

科學圖書大庫

量具設計與幾何符號表示法

製造公差之設計與檢驗

編譯者 許詩霖

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

量具設計與幾何符號表示法

製造公差之設計與檢驗

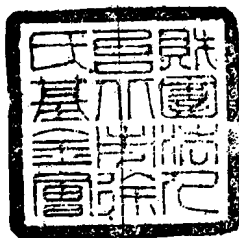
編譯者 許詩霖

徐氏基金會出版

徐氏基金會科學圖書編譯委員會
監修人 徐銘信 發行人 王洪鎧

科學圖書大庫

版權所有



不許翻印

中華民國六十七年十一月三十日初版

量具設計與幾何符號表示法

製造公差之設計與檢驗

基本定價 1.60

編譯者 許詩霖 美國伊利諾大學工業系統工程碩士

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。謝謝惠顧。

(67)局版臺業字第1810號

出版者 財團法人 臺北市徐氏基金會 臺北市郵政信箱53-2號 電話 7813686 號
發行者 財團法人 臺北市徐氏基金會 郵政劃撥賬戶第 1 5 7 9 5 號
承印者 大興圖書印製有限公司 三重市三和路四段一五一號 電話 9719739

自序

以往在教學工程製圖時，多注重如何把線條畫好？如何把尺寸數字寫得工整？……固然箭頭的表示，螺絲的試繪是工程畫的第一步，但在有限的教學及時數內，學習的重點是否應該擺在純技術的訓練上不無商榷的餘地，學生們將來從事製圖工作的畢竟是很少數，既然如此，在求學階段又何必把重點放在這上面？還有，目前從事機械設計製造及品質管制的工程人員似乎更需要一些對台灣工業有助益而且被先進國家所普遍採用的精密製造知識來提高各從業人員的工作素質。有一個值得重視的事實是愈來愈多的工程圖已經改用幾何公差表示法（Geometric tolerancing Dimensioning method）。

譯者於今夏回台時，見坊間還沒有相近而有系統地介紹這方面的書籍，本諸“拋磚引玉”的想法，把原書的百分之九十摘譯編出，作為工程畫的補充教材兼為在職工程人員的自修參考，或許不無助益！

歐美先進國家的技術工人工資不斷上升，許多簡單的配件製造商已漸採國外加工或直接在外國設廠的方式，以求成本之降低，若國內從事設計或製造與品管工程人員不諳此幾何公差表示法一則將會失去機會，再則就是科技觀念將永落人後！因為以自己設計機械，生產製配出廠而言，若於設計階段即採用幾何公差法製圖，從而訂立品質精密度之標準，設計檢驗量具策步驟相信對於提高產品的壽命及信賴度等都是相當有效的！

譯者近日曾與一家著名的印刷機械公司的品質管制部經理談及幾何公差法的應用，他非常遺憾的說該公司的設計人員多為廿年前受教育的工程師，對此一新推展出來的理念的反應頗為遲鈍，幸虧年青一輩的工程師都努力不懈地施加壓力以求全面性的採用，主要原因是發現採用舊法製圖驗收時經常把功能上尚可的產品予以拒收，而且檢驗量具的設計也感到不便。產品素質的要點把握及驗收標準的共同化乃是促使此一幾何公差表示法普遍採用的催化劑！

在章節裏經常插入一些量具（Gaging）設計的說明實例，其目的乃在

目 錄

第一章 幾何符號法的衍生與應用

1.1 幾何公差符號法的產生	1
1.2 譯名分類與定義概述	2
1.3 符號法與註解的圖示差別	3
1.4 運用符號法的好處	3
1.5 何時應使用幾何符號法	6

第二章 限制符號、均點、基準

2.1 $\textcircled{M}$ 的使用	8
2.2 $\textcircled{S}$ 的使用	8
2.3 均點的名稱意義	12
2.4 基準的名稱意義	14

第三章 尺寸控制格式的使用

3.1 尺寸控制格式	18
3.2 如何參用基準	20
3.3 特殊組合	22

第四章 物件形狀的公差

4.1 通用原則	23
4.2 形狀公差的定義	24

4.3 平面度	24
4.4 直線度差	25
4.5 平行度	28
4.6 垂直度	36
4.7 角度	41
4.8 圓度	42
4.9 柱圓度	46
4.10 外形差	47
4.11 離形差	49

