

出國報告（出國類別：實習）

架空輸電線路耐熱導線之設計 與施工技術

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：康仲培 九等電機工程師

派赴國家：日本

出國期間：99.10.17~99.10.22

報告日期：99.12.13

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：架空輸電線路耐熱導線之設計與施工技術

頁數 18 含附件：是 否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

康仲培/台電公司/南區施工處/九等電機工程師/07-3572162

出國類別：1 考察 2 進修 3 研究 4 實習 5 其他

出國期間：99.10.17~99.10.22

出國地區：日本

報告日期：

分類號/目

關鍵詞：

內容摘要：(二百至三百字)

- 一、由於民意高漲，地權取得不易，架空輸電線路興建愈趨困難，為提高送電容量以應付日漸增加的用電需求且在不新建鐵塔基礎之原則下，將既設架空輸電線路之各種線徑導線更換為可提高送電容量的耐熱導線，成為另一個經濟且可行的選擇。
- 二、目前本公司第七輸變電計畫工程正規劃進行將龍崎~岡山 161kV 架空輸電線路之導線更換為超耐熱導線，其除了可提高送電容量外，還具備了降低弛度的優點，並可在原鐵塔不需改建之條件下，完成提高送電容量的需求。日本對於架空輸電線路耐熱導線設計與施工技術已有很多實例與經驗，值得本公司前往研習與借鏡，希透過此次研習吸取日本電力公司之設計及施工經驗，期能加強及提升目前推動之規劃設計及施工技術等相關工作，周延爾後工程實務推展。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網

(<http://open.nat.gov.tw/reportwork>)

目次

壹、 實習目的-----	1
貳、 實習過程-----	2
一、 行程說明-----	2
二、 實習內容-----	2
參、 實習心得-----	3
1、 耐熱導線介紹-----	3
2、 為提昇既設架空輸電線路送電容量作法-----	7
3、 GTACSR 施工-----	7
4、 耐熱導線線路參訪-----	11
5、 J-POWER SYSTEM 參訪及研討-----	14
肆、 行程感想與建議事項-----	18

壹、實習目的

- 一、由於民意高漲，地權取得不易，架空輸電線路興建愈趨困難，為提高送電容量以應付日漸增加的用電需求且在不新建鐵塔基礎之原則下，將既設架空輸電線路之各種線徑導線更換為可提高送電容量的耐熱導線，成為另一個經濟且可行的選擇。
- 二、目前本公司第七輸變電計畫工程正規劃進行將龍崎~岡山 161kV 架空輸電線路之導線更換為超耐熱導線，其除了可提高送電容量外，還具備了降低弛度的優點，並可在原鐵塔不需改建之條件下，完成提高送電容量的需求。日本對於架空輸電線路耐熱導線設計與施工技術已有很多實例與經驗，值得本公司前往研習與借鏡，希透過此次研習吸取日本電力公司之設計及施工經驗，期能加強及提升目前推動之規劃設計及施工技術等相關工作，周延爾後工程實務推展。

貳、實習過程

一、行程說明：本次赴日本實習期間自民國 99 年 10 月 17 日至 10 月 22 日共 6 天，實習行程如下：

日期	工作內容
99.10.17	去程
99.10.18~99.10.19	關西電力株式會社參訪及研討
99.10.20~99.10.21	JPS 工廠參訪及研討
99.10.22	返程

二、本次實習內容如下：

(一)關西電力株式會社參訪

(1)南港火力線(2)豐崎直井(3)上二變電所

(二)J-POWER SYSTEM 大阪工廠參訪

參、實習心得：

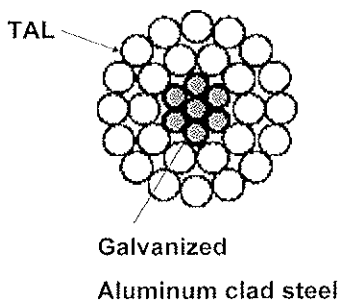
1.耐熱導線介紹：

銅、鋁等金屬材料通電後，導體溫度漸增，但機械性能隨導體溫升而降低，此為架空輸電線路送電能力無法提升之主因。

目前常用耐熱導線共有 TACSR、ZTACIR、XTACIR、GTACSR、GZTACSR 等 5 種，其相關剖面及特性說明如下：

1.1 TACSR

TACSR (Thermo resistance Aluminum Alloy Conductor Steel Reinforced)耐熱鋁合金線，其與 ACSR 最大不同在於利用 TAL(Thermo resistance Aluminum Alloy Wire)代替 HAL(Hard drawn aluminum wire)，在普通金屬中添加了金屬銻等成份，提高了材料的再結晶溫度，故能在較高的溫度下維持正常的機械強度，其允許的連續工作溫度較 ACSR 提高 60°C 以上，因此大幅提高輸電能力。本公司大潭~龍潭 345kV 線即使用此種導線。



導電率：60%

容許運轉溫度：150°C

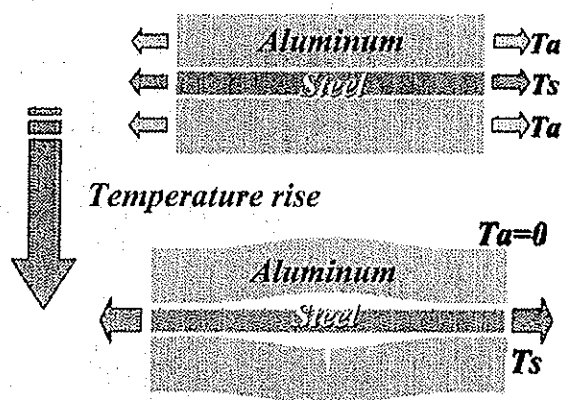
緊急運轉溫度：180°C

1.2 Invar conductor

隨著導線運轉溫度升高，導線的弛度也將隨之增大，為了消除此一問題而開發出殷鋼芯耐熱鋁合金系列導線(invar conductor)，此種導線的鋼芯採用鐵-鎳合金(鎳約佔 36%~40%)製成，由於這種鋼芯的線膨脹係數比普通鋼芯的線膨脹係數低很多，基本上其長度不太容易隨溫度變化，故取其英文 invariable 之諧音，稱之為殷鋼。

