

# 塔式起重機之組裝爬升拆卸作業安全管理與防災對策

毛昭陽

高雄市政府勞工局勞動檢查處

## 摘要

塔式起重機為一種塔身豎立，起重臂組裝於塔身頂部並可回轉的伸臂型起重機。由於塔式起重機的起重臂與塔身構成 T 型結構，故能比其他類型的起重機更靠近建築物，工作幅度的利用率更高，因而特別適用於大樓興建及土木工程。在國內，尤以高層建築的施工建設過程中，因塔式起重機的使用，大大提高了施工進度，降低營造成本，故一直為國內營造工程所廣泛應用。

但若營造業及塔式起重機租賃業的管理不落實，或機械本身不符合安全要求，就易導致重大的工安事故，造成重大的生命與財產損失，其安全使用與管理問題不容忽視。如 93 年 10 月 25 日臺北縣三峽鎮新建大樓塔式起重機遭納坦颱風吹襲倒塌，壓損民宅之意外；98 年 4 月 24 日大陸廣東省旅行團，乘坐遊覽車經台北市一處工地，遭高空中掉落的起重臂，砸中遊覽車後半部，造成大陸旅行團 3 死 3 傷之重大傷亡災害。如此慘痛教訓不能不引起深思。

本文擬針對目前塔式起重機組裝、爬升、拆卸等作業，探討其作業方法、災害類型與原因分析，進而提出安全管理之重點與防災對策，以供相關行業參考。

## 壹、前言

起重機吊升荷重達 3 公噸以上者為勞工安全衛生法所稱危險性機械，必須經檢查機構檢查合格，由此可見政府對起重機械使用安全的重視。近年來，隨著建築物的大型化和高度提升，為提升施工效率，各營造工地傾向於使用各種大型的塔式起重機進行作業。以鋼樑吊升作業而言，通常都使用大型塔式起重機來提升吊升作業的效率。然而塔式起重機在進行作業時，往往由於人為疏失，或是設備出現故障等會造成重大傷亡事故。

塔式起重機符合起重升降機具安全規則第 2 條「在特定場所使用動力將貨物吊升並將其作水平搬運為目的之機械裝置」之規定，屬固定式起重機，需依勞工安全衛生法、起重升降機具安全規則及固定式起重機安全檢查構造標準等法令辦理相關安全管理事項。其組裝爬升拆卸作業之中，尤以塔式起重機在進行爬升作業時，常是最危險的作業，其意外災害所造成的傷亡往往也最為嚴重。歷年來國內外發生幾起塔式起重機的重大災害，大都是在其進行爬升作業時所造成的，究其原因，主要是作業人員未確實依照標準程序操作或是操作程序錯誤。塔式起重機不論是外爬式或是內爬式塔式起重機，當其在爬升過程中均利用油壓千斤頂使其向上爬升。但在爬升過程中，塔式起重機均處於平衡狀態，此時塔式起重機的重量，全靠爬升裝備支撐，所以一旦在爬升過程中有任何操作失誤或是機器設備

故障，即可能造成整座塔式起重機的倒塌。

再者，相對於塔式起重機的組裝和拆卸程序而言，塔式起重機的爬升作業程序雖較為簡單許多，但由於其作業的重複性大，又是多人多位置作業的型態，受外界的影響極大，稍有不甚，就可能發生重大災害事故。是以，落實作業人員的專業培訓與安全教育，以避免因不熟悉作業程序，而造成操作失誤等狀況，徒增作業時的危險性。又在遵守作業程序的方面，為避免作業人員為節省時間而省略步驟，亦實有必要進一步加強作業人員的教育訓練和監督人員的管理。

對於塔式起重機組裝爬升拆卸作業之災害的防制，除加強實施機械的自動檢查外，也應確實按照標準操作程序操作。然塔式起重機的操作程序方面，常因內容本身不夠明確，使得作業員無法確實按照標準操作程序操作，使得作業時容易發生事故。因此，本文提出安全改善對策，以建立塔式起重機組裝爬升拆卸作業之安全注意事項，提供作業者進行組裝爬升拆卸作業重要參考外，以使塔式起重機組裝爬升拆卸作業更趨安全，減少意外的發生。

## 貳、國內塔式起重機使用狀況

### 一、塔式起重機種類

塔式起重機因設計廠商及使用目的的不同，可以分為固定於地面基礎或建築物結構內並可爬升的固定式塔式起重機或固定於軌道或履帶、輪行車輛上可移動的移動式塔式起重機。在國內常見的塔式起重機形式，依起重伸臂形式，可分為三類：鉗頭型、俯仰型及平頭型塔式起重機，分別如圖 1、圖 2 及圖 3 所示。

目前國內使用的吊升荷重超過 3 公噸以上之塔式起重機，多為外國進口的機種，諸如西班牙 COMANSA 公司與澳洲 FAVCO 公司所製造。雖然生產國家不同，但其爬升原理大同小異，皆主要是利用油壓千斤頂，將塔柱向上頂升。

塔式起重機的使用可以依工地及建築物形狀之不同而採不同的爬升型式，依爬升型式區分，可分成內爬式和外爬式兩類[1]，如圖 4 所示。雖然說塔式起重機的爬升方式有外爬式和內爬式兩種，但是只要有爬升的設備，並且考量建築工地環境等，各廠牌的塔式起重機均有進行外爬式或是內爬式爬升作業的機種。



圖 1 鉗頭型塔式起重機

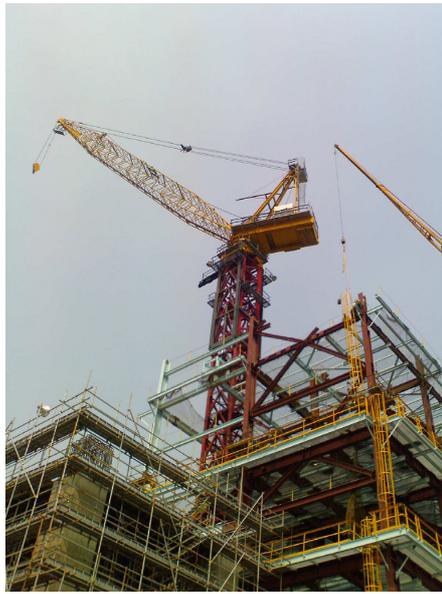


圖 2 俯仰型塔式起重機



圖 3 平頭型塔式起重機



(a)



(b)

圖 4 塔式起重機 (a)外爬式 (b)內爬式

## 二、內爬式與外爬式塔式起重機之差異分析[2]

### 1. 內爬式之有效施工能力較外爬式大

內爬式塔式起重機組裝於建築物內部，其施工面為整圓周，有效作業能力高；外爬式塔式起重機組裝在建築物一側，其施工面為半圓。所以，可以利用吊升荷重小的內爬式塔式起重機代替吊升荷重大的外爬式塔式起重機，減少塔式起重機的數量。

### 2. 內爬式之製作成本較外爬式低

內爬式塔式起重機可隨建築物結構增高而相對爬升，並不需隨樓層升高而增加塔節，所以整台塔式起重機所耗鋼材少，製作費用低。外爬式塔式起重機需構築塔式起重機基礎和附牆預埋件，有效施工能力小，相對吊裝量也小。

### 3. 內爬式之安全性較外爬式佳

在狹窄工地起伏式起重臂作業的安全性比水平式起重臂作業的安全性佳。另外，由於內爬式塔式起重機塔身不高，塔式起重機底座和部分塔節位於建築物內部，所以整座塔式起重機的受風面積小，抗風能力強。

綜此，因為內爬式之塔式起重機的高度為固定，只要配有足夠的電纜線及鋼索，即可適用於不同高度的樓層建築。且其吊臂在應用於同一建築物時，通常要比外爬式所需者短，在成本效應上較為經濟，可說蓋得越高省得越多，顯見內爬式塔式起重機比外爬式塔式起重機更勝一籌，但是內爬式塔式起重機基座位於建築物結構內，建築物結構開口處需特別補強，這是其缺點。因此，國內相關廠商基於建築物的大型化及經濟上的考量，絕大部份採用內爬式爬升方式。

