

機械工業測量自動化

②刃雅二 監修

賴 耿 陽 譯 著



②復漢出版社印行

中華民國六十九年六月一日出版

機械工業測定自動化

原著者：沢 辺 雅 二

譯著者：賴 耿 陽

出版者：復 漢 出 版 社

地址：台南市德光街六五一號

郵政劃撥三一五九一號

發行人：沈 岳 林

印刷者：國 發 印 刷 廠

地址：台南市安平路五五六號

打字者：克林照相植字排版打字行

地址：台南市海安路和平街一二七巷二號

本社業經行政院新聞局核准登記局版台業字第〇四〇二號

版權所有
翻印必究

平裝 二〇元
精裝 五一〇元

熔接專門技術用書

- 1 熔接原理與裝置
- 2 熔接管理方法
- 3 中、厚鋼板軟鋼熔接技術
- 4 薄鋼板軟鋼熔接技術
- 5 形鋼、鋼管構造熔接技術
- 6 配管、導管熔接技術
- 7 低溫用鋼熔接技術
- 8 不銹鋼、耐熱鋼熔接技術
- 9 加焊硬面熔接技術
- 10 鑄鋼、鑄鐵熔接技術
- 11 鋁熔接技術
- 12 銅、銅合金、鈦、鈦合金熔接技術
- 13 異種金屬熔接技術
- 14 高張力鋼熔接技術

現代機械設計輯覽

熱處理技術用書

1. 熱處理的基礎 (I)
2. 熱處理的基礎 (II)
3. 鋼鐵表面熱處理
4. 特殊鋼的熱處理
5. 鑄物與非鐵金屬材料的熱處理
6. 工具的熱處理
7. 機械構件的熱處理 (I)
8. 機械構件的熱處理 (II)
9. 熱處理的試驗與設備
10. 金屬組織與缺陷

14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
鑄造工場設備	鑄造成品之整修	鑄物之試驗檢查	燃料、耐火物	特殊鑄造技術	特殊鑄鑄型	普通鑄鑄型	鑄造用模型	鑄物設計	非鐵合金鑄物	特殊鑄鐵鑄物	普通鑄鐵鑄物	鋼鑄物	鑄造技術的基礎

鑄造技術用書

序

機械工業爲了將生產流程合理化，自動化乃一必要手段。又因勞工缺乏、品質提高及安定化和減低成本等要求，更感到迫切要自動化。

將加工、裝配、檢查、包裝等過程一貫連續化、自動化的觀念已很普及，其關鍵不只是加工的自動化，測定或檢查的自動化也很重要。

本書第Ⅰ篇概論自動化的必要性、好處、種類等，第Ⅱ篇、第Ⅲ篇以市售的長度變換器爲主要對象，說明測定系統的動作原理，第Ⅳ篇到第Ⅵ篇以實例介紹利用這些測定系統使測定自動化，達成半自動化、全自動無人化。

自動化的基本事項已不容區分何處爲機械的領域，何處爲電系領域，乃融合機、電及若干技術的結晶，機械業者也要關心本行以外的新技術。

本書不只供機械工廠生產計劃技術者參考，也向測定、加工技術者及學生提供必要的資料。較難的課題也平易解說，筆者敢說坊間未見如此好書，希望讀者的收穫與筆者的執筆苦心成正比。

1980年2月

機械工業測定的自動化

目 次

I 自動測定的自動化

第1章 測定也自動化的時代 1

- | | |
|------------------------|---------------------|
| 1. 如何連接工作線與裝配線 1 | 2. 凸輪測定的自動化 2 |
| 3. 自動化的好處 5 | |

第2章 何種測定如何自動化 7

- | | |
|-------------------------|----------------------|
| 1. 如何加強測定自動化的好處 7 | 自動化? 7 |
| 2. 測定作業中，那些作業 7 | 3. 自動測定那些項目? 8 |
| 4. 自動測定的方法 9 | |

第3章 未來的自動測定 11

- | | |
|------------------------|-------------------|
| 1. 目前自動測定器的水準 11 | 2. 未來的形態 12 |
|------------------------|-------------------|

II 檢出器與其測定系統一類比形

第1章 利用類比測定器的自動測定 15

- | | |
|------------------------|------------------------|
| 1. 在自動測定的利用方法 15 | 2. 自動測定用類比測定器 16 |
|------------------------|------------------------|

