

综 述

数字减影的历史、现状 和未来发展趋势

艾 民 阮兴云 王玉昆 朱 弋 张卫东

(成都军区昆明总医院, 昆明市 650032)

[文章编号] 1002 - 2376 (2000) 06 - 0001 - 06 [中国分类号] TH774 [文献标识码] A

[摘 要] 本文介绍了数字减影血管造影 (DSA, Digital Subtraction Angiography) 的原理、系统框图及工作原理, 并结合作者多年安装、调试、维修数字减影系统的工作经验, 对数字减影的历史、发展现状及未来发展趋势进行简要介绍。

[关键词] 数字减影; 数字图像处理; 数字透视; 数字照相; X 线机

The History, Present Situation and Future Trend of DSA (Digital Subtraction Angiography) System

Ai min Ruan xing-yun Wang yu-kun Zhu yi Zhang wei-dong

(The Kunming General Hospital Of Chengdu Military Area, Kunming, 650032)

Abstract: From Principle, Structure and Working Process of DSA (Digital Subtraction Angiography) System, The History, Present Situation and Future Trend of DSA System is been introduced in the paper which based author's some experiences about installing, adjusting, servicing DSA System.

Key words: DSA (Digital Subtraction Angiography), Digital Radiography, Digital Fluoro, Digital Image Processor, X-ray Medical Machine

1、数字减影的基本原理

1.1 数字减影的基本原理



(a) 蒙像 (b) 造影像 (c) = (b) - (a) 减影像

图1 数字减影原理图

数字减影的工作原理是建立在图像相减的基础之上, 将造影剂进入血管前的一帧或几帧图像采集存储下来作为蒙象, 并以造影剂进入血管后的图像一帧、一帧的依次相减, 除去了不变的骨骼和软组织等结构, 浓度很低的造影剂充盈的血管被突出的显示出来, 并可以动态显示出血液流动情况, 因而

能清晰的显示病灶, 提高疾病发现率与诊断的准确率, 降低造影剂使用量, 提高了手术安全性, 降低了手术成本。并具有图像后处理、测量、分析等新功能, 正在成为医院放射科必备的设备。

1.2 数字减影系统构成及工作原理

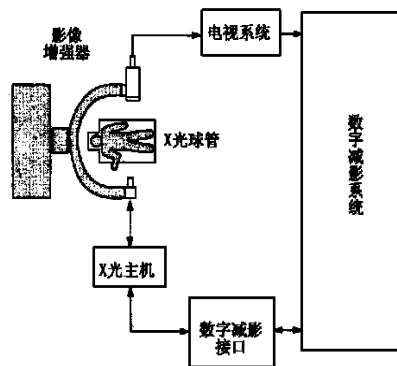


图2 数字减影的系统框图

由图 2 知, X 光球管产生 X 光, 穿过人体, 到达影像增强器, 通过电视系统及 A/D 转换电路形成数字 X 光影像。由 X 线影像形成原理知, 适量的 X 线照射人体, 由于人体内的软组织、骨骼等不同的结构对 X 线的吸收不同, 穿过人体各部位的 X 线的强度不同, 在影像增强器上形成对比鲜明清晰的图像; 若 X 线剂量过大, 穿透力太强, 几乎所有入射 X 线都以相近的射线强度到达增强器, 出现图像饱和, 不能形成有用的影像; 反之 X 线能量过低, 大部入射 X 线被人体吸收, 增强器上仅有淡淡影像, 图像质量差, 噪声大。因此, 对于人体的某一部位和某一体厚, 并非剂量越大越好, 存在某个最佳的 X 线量。

2、数字减影的历史和现状

2.1 第一代数字减影



图 3 数字减影实例

八十年代初, 世界生产出首台数字减影系统, 并投入临床使用。尽管存在体积庞大, 耗电量大, 发热量大, 机器稳定性差、价格昂贵等缺点 (如我院的第一台美国生产的 DR - 960 型数字减影), 但仍以下列优点取代了用于传统血管造影技术的快速换片器 (如西门子公司的 AOT、PUCK 等), 成为血管造影检查的最有效手段。

