



# 逢甲大學學生報告 ePaper

報告題名：量測校正系統與成本競爭力

**Measurement and Calibration System and Competitive Capacity**

作者：呂炎燦

系級：經營管理學院 二年級

學號：M9312702

開課老師：張保隆 副校長,何豔宏 教授,佘溪水 教授

課程名稱：數量方法與決策模式

開課系所：經營管理學院

開課學年： 94 學年度 第 1 學期

## 摘要

人類從自給自足到以物易物而至自由貿易之演進過程中，產品之創新與品質之觀念逐漸深植人心，品質從概念變成了可量化之指標。儀器量規之應用，在人類之歷史上已有數千年之歷史，但自歐洲工業革命之後，人類對於力學，熱力學，尺寸，時間，電學，光學，輻射…等領域之量測精密度及準確度之要求不斷的提高。

量測技術與儀器校正管理技術息息相關，唯有找對正確的儀器，用對的方法去做量測，並且落實品保制度，善用統計品管技術才能使儀器校正與量測作業達成最佳化。本研究之目的主要將不同產業類別之企業對於量測校正系統合理化，並期望實施校正系統之企業能落實品質與技術面之要求，能降低人力及物力成本，使儀器校正系統能有效並落實，最終能提升品質降低品質成本，增加企業之商譽，讓企業之產品風險降至最低。

關鍵字：量測，校正，變異模型，允收水準，校正週期。

## ABSTRACT

Measurements are closely linked to everyone's daily life. Data involving transactions and commerce, security and rules, science and research, as well as service and quality, are related to the management of measurement and calibration. For this reason, this paper starts with quality cost and uses gauge resolution (R) and product tolerance (T) as parameters for application. By using the calculation in the measurement and calibration variance model ( $\sigma_{\text{Total}}^2 = \sigma_p^2 + \sigma_m^2$ ), we can accordingly choose suitable gauges, decide the gauge of acceptable level, set the calibration period, and reduce quality risk.

This paper concludes that  $2R/T$  can be a good choice for firms to deal with both quality and risk because  $R/T$  (Resolution-to-Tolerance) is a simpler and more effective management approach compared to others. It can reduce the uncertainty in the process of measurement, and through tracing calibration and correcting numbers, it can effectively reduce the variance to obtain correct and valid results.

## 目錄

摘要	P1
1. 前言	P3
2. 文獻與假設	P3
3 研究設計	P6
4. 研究結果	P8
5. 結論與建議	P11
6. 未來研究	P12
參考文獻	P13
附錄 1	P15
附錄 2	P16

## 1. 前言

儀器之計量與量測問題與每個人日常生活息息相關，凡是牽涉到交易與買賣，安全與法規要求，學術與科學研究，服務與品質要求無一不與量測校正管理相關。本研究依據品質成本為出發點，由儀器之解析度R(Resolution),與產品之製程公差T(Tolerance)兩參數為應用基準，配合量測校正變異方程式 $\sigma_{Total}^2 = \sigma_p^2 + \sigma_m^2$ 導出，選擇適用儀器，訂定儀器允收標準，決定校正週期，降低品質風險。

本研究結論提 2R/T 方法做為企業兼顧品質與成本考慮之另一種選擇。利用 R/T (Resolution-to-Tolerance；儀器解析度/製程公差) 兩參數可供一般產業在實行量測校正時，提供一個更簡便，有效率之管理方式，可減低對量測過程中不確定因素之產生，並透過追溯校正與數據補正將量測之變異有效之降低，量測結果能夠正確及有效。

### 1.1 研究問題

- 【1】 2Resolution/Tolerance 選擇適用儀器法則。
- 【2】 2Resolution/Tolerance 與訂定儀器允收水準(GL)法則。
- 【3】 2Resolution/Tolerance 與校正週期(N)延長與縮短法則。
- 【4】 2Resolution/Tolerance 與儀器校正校正判別法則(免校與要校)。

### 1.2 研究目的

本研究目的為使企業應用於量測校正作業時,以 T&R 兩參數運用 R/T ratio,提供簡易及安全的量測校正解決方案。包含選擇適用儀器、判別免校與要校、訂定儀器允收水準、決定校正週期、降低品質風險等，降低人力及財力，提昇品質與競爭力。

並透過本研究中量測校正變異模型(如圖二所示),能以簡易之表示方式,讓量測者能清楚得知量測過程中待測物(產品)與儀器(量測設備)所產生的誤差,以避開此變異來源的產生,使量測結果能正確及有效,並能減低產品誤判之機率,提升產品之良率及品質水準,並期望能提升整體之量測校正觀念。

## 2. 文獻與假設

### 2.1 文獻探討

- 【1】 Juran(1974) 提出製程精密度能力指標之概念 CP (Capability of Process of Precision)，以持續監控制程之品質使得產品符合規格，提供產品設計者改善產品與製程設計所需之資訊，並進一步降低失敗成本之依據。

$$Cp = T / 6\sigma_p = USL - LSL / 6\sigma_p \dots\dots\dots(1)$$

(本研究採用  $1.33 \leq Cp \leq 3.33$ )

T：製程規格公差

$\sigma_P$ ：製程變異幅度

【2】Liang(1988) 提出測量能力指標之概念 **Mcp**(Measurement of Capability of Process)，測量能力特性程度，值越大測量能力越佳，越小測量能力越差，由此指標能判別儀器之鑑別能力。

$$Mcp = T / 2U = T / 4\sigma_m = T / 4 uc \dots\dots\dots(2)$$

(本研究採用  $5 \geq Mcp \geq 2$ )

U:儀器的擴充不確定度( $2\sigma$ ,信心水準 95.45%)

$U = k uc$  (一般而言  $k$  約等於 2)

T：製程規格公差

【3】Montgomery and Runger(1993)認為量測應扮演一個幫助品質改善的關鍵角色，而量測重複性與再現性的分析是為了解量測過程中變異來源，並量化其變異。

$$\sigma_{gauge}^2 = \sigma_{Repeatability}^2 + \sigma_{Reproducibility}^2 \dots\dots\dots(3)$$

