



中国机械工程学会无损检测分会 RT培训讲义

本讲义由学会常务委员 晏荣明 编写
(仅供参考)

中国机械工程学会无损检测分会 深圳市无损检测人员培训中心

电话：021-65550277

电话：13538291001

邮箱：chsndt2008@163.com

邮箱：

yanrongming@126.com

第四章 暗室处理

Chapter 4 Film Processing

内 容 Contents

- 暗室基本知识
Basic knowledge of darkroom
- 暗室处理技术
Film process techniques
- 自动洗片机
Automatic Film Process Machine

目的 **Purpose**

- 目的
使胶片的潜影变为可见影像的底片。
- 意义
保证影像质量的重要因素。
- 方法
手工法、自动法。

暗室基本知识

- 暗室布置 **Layout of Darkroom**
- 暗室设备器材使用知识 **Operation of Devices**
- 配液注意事项 **Instructions**
- 胶片处理程序和操作要点
Film Process Procedure
- 胶片处理的药液配方 **Formula**

暗室布置——布置方式

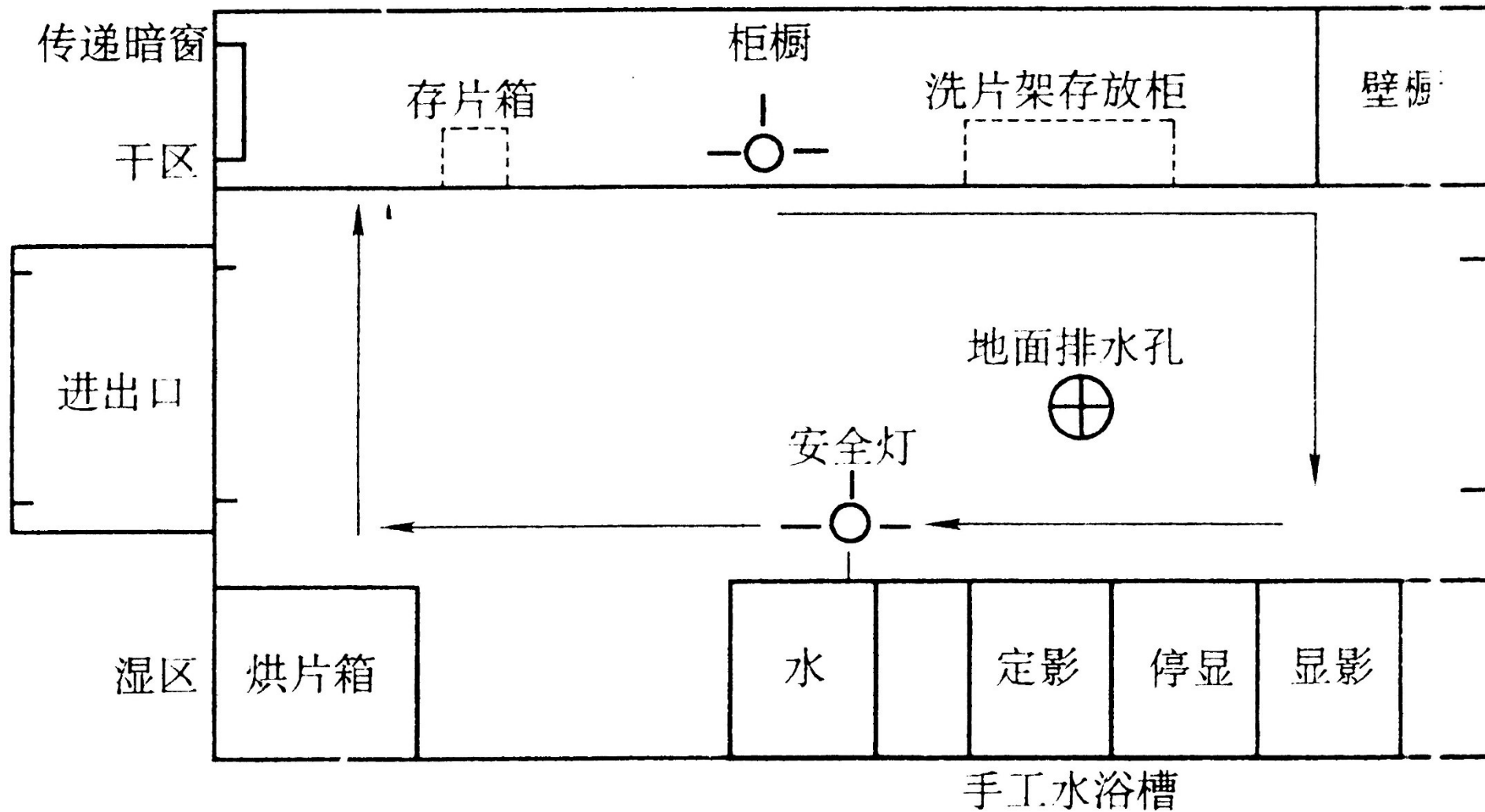


图 1-1 手工冲洗的暗室

暗室布置——暗室环境

- 应有足够的空间；
- 应分为干区和湿区；
- 设备摆放顺序适当；
- 应完全遮光；
- 注意屏蔽射线；

暗室布置——暗室环境

- 温度控制： $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$;
