机械制圖基礎

彭福涵 徐錦華 合編

說明書

科学技術出版社

目　　次

第一章 應用幾何

這一章的主要內容是給予讀者一些重要的幾何作圖基本知識，同時更指出簡化的實用作圖法，以便在今後正式機械製圖時可以靈活運用．此外，幾何作圖有練習正確運用儀器作圖的功效，因此可說是學習機械製圖的第一步．

本章題目中有時有兩種以上的作法，其中一種是純粹應用幾何的作法(幾何法)，而另外一種對製圖者說來是比較實用，我們稱之爲實用法．顯然實用法不但簡單而且實用，因此我們應該多加注意．

圖 1-1 二等分一已知直線或圓弧

1-1-甲 幾何法 1. 已知直線或圓弧 AB； 2. 以 A 爲圓心，大於 AB 一半的 R 爲半徑作圓弧； 3. 以 B 爲圓心，同一半徑 R 作圓弧，兩圓弧相交，得 C、D 兩點； 4. 通過 C、D 的直線二等分圓弧於 E 點，二等分直線於 F 點．

1-1-乙 實用法 1. 已知直線或圓弧 AB(直線 AB 和圖畫板邊緣垂直)； 2. 將丁字尺放在直線下面，使和直線或圓弧的弦平行，然後將 45° 的三角板斜邊緊貼丁字尺，使另一邊通過 A 點，畫一直線； 3. 移動三角板的位置，使通過 B 點再畫一直線，與第一次所畫直線相交於 C 點； 4. 轉動三角板，使它的兩垂直邊一面緊靠丁字尺，一面通過 C 點，作 CD 直線，這直線二等分直線 AB 於 D 點，二等分圓弧於 E 點．

圖 1-2 通過已知一點作定直線的平行線

1-2-甲 幾何法 1. 已知直線 AB 及線外一定點 P．求通過 P 點平行於 AB 的直線； 2. 以 P 爲圓心，任意半徑 R 作圓弧 CD 交直線 AB 於 E 點； 3. 以 E 爲圓心，同一半徑 R 作圓弧 FP 交直線 AB 於 G 點； 4. 以 E 爲圓心，$R_1=GP$ 爲半徑，作圓弧交 CD 圓弧於 H 點； 5. 通過 PH 的直線卽爲所求的平行線．

1-2-乙 實用法 1. 已知直線 AB 及線外一定點 P； 2. 使三角板的一邊緊靠丁字尺，同時使另一邊與直線 AB 重合； 3. 按住丁字尺不動，使三角板一邊緊靠丁字尺同時向下移動，直到另一邊通過 P 點； 4. 過 P 點沿三角板邊緣畫 CD 直線，卽得所求的平行線．

圖 1-3 作距離一直線爲定距離的平行線

1-3-甲 幾何法 1. 已知 AB 直線及定距離 CD，求距離 AB 直線爲 CD 的平行線；

2. 靠近 AB 線的兩端任取 E、F 兩點； 3. 以 E、F 爲圓心，$R=CD$ 爲半徑作兩圓弧； 4. 通過兩圓弧的切線卽爲所求的平行線.

1-3-乙 實用法 1. AB 爲已知直線，CD 爲已知定距離； 2. 在 AB 線上任取一點 E，以 E 爲圓心，$R=CD$ 爲半徑作圓弧 JK； 3. 將三角板一邊緊靠丁字尺，同時使另外一邊和 AB 直線重合； 4. 保持丁字尺不動，移動三角板使與 JK 圓弧相切，沿三角板邊緣作 GH 直線，卽得所求的平行直線.

圖 1-4 任意等分一直線

1-4-甲 幾何法 1. AB 爲已知直線，試等分爲七等分； 2. 先後以 A, B 爲圓心，$R=AB$ 爲半徑作圓弧 BD 及 AC； 3. 再以 A, B 爲圓心，任意半徑 R_1 作兩圓弧交 AC 及 BD 圓弧於 E, F 點； 4. 連接 AF 及 BE 直線； 5. 在 AF 及 BE 直線上用分規量出任意七等分，如 $A1$、12、23、……，$B1$、12、23、……等，並注上相當數字； 6. 用直線連接相應各點，這些直線分割 AB 線爲七等分.

1-4-乙 實用法 1. 已知 AB 直線，試將其等分爲六； 2. 自 A 點作任意直線 AC，在 AC 線上自 A 點起用分規量出六個等分如 $A1$、12、23、……等； 3. 通過 $B6$ 作直線，使三角板一邊與之重合，另一邊則和丁字尺靠緊； 4. 按住丁字尺不動，使三角板一邊靠丁字尺向左移動，通過 5、4、3、2、1 各點作許多直線，這些直線分割 AB 爲六等分.

圖 1-5 分割一直線爲數段，使成一比例

1-5-甲 實用法 1. 已知直線 AB，試將其分爲三份，互成 2、3、4 的比例； 2. 通過 A 點作任意直線 CD； 3. 在 CD 線上自 A 點起量出 2、3、4 個任意單位（用分規或有刻度的尺），得 2、5、9 三點； 4. 連接 $9B$. 過 5 及 2 作 $9B$ 的平行線 $55'$ 及 $22'$，在 AB 線上的 $2'$ 及 $5'$ 點分 AB 線爲 $2:3:4$ 的三部分.