## 三、塔式起重機安全裝置之構造、功用等原理

塔式起重機之安全裝置依「固定式起重機安全檢查構造標準」規定，必須裝設的安全保護裝置有(如圖5)：

1. 過捲預防裝置：可使吊鉤觸及起重伸臂端部之前，捲揚機構自動斷電，以防止過捲。過捲預防裝置，一般大都使用極限開關。
2. 過負荷預防裝置：確保在起重機運轉超過能力範圍以上時，能自動限制使用及發出警報。過負荷預防裝置有使用機械式、油壓式、電氣式或電子式等。
3. 伸臂傾斜角之指示裝置：具有起伏動作之伸臂起重機，應於操作人員易見處，設置伸臂傾斜角之指示裝置。
4. 安全閥及逆止閥：使用液壓或氣壓為動力之固定式起重機之吊升裝置及起伏裝置，應設置防止壓力過度升高之安全閥及防止液壓或氣壓異常下降，致吊具等急劇下降之逆止閥。
5. 防止吊掛用鋼索等脫落之阻擋裝置：吊鉤應設置防止吊掛用鋼索等脫落之阻擋裝置等。
6. 車輪阻擋器：鏈頭型伸臂起重機之橫行軌道，應在其兩端或適當場所設置緩衝

裝置、緩衝材或相當於吊運車輪直徑1/4以上高度之車輪阻擋器。

除上述法定必須裝設的安全裝置或緩衝裝置外，一般現場竣工檢查時，實際上會另裝設有：(1)伸臂俯仰角度限制裝置：用來限制俯仰型塔氏起重機吊臂的俯仰角度範圍，即時發出警報，到達極限位置時，自動切斷電源。(2)橫行小車限制裝置：用來限制鏈頭型塔氏起重機之橫行小車的移動範圍。(3)背向止動桿：當伸臂俯仰角度限制裝置失效時之實體限位器，以防止俯仰型塔氏起重機吊臂過仰的狀況。(4)回轉限制裝置：用來防止塔氏起重機同一旋向的旋轉圈數過多，使連接線路遭扯斷。(5)風向風速儀 (6) 避雷針系統。

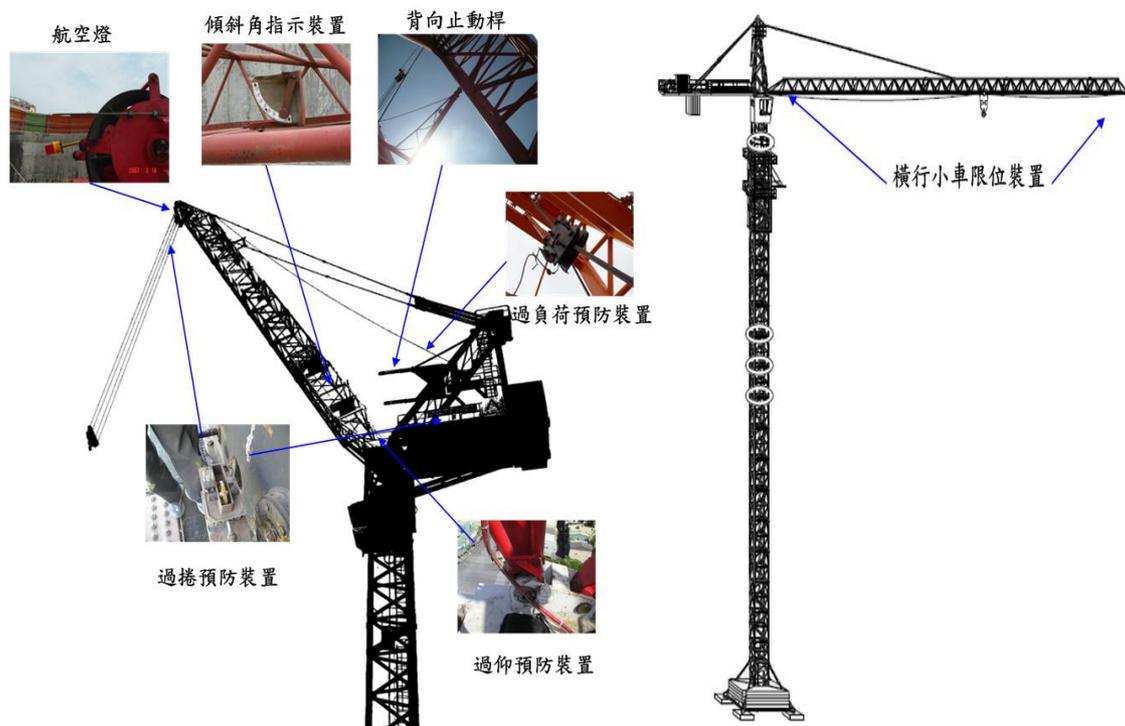


圖 5 塔式起重機的安全裝置

## 參、國內相關法規探討

### 一、勞工安全衛生法規

以起重機具從事搬運、裝卸、組裝等作業，在現代產業甚為普遍。對於促進省力化、便利化，助益甚大，尤其在提高效率、降低成本等方面，裨益經濟發展有目共睹。工廠或營建工地等雖依賴起重升降機具從事作業需求量有增無減，惟伴隨而來之起重吊掛事故，時有發生，嚴重威脅勞工生命安全不容忽視。

塔式起重機符合起重升降機具安全規則第2條「在特定場所使用動力將貨物吊升並將其作水平搬運為目的之機械裝置」之規定，屬固定式起重機，除符合勞工

安全衛生法之規定外，必須依起重升降機具安全規則辦理相關安全管理事項；起重機之構造依同規則第13條，明文規定應符合「固定式起重機安全檢查構造標準」。若其吊升荷重在3公噸以上者，更屬具有危險性之機械，需依勞工安全衛生法第8條及危險性機械及設備安全檢查規則規定，必需經檢查機構檢查合格方得使用；操作人員依勞工安全衛生法第15條規定，亦須經中央主管機關認可之訓練或經技能檢定之合格人員充任之。

起重升降機具安全規則依勞工安全衛生法第5條所訂定，該規則自64年2月發布施行至85年4月經歷第3次修正後，鑑於工業進步、產業型態及時空環境變遷，伴隨之事故更甚以往，原起重升降機具有關管理面及制度面措施，亟有必要配合改進，直到97年5月8日再重新修正全文計107條。

其中修正條文第22條，規範固定式起重機之檢修、調整、操作、組配或拆卸等，應依本條規定辦理。其中有關塔式起重機的部分包括如右：第2款「從事檢修、調整作業時，應指定作業監督人員，從事監督指揮工作。但無虞危險或採其他安全措施，確無危險之虞者，不在此限。」；第3款「操作人員於起重機吊有荷重時，不得擅離操作位置。」；第4款修正為「組配、拆卸或『爬升高度』時，應選派適當人員從事該作業，作業區內禁止無關人員進入，必要時並設置警告標示。」；又鑑於美國紐約曾發生起重機墜落，造成7死24傷嚴重事故，為防止塔式起重機進行升高作業中，發生倒塌事故，增列第5款「以塔式起重機進行高層建築工程等作業，於該起重機爬升樓層及組裝基座等時，應事前擬妥安全作業方法及標準作業程序，使勞工遵循，並採穩固該起重機等必要措施，以防止倒塌。」；第6款「因強風、大雨、大雪等惡劣氣候，致作業有危險之虞時，應禁止工作。」；為防止因颱風等強風造成起重機伸臂損壞，增列第7款「設置於室外之伸臂起重機，因強風來襲而有起重機伸臂受損之虞者，應採取必要防範措施。」，本款所謂措施如將其放置於可保持安定之位置或放鬆使其可自由旋轉等；增列第8款「起重機之操作，應依原設計之操作方法吊升荷物，不得以伸臂搖撼或拖拉物件等不當方式從事起重作業。」，以規範起重機操作，應依原設計之操作方法吊升荷物，不得以伸臂之搖撼或拖拉物件等不當方式從事作業，以避免發生伸臂折斷、鋼索斷裂等事故。

又鑑於98年4月24日大陸廣東省旅行團，乘坐遊覽車經台北市一處工地，遭高空中掉落的起重臂，砸中遊覽車後半部，造成大陸旅行團3死3傷之重大傷亡災害。行政院勞工委員會依據行政院98年12月28日院臺勞字第0980111102號函辦理，以99年1月14日勞檢2字第0990150040號函請各檢查機構轉知轄區營造工地於進行起重機吊掛或拆除作業前，參考所擬起重機具作業安全管理計畫擬定標準作業程序(S.O.P.)，並據以執行。尤以檢查機構受理丁類危險性工作場所審查之新申請案時，需請申請人參考該計畫擬定相關作業之S.O.P.，並落實執行。究該函意旨，亦符合勞工安全衛生組織管理及自動檢查辦法第12條之1規定。