- * 除去了不变的骨骼和软组织等结构, 造影剂充盈的血管被突出的显示出来, 能清晰的显示病灶; 可动态显示出血液流动情况 (如图 3 所示), 提高疾病发现率与诊断的准确率。
- * 需要的 X 射线剂量低得多, 有利于医生和病人的身体健康。
- * 图像资料存储在硬盘, 避免了大量 X 光胶片的浪费, 降低了手术成本, 可在多幅照相机照相存档。
- * 利用窗宽、窗位调整技术, 可将人眼的灰阶分辨率扩展到 256 级, 这样就有可能用稀释得很淡的造影剂显示出充盈的细小血管, 因而需要的造影剂量少得多, 有利于降低手术的风险和手术成本。

- * 图像的数字化获取、处理、储存、显示等都实时完成, 可立即在屏幕上直接显示出减影图像, 避免装、冲胶片之苦, 节约了宝贵的时间。

- * 具有正负像切换、放大 (Zoom)、漫游 (Pan) 等多种后处理功能。

2.2 第二代数字减影

第一代数字减影虽然与传统的血管造影相比具有很多的优点, 但仍存在能存储的图像张数少, 图像采集速度慢, 图像清晰度一般为 $256 * 256$ (个别好的可达 $512 * 512$), 不能用于心脏等快速运动部位的检查 (心脏等快速运动部位的检查需用电影或录像来完成)。随着科学技术的进步, 特别是计算机技术的进步, 八十年代中后期出现以西门子 Digitron 2, Digitron 3 等为代表的第二代数字减影。其特点是:

- * 图像清晰度为 $512 * 512$
- * 采样速度可达 30 张/秒 (如西门子的 Digitron 3 VACD), 产生了能用于心脏等快速运动部位的检查的数字减影 (具有数字电影功能)。
- * 数字减影已能全面取代快速换片器、录像、电影等传统的血管造影手段。
- * 能存储的图像张数已达几千张乃至上万张。

下面详细介绍一下德国西门子公司的数字减影 Digitron3 系统。

由图 4 所示, 该系统由 X 光机输入、输出控制部份, 核心处理器部份、图像处理部份、PXP 图像后处理器部份、MSD4400 大容量存储部份等五部份组成。

其工作原理为: 通过 X 光机输入、输出控制部件, 获取 X 光机现在状态, 根据病人的体厚及检查部位, 自动设置最佳曝光条件, 可全面控制 X 光机的所有曝光参数 (kV、mA、ms), 可采用脉冲方式和连续方式获取图像, 为获取高质量的影像创造有利条件; 由 X 光机产生 X 光照射人体, 并通过影像增强器高倍放大图像亮度, 在电视摄像机上获取电视信号, 并通过电视中心 (CCU) 将其输入数字减影的图像处理部份, 经对数放大器放大, A/D 转换器转变为数字信号, 可实时叠加降噪, 实时减影, 实时路径显示并通过 D/A 输出图像信号, 图像矩阵为 $512 * 512$; MSD4400 可存储大量图像, 存储速度可达 30 帧/秒; PXP 后处理器部份可对单张图像进行处理, 功能包括: 图像放