第五章 位置上的公差

5.1 位置上的公差之要義	53
5.2 實際位置差的理論基礎	53
5.3 不同配件由螺絲組合的位置差設計	56
5.4 位置差——組零件——固定螺絲栓	56
5.5 位置差——圓周上的組合	56
5.6 實際位置與基準面的關係	59
5.7 以另一孔的MMC為基準的位置差的計算與功能量具的設計	62
5.8 以另一孔的RFS為基準的位置差的計算與功	

能量的設計.....	64	8.1 實際位差.....	95
5.9 螺紋孔徑的位置公差(1)	66	8.2 垂直度與實際位差的混 合.....	95
5.10 螺紋孔徑的位置公差 (2).....	66	8.3 厚物件的孔徑實際位差	98
5.11 圓周槽位的位置公差	70	8.4 圓孔兩個方向不同的實 際位差.....	99
第六章 同心度		8.5 方孔及其他附帶要求之 實際位差.....	104
6.1 同心度概述.....	73	第九章 基準的選擇與應 用	
6.2 不同心度(偏心).....	75	9.1 基準的種類.....	114
6.3 MMC與RFS在同心度 度公差上的差別.....	77	9.2 由三個表面而建立的基 準平面.....	118
6.4 同心度的量具設計.....	77	9.3 由基準點、線或區域而 建立的基準平面.....	118
第七章 對稱度		9.4 由不同基準面而建立之 基準軸面.....	118
7.1 對稱概論.....	83	9.5 基準的選擇.....	125
7.2 RFS的對稱度差.....	83	9.6 基準面的精密度.....	125
7.3 MMC狀況下的對稱度 差.....	89	9.7 基準面的暗示法.....	129
7.4 對稱上的功能量具設計	89	9.8 標明基準尺寸.....	131
第八章 實際位差的特殊運 用			

第一章 幾何符號法的衍生與應用

- 1.1 幾何公差符號法的產生
- 1.2 譯名分類與定義概述
- 1.3 符號法 (Symbol) 與註解 (Notes) 的圖示差別
- 1.4 運用符號法的好處
- 1.5 何時應使用幾何符號法

§ 1.1 幾何公差符號法的產生

本書所討論之幾何符號法，是美國國防及民間工業界為求配件之高度互換性 (Interchangeability) 與工程藍圖 (Engineering Blueprints) 的標準化 (Standardization)，經過約十年期間的討論而提出的。筆者曾服務於美國伊州一間精密軍械配件廠，其中所採用之藍圖符號即以此為標準，全廠之工程師、檢驗員、生產管制員與領班之間都甚少發生藍圖誤解研判與使用之情況。

同時，軍方派員 (Source inspector) 到廠檢查、驗收時亦無使用上之不方便發生。傳統上，對於公差、位置及量具 (Gaging) 之設計都是不夠嚴謹地相互配合，尤其重要的是一些配件公差的累積，經常使生產操作人員或甚至於品質管制人員都感到沒有把握去判斷品質。有鑑於此，自一九五七年開始，有關工業上的工程設計人員 (Design Engineer) 品質管制工程師 (Quality Control Engineer)、大學教授等即開始著手研擬一種可為大家接受的幾何公差符號，作為國防及民間工業的統一語言。幾年來參加此一討論的有關單位及人員如下：

Aerospace Drawing Standards
Military Standard 8 C
Joint Industry - Military Standards
American Standard ASA Y14.5
Bendix Aviation Corporation

Ordnance Corps.

Honeywell Inc.

General Electric Company

Prof. F.L. Spalding (Univ. of Illinois)

§ 1.2 譯名分類與定義概述

“幾何符號公差法”的定義：

Geometric & Positional Dimensioning & Tolerancing Primarily is: A means of Dimensioning & Tolerancing A Drawing with respect to the actual function or relationship of part features which can be most economically produced. 其中心意思乃是強調此一幾何符號表示法是著眼於零件的功能 (Function) 與相互間尺寸上的關係 (Relationship)，並且如何使它有效地表達出來。

更進一步，它又有較一般性的定義如下：

The system of modern building blocks for good drawing practice which provides the means of stating almost any necessary dimensional requirement on the drawing met otherwise covered by implication or standard interpretation.