殷鋼芯耐熱鋁合金系列導線(invar conductor)利用導線中殷鋼芯與耐熱鋁合金線之線膨脹係數相差甚多的特點，隨著導線運轉溫度的提高，導線的張力漸漸轉移至

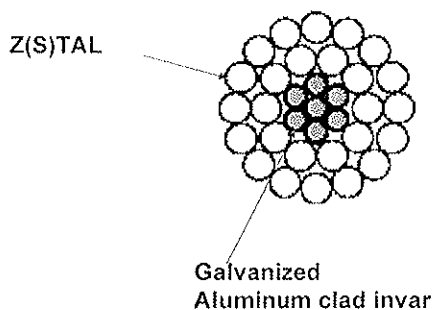
殷鋼芯，當達到遷移點溫度(Transition point temperature:TPT)時，導線的張力全部轉移至殷鋼芯，耐熱鋁合金線不再承受導線張力，此時殷鋼芯的線膨脹係數即為殷鋼芯耐熱鋁合金導線的線膨脹係數，因此殷鋼芯耐熱鋁合金導線在高溫下運轉時，其弛度增加量很小，達到低弛度的效果。



殷鋼導線張力轉移示意圖

1.2.1 ZTACIR(Super Thermo resistance Aluminum Alloy Conductor,Aluminum-Clad Invar

Reinforced)超耐熱鋁合金線：其構造如下圖所示，將長度不易隨溫度變化的鍍鋅殷鋼芯(Galvanized invar wire)與超耐熱鋁合金線(ZTAL)絞合而成。ZTACIR 構造與 ACSR 相同，且施工工法、機具及配件均與 ACSR 無異。本公司嘉民~雲林 161kV 線換線工即使用此種導線。



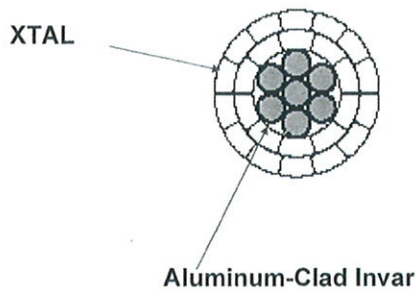
導電率：60%

容許運轉溫度：210°C

緊急運轉溫度：240°C

1.2.2 XTACIR(Extra Thermo resistance Aluminum Alloy Conductor ,Aluminum-Clad Invar

Reinforced) 殷鋼芯特耐熱鋁合金線：其構造如下圖，比 ZTACIR 更早引進台灣，本公司石門~松樹 161kV 線即使用此種導線。



導電率：58%

容許運轉溫度：230°C

緊急運轉溫度：290°C

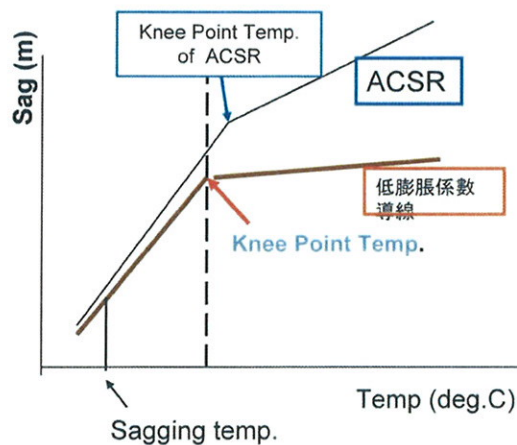
上述 ZTACIR 及 XTACIR 兩種導體採用股鋼芯線，不但可增加導體載流量且弛度亦可被抑制，故適合架設於既設線路欲提高送電容量，僅更換導線而不需改造鐵塔。

ZTACIR 及 XTACIR 因目前國內電線電纜廠商尚無製造實績，故本公司目前皆採外購方式辦理，為考量庫存及維護單位問題，應儘量簡化使用導線規格。

雖 XTACIR 可送電容量較 ZTACIR 導線略高，但考量 ZTACIR 較 XTACIR 在價格及線路損失上對本公司營運較為有利，故本公司爾後將以使用 ZTACIR 為主。

耐熱導線特性曲線(與 ACSR 比較)：

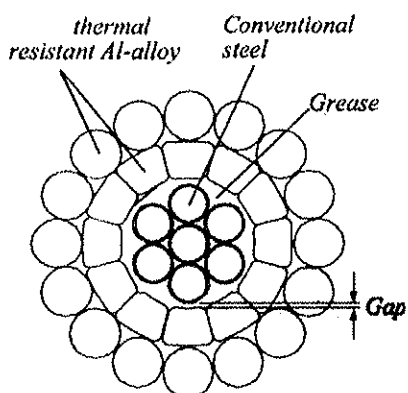
遷移點(knee point)



- a. 運轉溫度於遷移點溫度以下時與一般 ACSR 導線相同。
- b. 運轉溫度於遷移點溫度以上時，則導線之彈性係數與線膨脹係數以 INVAR 鋼線彈性係數與線膨脹係數取代。

1.3 GTACSR(Gap construction thermal resistant Aluminum alloy stranded conductor steel reinforced)：間隙型鋼芯耐熱鋁合金線(GTACSR)與間隙型鋼芯超耐熱鋁合金線

(GZTACSR)是耐熱鋁合金導線中結構較為特殊的一種，其構造圖如下圖所示，空隙間填滿耐熱潤滑油脂，以便減少鋼芯與裡層耐熱鋁合金線間的摩擦。與鋼芯相鄰的裡層耐熱鋁合金線為梯形截面。這種導線在安裝時，以一種特殊的架線方式使導線的張力均落在鋼芯上，因此當導線載流後，弛度的變化則取決於鋼芯的線膨脹係數，即耐熱鋁合金線的線膨脹與導線的弛度變化無關。

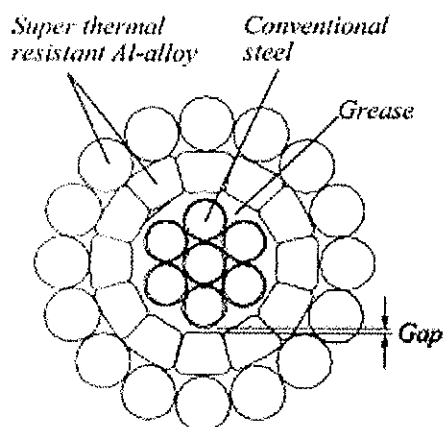


導電率：60%

容許運轉溫度：150°C

緊急運轉溫度：180°C

1.4 GZTACSR(Gap construction super thermal resistant aluminum alloy stranded conductor steel reinforced)：間隙型鋼芯超耐熱鋁合金線(GZTACSR)與間隙型鋼芯耐熱鋁合金線(GTACSR)的差別在於外層鋁合金線分別採用超耐熱鋁合金線(ZTAL)及耐熱鋁合金線(TAL)，其構造圖如下圖所示。GZTACSR 與 GTACSR 在架線時，以機械方式強制鋼芯承受導線的張力，此種張力轉移是屬人工轉移與上述般鋼芯耐熱鋁合金系列導線不同。