- 湿度控制：相对湿度30—60%;
- 通风：应有排风设备，5~10次/H;
- 照明：白炽灯、安全红灯;
- 墙壁与地面：应反光少、防水、防腐蚀

暗室设备器材使用知识

- 安全灯：
工业胶片对蓝色最敏感，对红色最不敏感，注意检查其安全性。
- 温度计：
酒精玻璃温度计，量程 $>50^{\circ}\text{C}$ ，刻度 0.5 或 1°C ；
- 天平：精度 0.1g 托盘天平；
- 槽式器皿：深度应超过底片长度的 20% ，药液应装满，加盖防氧化。

配液注意事项

- 配液容器、搅拌棒应使用玻璃、搪瓷、塑料、不锈钢等，切忌使用铜铁铝等（离子催化显影液氧化）；
- 用蒸馏水、去离子水、冷开水或自来水；
- 配制显影液的水温： $30\sim 50^{\circ}\text{C}$ ，太低，有些药品不易溶解，太高，某些药品氧化；配制定影液的水温： $60\sim 70^{\circ}\text{C}$ （硫代硫酸钠溶解时吸热）；

配液注意事项

- 顺序：待前一种药品溶解后再加下一种药品；
- 配制显影液：先加米吐尔，后加亚硫酸钠，再加其余药品（米吐尔不溶于亚硫酸钠）；
- 配制定影液：先加亚硫酸钠，后加酸（防止硫代硫酸钠分解），再加硫酸铝钾（防止水解产生氢氧化铝沉淀）；

配液注意事项

- 注意搅拌，加速溶解；但显影液的搅拌不宜剧烈，以免氧化；
- 先取 $\frac{3}{4}$ 的水量，待全部药品溶解后再加水至要求的体积；
- 应静置24H后使用。

胶片处理程序和操作要点

处理过程	温度/°C	时间/min	操作与要求
显影	20±2	4~6	预先水浸，适当搅拌
停影	16~24	0.5~1	胶片完全浸没，充分搅拌
定影	16~24	5~15	适当搅拌
水洗	—	30~60	流动水漂洗
干燥	≤40	—	去除表面水滴后干燥