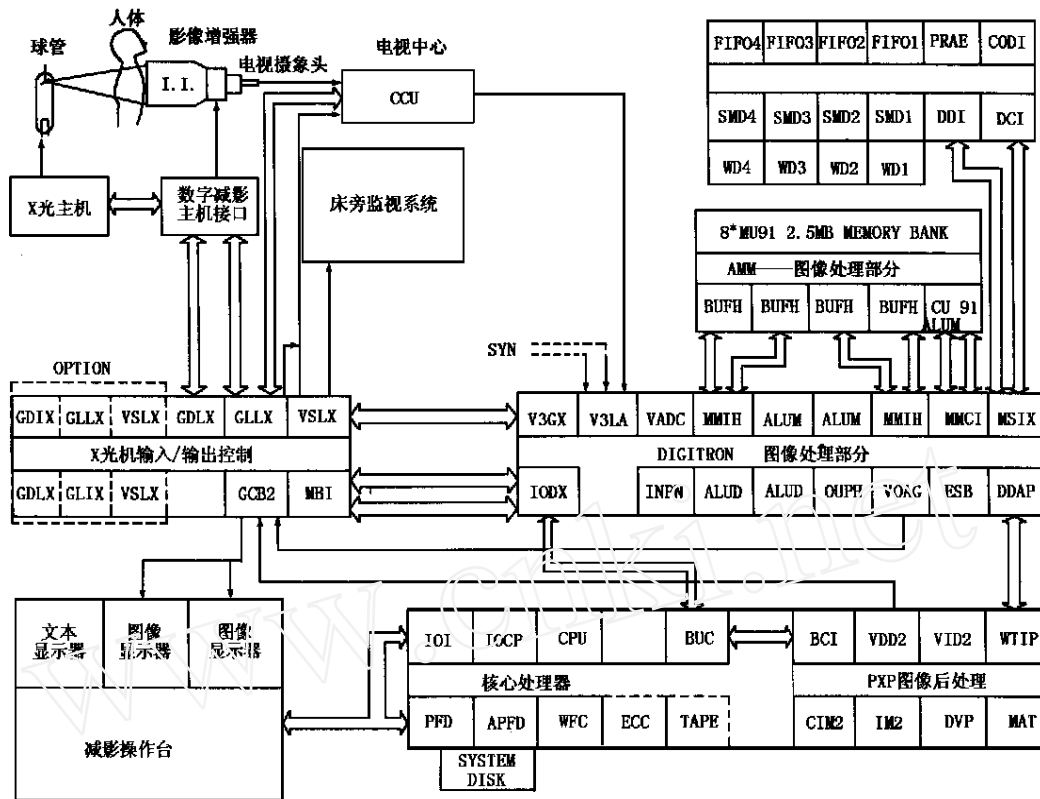


图4 西门子数字减影 DIGITRON 3 系统框图

大、ROI (感兴趣区域) 处理、图像间加减乘除、图像模糊降噪、图像锐化、绘制造影剂浓度曲线、正、负象翻转、电子光圈、心室壁运动的分析测量、狭窄率的测量等功能；核心处理器部份的主要功能是：对整个系统工作进行控制，通过 DOT 的键盘人机对话，完成任务。其中包括：键盘、光笔、Intel 公司 386 的 CPU 板、系统硬盘及控制器、总线缓冲、软驱控制器及驱动器等。

Digitron3 数字减影系统是国内较为普及的一种数字减影，昆明总医院器械科先后在全国安装、调试此类机器数十台，根据我们经验而言，发现该机受当时计算机制造技术的限制，存在以下优、缺点：

- * 减影柜内大电路板就有 40 多块，任何一块电路板有故障都会使整个数字减影工作不正常，因而存在工作不太稳定的情况，给医院开展介入工作带来一定的负面影响。
- * 由于采用脉冲曝光、自动设置曝光条件，与 X 光机的配合好，故其图像质量比较好。

2.3 现代数字减影

随着计算机技术的飞速发展，九十年代国际上出现以西门子 Polytron 1000, Hicor 等为标志的现代医疗装备 2000 第 6 期

代数字减影；而国内近年来，随着计算机技术的飞速发展，血管造影技术在医院的普及，国内数字减影技术也有了长足的发展，甚至出现了具有自动设置最佳曝光条件、能脉冲采样、图像清晰度为 1024 × 1024、采样速度达 30 张/秒的等具有国际先进水平的数字减影。现代数字减影的特点是：

- * 图像清晰度为 1024 * 1024，比原来的 Digitron 3 数字减影清晰度提高了四倍。
- * 采样速度可达 30 张/秒，乃至 60 张/秒 (如西门子的 Hicor)。
- * 操作更加方便，快捷。
- * 能将病人的图像及资料存储在光盘上。
- * 机器稳定性好，功能更强，故障率低。
- * 具有联网功能，能远程诊断机器的故障；并具有远程数据传输与联网能力，为医疗远程诊断和治疗奠定了基础。

下面通过代表国际先进水平的德国西门子公司的现代数字减影 Hicor 系统和代表国内先进水平的 Hydsa - 1000 数字减影系统两个具体例子来介绍现代数字减影的发展现状：

2.3.1 德国西门子公司的现代数字减影 Hicor 系统。

西门子 Hicor 数字减影具有以下的特点：

- * T (Time) . O (Operation) . P (Performance) . - Line 技术：基于智能光纤网络的血管造影集成系统，具有高效、方便、快速、可靠性高等优点。
- * DFP (脉冲数字透视) 技术，降低病人和医生的所受的 X 线剂量，延长了球管的寿命，降低运动模糊，提高了图像的清晰度
- * Multimap：采用单屏映射技术，将多种图像显示在同一个显示器
- * 具有数字电影功能：能以 15 张/秒，30 张/秒，60 张/秒的采集速度、1024 ×1024 的高分辨率采样、显示图像
- * 方便的床旁触感屏全功能操作
- * Dynamap 功能：实时动态图像放大、漫游功能，比影像增强器放大图像减少 X 线剂量 50 %。
- * RoadMap 路径显示功能
- * 距离测量，狭窄率分析
- * 心室功能分析：EF, SV, EDV, ESV 测量
- * 最后一张图像保持功能
- * 数字减影与心电信号同步获取图像
- * 全自动选择曝光参数
- * 可选择多种图像获取速度
- * 可扩展的图像容量
- * 可扩展的硬盘容量
- * 多病人模块及光盘存储系统 (选件)
- * 100Hz 无闪烁的高分辨率显示器
- * 网络数字接口
- * Automap 功能：即可根据 C 臂的位置自动显示图像或由显示的图像 C 臂自动找到位置