1-5-乙及 1-5-丙 1. 已知直線 AB；試分爲 $2:3:4$ 的三段； 2. 距 AB 線適當距離，作 AB 的平行線 CD； 3. 在 CD 線上用分規或有刻度的尺量出 2、3、4 個任意單位，得 0、2、5、9 等點； 4. 通過 OA 及 $9B$，作直線，並延長之使交於 O 點（1-5-乙）. 連接 $2O$ 及 $5O$ 交 AB 直線於 $2'$ 及 $5'$ 兩點，這兩點分 AB 線爲 $2:3:4$ 的三段； 5. 如果連接 $9A$ 和 OB，那末交點 O 將在兩直線中間，連接 $7O$ 和 $4O$ 並延長之，使交 AB 線於 $2'$ 及 $5'$ 兩點，這兩點分 AB 線爲 $2:3:4$ 的三段（1-5-丙）.

圖 1-6 通過一定點作一直線的垂線

1-6-甲 幾何法 1 1. 已知定直線 AB，線外一點 P. 當 P 點位於 AB 線的一端 A 上方時，求通過 P 點垂直於 AB 的垂線； 2. 通過 P 點作任意斜線 PD 交 AB 線於 D 點；

3. 先後以 P 及 D 爲圓心，大於 PD 一半之任意半徑 R 作圓弧，求得 PD 直線的中點 C； 4. 以 C 爲圓心，CD 爲半徑作圓弧，交直線 AB 於 E 點； 5. 連接 PE，即得所求的垂線.

1-6-乙 幾何法 2 1. 已知 AB 直線及線外一點 P； 2. 以 P 爲圓心，R 爲半徑作圓弧使交 AB 線於 C 及 D 點； 3. 以 D 爲圓心，稍大於 CD 一半的半徑 R_1 作圓弧； 4. 以 C 爲圓心，同一半徑 R_1 作圓弧，和第一圓弧相交於 E 點； 5. PE 即爲所求的垂線.

1-6-丙 幾何法 3 1. 已知直線 AB，定點 P 位於 AB 線上，求通過 P 點垂直於 AB 的垂線； 2. 以 P 爲中心，任意半徑 R 作圓弧交 AB 直線於 C 及 D 點； 3. 以 D 爲圓心，稍大於 CD 一半的半徑 R_1 作圓弧； 4. 以 C 爲圓心，同一半徑 R_1 作圓弧，交第一圓弧於 E 點； 5. PE 即爲所求的垂線.

1-6-丁、戊 實用法 1. 已知直線 AB 及線外一點 P (1-6-丁). 已知直線 AB 及線上一點 P (1-6-戊)； 2. 使三角板的一邊和 AB 線重合； 3. 按住三角板不動，使丁字尺一邊緊靠三角板； 4. 按住丁字尺，使三角板沿丁字尺向上移動，直至另一邊和 P 點重合，作 PR 線即得所求的垂線.

圖 1-7 二等分任意角

1. 已知任意角 BAC，試將其等分爲二，即求 BAC 角的二等分線； 2. 以 A 點爲圓心，任意半徑 R 作圓弧，交 AB、AC 兩邊於 D、E 兩點； 3. 以 D 爲圓心，任意大於 DE 弧一半的半徑 R_1 作圓弧； 4. 以 E 爲圓心，同一半徑 R_1 作圓弧，交前一圓弧於 F 點； 5. AF 即爲 BAC 角的二等分線.

圖 1-8 三角形的作法

1-8-甲 已知三邊求作三角形 1. 已知三角形三邊 R、S、T； 2. 作 AB 線使與三邊中任意一邊爲等長，例如 T； 3. 以 A 爲圓心，三角形另一邊長 S 爲半徑作圓弧； 4. 以 B 爲圓心，三角形第三邊長 R 爲半徑作圓弧，交第一圓弧於 C 點； 5. 連接 AC、BC，即得所求的三角形.

1-8-乙 已知直角三角形的斜邊及另一邊，求作這直角三角形 1. 已知 S 爲直角三角形的斜邊，R 爲另一邊； 2. 作 AB 直線使和斜邊 S 爲等長，二等分 AB 直線於 O 點； 3. 以 O 爲圓心，OA 爲半徑作半圓； 4. 以 A 爲圓心，三角形另一邊長 R 爲半徑作圓弧交半圓於 C 點； 5. 三角形 ABC 即所求的直角三角形.

圖 1-9 等邊三角形的作法

1-9-甲 已知一邊作等邊三角形 1. 已知 AB 爲等邊三角形的一邊； 2. 以 A 爲圓心，AB 爲半徑作圓弧； 3. 以 B 爲圓心，同一半徑作圓弧交第一圓弧於 C 點； 4. 連接

AC、BC，即得所求的等邊三角形．

1-9-乙 已知外接圓作等邊三角形 1. 已知外接圓及其圓心 O； 2. 作外接圓的直徑 AB； 3. 以 A 爲圓心，外接圓的半徑 R 爲半徑作圓弧，交外接圓於 C、D 兩點； 4. 連接 BCD 即得所求的等邊三角形．

1-9-丙 已知一邊作等邊三角形(實用法) 1. 已知 AB 爲等邊三角形的一邊； 2. 使丁字尺橫頭緊靠圖畫板邊緣，並與 AB 線重合； 3. 將丁字尺稍稍下移，橫頭緊靠圖板邊緣，用 60° 三角板緊靠丁字尺，並通過 A 點作 60° 斜線； 4. 同樣翻轉 60° 三角板，使通過 B 點作 60° 斜線，交第一次斜線於 C 點，ABC 即爲所求的等邊三角形．