在大量生產或互換能力需求較高的生產程序上，如果祇是使用一般傳統的工程藍圖 (Drawing or Blueprint) 表示法，經常有不便或不能完全表達的地方。而幾何符號公差表示法 (簡單地由 Geometric & Positional & Tolerancing 翻譯而來) 正是有感於此而衍生者也。

許多名稱譯成中文有很多意思太相近的疑難，為求本書的聯貫與閱讀時的前後參照，特先將中英文對照表列出，以免語焉不詳或前後分歧的弊病出現。

一、幾何特性符號 (Geometric Characteristics)

1. 形狀類 (Elements of Form)

— 平面度 (Flatness) 或直線度 (Straightness)

∠ 角度 (Angularity)

⊥ 垂直度 (Perpendicularity) 或方度 (Squareness)

∥ 平行度 (Parallelism)

○ 圓度 (Roundness or circularity)

ϕ 柱圓度 (Cylindricity)

△外形差 (Contour)

↗離形差 (Runout)

2. 位置類 (Elements of Position)

⊕實際位置 (True Position)

⊙同心度 (Concentricity)

= 對稱度 (Symmetry)

二、限制符號 (Modifiers)

Ⓜ 最厚材料狀況 (Maximum Material Condition) 簡名為 MMC。

Ⓡ 不論尺寸大小 (Regardless of Feature size) 簡名為 RFS。

三、名詞 (Terms)

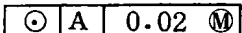
BASIC 均點 (Theoretically exact dimension)

DATUM 基準 (Reference points, lines, Planes, surfaces)

四、基準代號 (Datum identification symbol)

例如  , 

五、尺寸控制格式 (Feature control symbol)

例如 

§ 1.3 符號法 (Symbols) 與註解 (Notes) 的圖示差別

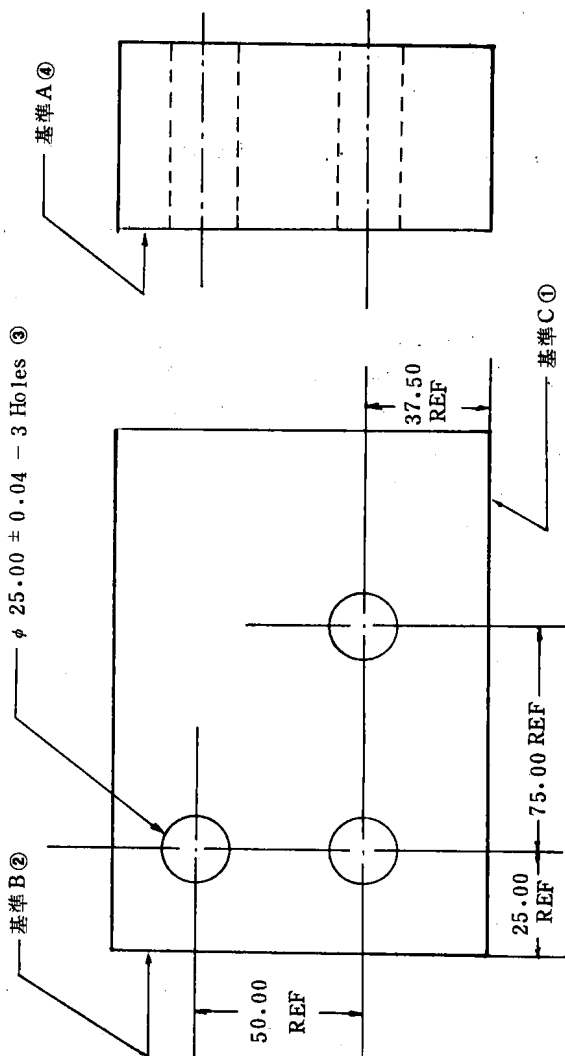
假定有一塊鋼板需要依照圖 1.3.1 要求加工，一般傳統上的表示方法與討論中的幾何符號運用方式的差別可用圖 1.3.1 與 1.3.2 比較而窺知其一二了。

§ 1.4 運用符號法的好處

如前節所言，傳統上對於一些幾何上之公差要求，都可以註解 (Notes) 文字說明為補充，由於使用或讀圖者的不同，其解釋方式自然有所差別，更嚴重的是因為生產人員或品質管制人員的疏忽而造成配件不能產生預期的互換能力，若要分條列述本書所討論的符號法的優點，則下列幾點該是最為顯著的。

