

行政院所屬各機關報告書

(出國類別： 洽公)

LNG 船計量設備校驗工作

服務機關：中油永安廠
出國人職稱：產品管理師
姓名：薛明勝
出國地區：新加坡
出國期間：90年4月2日至
 90年4月6日
報告日期：90年6月6日

摘要

本報告內容主要敘述有關此次參與 90 年度印尼國營石油公司 "Pertamina" 之 LNG 船 "EKAPUTRA" 於新加坡 Hitachi shipyard 上架維護時，相關計量設備、儀器於大修期間校正維護後，確認其精確度是否在合約範圍以內，以維中油權益。此次參與船上計量設備量測及校驗工作之監證者包括：船方代表、印尼政府代表、印尼國營石油公司、中國石油公司及日本海事檢定協會。

LNG 交易之計量係以船上之計量設備所量測之體積為依據，並依其所含熱值多寡作為計價單位，而 LNG 體積係在船身定位下，儲槽卸料前之液化天然氣體積加上天然氣蒸發氣所含的相當量的體積減去儲槽卸料後之體積，經儲槽內之溫度及壓力之修正計算而得；因此有關計量的設備包括了液位、溫度及壓力及船身俯仰暨傾斜指示器等，此一組計量設備之精確性對於買賣雙方的權益影響甚巨。

此次所監證之儀器設備內容包括：浮球式液位計校驗、電容式液位計校驗、壓力傳送器校驗、溫度傳送器校驗、船身俯仰暨傾斜指示器校驗、線上有效性控制單元展示等工作。經實際檢視各量測系統的準確度，量測結果均符合規格之要求。

本文中亦列出此次 LNG 船 "EKAPUTRA" 上架後更換的溫度元件及壓力元件，及此次監證後的心得與建議。並於會同測試結果所產生的報告列於附錄中。

目 次

摘要	P. 1
目次	P. 2
一、前言	P. 3
二、工作內容	P. 4
三、量測程序及量測結果.....	P. 4
3.1.浮球式液位計(float level gauge).	P. 4
3.2.CT-IV 電容式液位計(main & backup)	P. 5
3.3.CT-IV 壓力系統	P. 5
3.4.CT-IV 溫度系統(service & spare).....	P. 6
3.5.CT-IV 船身俯仰、傾斜系統(trim & list).....	P. 6
3.6.線上有效性控制單元展示	P. 7
四、量測結果.....	P. 8
五、心得與建議	P. 9
六、附錄	P. 10

一、 前言

本報告內容主要敘述有關此次參與 90 年度印尼國營石油公司 (Pertamina) 之 LNG 船 "EKAPUTRA" 於新加坡 Hitachi shipyard 上架維護時，相關計量設備、儀器校正維護後，確認其精確度的過程，並會同紀錄結果。

LNG 交易之計量係以船上之計量設備所量測之體積為依據，並依其所含熱值多寡作為計價單位，而 LNG 體積係在船身定位下，儲槽卸料前之液化天然氣體積加上天然氣蒸發氣所含的相當量的體積減去儲槽卸料後之體積，經儲槽內之溫度及壓力之修正計算而得；因此有關計量的設備包括了液位、溫度及壓力及船身俯仰暨傾斜指示器等。

此一組計量設備之精確性對於買賣雙方的權益影響甚巨，故合約規定船上計量設備之測量及校驗工作，須由公正的公證公司在場監證執行，買賣雙方並派員參加監證。此次由日本海事檢定協會 (NKKK) 以公正的公證單位代表在場執行監證。本人代表買方參與此次 LNG 船計量設備精確性監證，並確認結果在合約規範以內，以維中油權益。

本次行程計劃如下：

四月二日：由高雄國際機場啟程前往新加坡。

四月三日：由 NKKK Singapore, Mr. A. Arulappan 簡報儲槽容量量測程序及工作進度。當天並安排儲槽溫度計校驗、第 4、5 儲槽浮球式液位計校驗工作。

四月四日：有關計量設備的壓力計量測、第 3、2、1 儲槽浮球式液位計校驗工作、電容式液位計準確度測試、俯仰暨傾斜指示器準確度測試、溫度量測準確度測試等。

四月五日：儲槽液位計線上有效性控制單元展示、彙整各項測試資料及檢討測試結果。

四月六日：返程回國

二、 工作內容

船上計量設備量測及校驗工作之監證者包括：船方代表、印尼政府代表、印尼國營石油公司、中國石油公司及日本海事檢定協會。本人榮幸參與此次船上儲槽計量設備測試及校驗工作之監證。