第2章 機械式接點量規 17

1. 信號指示器·····	17	3. 性能與特色·····	21
2. 信號量規·····	19		
第3章 空氣測微計·····		22	
1. 背壓式空氣測微計的動作原理·····	22	測微計·····	26
2. 用爲自動測定器的空氣		3. 空氣測微計的規範·····	32
第4章 電測微計·····		34	
1. 差動變壓器形電測微計的動作原理·····	34	微計·····	36
2. 用爲自動測定器的電測		3. 電測微計的規範·····	41

III 檢出器與其測定系統—數位形

第1章 數位測定的機構·····		45	
1. 數位測定的原理·····	45	讀取·····	48
2. 數位尺度的種類·····	46	4. 計數器·····	52
3. 移動方向的判別與分割		5. 數位誤差·····	53
第2章 數位測定的好處·····		55	
1. 可直接測定長物的實際尺寸·····	55	3. 可簡單達成印字、記號、演算、數據處理·····	57
2. 數位式表示·····	55	4. 容易連接電腦·····	57
第3章 Moire條紋方式長度測定·····		58	
1. Moire 條紋的原理·····	58	3. Moire 條紋測定單元與其規範·····	63
2. Moire 條紋檢出法的光學系統·····	61		
第4章 Pulsen·····		66	

1. Pulsen 的動作原理	66	2. Pulsen 的性能	69
第 5 章 旋轉入碼器		72	
1. 增量形的動作原理	72	較	76
2. 絕對值形的動作原理	74	4. 旋轉入碼器的性能	76
3. 絕對值形與增量形的比			
第 6 章 TAMNUS		78	
1. TAMNUS 的動作原理	78	色	80
2. TAMNUS 的性能與特		3. TAMNUS 的規範與特	82
		色	
第 7 章 利用雷射的光波干涉方式長度測定法		85	
1. 利用光波干涉法測定長	85	3. 利用雷射的光波干涉式	
度		數位測定	89
2. 何謂雷射	86		
第 8 章 Inductosyn		91	
1. Inductosyn 的動作原	91	3. 利用 Inductosyn 的位	
理		置讀取系統	100
2. 利用 Inductosyn 的位		4. 使用法與精度	102
置控制系統	95		
第 9 章 Magnescale		105	
1. Magnescale 的動作原	105	路	107
理		3. Magnescale 的種類與	
2. Magnescale 的讀取回		性能	114

IV 往測定器的應用

第 1 章 往三次元測定器的應用	
一數位座標測定器	121

- | | |
|---------------------------|----------------------|
| 1. 以數位座標測定器測定者.....121 | 3. 數位座標測定器的作業...122 |
| 2. 數位座標測定器在構造上的分類.....121 | 4. 測定誤差124 |
| | 5. 數位座標測定器的好處 ...131 |
| | 6. 連絡電腦後的功能133 |

第2章 往工具顯微鏡的應用—數位工具顯微鏡 **136**

- | | |
|--------------------------|----------------------|
| 1. 工作台移動量讀取法的數位化.....136 | 2. 測定點檢出法的自動化 ...137 |
| | 3. 小形工具顯微鏡138 |

第3章 往測長器的應用..... **139**

- | | |
|-------------------------------|---------------------|
| 1. Moire 條紋式測長器形單元的應用.....139 | 2. 雷射干涉測長器140 |
|-------------------------------|---------------------|

第4章 旋轉形數位尺度的應用..... **144**

- | | |
|--------------------|--------------------------|
| 1. 旋轉量的檢出.....144 | 3. 絕對值形旋轉入碼器的應用145 |
| 2. 旋轉速度的檢出.....144 | |

V 往工作母機的應用

第1章 工作母機的位置控制..... **147**

- | | |
|-------------------------|----------------------|
| 1. 往數值控制工作母機的应用.....147 | 2. 往仿削裝置的應用149 |
| | 3. 適應控制149 |

第2章 工作母機的位置讀取與定位..... **152**

- | | |
|--------------------|-------------|
| 1. 使用數位尺度的好處...152 | 例 153 |
| 2. 往各種工作母機的使用 | |

第3章 機械控制量規..... **156**

- | | |
|----------------------------|----------------------|
| 1. 何謂機械控制量規.....156 | 3. 加工後量規(事後測定) |
| 2. 加工中量規(直接自動定寸裝置).....156 | 自動定寸裝置).....164 |
| | 4. 間接自動定寸裝置166 |

