

中等卫生学校试用教材

X线摄影化学及暗室技术

(供放射技士专业用)

主 编 袁 聿 德

山东省卫生厅

中等卫生学校试用教材

X线摄影化学 及暗室技术

(供放射技士专业用)

主 编 袁 聿 德

副 主 编 李 桂 兰

编 写 李 萌

审 校 燕 树 林 张 靖 娴

曹 厚 德 李 文 亮

山 东 省 卫 生 厅

一 九 八 四 年 济 南

出 版 说 明

近年来,随着X线诊断设备的迅速发展和技术水平的不断提高,为适应专业发展和专业分工的迫切需要,山东省济南卫生学校于1981年恢复了放射技士专业,经过几年的教学实践积累了一定的经验,为满足本专业的教学需要,我们委托济南卫生学校牵头,组织省内部分院、校的有关专业技术人员参加,编写了一套三年制放射技士专业试用教材,包括《X线物理与防护》、《医用X线机结构学》、《医用X线机安装及维修》、《X线摄影学》、《X线摄影化学与暗室技术》、《X线诊断学》。

在组织编写过程中,首先召开全体编写人员会议,对我厅制定的三年制放射技士专业教学计划,进行了充分讨论。在统一认识的基础上,确定了各门教材的撰写重点和相互衔接等问题。

各门教材初稿脱稿后,分别邀请有关专家、教授对教材内容详细审查和认真修改。在此,特向大力支持编审工作的单位和参加编审的同志致以衷心地谢意。

本教材暂内部发行,做为招收高中毕业生的三年制放射技士专业的试用教材,也可作为临床放射工作者的参考书

由于我们对办放射技士专业缺乏经验,因此,在制订本专业教学计划和组织编审这六门教材工作中,难免存在一些缺点错误,敬希从事放射专业的同志和广大读者提出宝贵意见,以便再版时予以修改补充。

山东省卫生厅

一九八四年四月

前 言

本教材是由山东省卫生厅组织有关的高、中等医学院校、研究所、医院共同编写的，供中等卫生学校三年制放射技士专业用。

本教材内容包括：暗室设备、医用感光材料、增感屏、感光原理和潜影、显影化学及显影技术、定影、水洗、暗室基本操作及照片上伪影和缺点形成原因的分析、暗室特殊处理技术和实验。为了便于学生学习，本教材还附录：普通摄影及印象技术简介、基础化学简介、和多选题等内容。

参加编写的单位有：泰山医学院、山东省影像医学研究所、山东省济南卫生学校、山东省千佛山医院等。

参加审稿的单位有：山东省济南卫生学校、北京同仁医院、中国科学院感光化学所、上海市静安区中心医院、泰山医学院、山东省影像医学研究所。

本教材由袁聿德任主编、李桂兰任付主编、李萌参加编写。由燕树林、张靖娴、曹厚德、李文亮等同分审了有关章节。

本教材原是放射医士用《X线投照技术》教材中的一个章节内容，为了适应放射技士的需要，特别另编写成册为一门独立教材。但由于编写人员水平所限，经验不足，征求意见不够广泛，书中肯定有不少缺点和错误。因此，殷切希望使用本教材的教师和同学及时提出宝贵意见，以便进一步修订提高。

编 者

1984年4月

目 录

第一章 暗室设备	1
第一节 暗室工作的重要性及其范畴	1
第二节 暗室设计和布局	1
暗室的设计原则	1
暗室的大小、位置及建筑要求	1
暗室的通风及室温	3
暗室的水源及排水	3
暗室照明	4
暗室布局	4
第三节 暗室设备器材	5
洗片桶和自动显影机	5
洗片池	6
工作台、胶片橱及暗盒架	7
胶片干燥设备	7
X线胶片	8
增感屏	8
暗盒	8
暗室的一般器材	9
第二章 医用感光材料	11
第一节 X线胶片的种类	11
医用X线胶片的种类	11
以感色性分类	11
以用途分类	11
医用X线胶片规格	12
第二节 X线胶片的构造	12
片基	13
对片基的基本要求	13
片基的成份及制作简介	14
附加层	17
保护膜	17
感光乳剂层	18