參與此次測試人員

- 1.中國石油股份有限公司：薛明勝
- 2.Directorate of Metrology, Indonesian：Mr. Wahyu Hidayat S.H.
- 3.Directorate of Oil & Gas, Indonesian：Mr. Ahmat Wahyu Wardono
- 4.Pertamina LG/JTG Site Office：Mr. Bambang Irawan
- 5.Pertamina LNG/JMG：Mr. Hamdi Zainal。
- 6.Humulco Trans Inc：Mr. Sutiyarso
- 7.Humulco Trans Inc：Mr. Achmadi
- 8.Nippon Kaiji Kentei Kyokai：Mr. A. Arulappan
- 9.Foxboro Canada Inc： Tadashi Hirai

三、 量測程序及量測結果

此次所監證之儀器設備內容包括：3.1.浮球式液位計校驗、3.2.電容式液位計校驗、3.3.壓力傳送器校驗、3.4.溫度傳送器校驗、3.5.船身俯仰暨傾斜指示器校驗、3.6.線上有效性控制單元展示等工作，各單元測試內容將分別敘述如下。

3.1.浮球式液位計(float level gauge).

浮球式液位計為輔助計量的設備，正常買賣雙方計量是以電容式液位計所顯示為主，以浮球式液位的值作為參考。現場精確度的測試步驟首先以標準鋼尺為工具，校正其零點位置。做完零點校正後，選定各儲槽滿液位之 20%(儲槽 1、5 為 7200mm，儲槽 2、3、4 為 7800mm)及 80%(儲槽 1、5 為 28700mm，儲槽 2、3、4 為 31000mm) 液位作為量測點，量測結果加上鋼尺長度配重修正補償，並紀錄儲槽溫度以作為溫度補償；以標準鋼尺量測每個儲槽之液位，其實際高度並與現場液位指示之讀值比較，並與控制室的面板顯示值比較。確認量測值與實際值誤差是否合乎規格要求。經實地檢視並量

測浮球式液位計的安裝位置、零點校正及準確度。浮球式液位計量測之的容許誤差範圍±7.5mm。經實際檢視各溫度量測系統的準確度，量測結果均符合規格之要求。

完成後將浮球式液位計安置於最高點之存放位置，確認最高指示液位值，且將浮球式液位計鉛封之，以確保買方權益。

3.2. CT-IV 電容式液位計(main & backup)

每一儲槽有兩組電容式液位計，其中一組為主要(main)電容式液位計，另一組為備用(backup)電容式液位計，以主要的電容式液位計作為買賣雙方儲槽液位計量之依據。每組電容式液位計包含 8 組 channel 一組 ref. channel 一組 bottom channel 及一組 top channel。後兩組 channel 為底部及頂部的液位量測用，此二組 channel 為”EKAPUTRA”所專有。

此一階段的量測程序主要在工作主機上進行，在儲槽未進液的情況，由主機接收各模擬儲槽電容式液位計所傳輸的的電位，經轉換而成為各 channel 長度，並將結果輸出至工作站監視器螢幕及印表機(Printer)上，藉由各個 channel 的標準 table 比較其誤差值。並由液位總高度換算其誤差值。

最大系統誤差是採均方跟(root sum squared)誤差為基礎。其公式如下

$$E1=(ES^2+ED^2)^{0.5}$$

E1：最大系統總體誤差

ES：量測元件本身的最大誤差

ED：工作站輸出所顯示誤差

電容式液位計量測之的容許誤差範圍±7.5mm。經實際檢視各溫度量測系統的準確度，量測結果均符合規格之要求。

3.3. CT-IV 壓力系統

當儲槽壓力不同時，造成槽內液化天然氣及 BOG 產生氣密度變化，在相同液位條件下，其所含的天然氣總質量會有所不同；當儲槽壓力上升時密度上升，導致體積一樣下，總質量增加，其熱值亦

增加。反之，壓力下降時密度下降，總質量減少，其熱值亦減少。因此壓力亦為計量設備中之重要元素。壓力迴路的測試前須先做數位式標準壓力表歸零校正，測試時以壓力信號產生器接於迴路上，並依序分別送出 81、110、139、110 及 81 kPa Abs 之壓力信號，測試壓力傳送器及其迴路之準確度，並比較工作站監視器螢幕之顯示值與印表機輸出之數據是否相符，逐一進行量測並檢視其誤差是否合乎規格要求。