圖 1-10 正方形的作法

1-10-甲 已知一邊作正方形 1. 已知正方形一邊 AB； 2. 利用 45° 三角板及丁字尺在 A 點作 AC 線使與 AB 線垂直； 3. 以 A 爲圓心，正方形一邊長 AB 爲半徑作圓弧，交 AC 線於 C 點； 4. 以 B 及 C 點爲圓心，同一半徑作兩圓弧相交於 D 點，作 CD 及 BD 線，即可完成所求的正方形．

1-10-乙 已知外接圓作正方形 1. 已知外接圓及其圓心 O； 2. 作直徑 AB； 3. 利用三角板和丁字尺作直徑 CD 垂直於 AB； 4. A、C、B、D 即爲所求正方形的四個頂點．

1-10-丙 已知一邊作正方形(實用法) 1. 已知正方形一邊 AB； 2. 用三角板丁字尺在 B 點作垂線 BC； 3. 用三角板丁字尺在 A 點作垂線 AD； 4. 通過 A 及 B 點用 45° 三角板，作 45° 斜線和兩垂線相交於 C，D 兩點．$ABCD$ 即爲所求的正方形．

1-10-丁 已知正方形的對角線求正方形 1. 已知正方形的對角線 AB； 2. 利用丁字尺及 45° 三角板在 A、B 兩點作 45° 斜線 AC 及 BD； 3. 翻過三角板，經過 A 點作 AD 線交 BD 線於 D 點； 4. 移動三角板，通過 C 點作 CB 線，即得所求的正方形．

圖 1-11 正五邊形的作法——已知外接圓求內切正五邊形

1. 已知外接圓半徑 R，圓心 O．圓上一點 A 爲五邊形的一個頂點； 2. 平分半徑 OD 於 C 點； 3. 以 C 爲圓心，$CA=R_1$ 爲半徑，作圓弧 AE，交直線於 E 點； 4. 以 A 爲圓心，$AE=R_2$ 爲半徑，作圓弧 EB 交外接圓於 B 點．AB 即爲五邊形的一邊長； 5. 先後以 B、B_1、B_2 等點爲圓心，R_2 爲半徑依次求出正五邊形的各頂點，連接各頂點即得所求的正五邊形．

圖 1-12 任意正多邊形的作法——已知一邊求作任意正多邊形

1. 已知 AB 爲正多邊形的一邊，試作正七邊形； 2. 以 A 爲圓心，AB 爲半徑作半圓 CDB； 3. 用分規試分法分半圓爲七等分(正多邊形的邊數)； 4. D 是第二個分點，作

AD 卽得正多邊形的另一邊；通過 AB 及 AD 作垂直二等分線，相交於 O 點，卽爲多邊形外接圓的圓心．作外接圓；5. 從 A 點通過各分點作直線交外接圓的圓周，這些交點就是正多邊形的頂點．用 AB 長在外接圓上依次量出正多邊形的各邊亦可．

圖1-13　正六邊形的作法

1-13-甲　已知正六邊形的外接圓或對角距(幾何法)　1. 已知正六邊形的外接圓半徑爲 R;　2. 在圓周上任取一點 A, 以 A 爲圓心，R 爲半徑截圓周，依次得 B、C、D、E 及 F 諸點；　3. 連接 A、B、C、D、E、F 各點，卽得所求的正六邊形．

1-13-乙　已知正六邊形的外接圓(實用法)　1. 已知正六邊形的外接圓；　2. 利用丁字尺及三角板，通過圓心作 AB 直徑．用 $30°\times 60°$ 三角板，自 A 點作 $30°$ 斜線 AC 截圓周於 C 點，再自 C 點作垂線 CD;　3. 按同樣步驟作出正六邊形的其他各邊．

1-13-丙　已知正六邊形的外接圓(幾何法)　1. 已知正六邊形的外接圓，半徑爲 R;　2. 作 AB 直徑，以 A 及 B 爲圓心，R 爲半徑作圓弧截圓周於 C、D、E、F 四點；　3. 連接 A、D、E、B、F、C 諸點，卽得所求的正六邊形．

1-13-丁　已知正六邊形的內接圓(實用法)　1. 已知正六邊形的內接圓；　2. 利用丁字尺及 $30°\times 60°$ 三角板作切於內接圓的 $30°$ 斜線及垂直線；　3. 繼續上項操作，結果卽得圓的外接正六邊形．

1-13-戊　已知正六邊形的外接圓　1. 利用 $30°\times 60°$ 三角板及丁字尺，通過圓心作兩條 $60°$ 斜線交圓周於 A、B 及 C、D 四點．用丁字尺連接 AB;　2. 自 A 及 B 點作垂直線交圓周於 C 及 D 點，連接 CD 點；　3. 用 $30°\times 60°$ 三角板，自 C 點及 B 點作 $60°$ 斜線，再從 D 點及 A 點作 $60°$ 斜線，卽得所求的正六邊形．