胶片处理程序和操作要点

- 显影温度：须严格控制；
- 显影前胶片应在清水中预浸使表面湿润；
- 搅动方法：最初30s内不断搅动。以后每30s搅动一次；
- 停影：应不断搅动；

胶片处理程序和操作要点

- 停影温度应与显影同，停影温度过高可能产生“网纹”；
- 定影时间=通透时间×2；
- 通透时间=胶片开始定影到乳剂的乳白色消失；

胶片处理程序和操作要点

- 水洗应使用清洁的流水漂洗，水洗不足使底片长期保存后发黄；
- 水洗水温应控制，水温高时药膜易膨胀，产生划伤、剥落；
- 干燥应避免灰尘，否则易吸附尘埃；
- 应去除底片表面的水滴，否则产生水迹。

胶片处理的药液配方

- 显影液配方 Developer
- 停影液配方 Stop-develop Solution
- 定影液配方 Fixative

胶片处理的药液配方——显影液

表 5—2

米吐尔显影液配方

配方组分	天津	柯达 D19b	阿克发	富士
温水 (50℃)	750 mL	750 mL	750 mL	750 mL
米吐尔	4 g	2.2 g	3.5 g	4 g
无水亚硫酸钠	65 g	72 g	60 g	60 g
对苯二酚	10 g	8.8 g	9 g	10 g
无水碳酸钠	45 g	48 g	40 g	53 g
溴化钾	5 g	4 g	3.5 g	2.5 g
加水至	1 000 mL	1 000 mL	1 000 mL	1 000 mL
显影温度	20℃	20℃	18℃	20℃
显影时间	4~8 min	5 min	5~7 min	5 min

胶片处理的药液配方——显影液

表 5—3 菲尼酮显影液配方

配方组分	普通槽用显影液	高活性显影液	自动洗片机用显影液
温水 (50℃)	750 mL	750 mL	750 mL
无水亚硫酸钠	60 g	100 g	60 g
对苯二酚	11 g	35 g	24 g
菲尼酮	0.275 g	0.6 g	0.75 g
无水碳酸钠	40 g	25 g	—
偏硼酸钠	—	—	33 g
氢氧化钠	4 g	21 g	19 g
溴化钾	4 g	1 g	10 g
6-硝基苯内咪唑	—	—	0.5 g
萘醌 2-磺酸	—	—	0.2 g
苯丙三唑	0.1 g	0.5 g	—
E. D. T. A	2 g	2 g	3.5 g
聚乙二醇 200	—	—	0.2 mL
明胶坚膜剂 (亚硫酸氢盐化合物)	—	—	17 g
加水至	1 000 mL	1 000 mL	1 000 mL
显影温度	20℃	26.5℃	32~40℃
显影时间	4~5 min	1.5~2 min	约 35 s

胶片处理的药液配方——停影液

表 5—4

 常用停显液配方

配方组分	停显配方	坚膜停显配方
水	750 mL	750 mL
冰醋酸	20 mL	20 mL
无水硫酸钠	—	45 g
加水至	1 000 mL	1 000 mL
停显时间	10~20 s	20 s

胶片处理的药液配方——定影液

表 5—5

常用定影液配方

配方组分	天津	柯达 F5	柯达 ATF-6 快速定影配方
温水 (65℃)	600 mL	600 mL	600 mL
硫代硫酸钠	240 g	210 g	—
硫代硫酸铵	—	—	200 g
无水亚硫酸钠	15 g	15 g	15 g
冰醋酸	15 mL	15 mL	15.4 mL
硼酸	7.5 g	7.5 g	7.5 g
硫酸铝钾	15 g	15 g	15 g
加水至	1 000 mL	1 000 mL	1 000 mL

暗室处理技术

Film process techniques

- 显影 **Develop**
- 停影 **Stop-develop**
- 定影 **Fix**
- 水洗与干燥 **Rinsing & Drying**
- 质量控制 **Quality Control**

显影——概述

- 作用
把曝光形成的潜影变成可见影像。
- 意义
影响底片的主要质量指标如黑度、对比度、颗粒度。
- 原理
显影剂中的负离子与已感光的AgBr的银正离子作用，还原出Ag。