5. 加工中及加工後量規…167 7. 自動定寸的適應控制 …168
6. 數位預置式定寸裝置…167

VI 往檢查、選別、裝配的應用

第1章 自動検査機..... 171

- | | |
|--------------------|--------------------|
| 1. 大量生產的全數檢查 ……172 | 3. 需要多點測定者的檢查 |
| 2. 需要多工程的測定物檢 | 機……………173 |
| 查器 ……172 | 4. 連續測定使用例……………174 |

第2章 自動選別機..... 176

- | | |
|-------------------------------|----------------------------|
| 1. 工件的分類方法 ·····176 | 3. 用有接點的千分錶之自動選別機····· 184 |
| 2. 用空氣測微計、電測微計的自動選別機 ·····177 | |

第3章 自動選別裝配機.....188

1. 二零件的組合188 2. 3個零件的組合 189

I 自動測定的計劃

第 1 章 測定也自動化的時代

讀者不妨在工廠繞一周，感到人手不足時，不妨分析何一部門最缺人手？是工作線？裝配線？檢查部門？試製部門？

工作線正利用各種油壓、空氣壓、電系、嘗試自動化。裝配線不易自動化，進步緩慢，不過，已可用工業用機器人鎖緊螺絲、螺栓等，自動裝配單元也有泛用品市售，裝配線不久將可自動化。

1. 如何連接工作線與裝配線

檢查部門的工作在測定或檢查是否滿足規定的條件，排除不合格品，流傳製品的檢查很費人手，製品異形而無法簡單測定長度時，更費時間，只好以抽樣檢查搪塞責任。不過，假使工作線未自動化，1 工程所需時間長的話，相對於抽樣數比率尚高，還有些可靠性。

但是，工作線自動化，1 工程所需時間短的話，相對於流傳數的抽樣數比率降低，相對減少可靠性。

若欲維持抽樣數的比率，須配合工作線增高的效率，同時提高檢查效率，此即使測定自動化。

自動化未必會提高效率，但是，難測定物、異形物的設定、測定值的計算可因自動化而提高測定人員的效率，即使簡單的測定也可消除疲勞，讀取誤差等，結果也可提高效率，所以，自動化雖非提高效率的萬靈丹，却是極有力的手段。

工作線、裝配線自動化的話，可二十四小時運轉，檢查自不可只作業八小時。

既然工作線、裝配線自動化，中間半成品的檢查也宜自動化，裝於

線上，施行全數檢查。

工作線的自動早已實行，裝配線的自動化也已有設計圖，接著便是測定的自動化，否則，難望企業成長。

2 凸輪測定的自動化

圖 1.1 為汽車四缸引擎的凸輪軸，有 8 個卵形凸輪在 1 軸上保持一定的相互關係而成形。



圖 1.1 汽車引擎的凸輪軸

這是以磨床研磨，但須在機械設定時或途中，抽樣檢查其調整是否良好，測定項目如下：

(1) 測定項目

① 測定凸輪形狀 旋轉形凸輪的形狀為旋轉角與揚程的函數，在測定之前，先設定角度的原點，由於出發，每隔一定角距，讀取揚程（圖 1.2 的距離 $Oa, Ob, Oc \dots$ ），欲嚴密檢查時，須每隔 $1^\circ \sim 5^\circ$ 測定各揚程。

② 求凸輪的頂點 此種凸輪通常指定頂點（圖 1.3 的 P 點）或其對向點（圖中 Q 點），但每隔 1° 或 5° 的位置未必來到 P 點（或 Q 點），故須找出 P 點，為此，要測定 P 點附近的揚程，求最大點。

