

出國報告（出國類別：實習）

# TACCSR 耐熱複合心鋁線施工技術 研習

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：何欣穎 十等電機工程師

派赴國家：美國

出國期間：106.10.15~106.10.24

報告日期：106.12.1

## 摘要

美國於西元 2000 年後研發耐熱複合心 (composite core) 導線，代表產品為 CTC Global 公司的 ACCC 導線 (Aluminium Conductor Composite Core)，與 3M 公司的 ACCR 導線 (Aluminum Conductor Composite Reinforced)，碳纖維心鋁絞線 (ACCC) 內層心線是碳纖維樹脂線，外層使用完全退火梯型軟鋁線絞合而成；陶瓷纖維心鋁絞線 (ACCR) 內層心線使用鋁基陶瓷纖維線，外層為鋁鎳耐熱合金線。2 種導線均有優越之提高送電容量特性，可符合本公司不新設架空輸電線路，而在既有線路上抽換為耐熱複合心導線以達到擴充送電容量之需求。

ACCC 導線及 ACCR 導線內層心線具有較低之膨脹係數，因此在較大之送電條件下，可保持與傳統 ACSR 導線相同之弛度，惟內層心線之韌性及可撓性不若鋼心，屬於脆性材質，在施工的過程中，為避免內層心線損傷，必須完全遵照原廠之施工規定，並選用經認可之施工工具及配件，以發揮新型導線之最大效益。

## 目次

壹、研習目的-----	1
貳、研習過程-----	2
一、行程說明-----	2
二、研習內容說明-----	2
參、研習心得-----	3
一、ACCC 導線(碳纖維心鋁絞線)-----	3
(一) 導線構造及特性介紹-----	3
(二) 導線施工需特別注意事項-----	4
二、ACCR 導線(陶瓷纖維心鋁絞線)-----	11
(一) 導線構造及特性介紹-----	11
(二) 導線施工需特別注意事項-----	12
三、施工綜合心得-----	17
四、DUPO FERRY Substation 230kV 換線工程工地參訪 -----	17
肆、研習感想與建議事項-----	21
伍、參考資料-----	22

## 壹、研習目的

隨著經濟發展，對於電力之需求也日益增加，過去往往採用新建架空輸電線路方式以增加送電容量，惟在今日民意不斷高漲下，新建架空輸電線路方式在現行環境下相當困難，因此，如何在不增建輸電線路但仍提高送電電流，為目前本公司一項重要課題，而將既有導線抽換為低弛度、大容量導線為一種可行之方法。

本公司自民國 90 年代開始，陸續引進 XTACIR 導線（特別耐熱鋼心鋁線）及 ZTACIR 導線（超耐熱鋼心鋁線）抽換 161kV 石門~松樹線、161kV 嘉民~雲林線、161kV 大鵬~台東線等既有導線。隨著材料科技進步，美國於西元 2000 年後亦研發更新型的複合心(composite core)導線，代表產品為 CTC 公司的 ACCC 導線(Aluminium Conductor Composite Core，碳纖維心鋁絞線)，與 3M 公司的 ACCR 導線(Aluminum Conductor Composite Reinforced，陶瓷纖維心鋁絞線)。

ACCC 導線中心抗張體為碳纖維、玻璃纖維、環氧樹脂組成之芯棒；ACCR 導線中心抗張體為陶瓷纖維(氧化鋁)、純鋁之複合材料。兩種導線之中心抗張體均為脆性材料，韌性及可撓性均不如傳統 ACSR 中心抗張體所採用鋼材質，對於彎曲、擠壓等延架線過程常見態樣之承受能力極為脆弱，為學習國外原廠之施工經驗，特安排本次研習行程，拜訪施工部門並參觀 TACCSR 進行中工程，了解施工之特性、技術及注意事項，對爾後本公司相關工程施作可望有所助益。

