

經濟部暨所屬機關因公出國人員報告書

(出國類別：洽公)

LNG 船船艙計量設備校驗監測工作

出國人：服務機關：台灣中油公司天然氣事業部

職務：機械工程師

姓名：莊貴欽

出國地點：新加坡

出國期間：98年12月27日至30日

報告日期：99年03月01日

目錄

壹、摘要	P. 2
貳、出國目的	P. 3
參、出國行程	P. 3
肆、概述	P. 4
伍、計量設備量測、校驗工作程序及測試結果	P. 5
1. 浮筒式液位計系統	P. 5
2. 電容式液位計系統	P. 6
3. 溫度量測系統	P. 7
4. 壓力量測系統	P. 8
5. 船身俯仰暨傾斜指示器	P. 9
6. 貨艙液位計線上有效性控制單元展示	P. 10
陸、心得與建議	P. 12
柒、附錄	P. 14

壹、摘要

近年來由於環保意識高漲，節能減碳已成為重要議題，因液化天然氣（LNG）是非常乾淨的能源，且在全球提倡環保的情形下，故液化天然氣的使用有逐漸增加的趨勢，台灣中油公司每年自國外進口大量液化天然氣（LNG），以供應國內市場所需，目前永安廠是國內最大液化天然氣卸收單位（台中接收站為第二卸收單位），LNG 的計價與卸收數量有著密不可分的關係，而 LNG 卸收數量係以船上之計量設備為依據，故 CTS 計量設備之準確度、穩定度直接影響交易數量之正確性與公正性，因此影響交易雙方之權益甚巨，所以對船上計量設備進行測量及校驗是必要的工作，故檢測及校驗都必須由買賣雙方及公證公司代表會同測試。

此次印尼 LNG 船（GOLAR MAZO）於新加坡（KEPPEL SHIPYARD LIMITED（BENOI））進行例行性上架檢修，並進行相關計量設備之校驗工作，包括：(1) 浮筒式液位計量系統(2) 電容式液位計量系統(3) 溫度量測系統(4) 壓力量測系統(5) 船身俯仰暨傾斜指示器(6) 貨艙液位計線上有效性控制單元展示，由日本海事檢定協會 NKKK（NIPPON KAIJI KENTEI KYOKAI）以公正的公證單位代表執行校驗監證。

貳、出國目的

近年來由於環保意識高漲，節能減碳已成為重要議題，因液化天然氣（LNG）是非常乾淨的能源，且在全球提倡環保的情形下，故液化天然氣的使用有逐漸增加的趨勢，台灣中油公司每年自國外進口大量液化天然氣（LNG），以供應國內市場所需，目前永安廠是國內最大液化天然氣卸收單位（台中接收站為第二卸收單位），LNG 的計價與卸收數量有著密不可分的關係，而 LNG 卸收數量係以船上之計量設備為依據，故 CTS 計量設備之準確度、穩定度直接影響交易數量之正確性與公正性，因此影響交易雙方之權益甚巨，所以對船上計量設備進行測量及校驗是必要的工作。

而計量設備進行測量及校驗的工作的實施是由公正的公證公司執行校驗監證工作，交易雙方派員參與。此次 GOLAR MAZO 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、台灣中油公司代表及日本海事檢定協會（NKKK）代表。校驗工作是由日本海事檢定協會（NKKK）以第三者的公證單位在場執行校驗監證。

此次印尼 LNG 船（GOLAR MAZO）進行相關計量設備之校驗工作，包括：(1) 浮筒式液位計量系統(2) 電容式液位計量系統(3) 溫度量測系統(4) 壓力量測系統(5) 船身俯仰暨傾斜指示器(6) 貨艙液位計線上有效性控制單元展示，綜合上述各項量測校驗結果（如附件一）。

參、出國行程

十二月二十七日：啟程前往新加坡。

十二月二十八日：參與相關計量設備之校驗工作。

十二月二十九日：參與相關計量設備之校驗工作及彙整各項測試資料，檢討測試結果。

十二月三十日：返程回國。

肆、概述

1、參與此次測試人員

- (1) 台灣中油股份有限公司（買方代表）：
莊貴欽。
- (2) THOME SHIP MANAGEMENT PTE LTD.（船方代表）：
Mr. BILL WATTS。
- (3) Pertamina LNG Sales/JMG（賣方代表）：
Mr. ADI KUSTANTO。
- (4) Directorate General of Oil and Gas（印方代表）：
Mr. SUSYANTO。
- (5) Directorate of Metrology（度量衡理事會代表）：
Mr. RUSMIN AMIN。
- (6) NIPPON KAIJI KENTEI KYOKAI（NKKK 日本海事檢定協會代表）：
Mr. TEO KIAN HAN；Mr. YAP SZE CHER, HENRY；Mr. MELVIN CHNG。