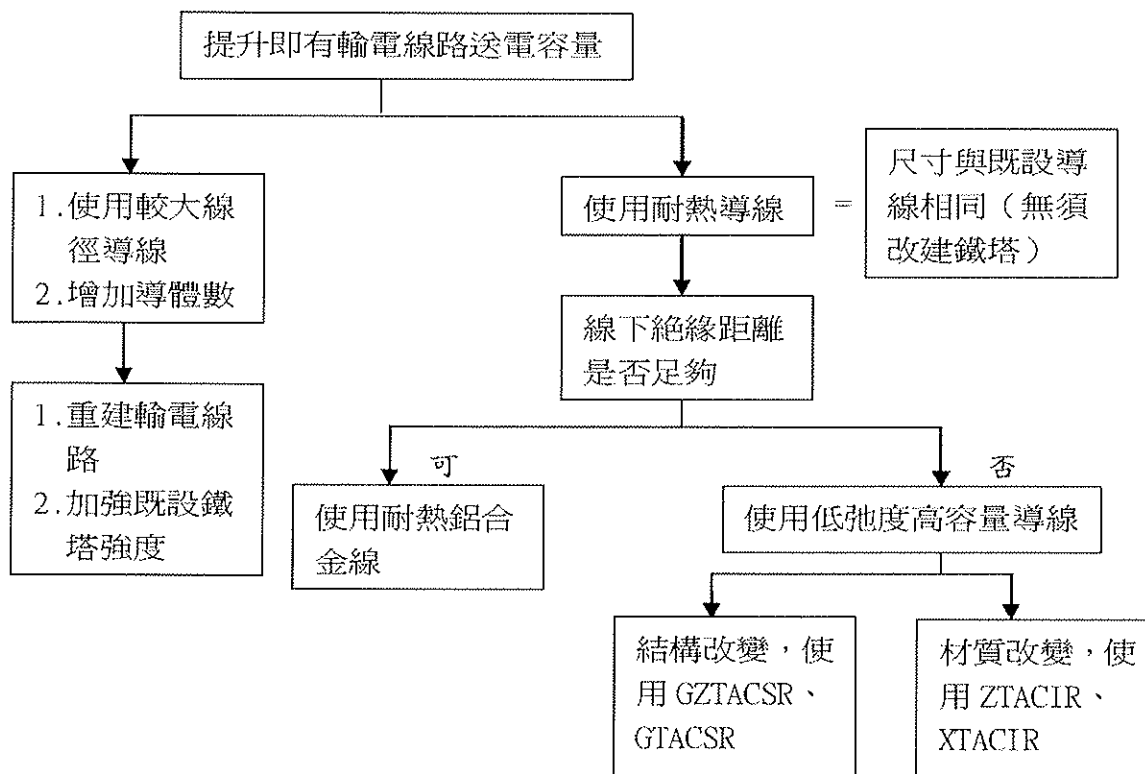


導電率：60%

容許運轉溫度：210°C

緊急運轉溫度：240°C

2. 為提昇既設架空輸電線路送電容量之作法流程圖如下：

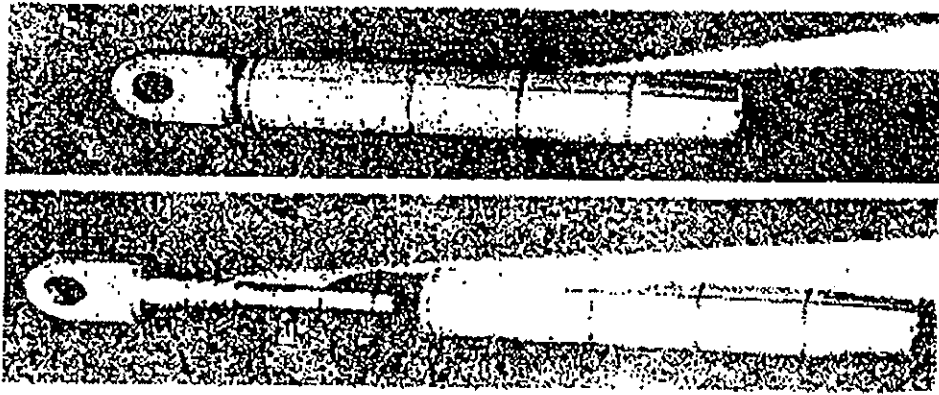


3. GTACSR 的施工

GTACSR 與普通的鋼芯鋁絞線最大的不同在於內層鋼芯與裡層耐熱鋁合金線間填滿耐熱潤滑油脂，耐熱潤滑油脂的作用是避免鋼芯與鋁合金線間的摩擦，為了確保耐熱潤滑油脂的密閉性及保持鋼芯與鋁合金線間的空隙，因此裡層耐熱鋁合金線採梯形截面，內層鋼芯與裡層耐熱鋁合金線可自由移動。

在架線前期的準備工作，如搭架、掛滑車等與普通導線並無差異，單一延線區域的路徑長度(兩耐張鐵塔間)的最大長度為 5 公里，導線與牽引繩的連接須使用壓縮型式線夾，如下圖所示，基本上在延線上會使用壓縮型式線夾，使用壓縮型式線夾的目的是避