## 貳、研習過程

### 一、行程說明

本次赴美國研習期間自民國 106 年 10 月 15 日至 10 月 24 日共 10 天，行程如下：

日期	行程說明
106.10.15	去程（台北→洛杉磯）。
106.10.16	美國 CTC Global 公司參訪。
106.10.17	中間行程（洛杉磯→聖保羅）。
106.10.18~106.10.19	1.美國 3M 公司參訪。 2.3M 公司梅諾莫尼（Menomonie）工廠參訪。 3.中間行程（聖保羅→聖路易）。
106.10.20	DUPO FERRY Substation 230kV 換線工程工地參訪。
106.10.21~106.10.22	中間行程（聖路易→洛杉磯）。
106.10.23~106.10.24	回程（洛杉磯→台北）。

### 二、研習內容說明：

（一）CTC Global 公司參訪，研習內容如下：

- 1.ACCC 碳纖維心鋁絞線簡介及參觀碳纖維芯棒製造過程。
- 2.參觀 ACCC 碳纖維心鋁絞線相關配件製造過程。
- 3.ACCC 碳纖維心鋁絞線換架線施工過程及注意事項研討。

（二）3M 公司參訪，研習內容如下：

- 1.ACCR 陶瓷纖維心鋁絞線簡介。
- 2.參觀 ACCR 導線試驗實驗室及創新研發中心（3M Innovation Center）。
- 3.參觀陶瓷纖維心線工廠（Menomonie Plant Site）。
- 4.ACCR 陶瓷纖維心鋁絞線換架線施工過程及注意事項研討與伊利諾州工地參訪。

## 叁、研習心得

### 一、ACCC 導線 (Aluminium Conductor Composite Core，碳纖維心鋁絞線)

#### (一) 導線構造及特性介紹

1. ACCC 導線為美國 CTC Global 公司研發並持有專利，導線生產商必須經 CTC Global 公司授權，並使用 CTC Global 公司生產之碳纖維芯棒絞合導線，始可稱產品為 ACCC 導線。
2. ACCC 導線外層素線為柔軟之純鋁材質經完全退火處理製成，導電率高達 63%，可降低線路損失，但具有低強度及易磨損等缺點，施工過程需保護導線免受傷害，其外觀構造如圖 1 所示。

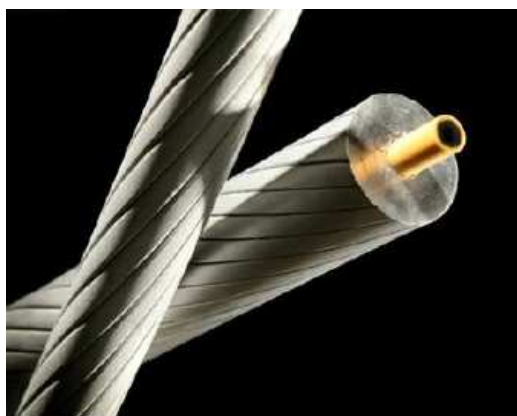


圖 1 ACCC 導線外觀構造

3. 碳纖維芯棒為碳纖維、玻璃纖維、環氧樹脂組成（如附圖 2），並藉由碳纖維之低膨脹係數（約普通鋼芯之 1/10）提供導線極佳之弛度表現，玻璃纖維與環氧樹脂組成隔離層，避免碳纖維與鋁素線接觸產生電位腐蝕。



圖 2 ACCC 導線碳纖維芯棒

## (二) 導線施工需特別注意事項

### 1.有關一般性作業原則說明

- (1)導線外層為軟鋁材質，於粗糙表面拖拉及使用不當工具，容易造成鋁表面損傷致高電壓（138kV 以上）運行下會產生電暈效應（corona effect），如圖 3 所示。

