

連續階調照相

(附照相製版基礎)

林啓昌編著

美術印刷技術叢書 5-7

11601
TS804
23

相 照 調 階 續 連

(附 照 相 製 版 基 礎)

林 啓 昌 編 著



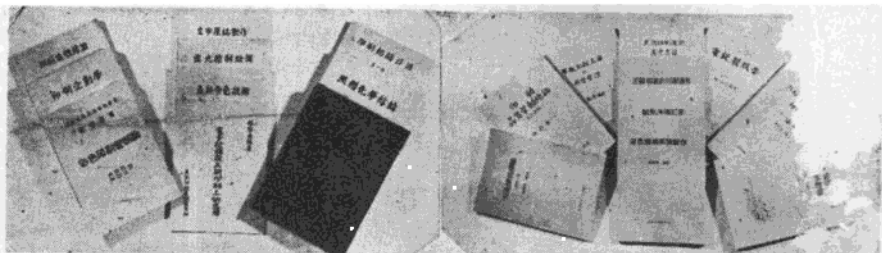
美術印刷技術叢書 5-7

員工在職訓練必備
在學學生進修必須之「印刷叢書」出版了

※即時供應※

印刷叢書第一輯

印刷叢書第二輯



※ 美術印刷技術叢書第三輯預告

- | | | |
|----------|------------|------------|
| ① 平版製印綜論 | ② 印刷工廠設計管理 | ③ 原稿色調修正技術 |
| ④ 彩色製版技術 | ⑤ 彩色照相製版技術 | ⑥ 光電製版綜論 |
| ⑦ 彩色照相概論 | ⑧ 照相感光材料 | ⑨ P S 版製印論 |
| ⑩ 裝訂概論 | | |

印刷資料中心 服務處	臺北縣板橋公園 國立臺灣藝術專科學校美印科	電話：9616136 • 9616137
---------------	--------------------------	----------------------

連續階調照相

中華民國六十五年三月出版

美術印刷技術叢書 5-7

定價：精裝新台幣九十
平裝新台幣七十

總經理：五洲出版社

編著者：林 啓 昌

經銷者：全省各大書局

發行人：丁 廌 庶

發行所：五洲出版社

連續階調照相目錄

1

緒論	(1)
1.1.連續階調照相	(1)
1.2.決定連續階調照相的品質因素	(3)
1.3.結言	(3)
2.感光材料	(4)
2.1.照相乳劑之製作	(4)
2.1.1.要素	(4)
2.1.2.乳劑的製作	(6)
2.2.照相化學的過程	(11)
2.2.1.鹵化銀結晶的構造	(11)
2.2.2.露光的效果	(11)
2.2.3.鹵化銀粒子與乳劑特性的關係	(12)
2.3.製版用軟片	(13)
2.3.1.構造	(13)
2.3.2.尺寸安定性	(13)
2.3.3.貯放	(14)
3.感度測定原理	(16)
3.1.照明單位	(16)
3.1.1.光度	(16)
3.1.2.光量	(16)
3.1.3.照度	(16)
3.1.4.露光 ($E = It$)	(18)
3.2.透過率(或反射率)與濃度	(18)
3.2.1.定義	(18)
3.2.2.對數	(19)
3.2.3.濃度計	(20)
3.2.4.濃度與露光的關係	(20)

v106/53

3.2.5.特性曲綫	(21)
3.2.6.特性曲綫形狀	(21)
3.2.7.珈瑪 (gamma) 值	(22)
3.2.8.影響 γ 值之要因	(23)
3.2.9. T - γ 曲綫	(23)
3.2.10. 濃度範圍	(24)
3.2.11. γ 值與濃度域的關係	(24)
3.2.12. 適正露光的範圍	(26)
3.2.13. 露光範圍	(26)
3.2.14. 露光寬容度	(27)
3.2.15. 再現性的現影影響	(28)
3.2.16. 露光、現影影響之綜合	(28)
3.2.17. 正確露光及現影時間之決定	(30)
3.3.特殊的影響	(30)
3.3.1. 修巴爾效歐爾效果 (相反法則不軌)	(30)
3.3.2. 間歇效果	(31)
3.3.3. Callier 效果	(31)
3.3.4. Herschel 效果	(32)
3.4.連續階調製版用軟片	(32)
3.4.1. 感度	(33)
3.4.2. 相對露光時間	(33)
3.4.3. 感色性	(34)
4.照相設備	(35)
4.1. 裝置	(35)
4.2. 透鏡 (lens)	(35)
4.3. 反轉體系	(37)
4.4. 透鏡內部之迷光損失	(37)
4.5. 聚光透鏡	(38)
4.6. 照相機的對光 (Focusing)	(39)
4.7. 光圈	(41)