1. 符號 (Symbols) 比較容易繪製且能有效地表明在配件的尺寸旁邊，使其一目了然，相反的，文字說有總有某種程度上的差異存在。

2. 使用符號可以減少閱讀藍圖的上下目移，而且圖紙的大小亦可有效



- 註：① 基準平面 C 垂直於基準平面 A，其垂直差度不能超過 0.03 mm。同時與基準平面 B 的垂直差度亦不能超過 0.03 mm。
- ② 基準平面 B 須垂直於平面 A，其垂直差度不能超過 0.05 mm。
- ③ 當基準平面 A、B、C 固定後，三個孔的位置差必須不超過 0.03 mm。
- ④ 平面 A 的平面度要求為必須在 0.01 mm 以內。

圖 1.3.1 傳統工程圖表示法

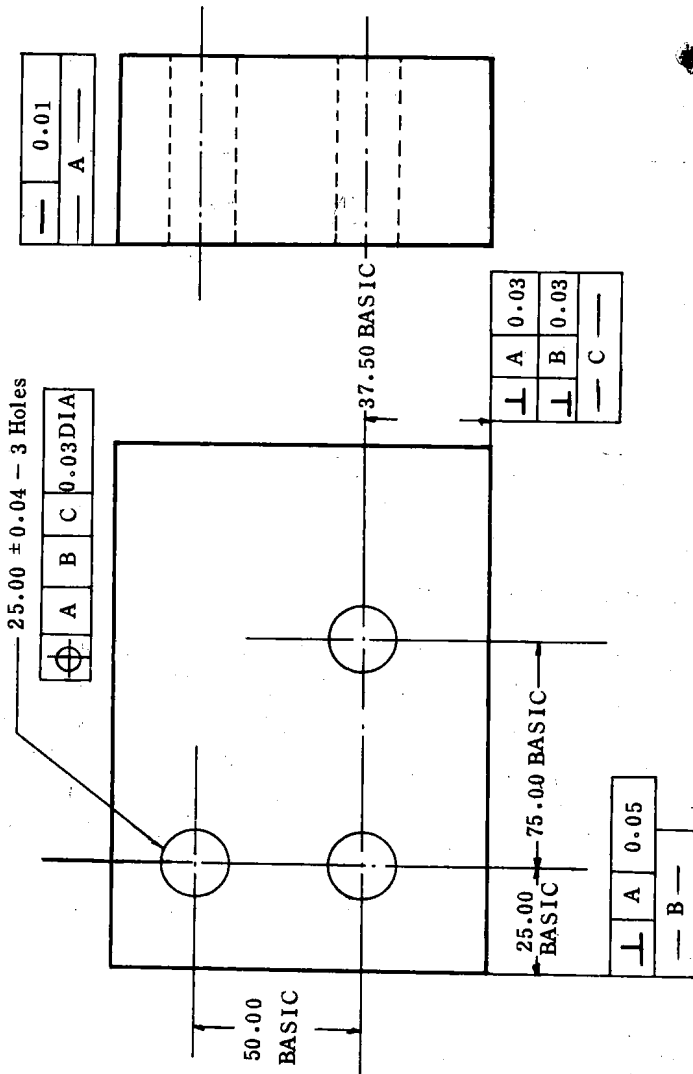


圖 1.3.2 使用幾何符號表示法

地縮減。

3. 參予人員經過短期訓練後皆可準確地體會該公差或位置上的重要性，因此在管理上、技術上都可以使用同一種語言，討論有關的精密度或技術問題。

4. 配合需要許多協力廠 (Vendor) 協助生產時，其驗收程序與協力廠的選擇問題，都可運用此符號法作分條的精密度調查，諸如：

表 1.4.1 生產能力調查表

要 求 條 件	甲 廠	乙 廠	丙 廠	本 廠 自 製
同心度 ◎ (Concentricity)	0.03 mm	0.05 mm	0.025 mm	0.015 mm
角度差 ∠ (Angularity)	0.05	0.04	0.10	0.03
位置差 ⊕ (True position)	0.015	0.03	0.04	0.002
平行度 (Parallelism)	0.03	0.02	0.05	0.075

上述的公差調查表資料可由分析其使用機械與固定器 (Fixture / Tooling) 的可能精密度 (Capabilities) 而來，但是缺乏此一系統的符號觀念，恐怕要做一詳盡的調查分析就不太容易了。