壓力量測之的容許誤差範圍 $\pm 1\%$ ($0.006\text{kg}/\text{cm}^2$)。經實際檢視各溫度量測系統的準確度，量測結果均符合規格之要求。

3.4.CT-IV 溫度系統(service & spare)

儲槽溫度為決定買賣雙方權益之重要因素，在相同液位時，不同的液體或氣體溫度，因為溫度導致的密度不同，實際上的質量亦不相同；當溫度上升時密度下降，導致體積相同時，總質量減少，其熱值亦減少。反之，溫度下降時密度上升，總質量增加，其熱值亦增加。因此在計量時，亦需考慮溫度值的影響，以確保準確度。

溫度系統中包括 service 及 spare，兩組系統皆需分別作測試；在校驗溫度的程序中，首先以標準電阻箱模擬溫度變化，由工作人員將電阻箱接於溫度量測迴路上，並分別由電阻箱送出 171 Ω 、297 Ω 及 500 Ω 之電阻值，其對應之溫度分別是 0、-100 及 -160 三點，測試溫度量測迴路之準確度，並比較工作站監視器螢幕之顯示值與印表機輸出之結果是否在容許範圍內。

溫度的容許誤差範圍 40 ~ -145 為 ± 1.5 ，-145 ~ -165 為 ± 0.2 。經實際檢視各溫度量測系統的準確度，量測結果均符合規格之要求。

3.5.CT-IV 船身俯仰、傾斜系統(trim & list)

當船身位置不在水平位置時，其導致儲槽內部液位不正，所量測的結果與實際值產生誤差，因此藉由俯仰、傾斜量測以提供儲槽計量時之修正係數。

俯仰及傾斜迴路系統的測試皆以電流信號產生器輸出模擬不同

程度的電流，測試時以 4 20 mA 標準電流信號產生器接於 I/A 模組迴路上，以輸出模擬各種的電流；傾斜迴路系統的測試方法為分別送出 4 mA、12 mA 及 20 mA 之電流信號，以求得對應之側傾程度分別是 5.0 P、0.0 P 及 5.0 S 三點，並比較工作站監視器螢幕之顯示值與印表機輸出之數據是否相符。俯仰迴路系統的測試方法為分別送出 4 mA、12 mA 及 20 mA 之電流信號，以求得對應之俯仰程度分別是 A 9.64(B/S)、0.00(B/H)及 9.64(B/H)三點，並比較工作站監視器螢幕之顯示值與印表機輸出之數據是否相符。

俯仰及傾斜測量值誤差亦包含量測元件本身的誤差，並依均方根求解平均誤差。此一階段的容許誤差範圍 0.5%，經實際逐一進行檢視各俯仰及傾斜迴路系統的準確度，量測結果均符合容許的範圍以內。

3.6.線上有效性控制單元展示

當電容式液位計在正常操作狀態時，儲槽內液位的變動會引起感測器電容量的變化，電容量的變動又造成流經感測器電流的變化，此微小的交流電流變化信號由液位轉換器模組負責加以檢出並轉換成相對應的直流電壓輸出。液位轉換器模組的輸出再經數位化後送至控制處理器。

本項展示是以控制處理器在手動在操作電容式液位計，藉由控制處理器的輸出電壓值加以改變調整電液位。測試時首先輸出 0.126m 液位電壓值，以模擬液位 ref. channel 區間的底部，然後由不同電壓輸入使得液位上升，直到液位高於第一段 channel 區間以上，在過程中可發現液位是受到輸入電壓的變化而產生。當液位達到第二段 channel 區間以上時(7.5m)，以手動輸入方式輸入一干擾電壓，造成液位計算之誤差，然後檢視液位計系統自行修正誤差的功能。

經實地檢視 CT-IV 的線上有效性控制單元功能，測試結果均符合規格之要求。

四、 量測結果.

