



科威納標準

標準號 2013 版

CVA234STD-C7

Standard of Covina

精密(岩石)平板

Accurate granite surface plate

2013-05-30 發布

公布後即實施

鑫禾興業有限公司

版權歸屬，侵權必究

Copyright attribution infringement of rights of prosecute must

前 言

本標準改編為因應經濟發展至今的環境變遷、公制化、與兩岸度量衡名詞術語統一提出。
本標準修改主章節參考 ISO 8512-2：1990 (平板第二部分：岩石)英文版。

其它參考資料：

中華民國精密平板 CNS-7549-B6048 (中文繁體版)。

中華人民共和國 岩石平板 GB/T20428-2006 (中文簡體版)。

德國 DIN876 標準。

美國 岩石平板 FS.GGGP-463C 標準。

日本 定盤 JIS B 7513:1992 標準。

高立圖書--精密量測/范光照、張郭益編著—87年9月四版修訂。

高立圖書--75年8月精密量具及機件檢驗，張郭益編著，滄海書局出版。

高立圖書--81年精密量具及機件檢驗，張郭益編著，書號1093-1。

高立圖書--82年7月精密量具及機件檢驗，張郭益編著，全華書局再版。

高立圖書--92年精密量測實習，張郭益編著，書號10941。

全華科技圖書—85年精密測定技術便覽/劉清源、詹福賜編著。

國立台灣大學機械工程學研究所王錦坤君的75年碩士論文。

中國大陸江蘇省江陰市計量測試檢定所袁華燕2009學術論文。

中國青島市計量測試所宮美望、范軍華平面度測量時佈線方法與水平儀使用方法。

本標準自實施日起，CVA234.STD-C6 版停用廢止。

本標準的附錄為資料性附錄作為使用參考。

本標準編修在文字上字體下標(劃底線)為統一術語(兩岸用語參考比較參看附錄 M)。

本標準由鑫禾興業有限公司 總經理林進興 2012年04月12日負責起草。

本標準由鑫禾興業有限公司 2013年06月05日提出會稿訂正。

本標準改編會稿訂正後請台中市度量衡商業同業公會提交經濟部標準檢驗局
建議修定 CNS-7549-B6048 國家標準。

目 錄 頁 次

前言	-----	1
目錄頁次	-----	2
1.	適用範圍-----	3
2.	種類、定義和術語-----	3
2-1.	樣式和等級-----	3
2-2	工作面 <u>平面度</u> 允差-----	3
3.	材料-----	3
4.	優選規格尺寸-----	4
5.	剛性-----	5
6.	工作面的精加工-----	5
7.	一般性能-----	5
7-1.	<u>支撐腳</u> 位置-----	5
7-2.	工作面側面的凸出部分-----	5
7-3.	其它表面-----	5
7-4.	手柄-----	5
7-5.	夾緊方式(即 <u>螺樁孔</u> 或 <u>槽</u>)-----	6
8.	<u>精密度</u> -- <u>平面度</u> 允差-----	6
8-1.	概述-----	6
8-2.	<u>整體</u> 工作面的 <u>平面度</u> 允差-----	6
8-3.	任意局部工作面的 <u>平面度</u> 允差-----	6
9.	表面 <u>粗糙度</u> -----	6
10.	保護罩(墊)-----	6
11.	貼標誌牌-----	7
附錄 A.	精密(岩石)平板的使用和保養-----	8-10
附錄 A1.	精密(岩石)平板與專用腳架的安裝-----	11-13
附錄 B	精密(岩石)平板的 <u>量測</u> -----	14-22
附錄 C	精密(岩石)平板 <u>載荷</u> 的抗變形能力-----	23
附錄 D	精密(岩石)平板 <u>平面度</u> 允差的計算公式-----	24
附錄 E	精密(岩石)平板的岩石物理性質-----	25
附錄 F	精密(岩石)平板 <u>平面度</u> 的計算 1. (人工計算法)-----	26-33
附錄 G	精密(岩石)平板 <u>平面度</u> 的計算 2. (用 Excel 計算)-----	34-41
附錄 H	精密(岩石)平板 <u>平面度</u> 的計算 3. (WINDOWS 視窗程式計算)-----	42-44
附錄 J	精密(岩石)平板鑲入 <u>螺樁</u> 之螺紋扭力	45
附錄 K	精密(岩石)平板的包裝	46
附錄 L	精密(岩石)平板的採購資訊	47

1. 適用範圍：

這份詳細規範說明書敘述岩石（屬火成岩岩石材料）製成之研磨平板，在精密量測場所擺放作為基準平面的量測工作使用。適用於新制的，使用中的，以及被修復到原等級的，包含定期或不定期之檢驗。

本標準主要用於工作面自 150 x 100mm 至 4000 x 2500mm 規格之矩形、圓形岩石平板的要求，超出上述規格亦可參考使用。

2. 種類定義和術語：(下列定義適用於本標準)

2.1 樣式和等級：平板具下列樣式和等級

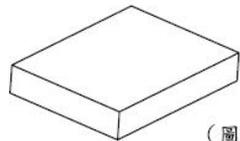
樣式：樣式一： 矩形，沒側面凸出唇（看圖示一）。

樣式二： 矩形，有二個側面凸出唇，兩邊之任一個方向（看圖示二）。

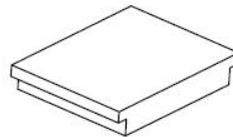
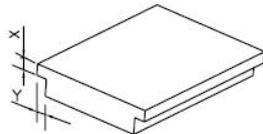
樣式三： 矩形，有四個側面凸出唇，（看圖示三）。

樣式四： 圓形，沒側面凸出唇（看圖示四）

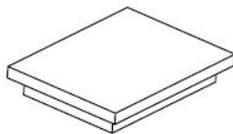
等級：分 0、1、2 級（依產業通用列 3 種）



(圖示一) 矩形，沒唇



(圖示二) 矩形，有二個唇，在兩邊之任一個方向。



(圖示三) 矩形，有四個唇。 (圖示四) 圓形，沒唇

2.2. 工作面平面度允差：

剛好包容工作面的兩平行平面間的最小距離。

3. 材料：(製作平板的岩石其主要物理性質參見附錄 E)

平板應採用堅硬、耐磨、易加工的岩石製作。如：輝綠岩、輝長岩、火成岩或其他具有同等性能的岩石。

製作平板的岩石應為細晶粒、結構均勻、無影響使用性能的缺陷、瑕疵、裂紋和軟質夾雜物、不雅線條等。

對平板工作面上的缺陷不得進行修補(整修品不拘束)。

岩石的顏色由其內含礦物質的成分來決定，但對單一個平板上的顏色應保持均勻，0、1 級選料不允許有參雜不雅紋路。

4. 優選規格尺寸：(參照 ISO 歐規、美規另行參看 GGGP-463C 標準規章)

平板的優選規格尺寸(見表 1)，若要求採用表 1. 中未規定的平板規格尺寸，本標準的要求仍然適用，平板的規格尺寸兩邊長的實際尺寸不應超過其公稱尺寸的±5%。

表 1 優選規格尺寸

工作面尺寸 長 x 寬(mm)	對角線長度 (近似值)mm	邊緣區域 (寬度)mm	平面度允差 (μm)			厚度參用 (mm)		
			0#	1#	2#	0#	1#	2#
160 x 100	188	2	3	6	12	50	40	30
250 x 160	296	3	3.5	7	14	60	50	40
400 x 250	360	5	4	8	16	100	75	60
630 x 400	745	8	5	10	20	130	100	75
1000 x 630▼	1180	13	6	12	24	150	125	100
1600 x 1000▼	1880	20	8	16	32	200	175	150
2500 x 1600▼	2960	20	11.5	23	46	300	250	200
4000 x 2500▼	4717	20	17.5	35	70	500	450	400
★ 160 x 160	226	3	3	6	12	50	40	30
★ 250 x 250	354	5	3.5	7	15	75	50	40
★ 400 x 400	566	8	4.5	9	18	100	75	50
★ 630 x 630	891	13	5	10	20	125	100	75
★ 1000 x 1000▼	1414	20	7	14	28	150	125	100
★ 1600 x 1600▼	2262	20	9.5	19	38	200	150	125
產業已廣泛使用的非優選規格尺寸								
200 x 150	250	3	3	6	12	50	40	30
★ 200 x 200	282	4	3	6	12	50	40	30
300 x 200	360	4	3.5	7	14	60	50	40
1000 x 750▼	1250	15	6	12	24	150	125	100
2000 x 1000▼	2236	20	9.5	19	38	250	200	150
2000 x 1600▼	2561	20	10	20	40	300	250	200
3000 x 2000▼	3605	20	13	26	52	400	350	300

註.

- 工作面尺寸前標記 ★.為矩形(正方形)規格，圓形規格、英制(換算公制)規格為美規不在此表列，如需採用請參看 GGGP-463C 美國聯邦標準規範。
- 表列允差值的確定，依據公式參見附錄 D。

表 1. 平面度 允差表中數位值：0 級取用圓整至 $0.5\mu\text{m}$ ，1、2 級取用圓整至 $1\mu\text{m}$ 。

- c) 表內之平面度允差，係依工作面的對角線(附錄 D 表 D.1 中規定)計算之。
- d) 邊緣區域(相當於平板長度 2%，惟最大 20mm)之平坦度，不適用此表。
- e) 表內的平面度允差，係依標準溫度 $20\pm 1^\circ\text{C}$ 、相對濕度 $50\pm 10\%$ 下待檢平板在安裝 3 天後應力恢復開始恆溫恆濕至少 48 小時量測定出。
- f) 表內之平面度允差 3 級很少用不列入，如需參用以 2 級 x 2 倍計出。

5. 剛性：

平板的厚度應滿足在平板工作面中央區域施加載荷時，該載荷區域相對於其他區域的變形量不應大於 $1\mu\text{m} / 200\text{N}$ (約 20kgf)，此變形量要求適用於尺寸為 $400*250\text{mm}$ 或更大的平板。(平板載荷的抗變形在附錄 C 中補述)

6. 工作面的精加工：

精密度等級為 0、1 級平板的工作面應採用游離研磨法進行精加工，而 2、3 級可採用研磨法或削磨法，但是平板工作面不應與放置在其上的工作表面研合。

7. 一般性能：

7.1. 支撐腳位置

各種尺寸的平板都應配置相對合適腳架放置，並具有三個基本可調水平支撐腳，尺寸大於 $1000*630\text{mm}$ 的平板還應具有 2 個以上輔助副支撐腳(表 1. 註 ▼)；支撐腳應位於工作面邊界範圍內，且平板變形量為最小的位置。

註 1: 調整可調水平支撐腳可能會影響工作面的平面度偏差，對腳架的平板安裝說明見附錄 F。

註 2: 可調水平支撐腳應加工平整，剛性足夠，並能微調容易。(最好採用專業廠商所設計，他們專業級的可調水平支撐腳能浮動式支撐牽就平板底面)

7.2. 工作面側面的凸出部分

若用戶需求，工作面對角線長度大於 400mm 的平板，其工作面長度可增加不小於 20mm 或 25mm 的超出側面，超出側面的凸出部分底面應適當的平整以便安裝夾具。

7.3. 其他表面

平板基本做六面加工，除單面精度研出，4 個側面對基準工作面需有基本直角度，側面對相鄰側面也有基本直角度，角度公差一般依 $90^\circ \pm 10'$ ，並需作出不留刀痕之水磨光研面，底部需粗銑磨平與基準面平行為佳。

平板側面、端面應加工平整，所有夾角應圓滑，依要求倒 R 角曲率半徑不應小於 2mm，倒 C 角的尖角和稜邊用近似於 45° 的角給出。

若用戶有需要平板其他表面平直、相互平行或相互垂直的更高精度要求，其要求應可在購買合同中(以文字或圖紙說明)規定。

7.4. 手柄

平板不應帶有手柄，如因人力無法搬運使用吊搬設備需在側面加工螺樁孔鑲入螺樁，其要求可在購買合同中(以文字或圖紙說明)規定。

7-5. 夾緊方式(用螺樁或槽塊)

使用平板上的鑲埋物(螺樁或槽塊)作為夾緊方式時,若施加的夾緊力較大或鑲入平板內的金屬物由於膨脹系數不同,可能引起平板工作面的變形,因此,平板上是否需要螺樁或槽塊,用戶可在購買合同上確定。

如確定需要鑲埋螺樁或槽塊,製造商應在工作面精加工之前鑲入。

註:作為一種保護措施,建議平板工作面的鑲入螺樁,螺牙的尺寸不應大於 M10。

(如特別需求不於拘束,平板上的鑲入螺樁螺紋扭力見附錄 J.)

8. 精密度--平面度允差

8.1. 概述

平板平面度允差適用於兩種,即:一種適用於全平面,另一種適用於局部 250x250mm 正方形面積內;在寬度不超過短邊的 2% 最大值為 20mm 的邊緣區域內任意點,若其不高出區域外工作面的點,則此邊緣區域的平面度可不予要求。

8.2. 整個平板工作面的平面度允差

不應大於表 1. 規定。

註. 平面度允差的量測方法參見附錄 B.

優選範圍內不同型式的尺寸平板(如表 1. 所列),其整個工作面平面度允差的確定計算參見附錄 D.。

8.3. 任意局部工作面 250x250mm 正方形面積內的平面度允差

不應大於以下規定:

- a) 0 級平板為 3.5 μm
- b) 1 級平板為 7 μm
- c) 2 級平板為 15 μm

註. 1: 以上規定的允差值與表 1. 中 250x250mm 整個平板工作面的平面度允差值相同。

註. 2: 平板工作面對角線長度小於 354mm 的不可能有 250x250mm 的量測面積,其量測的整個工作面的平面度允差也適用於表示任意局部工作面的平面度允差。

9. 表面粗糙度

- a) 工作面粗糙度 Ra 值: 1 級以上 < 0.8 / 1 級以下 < 2.0
- b) 側面粗糙度 Ra 值: ≤ 6.3

表面粗糙度常用表面粗糙度比較儀檢定。檢定時,在 3 個不同部位上進行,取 3 次量測值的算術平均值作為被檢面的表面粗糙度。

10. 防護罩(墊)

0、1 級平板有必要給於提供軟、硬質防護罩(墊)來保護工作面。

11. 貼標誌牌

每塊平板都應提供一塊符合下列要求並附加在側面的標誌貼牌,字高不應小於 3mm。

- a) 製造商或註冊商標，
- b) 依據標準與貨品編號，
- c) 規格尺寸與精度等級。

例如：

	標準：CVA234.STD-2013
	貨號：234010 等級：0 級
	序號：990412
	規格：1000x1000x150 mm
科 威 納	

科 威 納

附 錄 A

(資料性附錄) 共 3 頁- 1/3 頁

精密(岩石)平板的使用和保養

A. 概序

精密(岩石)平板，是一個高精密度的平面度標示量規，必須恰當地舒適使用和保養。

為了達到最好的平面度，嚴禁塗抹非特定使用的油脂(膏)。非量測區域，如平板四周，可酌量塗抹油脂(膏)，可提高岩石亮度，增加美觀。

為工作之舒適，需注意工作高度，工作高度=平板厚度+腳架高度，東方人依人體工學標準工作高度採用 820mm，西方人依人體工學標準工作高度採用 900mm，對選用平板寬度超過 1000mm 的應給於腳架降低高度方便工作，寬度超過 1000mm 未超過 2000mm 的降低高度 40mm，寬度超過 2000mm 降低高度 60-80mm，特殊狀況下可以按工作需求不按標準，所以選購平板需依厚度一起考量搭配腳架的高度。

建議使用者對下列這些說明，細心體會，以保障它最好的精密度和耐久性。

A.1 環境

平板依採用等級，宜安置在有恆溫和恆濕的合適空調房間內，溫濕度的工作要求(見表 A.1)，

表 A.1 溫濕度的工作要求

環境別 類別	實驗室	品管室	工作室
溫 度	20±0.5℃	20±1℃	20±3℃
濕 度	45±5% R.H	50±10% R.H	50±15% R.H
時 間	>72hr	>48hr	>36hr