③ 測定 8 個凸輪 測定 1 個凸輪，將測定器移往相鄰的凸輪，再每隔一定角距測定揚程，查出頂點的位置。對 8 個凸輪反覆施行。

④ 求相對角 檢查凸輪軸時，凸輪間的相對角也是重要的檢查項目（圖 1.4），凸輪間的相對角是求 1 個個凸輪的頂點位置，求它們之間的角度差，此成相對角。

(2) 用手動測定器檢查時

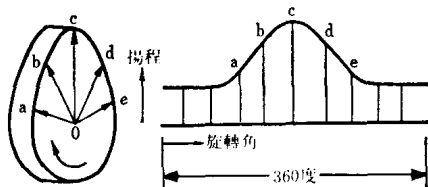


圖 1.2 旋轉角與揚程的關係

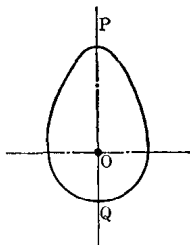


圖 1.3 凸輪的形狀

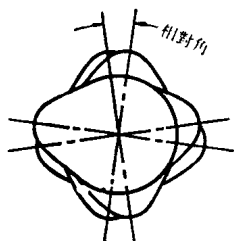


圖1.4 凸輪的相對角

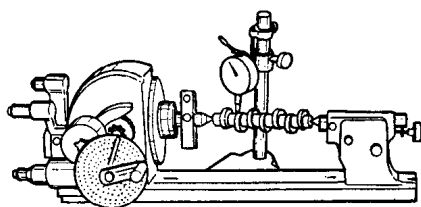


圖1.5 用分度頭和千分錶的測定法

以手工測定凸輪軸時，通常用分度頭和千分錶，圖1.5為其測定法的草圖。

1 支軸有576測定處 先以頂尖支持凸輪軸，以分度頭分割凸輪，讀取千分錶的指針，此項測定很費工時，例如每隔旋轉角 5° ，測定揚程，須測定 $360^\circ \div 5^\circ = 72$ 次，4缸引擎的凸輪軸有8個凸輪，故須測定 $72 \text{次} \times 8 \text{個} = 576 \text{次}$ 。

測定誤差 若要測定10支凸輪軸，測定處有5760處，比起只測定一處的簡單製品，宛如測定5760個，若只1個誤讀千分錶，已令人滿意，例如測定處5000時，錯誤率只 $1/5000 = 0.02\%$ ，正確性達99.98%。

但測定凸輪軸時，由於保持、分度、讀取、測定器的支持、姿勢、溫度變化等，測定誤差的原因很多，很難有99.98%的正確性。

實際上，即使只1處測定錯誤，1支凸輪軸也要作廢，即使有99.98%的正確性，也是10支有1支不合格，結果是誤差10%，實是很吃力的測定。

數據處理費事 即使由熟練的作業者慎重測定，也不是如此就可結束凸輪的檢查，將測定結果比較設計值，計算其偏差，亦即數據（測定結果）的處理。即使是簡單的減算，也要將5760次的測定值與設計值比較，須十分小心，才不會計算錯誤，也很費時間。

也須檢查凸輪軸的相對角，如前所述，凸輪間的相對角是求1個個凸輪的頂點位置，求它們之間的角度差，不過凸輪的頂點未必來到 5° 的分割點，故從凸輪附近2~4處的測定值計算求得。

配合不上機械加工 如此用手動測定器檢查凸輪時，約需三人一天的工作，此種測定、檢查方式根本無法配合機械加工，若配合不上，

即使加工機（此時為磨床）有必要調整，也無法及時糾正，品質管理、工程管理都不切實際，終致降低工廠全體的效率，也可能迫使加工停止。

特意將工作線自動化，檢查落後的話，完全失去意義，因而開發凸輪形狀半自動檢查機。

(3) 凸輪形狀半自動檢查機

凸輪半自動檢查機（照片 1.1）可使作業者只負責下列作業。

- ① 將打有凸輪設計值的紙帶設定於解讀器。
- ② 將凸輪軸安裝於兩頂心間（此凸輪形狀半自動檢查機為抽樣檢查用，可手動設定，未自動化）。
- ③ 按下起動按鈕

其後全由檢查機自動進行，其間所需時間為 1 小時半，本是 3 人 1 天的工作只需 1 人 1 小時半，效率提高約 20 倍。

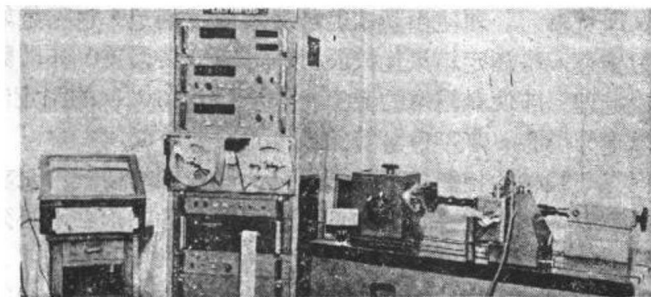
凸輪形狀半自動檢查機的機能如下述（圖 1.6）。

（A）測定單元

- ① 分度 使用moire 條紋式數位分度頭單元，最小單位為 $0.5'$ （ $30''$ ）。
- ② 揚程的測定 使用moire 條紋式測長器形單元，最小單位為 $1\ \mu\text{m}$ （此二單元個別旋轉，內藏測定子驅動用馬達，揚程測定器也裝驅動馬達，在機床上平行凸輪軸而移動。此三馬達的起動，停止是以順序控制回路控制成一定順序）。