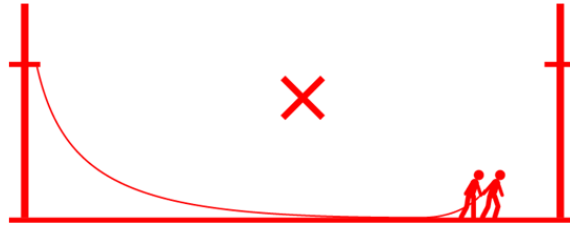


圖 3 避免導線直接於地面上拖拉

若需將導線置於地面，應於地面上鋪設乾淨的紙或塑料，避免直接接觸，如圖 4 所示。



圖 4 導線與地面應使用乾淨的紙或塑料隔離

- (2)碳纖維芯棒耐張力較傳統鋼心強大，惟韌性及可撓性不如鋼心，因此低於最小彎曲半徑之彎折容易造成芯棒損傷或斷裂。

### 2.有關施工人員之安全性原則說明

- (1)碳纖維芯棒外層由玻璃纖維包覆，切割或斷裂會產生極微小之玻璃碎片，施工人員必須配戴手套及護目鏡以維護工作安全。
- (2)短期間曝露於芯棒切割或研磨所產生之碳纖維或玻璃纖維微粒下並不會造成呼吸系統傷害，惟長期（指超過 100 次以上的切割及研磨）仍有可能對健康造成影響。

### 3.有關線軸之運搬及儲放原則說明

- (1)依本公司規範規定，捲筒須為鐵質，有關捲筒之尺寸、包裝、標示等均有明確規定，廠商必須依規範規定捲繞導線於合格之捲筒上。
- (2)依 CTC Global 公司施工手冊建議，鐵質捲筒可儲放於室外，惟仍應避免長時間曝露於潮溼環境中，因為碳纖維芯棒會吸收溼氣，雖並不影響碳纖維芯棒之抗張強度，惟會增加芯棒彎曲時損傷之風險。
- (3)CTC Global 公司建議儲放環境溫度如下：
  - A.最高儲放環境溫度 55℃。
  - B.最低儲放環境溫度 -40℃。

#### 4.有關施工現場布置原則說明

- (1)為減少 ACCC 導線進入第一座支持物之仰角 ( $\leq 20^\circ$ )，放線機至第一座支持物的距離至少須為支持物高度的 3 倍，如圖 5 所示。

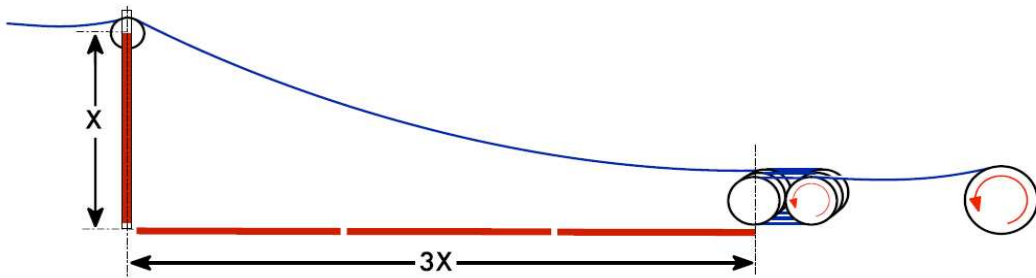


圖 5 放線機至第一座支持物的距離

- (2)依 CTC Global 公司經驗，導線外層素線在線軸內極為密實，惟當導線離開線軸後壓力釋放致外層較為鬆散，尤其在大尺寸導線更為明顯，當導線進入放線機後，接觸壓力迫使鬆散外層逐漸向線軸方向累積，最終形成鳥籠現象 (Birdcaging)，改善措施為提供線軸與放線機充足的距離 (至少為 15 公尺) 以將鬆散外層平均分散，並維持線軸與放線機一定之拉力，如圖 6 所示。



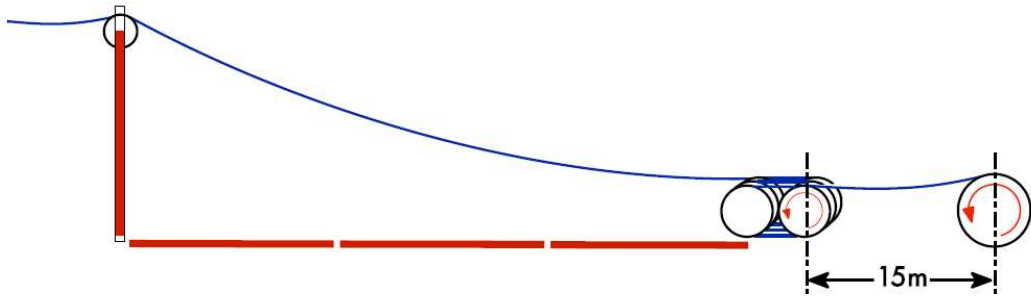


圖 6 放線機至線軸的距離

(3)線軸和放線機若因高低差過大，為保持導線平穩進入放線機導輪，避免彎折產生，原廠建議放置緩衝滑車於放線機與線軸之間，且滑車尺寸應至少與第一座支持物所用滑車相同，如圖 7 所示。