$\sigma_{gauge}$ ：量測總變異

$\sigma_{Repeatability}$ ：重複性變異

$\sigma_{Reproducibility}$ ：再現性變異

【4】MSA(Measurement System Analysis)手冊中 GR&R 之判定準則為 P/T (Precision-to-Tolerance) 值，此值常用於評估量測儀具是否能精確量測產品之品質特性。

$$P/T - T = 5.15 \sigma_{gauge} / Tolerance \dots\dots\dots(4)$$

【5】Tsai(1988) (本研究採用  $0.1 \geq P/T - T \geq 0.3$ )

$$P/T - M = 6 \sigma_{gauge} / Tolerance \dots\dots\dots(5)$$

【6】Montgomery and Runger(1993) (本研究採用  $0.1 \geq P/T - M \geq 0.3$ )

P/T 值介於10%~30%，表示量測系統精確度接受與否須視公司而定。

【7】ISO GUM (1995)量測不確定度表示法的指引(Guide to Expression of Uncertainty in Measurement)，說明量測不確定度表示方式指引把不確定度重新定義為標準偏差的等同物，並建議根據其評估方法的不同，把不確定度分為 A 類評估方法(type A evaluation of uncertainty)與 B 類評估方法(type B evaluation of uncertainty)兩類。

$$uc^2 = uA^2 + uB^2 \dots\dots\dots(6)$$

有效自由度  $V_{eff}$

擴充係數 ( $k$ )

當信賴水準為 95%時，取  $k$  值大約為 2

當信賴水準為 99.7%時，則取  $k$  值大約為 3

擴充不確定度 ( $U$ )

$$U = k \cdot uc(y) \dots\dots\dots(7)$$

2.2 研究假設

【1】  $\sigma_{Total}^2 = \sigma_P^2 + \sigma_m^2$        $\sigma_{Total} = \sqrt{\sigma_P^2 + \sigma_m^2}$

令  $\sigma_P^2$  不得  $> T/4$ ，且  $\sigma_m^2$  不得  $> T/4$

令  $T=4, \sigma_P=1, \text{且} \sigma_m=1$ ，得  $\sigma_{Total}=1.414$

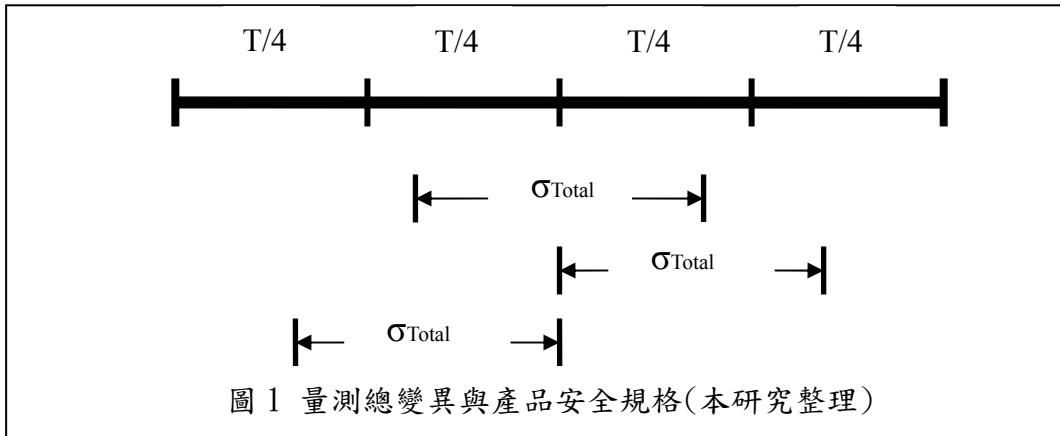
上式可確保當製程變異與量測變異之總和不會超過製程公差之1/2，如此可確保本量測校正模式具有有效之鑑別能力，並且不會造成將良品判斷成不良品或不良品判斷成良品。依此方法可降低製程浪費，有效率地實施品管與檢測減少人力損耗。

圖 1 以  $\sigma_{Total}$  做為量測變異之變異管理因子時， $\sigma_{Total}/T=35.36\%$ 。可同時對產品變異  $\sigma_P$  與校正變異  $\sigma_m$  作有效之精確度管控。

準此，推論假設 1

H1:  $\sigma_{Total}$  不得  $\geq T/2$        $\sigma_{Total}/T \leq 35.36\%$

$\sigma_P$  不得  $> T/4$        $\sigma_m$  不得  $> T/4$



【2】 R/T (Resolution-to-Tolerance) : 儀器解析度/製程公差

$R/T = 2R/T \dots \dots \dots (8)$

或  $T/R = T/2R \dots \dots \dots (9)$

此值用於評估如何以確保準確度並降低儀器購買成本之準則。通常企業在執行 ISO 9001 量測儀器校正系統時，如何選擇適用儀器，取  $R=T/8 \sim T/20$  之間。