2、貨艙計量原理

由於 LNG 船承載之貨物是超低溫（ -162°C ）可燃性液化天然氣，其貨艙必須密閉，計量時無法以類似原油船自貨艙口直接測量液位，以計算交運體積及重量之方式進行，須採取 Custody Transfer System 方式計量，在貨艙內適當位置安裝液位、溫度、壓力等感測器（如圖一），將感測到的物理量傳送至貨艙計量系統中的 CT-IV 電腦工作站進行計量運算，並將結果同時以圖形及數字方式顯示於監視器螢幕，另外並以印表機印出數據，以便做為買賣雙方計算貨物數量之依據。故 CTS 計量設備之準確度、穩定度直接影響交易數量之正確性與公正性，因此檢測及校驗都必須由買賣雙方及公證公司代表會同測試。

本艘 LNG 船 GOLAR MAZO 上共計有五個貨艙，當貨艙裝載 LNG 後，其液位變化會造成電容式液位感測器之電容量產生變化，經由電腦運算後即可轉換為相對之液位值，計算出儲槽內 LNG 之體積。



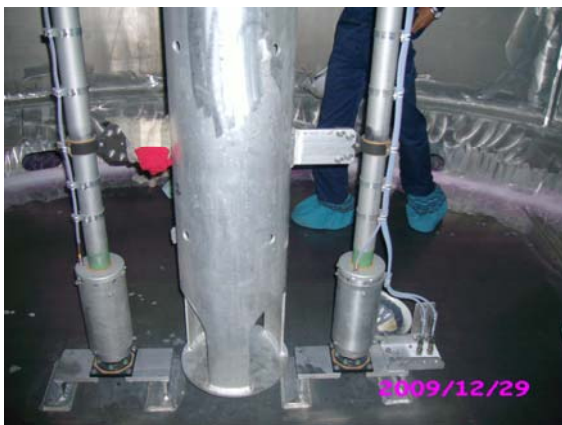
(圖一) 感測器

伍、計量設備校驗工作程序及測試結果

1、浮筒式液位計系統

(1) 零點校正

將浮筒降至 COLUMN 最底部，以雷射測距儀測量浮筒導線從槽頂至槽底最大長度，校正其零點位置。(如圖二、三)



(圖二) 浮筒式液位計



(圖三) 浮筒式液位計零點位置

(2) 準確度測試

做完零點校正後，選定滿刻度範圍之 20%(tank No. 1& 5 為 7148mm； tank No. 2-4 為 7724mm)及 80%(tank No. 1& 5 為 28592mm； tank No. 2-4 為 30896mm)兩個位置測試液位計之準確度，以雷射測距儀

量測其實際高度並與顯示器之讀值比較，確認其誤差是否合乎規格要求。(如圖四)



(圖四) 雷射測距儀量測

(3) 經實地檢視並量測五個貨艙內浮筒式液位計零點校正及準確度，量測結果均符合規格之要求。(如附件二)

(4) 經校正後，槽上的液位錶由 NKKK 人員鉛封。(如圖五)



(圖五) 浮筒式液位錶鉛封

2、電容式液位計系統

電容式液位計量測液位係利用測量元件感應液位變化產生不同之電容量，不同之電容量產生之電流值經由液位轉換模組 (LEVEL CONVERTER MODULE LCM) 轉換為高度值。但因貨艙內尚未進料，無法實際檢測液位，因此採用原製造商提供之乾式校正 (DRY CAL) 方式進行各組電容感應器

之測試，其測試方法如下。

- (1) 首先貨艙計量系統電腦工作站執行 DRY CAL 工作。
- (2) 再進行貨艙計量系統電腦工作站內的 DRY TEST 功能進行測試。
- (3) 檢驗並記錄空槽狀態下之數據，啟動 DRY TEST，分別以每一節電容器之實際值及 DRY CAL 預設之組態規劃值計算每一節之液位數據。
- (4) 檢驗並記錄滿槽狀態下之數據，啟動 DRY TEST，分別以模擬之滿刻度數值計算每一節電容器之液位數據。
- (5) 經實地測試船上五個貨艙內電容式液位計的 DRY TEST 功能，量測結果均符合規格之要求。(如附件三)

應用上述原理，使用模擬器(可調式電容器)將液位信號送入電腦中。從工作站監視器螢幕之顯示值與印表機輸出之數據和已知量測元件的長度及其 COLUMN 高度比較其差異值。

整體精確度可由下列公式計算求出：

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

E1：整體精確度

ED：依據上述方法從電腦顯示的最大誤差值

ES：量測元件之最大電極線性誤差

3、溫度量測系統

CTS 溫度之量測測試係使用可調式電阻器由電腦溫度信號輸入端送入下列三種溫度信號 0°C，-100°C 及 -160°C，從工作站監視器螢幕之顯示溫度與印表機輸出之之溫度與各 SENSOR 出廠測試之值相比對其差異值。

貨艙內的溫度指示器是測量艙內 LNG 之實際溫度，以便在以液位換算成體積時加入溫度補償，確保體積準確度，其測試方法如下：

- (1) 以標準電阻箱模擬溫度變化，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數據是否相符。
- (2) 測試時以電阻箱接於迴路上，並分別送出 171Ω、297Ω 及 500Ω