宜避免陽光直射或通風；尤其重要的是不宜有鉛垂方向的溫差或溫度梯度，導致平板工作面與底面具有不同的溫度。例如，一塊 1000x1000x250mm-0 級平板，平面與底面之間若具有 1℃ 的恆定差異，就能產生約 1μm 的變形，該變形量是 1000x630x150mm-0 級平板的全部製造偏差 16%。

註：溫度梯度 (英語：**Temperature Gradient**)，是描述溫度在特定的區域環境內最迅速的變化會向何方向，以及是何種速率的物理量。

A.2 支撐

A.2.1 多數的平板，依工作需要，應該在人體工學舒適工作上，依標準工作高度被穩固、正確地放置在腳架或支撐柱上，並結合三個以上可微調的支撐腳去調校水平。(建議最好採用專業廠商製作之標準腳架。因標準腳架依據貝塞爾點 (Bessel Points) 原理設計，基本採用三個主支點，二個副支點(或兩點以上)支撐，可確保平板之最小支撐彎曲誤差。)

A.2.2 標準腳架宜採用抗壓足夠不易彎曲的鋼材焊製(或採用花崗石獨立型配有微調支撐腳之腳座*多支組)，以避免任何可能性的彎曲，降低腳架在支撐平台後的鋼性不足變形；當安裝精密(岩石)平板在腳架上，要確認在腳架(或腳座)上已正確支撐

這個平台，絕不可隨便使用突出或不夠穩固類的物品去支撐。

科
威
納

附 錄 A

(資料性附錄) 共 3 頁- 2/3 頁 精密(岩石)平板的使用和保養

A. 3 安裝

A. 3.1 平板安裝要注意正確程序(見附錄 A2)。

A. 4 第 5 章和 B. 3 都談到平板的剛性，注意不宜讓平板超載，建議按附錄 C 考慮適當的載荷去使用。

A. 5 由於材料表面一定存在毛細孔，所以材料有孔隙率要求，平板點接觸(使用)不建議(但也不反對)使用，接觸最佳方式為通過起媒介作用的精密量塊(如塊規)，或具有相同精度的墊塊，其厚度最好不超過 10mm。

A. 6 精密(岩石)平板宜整個有效面積使用，不宜總集中在一個面積內使用。

A. 7 清潔與保養工作：保養方法可分為平時保養及定期保養兩種：

A. 7.1 平時保養：

先噴上專用清潔液，再用手(建議戴上乳膠手套)均勻塗抹，再用專用擦拭布擦乾淨，建議每天或每次使用前：

- a) 用專用擦拭布輕輕將灰塵擦去，儘可能少用一般擦拭紙或棉布，因為它們容易殘留或不易清除灰塵。
- b) 若平板上有油污，可沾些許酒精、甲苯在專用擦拭布上，在油污部位輕輕擦拭。
- c) 若油污過於嚴重，請依定期保養方式處理。

清潔好的平板，先以小於 10 度斜視角度觀察應為鏡面的工作面有無砂礫、灰塵，再用手掌在平板上輕撫，應光滑無滯澀感覺。

因平板是基準面，要做好使用前清潔與使用後保養工作，使用前清潔可幫助清潔灰塵和其他外來的影響顆粒，使用後的保養工作可降低平板的使用磨耗因素，增長耐用期；進行量測時，如有需放置小工具或量塊，應鋪一塊擦拭布或軟墊在平板上。

A. 7.2 定期保養

建議每星期一次，若環境狀況良好，可視狀況延長保養週期。

保養精密(岩石)平板，建議市面購買專用系列產品(短期)用清潔噴液、(中期)用保養液、(長期)用工作膏。

附 錄 A

(資料性附錄) 共 3 頁- 3/3 頁
精密(岩石)平板的使用和保養

A. 8. 平板損壞的常見徵兆是表面出現刮痕與撞擊，所以工作完畢最好將工作面遮蓋起來。

A. 9 定期量測

A. 9.1 平板使用後總會有磨損，為了確保岩石平板精密度之可靠度，應定期作量測檢查；週期性的定期量測，可幫助使用者確認其最佳的需求精密度，透過定期量測追溯步驟來判定平板是否需要重新研磨是必要的；它可使工作不合格的不佳情況，減到最小。

A. 9.2 用戶可通過附錄 B. 的量測方法檢出磨損狀況：如用一個高級平板來研磨該平板，然後研究研磨後的外觀狀態；或使用基準平直規量測，或用水平儀、光學準直儀、雷射干涉儀檢出，配合計算程序計算出參考數據與圖形(參看附錄 B 平台的量測)。

A. 9.3 當定期量測後顯現出來表面的平面度公差超出可接受的範圍時，它應該要重新研磨，來恢復需求的精密度，建議用戶利用平板專業製造商的專業檢修有利條件，將平板交予製造商進行修復。

附 錄 A1

(資料性附錄)-共 3 頁- 1/3 頁

精密(岩石)平板與專用腳架的安裝

A. 概序

精密(岩石)平板是一個高精密度的平面度標示量規，為了達到最好的平面度，必須正確地安裝。

A1. 支撐位置佈局與專用的腳架安裝指導

A1.1 支撐位置佈局(見 A1.1. 圖)

平板底部的支撐定位是被規定的，支撐一般採三點主支點，1000x630mm 以上規格應增加兩點(或兩點以上)副支點，依工作需要，它應被正確支撐在此三個以上可水平微調的支撐腳上，它可降低下垂和彎曲到最小的程度。

當工作和載荷條件有特別要求時，採用標準三個主支點不能令人滿意時，這些實際案例應該個別地策劃，由它們的所在位置，異常的載荷、或是振動條件，在這些支點和它們的所在位置附加裝置，另外以詳細說明在購買訂單上提出。

(為確保平板支撐之穩固與最小彎曲誤差，建議採用專業廠商製作之標準腳架。)

1600*1000 以上大尺寸規格安裝以經濟考量可採用岩石單支獨立腳座 5 組以上格局支撐，腳座支撐位置也應依據貝塞爾點 (Bessel Points) 原理來決定。

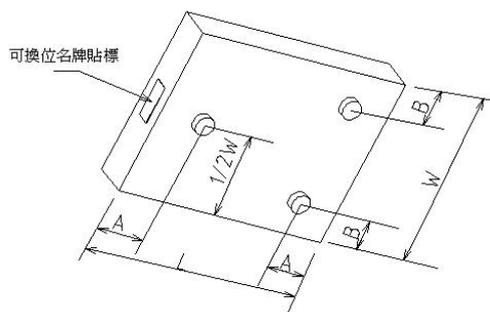
A1.1.1 矩形平板支撐位置 (見 A1.1.1 圖)

平板底部的支撐定位是被規定的，支撐點離邊是以長(L)或寬(W)的 $1/5(A、B)$ 為標準，或是長或寬的 $1/4$ 搭配，單一主支點將被定位的在此 $(1/2 * W)$ 中心內，如增加二個副支點也需在單一主支點這邊對應出正確位置。

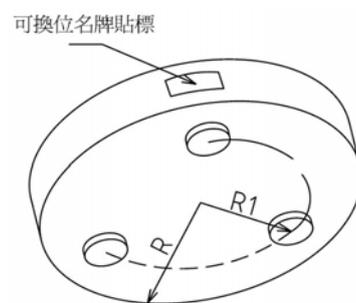
A1.1.2 圓形平板支撐位置

平板底部也採定位的三個支撐點，支撐點在一個圓半徑 R1 值的三等份位置點上， $R1值 = R值 * 0.7$ 的一個半徑值，對準底部平面的圓心。

A1.1.1 圖



矩形平板支撐位置佈局



圓形平板支撐位置佈局

附 錄 A1

(資料性附錄)-共 3 頁- 2/3 頁
 精密(岩石)平板與專用腳架的安裝

A2. 專用的腳架安裝指導

A2.1. 載荷規範

平板支撐依據 ISO 國際規範, 載荷建議依規定拘束在極限變形載荷(參考附錄 C)內。

A2.2 安裝前準備：

儀器-(電子或氣泡水平儀)，工具-(41+10mm 單開口扳手/翹棒)



電子水平儀



氣泡水平儀



41/10mm
單開口扳手



翹棒

A2.3 安裝程序

A2.3.1 圖說 (見 A2.3.1 圖)

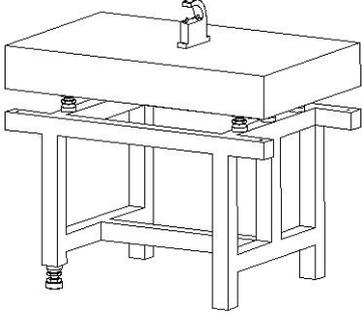
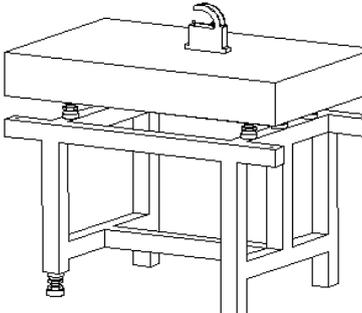
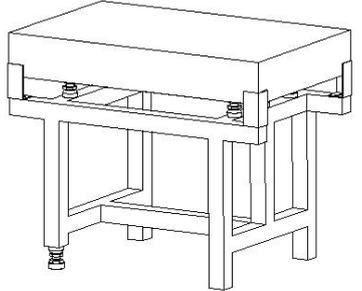
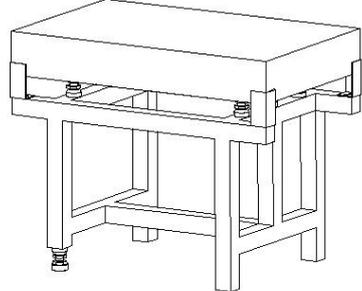
A2.3.1 圖 安裝程序

<p>1. 調整腳架與地面接觸支點 (重點技巧調至穩固不可晃動。)</p>	<p>2. 先調整主支點比副支點高些</p>
<p>3. 將平板放上專用腳架作妥清潔保養動作 (可用翹棒移動平板至擺放正確位置)</p>	<p>4. 將水平儀放在平板中央部位 (水平儀作歸正動作)</p>

附 錄 A1

(資料性附錄)-共 3 頁- 3/3 頁
 精密(岩石)平板與專用腳架的安裝

A2.3.1 圖 安裝程序

	
<p>5. 先調 Y 軸 (W/短邊) 左邊兩組主支點 (依水平儀指示出情況調零)</p>	<p>6. 後調 X 軸 (L/長邊) 右邊中央主支點 (依水平儀指示出情況調零)</p>
	
<p>7. 調出水平後再將右邊兩組副支點 (以不影響調好之水平為要求重點) 輕輕頂上旋緊固定</p>	<p>8. 上角落護板*4 套妥固定/安裝 OK</p>

A2.3.2 程序：

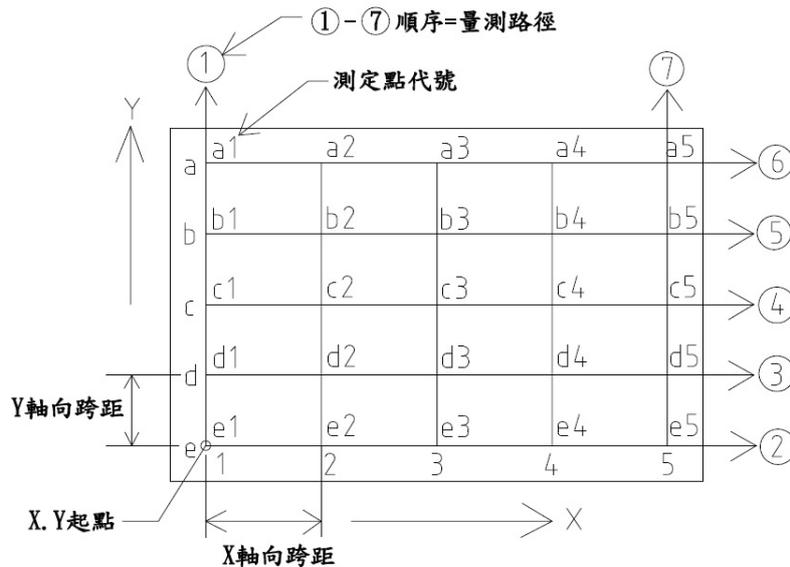
- 腳架放置定位後先從接觸地面單隻可調整支撐腳調整，重點技巧調至穩固不可晃動。
- 先調整主支點比副支點高再將平板放上專用腳架作妥清潔保養動作。
- 將水平儀放在平板中央部位（水平儀作妥歸正），再依三點成一平面原理調出水平。
- 先觀查 X 軸 (L 長邊) 依水平儀指示出情況，先對上圖左邊單支主支點作水平調整。
- 次觀查 Y 軸 (W 短邊) 依水平儀指示出情況，再對上圖右邊兩支主支點作水平調整。
- 依三點成一平面原理調出水平後再將所有副支點全部（以不影響調好之水平為要求重點）輕輕頂上旋緊固定。後將角落護板*4 套妥固定。
- 正確之水平調整對使用之平面度彎曲變化有絕對影響應認真執行。
- 是否正確穩固安裝 OK 確認，可在主支點部位以拳頭敲擊用手感及回音判定，如果手感無震幅回音是紮實聲表示 OK，如手感有震幅加上嗡嗡振響，表示未正確穩固安裝，應從接觸地面單隻可調整支撐腳檢查起，仔細找出問題，並重作上述動作直到 OK。

附 錄 B
 (資料性附錄) - 共 9 頁 - 1/9
 精密(岩石)平板的量測

B. 量測方法

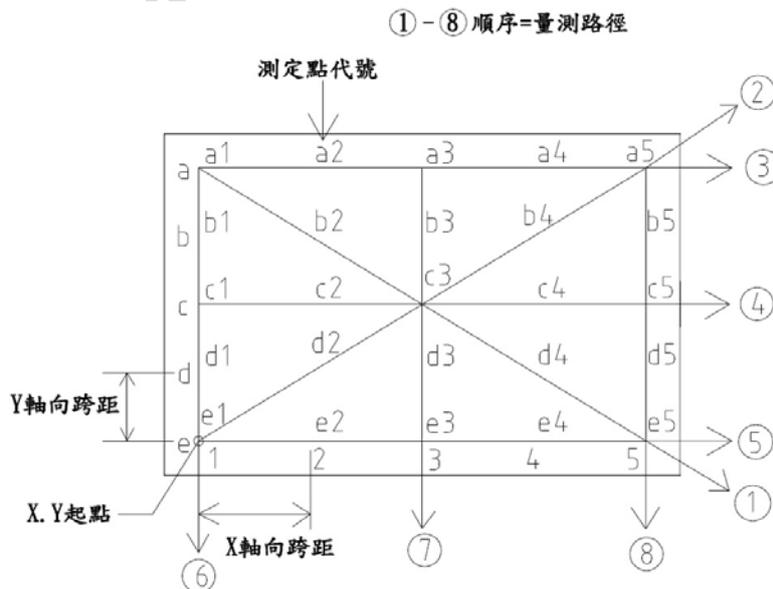
技術書籍中載有正方形(方格線法)、米字型(對角線法)或(兩種混合法)各種量測方法的詳細說明，矩形或圓形的精密(岩石)平板量測需在取樣順序上依循規範，按各量測路徑順序進行，取用條件：採單數點、雙數區間，規劃出的量測直線應滿足足夠取點。