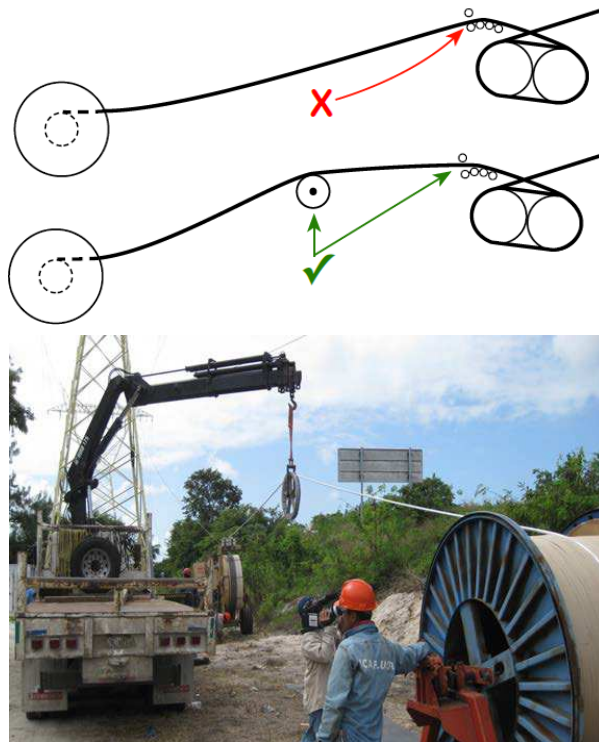


圖 7 放置滑車於放線機及線軸之間

(4)原廠建議線路角度 20 度以下採用單滑輪，20~30 度採用雙滑輪，超過 30 度則建議諮詢 CTC Global 公司，如圖 8 所示。

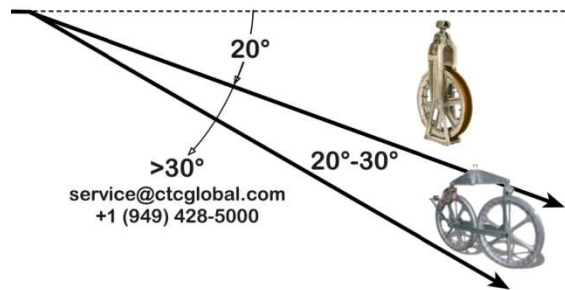


圖 8 線路角度適用滑車規定

(5)本公司架空輸電線路經常穿梭於崇山峻嶺中，要找到符合前述要求線軸、放線機及支持物距離之施工場址著實不易，經與廠商研討，提出下列幾項權宜措施供本公司參考：

- A.第 1 座支持物使用較大之延線滑車。
- B.第 1 座支持物使用縱列雙輪滑車 (Tandem sheave)。
- C.降低第 1 座支持物之延線滑車高度。
- D.跳過該延放場址，使用 back-to-back 線軸延放 ACCC 導線，惟最大單一延放範圍不宜超過 20 個區間。

#### 5.有關施工工具說明

ACCC 導線施工工具大致與傳統 ACSR 導線相同，有關特殊使用工具或要求說明如下：

##### (1)放線機規定

- A.依 CTC Global 公司建議，放線機輪軸直徑至少須為導線線徑 40 倍，經查閱施工手冊，輪軸直徑應使用 60 英吋 (1,524mm) 方可符合本公司擬採用複合心鋁絞線線種需求。
- B.凹槽深度(Groove depth)為導線線徑 0.55 倍。
- C.不可為 V 字形凹槽。
- D.至少需有 4 個凹槽，以維持張力控制。

