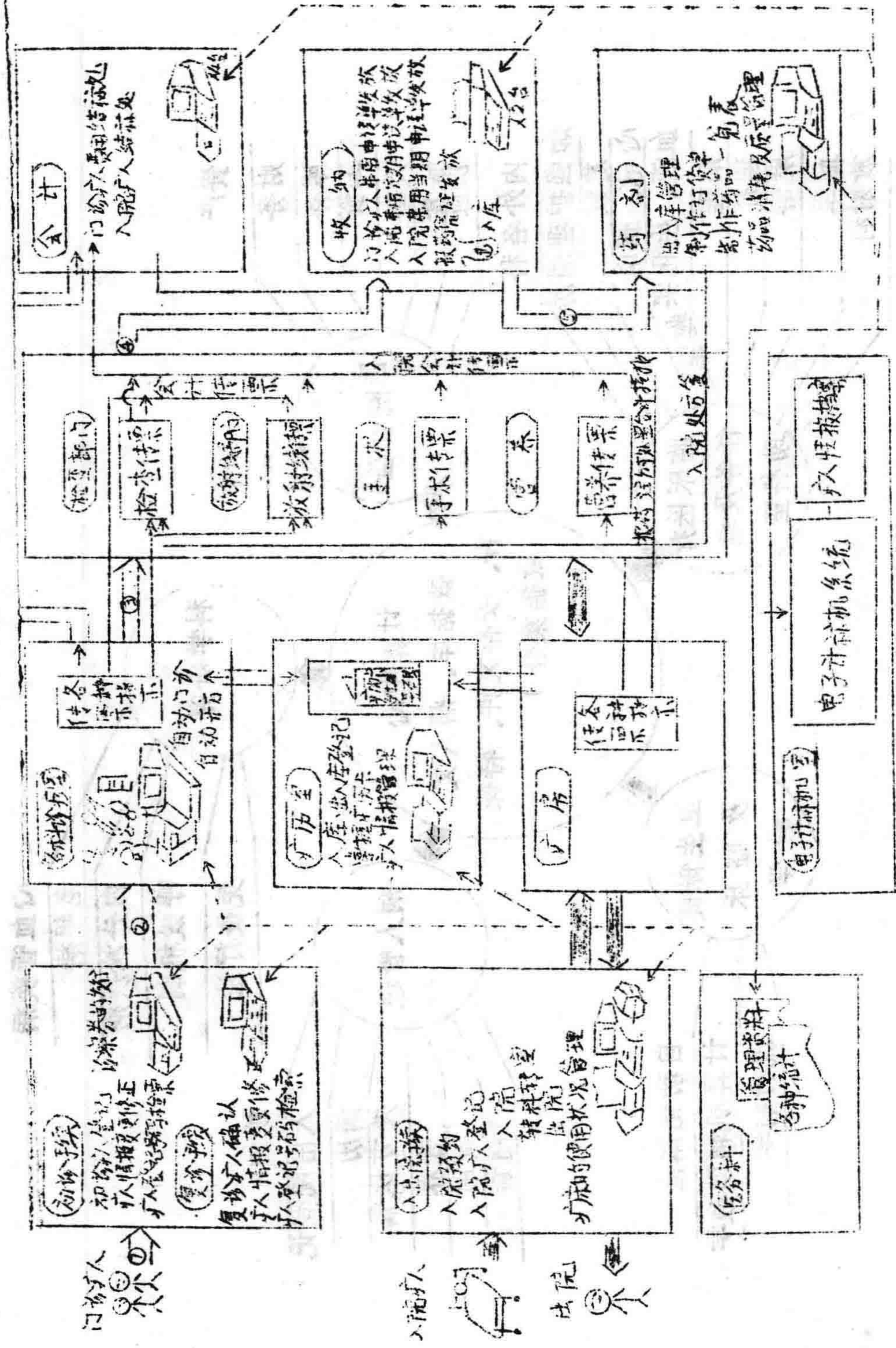


图 1-2 医院电子计算机系统概况图

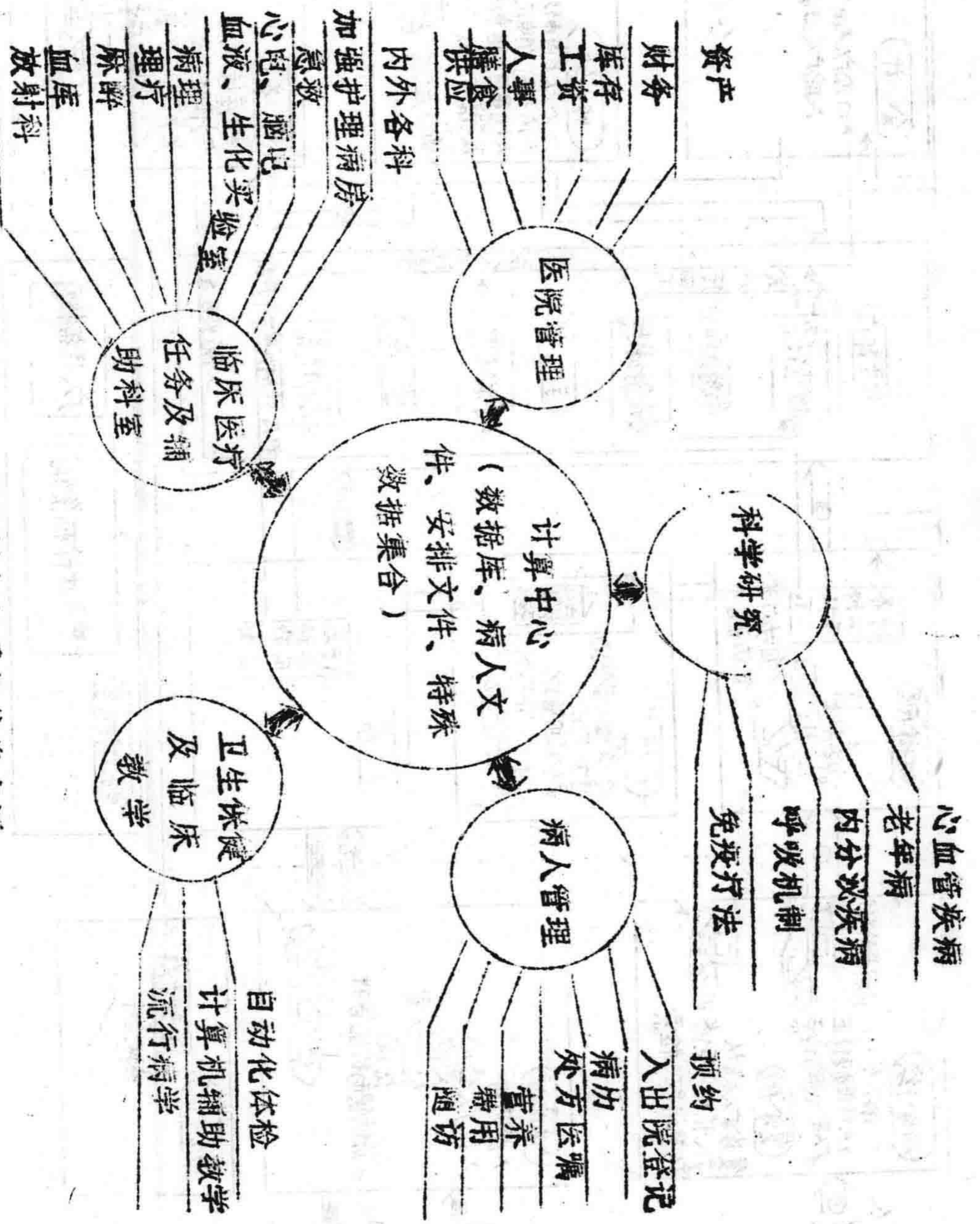


图 1-2 医院计算机系统信息来源

医学上常用的小型机型号是美国 PDP-11、PDP-12、LINC-8，日本的 FACOM-270-30、CEC-555、TOSBAC-3000 M、JRA-5、HITAC-10、NEAC-3200、ATAC505-20、ATAC-450 等。

1975 年以后微处理器开始用于生物医学仪器，它可使一些分散的小型的数据处理、数值计算和控制功能，用价格低廉、工作可靠而又方便的微型计算机系统来实现，从而开创了医疗仪器智能化的新时期，近年来有报道内装有微处理器的医疗仪器有心率失常监护系统，脑电信号处理系统，肺功能测定仪，血气分析仪、血细胞自动分类计数仪、自动血液化学分析仪、血压监护系统、危重病人监护系统、自动麻醉机和人工假肢等项目。高性能的微型机已接近小型机的水平。