以 5x5=25 點 正方形(方格線法)作量測，量測路徑順序(如 B.1 圖 1)：



B.1 圖 1. 正方形(方格線法)量測路徑順序

以 5x5=25 點 米字型(對角線法)作量測，量測路徑順序(如 B.1 圖 2)：



B.1 圖 2. 米字型(對角線法)量測路徑順序

附 錄 B

(資料性附錄) - 共 9 頁 - 2/9

精密(岩石)平板的量測

B.1 量測平台平面度的方式

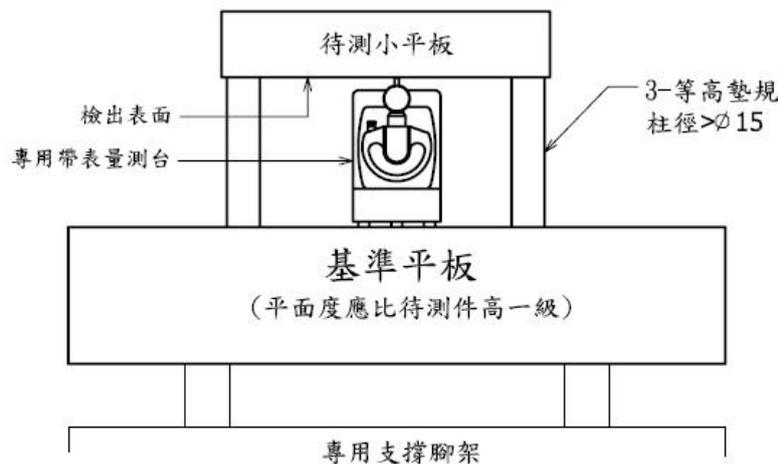
目前常用來量測精密(岩石)平板平面度的方式，一般可區分為：整個工作面的平面度誤差與局部平面度誤差兩種，為求簡化平面度之計算，平行於工作面之量測線上的測定點應為單數，米字法量測(Union Jack)是米字法與方格法的混合法，必須遵循以下兩點規定：

- a) 兩對角線的交點與垂直、平行中線的交點，必須重合。
- b) 設定跨距對任何一個三角區域之比，長方形的平板採 5：4：3，正方形的平板採 1：1： $\sqrt{2}$ ，或是這個比例的整數倍。

具有代表性的方式概述如下：

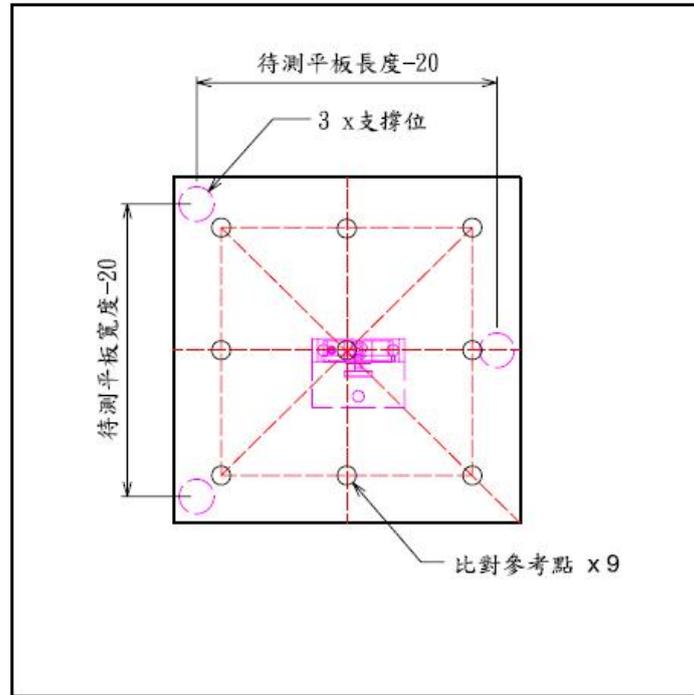
B.1.1 整個工作面的平面度誤差(用於小平板)

量測具有磨削加工表面的小平板時(300*300mm 以下)，可將其檢出表面用 3 支等高墊規撐在一塊大尺寸的較高級基準平板上進行比較量測，(見 B.1.1 圖 1.)。操縱測定力很小的專用帶表量測台在大平板的工作面區域內移動去比對待測小平台的 9 個參考點，記下誤差值填寫作為米字形 9 個點的綜合平面度 (見 B.1.1 圖 2.)。



B.1.1 圖 1. 比較量測

附 錄 B
 (資料性附錄)-共 9 頁-3/9
 精密(岩石)平板的量測

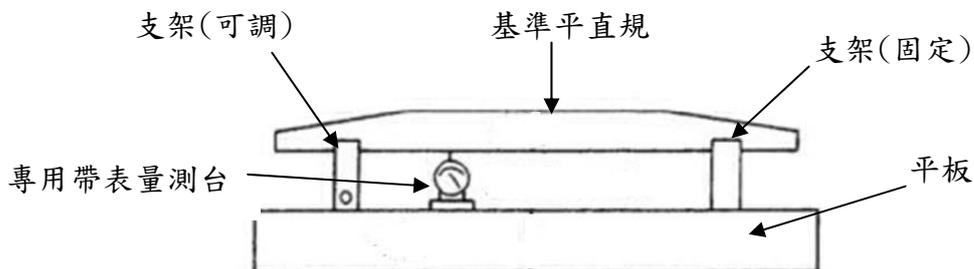


B. 1. 1 圖 2. 比對待測小平台的參考點

B. 1. 2 整個工作面的平面度誤差(用於大平板)

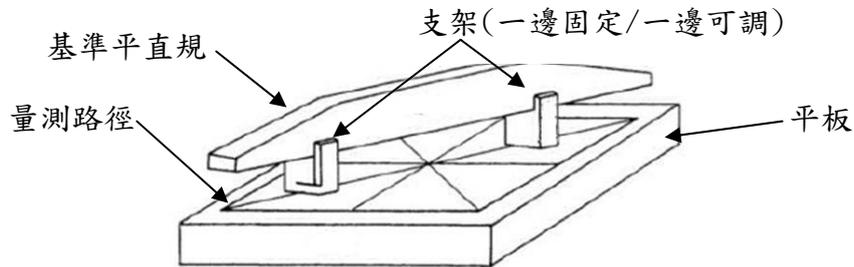
B. 1. 2. 1 應用基準平直規量測

量測具有磨削加工較大的平板時，可以沿著平行於該平板各邊的一些直線和對角線與一用支架墊高基準平直規比較(見 B. 1. 2. 1 圖 1)，依米字型路徑 (見 B. 1. 2. 1 圖 2) 量測出各個直線度誤差來檢出其平面度誤差；然後把平板的中心點(即兩條對角線的交點)的結果和其他被檢線許多交點處的結果聯繫起來計算，綜合為平面度誤差。



B. 1. 2. 1 圖 1. 基準平直規的比較量測

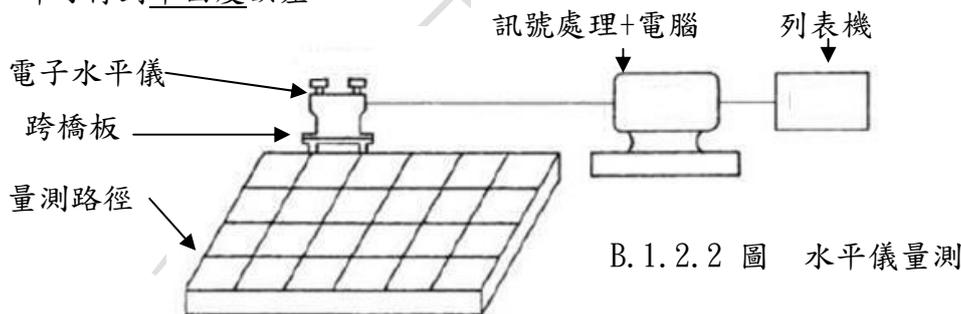
附 錄 B
(資料性附錄)-共 9 頁-4/9
精密(岩石)平板的量測



B. 1. 2. 1 圖 2. 米字型量測路徑

B. 1. 2. 2 應用水平儀量測

水平儀量測是應用小角度偏擺測出傾斜度，可用氣泡水平儀或電子水平儀，量測平面度為量測直線度的延伸，用一個合適跨橋板安放水平儀去量測平板上規劃的路徑直線度(見 B. 1. 2. 2 圖示)，當跨橋板沿某一直線移動時，就隨直線度誤差變化而產生傾斜，將路徑所得數據記下後用手算或 excel 算或專用程式運算分析(計算法在資料性附錄 F. G. H)，即可得到平面度誤差。



B. 1. 2. 2 圖 水平儀量測

目前平面度量測各種方法中，以電子水平儀最經濟、簡單、迅速，並可與電腦下載應用軟體連線或獨立作取樣、分析等工作。

B. 1. 2. 3 用光學準直儀量測

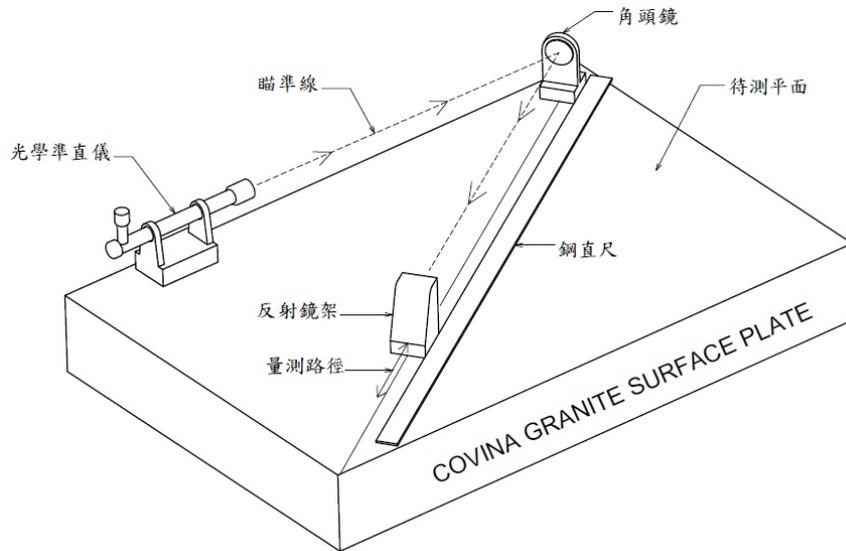
應用光學準直儀量測平面度，其量測法與水平儀相同，其角度最小讀數可達 0.2 秒，一般情形使用無法與電腦連線。

如圖 B. 1. 2. 3-1 所示為光學準直儀與角頭鏡對反射鏡之安排圖。

從光學準直儀用眼睛瞄視，則光線可經由角頭鏡反射至反射鏡，反射鏡可在平板上沿鋼直尺基準邊平移，因此可測知反射鏡位置與高度。

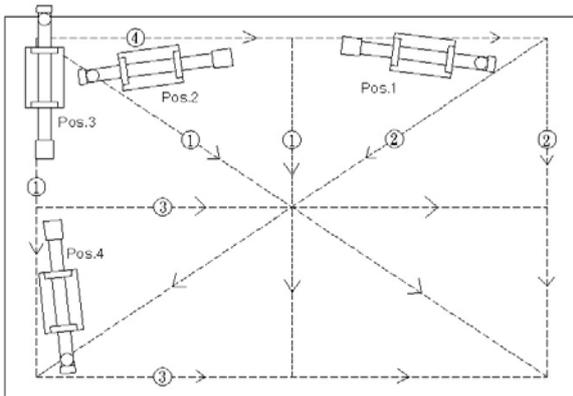
反射鏡或量測器固定所用之移動座底部支撐，腳座位置依(B. 1. 2. 3-3 圖)。

附 錄 B
 (資料性附錄)-共 9 頁-5/9
 精密(岩石)平板的量測

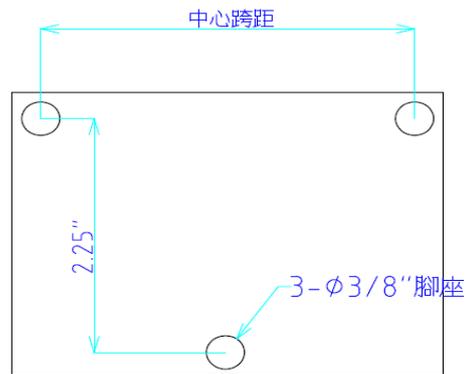


B. 1. 2. 3-1 圖 光學準直儀與角頭鏡對反射鏡之安排圖

然後以 B. 1. 2. 3-2 圖 所示 8 條路徑重複量測，光學準直儀之四個位置予以引導至平板表面一定之角頭如圖中所示，一反射鏡連續置於此等角頭，使反射鏡自每一角頭沿兩個軌道移動而觀察之，如箭頭方向所示，應用所得平板高度變化值將角度變化換算成直線單位以觀察平板之平面度狀況。



B. 1. 2. 3-2 圖 自動視準儀之量測路徑



B. 1. 2. 3-3 圖 移動座底部支撐腳座位置

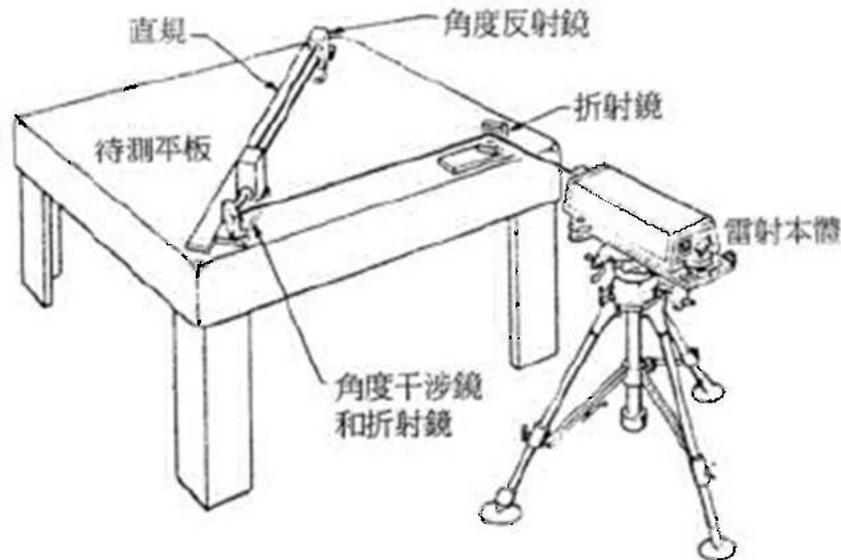
附 錄 B

(資料性附錄)-共 9 頁-6/9

精密(岩石)平板的量測

B.1.2.4 應用雷射干涉儀量測

應用雷射干涉儀量測平面度，如圖 B.1.2.4 所示，其量測方法與水平儀、光學準直儀相同。因其是光學元件對準工作較繁，與電腦連線配套程式為標準使用，分析數據非常方便，唯價格高昂不能普及。



B.1.2.4 圖 雷射干涉儀量測

0 級平板要求儀器靈敏度為 1 角度秒；對於較低精密度級別的平板，也允許使用靈敏度較低的儀器更方便。

B.2. 局部平面度誤差

B.2.1. 為要求量測新平板的局部平面允差，若評估平板有磨損或工作面不成一個完整的基準時，尤其需要這項檢測。

B.2.2. 儘管按 B.1 所述方法可以採用更多的量測點作出更密集的檢出平面，但這種解決方法是很麻煩的，且仍有局部位置不可能在整個量測過程中都量測到，然而確定整個面積的平面度是需要的。

由於局部誤差會影響平板平面度基準，為此採用一種圖 B.2. Variation Gage (重覆比測儀)做量測，重覆比測儀乃運用於平面在全面量測前，查核是否有突然的凸起或凹陷的快速量測儀器，它可讓量測者在工作前判斷是否需作全面性工作判定，提升工作效能；也可在平板或小平面上任意遊動量測，讀取結果。

附 錄 B
(資料性附錄)-共 9 頁-7/9
精密(岩石)平板的量測

在 BS-817(1983) (見表 B. 2. a)

表 B. 2. a

等級	全部	讀數
	mm	inch
0	0.004	0.00015"
1	0.008	0.00030"
2	0.016	0.00060"
3	0.032	0.00120"

在 FS GGGP-463C (見表 B. 2. b)

表 B. 2. b

對角線長	Grade AA	Grade A	Grade B
mm	全部讀數(μm)		
800 以下	0.9	1.5	2.8
800~1500	1.2	1.8	3.0
1500~2200	1.5	2.0	4.0
2200~3000	1.9	2.5	5.0
3000~3800	2.3	3.0	6.0
3800	2.5	3.5	7.0