之電阻值(如圖六)，其對應之溫度分別是 0°C、-100°C 及-160°C 三點，逐一進行量測並檢視其誤差是否合乎規格要求。



(圖六) 標準電阻箱

(3) 經實地檢視並測試五個貨艙溫度量測系統的準確度，量測結果均符合規格之要求。(如附件四)

4、壓力量測系統

壓力量測之目的是為掌握貨艙內液化天然氣的蒸氣壓，其測試方式如下：

- (1) 以壓力信號產生器及數位式標準壓力表，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。
- (2) 測試前須先做數位式標準壓力表歸零校正。
- (3) 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 kpa 絕對壓力之壓力信號，逐一進行量測並檢視其誤差是否合乎規格要求。(如圖七)



(圖七) 壓力量測

- (4) 經實地檢視並測試五個貨艙壓力量測系統的準確度，量測結果均符合規格之要求。(如附件五)

5、船身俯仰暨傾斜指示器

俯仰暨傾斜量測之目的是為提供貨艙容量計算時之修正係數，其測試方式為使用一台精確 4~20mA 電流之電源儀器，依序將欲測試目標值之信號送入 TRIM AND LIST METER，從工作站監視器螢幕之顯示值和印表機輸出之數據與其原規範之值比對其誤差。測試步驟如下：

- (1) 以 4~20 mA 標準電流信號產生器分別模擬船身俯仰及傾斜程度的信號，測試貨艙計量系統內 I/A 模組之準確度，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。
- (2) 測試時以標準電流信號產生器接於 I/A 模組迴路上。
- (3) 以標準電流信號產生器依序分別送出 4 mA、12 mA 及 20 mA 之電流信號(如圖八)，其對應之側傾程度分別是 5.0 P(to port side)、0.0(even)及 5.0 S(to starboard side)三點，逐一進行量測並檢視其誤差是否合乎規格要求。



(圖八) 船身俯仰暨傾斜量測

(4) 以標準電流信號產生器依序分別送出 4 mA、12 mA 及 20 mA 之電流信號，其對應之俯仰程度分別是 9.88m (B/S)、0.0m 及 9.88m (B/H) 三點，逐一進行量測並檢視其誤差是否合乎規格要求。

(5) 經實地檢視並測試貨艙船身俯仰暨傾斜指示器的準確度，量測結果均符合規格之要求。(如附件六)

船上俯仰暨傾斜儀總精確度依下列計算式求得：

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

E1：整體精確度

ED：依據上述方法從電腦顯示的最大誤差值

ES：量測元件之最大電極線性誤差

6、貨艙液位計線上有效性控制單元展示(On-Line Validation Demo)

當電容式液位計在正常操作狀態時，貨艙內液位的變動經感測器電容量的變化，傳送電流變動信號至液位轉換器模組，液位轉換器模組經數位化後送至控制處理器，控制處理器將數位信號轉換成不同刻度範圍及不同工程單位的物理量，控制處理器除了上述功能外，尚允許使用者選擇手動

操作模式，進行貨艙液位計線上有效性控制單元展示。

其測試方式是測試者，執行一次 DRY CAL，然後在控制處理器的輸出端以手動輸入方式引入一干擾電壓，造成液位計算之誤差後，再檢視液位計系統自行修正誤差的功能。(如圖九、圖十)



(圖九) On-Line Validation Demo



(圖十) 控制室內比對

經實地檢視並測試五個貨艙 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。

陸、心得與建議

1. GOLAR MAZO 上架歲修時，新加坡船廠對於時程安排非常順利且準備工作亦相當妥當，故整個維修工作暨快速又完善，非常值得我們學習。
2. GOLAR MAZO 上架歲修時，新加坡船廠對於工安的要求非常嚴格，確實做好各工作細項之作業前檢點工作並且將相關表格擺放至定位，其做事精神及態度值得我們學習。(如圖十一)



(圖十一) 船廠作業檢點表

3. NKKK 與買賣雙方於工作前進行作業前檢點，於工作後進行監測校驗報告討論讓大家確實了解各項工作的重點，確實了解 CTS 的檢測原理，也會注意相關事項。(如圖十二)



(圖十二) 作業討論

4. 此次 CTS 在船廠用心安排以及買賣雙方代表及第三公證公司的配合下，每

日工作前、工作後的檢討使整個測試過程進行頗為順利。

5. 報告中所附測試記錄均為第三公證公司日本海事檢定協會 NKKK (NIPPON KAIJI KENTEI KYOKAI) 會同買賣雙方在現場測試執行校驗監證時所得之數據，故頗具公正性，由本次校驗數據得知，各儀器誤差值均合乎規範要求。
6. 因計量設備準確度與誤差大小直接影響交易金額，而且金額也可能很可觀，因此買方、賣方均非常重視本項校驗工作。

柒、附錄

1. 綜合各項量測校驗結果-----附件一
2. 浮筒式液位計校正結果-----附件二
3. 電容式液位計校正結果-----附件三
4. 溫度量測校正結果-----附件四
5. 壓力量測校正結果-----附件五
6. 船身俯仰暨傾斜指示器校正結果-----附件六