## 二、竣工檢查常見缺失

1. 過負荷預防裝置失效，不符固定式起重機安全檢查構造標準第 35 條：「伸臂起重機，應設置過負荷預防裝置。」之規定。
2. 過捲預防裝置外殼破裂(如圖 6)，未具防水功能，不符固定式起重機安全檢查構造標準第 34 條：「過捲預防裝置為電氣式者，除應符合前項規定外，並應依下列規定辦理：一、接點、端子、線圈及其他通電部分(以下稱通電部分)之外殼，應使用鋼板或其他堅固之材料，且具有不因水或粉塵等之侵入，致使機能發生障礙之構造。」之規定。
3. 使用尺寸過大的的的定位銷、開口銷斷裂、以鐵絲充當開口銷、開口銷未充分撐開(如圖 7 及圖 8)，不符固定式起重機安全檢查構造標準第 61 條：「結構部分之螺栓、螺帽、螺釘、銷、鍵及栓等，除使用高張力螺栓摩擦接合者外，應設有防止鬆弛或脫落之設施。」之規定。
4. 伸臂桿件局部砸彎變形(如圖 9)，恐已失去應有的承載能力。不符固定式起重機安全檢查構造標準第 22 條：「結構部分應具有充分強度及保持防止板材挫曲、變形等妨礙安全使用之剛性。」規定。
5. 油壓系統漏油(如圖 10)，吊升裝置及起伏裝置所設之防止壓力過度升高之安全閥無法發揮效用，不符固定式起重機安全檢查構造標準第 37 條：「使用液壓或氣壓為動力之固定式起重機之吊升裝置及起伏裝置，應設置防止壓力過度升高之安全閥。」之規定。



圖 6 過捲預防裝置外殼破裂未具防水功能



(a)

(b)

(c)

圖 7 (a)使用尺寸過大的的的定位銷 (b)開口銷斷裂 (c)開口銷未充分撐開



圖 8 以鐵絲充當開口銷



圖 9 伸臂桿件變形



圖 10 油壓系統漏油

### 參、國內外塔式起重機事故案例

本節針對國內外塔式起重機爬升作業時發生的職災進行分析，以了解塔式起重機在進行組裝爬升拆卸作業時發生職災的原因。

#### 一、外爬式塔式起重機倒塔事故

82年6月14日，台中某工地正從事塔式起重機增高作業，正進行爬升作業時，瞬間整個起重機突然失去平衡而產生劇烈晃動，最後整個起重機的伸臂，配重塊和塔台連同在上面從事作業的七名勞工，自21層樓的高度墜落，造成四人死亡，二人重傷及一人輕傷之意外災變。

95年3月1日高雄市某營造公司於介壽路與自勉路口工地發生1座外爬式塔氏起重機於爬升作業時所發生的倒塔事故，幸無人傷亡。(如圖11)

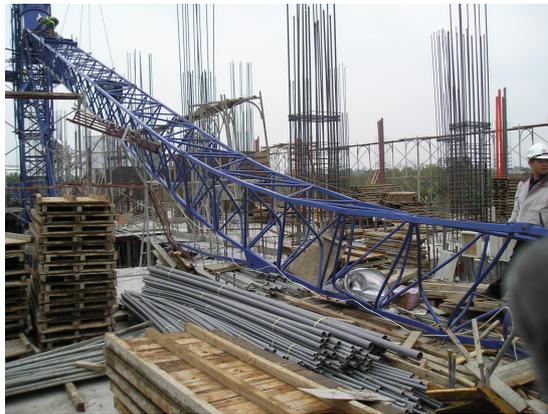


圖 11 塔氏起重機倒塔事故

#### 二、內爬式塔式起重機基座崩塌事故

高雄市3月11日發生某工地的塔式起重機基座崩塌事故，造成2死4傷的災害。該工地為一鋼結構建築，3月11日下午工作人員預備將起重機基座爬升，但爬升作業才進行不久，整座塔吊突然向下墜落，塔柱撞擊樓板自9樓貫穿每一層樓直到4樓方停止，而伸臂橫跨於15樓鋼架上，後衍架則折彎於新光路側。其中兩名勞工分別被倒塌的鋼架夾死與墜落死亡，另四名人員則因墜落受到輕重傷。

#### 三、強風事故

2007年1月16日發生一塔氏起重機(luffing tower crane)災變事故，該塔氏起重機高40公尺，為英國第2大之塔氏起重機租賃公司，Falcon Crane Hire所有，由西班牙所製造(Jaso J138型)。塔氏起重機起重機操作手Barry Walker(31歲)幸因駕駛室未掉落地面，但仍身受重傷。

災變報告指向該塔氏起重機本身結構上的問題。災變當時狀況為，該塔氏起

重機從後段主柱部份挫曲折彎。據報導，強風有可能也是肇因的原因之一(30~40 mile/hour)。(資料來源：<http://www.vertikal.net/>)



圖 12 塔氏起重機強風事故

#### 四、塔氏起重機相撞

2006年10月19日於倫敦中心發生一塔氏起重機(luffing tower crane)伸臂折彎(jib collapses)之災變事故。肇災的原因，可從外觀上明顯看出，是遭受到工地中其它6部塔式起重機中之1部所撞擊造成的。幸運地，無人傷亡。該塔式起重機為Sir Robert McAlpine公司所有。(資料來源：<http://www.vertikal.net/>)



圖 13 塔氏起重機相撞事故

#### 五、旋轉盤脫落

2006年9月26日於倫敦 Battersea 發生一50m高塔氏起重機之災變事故，為英國塔氏起重機租賃公司Falcon Crane Hire所有。該事故造成起重機操作手與一在道路上洗車的民眾死亡，且當地公寓居民被強制移往它處避難。從現場現片與當地報導可看出，肇災的起重機是從旋轉盤部分離，緊接著伸臂、後桁架及配重塊也一起隨之掉落並撞擊部分的公寓建築物，最後伸臂掉落至地面。起重機操作手從駕駛室摔出至一汽車頂上死亡，伸臂掉落至地面時砸死一正在道路上洗車的民眾。(資料來源：<http://www.vertikal.net/>)



圖 14 塔氏起重機旋轉盤脫落事故

#### 六、高空墜落

93 年 1 月 20 日，珈○股份有限公司現場主任（即罹災者）施○及勞工莊○○二員，因該公司設置於高雄市美術案工地之塔式起重機捲揚鋼索斷股必須更換，二人接獲通知前往該工地實施鋼索更換作業，當二人更換至鋼索末端步驟，須將其尾端固定，施員（即罹災者）自塔式起重機塔柱外側攀爬而上，欲往塔頂固定尾端，不慎攀爬至塔柱懸掛檢查合格證銘牌處（約離 13 樓地板 6M）失足墜落塔柱旁，經急送醫院急救後，宣告不治死亡。

#### 七、被塔式起重機之伸臂與 A 字架夾傷

88 年 4 月 20 日神○建機工程股份有限公司工務部副理黃○○（罹災者）率領下包進○工程勞工 5 人於該工地進行塔氏起重機組裝之調整工作。罹災者正進行塔式起重機俯仰伸臂最大仰角極限開關與角度規之調整工作，當時同屬於神○建機工程股份有限公司之勞工陳○○則配合操作起重機伸臂之俯仰動作。罹災者位於駕駛室後方工作台上，頭戴安全帽，身掛安全帶，身體橫臥於俯仰伸臂與 A 字架之間，向下調整位於伸臂內側下方之仰角極限開關（最大仰角 85 度）。因緩衝桿尚未調整於正確位置，伸臂後傾壓迫緩衝桿而產生偏心力，緩衝彈簧脫落而造成伸臂失去緩衝作用力，在反作用力之作用下伸臂向後仰超過 90 度而傾倒。此時，罹災者立即欲起身逃離，因伸臂後傾之速度快於罹災者逃離之速度，致罹災者骨盆以上至頭皆被撞夾於伸臂與 A 字架之間。所幸伸臂底端與 A 字架底端尚有約 17 公分之距離，且 A 字架與塔氏起重機之基礎組裝良好，伸臂後傾後即倚靠於 A 字架上，並未完全傾倒，災害因而未繼續擴大。

綜合以上案例得知，塔式起重機爬升作業發生職災的原因，除了機器設備方面的故障外，操作程序上的疏失乃是造成塔式起重機發生職災的主要原因。

## 肆、事故原因分析

塔式起重機的主要危害來自於人為過失及操作不當、保養維修不良、機械故障及裝配不妥、天候的影響。根據筆者搜集相關文獻，對事故整理並進行剖析，造成事故的原因歸納有以下幾方面的原因：