##### (2)芯線固定器 (Bug)

- A.因碳纖維芯棒外表平滑，為避免延架線施工過程中，芯棒和外層鋁絞線間產生滑動，需加裝本工具，如附圖 9 所示。

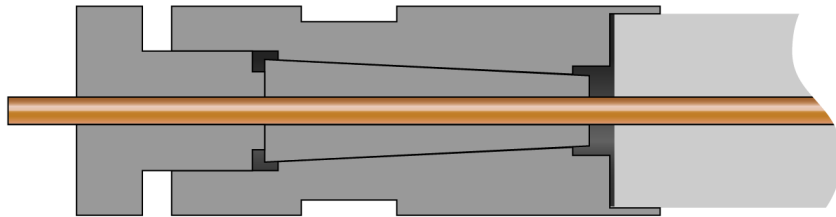


圖 9 芯線固定器（Bug）安裝示意圖

B. 芯線固定器（Bug）僅使用於延拉 ACCC 導線且可重覆使用。

(3) 滑車（Block）

依廠商建議，本公司所採用 ACCC 導線規格適用滑車尺寸如下：

International Name	ASTM Name	Nominal Outside Diameter Inches (millimeters)			
		Conductor	First and Last Structure	Intermediate Structures*	Direction Change 70° - 30°
Helsinki	Pasadena	0.616 (15.616)	24 (610)	22 (560)	24 (610)
Copenhagen	Linnet	0.72 (18.288)	24 (610)	22 (560)	24 (610)
Reykjavik	Orion	0.741 (18.821)	28 (710)	24 (610)	28 (710)
Glasgow		0.818 (19.533)	28 (710)	24 (610)	28 (710)
	Waco	0.77 (19.558)	28 (710)	24 (610)	28 (710)
Casablanca	Laredo	0.807 (20.498)	28 (710)	24 (610)	28 (710)
Monte Carlo		0.818 (20.777)	42 (1067)	42 (1067)	42 (1067)
<del>Tedon</del>	<del>Hawk</del>	<del>0.6838 (21.293)</del>	<del>28 (710)</del>	<del>28 (610)</del>	<del>28 (710)</del>
Oslo	Irving	0.882 (22.401)	35 (890)	28 (710)	35 (890)
Amsterdam	Dove	0.927 (23.546)	28 (710)	24 (610)	28 (710)
Brussek	Groesbeak	0.99 (25.146)	28 (710)	24 (610)	28 (710)
Stockholm		1.039 (26.391)	35 (890)	28 (710)	35 (890)
	Tubbeck	1.04 (26.416)	35 (890)	28 (710)	35 (890)
	Gabeston	1.09 (27.686)	35 (890)	28 (710)	35 (890)
Warsaw		1.091 (27.711)	35 (890)	28 (710)	35 (890)
<del>Dublin</del>	<del>Drake</del>	<del>1.108 (28.143)</del>	<del>35 (890)</del>	<del>28 (710)</del>	<del>35 (890)</del>

(4) 線夾（Chicago grip）

ACCC 導線仍採用 Chicago grip，但短鉗口 (jaw) 之線夾不可使用，原廠推薦之線夾廠牌及型號為 Klein Chicago Grip (1628 series)，如圖 10 所示。



圖 10 ACCC 導線線夾

#### 6. 有關延線施工說明

(1) 依本公司規範規定，複合心鋁絞線須採用 Z 絞繞 (Right-hand direction)，原廠建議延線時導線位置如圖 11 所示，即面對延線方向，導線由放線機最左側輪軸進入，並由最右側輪軸進入第一座支持物。相反的導線延放位置 (右側進、左側出) 布置，可能造成鳥籠現象 (Birdcaging)。

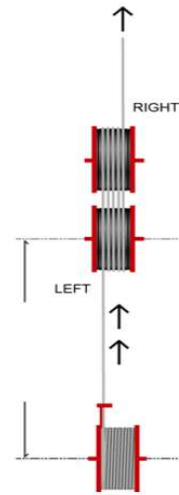


圖 11 延線布置示意圖

- (2) 抽換 ACCC 導線時，若舊導線無損傷，可採舊導線直接延拉新導線，否則應先延放副線鋼索，再利用副線鋼索延拉新導線。
- (3) 長跨距或前後支持物高低差過大時，CTC Global 公司建議仍應利用副線鋼索延拉新導線。
- (4) 依 CTC Global 公司建議，若場址空間許可，最後一座支持物至拉線機距離仍應為支持高度之 3 倍以上。
- (5) 延線張力應不超過架線張力之 50%，CTC Global 公司建議延線速度為 5~8 公里/小時。

