






## 出國報告審核表

出國報告名稱：赴美國 GEH 公司實習反應器 360 度工作平台之維護運用		
出國人姓名(2人以上,以1人為代表)	職稱	服務單位
臧鶴年	十二等機械工程監	第二核能發電廠
出國類別	<input type="checkbox"/> 考察 <input type="checkbox"/> 進修 <input type="checkbox"/> 研究 <input checked="" type="checkbox"/> 實習 <input type="checkbox"/> 其他_____ (例如國際會議、國際比賽、業務接洽等)	
出國期間：100年04月17日至100年04月30日		報告繳交日期：100年06月20日
出國計畫主辦機關審核意見	<input checked="" type="checkbox"/> 1.依限繳交出國報告 <input checked="" type="checkbox"/> 2.格式完整(本文必須具備「目地」、「過程」、「心得」、「建議事項」) <input checked="" type="checkbox"/> 3.無抄襲相關出國報告 <input checked="" type="checkbox"/> 4.內容充實完備. <input checked="" type="checkbox"/> 5.建議具參考價值 <input type="checkbox"/> 6.送本機關參考或研辦 <input type="checkbox"/> 7.送上級機關參考 <input type="checkbox"/> 8.退回補正,原因: <input type="checkbox"/> 不符原核定出國計畫 <input type="checkbox"/> 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容 <input type="checkbox"/> 內容空洞簡略未涵蓋規定要項 <input type="checkbox"/> 抄襲相關出國報告之全部或部分內容 <input type="checkbox"/> 電子檔案未依格式辦理 <input type="checkbox"/> 未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔 <input type="checkbox"/> 9..本報告除上傳至出國報告資訊網外,將採行之公開發表: <input type="checkbox"/> 辦理本機關出國報告座談會(說明會),與同仁進行知識分享。 <input type="checkbox"/> 於本機關業務會報提出報告 <input type="checkbox"/> 其他_____ <input type="checkbox"/> 10.其他處理意見及方式:	

說明：

- 一、各機關可依需要自行增列審核項目內容，出國報告審核完畢本表請自行保存。
- 二、審核作業應儘速完成，以不影響出國人員上傳出國報告至「政府出版資料回應網公務出國報告專區」為原則。

報告人		審核人		單位		總經理
		主管		主管處		副總經理

徐懷瑜 6/30

出國報告（出國類別：實習）

赴美國 GEH 公司實習反應器 360 度  
工作平台之維護運用

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：臧鶴年/十二等機械工程監

派赴國家：美國

出國期間：自 100.04.17 至 100.04.30

報告日期：100.06.20

## 行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：赴美國 GEH 公司實習反應器 360 度工作平台之維護運用

頁數\_\_\_\_ 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話 台灣電力公司/陳德隆/(02)2366-7685

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

臧鶴年/台灣電力公司/核二廠/機械工程監/(02)2498-5990 分機 2640

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他（洽公）

出國期間：100.04.17 至 100.04.30

出國地區：美國

報告日期：100.06.20

分類號/目

關鍵詞：360 度工作平台、燃料吊運

內容摘要：(二百至三百字)

1. 赴美國 Susquehanna 核能電廠觀摩大修期間運用 360 度工作平台之作業情形，順便蒐集了下列相關資訊提供本公司經驗分享：  
蒸汽乾燥器(Steam Dryer)事宜、20%功率提昇(EPU)事宜、用過燃料乾式貯存事宜
2. 赴 GE 總部洽 360 度工作平台之維護運用經驗回饋  
GE 因應 360 度平台併行作業所研發出來的安全裝置，藉由光幕裝置 (Light Curtain)發出的不可見雷射光，交織成一片光幕，以避免燃料台車碰撞，可消除人為管制措失的潛在失誤，更提高作業安全。
3. 赴 GE 核能訓練中心觀摩燃料填換樓之訓練設施及訓練作業
4. 心得與建議: 核二廠日後若要擴大燃料吊運工作與反應爐內組件檢修併行作業範圍，必須對於電廠人員執行之燃料吊運步驟(Fuel Shuffle Plan)、GE 人員執行之爐心檢測作業順序，事先雙方妥善協調後訂出平行作業順序，再加上「良好的管制」才得以進行。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網 (<http://open.nat.gov.tw/reportwork>)