圖1-14　正八邊形的作法

1-14-甲　已知外接正方形　1. 已知外接正方形爲 $ABCD$;　2. 連接 AC 及 BD 對角線交於 O 點；　3. 通過 O 點，作 EF 及 GH 中心線；　4. 以 O 爲中心，OB 爲半徑作圓弧交兩中心線於 E、F、G、H．經過 E 作 $45°$ 斜線 EG 及 EH; 經過 G 及 H 點作 GF 及 HF, 這四條線組成第二個正方形，它和已知正方形同樣大小．兩個正方形裏邊的線段構成所求的正八邊形，如粗線所表示．

1-14-乙　已知外接正方形　1. 已知外接正方形 $ABCD$;　2. 對角線 AC 及 BD 相交於 O 點；　3. 以 A、B、C、D 爲圓心，AO 爲半徑作圓弧，交正方形於 E、F, G、H, J、K, L, M 諸點；　4. 連接上述各點，卽得所求的正八邊形．

1-14-丙　已知內接圓　1. 已知正八邊形的內接圓；　2. 利用丁字尺及 $45°$ 三角板依

次作圓的 45° 及垂直切線；3. 翻過三角板，繼續上述操作；4. 結果即得所求的正八邊形.

1-14-丁 已知外接圓 1. 已知正八邊形的外接圓；2. 通過圓心作相互垂直的直徑 AC 及 DB；3. 使用丁字尺及 45° 三角板作 HF 及 GE 兩直徑，使與前一對直徑互成 45°；4. 直徑和圓周相交的八點即爲所求正八邊形的頂點，連接各頂點即得所求的正八邊形.

圖 1-15 角的遷移

1. CAB 爲已知角，DE 爲遷移後角的一邊；2. 以 A 爲圓心，任意半徑 R 作圓弧 CB. 以 D 爲圓心，同一半徑 R 作圓弧 EF；3. 以 E 爲圓心，$R_1=BC$ 爲半徑，作圓弧交 EF 圓弧於 F 點；4. EDF 即爲所求遷移後的角.

圖 1-16 平面圖形的遷移

1. 已知三角形 ABC，$A'B'$ 爲遷移後 AB 邊的位置；2. 以 A' 爲圓心，在 $A'B'$ 線上量出 AB 一邊的長得 $A'B'$；3. 以 A' 爲圓心，$R_1=AC$ 爲半徑，B' 爲圓心，$R_2=BC$ 爲半徑，作兩個圓弧相交於 C' 點；4. 連接 $A'B'C'$，即得所求三角形的新位置.

註：任何多邊形都可以分成許多三角形，然後按照上述遷移三角形的辦法處理.

圖 1-17 通過三點作圓

1. A、B、C 爲不在一直線上的三點，求作通過這三點的圓；2. 連接 AB 和 BC，用圓弧求得 AB 的垂直二等分線 DO；3. 用同樣辦法求得 BC 的垂直二等分線 EO，和 DO 相交於 O 點；4. O 點即所求的圓心，以 OA 爲半徑作圓，即得所求的圓.

圖 1-18 通過圓上一點作切線

1-18-甲 幾何法 1. 已知 P 爲圓上一點；2. 以 P 爲圓心，$R=PO$ 爲半徑，作圓弧 OAB；3. 以 A 爲圓心，同一半徑 R 作圓弧 CD，交 OAB 圓弧於 D 點；4. 以 D 爲圓心，同一半徑 R 作圓弧 CA，交 CD 圓弧於 C 點，連接 CP 即得所求的切線.

1-18-乙 實用法 1. 已知圓上一定點 P；2. 使三角板斜邊以外的任何一邊和 OP 重合；3. 將丁字尺緊靠三角板的斜邊；4. 固定丁字尺，移動三角板，使另一邊通過 P 點，即得所求的切線.

圖 1-19 通過圓外一點作切線

1-19-甲 幾何法 1. P 爲圓外一點，O 爲圓心；2. 連接 PO；3. 二等分 PO 線於 D 點；4. 以 D 爲圓心，DO 爲半徑作圓弧交圓周於 B、E 兩點. 作 PB 及 PE，即得所求的切線.

1-19-乙 實用法 1. 已知圓外一點 P；2、3. 利用三角板及丁字尺通過 P 點作切

線 PE； 4. 移動三角板，經過 O 點作 OE，E 點卽爲所求切線的切點． 按同樣辦法可以求得另一切線．

圖1-20 作連接兩平行直線的圓弧

1. AB、CD 爲已知平行直線； 2. 自 B 點作 BE 線使垂直於 CD； 3. 平分 BE 於 O 點； 4. 以 O 爲圓心，OB 爲半徑，卽得所求的圓弧．

圖1-21 和不平行直線相切的定圓弧作法

1-21-甲、乙 1. 已知 LN 及 MO 爲不平行直線，R 爲已知圓弧的半徑； 2. 在 LN 線上任取 A 點，MO 線上任取 B 點．以 A 及 B 爲圓心，R 爲半徑作圓弧． 作 LN 及 MO 的平行線使與圓弧相切，兩平行線相交於 C 點； 3. 自 C 點作 CD 及 CE，使垂直於 LN 及 MO，D 及 E 決定圓弧的切點； 4. 以 C 爲中心，R 爲半徑，卽得所求的圓弧．

圖1-22 和相互垂直直線相切的定圓弧作法

1. LN 及 MO 爲相互垂直的兩直線，R 爲定圓弧的半徑； 2. 以兩直線的交點爲圓心，R 爲半徑，作圓弧交兩直線於 A 及 B 點； 3. 以 A 及 B 爲圓心，同一半徑 R 作圓弧，相交於 C 點； 4. 以 C 爲圓心，R 爲半徑作圓弧，卽得所求的圓弧． A 及 B 爲切點．