如小型机 PDP-8/E，可以由微机 IM6100 代替、POP-11 可由微机 LSI-11 直接替换，功能不变，但价格降低了 90%，内部联线亦减少 90%，功耗亦大大降低，管理维修亦方便，因此微型机完全有可能淘汰小型机的趋势。医学上常用的微处理机是 MCS-4、MCS-80 及 MC-6800 等

小型机和微型机在医学上的具体应用有以下几个方面：

1. 用于自动分析心电图、脑电图：受检查者只需躺在检查台上，由护士将电极放置好，一分钟后病人即可得到检查结论的报告单，心电图输入计算机后，可以实时在线分析，也可以存储在磁盘中待空时分析，也可通过电话或磁带送来的心电图进行分析。计算机一小时可分析 120 张心电图。携带式心电图机所作的 24 小时心电图记录可在 12 分钟内分析完毕。计算机分析心电图的符合率为 80%，与心脏专科医生分析的符合率相近，计算机用于脑电图分析原理与此大致相同。

2. 用于自动生化分析：血、尿的化验标本放在标本自动收集器上，自动标本、自动化验、自动打印出化验结果，也有生化分析仪与计算中心连接，可以把化验结果，包括以前的化验结果综合，摘要制成表格，供医生参考。也可只显示阳性部分，或把某项化验绘出曲线。如一项化验多数病人异常，即由计算机提醒化验人员重做，称为监督化验质量。