當 R/T 值  $\leq 10\%$ ；表示量測系統之精確度可被接受。

R/T 值介於  $10\% \sim 25\%$ ，表示量測系統精確度接受與否須視品質而定。

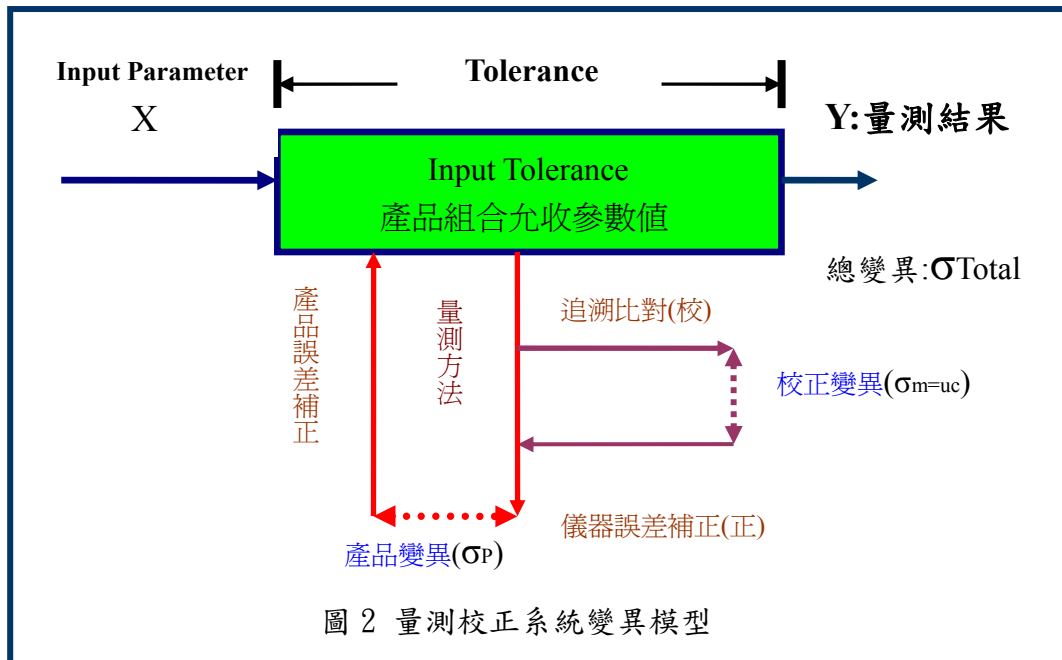
R/T 值  $> 25\%$ ；表示量測系統之精確度不能被接受。

準此，推論假設 2

H2:  $R/T = 2R/T$  為選擇或採購儀器最適合之方法。

$2R/T = 0.1 \sim 0.25$  倍 或  $T/2R = 4 \sim 10$  倍

### 3 研究設計



本研究建構量測與校正系統變異模型，將量測程序如圖 2 所示：(1)由受測產品組合參數之輸入；(2)製程公差之設定；(3)追溯比對儀器產生校正報告；(4)修正儀器誤差並補正數據；(5)量測產品；(6)產品誤差補正；(7)量測結果產出。

儀器量測產品時同時產生產品的製程變異與量測儀器之校正變異，透過對變異數來源之了解，有助於從量測找出正確的量測儀器及方法，並能減低誤差，使量測之結果更精確與產品之不良率減低，以提高製程之效率及品質的競爭力。

#### 3.1 研究定義

- 【1】校正：在特定條件下，為確立量測儀器或量測系統的器示值或實物量具、參考物質所代表的值與對應的由計量標準所實現的量值之間關係的一組操作。  
 校(追溯比對)：經標準件之追溯，標準件與待校儀器比對得出之校正報告。  
 正(誤差補正)：校正報告誤差值產生時，可於量測時將量測值與標準值之差距，依校正報告所示，將量測值修正為標準值，使儀器之器示值接近真值。

【2】量測總變異方程式： $\sigma_{Total}^2 = \sigma_p^2 + \sigma_m^2$

$\sigma_{Total}$ ：量測產品之總變異

$\sigma$ ：產品變異

$\sigma_m$ ：校正變異

本研究建構量測與校正系統變異模型，將量測流程如圖 2 所示。

- (1)量測產品之總誤差=產品(量測時)誤差+校正(量測儀器系統)誤差。
  - (2)造成產品誤差之來源：產品特性、環境、產品量測方法等。
  - (3)造成校正誤差之來源：量測儀器特性、環境、人為、追溯、校正方法等。
- $\sigma_m$  校正系統變異= 組合量測不確定度  $u(c)$  (ISO GUM,1995)。

【3】產品組合參數，明確訂定產品組合中有關企業之產品服務項目。

Kolter & Armstrong(1997)認為產品包含三個層次：

- (1)核心產品：企業提供產品是為解決顧客的某項需求。
- (2)有形產品：品質水準、功能特色、研發設計、品牌、包裝與標示。
- (3)附加產品：售後服務、品質保證、運送過程、安裝。

本研究將產品組合定義為：品質水準、功能特色、研發設計、品牌、包裝與標示、售後服務、品質保證、運送過程、安裝；加上材料材質、尺寸規格、維修、樣式等。

【4】產品組合允收參數值”T”輸入：將個別的允收參數加入。例如某食品”運送過程”必需控制於  $17^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ ，則  $17^{\circ}\text{C}$  為控制溫度之目標值，製程公差 T 為  $6^{\circ}\text{C}$ 。

【5】量測結果： $Y = y \pm U$

Y：量測結果

y：量測產品的平均值

U：產品的量測不確定度值

### 3.2 實驗設計

【1】數據模擬：假設製程公差T設定為  $68-72^{\circ}\text{C}$ ， $T=4^{\circ}\text{C}$  (詳細參考附錄1)。

(1) $R = n\sigma_p = n\sigma_m$ 時 ( $\sigma_p, \sigma_m$ 不作誤差補正時)

一般使用者對於誤差補正之方式較不熟悉，或此方式較花費時間，本模擬考慮當使用者未施予誤差補正之狀態。

(2)依序假設  $R = 2\sigma_p \sim 5\sigma_p$ ,  $R = 2\sigma_m \sim 5\sigma_m$

(3)當  $R = 6\sigma_p = 6\sigma_m$ 時， $\sigma_{\text{Total}} / T > 35.36\%$ ，超出本研究管制範圍。

【2】數據模擬：假設製程公差T設定為  $68-72^{\circ}\text{C}$ ， $T=4^{\circ}\text{C}$  (詳細參考附錄2)。

(1) $R = \sigma_p = n\sigma_m$ 時 ( $\sigma_p$ 產品誤差經補正,  $\sigma_m$ 不作誤差補正時)

本模擬考慮當使用者只施  $\sigma_p$  誤差補正，但  $\sigma_m$  不作誤差補正之狀態。

(2)依序假設  $R = \sigma_p$ ,  $R = 2\sigma_m \sim 6\sigma_m$

(3)當  $R = \sigma_p = 7\sigma_m$ 時， $\sigma_{\text{Total}} / T > 35.36\%$ ，超出本研究管制範圍。