2.3.2 国内数字减影 Hydsa - 1000 数字减影机
下面简单介绍昆明惠翼计算机图像研究所与成都军区昆明总医院器械科联合研制的 Hydsa - 1000 型数字减影机。

其工作原理为：由 X 光机产生 X 光照射人体，并通过影像增强器高倍放大图像亮度，在电视摄像机上获取电视信号；数字减影接口获取 X 光机状态，根据病人的体厚及检查部位，自动设置最佳曝光条件 (kV、mA、ms)，可采用脉冲曝光方式产生高质量的影像，通过电视系统将其转换为电视信号，经过 A/D 转换器获取数字图像，可对图像进行图像放大、绘制造影剂浓度曲线、正负像翻转、

电子光圈、狭窄率的测量等功能，可将获取的图像刻录在光盘上长期保存或存储在大容量图像硬盘 (6000 幅以上) 上，可通过网络接口连接其它图像工作站，为建立放射科局域网奠定了基础；可通过图像打印机或多幅照相机存档。

该机有以下特点：

- * 采用一体化的设计方案，根据西门子 X 线机特性，用数字信号处理技术制作数字减影机 X 光机的接口，实现了不同体层、部位下，自动选择最佳条件，可全面控制 X 光机的所有曝光参数 kV, mA, ms (曝光时间), 张数/秒, 总曝光次数等等，采用脉冲曝光、连续曝光等方式获取图像，高分辨率 1024 * 1024 采样和显示，任何人操作都能获得良好的图像。
- * 全中文操作，系统工作稳定，可靠性高，故障率低。
- * 最高采样速度可达 60 帧/秒，适用于心脏、四肢、肝、肾、脑等部位的造影检查和介入治疗。
- * 采用大容量的 CD - R 刻录机将病人资料保存在光盘上，可保存大量病人资料，减少了胶片的使用量，节约购买胶片费用，减少胶片所占的存储空间，解决胶片长期保存易霉变、粘连、资料丢失、查找困难的等难题。
- * 方便、实用的病案管理功能。
- * 具有最后一张图像保持，任意速度电影回放，图像放大、正负像翻转、测量等功能。

从上面性能对比中可看出：国内数字减影的图像质量、图像清晰度及分辨率、采样速度、能够自动设置曝光条件及脉冲曝光等主要指标已经达到国际先进水平，但在采用数字脉冲透视等新技术方面还需进一步努力。

3、数字减影的发展趋势

3.1 图像融合化：

设置不同的床面运动速度和移动距离 (5 ~ 15cm)，在造影剂注射和床面运动的过程中，获取的一系列蒙像和造影图像，由图像处理系统得到一系列减影图像，并在此基础上迅速产生融合图像。具有节约造影剂和手术时间、降低手术风险和减少病人痛苦优点 (见图 7)。