§ 1.5 何時應使用幾何符號法

一般而言，傳統的工程畫技術已足夠說明一些不甚複雜的簡單配件圖形，但是如果配件的製造程序漸趨複雜，或是在功能上某些尺寸的相互關係對於配件的精密度與信賴度相當重要，而傳統上的表示方法不足以完全詳述出來時，就有賴於這種幾何符號表示法了。正如前幾節所一再說明的，其全名為 Geometric & Positional Dimensioning & Tolerancing，在工程圖的表示技巧上也許 (筆者認為) 與其遺漏缺失，實不若用之過詳好些。(It is better to use it too much than not enough)。至於何種場合應該使用幾何符號表示法呢？下列幾個原則可當作一般性的參考：

1. 當零件的某種尺寸相互關係對其使用功能或是互換能力影響很大時。
2. 檢驗上須要使用功能量具 (Functional Gage) 時。
3. 假設因基準 (Datum References) 的使用不同而產生生產製造、檢驗、與量具設計之間發生誤差的可能性很大時。
4. 一般傳統的標示法不足以說明或解釋公差的重要性或相關性時。

幾何符號表示法並非用來取代以往的座標尺寸工程畫技巧，而是一項相輔相成的衍生品，用了它可以減少許多麻煩，不用的話，就如汽車沒有方向燈一般，可以行駛却不方便與不安全。

第二章 限制符號(Modifier)、 均點(BASIC)、基準(Datums)

2.1 M 的使用

2.2 S 的使用

2.3 均點 (BASIC) 的名稱意義

2.4 基準 (Datums) 的名稱意義

§ 2.1 M 的使用

M 是MMC的符號簡寫，其英文全名為 Maximum Material Condition 說明零件在某種尺寸上，含有最多材料的情況，諸如圖 2.1.1 所示，一個孔的MMC是指其下公差（可能允許的最小尺寸）而言，同理，在運用於圓棒的外徑時，如圖 2.1.2 所說明，是指其上公差（允許的最大外徑）而言。

§ 2.2 S 的使用（不管尺寸的大小）

S 是RFS的符號簡寫，其全名為Regardless of Feature Size. 其使用的意思是在使用特定符號如垂直差度（ $\perp$ ），平行差度（ $\parallel$ ）或是同心差度（ $\odot$ ）等，如果一旦規定其允許最高限後，不能因零件尺寸增大而增加。

S 的進一步使用，可於量具（Functional Gage）設計時顯示出來。

如圖 2.2.1 所示假如在工程上，B孔與A孔之間的中心距離對於零件的品質功效頗有影響時，如何控制使A孔與B孔之間的距離為750.00 mm，此即生產與品質管制人員的重要職務了。但是在一般的設計觀念上，當孔A在上公差（30.05 mm）時，孔B的中心位置應該可以不止0.03的公差限制，倘不使用任何限制符號或觀念來更正此一可能發生的不必要的寬限，則過大位置公差在整個工程設計或製造上有不可預估的損失。為配合量具的設計與精密度的要求，可使用RFS或者 S 以避免不應該有的誤差，更進一步的使用說明可於往後的章節裡慢慢體驗之。