显影——显影液

- 特性：碱性。
- 显影剂：使感光的 AgBr 还原出 Ag ，常用：
 - 米吐尔——显影速度快、影像反差小，软性显影液；
 - 菲尼酮——中等活性显影剂，与其他显影剂配合使用时显影能力极强；
 - 对苯二酚——显影速度慢、影像反差大，硬性显影液。

显影——显影液

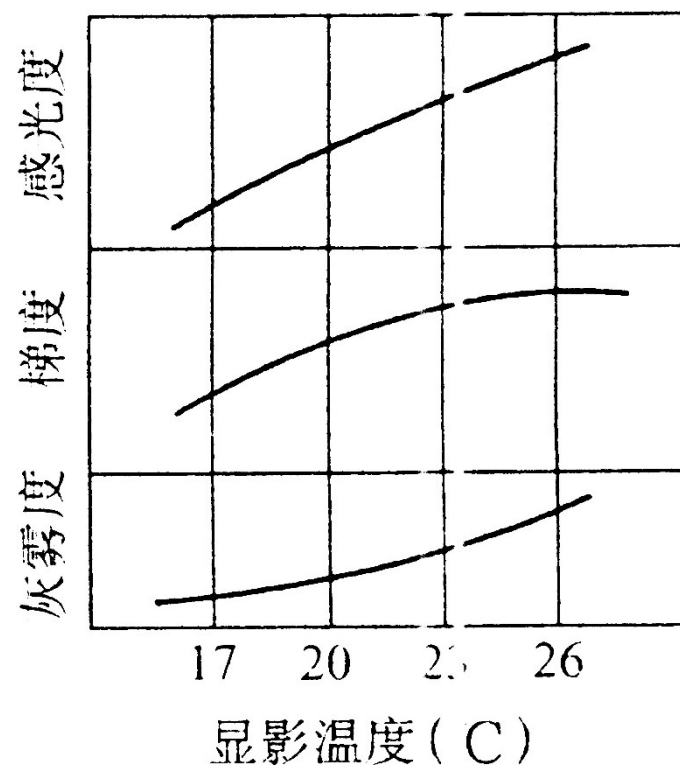
- 保护剂：阻止显影剂与氧作用，避免氧化，常用 Na_2SO_3 。
- 促进剂：使显影剂的PH控制在8~11，常用碳酸钠，硼砂，氢氧化钠。
- 抑制剂：负离子吸附在未曝光的AgBr表面，减少显影剂的显影，降低灰雾度，常用 KBr。