4.1.浮球式液位計

浮球式液位計	最大誤差	最大容許值
Local	4 mm	±7.5 mm

4.2.CT-IV 電容式液位計(main & backup)

Main	ES(mm)	ED(mm)	整體誤差(mm)	最大容許值
螢幕顯示值	1.5	1.0	1.8	±7.5mm
印表機輸出值		1.0	1.8	
Backup	ES(mm)	ED(mm)	整體誤差(mm)	最大容許值
螢幕顯示值	1.5	1.0	1.8	±7.5mm
印表機輸出值		1.0	1.8	

4.3. CT-IV 壓力系統(0.800~1.400kg/cm²)

	最大誤差(kg/cm ²)	最大誤差(%)	最大容許誤差(%)
螢幕顯示值	0.003 kg/cm ²	0.50%	±1% (0.006 kg/cm ²)
印表機輸出值	0.004 kg/cm ²	0.67%	

4.4.CT-IV 溫度系統(service & spare)

螢幕顯示值	Main 最大誤差	Backup 最大誤差	最大容許值
@ -160	0.10	0.11	±0.2
@ -100	0.12	0.13	±1.5
@ 0	0.24	0.24	±1.5
印表機輸出值	Main 最大誤差	Backup 最大誤差	最大容許值
@ -160	0.10	0.11	±0.2
@ -100	0.14	0.15	±1.5
@ 0	0.24	0.24	±1.5

4.5.CT-IV 船身俯仰、傾斜系統(trim & list)

TRIM 9.64mB/S~9.64mB/H	ED(%)	ES(%)	整體誤差 (%)	最大容許誤差 (%)
螢幕顯示值	0.00%	0.15%	0.15%	±0.5%
印表機輸出值	0.00%		0.15%	

LIST 5.0deg.P~5.0deg.S	ED(%)	ES(%)	整體誤差 (%)	最大容許誤差 (%)
螢幕顯示值	0.00%	0.11%	0.11%	±0.5%
印表機輸出值	0.00%		0.11%	

五、心得與建議

5.1. 此次 LNG 船 "EKAPUTRA" 上架後更換的溫度元件及壓力元件如下：

溫度元件

Tank 編號	Service/Spare	Sensor 編號	型號	元件編號
1	Service	T-1 top	M/5113	F46736-A20
	Service	T-3 top	M/5113	F46736-A21
2	Service	T-1 top	M/5113	F46736-A23
3	Spare	T-1 top	M/5113	F46736-A12
	Spare	T-2 top	M/5113	F46736-A13
4	Service	T-1 top	M/5113	F46736-A7
5	Service	T-1 top	M/5113	F46736-A16
	Service	T-4 top	M/5113	F46736-A13
	Spare	T-1 top	M/5113	F46736-A17

壓力元件

Tank 編號	型號	元件編號
1	821AL	88N-12650-1A1
2	M/5113	94100422
3	M/5113	88N-12650-1A3
4	M/5113	88N-12650-1A4
5	M/5113	88N-12650-1A5

5.2. 在浮球式液位計校驗工作時，對於液位的確認須配合現場液位計指示與鐵尺所讀到的數據作為比較，並確認控制室所得到的數據是否準確。也就是說在作精確度確認時無法同時兼目擊到三方數值。

5.3. 關於量浮球式液位測結果所需進行的補償是以溫度 20 及 10kgf 配重作為鋼尺標準條件，當溫度高於 20 造成鋼尺尺寸變寬，以致所量到結果變小，故需加上修正量補償，而量測時鋼尺下端並無配重，而標準測試的條件為 10kgf 配重，造成鋼尺尺寸變

窄，所量到結果變大故需減去修正量補償。

$$\text{配重修正補償} = 0.0295 * 10^{-3} * L * 10$$

$$\text{溫度補償} = 14.0 * 10^{-6} * L * (T - 20)$$

其中 L 為量測所得到的尺寸(mm)

T 為該儲槽的平均溫度()

- 5.4. 所有校驗的工具及儀器，皆須經過認證，而此次所使用的量測工具包括鋼尺、氣壓計、玻璃式溫度計、電壓、電流及電阻校準器、壓力校準器等，均由 NKKK 提供認證證明。
- 5.5. 此次監證過程使我更瞭解在卸料前後所列印數據代表的意義，並體會到量測儀器的準確度對於買賣雙方的影響，對未來相關作業執行有很大收獲。就以電容式液位計儲槽液位誤差 1.8mm，以平均約 30m 內徑而言，其體積損失 6.366m^3 (約 3.77KS 的損失)，應屬合理範圍。

六、 附件

.Procedure & Test Results Of CTMS Onboard Test On S.S. "EKAPUTRA", April 2001