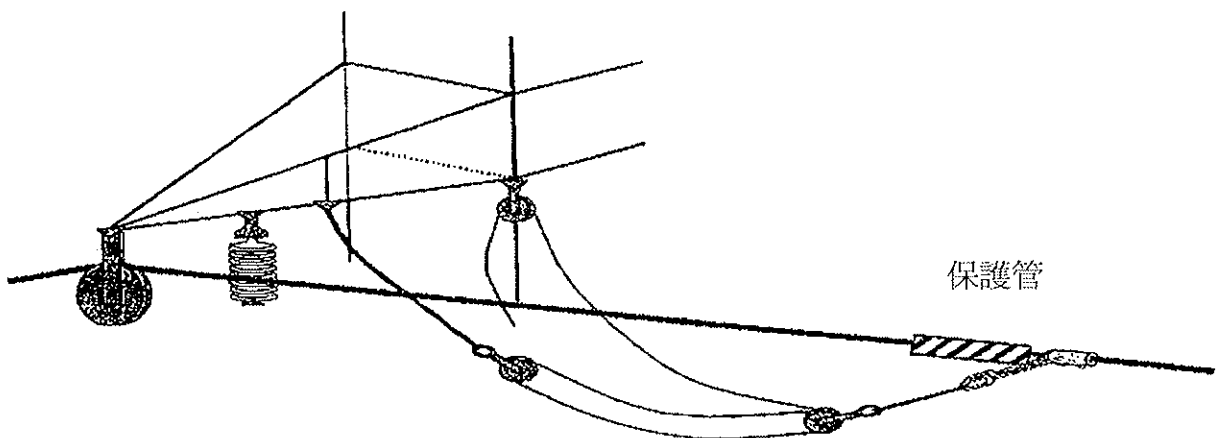
免鋼心跑到鋁層中。



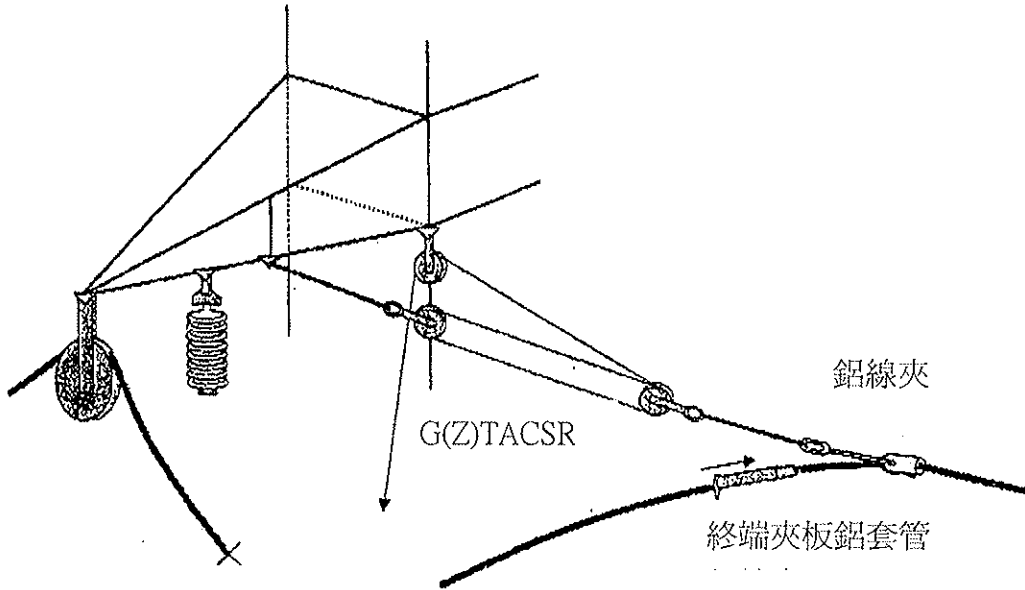
壓縮型式線夾

GTACSR 的緊線方式與一般導線不同，主要分為初次臨時緊線和最終鋼芯緊線，臨時緊線時的張力不得超過最終緊線張力的 70%，可透過張力計上的數值來判斷是否達到 70% 的張力，也可透過弛度加以判斷，70% 張力時的弛度為最終緊線張力的 1.3~1.4 倍，最終鋼芯緊線則須達到 100% 張力。這種特殊的緊線方式，目的要使導線外部的鋁層受到較小的拉力，讓鋼芯成為主要承受力量的元件。最終鋼芯緊線完成後，需要將導線靜止懸掛於塔上 12 小時後，才可進行導線壓接作業，透過靜止懸掛 12 小時，可讓鋼芯與鋁線層充份地相對移動，使所有張力與弛度落在鋼芯上，確保高溫下導線可維持低弛度，以下針對緊線步驟說明。

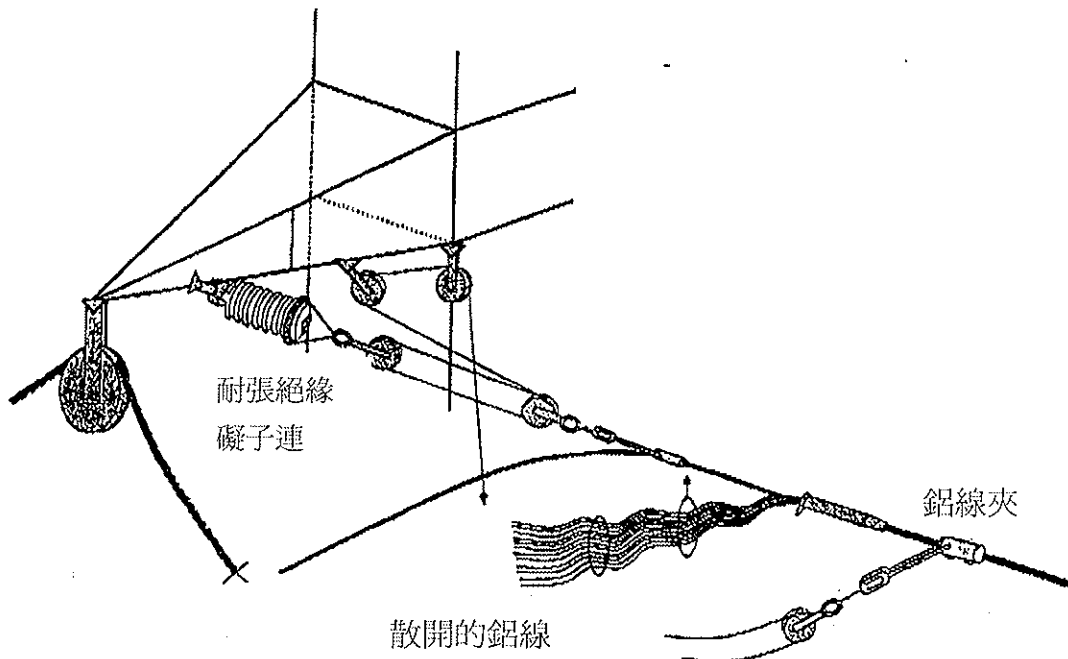
(1) 間隙型導線放線後，需使用鋁線固定夾當作臨時緊線用，並在導線上使用保護管，以防止線夾傷及鋁線。如下圖所示。