明胶·····	18
卤化银·····	21
乳剂的制备简介·····	25
X线胶片的乳剂制备·····	31
第三节 X线胶片的感光测定·····	32
光学密度及测定·····	32
曝光的概念·····	32
光学密度·····	33
密度值的测定·····	34
互易律失效·····	35
胶片特性曲线·····	35
胶片特性曲线的定义·····	35
特性曲线的组成·····	35
特性曲线的绘制·····	36
对比度及反差系数 r (Callier系数) 值·····	38
宽容度·····	39
感光度·····	40
胶片的颗粒度、解象力和清晰度·····	41
胶片的颗粒度·····	42
胶片的解象力 ($L \cdot p/mm$) ·····	42
清晰度·····	43
胶片的M T F·····	45
胶片的吸收光谱·····	45
可见光谱的概念·····	45
乳剂的感色性·····	47
光学增感作用·····	47
胶片的吸收光谱·····	49
第三章 增感屏·····	51
第一节 增感屏的种类和构造·····	51
增感屏的构造·····	51
增感屏的种类·····	51
钨酸钙屏·····	51
稀土材料增感屏·····	52
第二节 增感屏的性能·····	52
对X线的吸收能力和转换效率·····	52
颗粒度的大小·····	54
荧光材料的绝对密度·····	55

光谱特性	55
增感屏的M T F	55
第三节 增感屏的发射光谱与胶片的吸收光谱	56
荧光光谱	56
增感屏与胶片的匹配	58
第四节 增感屏的斑点	60
结构斑点	61
量子斑点	61
斑点的控制	62
增感效率的控制	62
荧光物质的选择及荧光光谱的调制	62
工艺参数的控制	62
使用条件方面的控制	62
第五节 应用注意事项	62
第四章 感光原理和潜影	64
第一节 感光原理	64
光化学概念	64
光化学反应中的光能作用	64
第二节 潜影的本质	65
潜影的本质是银	65
感光中心	67
显影中心及潜影	67
潜影的分布	69
潜影在显影时的催化作用	70
潜影的稳定性	70
第五章 显影化学及显影技术	72
第一节 显影原理	72
显影的意义	72
显影的途径	72
物理显影法	72
化学显影法	73
显影原理	73
第二节 显影剂	75
对显影性能的要求	75
显影剂的种类及结构	75
无机显影剂	75
有机显影剂	76

第三节 显影液的辅助成分和作用	81
保护剂	81
亚硫酸钠	81
亚硫酸钠的作用	81
亚硫酸钠的含量及有关因素	83
促进剂	83
促进剂的作用	83
常用促进剂的种类及性质	86
抑制剂(防灰雾剂)	87
抑制剂的作用原理	88
常用抑制剂的种类及性质	89
溶剂	90
第四节 显影液的配方与配制	90
显影液的种类与选择	90
显影液的种类	90
显影液的选择	91
显影液配方	91
X线胶片显影液配方	91
普通摄影用显影液配方	97
PQ型显影液配方	98
MQ型显影液配方	98
显影液的配制	99
第五节 显影液的各种性能	100
显影液对照片对比度的影响	100
显影液对感光度的影响	101
显影液对影像颗粒度的影响	101
显影液温度对显影速度和性能的影响	102
显影时间对影象效果的影响	103
搅动对显影效果的影响	104
第六节 显影液性能稳定的维护	104
显影过程的主要化学反应	104
显影液性能的稳定	106
定量补给法	106
原方补给法	106
单纯容积补齐法	106
化学稳定法	106
第七节 显影操作技术	113

显影操作与显影条件的意义·····	113
显影操作的意义·····	113
显影条件的意义·····	113
显影方法·····	113
盘式与槽式显影的比较·····	113
显影操作注意事项·····	114
自动显影机·····	115
第六章 定影·····	116
第一节 定影的作用原理·····	116
第二节 定影液的成分及作用·····	116
定影剂的选择与种类·····	116
定影剂的选择·····	116
对定影剂的要求·····	117
定影剂的作用及性质·····	117
保护剂——亚硫酸钠·····	118
中和剂——酸·····	118
坚膜剂·····	119
第三节 定影液的配方及配制·····	120
定影类型及配方·····	120
定影液的配制·····	124
第四节 定影液性能稳定的维护·····	125
影响定影速度的因素·····	125
定影液的衰竭与测试·····	127
简易测试法·····	127
化学测试法·····	127
定影液再生与银的提取·····	128
提银的几种方法·····	129
废定影液的再生·····	131
第五节 定影操作·····	132
第七章 水洗·····	134
第一节 水洗的目的及作用·····	134
第二节 水洗效率·····	135
影响水洗速率的因素·····	135
定影液对水洗速率的影响·····	135
水温的影响·····	136
水的流速的影响·····	136
水的PH值的影响·····	136