圖1-23 和一直線一圓弧相切的定圓弧作法

1-23-甲、乙 1. 已知圓弧 AB，其半徑爲 R，圓心爲 O． 已知直線爲 CD，定圓弧半徑爲 R_1； 2. 距 CD 線 R_1 距離作平行線 EF； 3. 以 O 爲圓心，$R+R_1$ 爲半徑作圓弧，交 EF 直線於 O_1，卽爲所求定圓弧圓心； 4. 連接 OO_1 交 AB 弧於 J；自 O_1 作 CD 的垂線 O_1K，J、K 兩點卽爲所求圓弧的切點．

1-23-丙 同甲、乙，但第3項中 $R+R_1$ 應改爲 $R-R_1$．

圖1-24 和兩圓弧相切的定圓弧作法

1-24-甲、乙 1. 已知圓弧 AB 及 CD，其半徑各爲 R_1 及 R_2，定圓弧半徑爲 R； 2. 以 E 爲圓心，R_1+R 爲半徑作圓弧； 3. 以 F 爲圓心，R_2+R 爲半徑作圓弧，交第一次圓弧於 G 點； 4. 連接 GE 及 GF 交已知圓弧得切點 H 及 K； 5. 以 G 爲圓心，R 爲半徑，卽得所求的定圓弧 HK．

1-24-丙 同、甲乙，但第3項中 R_2+R 應改爲 R_2-R．

1-24-丁 1. 已知兩圓弧的半徑爲 R_1 及 R_2，定圓弧半徑 R 大於 R_1 及 R_2； 2. 以 E 爲圓心，$R-R_1$ 作半徑畫圓弧； 3. 以 F 爲圓心，$R-R_2$ 作半徑畫圓弧，交第一個圓弧於 G 點； 4. 連接 GE 及 GF 線並引長之，得切點 H 及 K； 5. 以 G 爲圓心，R 爲半徑卽得所求的定圓弧 HK．

1-24-戊 同丁,但第 2 項中 $R-R_1$ 改爲 $R+R_1$.

圖 1-25 和三條相交直線相切的曲線作法

1-25-甲、乙 1. 已知直線 AB、BC、CD 相交於 B、C 兩點; 2. 在 BC 線上任取一點 P 作爲切點(或曲線的轉向點); 3. 在 AB 線上截取 $BT=BP$, 在 CD 線上截取 $CS=CP$; 4. 從 T、P、S 三點各作垂直線相交得 O_1 及 O_2 點; 5. O_1、O_2 卽爲所求曲線的圓弧中心.

圖 1-26 通過定點用圓弧作曲線

1. A、B、C、D、E、F 爲已知定點,求通過各點的曲線; 2. 用直線連接各定點; 3. 求 AB 的垂直二等分線,假定 AB 弧的半徑,在二等分線上求得圓心 O; 4. 以 O 爲圓心, OA 爲半徑作圓弧 AB. 連接 OB, 再求 BC 的垂直二等分線,交 BO 於 O_1, 卽得 BC 圓弧的圓心. 按同樣方法求出其餘圓心 O_2、O_3、O_4, 注意 DE 及 EF 圓弧和 CD 圓弧爲反向,所以 O_3 及 O_4 將不在 O_1、O_2 的同一邊,而在曲線的上方.

圖 1-27 連接二平行線的反向曲線

1. NA 和 BM 是已知二平行直線; 2. 在 NA 線上作垂線 AF, 在 BM 線上作垂線 BC; 3. 連接 AB, 並在 AB 上任取一點 E, 作爲曲線的反向點. 垂直二等分線段 AE, 使垂線交 AF 線於 F 點; 4. 同樣方法,使 EB 的垂直二等分線交 BC 於 C 點; 5. F、C 兩點卽爲所求曲線的兩個圓弧的圓心.

圖 1-28 橢圓的作法(幾何法)

1-28-甲 焦點法 1. 已知橢圓的長軸 AB 及短軸 CD; 2. 以 C 及 D 爲圓心,長軸的一半爲半徑,作圓弧和長軸相交得 E、F 兩點,稱爲橢圓的焦點; 3. 在長軸的任何一焦點和中點間(例如 E、O 間)隨意分爲幾段得 1、2、3、4、5 等點; 4. 以 E 爲圓心, $B1$ 距離爲半徑作圓弧,再以 F 爲圓心, $A1$ 距離爲半徑作圓弧,交第一次圓弧於 G、H 兩點; 5. 按同樣方法,以 E、F 爲圓心, $B2$ 及 $A2$ 爲半徑,再求得兩點. 如此重複進行,可以得到許多點,通過這些點用曲線板連接一圓滑曲線,卽得所求的橢圓.

1-28-乙 同心圓法 1. 已知 AB 及 CD 爲橢圓的長軸及短軸; 2. 以長軸及短軸爲直徑作兩同心圓; 3. 作任何直徑 VV, 在 V 點作短軸 CD 的平行線 VE, 在 H 點作平行於長軸 AB 的 HE 線,交 VE 線於 E 點,這就是橢圓上的一點,利用丁字尺三角板可求得相對稱的 R、S 點; 4. 按同樣步驟來獲得橢圓上更多的點; 5. 通過各點用曲線板畫一圓滑曲線,卽得所求的橢圓.