# 目 錄

	<u>頁次</u>
壹、出國任務	5
貳、出國行程	5
參、工作紀要	5
肆、心得與建議	12

## 壹、出國任務

核二廠自從引進奇異公司所設計的反應器 360 度工作平台，並於 97 年／98 年分別安裝於兩部機，迄今已經使用過四次大修，成效良好，每次大修平均可縮短 2.5 天工期，本廠正進一步規劃將燃料吊運工作與反應爐內組件檢修作業儘可能併行作業，期能發揮 360 度工作平台最大效益，因此經由 GE 公司安排前往美國研習 360 度工作平台運轉維護作業，任務內容包括下列三項：

1. 前往 Susquehanna 核能電廠，觀摩其大修期間 360 度工作平台作業情形
2. 前往 GE 公司總部研習 360 度工作平台之維護、運用經驗回饋
3. 前往 GE 公司核能訓練中心，研習燃料填換樓作業訓練

## 貳、出國行程

- 100 年 4 月 17~18 日 往程（台北—紐約(宿紐約)—柏立克, 賓州）
- 100 年 4 月 19~23 日 觀摩 Susquehanna 電廠於大修期間運用反應器 360 度工作平台之作業情形
- 100 年 4 月 24~26 日 赴 GE 總部 Wilmington 洽談反應器 360 度工作平台之維護、運用經驗回饋
- 100 年 4 月 27~28 日 赴 GE San Jose 觀摩核能訓練中心燃料填換樓之訓練設施及訓練作業
- 100 年 4 月 29~30 日 返程（聖荷西—舊金山—台北）

## 參、工作紀要

### (一) 赴美國 Susquehanna 核能電廠觀摩大修期間運用 360 度工作平台之作業情形

Susquehanna 電廠簡介：

電廠位置：賓州中部，位於 Susquehanna River 旁，利用河水作為 Cooling Tower 冷卻水源，員工 1130 人。

電力公司業主：Pennsylvania Power & Light (PPL)。

商轉：Unit 1 June 1983，Unit 2 Feb 1985。

A/E：Bechtel。

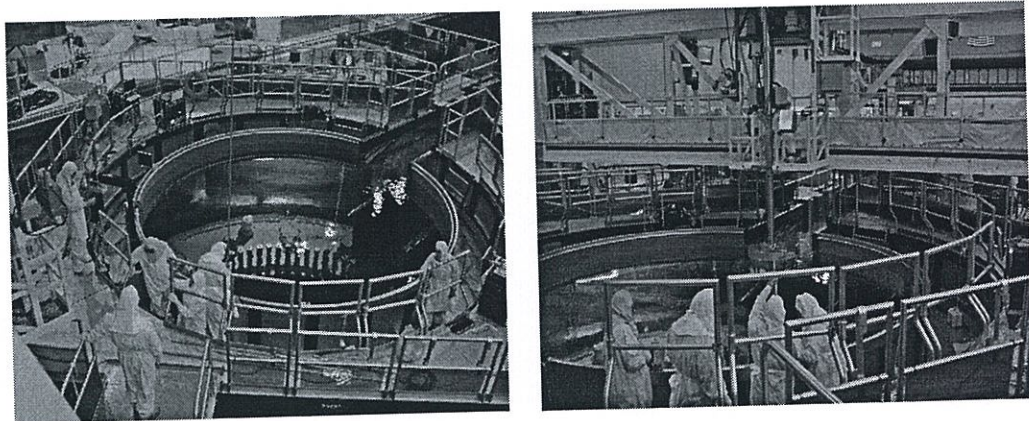
Reactor：GE BWR-4。

Nov, 2009 NRC 核准 Life Extension 20 年。

May, 2011 完成兩部機 20%功率提昇(EPU, 1340MWe)，目前是 US 最大 BWR 機組，24 個月燃料週期。

Susquehanna 電廠 2 號機於 100.4.5 開始 EOC-15 大修，計畫工期 28 天，此次參訪該電廠係透過 GE 駐該廠工地經理 Mr. Darryl Costner 安排，GE 在該廠大修承包服務工作為燃料填換樓全部工作，包括開／回蓋，爐心 IVVI、爐底 CRD 更換等(Fuel Shuffle 未外包，係由電廠人員操作)，工作人員約 80 人，與電廠一次簽訂 4 次大修服務合約。