### 一、違反規定操作造成事故

#### (1) 過負荷使用造成塔式起重機事故

過負荷預防裝置是塔式起重機最重要的安全裝置，過負荷預防裝置損壞、拆除、故意使過負荷預防裝置短路不起作用、抱僥倖心理加大力矩限制值、日常保養不確實致過負荷預防裝置失效未發現、未調整或定期校準，不知道如此做的嚴重後果，引發塔式起重機過負荷倒塔事故。

#### (2) 以起重臂搖撼或拖拉物件造成伸臂折彎損毀事故

以起重臂搖撼或拖拉物件造成伸臂遭受慣性衝擊，造成伸臂折彎損毀。不知道斜拉、側拉會使吊臂產生很大的橫向彎矩，吊臂下弦桿很容易局部挫曲，從而發生折臂。根部折臂會失去前傾力矩，引起平衡配重後傾往下砸，打壞塔身而倒塔。

#### (3) 未依標準作業程序組裝、拆卸及爬升造成事故

塔式起重機的組裝、拆卸及爬升是塔式起重機發生事故較多的環節，應特別予以重視，並由專人負責並應指定作業監督人員，從事監督指揮工；選派適當人員從事該作業，唯有受過專業訓練的專業人員，方可執行起重機的組裝、拆卸及爬升作業。作業前，有關的作業人員應認真詳讀標準作業程序。

#### (4) 基礎承载力不足、基礎螺栓斷裂造成倒塌事故

基礎施作時，未確保承载力符合要求；基礎螺栓未保持足夠露出地面的長度並採雙螺帽預緊。



圖 15 塔式起重機基礎承载力不足造成倒塌事故(資料來源：<http://lni.wa.gov/>)

### 二、塔式起重機疲勞、使用及維護不當造成事故[3]

#### (1) 塔式起重機鋼結構疲勞造成關鍵部位母材產生裂紋或關鍵焊道產生裂紋

疲勞裂紋的產生有多種可能因素，與設計、製造、材料均可能相關，但大多數疲勞裂紋的產生與長期過負荷使用有緊密相關，結構疲勞是逐漸累積的結果。應加強注意基礎塔節與底座樑的連接處、回轉支承座、塔節本體、塔節間銜接處、塔身變截面處、拉桿與 A 字架連接處的焊道等位置。

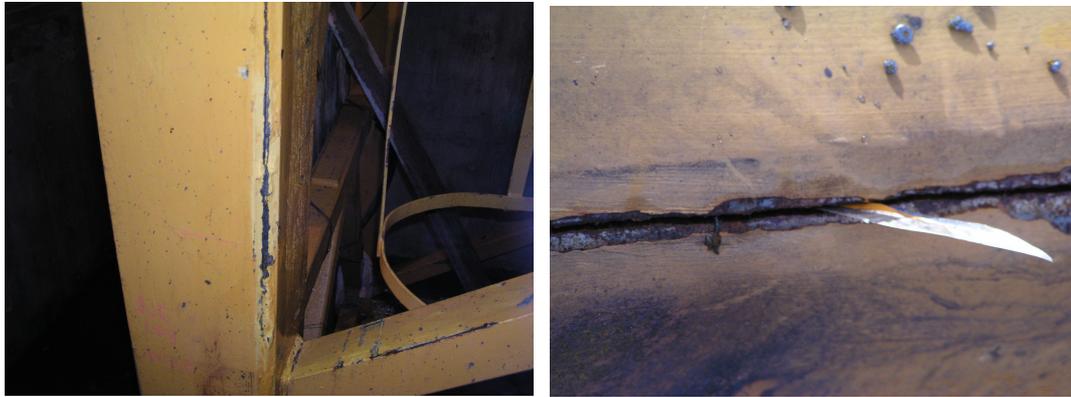


圖 16 塔式起重機鋼結構疲勞產生裂紋(資料來源：<http://lni.wa.gov/>)

## (2) 銷軸脫落引發事故

銷軸鬆動進而剪斷開口銷引發銷軸脫落；組裝時未裝或用鐵絲代替開口銷；銷軸端板緊固螺栓不用彈簧墊圈或緊固不牢，因長期震動而脫落，銷軸端板無法發揮防止鬆脫的作用致銷軸脫落。



圖 17 以鐵絲代替開口銷

## (3) 鋼索斷裂引發事故

鋼索斷絲、斷股未於自動檢查及時發現、更換；過捲預防裝置失效，操作人員未注意，使吊鉤觸及起重伸臂端部，鋼索斷裂引發事故。

## (4) 其他安全裝置損壞、拆除或失效引發事故

如制動裝置、過負荷預防裝置、過捲預防裝置、橫行小車限制裝置、伸臂俯仰角度限制裝置等。

### 三、缺少安全意識

對作業人員的專業訓練不足，人員無足夠能力辨識危害狀況，作業過程中缺少安全意識。如高架作業，人員未繫安全帶及做好防墜措施。

四、強風未禁止塔式起重機的組裝、拆卸及爬升作業。

### 伍、塔式起重機組裝爬升拆卸作業之危害分析

塔式起重機在工程建設和物料搬運作業過程中的應用不斷增大，而且進一步向大型化方向發展。塔式起重機的組裝、拆卸及爬升是一項技術性很強的工作，尤其是基礎施作及塔節、平衡臂、起重伸臂等部品的裝拆，稍有疏忽，便會導致災害事故。因此塔式起重機作業人員在裝拆這些部品時，需嚴格按照標準程序書的組裝拆卸爬升操作程序要求進行施工。組裝、拆卸、爬升工作是塔式起重機使用這程中的重要環節，佔用的工作時間在塔式起重機的整個工作週期中很少，但事故比率卻佔很大比重。所以，塔式起重機在組裝、拆卸、爬升工作中要避免重大安全事故，塔式起重機的作業人員首先要經嚴格的專業訓練，其次應嚴格按照標準作業程序的組裝操作程序，不能存僥倖心理，必須認真負責。筆者僅就塔式起重機組裝、拆卸及爬升程中，必須注意的一些安全問題進行探討。

#### 一、組裝作業

(一) 組裝方法(以俯仰型塔式起重機為例，如圖 18)

1. 確認塔式起重機基礎施作情形如混凝土強度等級是否符合要求及基礎水平度等問題；座夾樑組裝，必須注意基礎水平調整及基礎螺栓確實鎖固。
2. 組裝基礎塔節。
3. 組裝一般塔身塔節。
4. 組裝旋轉座支撐塔節。
5. 組裝旋轉座。
6. 在地面上先將駕駛室、原動機、配電箱、旋轉座承台、捲揚機構、後桁架平台等組裝為一體，然後將這一整組的後桁架部份吊起組裝於塔節上。
7. 放置 1/3 平衡配重塊。
8. 組裝 A 字架。
9. 組裝起重伸臂。
10. 捲揚鋼索及吊鉤掛設。
11. 2/3 平衡配重塊吊裝及繫固。
12. 調整各部極限及警報裝置、風速儀、避雷針。