水中含的盐类的影响	136
提高水洗速率的方法	136
用过氧化氢驱逐液驱逐硫代硫酸钠	136
用高锰酸钾驱逐液驱逐硫代硫酸钠	136
用亚硫酸钠溶液加速水洗	137
自动显影机的水洗效率	137
第三节 水洗规则和水洗程度的检验	138
X线胶片的水洗规则	138
检查水洗程度的方法	138
第四节 对水质的要求	139
第八章 暗室基本操作及照片上伪影和缺点形成原因的分析	140
第一节 暗室基本操作	140
X线片的装卸	140
照片的干燥	141
照片的整理	142
照片的存档	142
第二节 照片上伪影及缺点形成原因的分析	142
暗室基本操作的因素	142
摄影条件的因素	142
显影技术的因素	143
定影技术的因素	143
水洗和干燥过程中的因素	144
其它方面的因素	144
第九章 暗室特殊处理技术	148
第一节 盘洗	148
盘洗设备	148
操作注意点	148
第二节 缩影片的冲洗	148
第三节 X线胶片的特殊冲洗技术	149
快速显影	149
同液显定影	149
高温显影	150
高温定影	150
低温显影	151
照片的加厚	151
照片的减薄	153
照片的翻印	155

附一：普通摄影及印像技术简介.....	157
摄影.....	157
负胶片的处理.....	159
印像操作技术.....	165
附二：基础化学.....	170
化学基础知识简介.....	170
氧化还原反应.....	174
溶液.....	174
电离的基本知识.....	175
酸、碱、盐及氧化物.....	176
有机化学常识.....	178
标准溶液的配制及几种分析试剂配制法.....	184
实验：.....	186
实验一 暗室安全灯的测试.....	186
实验二 X线胶片特性曲线的制作.....	187
实验三 X线胶片特性的测试.....	188
实验四 胶片感色性实验.....	189
实验五 显影液及定影液的配制.....	190
实验六 显影液的特性测定.....	191
实验七 显影液定量分析.....	193
实验八 X线照片的减薄.....	194
实验九 普通照片的洗印与放大.....	195
附录 多选题.....	196

第一章 暗室设备

第一节 暗室工作的重要性及其范畴

暗室工作是摄影技术中一个重要的组成部分。照片质量的优劣除摄影操作、胶片特性与曝光条件等因素对其有影响外，暗室工作关系极大。摄影之所以成象，主要靠暗室技术的应用，暗室的处理正确与否会直接影响照片的质量。处理恰当甚至能弥补部分摄影中的不足；如果处理不当反而降低照片质量，或造成废片。更重要的是可能因此延误诊断和治疗，增加患者的痛苦。因此，暗室技术操作与摄影工作同样是整个X线摄影工作中的重要环节，必须以细心、谨慎的态度来对待。

暗室技术的范围很广，包括装卸胶片、药液的配制和冲洗等化学处理、器械使用和规章的施行等。

第二节 暗室设计和布局

一、暗室的设计原则

(一) 使用安全：主要指保证、感光材料处理过程中的安全、电器使用安全、和工作人员的安全。

(二) 工作便利：是指暗室条件能保证工作效率与操作顺利。

二、暗室的大小、位置及建筑要求

(一) 暗室的实用面积除容下工作台、冲洗设备外，尚应有一定的回旋余地。一般不小于12平方米，其高一般不低于3.5米。具体大小还应考虑工作量及环境条件而定。

(二) 暗室的位置应靠近X线机房。若多台X线机可选择居中的位置，以便于传递暗盒，减少工作中不必要的往返。同时尽量注意远离其他放射源。如：X线治疗室、镭疗及放射性同位素治疗室等，以免另外增加防护设备。