4.8 複製尺寸	(42)
4.9 濾色片 (filter) 的使用	(43)
4.9.1 分色濾色片	(44)
4.9.2 對比濾色片 (Contrast filter)	(46)
4.9.3 其他濾色片	(46)
4.9.4 濾色片使用須知	(47)
5. 原稿的照明	(48)
5.1 印刷用的光源	(48)
5.1.1 放射光的性質	(49)
5.1.2 光源的效率及化學線效果	(52)
5.1.3 最爲一般化的光源	(52)
6. 現影處理	(63)
6.1 暗室	(63)
6.1.1 暗室的佈置	(63)
6.1.2 暗室照明	(64)
6.2 現影	(66)
6.2.1 現影液的組成及作用	(66)
6.2.2 現影時間	(69)
6.2.3 現影液溫度	(69)
6.2.4 現影液的攪拌	(70)
6.2.5 現影液的疲勞	(71)
6.2.6 現影液之稀釋	(72)
6.2.7 現影方法	(72)
6.3 急制 (Stop)	(76)
6.4 定影	(76)
6.5 水洗	(78)
6.6 乾燥	(79)
6.7 修正	(79)
6.7.1 減力修正	(79)
6.7.2 修正Mask	(82)

6.7.3.其他.....	(84)
7.連續階調照相的實際.....	(87)
7.1.照相凹版的連續階調照相.....	(87)
7.1.1.原理.....	(87)
7.1.2.方法.....	(91)
7.1.3.結論.....	(92)
7.2.照相平版.....	(93)
7.2.1.原理.....	(93)
7.2.2.方法.....	(94)
7.2.3.照相的條件.....	(95)
7.3.照相凸版.....	(96)
7.3.1.原理.....	(96)
7.3.2.方法.....	(96)
7.3.3.照相的條件.....	(97)
8.附表.....	(98)
8.1.簡單的對數.....	(98)
8.2.ASA及DIN感度.....	(99)
8.3.相對露光時間.....	(99)
8.4.濃度——透過率換算表(%) $D = \text{濃度}$ $T\% = \text{透過率}\%$	(99)
8.5.對比濾色片(Contrast filter)之利用.....	(100)
8.6.濃度與Flare的關係.....	(101)
8.7.攝氏——華氏換算表.....	(102)
8.8.元素記號.....	(103)
9.製版照相基礎.....	(105)
9.1.基礎篇.....	(105)
9.1.1.製版照相機.....	(105)
9.1.2.照相感光測定.....	(107)
9.1.3.密着網目屏.....	(111)
9.1.4.色與印刷.....	(116)
9.2.實際篇.....	(117)

- 9.2.1. 黑白綫畫照相..... (117)
- 9.2.2. 反轉原稿之單色網目攝影..... (123)
- 9.2.3. 二工程分色作業..... (122)
- 9.2.4. 直接分色作業..... (130)
- 9.2.5. 自動現影機..... (133)