該廠於 2005 年 3 月安裝 360 度平台，較核二廠早了 3 年，使用成效頗佳，除了 IVVI 工作時程縮短之外，也採取 IVVI 與燃料吊運併行作業，如下照片所示。



Susquehanna 電廠 360 度平台作業情形

因為 IVVI 作業與燃料吊運併行作業涉及燃料台車上操作人員與 360 度平台上操作人員兩組人馬之同時作業，有碰撞之潛在危險，須有良好之管制才可避免人員、設備之損傷，此次刻意安排該電廠大修期間，前往觀摩其作業管制方式，不巧，因為該廠在 IVVI 期間遭遇了一些非預期的延誤(包括 Steam Dryer 檢查時發現焊道 Crack 之突發事件)，以致於燃料吊運時程延後，故參訪期間未能看到併行作業實況，殊為可惜，不過從訪談過程及參閱其管制程序書，瞭解該廠對於 360 度工作平台與燃料吊運併行作業，仍然以人工管制為主(亦即並未採用光幕防碰撞硬體裝置)，其管制方式與本廠目前採取方式大同小異，唯一差別是，該兩項併行作業均是美國人執行，沒有語言溝通之問題，此點與本廠不同，因為本廠執行燃料吊運係由電廠值班同仁擔任，而 IVVI 是美國 GE 人員，因此容易產生語言溝通障礙。為能解決此問題，採用光幕

防碰撞裝置，對本廠而言仍是最終也是最佳解決方案。(關於光幕防碰撞裝置將於後面章節再詳述)

此次難得能到美國 BWR 電廠參訪(尤其是在福島事件之後)，實屬不易，因此把握機會，多方談訪，除了上述 360 度平台相關作業外，亦蒐集了下列相關資訊提供本公司經驗分享：

#### 1. 蒸汽乾燥器(Steam Dryer)事宜

Susquehanna 電廠因為執行 20%大幅度功率提昇，將兩部機的 Steam Dryer 更新，2008 年安裝第一個新的 Dryer (GE 提供)，因為設備出入口(Hatch)空間之限制，新 Dryer 預製時分成兩大件，進了現場再以電焊組合。因為是新的原型設計(Prototype)，依美國 NRC 要求，須執行振動監測與分析，因此在#1 Dryer 裝了 21 個振動監測儀器來蒐集振動資料，運轉一個週期後，才拆除儀器。Grand Gulf 電廠隨後執行 13%之功率提昇，也更換了 GE 設計同型的 Dryer，已不是 Prototype Dryer，因此就不必安裝振動監測儀器。該廠於此次二號機大修時，因為新 Dryer 已運轉了一個週期，因此對 Dryer 作了全面性(Baseline)的焊道檢查，結果發現了 Dryer 有一處焊道裂穿，經以緊急突發方式處理，請潛水員於水下作業，將焊道兩端以鑽孔方式，釋放其應力，防止裂縫繼續成長。(註：本廠過去亦曾以此方式處理 Dryer 洩水 Channel 上的焊道裂縫)

#### 2. 20%功率提昇(EPU)事宜

該電廠於 2005 年大修即開始實施 20%大幅度功率提昇之前期作業(實際規劃期間應該是更早)，由於更換設備眾多，整個 EPU 分為下列三個階段執行：

Pre-EPU Implementation phase (2005, 2006 大修)

EPU Phase I Implementation (2007, 2008 大修)

EPU Phase II Implementation (2010, 2011 大修)

更換的主要設備如下：

F.W. Heaters #3, #4、RFPT、Condensate Demin、RWCU F/D 內部、HP Turbine、CP Impellers、Steam Dryer、Generator Rewind、L/P Turbines 3 串(Siemens)。