(三) 建筑要求：

1. 地面以水磨石面或水泥地面为好，并应附设地下水道以免地面积水。

2. 墙壁除有防护放射线能力外，在色泽方面应以黄、深绿或米黄等颜色为宜，并用无光漆涂刷最好。

3. 暗室的门应设两个，一为迷路门，能够随意进出不影响工作。迷路是暗室的防光出入口，为一曲折的通道。其宽度不宜超过60厘米，墙壁涂以深色无光漆，并应附设红灯照明。迷路两端出入口要设置布帘（必要时外口加门），防止光线进入暗室。另一

门为普通门直接与明室连通，供换药及搬运东西之用。

4. 暗室的窗户应有两层，一层为普通玻璃窗，另一层为防光通风窗(图 1—1)，亦应设置窗帘增加防光能力。

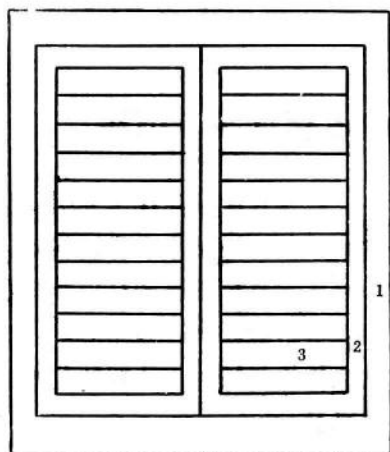


图 1—1A：防光通风窗

1. 窗框 2. 窗扇 3. 通风铁片

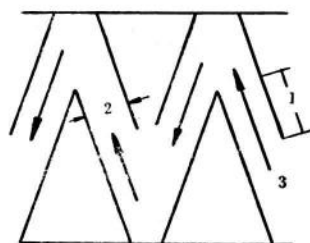


图 1—1B：防光通风窗剖面

1. 铁片重合部分为 2cm, 2. 铁片间隙为 0.4cm
3. 箭头指示为空气进入图径

5. 为了方便传递暗盒应设置传片箱,形式大小可按工作量和需要设计,原则是“双箱双门”,并标明“已照”和“未照”字样,以免传递时发生误解,为避免双门同时开启,确保暗室安全,要安装指示灯或设机械连锁装置。安装指示灯时可按图 1~2 线路。传片箱机房侧箱门要有防 X 线设备,防止胶片感光。

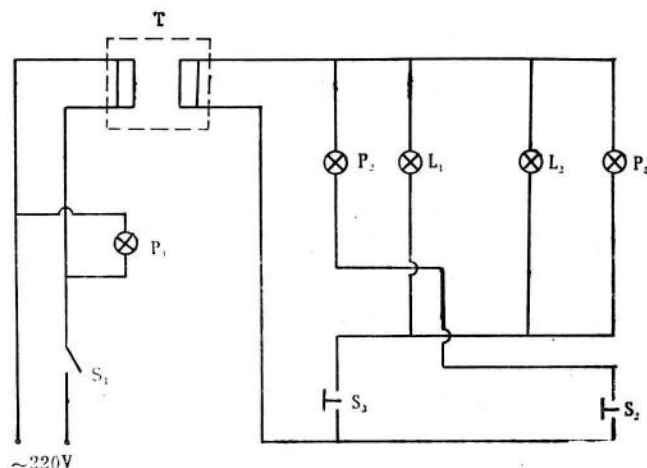


图 1—2 传片箱指示灯线路

T: 初级电压 220V, 次级电压 6V 的降压变压器; S₁: 变压器初级线路开关; S₂ 装于机房侧箱门的接触点, 箱门开启时闭合; S₃: 装于暗室侧箱门的接触点, 箱门开启时闭合; P₁: 暗室门口的指示灯; P₂: 暗室侧指示灯; 机房侧门开启时发光; P₃: 机房侧指示灯, 暗室侧箱门开启时发光; L₁: L₂, 传片箱内的安全照明。