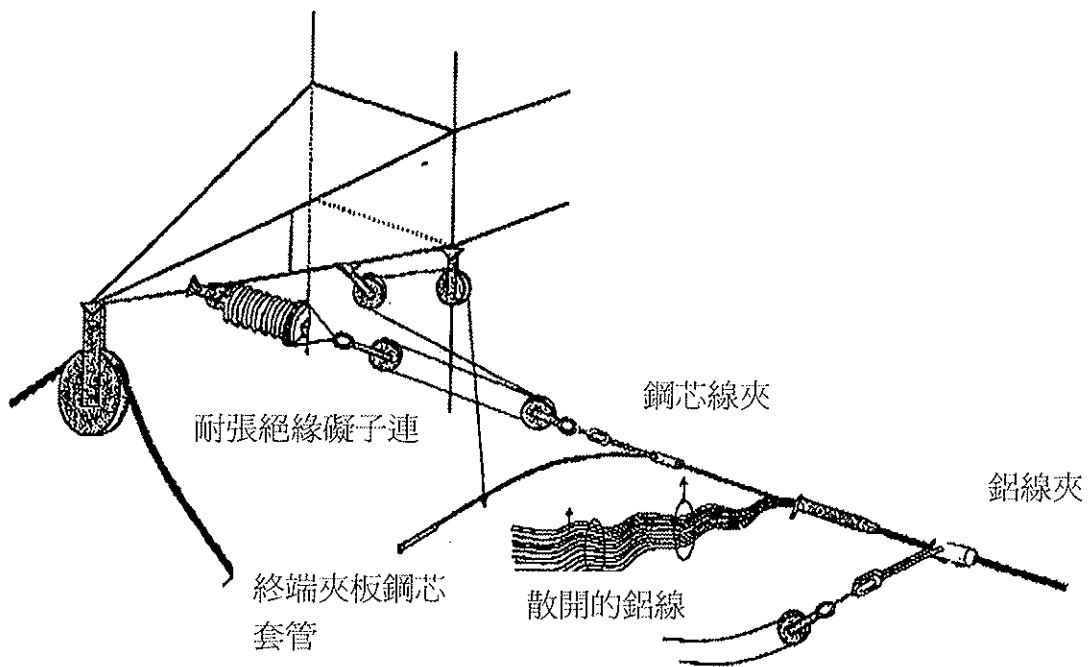
(2)利用鋁線夾進行臨時緊線，當緊線張力達到最終張力的 70%時，套入終端夾板的鋁套管，如下圖所示。



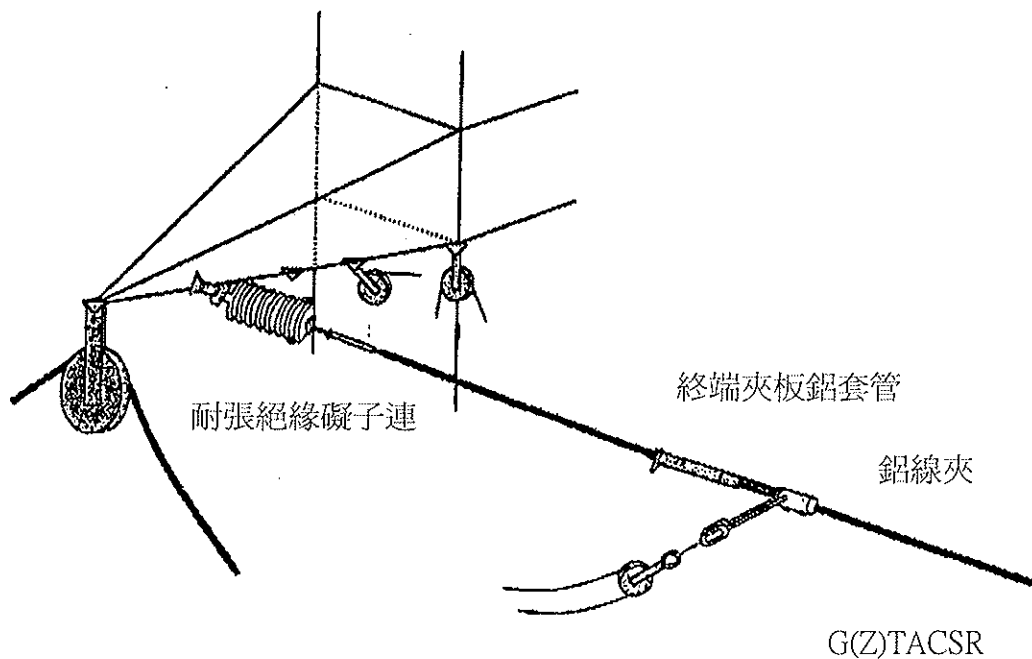
(3)將鋁股散開，露出鋼芯，將安裝鋼芯線夾的部份油脂擦拭乾淨，並安裝鋼芯線夾進行最後鋼芯緊線，使其達到 100%張力，如下圖所示。



(4) 在緊線狀態下，導線放置 12 小時後，即可進行導線鋼芯部份壓接，如下圖所示。



(5) 將壓接後的鋼芯部份安裝至礙子，將鋁線復原，如下圖所示，最終完成緊線及導線壓接。



4.耐熱導線線路參訪：

關西電力南港火力線

南港火力發電廠至敷津變電所

(三回線複導體)