显影——影响因素——显影温度

温度↑ → { 显影速度↑
灰雾↑
影像颗粒度↑
乳剂层损害↑

温度↓ → 影像对比度↓

一般18~20°C。

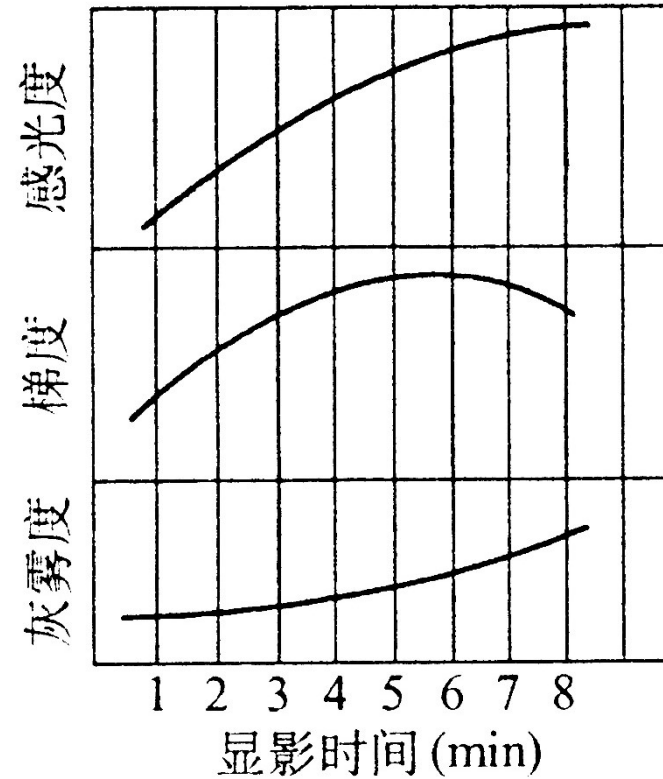


显影温度对射线底片像质的影响

显影——影响因素——显影时间

时间↑→ { 黑度↑
反差度↑
颗粒度↑
灰雾度↑

一般4~6min



显影时间对射线底片像质的影响

显影——影响因素——搅动

- 搅动充分↑ → $\left\{ \begin{array}{l} \text{显影速度} \uparrow \\ \text{显影均匀} \uparrow \\ \text{反差} \uparrow \end{array} \right.$

显影——影响因素——显影液活性

- 显影液老化：

显影时产生的生成物的抑制作用以及显影液被氧化，使显影能力降低。

- 补充液：每次补充液不超过原显影液的2~3%，如补充液的体积超过原显影液的2~3倍，应报废。

显影——影响因素

- 显影操作：

将胶片浸入清水中；

将胶片迅速全部浸入显影液；

显影过程中保证胶片移动、且不互相粘接。

停影——作用与原理

- 作用

终止显影——如显影后直接定影易产生不均匀的条纹和二色性雾翳；

减少污染——如显影后直接定影会污染定影液、使定影液PH指升高、缩短寿命。

- 原理：用酸中和显影液。

停影——停影液

- 停影液

弱酸：2%~3%醋酸水溶液或流动水。

停影——影响因素

- 搅动

因酸碱中和，乳剂层中产生CO₂气泡从表面排出。

- 温度

应与停影液一致，如温度过高形成温度网纹，同时使药膜极易损伤，为此应加坚膜剂无水硫酸钠。

定影——作用与原理

- 作用
把既未感光又未被显影液还原的AgBr溶解，使显影形成的影像固定。
- 原理
定影剂与AgBr反应，生成溶于水的银的络合物。

定影——定影液

- 特性：酸性。
- 定影剂
硫代硫酸钠 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (大苏打、海波)；
硫代硫酸铵 $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_3$ ——速度更快。
- 酸性剂：
为中和带进的显影液的碱性，控制PH为4~6，
PH太低，海波发生分解析出硫；PH太高，坚膜
剂发生水解产生氢氧化铝沉淀，常用冰醋酸、硼
酸。

定影——定影液

- 保护剂

防止定影液酸性提高，导致定影剂海波分解析出硫而失效，常用无水 Na_2SO_3 。

- 坚膜剂

定影中乳剂层会吸水膨胀，易造成划伤和药膜脱落，应用坚膜剂降低其吸水性；同时更易干燥。常用硫酸铝钾（明矾）。

定影 —— 影响因素

- 定影温度

温度越高定影越快，温度太高药品分解、乳化剂膨胀，一般与显影温度相同， $16\sim 24^{\circ}\text{C}$

- 定影时间

通透时间：从定影开始到未感光部分呈现透明的时间。

定影时间：如少于通透时间，底片呈灰白雾状；一般为2倍通透时间。用海波作定影剂时定影时间通常为15min，用硫代硫酸铵时更短。

定影——影响因素

- 定影液老化
通透时间达到新定影液的2倍时，定影液需更换。
- 搅动
适当搅动可使定影加速、均匀。

水洗与干燥 —— 水洗

- 作用
防止胶片吸附的硫代硫酸钠、银的络合物和空气等发生反应，生成棕黄色硫化银，使底片变黄。
- 温度：温度高可缩短水洗时间，但过高会损害乳剂层，一般 $16\sim 20^{\circ}\text{C}$ 。
- 时间：一般30min。
- 操作：流动水洗。