【3】數據模擬：假設製程公差T設定為  $65-75^{\circ}\text{C}$ ， $T=10^{\circ}\text{C}$  (如表1 所示)。

(1) $R = n\sigma_p = n\sigma_m$ 時 ( $\sigma_p$ 與 $\sigma_m$ ,誤差均經補正)

(2)取得儀器校正報告後，作器差修正後，其校正變異 $n\sigma_m$ 將因器差修正後降至 $1\sim 2\sigma_m$ ，其校正變異 $n\sigma_p$ 也將因器差修正後降至 $1\sim 2\sigma_p$ 。

### 3.3 假設驗證

【1】H1： $\sigma_{\text{Total}} \leq T/2$ ,  $\sigma_{\text{Total}}/T \leq 35.36\%$

$\sigma_p$  不得  $> T/4$ ， $\sigma_m$  不得  $> T/4$

驗證1：令  $\sigma_p = T/4$ , 且  $\sigma_m = T/4$ ，得  $\sigma_{\text{Total}} = T/\sqrt{8}$



$$\sigma_{Total}/T = T/\sqrt{8}/T = 0.3536 = 35.36\%$$

則無論 T 為何，只要  $\sigma_p$  不  $>T/4$ ， $\sigma_m$  不  $>T/4$

$$\sigma_{Total} = T/\sqrt{8} < T/2$$

經實驗結果假設1成立。(如表1所示)

【2】H2:  $R/T = 2R/T$  為選擇或採購儀器最適合之方法。

$$2R/T = 0.1 \sim 0.25 \text{ 倍, 或 } T/2R = 4 \sim 10 \text{ 倍}$$

驗證2:  $R=T/8 \sim T/20$  代入  $2R/T=0.25 \sim 0.1$  倍

$$R=T/8 \sim T/20 \text{ 代入 } T/2R=4 \sim 10 \text{ 倍}$$

經實驗結果假設 2 成立。(如表 2 所示)

## 4. 研究結果

本研究設計及假設，經由 Resolution，Tolerance 兩個已知常數，配合文獻有關 CP，Mcp，P/T-M，P/T-T 數據之推導及比較模擬，所有的定義都得到量化。並以簡易的方式得知(1)選擇適用儀器法則；(2)訂定儀器允收標準；(3)校正週期延長與縮短法則；(4)降低品質風險。

### 4.1 R/T 選擇適用儀器法則

【1】容易使用

實驗設計中，以數據模擬方式(如表1)，當  $T=4$  時，T 的度量衡單位為  $^{\circ}\text{C}$ ， $R/T=0.1 \sim 0.25(T/8 \sim T/20)$ ，即可以最簡便之方式可找出適合 Resolution。

【2】滿足度量衡單位為任意值

依(表1)中，不論度量衡之單位為何(mm,kg,mA,...)。R/T方式均可滿足各種度量衡測單位及製程公差T之使用需求。

【3】滿足T為任意值

依(表1)中，不論代入  $T=n(1,2,3,4,5 \dots n)$  時， $2R/T=0.1 \sim 0.25$  倍之方式可滿足  $T=n$  之任意條件。

表1 T為任意值比較表

T= 4						T= 10					
$\sigma_p$	$\sigma_m$	$\sigma_{Total}$	R	2R/T	$\sigma_{Total}/T$	$\sigma_p$	$\sigma_m$	$\sigma_{Total}$	R	2R/T	$\sigma_{Total}/T$
0.20	0.20	0.28	0.20	0.10	7.07%	0.50	0.50	0.71	0.50	0.10	7.07%
0.22	0.22	0.31	0.22	0.11	7.86%	0.56	0.56	0.79	0.56	0.11	7.86%
0.25	0.25	0.35	0.25	0.13	8.84%	0.63	0.63	0.88	0.63	0.125	8.84%
0.29	0.29	0.40	0.29	0.14	10.10%	0.71	0.71	1.01	0.71	0.14	10.10%
0.33	0.33	0.47	0.33	0.17	11.79%	0.83	0.83	1.18	0.83	0.17	11.79%
0.40	0.40	0.57	0.40	0.20	14.14%	1.00	1.00	1.41	1.00	0.20	14.14%

0.50	0.50	0.71	0.50	0.25	17.68%	1.25	1.25	1.77	1.25	0.25	17.68%
1.00	1.00	1.41	1.00	0.50	35.36%	2.50	2.50	3.54	2.50	0.50	35.36%

**【4】R-T與本研究相關結論**

本研究由R,T兩參數，不需要複雜的使用統計原理即可依本研究結論，進行選用適用儀器與校正系統之管理。並可依此方式推導出儀器允收水準GL之訂定原則，進而推導出校正週期N之訂定原則，經由器差補正方法之使用及控管，達成降低品質風險之目的。

**表2 R-T與本研究相關結論**

R(°C)	2R/T	T/2R	允收水準	GK=T/4R	校正週期	風險	器差補正
T/500	0.004	250	T/4	125	免校	極低風險	NO
T/400	0.005	200	T/4	100	免校	極低風險	NO
T/300	0.01	150	T/4	75	>N	低風險	NO
T/20	0.10	10.00	T/4	5.00	>N	低風險	NO
T/19	0.11	9.50	T/4	4.75	N	正常	YES
T/14	0.14	7.00	T/4	3.50	N	正常	YES
T/13	0.15	6.50	T/4	3.25	<N	小心	YES
T/8	0.25	4.00	T/4	2.00	<N	小心	YES
T/7	0.29	3.50	T/4	1.75	<N	極度小心	YES
T/6	0.33	3.00	T/4	1.50	<N	極度小心	YES
T/5	0.40	2.50	T/4	1.25	不適用	不適用	不適用
T/4	0.50	2.00	T/4	1.00	不適用	不適用	不適用
T/1	2	0.50	T/4	0.25	不適用	不適用	不適用

**4.2 訂定儀器允收標準**

GL 儀器允收水準 (Gauge of Acceptable Level)法則。

由本研究假設 H1： $\sigma_m$  不得  $\geq T/4$ ；(如圖 1 所示)