6. 暗室外最好连有明室, 便于配药和干燥、整理照片, 以及其它一些辅助工作 (如: 提银、阅片等)。

7. 传湿片池是一个与暗室内外相通的胶片清洗池, 连通暗室冲洗池通向明室池内外分别加盖防止光线进入暗室。通过该池可随时传出需要观看和待晾干的湿片 (图 1~3)。

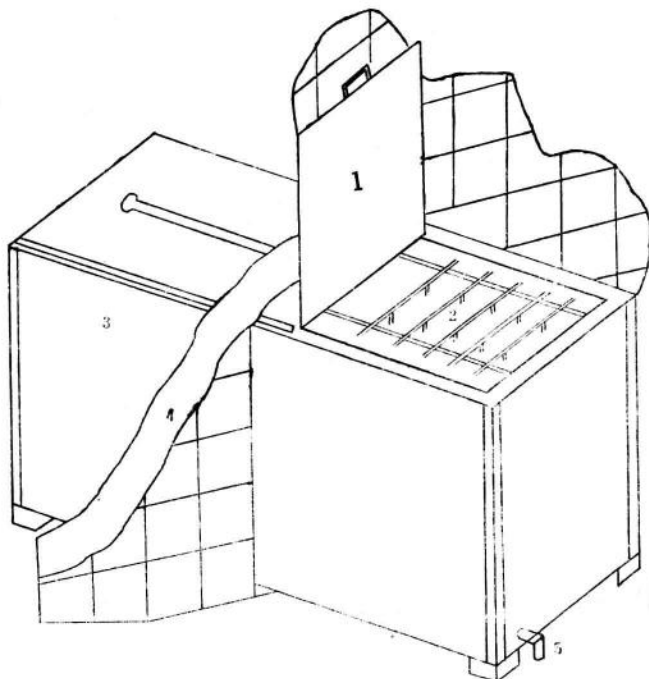


图 1—3 传湿片池 1. 防光盖 2. 洗片夹 3. 暗室内清洗池 4. 墙壁 5. 出水口

三、暗室的通风及室温

由于暗室用水较多, 空气流通较差, 温度过高, 易使胶片粘连、变质, 增感屏及器械受潮, 也影响工作人员的健康, 所以暗室需要有良好的通风设备。除有防光通风窗及通风口等自然通风设施外, 目前常用电动排风扇进行通风, 安装排风扇时应注意入气口设在暗室的墙壁下方, 出气口设在暗室墙壁的上方, 要注意通风口能够防光。

暗室的温度应保持在 $15\sim 20^{\circ}\text{C}$ 左右, 最好用空调设备调节室温, 若无空调设备可用暖气设备增加室温, 高温季节应做好通风工作以降低室温。

四、暗室的水源及排水

暗室水流主要供冲洗胶片及洗刷其他用具之用。冲洗池的进水及排水系统应便于工作, 要求畅通并便于维修。

五、暗室照明

一般X线片对红色光线感光迟钝,对蓝、紫色光线比较敏感,所以称红色为X线片的盲色。但事实上不可能有绝对的安全光源。再加之曝光以后的X线片与未曝光的胶片相比其敏感度变大,因此暗室照明的光色和亮度是不可忽视的。

(一)安全照明:安全灯的光源亮度,一般用5~15瓦的灯泡,加以红或橙红色的滤光片,供装卸胶片及冲洗胶片之用,但应注意操作时胶片距红灯不宜太近。

安全灯在使用前及使用过程中,应对其安全性能进行测试。方法是:取未感光的胶片条一张,用黑纸遮盖其大部,在安全灯下暴露一部分,经一分钟黑纸往未曝光处移动一距离,并以同样方法移四次,这样胶片上不同的部分,分别受到5、4、3、2、1分钟的红灯照射。曝光后,在全黑下冲洗胶片,若观察胶片无密度差别,说明红灯是安全的。若胶片上可见密度差别,则说明安全灯不安全,应采取措施加以改善,方法是增加红色滤纸或减少灯泡瓦数、更换红色灯泡、增大安全灯与胶片间的距离等,经实验安全后方能使用。

(二)普通照明:是用于暗室工作的准备和整理工作用。暗室工作过程中明亮和黑暗交换较频繁。为了加速暗适应,全室照明须要光线柔和均匀,光亮度不宜太大,常采用乳白色顶灯,或间接式照明。