規範中，有局部公差之限制，用 Variation Gage 所量測的讀取值作為等級之判定，若一個平面整體誤差值算出是判定“0”級，而以重覆比測儀量測之值判定“1”級，此平面仍屬“1”級而不是“0”級。

B. 2. 圖所示的重覆比測儀，在對平面進行量測時，利用它具有一個可自由移動的沉重底座，三個固定接觸腳體現三點成一平面架構基準，前端上旋臂部份帶有一個靈敏的千分或萬分量表，下部藉由調整座的可撓墊塊彈性裝置，與平板接觸移動時可以馬上反應出平面的曲率變化，經調整座觸動指示表進行讀出誤差。

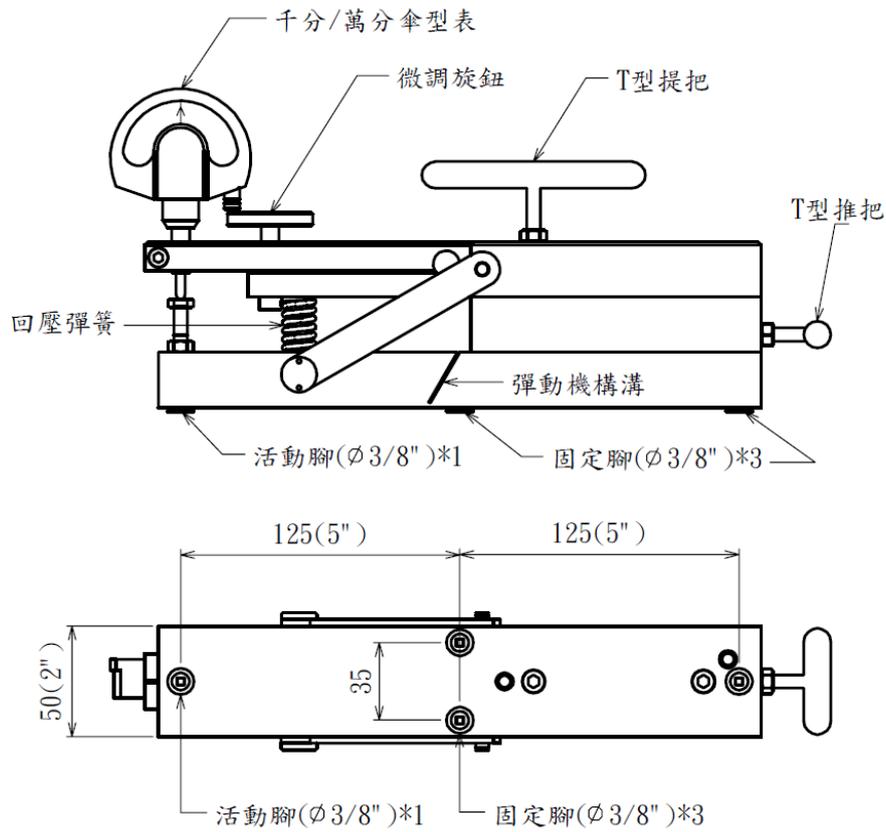
重覆比測儀使用前應在比量測件高一級的基準平面作歸正動作。

B. 2. 3 重覆比測儀的使用方法建議如下：

a) 進行量測時首先查看工作面，注意外觀不平整性，對平面度誤差的量測結果進行研究，可用重覆比測儀迅速地掃描整個平面，以確定什麼地方產生突然的輪廓變化，確定最大誤差區域。

附 錄 B
(資料性附錄) - 共 9 頁 - 8/9
精密(岩石)平板的量測

b) 對於用重覆比測儀量測而讀值未超過局部誤差規範上的允差時，再採用 B.1 所述的任一方法量測全面區域。



B.2 圖 重覆比測儀 Variation Gage)

B.3 剛性試驗

B.3.1 見 B.3 圖. 表示一塊受剛性試驗平板，該裝置主要由下列部分組成：

- 裝有靈敏指示表^⑤的樑式比較儀^④。
- 與橫樑無關的砝碼(質量塊)載荷台(支架)^⑥。
- 所需砝碼(質量塊)^⑦ (B.3. 圖中畫了3塊)。

(B.3 圖)表示該裝置的視圖，載荷台(支架)^⑥是空載的。受檢平板支撐在腳架的三個支撐腳上。樑式比較儀是剛性結構，有兩個支撐墊塊^④，均可沿橫樑長度方向調整位置，靈敏指示表^⑤剛性地固定在橫樑中心，其測頭觸點壓在平板上。

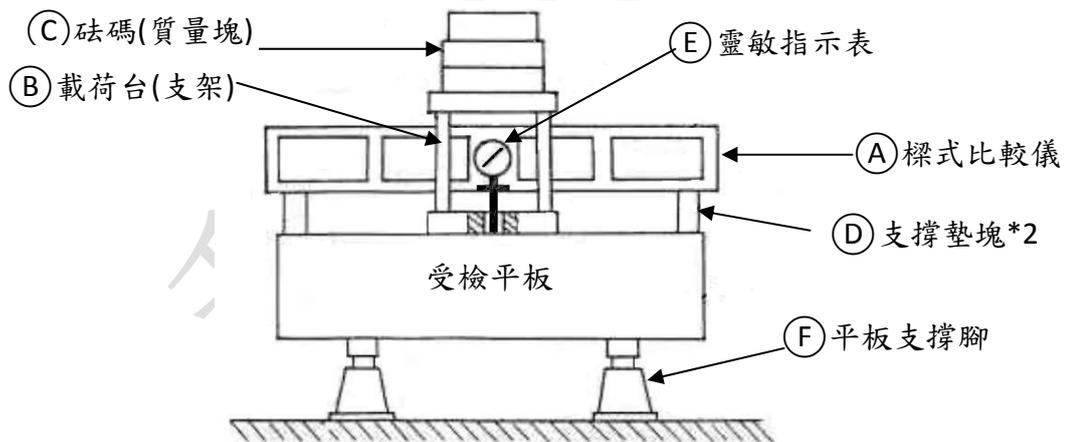
附 錄 B
(資料性附錄) - 共 9 頁 - 9/9
精密(岩石)平板的量測

載荷台(支架)⑥與橫梁無關，而且可以在極限範圍內、在平板上相對於橫梁移動，所施加的載荷應與平板的尺寸成適當的比例，通常不應大到使平板的變形量超過平面度允差的 1/2。

施加載荷的中心區域直徑應為 120mm(對小平板)至 300mm(對大平板)的範圍內變化。

B. 3. 2 按受檢平板對角線跨距調整橫樑支撐墊塊，當橫樑確定適當位置後，在平板上調整指示表並記下其讀數值，然後在載荷台(支架)⑥上加載，並再次觀察指示表的讀數值，之後再重複最初的空載讀數值。

B. 3. 3 承載與空載時指示表的讀數值之差就是平板承受所施加載荷的變形量。



B. 3 圖 平板剛性試驗

附 錄 C
(資料性附錄)

精密(岩石)平板載荷的抗變形能力

C. 抗變形能力

第 5 章規定的極限變形量(即: $1 \mu\text{m}/200\text{N} \cong 20\text{kgf}$)，適用於尺寸為 $400 \times 250\text{mm}$ 或更大的所有等級平板。

平板的厚度應按要求的剛性進行設計，然而，用戶可能很想得到與平板承載能力相對應的載荷，表 C.1 中給出的數值，是以千克力(kgf)表示的集中載荷質量的大概值，此值可能引起的最大變形量為整個工作面的平面允差的 1/2。

註：對於表 C.1 應理解為是用來控制加載和對附錄 A.4 的補充，相對而言，低等級平板整個工作面的平面允差範圍較寬，會導致極限載荷增大而超過基本載荷；因此，把表 C.1 中的最大值定為 $500 \text{ kg} \cdot \text{f}$ ，只要條件許可，最好在有效面積上分散佈置載荷。

表 C.1 平板的最大集中載荷

平板尺寸/mm	平板精密度等級對應的最大集中載荷質量 ^a /(kgf)			
	0	1	2	3
長方形：				
400×250	40	80	160	320
630×400	50	100	200	390
1000×630	60	120	240	490
1600×1000	80	160	320	500
2000×1000	90	190	380	500
2500×1600	115	230	460	500
4000×2500	175	350	500	500
正方形：				
400×400	45	90	170	340
630×630	50	100	210	420
1000×1000	70	140	280	500
1600×1600	95	190	380	500
a. 集中 <u>載荷</u> 質量所引起的最大變形量為表 1. 中平板對應等級整個工作面的平面允差的 1/2。				
b. (單位定義：一牛頓等於一公斤質量之物體產生一公尺平方秒之加速度時承受之力)本表中質量的換算 1 公斤力約等於 10 牛頓(N)				

附 錄 D

(資料性附錄)

精密(岩石)平板平面度允差的計算公式

D.1 允差值的計算公式見表 D.1.

D.1.1 表 D.1 中規定值按下式計算：

$$t = c_1 \times l + c_2$$

式中：

t --- 是整個工作面的平面度允差，單位為微米(μm)；l --- 平板對角線的公稱長度為毫米(mm)計；C₁、C₂ --- 是與平板精密度等級有關的係數，單位為微米(μm)，見表 D.1表 D.1 C₁ 和 C₂ 值

平板精密度等級	C ₁ (μm) 微米	C ₂ (μm) 微米
0	0.003	2.5
1	0.006	5
2	0.012	10
3	0.024	20

D.1.2 選擇表 D.1 中未規定的不同範圍的平板尺寸，其整個工作面的平面度允差應按 D.1.1 的規定計算。

D.2 表 C.1 的計算方法

表 C.1 規定的最大載荷值與平板的尺寸和精密度等級相對應，其變形量不應大於整個工作面的平面允差的 1/2。

例如：

表 1. 中 400×250mm 的 0 級平板整個工作面的平面度允差值為 4 微米(μm)，當允差值的 1/2 即 2 微米(μm)定為最大允許變形量時，它相當於 2*20=40 kgf (400N)的載荷質量作用於平板(見表 C.1)。

附 錄 E

(資料性附錄)

精密(岩石)平板的岩石物理性質

製作精密(岩石)平板的岩石應具有下列物理性質：

- Density (Weight) 密度(比重) kg/m^3 : 2500 ~3200
- Tensile strength 抗拉強度 Mpa (kgf/mm^2) : 7~35 (0.7~3.5)
- Compressive Strength 抗壓強度 Mpa (kgf/mm^2) : 200~300 (20~30)
- Water content 孔隙率 % : < 1
- Water absorptivity 吸水率 % : < 0.13
- Coefficient of Linera Expansion 線膨脹系數 K^{-1} : $4 \times 10^{-6} \sim 8 \times 10^{-6}$ 。
- Shore Hardness 硬度 HS : > 70

單位換算：

$$1 \text{ MPa} = 1 \text{ N/mm}^2 = 0.102 \text{ kgf/mm}^2$$

$$1 \text{ kgf/mm}^2 = 9.8 \text{ MPa} = 9.8 \text{ N/mm}^2$$

$$1 \text{ Ksi} = 1000 \text{ psi} = 0.7037 \text{ kgf/mm}^2 = 6.89626 \text{ Mpa}$$

附 錄 F

(資料性附錄) -共 8 頁-1/8

精密(岩石)平板平面度的計算 1.(人工計算法)

F.1. 概述

多年來科技進步與產業努力，電腦科技應用普及，平面度的基本計算，國內外都有量測設備製造商配合商品販售可自動計算含有平面度的電腦應用程式，販售授權給購買者使用，雖已進入使用電腦科技年代，但產業大多數使用者並不甚明白平面度的分析計算基本架構，仰賴採購昂貴設備與軟體選擇應用，應知會有昂貴高精度設備工具，不會有高精度軟體，軟體只有程式寫的對不對、好不好用，無關精度；從基本精度要求去選量測工具與設備，再研擬否買版權專屬應用程式運算，或參用本計算選配，異曲同工不必花錢，取決使用者專業學習能力，熟能生巧，明白基本架構的分析反覆演算，自可自如應用。

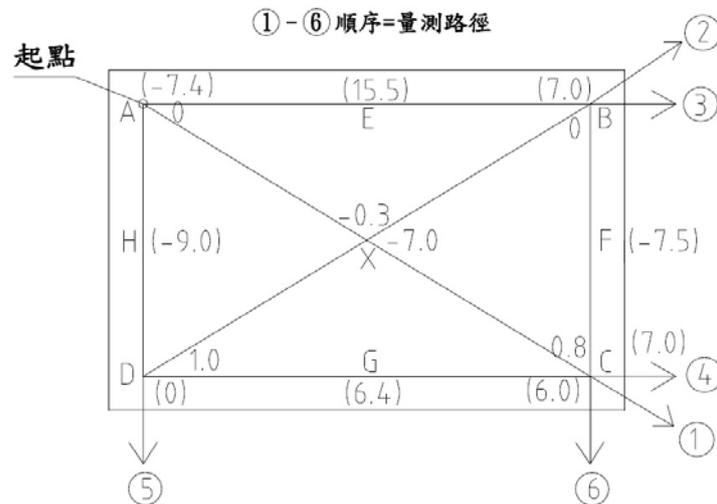
本計算針對人工計算基本應用介紹，版權專屬電腦應用計算程式屬操作法不在此解說。

F.2 人工計算法：

在此我們採用中華民國 70 年 6 月 8 日公布至今未曾修訂 **CNS-7549-B6048** 標準，引用舉例圖解求平面度，更明確說明數據之計算怎麼做出來的。

F.2.1 量測路徑順序

首先看 F.2.1 圖 了解量測路徑順序。



F.2.1. 圖 米字型(對角線法) 量測路徑順序

F.2.2 假設待檢平板尺寸是 400x400x100mm 量測路徑取用 1.2.3.4.5.6 六條直線數據，引用 12 個截面 9 個點，量測原始數據，選擇對角線 565mm 跨距為 268mm，長邊 400mm 跨距為 190mm，短邊 400mm 跨距為 190mm，進程序。為對照 CNS 標準原計算數據至次微米，本說明儀器用 0.001/1000mm 感度的電子水平儀。

附 錄 F

(資料性附錄) -共 8 頁-2/8

精密(岩石)平板平面度的計算 1.(人工計算法)

電子水平儀讀出數值換算量測偏差值需用計算式：

感度 x 跨距 x 讀數 = 代表每一區間量測線值偏差。

例：跨距 268mm 計算 $0.001/1000 \times 268 \times 1(\text{讀數}) = 1$ 讀數的線值偏差 = $0.27 \mu\text{m}$ 。
(註：水平儀單邊提高或塞一張紙如比起點高是凸，讀值用正值，比起點低是凹，讀值用負值)。

採用直線度應用量測計算平面度，本附錄計算方法用簡易法說明，其它兩種：最小平方法在此舉一例說明，最小區域法，不在此敘述。

本計算數據取用至微米(μm)的十分位，沒有帶(-)號一律為 (+)

F.2.3 檢出計算(參照 F.1. 圖 量測路徑順序)

第①條直線	A	X	C	檢出計算得	0.0	-0.3	0.8
第②條直線	D	X	B	檢出計算得	1.0	-7.0	0
第③條直線	A	E	B	檢出計算得	0.0	15.5	7.0
第④條直線	D	G	C	檢出計算得	6.0	6.4	0.0
第⑤條直線	A	H	D	檢出計算得	-7.4	-9.0	0.0
第⑥條直線	B	F	C	檢出計算得	0.0	-7.5	-7.0

F.2.4 用表格看簡易法單直線計算程序

取第①條對角線 A X C 檢出用表格看簡易法計算程序：(見表 F.2.4.)

表 F.2.4.