由此可推導出：儀器允收水準  $GL = T/4$

當  $\sigma_m = GL = T/4$  時，為  $\sigma_{Total} / T = 35.36\%$ 之規格安全上限。

**4.3 校正週期延長與縮短法則。**

**【1】** 校正週期一般以年為單位，也可以季、或月為單位，目的為預防儀器因時間或人為因素造成之變異而產生風險；由於校正週期之制定方式可依據：(1)NCSL (National Conference of Standard Laboratories)方式；(2)依據 ISO 10012-1 方式之訂定方式；(3)參考儀器商建議；(4)本研究以 2R/T 方式，導出之 GK 允收係數(Gauge of Acceptable Constant)為校正週期訂原則。則儀器允收係數  $GK = T/4R = GL/R$  (如圖 3 所示)，允收係數通常為允收水準與儀器解析度的比值，由(表 2 結果)推導如下：

$$GK \geq 100 \quad \text{免校}$$

## 量測校正系統與成本競爭力

$100 > GK \geq 5$	校正週期 N，校正週期可延長。
$5 > GK \geq 3.5$	校正週期為 N。
$3.5 > GK \geq 2$	校正週期 N 應縮短，需器差補正。
$2 > GK \geq 1.5$	校正週期 N 應縮短，需器差補正。
$GK < 1.5$	禁止使用。

- 【2】本研究為當  $GK=5$  時 最佳之 R/T。  
當  $GK=3.5\sim 4.75$  時 適用之 R/T。  
當  $GK=2.00\sim 3.25$  時 小心使用之 R/T。  
當  $GK=1.5\sim 1.75$  時 本研究認為可用，但風險極高，建議不用。  
當  $GK < 1.5$  1.5 時 禁止使用。

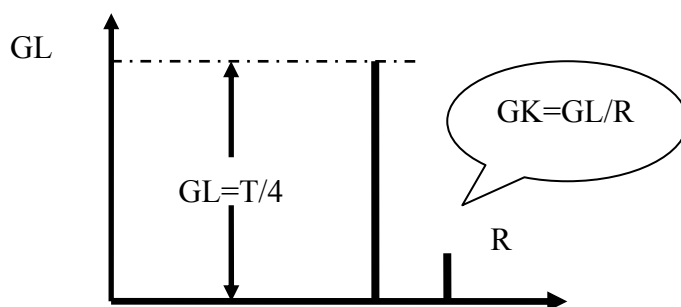


圖 3  $GK = GL/R$

### 4.4 R/T 與儀器校正校別法則(免校與要校)

當 T 太大，R 太小， $GK=100$  時  $\sigma_{Total}/T < 2\%$ ，則不需要校正。

參考(附錄 1)當  $(R = 5\sigma_P = 5\sigma_m)$   $GK=100$ ， $\sigma_{Total}/T = 1.77\%$  不需要校正。

參考(附錄 2)當  $(R = \sigma_P = 7\sigma_m)$   $GK=100$ ， $\sigma_{Total}/T = 1.77\%$  不需要校正。

當  $\sigma_{Total}/T = 1.77\%$  時  $\sigma_P$  與  $\sigma_m$  均很小 ( $T=400\sigma_P=400\sigma_m$ )。

### 4.5 研究實現

假設有一製程要求為  $20 \pm 0.02\text{mm}$ ，設計一量測校正系統？

- 【1】選用  $R/T=0.1, GL=0.015, GK=5$ ，校正週期可延長 (如表 3 所示)。  
【2】選用  $R/T=0.14, GL=0.015, GK=3.5$ ，校正週期正常，但需器差補正。  
【3】選用  $R/T=0.25, GL=0.015, GK=2$ ，校正週期應縮短，但需器差補正。

表 3 20±0.02mm 量測校正系統

T	R	2R/T	T/2R	GL=T/4	GK=GL/R	校正週期	風險	器差補正
0.06	0.0015	0.05	20.00	0.015	10	>N	低風險	NO
0.06	0.0030	0.10	10.00	0.015	5	>N	低風險	NO
0.06	0.0033	0.11	9.00	0.015	4.5	N	正常	YES
0.06	0.0038	0.13	8.00	0.015	4	N	正常	YES
0.06	0.0043	0.14	7.00	0.015	3.5	N	正常	YES
0.06	0.0050	0.17	6.00	0.015	3	<N	小心	YES
0.06	0.0060	0.20	5.00	0.015	2.5	<N	小心	YES
0.06	0.0075	0.25	4.00	0.015	2	<N	小心	YES
0.06	0.0100	0.33	3.00	0.015	1.5	<N	極度小心	YES

## 5. 結論與建議

### 5.1 降低儀器購買成本(依附錄一，若取 $R=5\sigma_p=5\sigma_m$ 時)

【1】R/T(高標 0.1) 之  $R=0.2^\circ\text{C}$

【2】Mcp(高標 5)之  $R=0.04^\circ\text{C}$

【3】R/T-M(高標 0.13)之  $R=0.02^\circ\text{C}$

由以上比較式可知 R/T 之購買成本最低。

### 5.2 降低品質風險

依(附錄 1)，取 R/T 為高標之狀態(0.1);( $T/2R=10$ )，其品質風險均低於本研究  $\sigma_{\text{Total}} \leq T/2, \sigma_{\text{Total}}/T \leq 35.36\%$ ，可有效地控制風險。

實務操作時運用量測總變異方程式： $\sigma_{\text{Total}}^2 = \sigma_p^2 + \sigma_m^2$  只要  $\sigma_{\text{Total}}/T \leq 35.36\%$ ，可依此做為量測時監控量測誤差之管制基準，可簡化量測時繁複之統計運算，有效地控制風險。

【1】 $R=1\sigma_p=1\sigma_m$  時 R/T(高標 0.1) 之  $\sigma_{\text{Total}} / T=7.07\%$

【2】 $R=2\sigma_p=2\sigma_m$  時 R/T(高標 0.1) 之  $\sigma_{\text{Total}} / T=14.14\%$

【3】 $R=3\sigma_p=3\sigma_m$  時 R/T(高標 0.1) 之  $\sigma_{\text{Total}} / T=21.21\%$