(三)湿片观片灯:用于观看定影或水洗中的照片。形式以壁式为宜,应设置于定影或清洗池旁,其高度以低于或平视线为宜。

六、暗室布局

暗室的布局应当简单并按工作顺序来布置,以方便工作。暗室工作分干片和湿片两大部分。干片部分为胶片的改裁和装卸胶片处。主要有工作台、铅箱、裁片刀、胶片橱、洗片夹等;湿片部分是指显影、定影、漂洗、清洗部分,主要设备是洗片池和湿片传片池。布置暗室时,干、湿两部分应注意分开,干片部应尽量靠近传片箱(图1—4)。

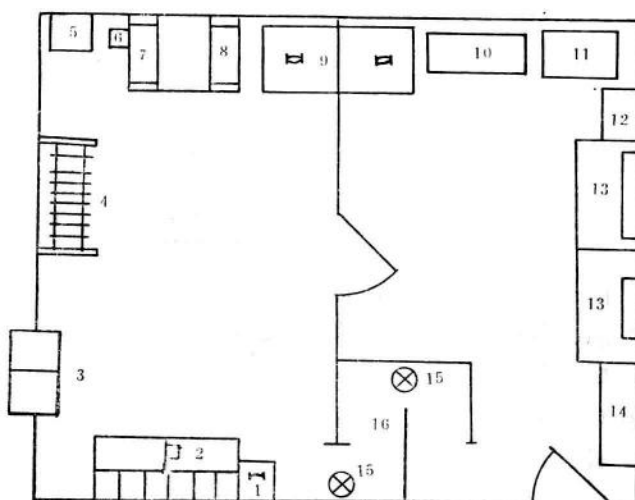


图1—4 暗室布局平面图例

1. 铅贮片箱 2. 工作台 3. 传片箱 4. 洗片架悬架 5. 缩影片冲洗台 6. 冲洗用红灯 7. 显影桶 8. 定影桶 9. 水洗池 10. 晾片架 11. 干片箱 12. 缩影干片器 13. 整理照片台 14. 储物橱 15. 红灯 16. 红灯

第三节 暗室设备器材

一、洗片筒和自动显影机

洗片桶系以搪瓷、塑料、不锈钢等耐酸碱材料制成的长方体器皿。有5加仑、10加仑、15加仑等规格，可根据工作量大小选用。一般定影桶容量要大于显影桶的容量。如用5加仑显影桶，一般用10加仑或15加仑定影桶较为方便。

自动显影机是一种进行胶片冲洗加工处理的特殊装置，它是在完整的机械管理下进行各种显影加工的，所以它与盘式或槽式显影不同，是一种以机械代替手工操作的胶片处理方式。

自动显影机最早出现于1948年，结构是吊架式，它仍旧是使用盘式或槽式的普通显影液配方，只是将显影液温度提高到 28°C ，并以机械代替了手工操作。这种显影机缩短了显影时间，但装配体积大，原配方在高温下不能得到预期的显影效果。以后逐渐更新改造，被滚轴式自动显影机所代替，并提出使用高温配方，使胶片处理时间逐渐缩短，质量逐渐提高，目前胶片处理时间已缩短至90秒，采用红外线干燥工艺进行胶片干燥，取得了良好效果。我国自1979年自动显影机试制成功以来，经过不断改进，各项技术指标也已达一定水平。下面将自显机的性能及工作状况作简单介绍：