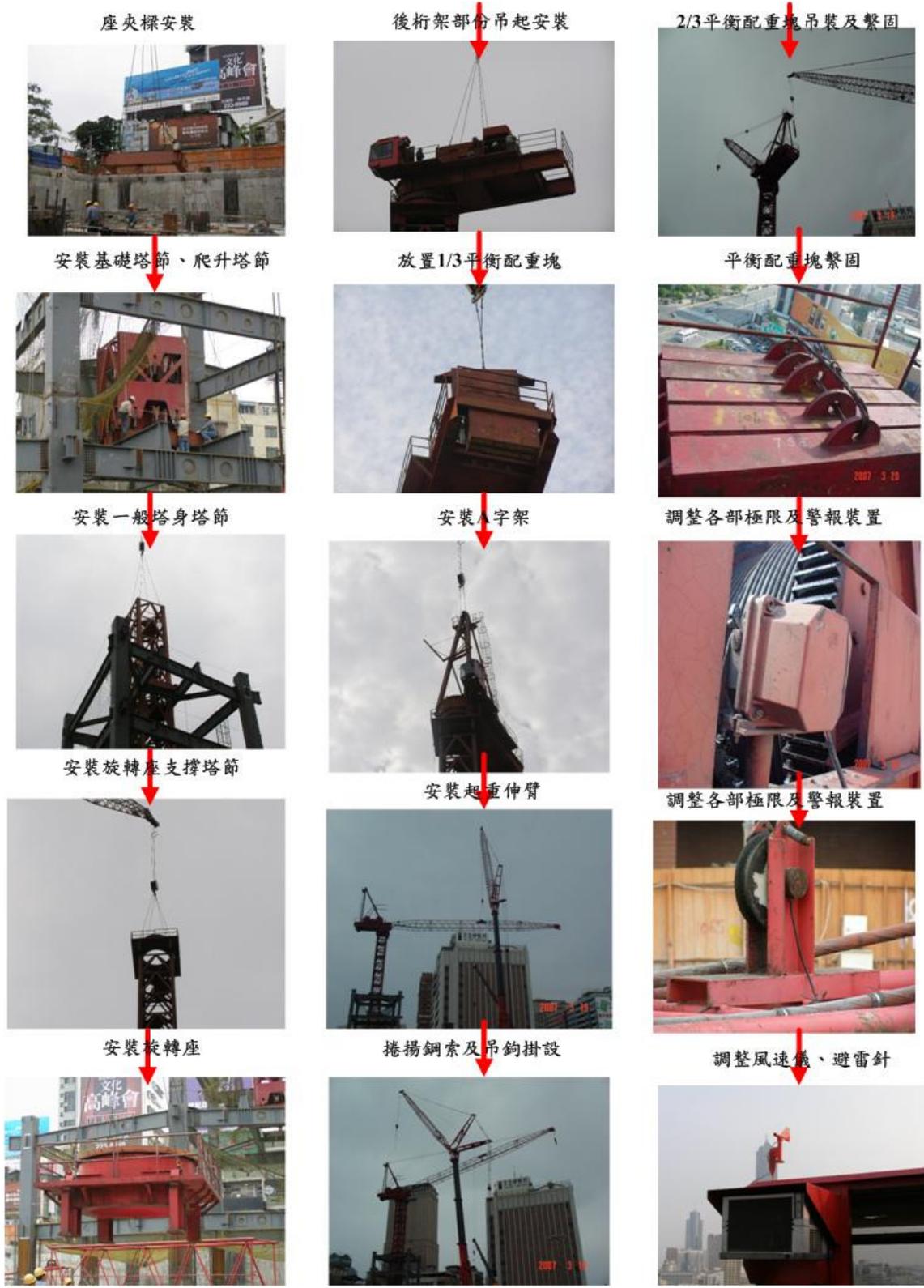


圖 18 俯仰型塔氏起重機組裝過程圖

## (二) 組裝作業應注意事項

### 1. 組裝前

- (1) 組裝人員在組裝前應對塔氏起重機的結構、技術、性能做全面了解。現場勘查環境情況，包括塔氏起重機基礎強度與水平度、周圍建築物狀況、空中高壓電纜等情況。然後制訂出組裝計畫，統籌組裝作業。
- (2) 制訂確實可行的安全檢查措施，組裝人員接受專業訓練，檢查人員安全裝備，如安全帽、安全帶、工作服及安全鞋。
- (3) 當日氣候條件是否適合進行組裝作業。
- (4) 檢查作業區及人員動線之安全措施及防墜措施是否合格。
- (5) 檢查塔氏起重機的零部件及機構。
- (6) 清點檢查吊掛機具，如鋼索吊環是否變形損傷。
- (7) 檢查組裝場地是否足夠作業，障礙物是否清除，特別要注意高壓電線。
- (8) 組裝之構件須備有詳細重量、高度、距離等資料，機具須備有詳細重量、尺寸、荷重等資料。
- (9) 作業區內人員驅離，並立告示牌、警示帶。
- (10) 運輸車輛之動線或吊裝作業影響交通須立警示錐並派人指揮交通。
- (11) 塔氏起重機之支撐座樑水平及立面支撐或基礎檢查是否合於組裝標準。
- (12) 選擇合適的起重機具，進行吊裝。

### 2. 組裝中

- (1) 吊具必須確實照規定使用適當的規格；吊裝物件必須確實使吊點在重心位置避免物件傾斜；吊裝大型物件時須綁牽引繩以防止物件轉動不受控制。
- (2) 組合塔氏起重機時高強度螺栓需確實鎖緊，插銷確實組裝。並注意工具及螺絲插銷避免飛落造成意外。
- (3) 有墜落之虞的工作場所應確實做好防墜措施，如前後桁架應裝置施工走道併設護欄以及安全母索，人員隨時佩掛安全帶。
- (4) 易飛落物品確認是否固定妥當。
- (5) 遇天候不良，如狂風大雨雷擊須停止作業。

### 3. 組裝完成

- (1) 進行整體檢查，是否有組裝錯誤或任何不合乎規範部分。包括測量塔身垂直度、將各連結螺栓再緊固一遍、各傳動機構的組裝調整是否有誤、需潤滑部分是否缺油、各傳動部分是否靈活、煞車制動器間隙是否適宜、制動是否靈敏可靠。
- (2) 場地須恢復原狀並加以清理。

(3) 機具、工具清點及收拾歸位。

### (三) 組裝作業之危害

塔氏起重機若違背組裝順序、沒掌握好平衡律，就會發生倒塔事故。通常，最先是要先裝平衡臂，然後再裝約 1/3 的平衡配重塊，其目的是要使塔氏起重機有適當的後傾力矩，然後才能再組裝起重伸臂。當裝設了起重伸臂後，塔氏起重機此時會稍向前傾，最後再裝平衡重，使塔氏起重機在空載狀態也有適當的後傾力矩。所以，假設若平衡配重塊一直裝下去，未去掌握適當的後傾力矩，就會隨時引發後倒塔事故。

## 二、爬升作業

塔式起重機爬升時，必須先做好相關的準備工作，包括：固定起重機的方法、確認支持起重機基礎的強度及確認支持結構的強度是否足夠等。

### (一) 爬升方法(內爬式)

內爬式塔式起重機亦可稱為樓板爬升式起重機，其主要的爬式方式為在建築物之樓板上預留孔，將固定框架組裝於其中，然後將塔式起重機的塔柱下部組裝、固定於固定框架上，固定框架總共有三組，一組裝於底部承受塔式起重機的水平力，一組裝於上部處承受水平力，另一組備用上次爬升時替換用。爬升方式是將油壓千斤頂接於上層的固定框架上，利用油壓千斤頂頂住塔節的頂升橫樑，由下往上頂升並予以固定[1]。(如圖 19)

1. 吊掛適當的配重塊，並控制橫行小車至合適的作業半徑處，使塔氏起重機保持平衡狀態。如此處理，可減少塔氏起重機爬升進行中與爬升框架間產生摩擦力，使爬升較為容易。
2. 旋轉塔氏起重機使前後桁架與爬升橫構件呈直角狀態，並注意風力。
3. 在爬升框架上調整放鬆觸鐵至與塔節角柱的間隙，此時塔氏起重機不得進行任何的旋轉動作。
4. 爬升橫構件鎖固掣子倚靠在爬升梯之梯級上，當油壓缸伸出時，塔氏起重機即順著兩組已固定好的爬升框架內爬升。油壓缸保持繼續作業直到上鎖固掣子越過爬升梯之梯級。當油壓缸縮回時，上鎖固掣子則倚靠在爬升梯之梯級上，並防止塔氏起重機墜落。當油壓缸繼續縮回，爬升橫構件上的鎖固掣子移動越過爬升梯之另一梯級。這油壓缸可再次伸出繼續另一爬升行程，如此往復作業。
5. 當塔氏起重機爬升至預定工作高度樓層時，四支吸收垂直力之 H 樑必須裝設在下爬升框架上。縮回油壓缸並將塔氏起重機座落在下爬升框架上之四支 H 樑上，然後將上下兩組爬升框架的觸鐵螺絲固定好。

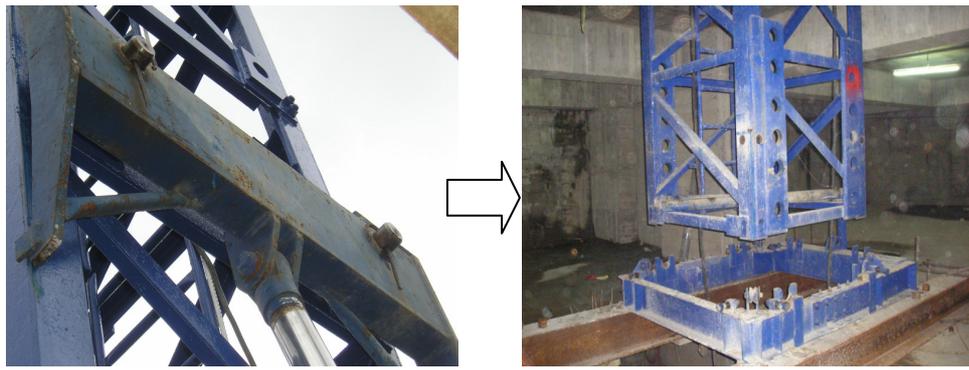


圖 19 內爬式塔式起重機爬升過程圖

(二) 爬升方法(外爬式)