#### 7. 有關緊線及終端處理注意事項說明

(1) 延線完成後，必須在 72 個小時內完成緊線作業或裝掛於懸垂連內，避免 ACCC 導線掛置於滑車過久造成鋁絞線或碳纖維芯棒損傷。

(2)線夾距離礙子連尾端約 4~5 公尺，以保持足夠空間進行終端壓接作業。緊線時，線尾必須固定避免任其懸置而造成芯棒損傷，如附圖 12 所示。

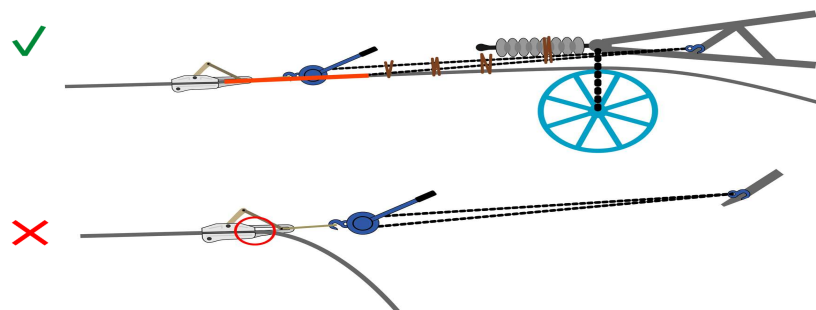


圖 12 線夾及線尾處理

- (3)緊線張力應至少到達架線張力之 90%，惟不可超過架線張力。保持緊線張力至少 10 個小時或隔天再進行終端作業，若必須於同天完成，CTC Global 公司建議應以設計溫度減 5°C 重新計算弛度。
- (4)芯棒或鋁絞線切斷必需使用細齒鋸（32 齒/吋）或其他經認可之工具，不符合要求之工具將會造成 ACCC 導線損傷。
- (5)終端壓接之方法可參考廠商提供之施工教學影片，惟 CTC Global 公司強調 2 點須特別注意：
- A.終端器材、導線線尾或線夾之重量會造成導線的彎折而損傷芯棒，因此於施工過程中應維持適當之支撐。
  - B.ACCC 導線終端壓接應從導線側往鋼心拉環側壓縮（back-pressed），反向壓縮可能造成外層鋁絞線產生鬆脫之鳥籠現象（Birdcaging）。
- (6)壓接套管施工時應注意重量支撐，壓縮方向應從短跨距側往長跨距側進行。
- (7)跳線和 T 型壓接套管壓接方向同終端夾板，採用 back pressed，即由導線側開始壓縮，T 型壓接套管距離終端至少 1 公尺以上。
- (8)CTC Global 公司指出，ACCC 導線正常運轉溫度可達 180 °C，T 形套管 (T-Tap)、導線間隔器 (Spacer)、制震器

(Vibration Damper)、保護條(Armor rods、Protector rods)、懸垂裝置(Suspensions)等與導線接觸之鐵鋁配件亦必須耐高溫，CTC Global 公司有建議之品牌。

(9)安裝導線間隔器所使用之宙乘車，如附圖 13 所示，依 CTC Global 公司說明，宙乘車可直接掛置於 ACCC 導線上，並不會造成導線損傷。



圖 13 宙乘車掛置於 ACCC 導線上

二、ACCR 導線(Aluminium Conductor Composite Reinforced，陶瓷纖維心鋁絞線)

(一) 導線構造及特性介紹

1. ACCR 為美國 3M 公司研發，目前僅由 3M 獨家生產並銷售，市場上並無其他廠商生產類似產品。
2. ACCR 導線外層素線為鋁-鎢合金，相較於軟鋁材質，可提供導線較高之耐熱能力。
3. ACCR 導線之心線為陶瓷纖維（氧化鋁）、純鋁之複合材料，陶瓷纖維除提供導線抗拉強度、低弛度來源，且氧化鋁與鋁無電位差問題，可避免電位腐蝕，另純鋁則提供心線亦有導電能力。外圍鋁絞線則類似 Invar 採用鋁-鎢合金，以提供導線耐熱能力，ACCR 導線截面構造如圖 14 所示。