項目 區間	A	B	C	D	E
	儀器讀數 (格)	換算線值 (μm)	未調水平 (累積值 μm)	調水平 (法線數值)	偏差 (μm)
0 (A)	—		0	0	0
1 (X)	-1	-0.3	-0.3	-0.4	-0.7
2 (C)	4	1.1	0.8	-0.8	0

上述儲存格中數字計算：(位置用行、列表之)

A 行水平儀讀數數值 A0 起點 0 A1=AX 區間=-1 A2=XC 區間=4

B 行換算水平儀數值 B1=-1x0.27=-0.3 B2=4x0.27=1.1

C 行計算出累積數值 C0=0、C1=C0+B1 =-0.3 C2=C1+B2=0.8

D 行為調水平法線數值 D0 =起點= 0 D1=K*1= -0.4 D2=K*2= -0.8

綜合修正量 $K = -(B1+B2)/n = -(0.8/2) = -0.4$ n 為所取跨數

E 行為換算偏差線值 E0 =C0+D0=0+0=0

E1 =C1+D1=(-0.3)+(-0.4)= -0.7

E2 =C2+D2=(0.8)+(-0.8)= 0.

其餘類推，方法相同。

附 錄 F

(資料性附錄) - 共 8 頁-3/8

精密(岩石)平板平面度的計算 1.(人工計算法)

F.2.5 用表格看最小平方法單直線計算程序

取第①條對角線 A X C 檢出用表格看最小平方法法計算程序：(見表 F.2.4.)

表 F.2.5.

x 測點 位置 (mm)	y 量測 線值 (μm)	x^2	x*y	Y (μm)	E 偏差 法線值 (μm)	與簡易法 兩端歸零 做調整比較 (參考)(μm)
0 (A)	0.	0	0	-1.36	1.4	0
268 (AX)	-0.3	7.18×10^4	-80	-0.33	0.0	-0.7
536 (AC)	0.8	28.7×10^4	429	0.74	0.0	0
$\Sigma x=804$	$\Sigma y=0.5$	$\Sigma x^2=36 \times 10^4$	$\Sigma xy=349$	$Y=ax+b$	$E=y-Y$	(調降) $\downarrow -1.4$

由下列計算公式得出： $a=0.004$ $b=-1.4$

計算公式：

$$a = \frac{n \Sigma(xy) - (\Sigma x)(\Sigma y)}{N \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}$$

$$b = \frac{(\Sigma y)(\Sigma x^2) - (\Sigma x)(\Sigma xy)}{N \Sigma x^2 - (\Sigma x)^2}$$

計算：

$$a = \frac{2(349) - (804)(0.5)}{2(36 \times 10^4) - (804)^2} = \frac{698 - 402}{(72 - 64.6)10^4} = \frac{296}{74000} = 0.004$$

$$b = \frac{(0.5)(36 \times 10^4) - (804)(349)}{2(36 \times 10^4) - (804)^2} = \frac{180000 - 280596}{(72 - 64.6)10^4} = \frac{-100596}{74000} = -1.36$$

F.2.6 經由最小平方法算出的偏差法線值比對簡易法算出的偏差法線值，將最小平方法做兩端調零的調整後，數值接近。

差別：簡易法算出的偏差法線值兩端用調零表示。

最小平方法算出的偏差法線值兩端是沒調零表示。

F.2.7 ISO R1101 標準規範的最小區間法算，因解法很複雜，不在此舉例說明。

附 錄 F

(資料性附錄) -共 8 頁-4/8

精密(岩石)平板平面度的計算 1.(人工計算法)

F.2.8 計算檢出說明

取 2 條量測路徑的對角線中央交點 X 調為等高的法線值

- a) 第①條直線 A X C 檢出計算值 0.0 -0.3 0.8
調為偏差法線值 0.0 -0.7 0.0

直線 A X C 調為法線值把兩端歸零，(減 0.8) 降 C 值= 0
因兩區間取值在中央 X 點，會產生調降值 $-0.8 \times 1/2 = -0.4$
所以 X 點調值後 = $-0.3 + (-0.4) = -0.7$

(調降值是用三角比例內插法取兩區間中央值 $\times 1/2$ 定理計算)

- b) 第②條直線 D X B 檢出計算值 1.0 -7.0 0.0
調為偏差法線值 0.0 -7.5 0.0

直線 D X B 調為法線值把兩端歸零，(減 1.0) 降 D 值= 0
因兩區間取值在中央 X 點，會產生調降值 $-1.0 \times 1/2 = -0.5$
所以 X 點 = $-7.0 + (-1.0 \times 1/2) = -7.5$

(調降值是用三角比例內插法取兩區間中央值 $\times 1/2$ 定理計算)

- c) 應用 2 條交叉對角線偏差法線值，求出交叉點 X 等高值

第①條交叉對角線 A X C 偏差法線值= 0 -0.7 0

第②條交叉對角線 D X B 偏差法線值= 0 -7.5 0

為使 X 點成等高，採兩差值為調整值做加減，求兩端之值，

X 點兩差值 $(-0.7) - (-7.5) = 6.8$ (將 X 點升高 6.8)

第①條交叉對角線不調 A X C 法線值= 0.0 -0.7 0.0

第②條交叉對角線調高 D X B 法線值= 6.8 -0.7 6.8

- d) 用 X 點等高值，求出 5 個點基本平面參考點。

原檢出計算：

第③條水平直線 A E B = 0.0 15.5 7.0

第④條水平直線 D G C = 6.0 6.4 0.0

第⑤條垂直直線 A H D = -7.4 -9.0 0.0

第⑥條垂直直線 B F C = 0.0 -7.5 -7.0

參考 5 個基本平面點調整計算：

第③條水平直線 A E B = 0.0 15.4 6.8

第④條水平直線 D G C = 6.8 6.8 0.0

第⑤條垂直直線 A H D = 0.0 -1.9 6.8

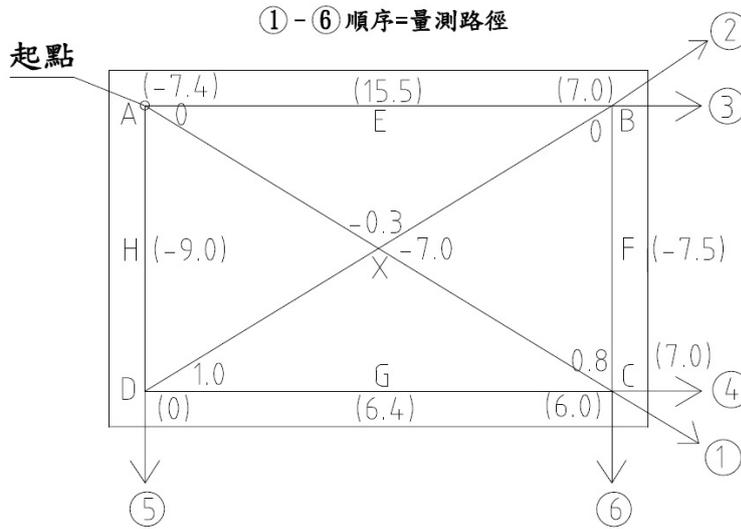
第⑥條垂直直線 B F C = 6.8 -0.6 0

- e) 示意圖：檢出 (F.2.8 圖 1)、做出 (F.2.8 圖 2)：

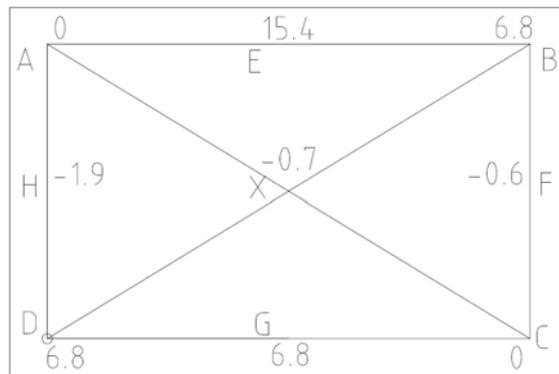
附 錄 F

(資料性附錄) - 共 8 頁 - 5/8

精密(岩石)平板平面度的計算 1. (人工計算法)



F. 2. 8 圖 1 檢出



F. 2. 8 圖 2 調整

F. 2. 9 此時平面度尚未轉換，最高點與最低點之差值為 $15.4 - (-1.9) = 17.3$

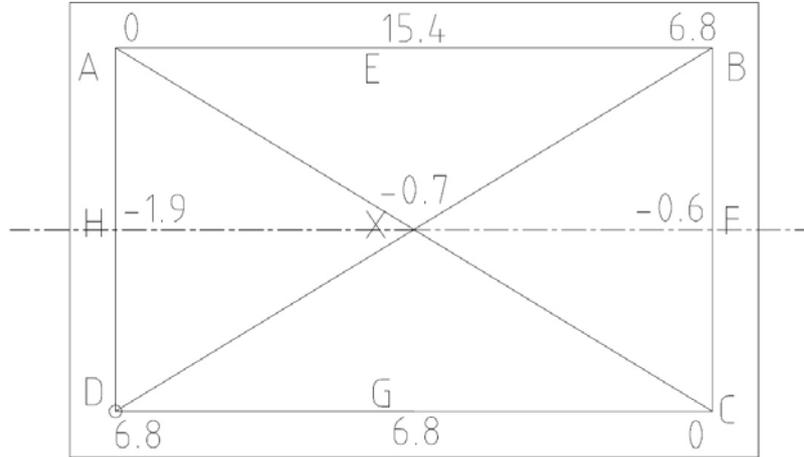
F. 3 為減小不平度，取得更佳計算結果，人工計算允用基面轉換法做多次結果選用，第一次選中心十字轉軸轉換，第二次選交叉非十字轉軸轉換，去旋轉原始理想平面，使轉軸點兩端對應相同值。

附 錄 F

(資料性附錄) - 共 8 頁-6/8

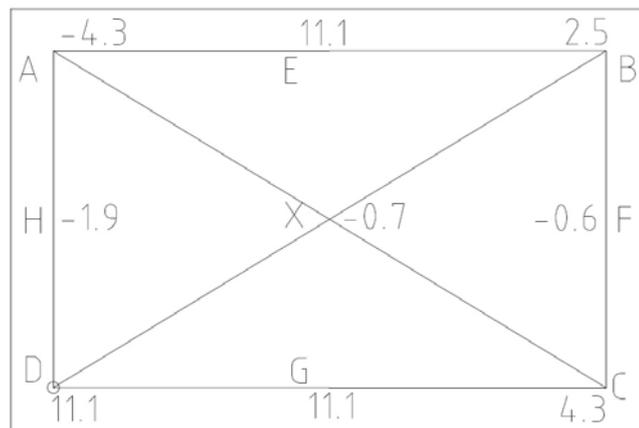
精密(岩石)平板平面度的計算 1. (人工計算法)

F. 3.1 第 1 次基面轉換 (選中心十字轉軸轉換, 見 F. 3.1 圖)



F. 3.1 圖 第 1 次基面轉換

- 在 F. 3.1. 圖中以 H X F 線為平行中心轉軸
- 取轉軸兩邊 E 點 15.4 與 G 點 6.8 的差值 1/2 做旋轉量(經計算為 4.3)
- 將高的一邊 A E B 降 4.3
- 轉軸另一邊 D G C 升 4.3
- 則基面轉換後各點之值如 F. 3.1 圖 2 所示。



F. 3.1 圖 2 基面轉換各點之值

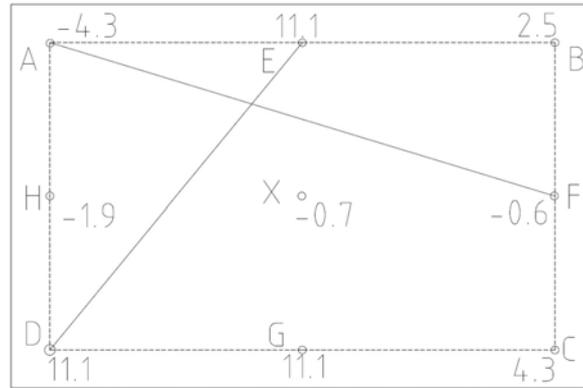
F. 3.1.1 此時理想平面度經第一次轉換, 高點與低點之差值為 $11.1 - (-4.3) = 15.4$

附 錄 F

(資料性附錄) - 共 8 頁-7/8

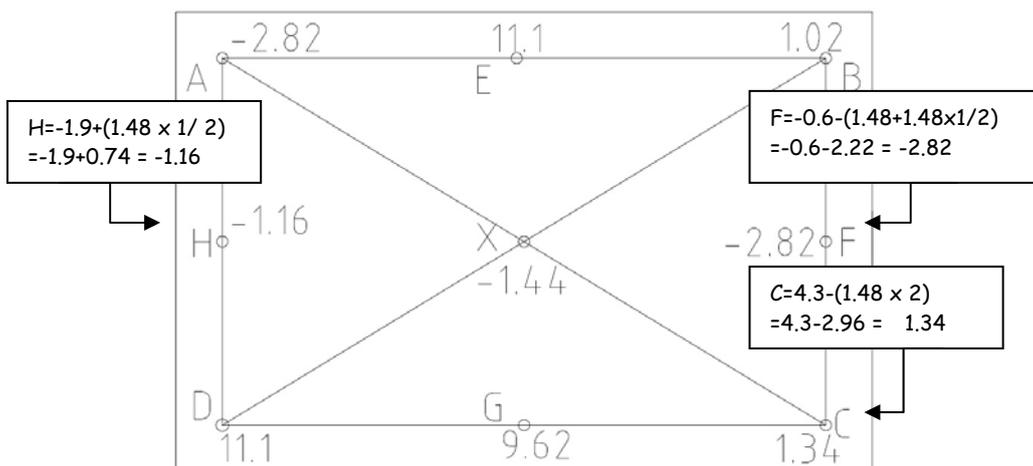
精密(岩石)平板平面度的計算 1. (人工計算法)

F. 3. 2 第 2 次基面轉換 (選交叉非十字轉軸轉換, 見 F. 3. 2 圖)



F. 3. 2 圖 1 第 2 次基面轉換

- a) 第 2 次基面轉換選 D E 等高值為中心轉軸 旋轉 A F 的軸面
- b) 取轉軸兩邊 A 點-4.3 與 F 點-0.6 的差值 2/5 做旋轉量(經計算為 1.48)
- c) 將低的一邊 A 升 1.48 A 點調為-2.82
- d) 將高的一邊 C 降 1.48 C 點轉成-2.82
- e) 旋轉後符合不平度的最小條件。
不平度的最小條件條件是：重合點數據要滿足 $\sum c$ (重複值最大值-重複值最小值) \leq (需求等級精密度)/6。
本範例： $-0.7 \leq 17/6$ 符合 CNS-2# 要求。
- f) 各點之值如 F. 3. 2 圖 2 所示。



F. 3. 2 圖 2 基面轉換各點之值與比例內插法計算得出數值

附 錄 F

(資料性附錄) -共 8 頁-8/8

精密(岩石)平板平面度的計算 1.(人工計算法)

F.3.2.1 此時理想平面度經第二次轉換，高點與低點之差值為 $11.1 - (-2.82) = 13.9$

F.3.3 綜合 F.2.9、F.3.1.1、F.3.2.1 所述，高點與低點之差值為

$F.2.9. (17.3) > F.3.1.1. (15.4) > F.3.2.1. (13.9)$ 。

在 F.3.2.1.(13.9)之值為最小。

因此以 $13.9 \mu\text{m}$ 判定此平台之平面度，依 CNS 標準評定為 2 級符合。

科威納

附 錄 G

(資料性附錄)-共 8 頁-1/8

精密(岩石)平板平面度的計算 2(用 Excel 計算)

G.1 摘要

利用 EXCEL 表軟體來計算平面度，簡單方便，只需在建立好的 Excel 表內輸入平板尺寸、跨距以及測得的數據，即可準確的計算出工作面平面度，可謂一勞永逸，十分方便，對計量檢定人員的工作效率大大提升。

(客戶如要向鑫禾公司索取使用此免費 Excel 程式，請聯繫本公司取得授權。)