外爬式的塔式起重機在其底座大多固定於建築主體旁之地面基礎上，適用於一般的建築或土木工地，爬升時利用爬升籠將塔吊上端舉起再將塔柱每一節裝入塔身內，此方法優點是對建築物本身結構較無影響，缺點是費用較貴，高度亦受限。外爬式塔式起重機是先將油壓千斤頂組裝於爬升籠上。然後再把爬升籠組裝於旋轉盤底部，爬升籠利用油壓千斤頂將旋轉盤及前後桁架升起，至可容一節塔高度時停止爬升，將平台上塔柱拉至吊車內部以連接接銷連接之，並將垂於前桁架之塔柱拉至平台上，再吊起一節塔柱再次頂升，最後再將旋轉盤與塔柱連接固定妥善[1]。(如圖 20)

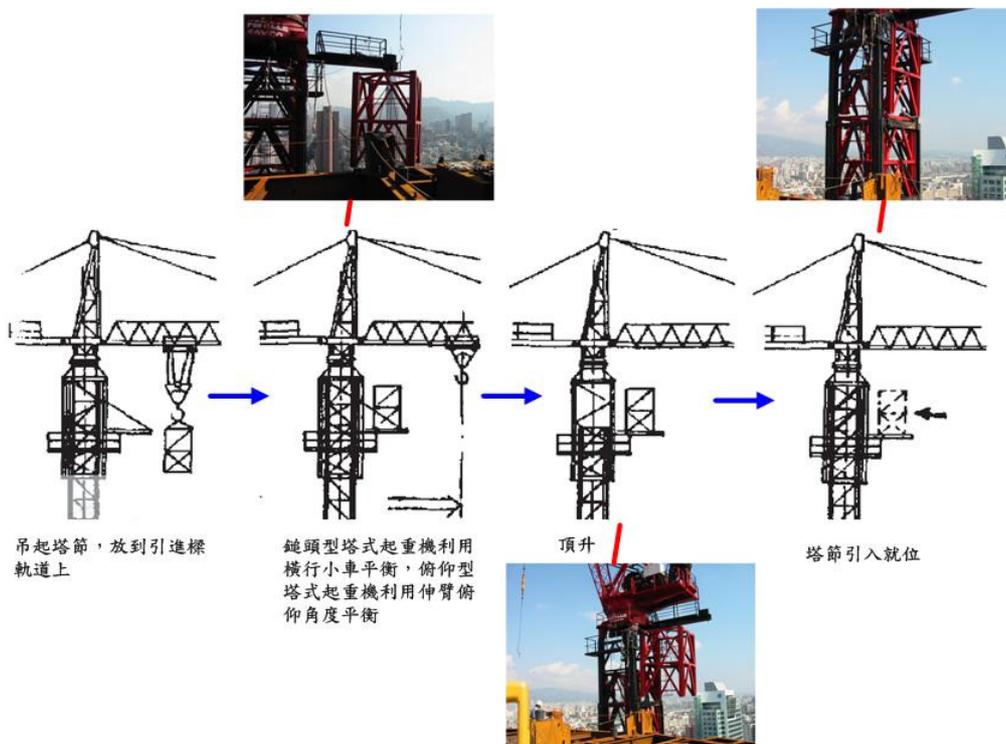


圖 20 外爬式塔式起重機爬升過程圖

### (三) 爬升作業應注意事項

#### 1. 爬升前

- (1) 檢查最上層座樑及夾具是否按規定組裝定位、螺栓是否鎖緊。
- (2) 塔氏起重機區結構體狀況檢查，鋼結構樑、柱是否完成電桿，樓板R.C.結構是否達到規定強度。
- (3) 液壓系統檢查、測試並檢查油位、油質。
- (4) 爬升油壓桿是否電焊完整。
- (5) 平衡配重物之準備及吊放。
- (6) 爬升時所需工具之準備並予以清點。
- (7) 操作及相關配合人員之訓練。
- (8) 電纜線長度是否足夠。
- (9) 塔氏起重機爬升時，必須考慮天候因素，唯有在適當的天氣，方可執行此項工作。

#### 2. 爬升中

- (1) 隨時注意各層座樑夾持間隙及各移動部位有無異音。
- (2) 平衡配重的位置需隨爬升高度而適度調整。
- (3) 注意電纜線所通過之各樓層間隙。
- (4) 隨時注意液壓系統壓力，壓力上升表示夾持間隙可能太小、摩擦力太大。
- (5) 注意油位及溫度。
- (6) 爬升中如果液壓設備故障或其他因素而導致爬升工作無法繼續進行，須將各層座樑與塔節夾緊，並將上、下層爬升棘爪固定於爬升梯或爬升桿上，以利安全。

#### 3. 爬升完成

- (1) 爬升至預定高度、位置後不可立即放下平衡配重物。
- (2) 趁平衡配重物尚在平衡位置，將各層座樑夾具鎖緊並將塔氏起重機固定。
- (3) 放下平衡配重物。
- (4) 固定電纜。
- (5) 完成升高後，應立即進行安全檢查及性能測試工作，確認無誤後，方可使用。

### (四) 爬升作業之危害[4]

#### 1. 維持平衡的重要性

外爬式塔式起重機的爬升方式主要是在塔式起重機的旋轉盤底部加上爬升籠，而油壓千斤頂組裝於爬升籠上，然後將旋轉盤與塔柱的螺栓拆除，利用油壓

千斤頂將爬升籠頂起，使旋轉盤升起至一定高度，再將一節塔柱置入並將升高用塔柱與旋轉盤以螺栓鎖緊固定。外爬式塔式起重機在進行爬升時，旋轉盤的重量全由爬升籠的掛爪鉤住塔柱，若發生問題，將造成重大的傷害。

塔式起重機上部的結構對 A 字架中心形成有彎矩的是：後伸臂自重及其上面的捲揚機構與平衡配重塊重量所形成的向後方向的彎矩，而向前方向所形成的彎矩主要是起重臂，這幾個部分所形成的力矩是不能改變的，而在起重伸臂上的橫行小車則可以移動，就可以改變前面起重伸臂所形成的彎矩。

在爬升過程中若不遵守平衡律，即  $\Sigma M \neq 0$ ，這時塔式起重機上部重力與彎矩會全部加在 A 字架上，若超出其所能承受的強度，就會造成其 A 字架的破壞，導致安全事故的發生。因此在爬升作業中，塔式起重機上部負載全由爬升節所承受，就不允許前、後伸臂的不平衡現象，即小車是不能隨意移動，起重伸臂也不允許回轉。不然，塔式起重機倒塔事故就會隨時發生。(如圖 21)

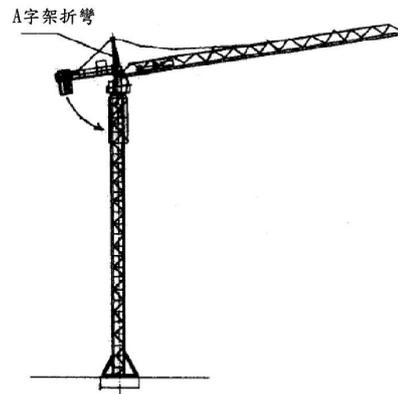


圖 21 爬升作業未保持平衡的嚴重後果

## 2. 塔節頂部連接的問題

塔式起重機爬升作業時，原塔節與上部旋轉座的連接螺栓需鬆開，在液壓缸頂起塔式起重機上部後，改由伸縮節來承受力量。從伸縮節結構來看，雖橫截面積比原塔節大許多，但因伸縮節的側面開有很大的引進窗口，伸縮節剛性減少很多，基本上無法承受扭矩。因此，若爬升作業出現任何外加扭矩，或者突刮大風，就會造成起重機失穩而出現安全事故。如操作人員遇連接栓銷不好裝，就以移動伸臂來調整，或操作人員不依指揮誤移小車，就可能發生塔式起重機倒塔事故。