【4】 $R=4\sigma_p=4\sigma_m$  時 R/T(高標 0.1) 之  $\sigma_{\text{Total}} / T=28.28\%$

【5】 $R=5\sigma_p=5\sigma_m$  時 R/T(高標 0.1) 之  $\sigma_{\text{Total}} / T=35.36\%$

由以上比較式可知 R/T 之品質風險均低於本研究  $\sigma_{\text{Total}} \leq T/2$

$\sigma_{\text{Total}}/T \leq 35.36\%$ ，若經器差補正後， $\sigma_p$  與  $\sigma_m$  可明顯降低。

### 5.3 降低人力成本

- 【1】R/T 方式只要掌握 R&T 兩已知參數，即可選用適用儀器，儀器允收水準 GL 之訂定原則，進而推導出 GK 及校正週期 N 之訂定原則。R/T 方法為一套具風險控管之量測校正系統，可降低企業管理成本。
- 【2】R/T 方法為一套簡易使用之量測校正系統，可簡化量測過程中因為不確定性之關係，過度的量測(蒐集量測數據)與大量的使用統計技術與軟體，造成人員工時之負擔。

### 5.4 研究建議

- 【1】凡是從事量測作業，則必須作好校正，本研究之”校正”不僅須將儀器追溯，且校正後之數據仍需作器差補正。
- 【2】凡是從事量測作業，則必須作好校正，除非 T 太大或 R 太小 ( $R=T/400, GK=100$ )，否則量測必須伴隨校正。
- 【3】生產高精密度之廠商可選用  $GK>5$  以上解析度的儀器設備。

## 6. 未來研究

GR&R 中評估量測誤差之方法中  $\sigma_{\text{Reproducibility}}$  方法與本研究方法  $\sigma_m$  不同，主要為評估不同量測者間的人為誤差；但  $\sigma_{\text{gauge}}$  與 Uncertainty 同為量測方法變異，有關相異之處，可供未來研究之方向。

校正週期 N，如何產出可依照 NCSL 或 ISO 10012-1 所建議之方式產生，本研究僅提出一套延長或縮短校正週期之建議，有關校正週期之訂定標準，未來能更明確的將校正週期予以標準化。

參考文獻

1. Albers, W., Kallenberg, W. C. M. and Otten, G. D. (1994). Accurate test limits with estimated parameters. *Technometrics*,
2. AIAG (2002). *Measurement Systems Analysis Reference Manual*, 3<sup>rd</sup> edition. AIAG, Southfield, Michigan.
3. Burdick, R. K., Borror, C. M. and Montgomery, D. C. (2003). A review of methods for measurement systems capability analysis. *Journal of Quality Technology*
4. Eagle, A. R. (1954). A method for handling errors in testing and measuring. *Industrial Quality Control*, 10(3), 10-15.
5. Easterling, R. C., Johnson, M. E., Bement, T. R. and Nachtsheim, C. J. (1991). Statistical tolerancing based on consumer's risk considerations. *Journal of Quality Technology*, 23(1), 1-11.
6. Engel, J. and De Vries, B. (1997). Evaluating a well-known criterion for measurement precision. *Journal of Quality Technology*
7. Fuller, W. A. (1987). *Measurement Error Models*. Wiley, New York.
8. ISO/IEC 17025 (1999). *General Requirements for the Technical Competence of Testing Laboratories*. International Organization for Standardization (ISO).
9. Juran, J. M. and Gryna, F. M. (1980). *Quality Planning and Analysis*, 2<sup>nd</sup> edition. McGraw-Hill, New York.
10. Youn-Min Chou<sup>1</sup> and Kang-Shin Chen<sup>2</sup>, *Quality Technology & Quantitative Management*, 2005 Determination of Optimal Measurement Guardband
11. Tsai, P. (1988) Variable Gauge Repeatability and Reproducibility Study Using The Analysis of Variance Method, *Quality engineering*.
12. Montgomery, D. C. and Runger, G. C. *Gauge Capability Analysis and Designed Experiments Part 1: Basic Methods*, *Quality Engineering* (1993)
- 13 梁春裕, 質量管理中檢測能力的評價與管理, 質量管理, 第一期(1988)
14. ISO, 1999, "General requirements for the competence of testing and calibration laboratories," *ISO/IEC Standard 17025*, Geneva.

附錄 1

假設 $T=4$  ( $\sigma_p, \sigma_m$ 不作誤差補正)

$C_p = T / 6\sigma_p$  (本研究採用  $1.33 \leq C_p \leq 3.33$ )

$M_{cp} = T / 2U = T / 4uc$  (本研究採用  $5 \geq M_{cp} \geq 2$ )

$P/T-T = 5.15\sigma_{gauge} / Tolerance$  (採用  $0.1 \sim 0.3$ )

$P/T-M = 6\sigma_{gauge} / Tolerance$  (採用  $0.1 \sim 0.3$ )

$2R/T$  (本研究採用  $0.1 \leq R/T \leq 0.25$ )

$T/2R$  (本研究採用  $4 \leq T/R \leq 10$ )

$GK$  (本研究採用  $2 \leq GK \leq 5$ )