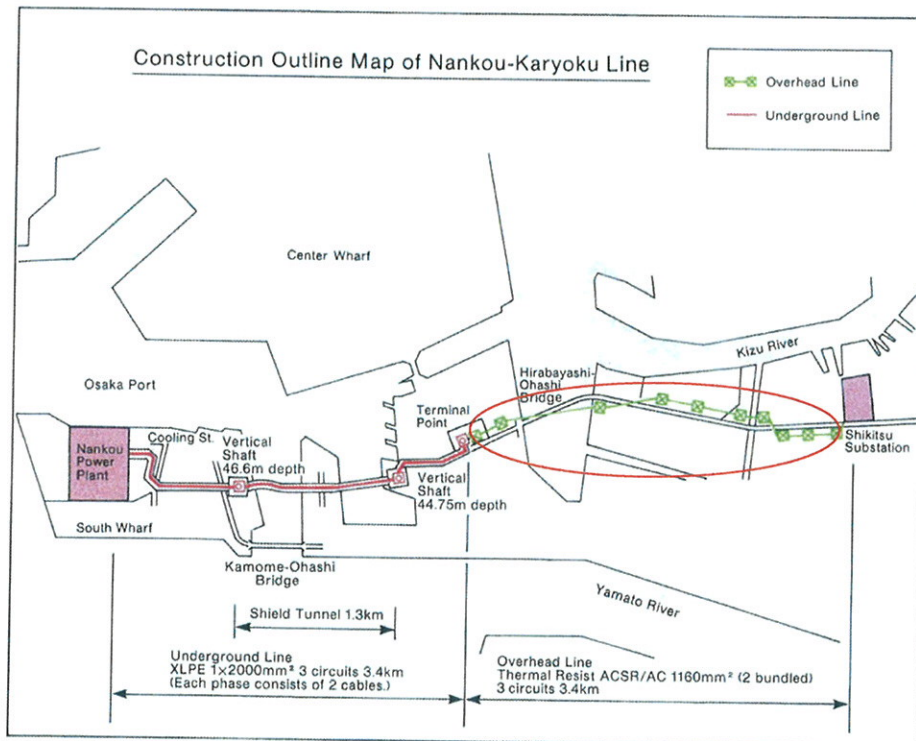
電壓等級：154kV

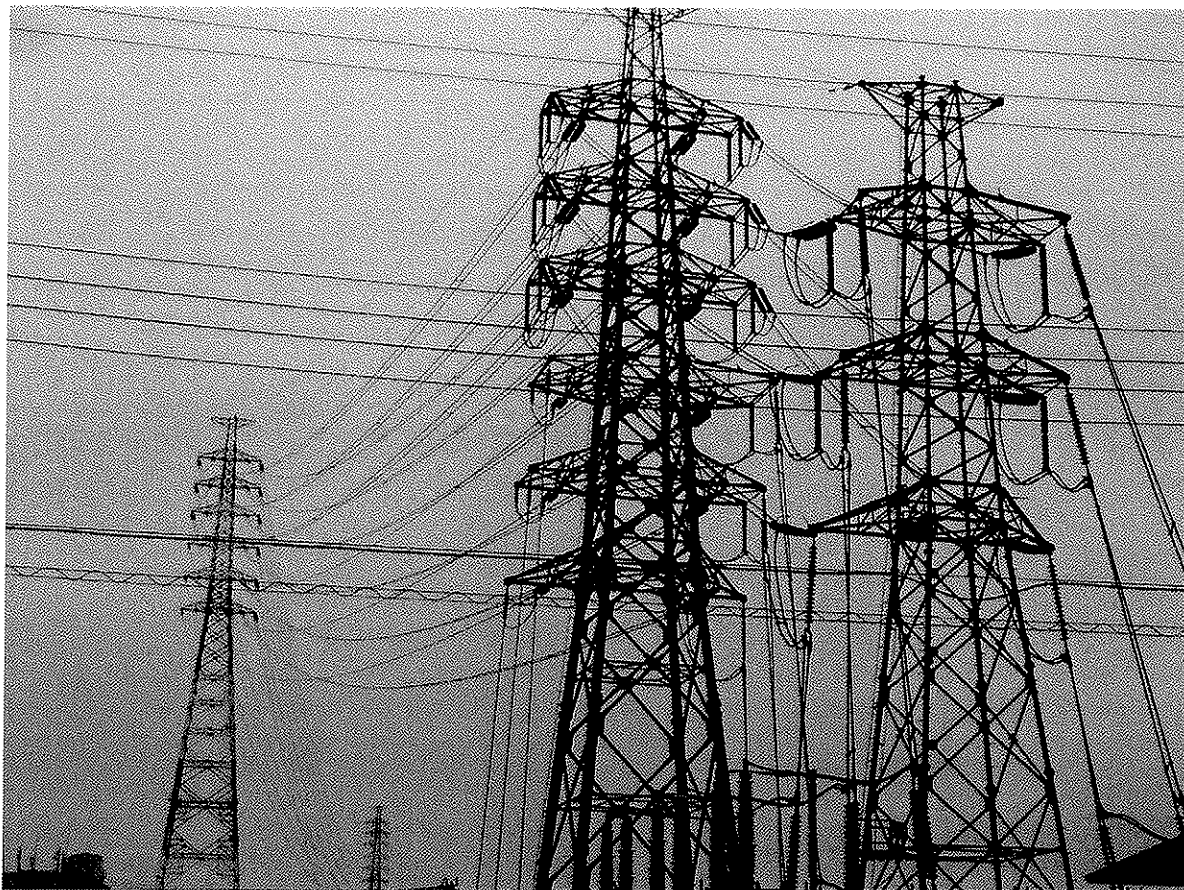
線路長度：6.8KM(架空線長 3.4KM，電纜長 3.4KM)