## 3. 頂升橫樑、爬升間隙及維持油壓系統的正常

爬升時頂升橫樑未確實搭接，當爬升到一定高度後就可能發生單邊脫落，造成整個塔式起重機上部傾斜，甚至發生起重機倒塔事故。故每次頂升油壓缸開動前，作業人員應立即檢查頂升橫樑的搭接情形，若搭接不確實就應停止爬升；另，爬升間隙若未於頂升前進行調整，將會造成爬升卡死，使阻力增大。油壓缸頂升時，需承受塔式起重機上部極大的重量，液壓系統內油壓擊大，故作業時不可有

管路的漏油現象，應在作業前檢查油箱，確認油壓系統的正常無虞，方可進行爬升作業。

#### 4. 指定作業監督人員，從事監督指揮工作

爬升作業過程，是多人在多個位置作業，如何協調一致，應指定作業監督人員，從事監督指揮工作。

#### 5. 風速問題

爬升作業突刮大風，就會造成起重機失穩而出現安全事故。故因強風、大雨、大雪等惡劣氣候，致作業有危險之虞時，應禁止工作。

### 三、拆卸作業

(一) 拆卸方法：拆卸方法與組裝相同，程序與組裝相反，拆卸時需隨時注意風力。

(二) 拆卸作業應注意事項：拆卸作業應注意事項與組裝作業相同。

(三) 拆卸作業之危害

此處再次重申，塔氏起重機若違背組裝順序、沒掌握好平衡律，就會發生倒塔事故。在拆卸塔氏起重機時，一定要先拆平衡重，最多留約 1/3 平衡配重塊，然後才能拆卸起重伸臂，最後再拆卸剩餘的平衡重和平衡臂。一旦在拆卸起重伸臂前，若不先拆卸約 2/3 平衡配重塊，就會使後傾力矩過大，結果一拆卸了起重伸臂就會引發倒塔事故。(如圖 22)

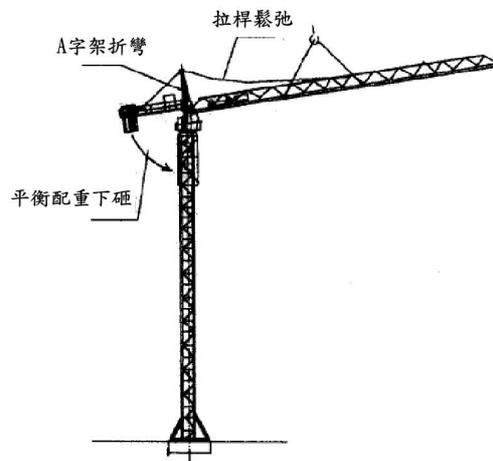


圖 22 未依標準程序拆除塔氏起重機之嚴重後果

### 陸、日本塔氏起重機之發展趨勢[5]

日本大部分為俯仰型塔氏起重機，反觀國內則絕大部分為錘頭型塔氏起重機。主因日本都市人口擁擠，大樓的層數愈建愈高，大樓彼此間距離相對接近，故若採錘頭型塔氏起重機容易發生伸臂撞擊周遭附近建築物的事故。相較國內佔絕大部分使用的錘頭型塔氏起重機，其缺點除前述所說明的容易發生伸臂撞擊周

遭附近建築物的事故外；在營造工地現場也常會發現改以遙控操作方式的錘頭型塔式起重機，極易使現場無操作資格的勞工逕行操作，逕而發生危險，若採俯仰型塔式起重機則無此情形。又，錘頭型塔式起重機因具橫行小車，易發生控制橫行小車運動的鋼索斷繩而產生失控，造成橫行小車往伸臂前端移動，致使起重機過負荷而產生結構斷損的重大事故。以下列出日本塔式起重機之發展趨勢，提供參考。

### 一、起重機操作情報支援系統

塔式起重機屬高揚程的起重機，故其死角多，為確保高揚程作業時之視野的確保，必須使操作者能隨時了解周邊障害物的情報，進而增進起重機操作者能專心操作起重機，隨時掌握起重機的各项運作狀況，日本塔式起重機製造廠商研究開發所謂的「起重機操作情報支援系統」(如圖 23 所示)，此系統利用攝影機、液晶觸控式螢幕，將起重機各感測器的資訊(如荷重、風速、揚程、速度、控制感的位置、起重機目前的旋轉位置等)，透過情報支援系統將所有資訊集中顯示於單一個螢幕畫面上，使操作者能輕易掌控週遭狀況及起重機的運作資訊，進而增進操作安全。



圖 23 塔式起重機的「起重機操作情報支援系統」畫面

### 二、「浮動槽輪塊(Floating Sheave Block)」的特殊構造

由於塔式起重機的特有塔節構造，使得塔式起重機在吊運重物時，會產生塔節的彎曲變形量。此一變形量(deflection)的產生(如圖 24 所示)，會造成起重機的伸臂在吊掛重物時，會向伸臂前方大幅移動，使得吊掛物的取放精度變差，同時造成吊掛物與吊掛人員的安全距離無法確保，日本塔式起重機製造廠商為改善此項缺點，研究開發所謂的「浮動槽輪塊(Floating Sheave Block)」的特殊構造(如圖 25 所示)，其簡稱為「FSB」，利用此裝置可將伸臂起重機於最大作業半徑時，因立

柱的彎曲變形量所產生之多餘的水平移動量補正回來，進而縮小約較以往的機構至 1/3 左右的距離量，使得運轉操作的困難度降低，也避免了吊掛人員遭受吊掛物撞擊及被夾擠的危害。

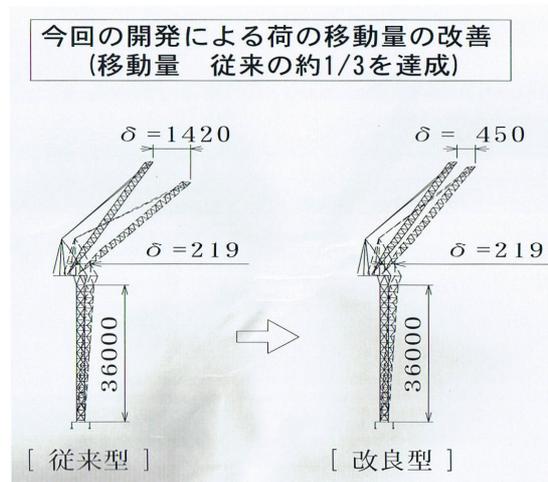


圖 24 塔式起重機在吊運重物時會產生立柱的彎曲變形量

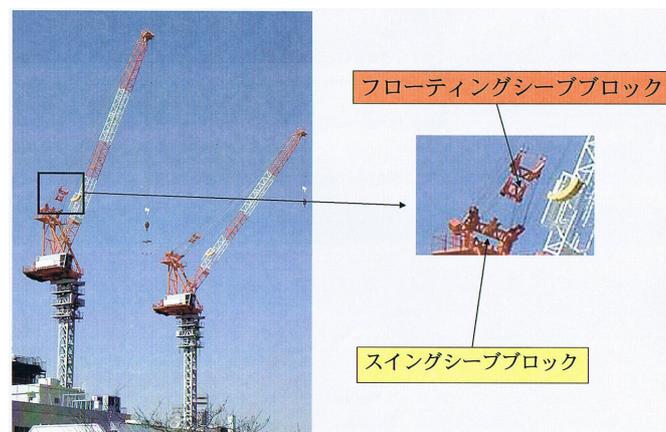


圖 25 日本 IUK 塔式起重機「浮動槽輪塊」特殊構造

### 三、作業範圍限制裝置與衝突防止裝置

為了避免緊鄰市區街道內營建工地，使用塔式起重機吊掛重物時，吊掛物碰觸鄰近建築物，或者碰觸附近之高壓電纜，日本塔式起重機製造廠商致力於開發完成「作業範圍限制裝置」(如圖 26 所示)，該裝置可實際將塔式起重機旋迴一周後之各伸臂俯仰角度、旋轉位置等相關數據予以記錄在起重機的操作電腦內，透過此作業範圍數據庫就可限制塔式起重機在現場作業時於安全的範圍內作業，免除人為失誤所造成的危害可能性；又進一步將此項作業範圍限制裝置的功能做一擴充，研究開發所謂的「衝突防止裝置」(如圖 27 所示)，該裝置的主要目的是防

止同一營建工地內，有多部塔式起重機作業時，作業領域變小，彼此間伸臂互撞危害的發生，除此之外，該裝置同時也具有提高作業效率的功效。其原理是透過裝設在各部塔式起重機內的電腦，該電腦會隨時監測塔式起重機的旋轉角度、俯仰角度、捲揚高度與吊掛荷重等資訊並即時傳回至終端系統，當預知有伸臂互撞危害的可能情形，即時由中央控制電腦來負責警告並控制塔式起重機的動作。