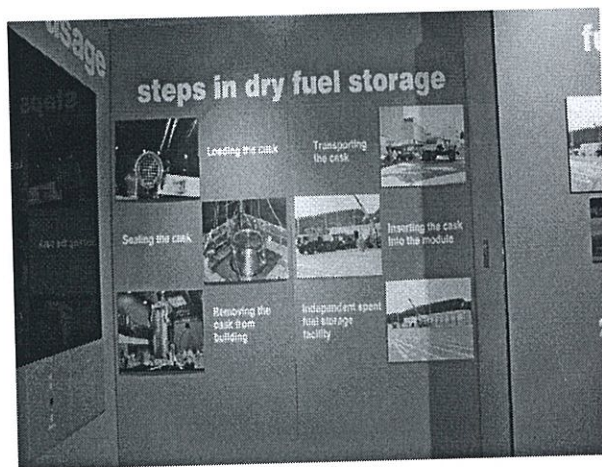
經費：3 億美金(兩部機)

投入人力：A/E 設計人力(Design Engineer)約 60 人(由兩家 A/E 提供)，電廠設計人力約 50 人，以上人力除 EPU 外，同時執行 License Renewal 評估及申請。

由以上可看出，欲執行大幅度功率提昇，涉及眾多重要設備之更換及大量設計人力之投入，且執行計畫期限漫長，從本例可看出，不包括前期規劃、NRC 審核等期間，光是三階段執行即費時 6 年(2005~2011)，若以國內之環境，包括專業技術人力之不足(公司內、外)，採購作業之僵化，若欲執行類似計畫，誠屬不易。不過，經歷福島事件之後，延役或大幅功率提昇計畫均已暫時停止，現階段倒不必預為綢繆。

### 3. 用過燃料乾式貯存

該廠於 2000 年開始執行用過燃料乾式貯存，迄今已有 67 個 CASK 存放於廠內貯存場址。該廠採行之 CASK 裝置與核一、二相似，亦為混凝土護箱，但是其擺放為水平方式，本公司核一、二廠則為垂直方式，該廠於 2010 年 7 月~11 月非大修期間，共裝了 10 個燃料護箱(Canister)，共裝了 610 束用過燃料。其裝填步驟如下圖所示。



用過燃料乾式貯存裝填步驟

該廠擁有貯存作業所需之運送吊運設備，貯存作業期間須嚴格遵守相關作業程序書，以達成下列目標：

①人員劑量管制；②無工安事件；③無異物入侵事件(燃料池…)


### 4. 大修作業管制

每天 2 次大修會議，早上 6 點及下午 6 點各一次，參加人員約 35 人，於大修作業管制中心(Outage Control Center，簡稱 OCC)召開。另外，每天下午 3:00 有類似之小型會議，參加人數約 12 人，站著開會 30 分鐘左右，討論重大之 Critical Items。



大修外部支援人力約 1,700 人(電廠人力除外) [註：本廠大修外界支援人力約 1,300 人。]

大修期間，每日發行大修簡訊，彩色印刷，內容包括工期進度、重大作業訊息等，甚至有一些特別事項之報導、澄清等，例如該廠大修期間遇到突發事件包括 Dryer 焊道裂痕、低壓汽機葉片有龜裂等重大事件，可能影響大修工期，該簡訊則作了適當之說明、澄清，並藉此鼓舞團隊工作士氣，檢附 100.4.21 當天大修簡訊供參考。


U2 15RIO  
*Generating Excellence*

U2 15RIO: Outage Excellence Starts With You!

---

**Shutdown Risk Unit 2:**  
YELLOW

**Thursday, April 21, 2011**  
Day 16

**As of 05:00 hours**  
Plant Status Mode: 5

---

SAFETY/  
Human Performance

	Actual	Goal to date
OSHA's	0	0
Lost Time	0	0
ECP Lvl. 1	66.6	≤99.0
Pers-Rem		
PCE's		
ACR's	2	≤2
HuP Errors	5	≤10

Protected Equipment

- ◆ Supplemental Decay Heat Removal System (SDHR)
- ◆ Division 1 Core Spray
- ◆ Onsite Power Sources Supporting SDHR and Core Spray

Schedule:  
On Schedule

Upcoming Critical Path/  
Major Work Activities:

- ◆ Service Water
- ◆ A Low Pressure Turbine
- ◆ Feed Pump Turbines
- ◆ Jet Pumps

Scheduled inspection identifies additional work:  
Team assembled to resolve turbine blade issues

*Article Contact: Tom Iliadis  
Operations General Manager (ETN 254-3197)*

U2 15RIO workers conducted the first scheduled preventive maintenance inspection on the 'A' low pressure (LP) main turbine and discovered some erosion on the turbine's inner shell and cracking on two turbine blades. "The cracking on the turbine blades was unexpected. Extent of condition requires that we also look at the other two LP turbines on Unit 2 to determine and confirm their condition," said Operations General Manager Tom Iliadis. "This has become one of our pacing priorities during U2 15RIO."