架空線種類：TACSR

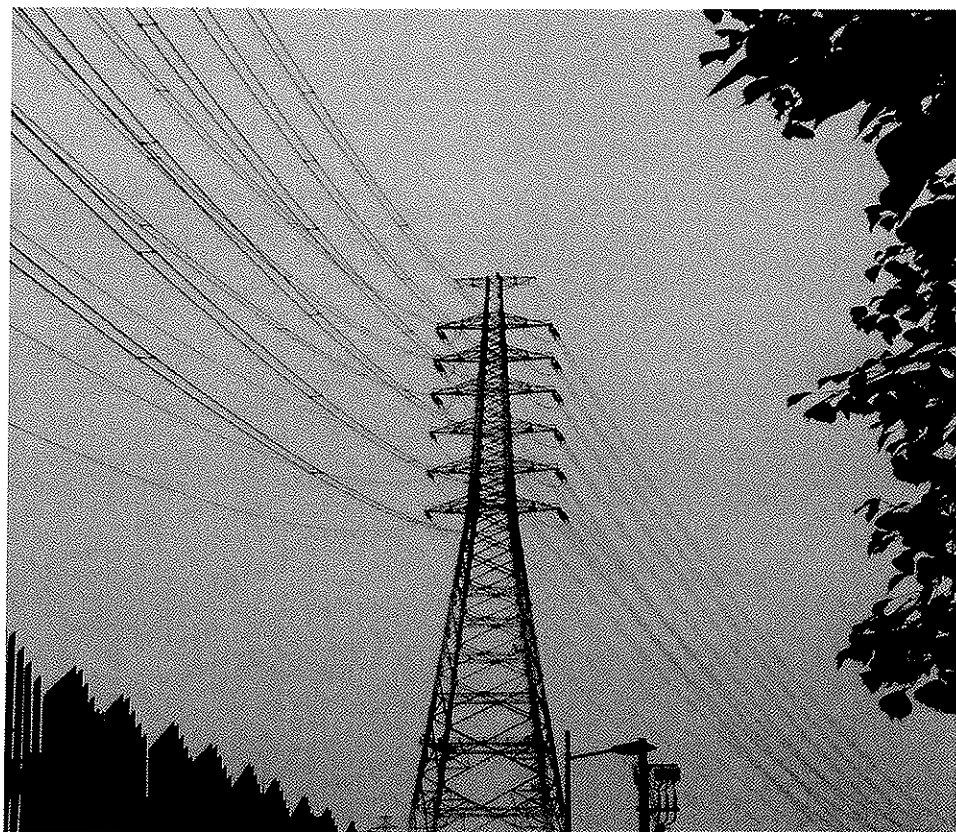
送電容量：600MW/回線

建設日期：1989.02~1990.03





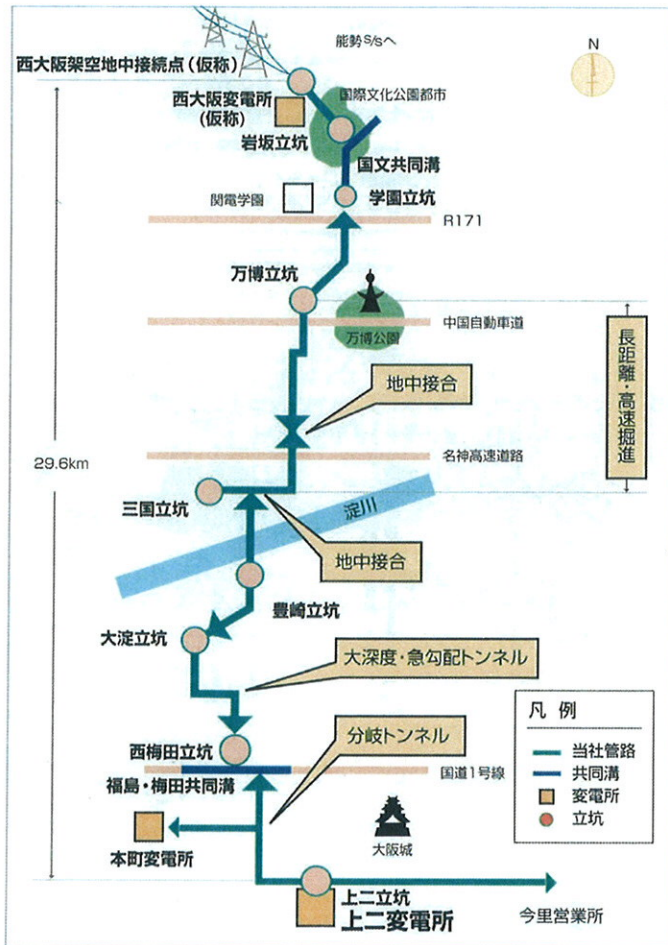
南港火力線連接站



南港火力線鐵塔

關西電力施工中之輸電線路概要圖：
 (能勢~西大阪 500kV 線：使用 TACSR)

送電線路概要と特徴
 Construction route and characteristic



500kV市内導入ルート
 500kV route

経路 route	線種 kind	全長 distance
能勢変電所～ 西大阪架空地中接続点(仮) Noshiro substation. -Nishiosaka substation.	架空送電線 TACSR810mm ² x4	15.5km
西大阪架空地中接続点(仮)～ 上二変電所 Nishiosaka substation. -Ueni substation.	地中送電線 CV3,000mm ²	29.6km (内、共同溝 4.9km)

其架空輸電線路仍使用 TACSR 之導線，係因為線路組成大多為架空線與地下電纜結合，如欲改用 ZTACIR 等型式耐熱導線，須考慮地下電纜送電容量是否能匹配。

另因本線路為新線路，鐵塔高度足夠，已將 TACSR 的弛度納入考量，故使用 TACSR 之導線。

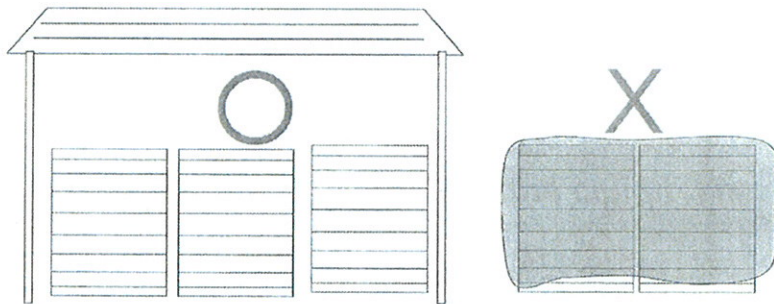
5. J-POWER SYSTEM 參訪及研討：

5.1 避免木質線軸腐朽之保存方法：



木質線軸腐朽情形

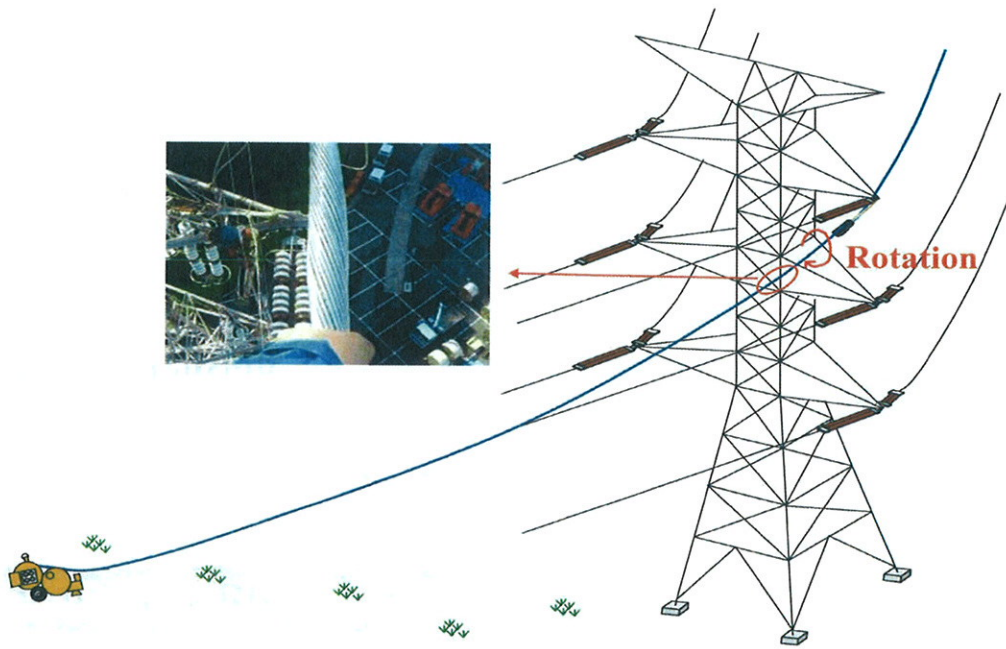
- (1)如果線軸長期不使用，應存放於有屋頂之儲存室，避免受潮。
- (2)不要使用帆布覆蓋線軸，因為水份不會蒸發且會腐蝕線材。