圖 14 ACCR 導線截面構造

(二) 導線施工需特別注意事項

1. 有關施工現場布置原則說明

- (1) 同 ACCC 導線，為減少進入第一座支持物之仰角，放線機至第一座支持物的距離至少須為支持物高度的 3 倍。
- (2) 放線機和線軸之距離應為 5~8 公尺，最大不得超過 15 公尺，如圖面 15 所示。

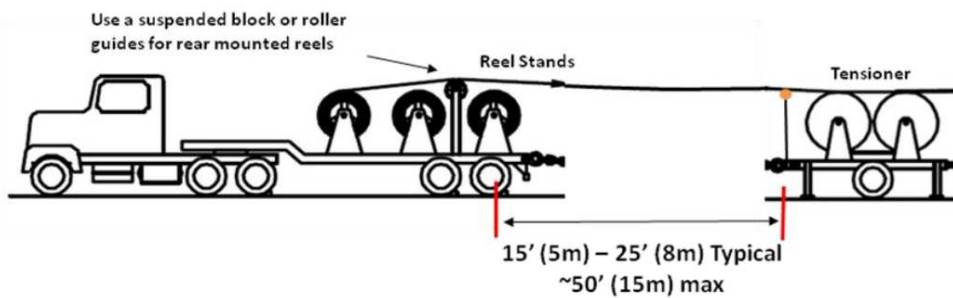


圖 15 放線機和線軸之距離

- (3) 放線機和線軸之高低差不可大於 2 公尺（或角度  $20^\circ$ ），否則可將滑車置於線軸與放線機之間緩衝，且滑車直徑應大於 28 英吋，如圖面 16 和圖面 17 所示。

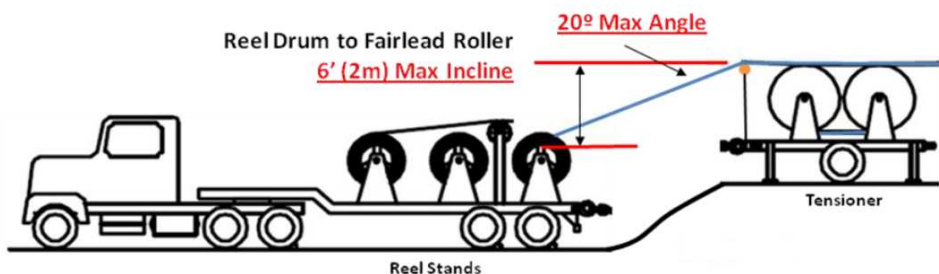


圖 16 放線機和線軸之高低差限制



圖 17 放置緩衝滑車

(4)若延放複導體，各線軸與放線機中心線之偏差不可大於 2 公尺（或角度  $20^{\circ}$ ），如圖面 18 所示。

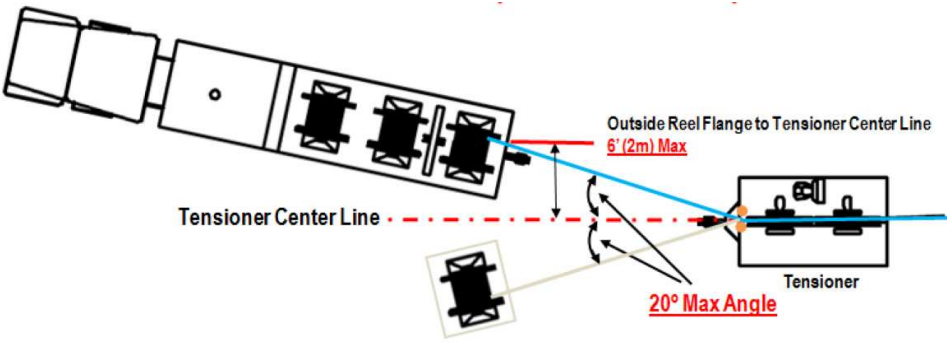


圖 18 複導體線軸配置圖

(5)3M 公司表示，轉折點鐵塔或大角度鐵塔須使用滑車組（Roller array block），懸垂鐵塔則最小需 28 英吋（或 710 公厘）的滑車，小角度鐵塔應使用 28 英吋以上雙滑車（Tandem sheave），滑輪尺寸參考如附圖 19。