水洗与干燥——干燥

- 作用
排除膨胀的乳剂层中的水分。
- 方法
自然干燥、烘箱干燥。

质量控制 **Quality Control**

- 安全红灯的安全性检验
- 胶片验收检验
- 显影液有效性检验
- 系统稳定性检验

自动洗片机

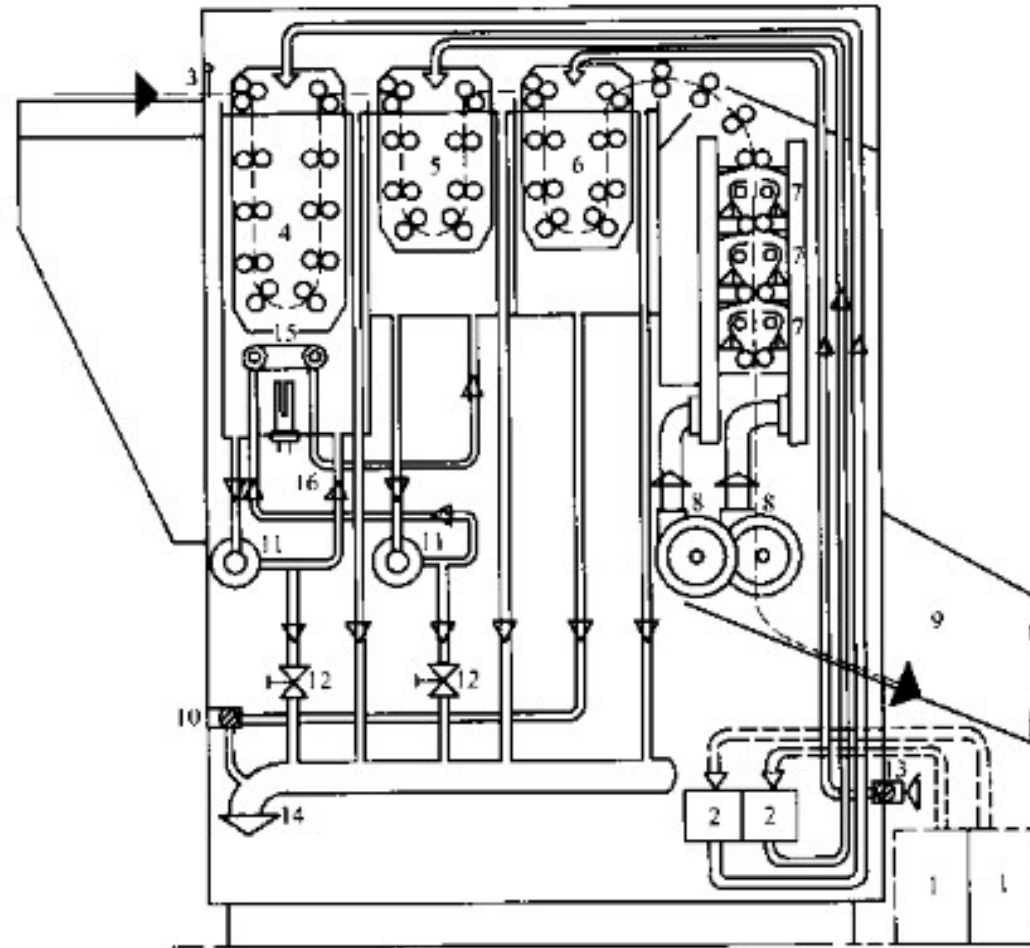


图 5-5 自动洗片机工作流程图

- 1 补充液供给箱（机外） 2 补给泵（机内） 3 进片扫描器（连补给） 4 显影箱
 5 定影箱 6 水洗箱 7 红外回热器 8 风扇 9 收片斗 10 排水阀（外控）
 11 循环泵 12 排放门（显影液和定影液） 13 冷水供给（可调球阀）