$\sigma_p$	$\sigma_m$	$\sigma_{Total}$	$2\sigma_m$	R	$2R/T$	$T/2R$	GK	$M_{cp}$	CP	P/T-M	P/T-T	$\sigma_{Total}/T$
0.07	0.07	0.10	0.14	0.07	0.04	28.57	14.29	14.29	9.52	0.11	0.09	2.47%
0.20	0.20	0.28	0.40	0.20	0.10	10.00	5.00	5.00	3.33	0.30	0.26	7.07%
0.22	0.22	0.31	0.44	0.22	0.11	9.00	4.50	4.50	3.00	0.33	0.29	7.86%
0.50	0.50	0.71	1.00	0.50	0.25	4.00	2.00	2.00	1.33	0.75	0.64	17.68%
1.00	1.00	1.41	2.00	1.00	0.50	2.00	1.00	1.00	0.67	1.50	1.29	35.36%
$2\sigma_p$	$\sigma_m=2R$	$\sigma_{Total}$	$2\sigma_m$	R	$2R/T$	$T/2R$	GK	$M_{cp}$	CP	P/T-M	P/T-T	$\sigma_{Total}/T$
0.08	0.08	0.11	0.16	0.04	0.02	50.00	25.00	12.50	8.33	0.12	0.10	2.83%
0.20	0.20	0.28	0.40	0.10	0.05	20.00	10.00	5.00	3.33	0.30	0.26	7.07%
0.30	0.30	0.42	0.60	0.15	0.08	13.33	6.67	3.33	2.22	0.45	0.39	10.61%
0.40	0.40	0.57	0.80	0.20	0.10	10.00	5.00	2.50	1.67	0.60	0.52	14.14%
0.50	0.50	0.71	1.00	0.25	0.13	8.00	4.00	2.00	1.33	0.75	0.64	17.68%
1.00	1.00	1.41	2.00	0.50	0.25	4.00	2.00	1.00	0.67	1.50	1.29	35.36%
$\sigma_p=3R$	$\sigma_m=3R$	$\sigma_{Total}$	$2\sigma_m$	R	$2R/T$	$T/2R$	GK	$M_{cp}$	CP	P/T-M	P/T-T	$\sigma_{Total}/T$
0.09	0.09	0.13	0.18	0.03	0.02	66.67	33.33	11.11	7.41	0.14	0.12	3.18%
0.21	0.21	0.30	0.42	0.07	0.04	28.57	14.29	4.76	3.17	0.32	0.27	7.42%
0.60	0.60	0.85	1.20	0.20	0.10	10.00	5.00	1.67	1.11	0.90	0.77	21.21%
1.00	1.00	1.41	2.00	0.33	0.17	6.00	3.00	3.00	0.67	1.50	1.29	35.36%
$\sigma_p=4R$	$\sigma_m=4R$	$\sigma_{Total}$	$2\sigma_m$	R	$2R/T$	$T/2R$	GK	$M_{cp}$	CP	P/T-M	P/T-T	$\sigma_{Total}/T$
0.08	0.08	0.11	0.16	0.02	0.01	100.00	50.00	12.50	8.33	0.12	0.10	2.83%
0.20	0.20	0.28	0.40	0.05	0.03	40.00	20.00	5.00	3.33	0.30	0.26	7.07%
0.40	0.40	0.57	0.80	0.10	0.05	20.00	10.00	2.50	1.67	0.60	0.52	14.14%
0.60	0.60	0.85	1.20	0.15	0.08	13.33	6.67	1.67	1.11	0.90	0.77	21.21%
0.80	0.80	1.13	1.60	0.20	0.10	10.00	5.00	1.25	0.83	1.20	1.03	28.28%
1.00	1.00	1.41	2.00	0.25	0.13	8.00	4.00	1.00	0.67	1.50	1.29	35.36%
$\sigma_p=5R$	$\sigma_m=5R$	$\sigma_{Total}$	$2\sigma_m$	R	$2R/T$	$T/2R$	GK	$M_{cp}$	CP	P/T-M	P/T-T	$\sigma_{Total}/T$
0.10	0.10	0.14	0.20	0.02	0.01	100.00	50.00	10.00	6.67	0.15	0.13	3.54%
0.20	0.20	0.28	0.40	0.04	0.02	50.00	25.00	5.00	3.33	0.30	0.26	7.07%

量測校正系統與成本競爭力

0.50	0.50	0.71	1.00	0.10	0.05	20.00	10.00	2.00	1.33	0.75	0.64	17.68%
0.75	0.75	1.06	1.50	0.15	0.08	13.33	6.67	1.33	0.89	1.13	0.97	26.52%
1.00	1.00	1.41	2.00	0.20	0.10	10.00	5.00	1.00	0.67	1.50	1.29	35.36%

附錄 2

假設 $T=4$  ( $\sigma_P$ 誤差補正,  $\sigma_m$ 不作誤差補正)

$C_p = T / 6\sigma_P$  (本研究採用  $1.33 \leq C_p \leq 3.33$ )

$M_{cp} = T / 2U = T / 4uc$  (本研究採用  $5 \geq M_{cp} \geq 2$ )

$P/T-T = 5.15\sigma_{gauge} / Tolerance$  (採用 0.1~0.3)

$P/T-M = 6\sigma_{gauge} / Tolerance$  (採用 0.1~0.3)

$2R/T$  (本研究採用  $0.1 \leq R/T \leq 0.25$ )

$T/2R$  (本研究採用  $4 \leq T/R \leq 10$ )

$GK$  (本研究採用  $2 \leq GK \leq 5$ )