1-28-丙 近似法之一 1. 已知橢圓的長軸 AB 及短軸 DE. 試用四圓弧作一橢圓;

2. 徒手試畫橢圓，選擇小圓弧的圓心 K，半徑 R； 3. 以 D 爲圓心，小圓弧半徑 R 爲半徑，交短軸 DE 於 L 點； 4. 連接 KL，求 KL 的垂直二等分線，交短軸 DE 的延長線於 M 點，用圓規求得相對稱的 O 點，M 和 O 就是大圓弧的圓心．再用圓規求得 K 的對稱點 N； 5. 以 K、N 爲圓心，R 爲半徑作兩小圓弧．以 M、O 爲圓心，作兩大圓弧，結果卽得所求橢圓．

1-28-丁　近似法之二　1. 已知橢圓的長軸 AB 及短軸 DE； 2. 連接 AD； 3. 以 C 爲圓心，AC 爲半徑作圓弧交短軸的延長線於 F，再以 D 爲圓心，DF 爲半徑作圓弧，交 AD 於 G； 4. 作 AG 的垂直二等分線，使交短軸的延長線於 L，交長軸於 K，這兩點就是兩圓弧的圓心．用圓規求得相對稱的 M 及 N 點； 5. 以 K、M 爲圓心作小圓弧，以 L、N 爲圓心作大圓弧，卽得所求的近似橢圓．

第二章　投影

1. 投影

假定有一物體 $ABCD$ 放在一個光源(例如電燈)和牆壁之間，如圖 **2-1** 所示，那末在牆上可以看見一個和原物形狀相似而大小不同的影子，如圖中的 $EFGH$，這個影子就是該物體在 A 投影面上的投影．

看過電影的人都知道電影是從觀衆後面的放映室中放映出來的．放映機把影片上的畫面投影到銀幕上，加以放大以便多數觀衆可以同時欣賞，這是利用投影的一個例子．

2. 透視

在圖 2-1 所表示的投影中所有投影射線 OA、OB、OC、OD 都從一個定點 O 發出，這個定點叫做投影中心，這種投影就稱爲中心投影或透視．我們在日常生活中用眼睛看東西就屬於這種性質，眼睛的所在地相當於定點 O．透視是美術畫的基礎，對機械製圖並無用處．

3. 平行投影

如果我們將前節中講過的定點 O 移後到無窮遠地方，那末 OA、OB、OC、OD 等投射線將變爲相互平行，這時候所得到的投影稱爲**平行投影**，它是後面將講到的正投影的基礎．

圖 2-2 表示在平行投影中物體 $ABCD$ 和它的投影 $EFGH$ 不但形狀一樣，大小也完全相同，這是平行投影的主要特點．

在日常生活中，我們知道太陽離地球很遠，因此可以假定太陽光線是平行的．物體在太陽光下的影子是和理論上的平行投影非常近似的，因爲黑影和物體基本上不但形狀一

樣，在大小上也顯不出任何可以察覺的不同（假定投影面和物體爲平行時）.

4. 傾斜投影

如果所有的投射線都和投影面傾斜時，這時得到的投影就是傾斜投影（圖 **2-3** 中的 C、D、E、F）. 如果投射線和投影面垂直，那末我們就得到正投影（圖 2-3-B）. 正投影是這本書的中心內容，也就是機械製圖的基礎.

從圖 2-3 可以看出立方體 A 在這平面上（投影面）祇有一個正投影 B，因爲從這個立方體的任何一點到這平面上祇能作一條垂線，但卻可作出無數的傾斜線，所以這個立方體在這平面上可以有無窮數目的傾斜投影.

傾斜投影 C 及 D 的投射線和正投影 B 的投射線是在同一水平面內，但和投影面傾斜成一角度（當然不是 90°）. 如果投射線向上右方傾斜時，我們得到傾斜投影 E，向下右方傾斜時則得到 F.

從圖 **2-4** 可以看出：在這五個投影中立方體的前後面（正反面）仍舊保持着原來眞實的形狀和大小，這是因爲這兩個面和投影面平行的緣故. 在傾斜投影 E 及 F 中，其他四個面都變成平行四邊形，無論大小或形狀都和原來的面截然不同. 在傾斜投影 C 如 D 中，上下兩面都變成一條直線，這是因爲這兩個平面上各點的投射線適在這兩平面內，因此在投影面重疊而顯示爲一條直線.

5. 正投影

正投影是平行投影的一個特殊情形，前面已經講過，當投射線與投影面垂直時所得到的投影稱爲正投影. 一個立方體的正投影（如圖 2-4-B 所示），是一個正方形，它表現出了立方體前後兩個面的眞實形狀和大小，但是其他四個面卻都變成一條直線. 爲了要表示其他各面的形狀和大小，我們可以採用下列兩種辦法.

第一種辦法是轉過這個立方體，使它所有的面都和投影面傾斜，於是使立方體的面以平行四邊形出現. 這種辦法叫做寫生投影（如圖 **2-5** 所示）. 這種投影繪製困難，因此使用不多.

第二種辦法是將圖 2-4-B 的另外幾個面用額外的視圖來表示它，即所謂**多視圖投影**. 在這種投影中立方體的其他幾個視圖也將用正方形來表示. 這種辦法簡單而實用，是工程畫中一般最通用的辦法，我們學習的重點也卽在此.