（B）測定機能

- ① 檢出頂點 角度與揚程的值，依序表示於不同的計數器，並以對照其值的特殊回路，自動檢出凸輪頂點的位置。



照片1.1 凸輪形狀半自動檢查機

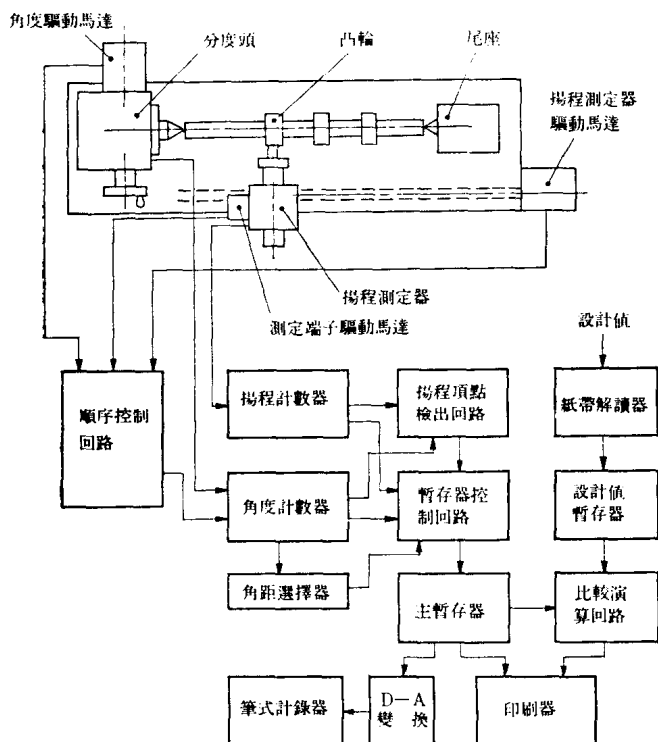


圖1.6 凸輪測定器的方塊圖

② 揚程的測定與印字 頂點的檢查終了後，依設定於角度計數器的角距（例如每隔 1° 或 5° ），依序將揚程值送入暫存器，自動印刷。

③ 偏差的演算與印字 暫存器比較記憶的設計值與測定值，演算其偏差，這也印出。

④ 偏差曲線的記憶 以數字、曲線記錄偏差，一目瞭然。以D-A變換器（將數字變為曲線者）將偏差變成偏差曲線，將之記錄於筆畫式記錄器。

自動檢查機將測定凸輪必要的所有作業自動化。

3. 自動化的好處

(1) 提高效率

自動化可大幅度提高測定效率，以此自動檢查機為例，每隔 5° 時

，1人1小時半即可檢查完畢，只需手動式的1／20。

(2) 提高測定精度

自動化的條件是「自動化後不可降低測定精度」，實際上，通常可增高精度，原因在自動測定器的性能優秀，無個人誤差，測定值非常安定。

(3) 測定技術不大成問題

凸輪的測定等屬於高級技術，但使用自動測定器後，即使不熟練，也可檢查，適合人手不足的現代社會。

(4) 非自動化，就無法進行的測定

高溫場所（爐內、爐旁）、多濕場所、毒氣（塗料、切削油、洗淨液等）場所，有放射能的場所等有時也以人勉強測定，但就勞動衛生而言，實須自動化（無人化），有放射能（輻射線）的地方事關人命，唯有自動化一途。

測定加工中的工件尺寸，依其尺寸發出控制機械的信號時，須相對於尺寸的變化，迅速應答（響應），無法靠人手，若不自動化，必達不到目標的精度。自動定位時的測定即其一例。

測定真圓度、筆直度、表面粗糙度時，物品與檢出器的相對運動若不自動化，事實上無法測定，因而須將其驅動自動化，特別是在真圓度測定器，測定器的旋轉中心與物品中心線若不一致，會影響測定值，此時要計算旋轉中心與物品中心的偏心量，從測定值排除而記錄，這可說是正格的演算測定。

× × ×

可見測定的自動化也邁向省力化、無人化，須廣用於生產系統中的測定、檢查，詳後述。