$\sigma_p$	$\sigma_m$	$\sigma_{Total}$	$2\sigma_m$	R	$2R/T$	$T/2R$	GK	$M_{cp}$	CP	P/T-M	P/T-T	$\sigma_{Total}/T$
0.07	0.07	0.10	0.14	0.07	0.04	28.57	14.29	14.29	9.52	0.11	0.09	2.47%
0.20	0.20	0.28	0.40	0.20	0.10	10.00	5.00	5.00	3.33	0.30	0.26	7.07%
0.22	0.22	0.31	0.44	0.22	0.11	9.00	4.50	4.50	3.00	0.33	0.29	7.86%
0.50	0.50	0.71	1.00	0.50	0.25	4.00	2.00	2.00	1.33	0.75	0.64	17.68%
0.60	0.60	0.85	1.20	0.60	0.30	3.33	1.67	1.67	1.11	0.90	0.77	21.21%
1.00	1.00	1.41	2.00	1.00	0.50	2.00	1.00	1.00	0.67	1.50	1.29	35.36%
$\sigma_p$	$\sigma_{m=2R}$	$\sigma_{Total}$	$2\sigma_m$	R	$2R/T$	$T/2R$	GK	$M_{cp}$	CP	P/T-M	P/T-T	$\sigma_{Total}/T$
0.04	0.08	0.09	0.16	0.04	0.02	50.00	25.00	12.50	16.67	0.12	0.10	2.24%
0.10	0.20	0.22	0.40	0.10	0.05	20.00	10.00	5.00	6.67	0.30	0.26	5.59%
0.15	0.30	0.34	0.60	0.15	0.08	13.33	6.67	3.33	4.44	0.45	0.39	8.39%
0.20	0.40	0.45	0.80	0.20	0.10	10.00	5.00	2.50	3.33	0.60	0.52	11.18%
0.25	0.50	0.56	1.00	0.25	0.13	8.00	4.00	2.00	2.67	0.75	0.64	13.98%
0.29	0.57	0.64	1.14	0.29	0.14	7.00	3.50	1.75	2.33	0.86	0.74	15.97%
0.50	1.00	1.12	2.00	0.50	0.25	4.00	2.00	1.00	1.33	1.50	1.29	27.95%
0.60	1.20	1.34	2.40	0.60	0.30	3.33	1.67	0.83	1.11	1.80	1.55	33.54%
$\sigma_p$	$\sigma_{m=3R}$	$\sigma_{Total}$	$2\sigma_m$	R	$2R/T$	$T/2R$	GK	$M_{cp}$	CP	P/T-M	P/T-T	$\sigma_{Total}/T$
0.03	0.09	0.09	0.18	0.03	0.02	66.67	33.33	11.11	22.22	0.14	0.12	2.37%
0.07	0.21	0.22	0.42	0.07	0.04	28.57	14.29	4.76	9.52	0.32	0.27	5.53%
0.15	0.45	0.47	0.90	0.15	0.08	13.33	6.67	2.22	4.44	0.68	0.58	11.86%
0.20	0.60	0.63	1.20	0.20	0.10	10.00	5.00	1.67	3.33	0.90	0.77	15.81%
0.40	1.20	1.26	2.40	0.40	0.20	5.00	2.50	0.83	1.67	1.80	1.55	31.62%
$\sigma_p$	$\sigma_{m=4R}$	$\sigma_{Total}$	$2\sigma_m$	R	$2R/T$	$T/2R$	GK	$M_{cp}$	CP	P/T-M	P/T-T	$\sigma_{Total}/T$



量測校正系統與成本競爭力

0.02	0.08	0.08	0.16	0.02	0.01	100.00	50.00	12.50	33.33	0.12	0.10	2.06%
0.05	0.20	0.21	0.40	0.05	0.03	40.00	20.00	5.00	13.33	0.30	0.26	5.15%
0.10	0.40	0.41	0.80	0.10	0.05	20.00	10.00	2.50	6.67	0.60	0.52	10.31%
0.20	0.80	0.82	1.60	0.20	0.10	10.00	5.00	1.25	3.33	1.20	1.03	20.62%
0.33	1.33	1.37	2.67	0.33	0.17	6.00	3.00	3.00	2.00	2.00	1.72	34.36%
$\sigma_p$	$\sigma_m=5R$	$\sigma_{Total}$	$2\sigma_m$	R	$2R/T$	$T/2R$	GK	$M_{cp}$	CP	P/T-M	P/T-T	$\sigma_{Total}/T$
0.01	0.05	0.05	0.10	0.01	0.01	200.00	100.00	20.00	66.67	0.08	0.06	1.27%
0.02	0.10	0.10	0.20	0.02	0.01	100.00	50.00	10.00	33.33	0.15	0.13	2.55%
0.03	0.15	0.15	0.30	0.03	0.02	66.67	33.33	6.67	22.22	0.23	0.19	3.82%
0.04	0.20	0.20	0.40	0.04	0.02	50.00	25.00	5.00	16.67	0.30	0.26	5.10%
0.10	0.50	0.51	1.00	0.10	0.05	20.00	10.00	2.00	6.67	0.75	0.64	12.75%
0.20	1.00	1.02	2.00	0.20	0.10	10.00	5.00	1.00	3.33	1.50	1.29	25.50%
0.25	1.25	1.27	2.50	0.25	0.13	8.00	4.00	0.80	2.67	1.88	1.61	31.87%
$\sigma_p$	$\sigma_m=6R$	$\sigma_{Total}$	$2\sigma_m$	R	$2R/T$	$T/2R$	GK	$M_{cp}$	CP	P/T-M	P/T-T	$\sigma_{Total}/T$
0.02	0.12	0.12	0.24	0.02	0.01	100.00	50.00	8.33	33.33	0.18	0.15	3.04%
0.03	0.18	0.18	0.36	0.03	0.02	66.67	33.33	5.56	22.22	0.27	0.23	4.56%
0.04	0.24	0.24	0.48	0.04	0.02	50.00	25.00	4.17	16.67	0.36	0.31	6.08%
0.08	0.48	0.49	0.96	0.08	0.04	25.00	12.50	2.08	8.33	0.72	0.62	12.17%
0.20	1.20	1.22	2.40	0.20	0.10	10.00	5.00	0.83	3.33	1.80	1.55	30.41%
0.22	1.33	1.35	2.67	0.22	0.11	9.00	4.50	0.75	3.00	2.00	1.72	33.79%
$\sigma_p$	$\sigma_m=7R$	$\sigma_{Total}$	$2\sigma_m$	R	$2R/T$	$T/2R$	GK	$M_{cp}$	CP	P/T-M	P/T-T	$\sigma_{Total}/T$
0.01	0.07	0.07	0.14	0.01	0.01	200.00	100.00	14.29	66.67	0.11	0.09	1.77%
0.02	0.14	0.14	0.28	0.02	0.01	100.00	50.00	7.14	33.33	0.21	0.18	3.54%
0.03	0.21	0.21	0.42	0.03	0.02	66.67	33.33	4.76	22.22	0.32	0.27	5.30%
0.07	0.49	0.49	0.98	0.07	0.04	28.57	14.29	2.04	9.52	0.74	0.63	12.37%
0.15	1.05	1.06	2.10	0.15	0.08	13.33	6.67	0.95	4.44	1.58	1.35	26.52%
0.20	1.40	1.41	2.80	0.20	0.10	10.00	5.00	0.71	3.33	2.10	1.80	35.36%