6. 多視圖投影

從圖 2-4-B 顯然可以知道如果將立方體或其他類似物體放置在一特定位置，使它的一個平面和投影面平行時，那末正投影並不能把這個物體表示得完全.

爲了要完全表示出一個物體的各方面形狀，一個投影面是不夠的，因而我們需要使用另外兩個投影平面，如圖 **2-6** 所示.

7. 投影面

如圖 2-6 所示，三個主要投影面互成直角，我們稱之爲**直立投影面**，**水平投影面**和**側投影面**. 這三個平面我們應假想它們的大小無限度，彼此相交於三條直線，稱爲**坐標軸**. 直立投影面和水平投影面的交線稱爲 **X-軸**，直立投影面和側投影面的交線稱爲 **Y-軸**，側投影面和水平投影面的交線稱爲 **Z-軸**.

這三個座標軸相交於一點 O，稱爲座標的**原點**. 直立投影面和水平投影面相交，分空間爲四個兩面角，依反時鐘的方向排列稱之爲第一角，第二角，第三角和第四角. 直立投影面是投影面中最主要的一個面，一個物體最主要的一面總是向這投影面投影，來得到它的主視圖.

8. 第一角投影

如圖 **2-7** 所示，如果立方體的前後面平行於直立投影面，頂、底面平行於水平投影面，左右面平行於側投影面，那末這三組平面在三個投影面上的投影將顯示出眞實的大小和形狀.

這些投影在工程畫中稱爲前視圖，上視圖和側視圖(左側視圖).

當三個視圖已經在三個互成直角的投影平面上決定以後，下一步工作就是設法將三個投影面展開，以便三個視圖可以表現在同一平面上. 習慣上將水平投影面沿 OX 軸向下迴轉至與直立投影面成爲同一平面，同時將側投影面沿 OY 軸旋離物體，使與直立投影面成爲同一平面，這樣三個平面就展開而成爲一個平面，如圖 **2-8** 所示.

從圖中可以看出，上視圖位於前視圖的正下方，而左側視圖位於前視圖的正右方.

這種投影法爲蘇聯及歐洲國家所採用，也是我國現在所通用的方法. 本書內容全部採用第一角投影藉以鞏固投影的基本原理. 在實用上，有時副投影借用第三角投影，但在本書中副投影還是嚴格執行第一角投影的規則.

9. 第三角投影

如果將立方體放在第三個空間角(如圖 **2-9** 所示)，同時使它的六個面分別平行於直立投影面、水平投影面和側投影面，那末立方體在這三個投影面上的投影也能顯示它們眞實的形狀和大小. 按照習慣上的方法，分別將水平投影面和側投影面迴轉 90°，使與直立投影面成爲同一平面，則三個視圖將如圖 **2-10** 所示的樣子. 在這種投影中我們可以看到上視圖位在前視圖的正上方，右側視圖位於前視圖的右側，適與第一角投影的位置相反.

這種投影法應用於美國、日本、加拿大等國，過去我國曾一度使用過，因爲讀者可能有時還會看到，所以在此提一下.

第三章 正投影

1. 物體的視圖

一張照片或圖畫所表示出物體的形狀和我們眼睛所看見的一樣，它不能把一個物體表現得完全，因爲它旣不能表示尺寸大小，又不能表示其他各面的形狀. 如果要正確地表現一個物體的形狀和大小，那末必須將幾個視圖有系統地排列起來. 圖 3-1 表示觀察者直視一物體的前面時，他看到該面的眞實大小和形狀. 該物體的前視圖就是這樣得到的.

2. 一個物體可能有的視圖

任何一件長方形的物體，都可能有**六個視圖**，因爲它有六個面. 六個視圖，可由移動物體的位置，使觀察者每次看到其中一個面而得到. 也可以設想物體不動，而觀察者環繞物體運動，在六個不同位置所得到的六個視圖. 不論物體動或人動，凡在物體前面所看到的視圖稱爲**前視圖**，在後面看到的稱爲**後視圖**，由上向下看到的稱爲**上視圖**，由下向上的稱爲**下視圖**，在側面看到的稱爲**側視圖**，有**左側視圖**及**右側視圖**，這許多視圖通常按照一定規則排列(如圖 3-2 所示). 在實用上，其中有許多視圖可以省略，這在後面還要講到.

3. 主視圖

一個物體的幾個視圖中最能代表出該物體特徵的一個視圖稱爲**主視圖**. 日常生活中大家有這樣的經驗：人的照相一般總是以正面爲主，因爲人的正面最能顯示出一個人的特點. 同樣理由，在機械製圖中我們總是拿最能表示該物體特點的主視圖作爲前視圖. 可是我們得注意，一個物體的前面有時往往並不是該物體的主視圖，因爲它不能顯示物體的主要形狀和特點. 例如我們畫一輛汽車或一艘輪船時，總是拿它們的側面作爲主視圖，因爲這樣畫出的視圖最能表示出它們的形狀和特點來.

圖 3-3 表示出幾個對我們較爲生疏的物體的主視圖. 我們必需經過一個時期的練習後，才能領會選擇主視圖的方法，這是在初學過程中一個重要的步驟.