G.2 概述

Excel 計算表分三個部分：

- 表頭(見表 G.3.1)，這一部分主要是用來輸入平板的基本信息及跨距，計算出相應係數及要求。
- 核心計算部分(見表 G.3.2)，將量測所產生的數據分別填入相應的單位格中，即可獲得平板上各個點對理想平面的偏差。
- 平面度分佈圖(見表 G.3.3)，我們可以在平面度分佈圖上一目了然地看出平板上各測點的情況，以及三個重合點的數據是否滿足不平度的最小條件要求。
不平度的最小條件條件是：重合點數據要滿足 $\sum c$ (重複值最大值-重複值最小值) \leq (需求等級精密度)/6 的要求才是符合。

G.3 表格的製作過程

本文先就中華民國 70 年 6 月 8 日公布未曾修訂 **CNS-7549-B6048** 標準，引用 400*400*100 mm -2 級平板用對角線評定方法為例，來說明計算表格的程式製作，根據檢定規程的要求，400mm*400mm 的平板量測點應該 ≥ 9 點，我們通常取 9 點對角分佈，共有 6 條線 12 個區間 9 個點，量測原始數據，選擇對角線 565mm 跨距為 268mm，長邊 400mm 跨距為 190mm，短邊 400mm 跨距為 190mm，進行程序。

G.3.1 表格第一部份(表頭)的製作

在表 G.3.1 相應單元格中填入平板的長邊、短邊、對角線、對角線跨距、長邊跨距、短邊跨距。單元格 G3 精度(依 ISO 8512-2 計算式) $= (0.012 \times E3 + 2.5)$ (2 級平板平面度要求 $= 17\mu\text{m}$)；單元格 I4 輸入 “ $=I3 \times 0.001$ ”；單元格 K4 輸入 “ $=K3 \times 0.001$ ”；單元格 M4 輸入 “ $=M3 \times 0.001$ ” (0.001 為使用水平儀感度)。(表 G.3.1 作業參看)

表 G.3.1 表頭

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	岩石平板平面度計算(對角線法)/ $\leq 400 \times 400 \text{mm}$ 測量點數 9 點用															
2	輸入長邊	輸入短邊	輸入對角線	精度	對角線跨距	長邊跨距	短邊跨距	檢出平面度								
3	400mm	400mm	565mm	17 μm	268mm	190mm	190mm	17 μm								
4	精度等級要求 2 級 依據查表為 17 μm 填入 G3				0.27 μm	0.19 μm	0.19 μm	0.19 μm	CNS-2 級							

附 錄 G

(資料性附錄)-共 8 頁-2/8

精密(岩石)平板平面度的計算 2(用 Excel 計算)

G. 3. 2 表格第二部份(核心計算)的製作

G. 3. 2. 1 對角線方向的計算：

步驟一：將採用儀器測得的數據按指定方向依次填入表 G. 3. 2 中單元格 B7~B8。

步驟二：在單元格 C8 中輸入" $=B8-\$B\$7+C7$ "。

步驟三：在單元格 D7 中輸入公式" $=-\$C\$10 \times 1/2+C7$ "，並依次在 D8 的單元格中輸入公式" $=-\$C\$10 \times 2/2+C7$ "。

步驟四：在單元格 E6 中輸入公式" $=D6*\$I\4 "，然後拖曳填充下拉至 E8。

(其餘各面的計算方法中前四步驟都是一樣的，後面的介紹中就不再重覆。)

另一對角線方向的計算：

步驟五：在單元格 K6 輸入公式： $=\$E\$7-\$J\$7+J6$ ，拖曳填充下拉至 K8，

G. 3. 2. 2 水平方向(上邊緣)的計算：

步驟六：單元格 F10 輸入 " $=E6$ "、單元格 F12 輸入 " $=K8$ "、單元格 F11 輸入 " $=\$F\$10+(\$F\$12-\$F\$10)*1/2+E11$ "。

由於水平及垂直各截面的計算方法大致相同，只要認准方向就行了，這裡就不再重複介紹，需注意計算式建構，並非由上往下或下往上，要看最低點位置在上或在下由最低點往高點依三角比例內插法建構才對位，這樣整個計算過程就完成了。

(表 G. 3. 2 作業參看)

表 G. 3. 2 核心計算

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
5		讀數	線值格	水平格	偏差um	偏差um	讀數	線值格	水平格	偏差um	偏差um
6	對角	↘		0	0		↗		0	0	6.8
7		-1		-2.5	-0.7		-26		-28	-7.5	-0.7
8		4	5	0	0		30	56	0	0	6.8
9		讀數	線值格	水平格	偏差um	偏差um	讀數	線值格	水平格	偏差um	偏差um
10	水平	→		0	0	0	→		0	0	6.8
11		81		63	12.0	15.4	34		18	3.4	6.8
12		-45	-126	0	0	6.8	-2	-36	0	0	0
13		讀數	線值格	水平格	偏差um	偏差um	讀數	線值格	水平格	偏差um	偏差um
14	垂直	↓		0	0	0	↓		0	0	6.8
15		-47		-28	-5.3	-1.9	-39		-21.0	-4.0	-0.6
16		9	56	0	0	6.8	3	42	0	0	0

G. 3. 3 表格第三部份(平面度分佈圖)的製作

第三部分是各點平面度分佈情況的對照表，根據量測的方向將表 G. 3. 2 中計算出來的數值 E6~E8、K6~K8、F10~F12、K10~K12、F14~F16、K14~K16 填入表格中各對應位置中，因 9 點量測無三個重複點的數據，只有一個，所以填入單元格 D24、E24、F24 中只有一個，單元格 G30 用來判定重複量測變動量是否滿足規範(重合點的數據是否符合不平度的最小條件要求)。

附 錄 G

(資料性附錄)-共 8 頁-3/8

精密(岩石)平板平面度的計算 2(用 Excel 計算)

G24 表格內輸入 “=IF(MAX(D24:F24)-MIN(D24:F24)>G3/6, "不符合", "符合")”。

在表 G. 3. 3 單元格 O3 中填入代程式 “=MAX(C18:E20)-MIN(C18:E20)”，量測平面度自動連結顯現，計算出結果看表 G. 3. 3。

表 G. 3. 3 平面度分佈圖

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
17			各點所在位置平面度 μm										
18			0	15	6.8								
19			-1.85	-0.7	-0.6								
20			6.8	6.8	0								
21													
22													
23													
24			重複測量變動量	-0.7									
25			9點測量無需滿足IF(MAX(D24:F24)-MIN(D24:F24)>G3/6, "不符合", "符合")要求										
26													

G. 4. 以上是簡單的 3*3=9 點的平板區間法檢定應用計算。

G. 5. 為進階明白，本文再就 630*400mm 的 0 級平板(對角線評定方法)為例，來說明一下計算表的另一個製作過程；根據檢定規程的要求，630*400mm 的平板量測點應該 ≥ 25 點，我們通常取 25 點對角分佈，共有 8 條線 32 個區間量測原始數據，選擇：對角線 746mm 跨距為 180mm，長邊 630mm 跨距為 152mm，短邊 400mm 跨距為 95mm 進行程序。

G. 6. 表格第一部份(表頭)的製作

在表 G. 6 對應單元格中填入平板的長邊、短邊、對角線、對角線跨距、長邊跨距、短邊跨距。單元格 G3 精密度(依 ISO 8512-2 計算式)=(0.003 x E3+2.5) (0 級平板平面度要求=5μm)填上；單元格 I4 輸入 “=I3x0.005”；單元格 K4 輸入 “=K3x0.005”；單元格 M4 輸入 “=M3x0.005” (0.005 為使用水平儀感度)。

表 G. 6. 表頭

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	岩石平板平面度計算(對角線法)/ ≤630x400~1600x1000mm測量點數25點用															
2	輸入長邊	輸入短邊	輸入對角線	精度	對角線跨距	長邊跨距	短邊跨距	檢出平面度								
3	630 mm	400 mm	746 mm	5 μm	180 mm	152 mm	95 mm	4.5 μm								
4	精度等級依據查表填入G3								0.9 μm	0.76 μm	0.475 μm					

附 錄 G

(資料性附錄)-共 8 頁-4/8

精密(岩石)平板平面度的計算 2(用 Excel 計算)

G.7. 表格第二部份(核心計算)的製作

G.7.1 對角線方向的計算：

步驟一：將測得的數據按指定方向依次填入表 G.7 中單元格 B7~B10。

步驟二：在單元格 C8 中輸入" $=B8-\$B\$7+C7$ "，鼠標點選 C8，然後拖曳下拉至 C10。

步驟三：在單元格 D7 中輸入公式" $=-\$C\$10 \times 1/4+C7$ "，並依次在 D8 至 D10 的單元格中輸入公式" $=-\$C\$10 \times 2/4+C7$ "、" $=-\$C\$10 \times 3/4+C7$ "、" $=-\$C\$10 \times 4/4+C7$ "。

步驟四：在單元格 E6 中輸入公式" $=D6 \times I\$4$ "，然後拖曳填充下拉至 E10。

(另一對角線計算方法前四步驟都是一樣的，不再重覆介紹。)

另一對角線方向的計算：

步驟五：在單元格 K6 輸入公式： $=\$E\$8-\$J\$8+J6$ ，拖曳填充下拉至 K10，

G.7.2 水平方向(上邊緣)的計算：

步驟六：單元格 F12 輸入 " $=E6$ "、單元格 F16 輸入 " $=K10$ "、

單元格 F13 輸入 " $=\$F\$12+(\$F\$16-\$F\$12) \times 1/4+E13$ "、

單元格 F14 輸入 " $=\$F\$12+(\$F\$16+\$F\$12) \times 2/4+E14$ "、

單元格 F15 輸入 " $=\$F\$12+(\$F\$16+\$F\$12) \times 3/4+E15$ "。

由於水平及垂直各截面的計算方法大致相同，只要認准方向就行了，這裡就不再重複介紹，需注意計算式建構，並非由上往下或下往上，要看最低點位置在上或在下由最低點往高點依三角比例內插法建構才對位，這樣，整個計算過程就完成了。

表.G.7. 核心計算

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	
5	對角線	讀數	線值 μm	水平 μm	偏差 μm	偏差 μm	讀數	線值 μm	水平 μm	偏差 μm	偏差 μm						
6				0.0	0.0				0.0	0.0	3.2		儀器感度		0.01/1000		
7		22		1.8	1.6			25		1.0	0.9	4.1		儀器感度		0.005/1000	
8		21	-1	2.5	2.3			22	-3	-1.0	-0.9	2.3		儀器感度		0.001/1000	
9		20	-3	2.3	2.0			25	-3	0.0	0.0	3.2					
10	18	-7	0.0	0.0			24	-4	0.0	0.0	3.2						
11	水平	讀數	線值 μm	水平 μm	偏差 μm	偏差 μm	讀數	線值 μm	水平 μm	偏差 μm	偏差 μm	讀數	線值 μm	水平 μm	偏差 μm	偏差 μm	
12		→		0.0	0.0	0.0	→		0.0	0.0	0.2	→		0.0	0.0	3.2	
13		18		1.5	1.1	1.9	26		1.3	1.0	1.8	19		-1.5	-1.1	1.2	
14		16	-2	1.0	0.8	2.3	24	-2	0.5	0.4	2.0	20	1	-2.0	-1.5	0.1	
15		17	-3	1.5	1.1	3.5	24	-4	-0.3	-0.2	2.1	22	4	-0.5	-0.4	0.4	
16	15	-6	0.0	0.0	3.2	25	-5	0.0	0.0	3.0	21	6	0.0	0.0	0.0		
17	垂直	讀數	線值 μm	水平 μm	偏差 μm	偏差 μm	讀數	線值 μm	水平 μm	偏差 μm	偏差 μm	讀數	線值 μm	水平 μm	偏差 μm	偏差 μm	
18		↓		0.0	0.0	0.0	↓		0.0	0.0	2.3	↓		0.0	0.0	3.2	
19		19		-2.5	-1.2	-0.4	20		-1.5	-0.7	1.1	22		3.0	1.4	3.8	
20		21	2	-3.0	-1.4	0.2	24	4	1.0	0.5	1.7	19	-3	3.0	1.4	3.0	
21		22	5	-2.5	-1.2	1.2	22	6	1.5	0.7	1.3	17	-8	1.0	0.5	1.3	
22	24	10	0.0	0.0	3.2	20	6	0.0	0.0	0.1	18	-12	0.0	0.0	0.0		

附 錄 G

(資料性附錄)-共 8 頁-5/8

精密(岩石)平板平面度的計算 2(用 Excel 計算)

G. 8. (平面度分佈圖)的製作

第三部分是各點平面度分佈情況的對照表，根據量測的方向將表 G. 7. 中計算出來的數值 E6~E10、K6~K10、F12~F16、K12~K16、P12~P16、F18~F22、K18~K22、P18~P22 填入表格中各對應位置中，並將三個重複點(D30=E8、E30=K14、F30=K20)的數據分別填入單元格 D30、E30、F30 中，單元格 G30 用來判定重複量測變動量是否滿足規程要求。(重合點的數據是否符合不平度的最小條件要求要求)。

G30 單元格輸入 “=IF(MAX(D30:F30)-MIN(D30:F30)>G3/6, "不符合", "符合")”。

參看表 G. 8. 在表 G. 6 的單元格 O3 中輸入 “=MAX(B24:F28)-MIN(B24:F28)”

得出量測平面度。

表 G. 8 平面度分佈圖

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	
23	各點所在位置平面度 μm														
24		0.0	1.9	2.3	3.5	3.2									
25		-0.4	1.6	1.1	3.2	3.8									
26		0.2	1.8	2.3	2.1	3.0									
27		1.2	4.1	1.3	2.0	1.3									
28		3.2	1.2	0.1	0.4	0.0									
29															
30		重複測量變動量		2.3	2.0	1.7	符合								

※黃色網底的紅色數字為調整等高選擇點
 ※紅色數字為調整選擇點
 ※重複測量變動量黃色網底黑字為三點重複數據

G. 9 以上是進階的 5*5=25 點的平板區間法檢定應用計算。

G. 10. 為高階明白，本文再就 2000*1000mm 的 0 級平板(對角線評定方法)為例，來說明一下計算表的另一個製作過程；根據檢定規程的要求，2000*1000mm 的平板量測點應該 ≥49 點，我們通常取 49 點對角分佈，共有 12 條線 72 個區間量測原始數據，選擇：對角線 2236mm 跨距為 353mm，長邊 2000mm 跨距為 320mm，短邊 1000mm 跨距為 150mm 進行程序。

G. 11. 表格第一部份(表頭)的製作

在表 G. 11 對應單元格中填入平板的長邊、短邊、對角線、對角線跨距、長邊跨距、短邊跨距。單元格 G3 精密度(依 ISO 8512-2 計算式)=(0.003 x E3+2.5) (0 級平板平面度要求= 9.5μm)填上；單元格 I4 輸入 “=I3x0.001”；單元格 K4 輸入 “=K3x0.001”；單元格 M4 輸入 “=M3x0.001” (0.001 為使用水平儀感度)。

表 G. 11. 表頭

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	岩石平板平面度計算(對角線法)/ ≥2000x1000mm測量點數49點用															
2	輸入長邊	輸入短邊	輸入對角線	精度	對角線跨距	長邊跨距	短邊跨距	檢出平面度								
3	2000mm	1000mm	2236mm	9.5μm	353mm	320mm	150mm	6.0 μm								
4	精度等級要求0級 依據查表為9.5μm 填入G3								0.4 μm	0.3 μm	0.15 μm	CNS-0級				

附 錄 G

(資料性附錄)-共 8 頁-6/8

精密(岩石)平板平面度的計算 2(用 Excel 計算)

G. 12. 表格第二部份(核心計算)的製作

G. 12.1 對角線方向的計算：

步驟一：將測得的數據按指定方向依次填入表 G. 12 中單元格 B7~B12。

步驟二：在單元格 C8 中輸入" $=B8-\$B\$7+C7$ "，鼠標點選 C8，然後拖曳下拉至 C12。

步驟三：在單元格 D7 中輸入公式" $=-\$C\$10 \times 1/6+C7$ "，並依次在 D8 至 D12 的單元格中輸入公式" $=-\$C\$10 \times 2/6+C8$ "、" $=-\$C\$10 \times 3/6+C9$ "、" $=-\$C\$10 \times 4/6+C10$ "、" $=-\$C\$10 \times 5/6+C11$ "、" $=-\$C\$10 \times 6/6+C12$ "。