連續階調照相

1. 緒論

1.1 連續階調照相

連續階調照相為利用照相手段複製過程之中間階段而已，但是在多種情況，此階段決定了最終複製物的品質，這意味着好的連續階調照相，須滿足如次之條件：

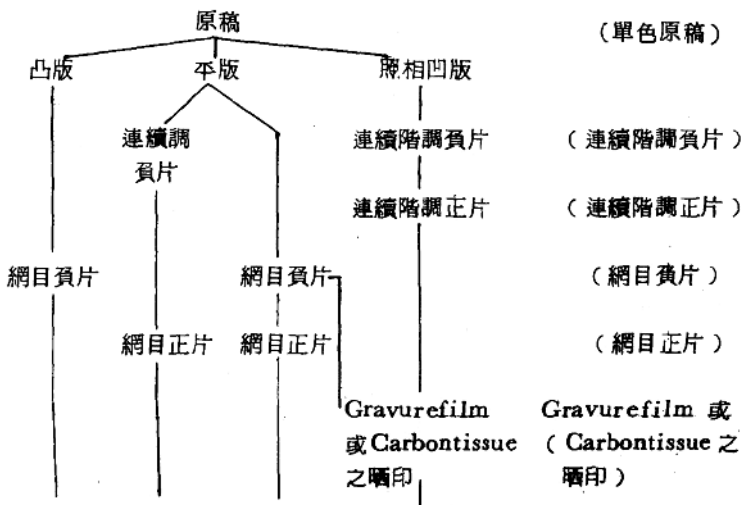
- (1)滿足一切照相之一般條件
- (2)適合照相複製過程之次階段工作

爲再現連續階調時：

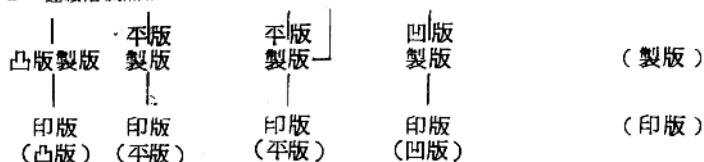
平版印刷 } 使用過網技術 (Screen 技術)
凸版印刷 }

照相凹版爲使用 photo - resist 與腐蝕技術。

這三種印刷方法的單色原稿的照相複製原理如下圖所示：



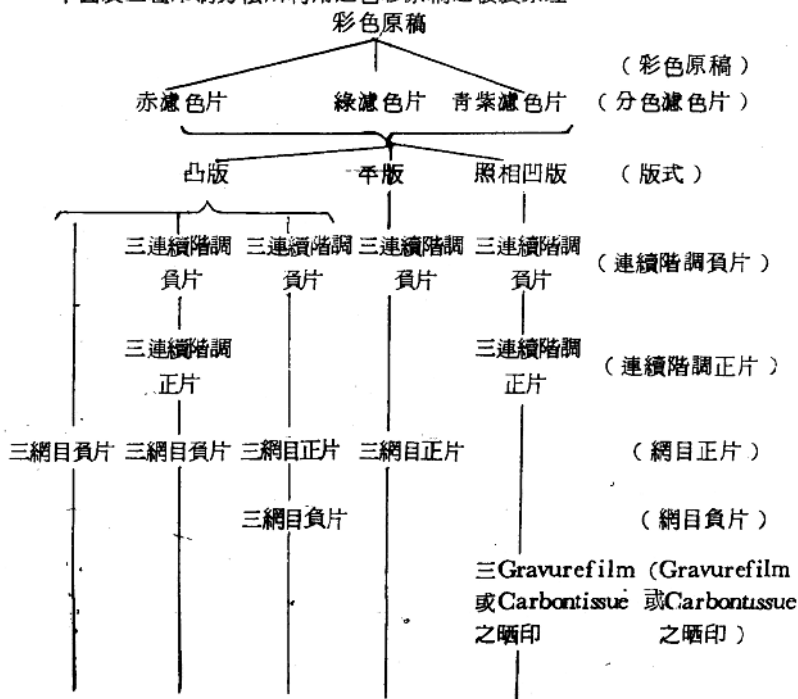
2 連續階調照相

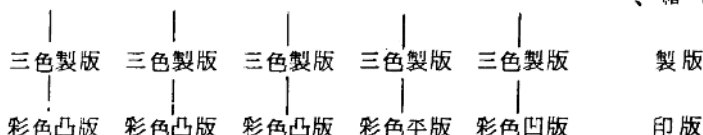


在上圖中可知，凸版印刷往往不經一般之普通連續階調負片或正片之階段。但若是因某種理由，必要之修正 (Retouch) 在原稿及網目負片均不能施行時，連續階調照相可利用以解決此種問題此容後另述。