4. 徒手草圖

初學者練習繪製六個視圖的最好方法是準備一套木塊，自最簡單的長方體起，逐漸變爲複雜，然後根據這一套木塊，用徒手作出每一個木塊的六個視圖. 爲了便於作圖起見，可以用印有小方格的紙張或練習本. 本書第四章中爲讀者有系統地準備了一套示範和習題，希望善加利用.

5. 多視圖投影

一個物體的視圖，用工程上的術語講來就是投影．因此上面所講述的一套視圖，可以稱之爲**多視圖投影**．一個物體的投影就是該物體畫在投影面上的視圖．多視圖投影是許多種投影中的一種，因爲它畫製比較簡單，所以使用最爲普遍．

6. 物體的投影

求一物體投影的方法，如圖 **3-4** 所示． 在物體的後面有一個投影面和物體的一面平行，觀察者立在物體的前面，物體的輪廓投射在投影面上，如同觀察者眼睛看到的一樣．理論上講，觀察者應該站立在距物體無限遠的地方，但實際上可以假想從物體邊緣上各點(如圖 3-4 中的 A、B、C、D、E、F)作投影面的垂直線(投射線)來得到投影面上的相對應各點(圖 3-4 中的 a、b、c、d、e、f)，連接這許多點就可得到物體的輪廓外形． 圖 3-4 是物體的前視圖．

根據同樣的步驟，可以得到其他幾個視圖(圖 **3-5** 至圖 **3-9**)．

7. 虛線

在圖 3-7 和圖 3-9 中都有一條虛線，這是用來表示物體上一條對觀察者爲不可見的線條 AB． 通常虛線是表示物體不可見的邊緣或輪廓線 爲了淸晰起見虛線應該用實線一半粗細的線條來表示

8. 投影箱

如果使所有的投影面都和物體的各平面平行，那末這些投影面將構成一個**投影箱**，如圖 **3-10** 所示． 觀察者立在箱外可看到物體投向各投影面的視圖． 因爲我們最後目的是要將這個物體表現在一個平面上，顯然，我們必須將這個投影箱展開，使它成爲一個平面．這個投影箱除了後面外，其他四個面都假定它們和前面用鉸鏈相連，祇有後面是和一個側面相連的　按照圖 **3-11** 的方向展開，使它們都和前面成爲同一平面，結果得到了像圖 **3-12** 的樣子．六個平面在展開以後的相互位置將如圖 **3-13** 所示． 讀者必須對照了投影箱細心辨別各個平面，以便逐步使這展開的步驟，在頭腦中熟悉起來．在後面第四章的示範中，我們採用三個面的投影箱使讀者容易對照和想像．

9. 視圖分析

從圖 **3-14** 中可以看出：

(1) 物體的“高”表現在前視圖，左側視圖，右側視圖和後視圖中．

(2) 物體的“深”表現在上視圖，下視圖，左側視圖和右側視圖中．

(3) 物體的“闊”表現在前視圖，上視圖，下視圖和後視圖中．

(4) 物體的"前面"在上視圖，下視圖和兩側視圖中表現爲一條直線，它們位於遠離前視圖的一面；

(5) 物體的"後面"在上視圖，下視圖和兩側視圖中表現爲一條直線，它們位於靠近前視圖的一面．

(6) 圖中的每一條直線都表示兩個平面的相交線，或者面的輪廓線，如在圓柱體的側視圖中．

10. 視圖的選擇

在圖 3-15 中顯然可以看出各個視圖所表示的內容很多是重複的．後視圖所表示的和前視圖完全一樣，祇是方向相反而已，因此後視圖可以省略．上視圖比下視圖好，因爲上視圖沒有虛線，而下視圖有，因此我們取用上視圖而省略下視圖．同樣理由，左側視圖比右側視圖好，但是因爲上視圖已經足夠表示這物體，所以左、右兩側視圖可以一併省略．原則上用多視圖投影畫表示一物體時，不應有重複多餘的視圖，祇要有足夠表示該物體的必要視圖就行了．但在初學時爲了練習，我們要求讀者熟習三視圖畫的應用，暫時不要省略重複的視圖．

從圖 3-15 中可以看出，前視圖中除了物體的深度以外其他完全可以表示出來，因此祇要再加上一個上視圖或左側視圖就可成爲一張兩視圖畫．有時物體在三個面都有特殊的輪廓時就必須用三視圖畫了．逢到更複雜的東西時，除了三個視圖外還得外加特殊的視圖如部份視圖、輔助視圖或剖面、斷面等，這些將在後面陸續講到．

在選擇視圖的時候，下列原則應該遵守：

(1) 選擇表示主要輪廓的視圖．

(2) 選擇虛線最少的視圖，即儘可能少用虛線．

(3) 除了特殊情況下必須選用右側視圖外，一般以選用左側視圖爲原則(圖 3-16)．設法安置物體，使需要表示的一面成爲左側面，以便於放在前視圖的右面表示出來．

(4) 上視圖一般比下視圖應用得多，除非用下視圖能表示出更多的內容時才採用下視圖．

(5) 選擇物體的視圖時，應使它們能夠在現有的空間排列均勻合適(圖 3-18、3-20 及圖 3-21)．

(6) 前視圖應保持物體的正常直立位置．如圖 3-19 上面的排列法就比下面的來得好，因爲前者保持了物體的正常直立位置，看起來有穩定的感覺．但有些機械另件在應用時可以佔據空間任何位置，那末在畫前視圖時當然也可以隨便放置在任何位置．