步驟四：在單元格 E6 中輸入公式" $=D6*\$I\4 "，然後拖曳填充下拉至 E12。

(另一對角線計算方法前四步驟都是一樣的，不再重覆介紹。)

另一對角線方向的計算：

步驟五：在單元格 K6 輸入公式： $=\$J\$9-\$E\$9+I9$ ，拖曳填充下拉至 K12，

G. 12.2 水平方向(上邊緣)的計算：

步驟六：單元格 F14 輸入 " $=F6$ "、單元格 F20 輸入 " $=K12$ "、

單元格 F15 輸入 " $=\$F\$14+(\$F\$20-\$F\$14) \times 1/6+E15$ "、

單元格 F16 輸入 " $=\$F\$14+(\$F\$20-\$F\$14) \times 2/6+E16$ "、

單元格 F17 輸入 " $=\$F\$14+(\$F\$20-\$F\$14) \times 3/6+E17$ "、

單元格 F18 輸入 " $=\$F\$14+(\$F\$20-\$F\$14) \times 4/6+E18$ "、

單元格 F19 輸入 " $=\$F\$14+(\$F\$20-\$F\$14) \times 5/6+E19$ "、

由於水平及垂直各截面的計算方法大致相同，只要認准方向就行了，這裡就不再重複介紹，需注意計算式建構，並非由上往下或下往上，要看最低點位置在上或在下由最低點往高點依三角比例內插法建構才對位，這樣，整個計算過程就完成了。

附 錄 G

(資料性附錄)-共 8 頁-7/8

精密(岩石)平板平面度的計算 2(用 Excel 計算)

表.G.12. 核心計算

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
5		讀數	線值格	水平格	偏差um	偏差um	讀數	線值格	水平格	偏差um	調整um					
6	對 角 線	↘		0.0	0.0	2.0	↗		0.0	0.0	2.2		儀器感度		0.01/1000	
7		20		5.7	2.0	4.0	16		2.2	0.8	3.0		儀器感度		0.005/1000	
8		16	-4	7.3	2.6	4.6	16	0	4.3	1.5	3.7		儀器感度		0.001/1000	
9		11	-13	4.0	1.4	3.4	13	-3	3.5	1.2	3.4					
10		12	-21	1.7	0.6	2.6	11	-8	0.7	0.2	2.4					
11		12	-29	-0.7	-0.2	1.8	15	-9	1.8	0.6	2.8					
12	15	-34	0.0	0.0	2.0	12	-13	0.0	0.0	2.2						
13	水 平	讀數	線值格	水平格	偏差um	偏差um	讀數	線值格	水平格	偏差um	偏差um	讀數	線值格	水平格	偏差um	偏差um
14		→		0.0	0.0	2.0	→		0.0	0.0	2.0	→		0.0	0.0	2.2
15		52		10.3	3.3	5.4	38		-5.3	-1.7	0.4	36		-4.8	-1.5	0.6
16		42	-10	10.7	3.4	5.5	56	18	7.3	2.3	4.6	42	6	-3.7	-1.2	1.0
17		37	-25	6.0	1.9	4.0	40	20	4.0	1.3	3.5	41	11	-3.5	-1.1	1.0
18		43	-34	7.3	2.3	4.5	45	27	5.7	1.8	4.1	43	18	-1.3	-0.4	1.7
19	41	-45	6.7	2.1	4.3	41	30	3.3	1.1	3.3	38	20	-4.2	-1.3	0.8	
20	35	-62	0.0	0.0	2.2	40	32	0.0	0.0	2.6	45	29	0.0	0.0	2.0	
21	垂 直	讀數	線值格	水平格	偏差um	偏差um	讀數	線值格	水平格	偏差um	偏差um	讀數	線值格	水平格	偏差um	偏差um
22		↓		0.0	0.0	2.0	↓		0.0	0.0	4.0	↓		0.0	0.0	2.2
23		38		-1.5	-0.2	1.8	38		-7.3	-1.1	2.4	48		8.2	1.2	3.4
24		42	4	1.0	0.2	2.2	56	18	3.3	0.5	3.5	35	-13	3.3	0.5	2.6
25		38	4	-0.5	-0.1	2.0	48	28	6.0	0.9	3.4	40	-21	3.5	0.5	2.6
26		43	9	3.0	0.5	2.6	46	36	6.7	1.0	3.0	38	-31	1.7	0.3	2.3
27	42	13	5.5	0.8	3.0	40	38	1.3	0.2	1.7	43	-36	4.8	0.7	2.8	
28	34	9	0.0	0.0	2.2	44	44	0.0	0.0	1.0	35	-49	0.0	0.0	2.0	
29	水 平	讀數	線值格	水平格	偏差um	偏差um	讀數	線值格	水平格	偏差um	偏差um					
30		48→		0.0	0.0	1.8	49→		0.0	0.0	2.2					
31		50		8.8	2.8	4.9	48		1.3	0.4	2.7					
32		44	-6	11.7	3.7	6.1	50	2	4.7	1.5	3.9					
33		40	-16	10.5	3.4	6.0	43	-3	1.0	0.3	2.8					
34		39	-27	8.3	2.7	5.5	41	-10	-4.7	-1.5	1.0					
35	38	-39	5.2	1.7	4.8	50	-8	-1.3	-0.4	2.1						
36	36	-53	0.0	0.0	3.4	48	-8	0.0	0.0	2.6						
37	水 平	讀數	線值格	水平格	偏差um	偏差um	讀數	線值格	水平格	偏差um	偏差um					
38		51→		0.0	0.0	2.6	52→		0.0	0.0	3.0					
39		36		-7.8	-2.5	0.0	38		-3.3	-1.1	1.9					
40		42	6	-9.7	-3.1	-0.6	44	6	-0.7	-0.2	2.7					
41		41	11	-12.5	-4.0	-1.5	42	10	0.0	0.0	2.9					
42		48	23	-8.3	-2.7	-0.2	45	17	3.7	1.2	4.0					
43	50	37	-2.2	-0.7	1.7	39	18	1.3	0.4	3.2						
44	46	47	0.0	0.0	2.3	40	20	0.0	0.0	2.8						

G.13. (平面度分佈圖)的製作

第三部分是各點平面度分佈情況的對照表，根據量測的方向將表 G.12. 中計算出來的數值 E6~E12、K6~K12、F14~F20、K14~K20、P14~P20、F22~F28、K22~K28、P22~P28、F32、F34、F39、F43、K31、K35、K40、K42 填入表格中各對應位置中，並將三個重複點 (D56=E8、E56=K17、F56=K25) 的數據分別填入單元格 D56、E56、F56 中，單元格 G56 用來判定重複量測變動量是否滿足規程要求。(重合點的數據是否符合不平度的最小條件要求要求)。G56 單元格輸入 “=IF(MAX(D56:F56)-MIN(D56:F56)>G3/6, "不符合", "符合")”。

附 錄 G

(資料性附錄)-共 8 頁-8/8

精密(岩石)平板平面度的計算 2(用 Excel 計算)

參看表 G.13. 在表 G.11. 的單元格 O3 中輸入 “=MAX(B47:H53)-MIN(B47:H53)” 得出量測平面度。

表 G.13 平面度分佈圖

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	
46		各點所在位置平面度 um															
47		2.0	5.4	5.5	4.0	4.5	4.3	2.2									
48		1.8	4.0	6.1	2.4	5.5	2.8	3.4									
49		2.2	2.7	4.6	3.5	2.4	2.1	2.6									
50		2.0	0.4	4.6	3.1	4.3	3.6	2.6									
51		2.6	0.0	3.7	3.0	2.6	1.7	2.3									
52		3.0	3.0	2.7	1.7	4.0	1.8	2.8									
53		2.2	0.6	1.0	1.0	1.7	0.7	2.0									
54		※黃色網底為缺8個點數據補48、49、51、52四條直線滿足7*7=49個點的計出															
55																	
56		重複測量變動量		3.4	3.6	3.4	符合										
57		※重複測量變動量黃色網底黑字為三點重複數據															

G.14. 以上是高階的 7*7=49 點的平板區間法檢定應用計算。

G.15. 總結

根據檢定規程的要求，平板工作面量測點數為： $\leq 400 \times 400 \text{mm}$ 時應 ≥ 9 ； $(630 \times 400 \text{mm} \sim 1600 \times 1000 \text{mm})$ 時應 ≥ 25 ； $> 1600 \times 1000 \text{mm}$ 時應 ≥ 49 ；我們平時所採用的通常為：9 點、25 點、以及 49 點。

用區間法檢定平板工作面的平面度時，會人工計算是理論基礎，但人工計算因步驟多、較繁瑣，容易造成計算錯誤，隨科技發展 Excel 程式已是我們常用的辦公軟體之一，因此把理論套進 EXCEL 程式自動計算，就能改善出錯問題，且建立 Excel 表只需製作三個程式，一般產業基本就能滿足需求了，可謂一勞永逸，十分方便。

附 錄 H

(資料性附錄)-共 3 頁-1/3

精密(岩石)平板平面度的計算 3(用 WINDOW 作業視窗掛相容專用程式計算)

H. 摘要

當今利用 WINDOWS 作業視窗掛專用程式來計算平面度，更簡單方便，只需按視窗要求將設定規範平板尺寸、跨距以及使用計算精密度的水平儀感度、測得的數據輸入表格相關位置，設計程式將依操作者執行量測數據計算，即可正確的計算出工作面平面度，可謂一人努力眾人受惠，十分方便，對計量檢定人員的工作效率大大提升。

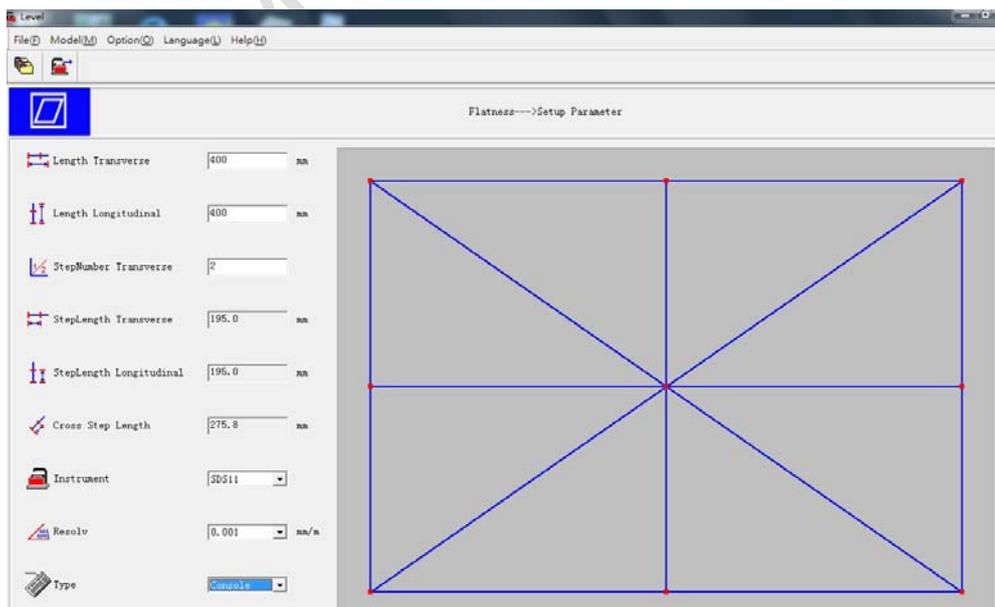
本文仍就中華民國 70 年 6 月 8 日公布未曾修訂 **CNS-7549-B6048** 標準，引用 400*400*100mm-2 級平板用對角線評定方法為例，來說明計算表格的程式，根據檢定規程的要求，400mm*400mm 的平板量測點應該 ≥ 9 點，我們通常取 9 點對角分佈，共有 6 條線 12 個區間 9 個點，量測原始數據，程式在輸入平板的基本信息後自動選擇對角線 565mm 跨距為 275.8mm，長邊 400mm 跨距為 195mm，短邊 400mm 跨距為 195mm，進行程序。

G.2 概述

專用程式的 WINDOWS 作業視窗分三個部分：

- 視窗 1.(見 H.2.1 圖)，這一部分主要是用來輸入平板的基本信息：尺寸、跨距、水平儀感度選擇、測得的數據，為計算出相應係數及要求準備。
- 視窗 2.(見 H.2.2 圖)，在視窗呈現量測所產生的計算數據，已分別呈現在相對應的窗格中，點擊計算連結即可獲得平板上各個點對理想平面的偏差圖形。
- 視窗 3.(見 H.2.3 圖)，我們可以在平面度 3D 圖上一目了然地看出平板上各測點的情況。

G.3 視窗 1.(見 H.2.1 圖) 輸入平板的基本信息



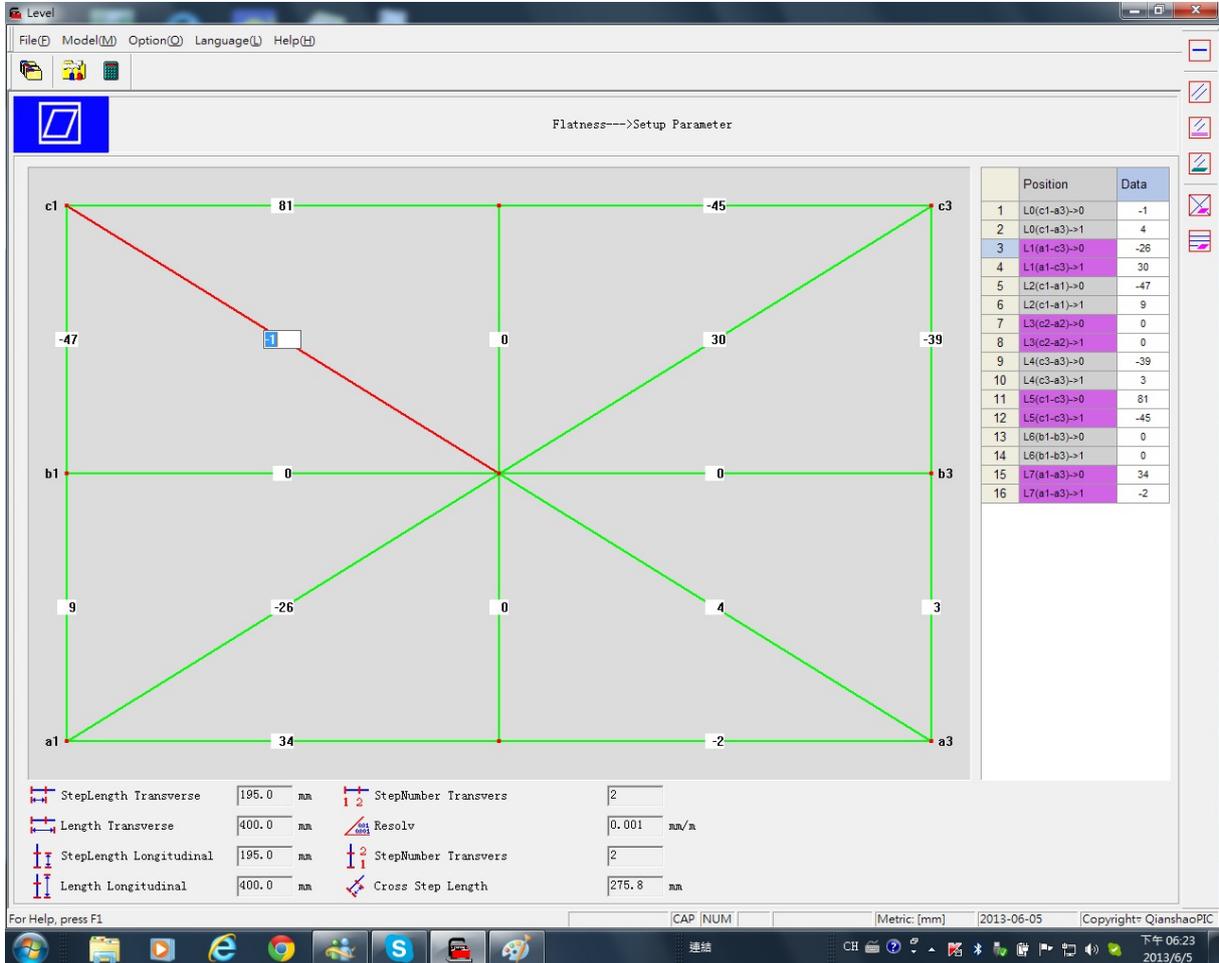
H.2.1. 圖 平板的基本信息輸入

附 錄 H

(資料性附錄)-共 3 頁-2/3

精密(岩石)平板平面度的計算 3(用 WINDOW 作業視窗掛相容專用程式計算)