1. 自动显影机对胶片、显影液的要求：为适应自动显影机的使用，胶片所应具备的条件是：①涤纶片基；②胶片乳剂膜的低银薄层化、坚膜化；③耐高温。

显影液所需具备的条件是：①高温；②使用PQ型快速强力显影液；③使用有机防灰雾剂；④使用明胶坚膜剂；⑤使用碱性强的促进剂。

2. 结构组成（图1~5）：

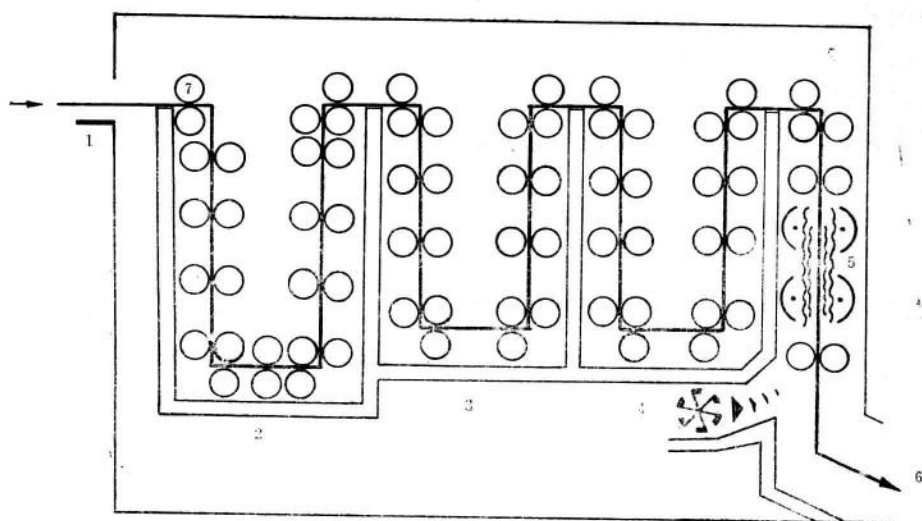


图1~5 自动显影机结构简图

1. 送片台 2. 显影槽 3. 定影槽 4. 水洗槽 5. 干燥（红外） 6. 出片口 7. 辊轴

①自动输送系统：负责控制速度，保证输送顺序性，控制显影时间。这一系统的主要机件是辊轴，辊轴在各程序中其大小形状不一，工作时不停地旋转。

②温度控制系统：它对在短时间（如90秒）内完成全过程起着保证作用。

③化学药品系统：既显影液、定影液及其容器槽。

④补给系统：补充药液的损耗，保证冲洗效果的均一性。

⑤循环系统：主要是适应胶片在显影液中的搅拌要求，使照片冲洗均匀。

⑥电力系统：供给整机电能，保证输送系统能按要求在一定时间里达到一定的位置，此系统设有指示器，以表明机器故障的出现。

⑦干燥系统：最新的自动显影机采用了红外线干燥的新工艺，特点是快、均匀、不起皱摺，也有用热风干燥的。

3. 冲洗程序及工作状态：

自动显影机的工作程序是按：送片、显影、定影、水洗、干燥、出片的顺序进行的。

工作状态是：摄影后的胶片从送片台进入封闭的自动显影机，胶片经传片辊先后输送到显影槽、定影槽和水洗槽加工。显影与定影温度在 $32\sim 36^{\circ}\text{C}$ ，水洗温度在 $29\sim 31^{\circ}\text{C}$ ，干燥温度在 50°C 。照片在传导辊向前传送的同时，且上下搅动，各程序的温度靠电动恒温装置控制。照片从显影槽直接进入定影槽，无需中间水洗处理，它通过两槽间的一对辊角紧密的夹住胶片，防止显影液进入定影槽。水洗后的照片由循环热风烘干，新工艺采用红外线烘干机最理想。最后照片落入照片收集箱内。全部程序可在90秒或3分30秒内完成。

4. 自动显影机的优、缺点：

优点：自动显影机可用于明室或半明室操作，胶片处理迅速可提早进行诊断，能保持恒定的显影效果，提高影像的质量。在胶片处理操作中不接触影液，干片装卸避免了污染。能够促进摄影条件标准化，并且节省了人力。

缺点：自动显影机的管理技术要求高，有出现机械、电气故障的可能，且出现故障损失较大，处理条件标准化，通融性差，设备价格较高，普及性差。

二、洗 片 池

洗片池宜用耐酸碱硬塑料板或其他耐腐蚀材料制作，池高约60厘米，大小可依工作量而定，一般分显影、定影及水洗两部分。显、定影部分应容下显影、停显、定影桶，并有一定的空隙，在底部可安装电热恒温器，池的上、下装有进水、排水口，便于清刷及更换池水，为避免池水溢出池外，可于上部做溢水口接排水道。另一部分为清洗池，应使池水全浸洗片架，水流循环约30分钟可全部更新，使流水冲刷掉胶片上的定影液（图1~6）。