3.2 图像立体化：

三维重建技术曾广泛用于 CT、MRI 图像的重建，现在该项技术也扩展到数字减影领域，为医生

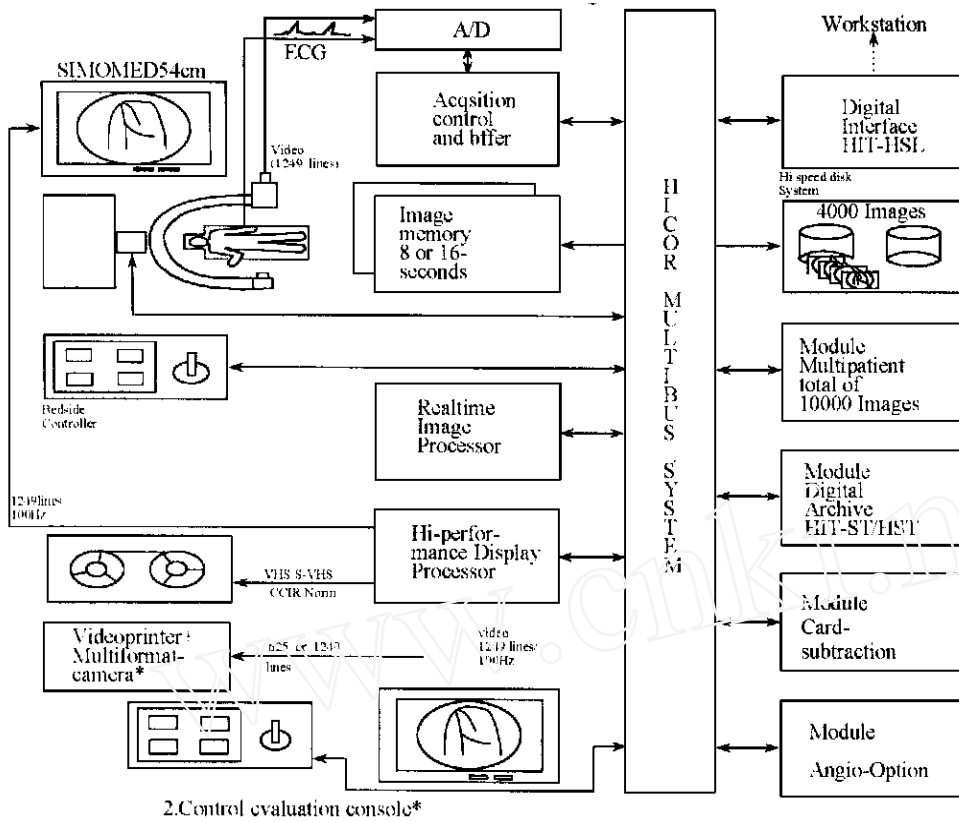


图 5 西门子数字减影 Hicor 系统框图

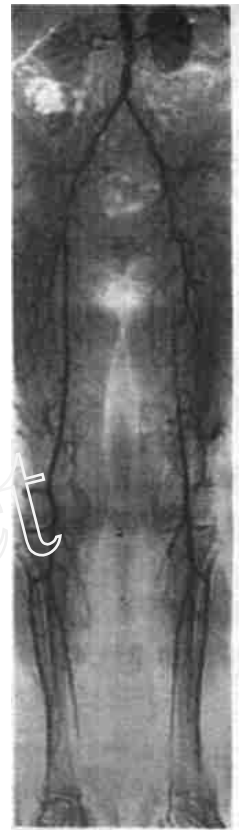


图 8 外周动脉造影图

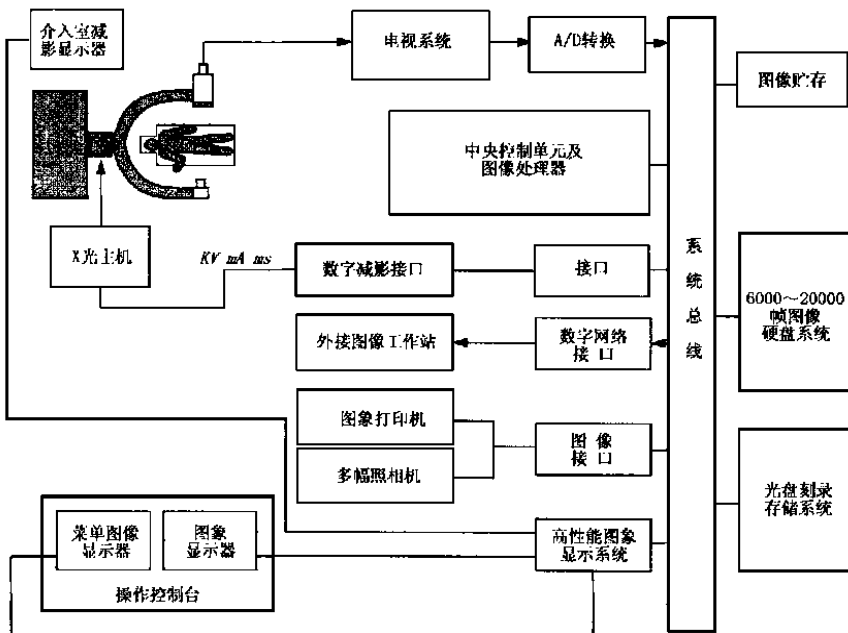


图 6 Hydsa1000 型数字减影系统框图

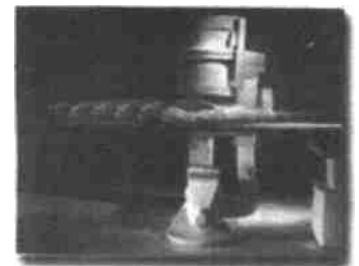


图 7 图像融合过程的示意图



图 9 脑血管的立体示意图

制定最佳介入治疗方案或手术治疗方案提供了一个新手段。这项技术能够在一次造影剂注射过程中，C 臂围绕人体旋转 200°，用获取的一系列图像重建
医疗装备 2000 第 6 期