G.4 視窗 2.(見 H.2.2. 圖) 呈現量測 12 個區間所產生的計算數據



H.2.2. 圖 量測所產生的計算數據

(

註. 量測取用, 有 6 條線 12 個區間 9 個點的數據, 但程式內定, 共有 8 條線 16 個區間 9 個點, 量測原始數據, 程式在輸入平板的基本信息後自動選擇路徑線, 產生三個重複點可用來判定重複量測變動量是否滿足規程要求。

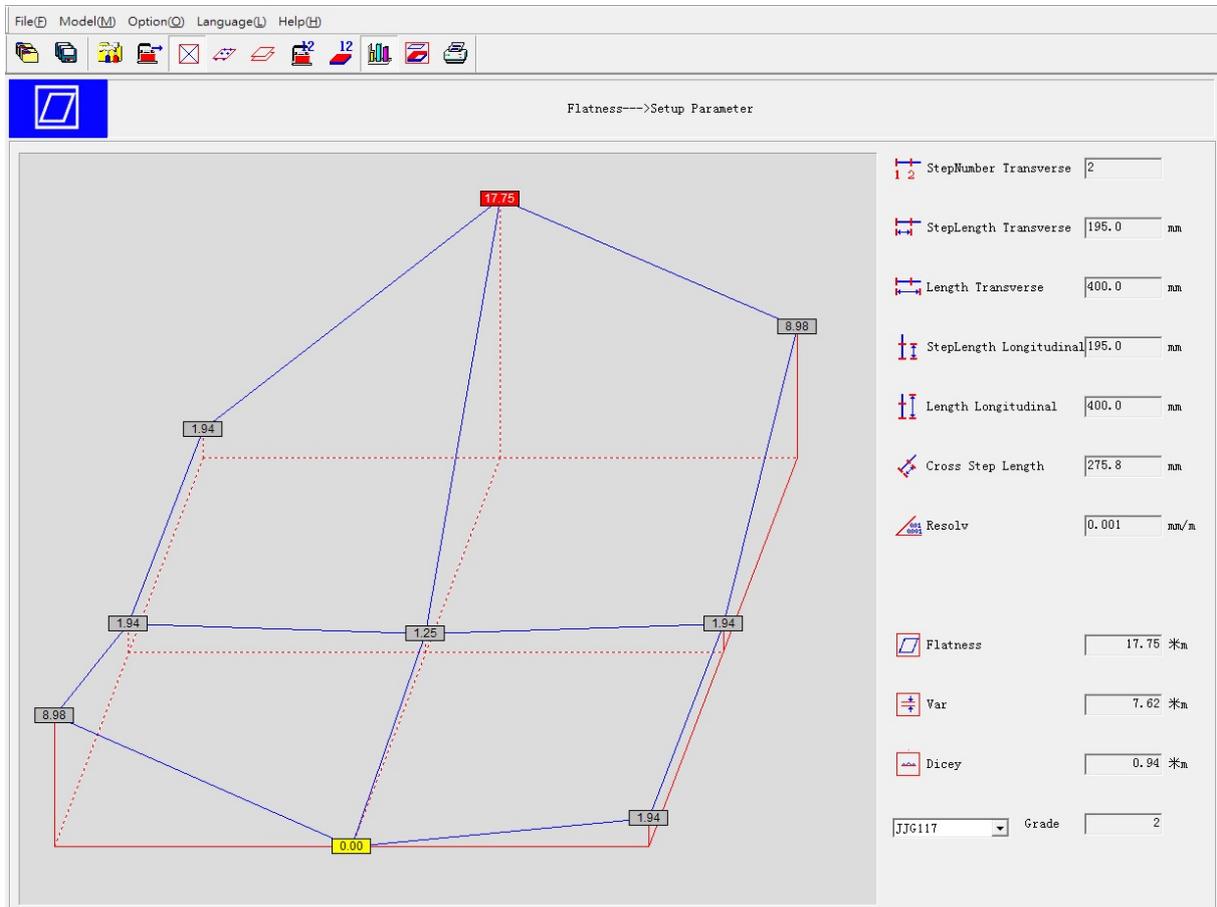
(重合點的數據是否符合不平度的最小條件要求)

G.5 視窗 3.(見 H.2.3. 圖) 平面度 3D 圖

附 錄 H

(資料性附錄) - 共 3 頁 - 3/3

精密(岩石)平板平面度的計算 3(用 WINDOW 作業視窗掛相容專用程式計算)



H. 2. 3. 圖 平面度 3D 圖

H. 6. 總結

根據檢定規程的要求，平板工作面量測點數為： $\leq 400 \times 400 \text{mm}$ 時應 ≥ 9 ； $(630 \times 400 \text{mm} \sim 1600 \times 1000 \text{mm})$ 時應 ≥ 25 ； $> 1600 \times 1000 \text{mm}$ 時應 ≥ 49 ；我們平時所採用的通常為：9 點、25 點、以及 49 點，專用程式可選常規或自選，選點依據條件：採單數點、雙數區間，自選點規劃出的量測直線應滿足足夠取點；應用量測計算平面度方法，專用程式可選用簡易法、最小平方法、最小區域法任一種要求去計算。

採用程式量測平板工作面的平面度時，應先明白人工計算理論基礎，才不會造成沒按規矩的錯誤與笑話進而產生糾紛，科技始終始於人性，專用程式的發展伴隨科技進步對當今產業幫助極大，因此不管使用者財力足不足夠，都應依道德觀行事，尊重創造者智慧，用程式軟體就應買合法授權的，請勿盜版使用違反侵權行為。

附 錄 J

(資料性附錄) - 共 1 頁-1/1

精密(岩石)平板鑲入螺樁之螺紋扭力

J. 鑲入螺樁之螺紋扭力

此為補敘 7-5. 章節，對鑲入平板之螺樁其螺紋扭力不可超出下列建議之最大扭力數值表所規範(表 J.1)，表列為 SUS303 不銹鋼螺樁材質，如有特別需求可訂作其它指定材質。檢查方法是使用一個扭力扳手去測試此工作面和鑲入物拉扯後是否被拔出，至於造成平板的歪曲變形多少？如需規範應訂購前聲明。

表 J.1 精密(岩石)平板鑲入螺樁之螺紋扭力數值表

螺樁規格 (尺寸*牙距) (mm)	D * L * H (外徑*長度*有效牙) (mm)	倒角 45° (mm)	裝配內六角鋼螺絲(分*2 種等級) 建議使用扭力(擰緊力距)測試值	
			Nm(mkg/or kpm)	Nm(mkg/or kpm)
			8.8#等級	12.9#等級
M3xp0.5	10*30*12	C0.5	2.7(0.275)	4.6(0.47)
M4xp0.7	10*30*12	C0.5	2.7(0.275)	4.6(0.47)
M5*p0.8	12*30*12	C1.0	5.5(0.56)	9.5(0.97)
M6*p1.0	12*30*12	C1.0	10(1.02)	16(1.63)
M8*p1.25	16*40*16	C1.5	23(2.35)	39(3.98)
M10*p1.5	22*50*20	C1.5	46(4.69)	77(7.85)
M12*p1.75	22*50*20	C2.0	80(8.16)	135(13.77)
M14*p2.0	25*55*20	C2.0	125(12.75)	215(21.92)
M16*p2.0	30*60*25	C2.5	195(19.88)	340(34.67)
M20*P2.5	36*70*26	C2.5	215(21.92)	380(38.75)
M24*P3.0	40*80*30	C3.0	340(34.67)	400(40.78)
M30*P3.5	50*100*45	C3.0	380(38.75)	500(50.98)

J.1 常用各扭力值換算如下：

$$1\text{Nm}=0.73756\text{ft lb} \quad 1\text{Nm}*8.8507=\text{in lb} \quad 0.01\text{Nm}*141.6112=0.01\text{in oz}$$

$$\text{Nm}*0.10197=\text{mkg(or kpm)} \quad 1\text{kgf-cm}=9.81\text{N-cm} \quad 1\text{mkg}=100\text{cmkg}$$

$$\text{in lb}*1.152=\text{cmkg} \quad \text{ft lb}*0.1383=\text{mkg} \quad \text{cmkg}*0.8677=\text{in lb}$$

$$\text{mkg}*7.233=\text{ft lb} \quad \text{其它換算參考扭力值換算附表。}$$

J.2. 備註

- 執行平板上物件的螺樁固鎖，依選用鋼螺絲等級參看表列扭力值勿超出規範。
- 友善提醒：本公司鑲入的螺樁，它有特殊結構設計超過拉拔力會破壞本體。

附 錄 K

(資料性附錄) -共 1 頁-1/1

精密(岩石)平板的包裝、運輸

K 精密(岩石)平板的包裝。

岩石平板材料為硬脆件，為防運輸與搬運碰撞損傷，或長時間庫存堆棧，必須確實作好包裝保護並對安全考量。唯有作妥包裝保護才是對成品的完美對應，國際標準(除美國聯邦標準)並無規定如何包裝，與此標準說明修正起草，也將其列入。

K.1. 包裝分級

K.1.1 水準 A

K.1.1.1 平板沒超出 **20kgs** 重量的，可個別包裝集中擺置，根據包裝作業，材質將被要求，應採用木材-木板條用釘子釘成的木箱，給予平板至少在 **20kgs** 重量內保護。出口應做好防蛀蟲害處理，一致符合環保作業要求，包裝木箱要有緩和衝擊、牢靠支承在內，此外，這些個別包裝集中擺置的平台，頂端面將被一層柵欄式封蓋保護住，根據商業習性協商執行，質量應一致符合，作為損毀的預防，木箱是封蓋裝訂被鋼帶捆綁的，據此可適用在貨櫃規範，給於運輸刷唛標示與張貼。

K.1.1.2 平板超出 **20kgs** 重量的，將個別包裝個別擺置，根據包裝作業，材質將被要求，應採用木材-木板條用釘子釘成的木箱，給予平板超過 **20kgs** 重量的完善保護。出口應做好防蛀蟲害處理，一致符合環保作業要求，包裝木箱要有緩和衝擊，底板與柵欄式箱蓋採分開製作組合包裝，為保護平台的工作面將覆蓋合適厚度光面透明塑料布，再完整墊鋪瓦楞紙板，蓋上能完全覆蓋保護的柵欄式板條箱蓋，根據商業習性協商執行，質量應一致符合，作為損毀的預防，木箱是封蓋裝訂被鋼帶捆綁的，一致符合放置的平坦部分，據此可適用在貨櫃規範，給於運輸刷唛標示與張貼。

重量超出 **70kgs** 的平板，底板將被修改，底部將依平板重量加上 **50 x 100mm** 以上合適棧板條給堆高起降時用，重量超出 **800kgs** 的平板底部棧板條除用釘子釘成應加上螺栓固鎖達到搬運保護目的。

K.1.2 水準 B。

K.1.2.1 包裝同 K.1.1 水準 A 要求，唯材料以足夠達到保護目的次級品取代，木板改選夾板或纖維板、合成板、紙板取代，可完全密封裝釘，環保訴求不強調，一致符合外地內陸運輸作業要求。

K.2 運輸

K.2.1 平板包裝運輸根據 **K.1.1./K.1.2** 水準選配，外地內陸裝運包裝上需保證搬運人能接受和安全的運送至目的地，出口貨櫃裝運將遵循產業習慣與政府規定制式貨運分類的的需求。

附 錄 L

(資料性附錄)-共 1 頁-1/1

精密(岩石)平板的採購資訊

L. 採購資訊

精密(岩石)平板的採購，購買人應選擇認為較好的，選擇權力被允許依下列資訊提出採購，如果被需求時，製造販售一方依有償、無償的條件提供協助服務。

- a) 精密(岩石)平板採購依據的參考詳細規範說明書、編號、和日期。
- b) 需求的式樣(見 2.1 章)，在式樣二，宜指明是否需要突出邊的，如要，宜指明它是沿著短邊或長邊。
- c) 材料(製作平板的岩石其主要物理性質參見附錄 E)。
- d) 需求精密度等級(見 2.1 章)。
- e) 規格尺寸(見 4. 章，優選規格尺寸見表.4)，厚度有特別需求時另行說明。
- f) 支撐腳的位置佈局(見 7-1. 章和附錄 A1)。
- g) 搭配腳架或腳柱，如果被需求時，工作高度應提出(見附錄 A.)。
- h) 任意局部工作面的平面度允差(見 8. 章 和附錄 B 表 B. 2. a/B. 2. b)。
- i) 保護蓋(墊)，如果被需求時(無償)(見 10. 章)。
- j) 貼標誌牌(見 11. 章)外有特別的註記需求時(有償)。
- k) 異常的載荷條件，如果被需求時(有償)，可詳細說明(附錄 C)。
- l) 螺樁、孔、溝槽、和鑲嵌物，如果被需求時(有償)，(可附圖紙詳細說明)、(螺紋扭力見附錄 J)。
- m) 平面度出廠校驗報告書外，如果被需求第三方公證者(有償)。
- n) 包裝材料的水準，水準 A 如果被需求時(有償)(見附錄 K)。
- o) 給予外表上漆，如果被需求時(有償)。
- p) 大平台的專業協助安裝請求，如果被需求時(有償)。

附 錄 M

(資料性附錄)-共 1 頁-1/1

精密(岩石)平板的統一術語

海峽兩岸大陸與台灣自三通後，交流越來越密切，為產業、學術、文化的便利溝通往來，專業術語之稱呼有所統一必需，為此精密(岩石)平板的標準編修在章節附錄中以字體下標(劃底線)統一術語，做出比較與標準用語參考。

出現 頁次	大陸 用語	台灣 用語	統一 術語	出現 頁次	大陸 用語	台灣 用語	統一 術語
P2	支撐腳	水平頂盤	支撐腳	P17	直線度	真直度	直線度
	螺孔	螺牙孔	螺樁孔	P24	毫米	公厘	毫米
	准确度	精確度	精密度	P25	線膨脹系數	熱膨脹系數	線膨脹係數
	平面度	平坦度	平面度	P25	密度	比重	密度
	整个	整體	整體				
	載荷	負載(荷)	載荷				
	光节度	粗糙度	粗糙度				
P3	长方形和方形	矩形	矩形				
	疵瑕	瑕疵	瑕疵				
	圆整	小數點	圓整				
P5	量测	測量	量測				
	載荷	負載/負荷	載荷				
	支撐腳	水平頂盤	支撐腳				
	合同	合約	合同				
P6	牙套	螺樁	螺樁				
	光节度	粗糙度	粗糙度				
	标牌	貼標	貼標誌牌				
P8	精准度	精確度	精密度				
	光学准直仪	自動視準儀	光學準直儀				
	激光干涉仪	雷射干涉儀	雷射干涉儀				
	平直规	平尺	平直規				
	估计	評估	評估				
	典型基准规	重覆比測儀	重覆比測儀				
	指示计	量表	指示表				
P14	检测	檢驗	量測				

註：如前頁與後頁重複出現術語，不加列。