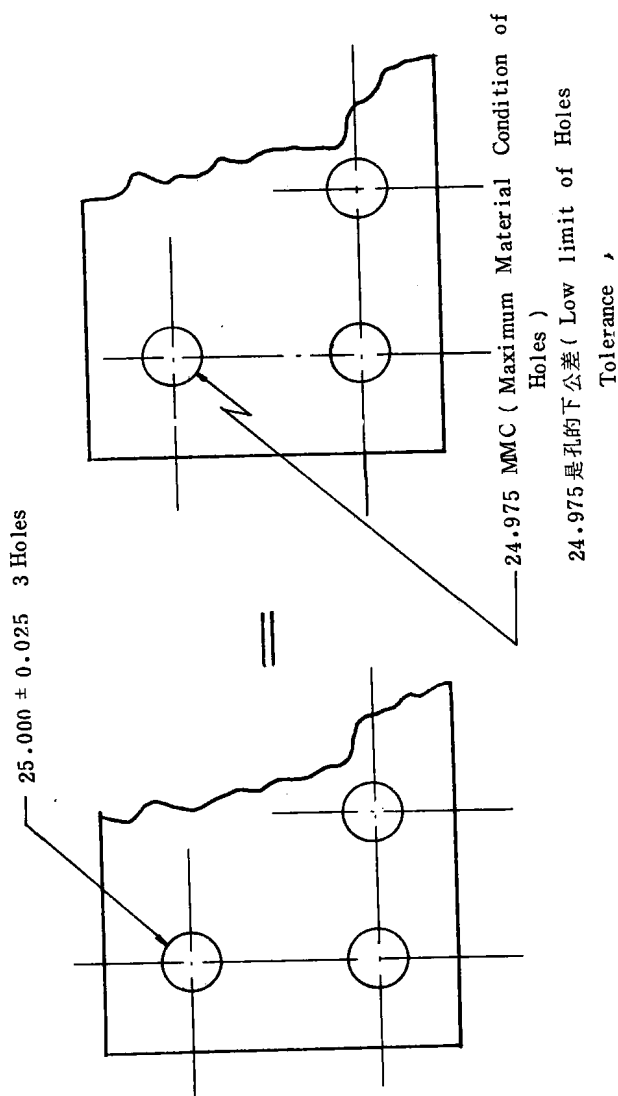


圖 2.1.1 MMC 在孔徑上的使用。

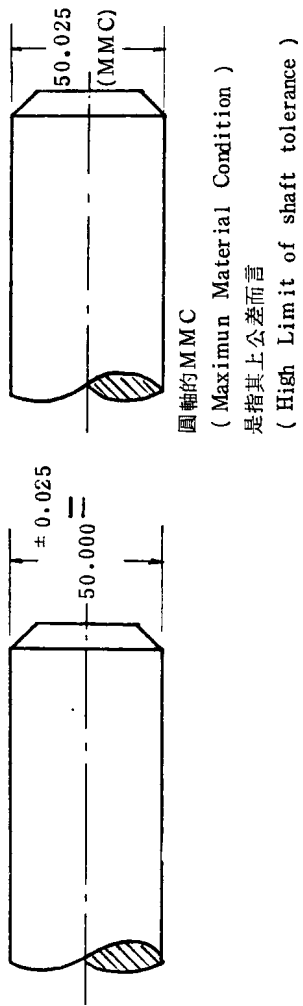


圖 2.1.1.2 MMC 在圓軸外徑上的使用

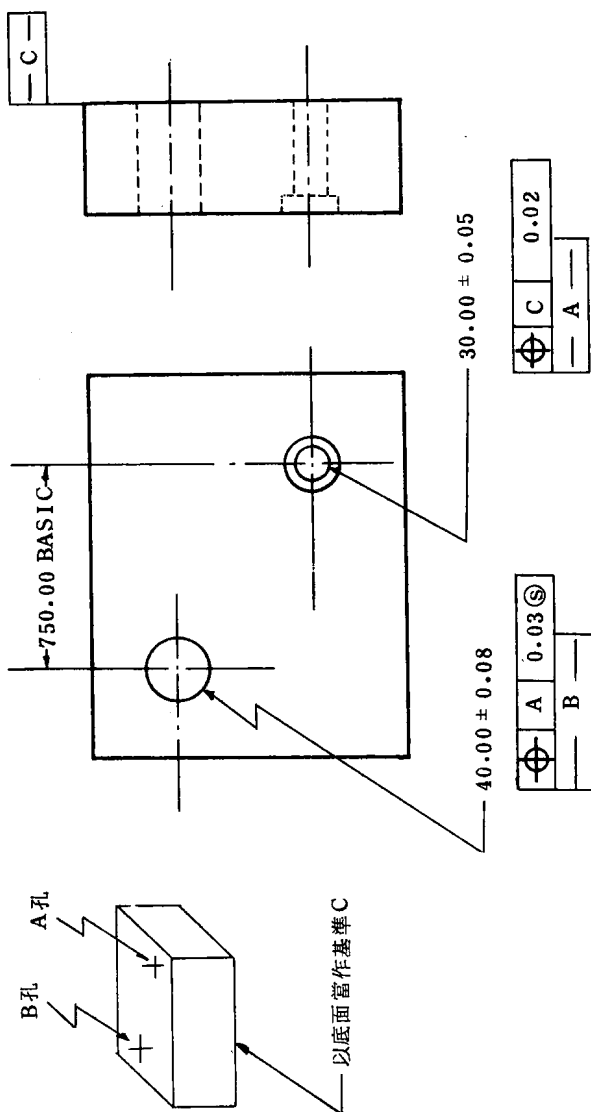


圖 2.2.1 ⑤ 的使用例子