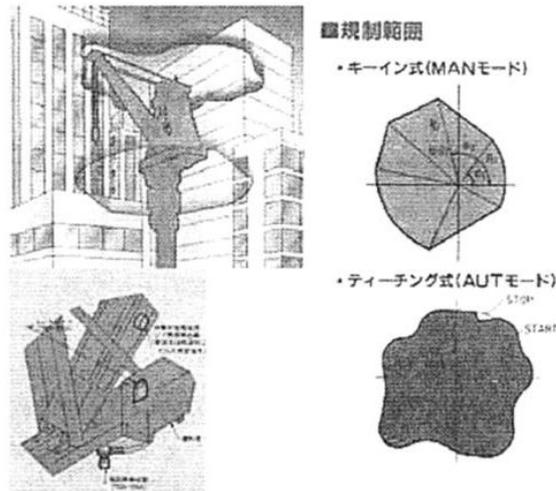


圖 26 塔式起重機的「作業範圍限制裝置」示意圖

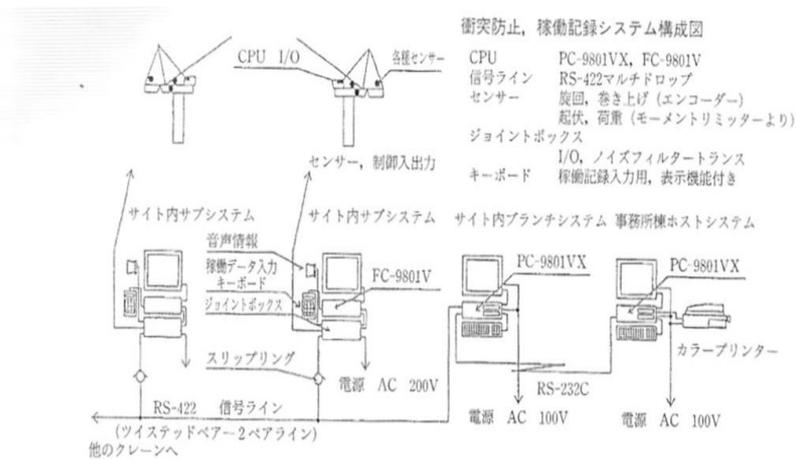


圖 27 多台塔式起重機作業時的「衝突防止裝置」示意圖

### 柒、防災對策

災害防止對策為依規定實施各項自動檢查及確實遵守標準作業程序。事業單位塔式起重機組裝、爬升及拆除作業時，應確實依起重升降機具安全規則及相關勞工安全衛生法令之規定辦理。

#### 一、擬定標準作業程序及作業前、中、後之重點檢查

負責塔氏起重機組裝、爬升、拆除作業之事業單位，應事前擬妥相關安全作業方法及標準作業程序，並使勞工確實遵守，並落實執行作業前、中、後之相關重點檢查工作並紀錄。

## 二、提高作業人員的素質

對作業人員的專業訓練不足，人員無足夠能力辨識危害狀況，作業過程中缺少安全意識。故應強化作業人員的專業培訓與安全教育，以避免因不熟悉作業程序，而造成操作失誤等狀況，徒增作業時的危險性。對於易容易引發事故的工作程序，需要時常提醒、教導，不厭其煩，務使全體作業人員了解其中關鍵要領後，才能參與作業。又在遵守作業程序的方面，為避免作業人員為節省時間而省略步驟，亦實有必要進一步加強作業人員的教育訓練和監督人員的管理。

## 三、制訂起重機具作業安全管理計畫，組成專業的管理團隊

勞委會鑒於工地施工期間常須使用塔吊，惟其作業難度高、影響範圍廣，如有疏漏，極可能造成作業勞工及附近人員之傷亡，特訂定起重機具作業安全管理計畫，計畫管理團隊人員及職責，如圖28所示。起重機具作業安全管理以營造公司駐工地最高階人員為負責人，指派吊掛工程師、安全工程師、機具工程師(可由塔吊租賃公司派任)、進度工程師、鋼構工程師...等，組成起重機具作業安全管理團隊，擬定起重機具作業安全管理計畫，由工地主任核定。並每季召開吊掛安全管理會議，依原始計畫、吊掛日誌、照相紀錄、器具的徹底檢查表...等歷史資料，檢討核新並審定次季新計畫(如圖29)。以防止職業災害，增進作業安全及效率。

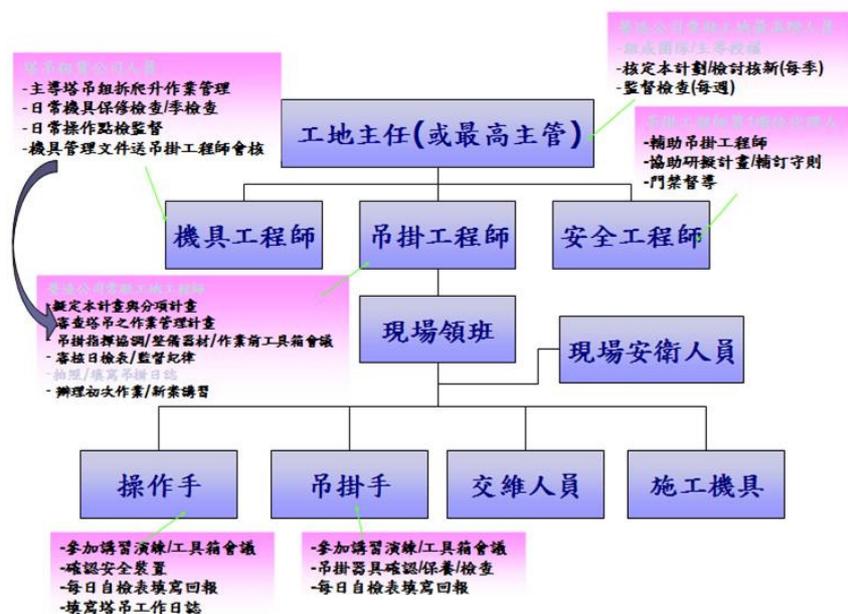


圖 28 管理團隊及人員職責



圖 29 管理計畫之 PDCA 循環

#### 四、確實做好起重機的日常維護及保養

平時應加強塔式起重機各結構部分之檢修保養，如有必要時應實施非破壞檢測，以即時發現缺陷，並加以維護。

#### 捌、結論

本文針對塔式起重機組裝、爬升、拆卸等作業，探討其作業方法、災害類型與原因分析，並進一步提出安全管理之重點與防災對策。塔式起重機組裝、爬升、拆卸作業稍有不甚，就可能會發生重大災害事故。對於塔式起重機組裝爬升拆卸作業之災害的防制，除加強實施機械的自動檢查外，也應確實按照標準操作程序操作。然塔式起重機的操作程序方面，常因內容本身不夠明確，使得作業員無法確實按照標準操作程序操作，使得作業時容易發生事故。是以，除明確標準操作程序並予以書面化外，同時也應落實作業人員的專業培訓與安全教育，以避免因不熟悉作業程序，而造成操作失誤等狀況，徒增作業時的危險性。對於易容易引發事故的工作程序，需要時常提醒、教導，不厭其煩，務使全體作業人員了解其中關鍵要領後，才能參與作業。又在遵守作業程序的方面，為避免作業人員為節省時間而省略步驟，亦實有必要進一步加強作業人員的教育訓練和監督人員的管理。

綜此，本文提出安全改善對策，以建立塔式起重機組裝爬升拆卸作業之安全注意事項，提供作業者進行組裝爬升拆卸作業重要參考外，以使塔式起重機組裝爬升拆卸作業更趨安全，減少意外的發生。

### 參考文獻

- [1] 鄧世剛、王書龍、張書文(2001)，塔氏起重機爬升安全研究，行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所委託研究報告。
- [2] 章崇任(2007)，日本內爬式塔式起重機的發展趨勢，工程機械，Vol.28, pp.73-75。
- [3] 劉海濤(2007)，塔式起重機常見事故與安全管理使用，Science Information，Vol.1, pp.62-63。
- [4] 朱森林(2004)，塔機頂升工作中的安全問題，Construction Safety，Vol.6, pp.32-34。
- [5] 毛昭陽(2008)，危險性機械安全管理規劃及檢查實務探討，行政院及所屬各機關出國報告。

### 作者簡介

毛昭陽，國立成功大學工學博士，高雄市政府勞工局勞動檢查處檢查員。