若是以分色為目的之連續階調作業須以更嚴密的條件下工作，此種作業企求各分色負片間保持「色平衡」(Color Balance)。

下圖表三種印刷方法所利用之色彩原稿之複製原理。





就各種印刷方法以論述時常須參考第 1 頁及第 2 頁之圖表。

1.2. 決定連續階調照相的品質

印刷工廠的照相作者若完全學會了連續階調照相技術時，他的工作品質自然取決於所用之材料、過程、設備了，也就是：

- (1)感光材料
- (2)複製手段（製版照相機、放大機、晒印機）
- (3)露光
- (4)照相後處理
- (5)最終完成工作

以上各點會在以後的各章節中分別加以論述。欲將今日複製工廠變為欣欣向榮之事業，必須充分學習理論及實際之雙方至能高度標準化為止。

因此，在最後一章就照相凹版用三連網階調負片及正片製作能利用之標準光的方法另有評論。

本法的原理，同樣也可以適用在其他印刷方式，故凸版及平版技術者也請留意此章才好。

1.3. 結 言

本小冊子力求簡單，顧及範圍廣，有些章節重理論，有些章節重實際，一個職業性的照相技術者自然也不會將一切問題視為相同。

為什麼會發生此問題？

會發生什麼？

會帶來許多直接有關的問題來，解釋現象時理論知識不可少。

但願本冊能大致解決各位發生的各種問題，使你在工作上能順利。

2. 感光材料

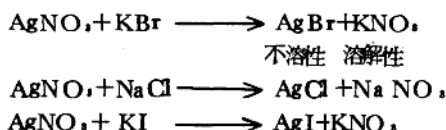
2.1. 照相乳劑的製作

在本章略就乳劑製造之原理以簡述之。多數照相技術者對此均有莫大之興趣，也可由此解釋並瞭解使用感光材料時發生之各種現象。

2.1.1. 要素

就基本上來說照相乳劑是由白明膠 (gelatin)，硝酸銀、鹵化銀及水來製作。

將硝酸銀溶液溶解在鹼金屬之鹵化物溶液，例如溴化鉀、氯化鈉、碘化鉀混合之，會產生不易溶解之鹵化銀，例如溴化銀、氯化銀、碘化銀來，其反應如下：



這些鹵化銀為照相乳劑之感光要素，為此就各種要素以詳述之。

(1) 硝酸銀

作為照相乳劑製造之硝酸銀，須在化學上為純品，若含亞硝酸銀、銅、鉛、汞鹽等不純物，予乳劑特性以不良之影響，為此理由，銀的純度均行嚴密之管理以製成。

(2) 鹵化物

氯化銀、溴化銀、碘化銀若個別使用不能得高感乳劑，溴化銀得最高感度，碘化銀得最低感度。一般為了得優良感度均混用上述鹽類，氯化銀與溴化銀混合加入極少量之碘化銀時可得最優良的結果。

欲就照相乳劑之感光度，下完全之法則甚為困難，氯溴化銀乳劑之感度落在溴化銀與氯化銀乳劑之各感度之間。

氯化銀對溴化銀之全重量比應用在照相乳劑之製造，加在溴化銀之少量碘化銀之乳劑感光度比單含有溴化銀之者得較大之感度。

此種感度比例於加入之碘化銀量而增加，就一般而論，碘化銀量不得過溴化銀量之8%。

一見之下因溴化銀與碘化銀的組合所致之乳劑感光度比僅含溴化銀者為高，也許會感到不合理，但因碘化銀對水的溶解度比溴化銀要小，此種結果使溴化鉀與碘化鉀混合物與硝酸銀作用時，先析出碘化銀，生成之碘化銀結晶成為以後生成之溴化銀結晶之結晶核，結果得以形成大的粒子。

鹵化物之選擇及相對比率，依所求照相乳劑的種類與特性來決定。

依物質參與化學反應之數字上之比率來看，理論上知170 g 硝酸銀與119 g 之溴化鉀完全作用生188 g 之溴化銀。但照相乳劑製作時須較多量之溴化鉀，此過剩量對，其後之乳劑調製過程及最終結果之雙方有大的影響。例如粒子之大小因溴化鉀過劑量的變化而直接影響。

(3)水

使用在照相乳劑製作之水力求純粹，普通使用蒸溜水。

(4)白明膠

在乳劑之最初（乳化）或第一（或物理）熟成過程（後述）間，gelatin呈保護膠體而作用，白明膠（gelatin）包圍新生成之鹵化銀結晶，以防結晶之凝聚。

利用在乳化的gelatin量甚為重要。為什麼呢？白明膠之保護特性隨其濃度而增大，濃度高時（經由乳化階段）使新生成之鹵化銀結晶為厚白明膠層所包圍。也就是每一銀粒子間取出適當之間隔，難以形成大的結晶，如此一來乳劑最終由許多小結晶所形成。