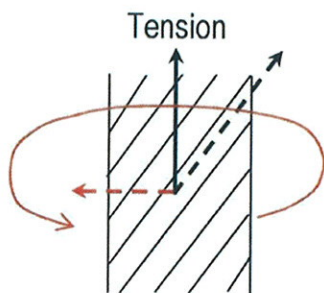
木質線軸腐朽之保存方法

5.2.避免導線呈鳥籠狀之施工方式：

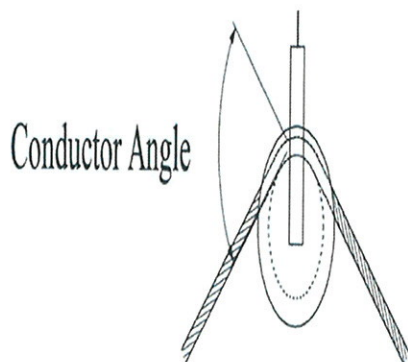
如果導線於拉線施工時有翻轉或於某部位鬆脫時，則導線呈鳥籠狀可能會發生。相關示意請參閱下圖。



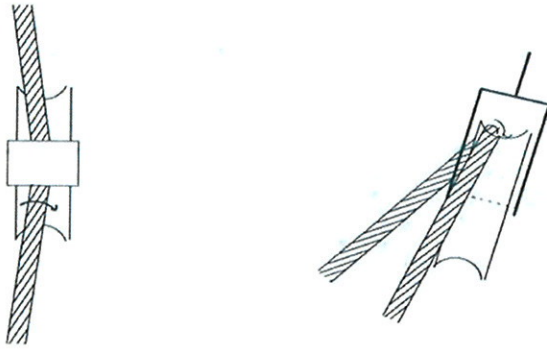
5.3 導線施工發生翻轉通常可歸咎於以下 3 種原因：



- (1) 拉線張力：上圖所示黑色實線箭頭張力為黑色虛線箭頭張力及紅色虛線箭頭張力之合力，若合力稍偏差則導線易發生翻轉。
- (2) 導線兩端拉線所形成之角度：若導線兩端拉線所形成之角度過大，則導線易發生翻轉，如下圖所示。



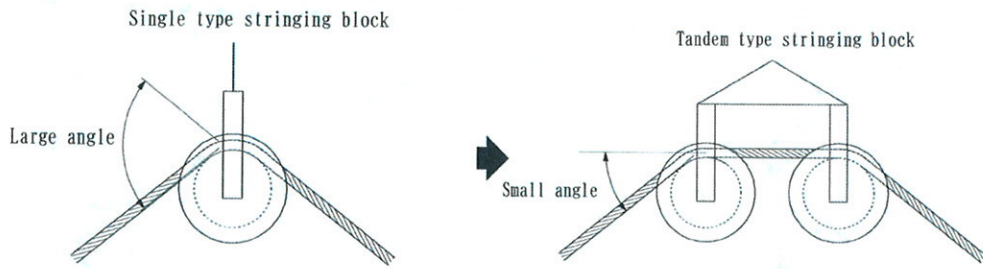
(3) 滑車扭轉：拉線時滑車產生扭轉時，亦將使導線產生扭轉。



本公司台東~大武 161kV 線延線情形(導線延線角度已偏差)

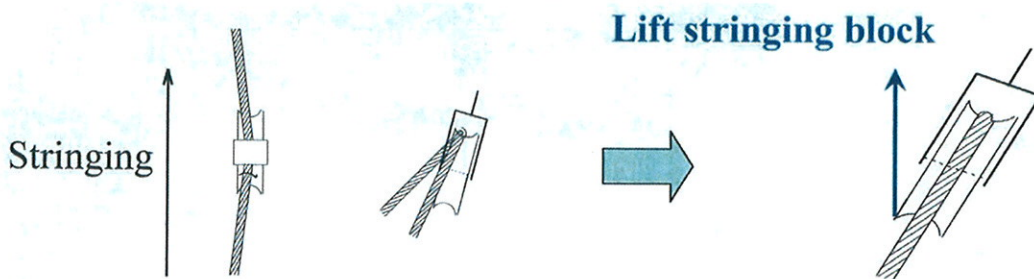
5.4 避免導線呈鳥籠狀之施工方式：

5.4.1 使用 2 個滑輪使拉線角度縮小，如下圖所示：

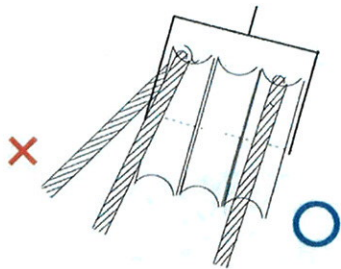


(使用 2 個滑輪使拉線角度縮小)

5.4.2 調整延線器材角度使導體沿滑輪溝槽拉線



5.4.2 不要使用雙溝槽滑輪拉 2 條導線，因 2 條導線之拉力均不相同，使用單溝槽滑輪拉 1 條導線為較佳之方式。



肆、行程感想與建議事項：

- 日本電力公司未全部使用 ZTACIR、XTACIR、GTACSR、GZTACSR 等耐熱導線取代鋼心鋁線的原因之一，係因為線路組成大多為架空線與地下電纜結合，如欲改用上述耐熱導線，須考慮地下電纜送電容量是否能匹配。
- 為避免木質線軸腐朽，最好的方法為配合停電時間，精確估算預計使用期程，避免線軸久儲。
- 導線換線施工時，儘可能使用單條導線搭配雙滑輪，且滑輪應使用單軌式，並須注意避免導線發生扭轉之情形，應可減少導線發生鬆股機率。