Because the cracked blades need to be replaced, Team Susquehanna is working with turbine manufacturer Siemens to have spare blades flown to Northeast Pennsylvania from Mannheim, Germany, on a date to be confirmed this afternoon.

A dedicated team of nuclear professionals with a defined work space in the S&A Building, 2<sup>nd</sup> Floor (near Turbine Project Coordinator Rick Ellison's office), has been gathered to focus their expertise on the successful resolution of the emergent work surrounding the discovery.

(Continued on Page 2)

Words Worth Remembering

"There isn't a person anywhere who isn't capable of doing more than he thinks he can."  
Henry Ford

U2 15RIO: Outage Excellence Starts With You!

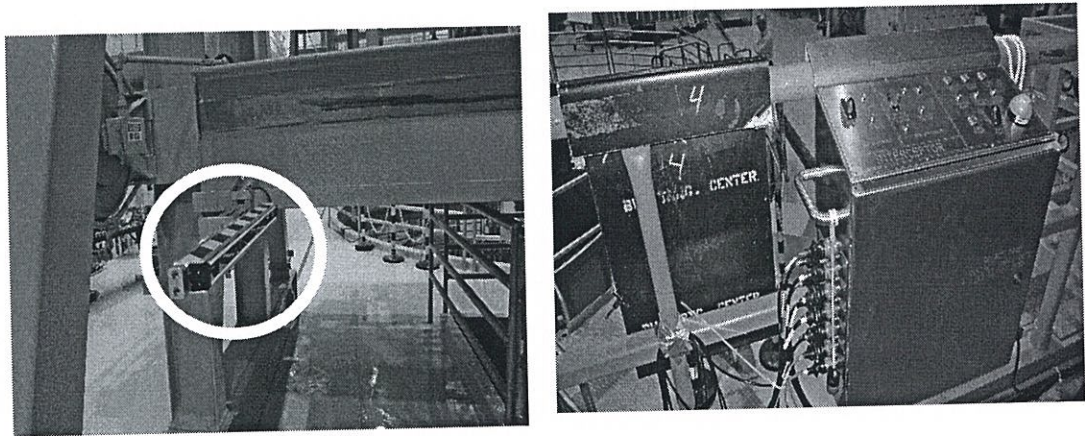
## (二) 赴 GE 總部洽 360 度工作平台之維護運用經驗回饋

1. GE 核能總部位於北卡羅萊納州的威明頓(Wilmington)，係靠著東岸大西洋的城市，由於參訪期間適逢福島事件之後約一個多月，因此，先瞭解 GE 對此有無因應，據告，因應福島事件，該公司已成立一個專案應變小組，設臨時 Office，24 小時有人輪值，以因應任何相關詢問，迄今已回覆了 400 多個問題，包括本公司核一廠提出的若干問題(例如用過燃料池疑似洩漏問題、防海嘯閘門設計高程等)

2. GE 公司自 2001 推出第一代之 360 度工作平台，迄今已有 20 幾座實績，普遍受到肯定，由於可允許在爐心上方多點同時進行爐心檢測、修理工作，又能和燃料吊運工作平行作業，因此對大修反應爐工期之縮短有相當助益。本公司核二廠於 2008 年安裝後，迄今兩部機各有 2 次大修實績，平均每次大修約可節省 2.5 天要徑工期，以投資金額 700 萬美金而言，早已收回投資。本廠 360 度平台改善效益亦獲得了「亞洲電力雜誌 2010 年度最佳亞洲運轉維護計劃獎」，替本公司爭取了國際間的榮譽。