第二熟成（化學熟成如後述）過程之白明膠功用則與此不同。依shapard（1882~1948年）之研究，乳劑感度有關之要因之一為白明膠中含有少量之硫黃化合物的存在，此化合物屬於“化學增感劑”對軟片（film）感度之影響至大。白明膠100萬份中有1分硫黃化合物感度也可顯著上升，但也有限度，過度則生Fog。

此種Fog為照相乳劑在現影中所生之不希望有的濃度，也可因未露光使鹵化銀粒子成為現影可能之某種化學化合物形引生。

白明膠（gelatin）為非常複雜成分所成之天然產物，應用在照相方面之照相用白明膠係經由各種試驗，依其特性而分類，各種白明膠依用途分別利用。

6 連續階調照相

有時爲了得所求之照相乳劑性質要使用多種 gelatin 混合製成。

(5) 氨水

氨水是乳劑製作的基本式中並未列入之要素，因其存在可使最小鹵化物結晶生成複鹽而溶解，能增大結晶之大小，同一現象也少許發生在乳劑中有含過剩之鹵化碱物之時。

高感乳劑具有大的鹵化銀結晶，在一般氨的存在下製成，氨在硝酸銀溶液或鹵化銀析出後立即加入乳劑內。

2.1.2. 乳劑的製作

照相乳劑的製作分爲如下之5階段：

- (1) 乳化——白明膠中之鹵化銀析出
- (2) 物理熱成
- (3) 乳劑的水洗
- (4) 化學熱成或後熱成
- (5) 調整

下面就各階段作簡單的說明

(1) 乳化

普通的工程爲首先在白明膠化合物中混入鹵化物溶液，其次將此混合物添加在硝酸銀溶液中則產生鹵化銀的結晶。

硝酸銀溶液以急速～和緩之速度來加入，和緩時所得鹵化銀結晶大小會比急速加入者大，形成大的粒子時使用較濃的硝酸銀液，以和緩的速度加入其中。

硝酸銀溶液之急速添加可形成大致均等大小之鹵化銀結晶的乳劑，此種乳劑低感但爲高對比。

必要量之硝酸銀溶液只在一次之操作或分間隔加入均可，依此可將鹵化銀調整爲所企求之結晶大小。

若硝酸銀之一部分在物理熱成過程中或終了時加入會爲已存在之鹵化銀誘發而成長又生新的結晶。

如此一來可得種種大小粒子及各種熱成度之乳劑，依此乳劑之對比會大受影響。

此外，溫度也有重要的功用，低溫則鹵化銀結晶會變小，高溫則變大。

(2) 物理熟成

最初的混合終了，將乳劑和緩地在一定時間以一定溫度加以攪拌，此操作稱為「物理熟成」粒子大小因以增大，乳劑感度上升。

此粒子大小之增大有二種方法：

(A) 合體熟成法——二近鄰之結晶結合成為大結晶的方法

(B) Ostwald 熟成法——利用小粒子比大粒子易溶解之事實，溶解之鹵化銀成為大粒子而沉澱，粒子變得更大。

物理熟成之要因如下：

- ① 乳劑之攪拌比率——促進了各粒子間之接觸，使相互之結合容易。
- ② 白明膠濃度——量少各粒子之接觸容易
- ③ 溫度——鹵化銀之溶解度隨溫度的上升而增大，溫度上升對熟成有利。
- ④ 熟成過程的時間
- ⑤ 乳劑的 PH 值——熟成速度因酸的存在而變遲，鹼的熟成加快其速度。
- ⑥ 過剩的鹵化物——溴化銀在溴化鉀溶液中比溴化鉍液易溶解，熟成速度因溴化鉍之存在而變快。

物理熟成完全時，達於所求之結晶粒子大小即將乳劑放入冰箱中冷却。

(3) 乳劑的水洗

熟成終了之乳劑除白明膠及鹵化銀結晶外有硝酸鹼及過剩之鹵化鹼物。

硝酸鹼及過剩之鹵化鹼物于乳劑的照相特性以不良之影響，因之，可以水洗除去。先將膠化 (gel) 之乳劑由濾網擠出成為麵條狀，加以水洗 1 小時以上，水使乳劑膨潤，除去可溶性鹽類變易。