三维血管图像，医生可以从各种角度（即使从 X 光影像系统也无法观看的角度）来观察血管图像，进行最大密度投影分析、表面渲染和测量，并能自

动旋转演示难以想象的血管空间结构。

3.3 高分辨率影像板技术

由于高分辨率影像板技术有极大的发展前景,各大公司均投入巨资进行开发研究,下面简单介绍GE公司正在开发的X光影像板结构和原理:

由碘化铯闪烁器将入射的X光高效的转换成可见光,再由高密度的光电二极管将其转换为各点的电荷量,最后由低噪声的电子束将各点的电量数字化读出,送到计算机图像处理器,得到最终的X光影像。

该技术目前正在向快速获取及低噪声方向发展,将来可能用于数字照相、数字减影、双能量减影和低剂量透视等方面。目前西门子已生产出具有2048×2048分辨率的图像板,可以预料,随着影像板技术的发展,影像板必然将取代现在的胶片照相系统。

3.4 数据传输网络

由于网络技术和医学影像的数字化,医院建立计算机网络将成为不可逆转的趋势,医学远

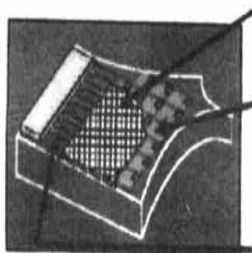


图10 GE公司X光影像板结构图

程诊断系统也将越来越普及。

医生可在办公室观看病人的所有医学影像及数据,有利于多学科专家会诊,通过数据网络系统进行远程传输和远程诊断,使用方便的计算机查询与存档系统,外科医生可在手术过程中动态查看病人的图文资料。

总之,随着科学技术,特别是计算机技术的发展,数字减影的图像清晰度将会越来越高,功能越来越强,在医学影像中的作用将会越来越显著。

[参考文献]

- [1]《医用大型X线机系统》,王溶泉主编,人民军医出版社,1995年10版
- [2]《数字减影血管造影的基本原理》,祁吉主编,人民卫生出版社,91年9月版
- [3]《医学图像处理》,吕维雪编,高等教育出版社,89年9月版
- [4]《新医学成像方法极其临床价值》,瓦尔特·弗诺霍尔德,中国医药科技出版社,1988年6月版
- [5]“Digital Subtraction Cerebral Angiography By Intraarterial Injection: Comparison with Conventional Angiography.” AJR 140 (1983), Brant - Zawadzki etc
- [6]“Intraarterial Digital Subtraction Angiography: Evaluation in 150 Patients”, Radiology 148 (1983), Davis etc
- [7]“Intra - arterial Digital Subtraction Angiography: Comparison with Conventional Hepatic Angiography”, Radiology 148 (1983), Flannigan etc
- [8]“The Utility of Digital Subtraction Angiography in Peripheral Vascular Disease”, Cardiovasc. Intervent. Radiol. 6 (1983), Kubal etc

合普维修 为您解忧

仪器维修中心专业维修:

1. 生化分析仪: ISP—、MICRO95版、RA50、BT224等,并可订做各种波长光学滤光片、石英光源灯、打印机等配件;
2. 尿液分析仪: MA-4210、泰利特50、100等,可配备负压泵、灯泡、打印机、打印片、凸轮等配件及耗材;
3. 电解质分析仪: MEDICA、CHIRON644等,可配电极、泵管、探针、打印机等各种配件及耗材;
4. 酶标仪: 伯乐550、MK2、MK3等,并可配各种型号滤光片;
5. 血球仪: F-800、F-820等,还可配显示屏、传感器、打印机等配件及耗材;
6. 其它各种进口检验分析仪器。

我公司将以精湛的技术、优良的服务、可靠的信誉为新老客户热情服务。

合普机电工程(天津)有限公司

地址:天津市南开区鞍山西道三潭路133-135号

联系人:范维林 张茹 袁锡

邮编:300193

电话:(022) 27372293 27380563

传真:(022) 27380563