本廠為充份發揮 360 度工作平台之效益，正在思考如何將燃料吊運工作與爐心檢測工作儘量安排平行作業，以縮短反應器工期。以目前而言，燃料台車與 360 度平台併行作業時段仍有限，儘有第一階段的吊出舊燃料期間(約 2 天)，GE 人員同時於 360 度平台執行管嘴沖洗(Nozzle Flushing)作業。至於第二階段的燃料挪移期間(約 6 天)，尚未與 GE 的 IVVI 爐心檢測作業併行，主要考量因素是燃料吊運係由本廠值班人員以燃料台車執行，而 360 度平台爐心作業係由 GE 人員執行，兩組人馬之間的協調、語言障礙、爐心作業順序、範圍等問題尚未充份溝通與協調，而國外電廠通常係 GE 統包作業，較無此介面問題。因此，併行作業運用較為廣泛，本廠日後若想要擴大併行作業範圍，仍有賴對於燃料吊運步驟(Fuel Shuffle Plan)、GE IVVI 順序，事先雙方妥善協調後訂出執行順序，再加上「良好的管制」才得以進行。至於「良好的管制」，除了以程序書詳細規定遵守外，加裝光幕防碰撞裝置應是有效的輔助工具，所謂「光幕防碰撞裝置」，係 GE 因應 360 度平台併行作業所研發出來的安全裝置，其原理是將光幕裝置(Light

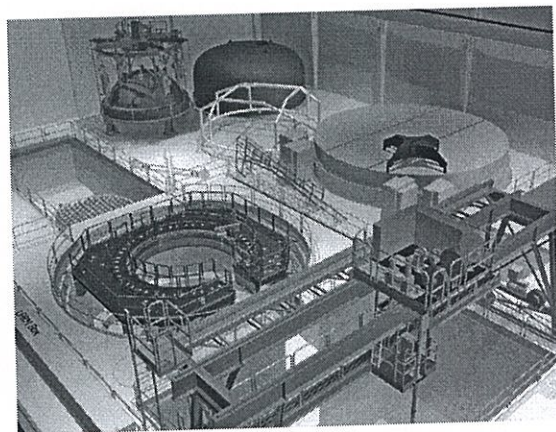
Curtain)裝在燃料台車兩側輪子上方適當高度，藉由兩側發出的不可見雷射光，交織成一片光幕，當併行作業時，燃料台車底下的 360 度工作平台有突出物(例如人員、工具等)高度超過光幕時，燃料台車驅動輪即自動切電停止移動，以避免碰撞。藉由此安全裝置，可消除人為管制措失的潛在失誤，可更提高作業安全。



燃料台車光幕防止碰撞裝置

3. 本公司核一廠之前對於 360 度平台裝設曾有疑慮，認為核一廠燃料填換樓空間狹小，裝設 360 度工作平台恐有困難，經過 GE 公司多次現場丈量並以電腦動畫模擬各大組件之搬運順序、儲放位置等，認為技術上可行，已提出建議案。

其配置圖如下：



核一廠 360 度工作平台之佈置模擬圖

近日福島事件，使得核一、二廠延役計劃暫時終止，核一廠是否如期停役，亦成爲議題，因此，360 度平台是否要裝置，值得更進一步探討。

### (三) 赴 GE 核能訓練中心觀摩燃料填換樓之訓練設施及訓練作業

1. GE 核能總部雖已遷移至東岸之 Wilmington 城市，惟仍保留西岸 San Jose 之核能訓練中心及部份工具設計部門，此次前往訓練中心，主要即觀摩其訓練設施之一，燃料台車上所裝設之「光幕防碰撞裝置」(已於本文前面章節敘述)，由於 GE 所研發出之該裝置已於 2009 年裝在 Dresden 電廠，2010 年裝在 Clinton (與本廠同型之 BWR-6 廠)，Vermont Yankee 廠，已有應用實績。本廠未來可積極考慮裝設，以提高 360 度平台併行作業之安全性。

## 肆、心得與建議

- (一) 因爲 IVVI 作業與燃料吊運併行作業涉及燃料台車上操作人員與 360 度平台上操作人員兩組人馬之同時作業，有碰撞之潛在危險，本廠日後若想要擴大併行作業範圍，仍有賴對於本廠人員執行之燃料吊運步驟(Fuel Shuffle Plan)、GE 人員執行之爐心檢測作業順序，事先雙方妥善協調後訂出平行作業順序，再加上「良好的管制」才得以進行。至於「良好的管制」，除了以程序書詳細規定遵守外，加裝光幕防碰撞裝置應是有效的輔助工具。