(4) 化學或後熟成

第二熟成過程之目的用以形成「感光核」以達增加乳劑感光度之目的。

後熟成不會影響及鹵化銀之結晶形狀及大小，首先將乳劑再度化為液體，若必要時加入富活性物質之 gelatin 乳劑，然後繼續將乳劑在一定溫度小保持一定溫度。

如上所述 gelatin 中之活性硫黃化合物為在後熟成中有益感光度增加的重要因素，在鹵化銀粒子表面之某處，銀離子與 gelatin 中之活性硫黃化合物反應，生硫化銀，此作用一旦發生在 gelatin 表面之某處，則硫化銀之生成

8 連續階調照相

在同處連續，結果形成感光核，此核為在照相感光材料露光時成為潛影形成之重要角色。

後熟成之影響要因為：

①過剩之溴化物

銀離子與白明膠中之活性硫黃化物之反應，在這些化合物為鹵化銀吸著後才發生，此吸著因過剩鹵離子（氯及溴離子）之存在，自身易為粒子吸著，遂成為困難。基於此因，特別高感之乳劑時，在後熟成過程開始前須將乳化所必要之多量過剩鹵化物，以水洗除去之。

②後熟成之溫度及時間

硫化銀之生成比率，其感光度之增加比率因溫度之上升而促進。

③乳劑之PH值 乳劑之PH值的增加，加快了後熟成之速度。

④銀離子及鹵化銀離子濃度之影響

銀離子濃度之增加會促進，後熟成速度，另一方面鹵離子濃度的增加會延慢後熟成之速度。

右圖為後熟成中乳劑特性曲線之過程，可看出感度與對比度增加的情況。

(5)調整

一般的照相材料的感光膜特性由已知特性之1種以上之乳劑混合製成，尤以一般低 r 值之高感材料為然，此可因加入高 r 值低感乳劑以折衷如下圖。

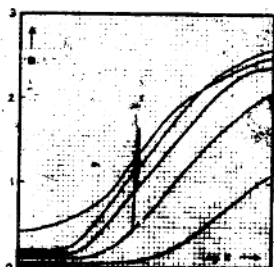
【例】①+②=③

混合後再行溶化，此時加入予乳劑以特別性質之藥品一般稱為添加劑：

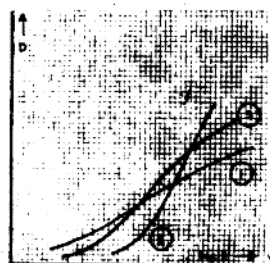
①光學增感劑

後熟成後之乳劑為青感性色盲乳劑，加入一種或一種以上之光學增感劑少量（各乳劑為數 mg 計）使成為正色性或全色性乳劑。

②安定劑



後熟成使乳劑的感度及對比增加



二種乳劑的混合：1 + 2 = 3

加入用以防變化及保持材料特性之有機藥品，對其他特性不影響。

③硬化劑

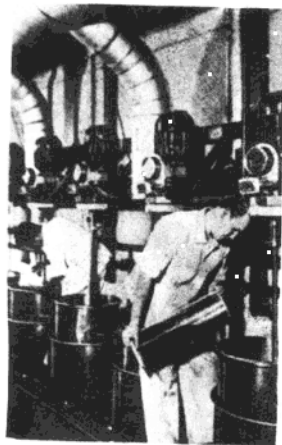
加入以改善乳劑層之物理特性

④防腐劑

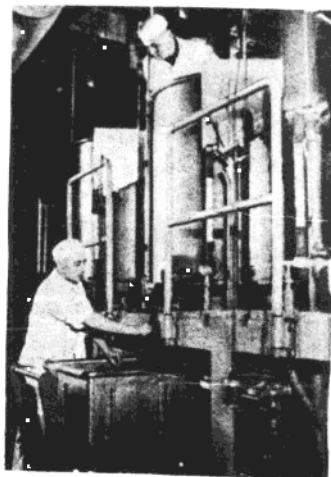
防乳劑為微生物作用之殺菌劑

⑤表面活性劑

加入 Saponin 等表面活性劑減低乳劑之表面張力，使塗佈容易保持薄膜為目的。



混合成份的計量



乳劑的水洗