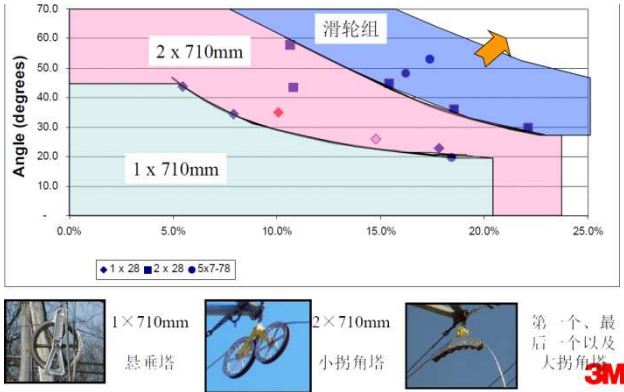


圖 19 滑車尺寸參考圖

2.有關施工工具說明

(1)放線機（Tensioner）



A. 為避免 ACCR 導線損傷，3M 強調禁止使用 V 型線槽之放線機。

B. 本公司所採用 795MCM 導線，3M 公司建議使用輪軸直徑 54 吋（1.37 公尺）以上之放線機，其他線徑所適用之放線機則建議個案諮詢。

(2) 拉線網（Sock splice）

使用傳統之”束緊帶”或#16 細鐵線固定拉線網，穿越滑車時將造成心線損傷，3M 公司改為使用摩擦膠帶（Friction tape，典型為 3M#1755），且使用長度約為 16 吋（或 406mm），如圖 20 所示。

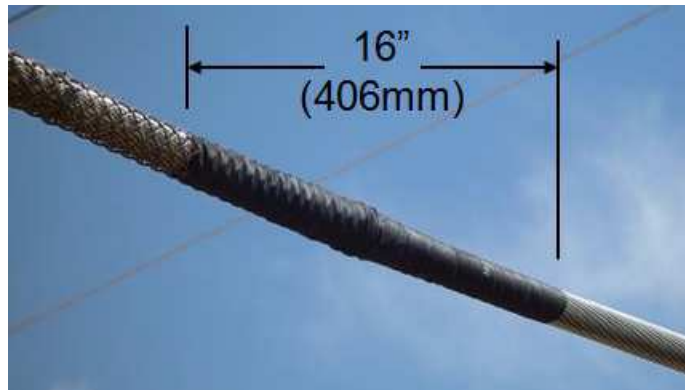


圖 20 摩擦膠帶(Friction tape)

(3) 線夾（TG-grip）

不採用傳統之 Chicago grip，改採用 PLP 公司生產之 TG-grip (Tensioning grip)，且該線夾於安裝過程僅能使用 3 次，如圖 21 所示。



圖 21 線夾（TG-Grip）

(4) 壓接泵浦(Pump)

泵浦壓力須為 1 萬 PSI(689 Bar 或 703kg/cm<sup>2</sup>)。

(5)油壓壓縮機(Press)

壓縮機壓力須為 100 噸(90.8 公噸)。

(6)壓接鋼模(Die)

須為 3M 認證專用 Die(編號字尾為 ACCR)。

(7)壓接終端(Compression deadend)及壓接套管 (Splice)

A.ACCR 導線壓接終端及壓接套管之構造與傳統導線所使用壓縮型終端夾板幾乎相同，如圖 22 為壓接終端組成零件，與現行比較僅多了鋁質插入器(Aluminum insert)。



圖 22 壓接終端(Compression Deadend) 及壓接套管( Splice)

B.兩種鋁質插入器 (Aluminum insert) 功能均相同且擇一使用，若使用無刻痕者，施工時芯線被覆保留；若使用有刻痕者，則施工時被覆須完成移除，如圖 23 所示。

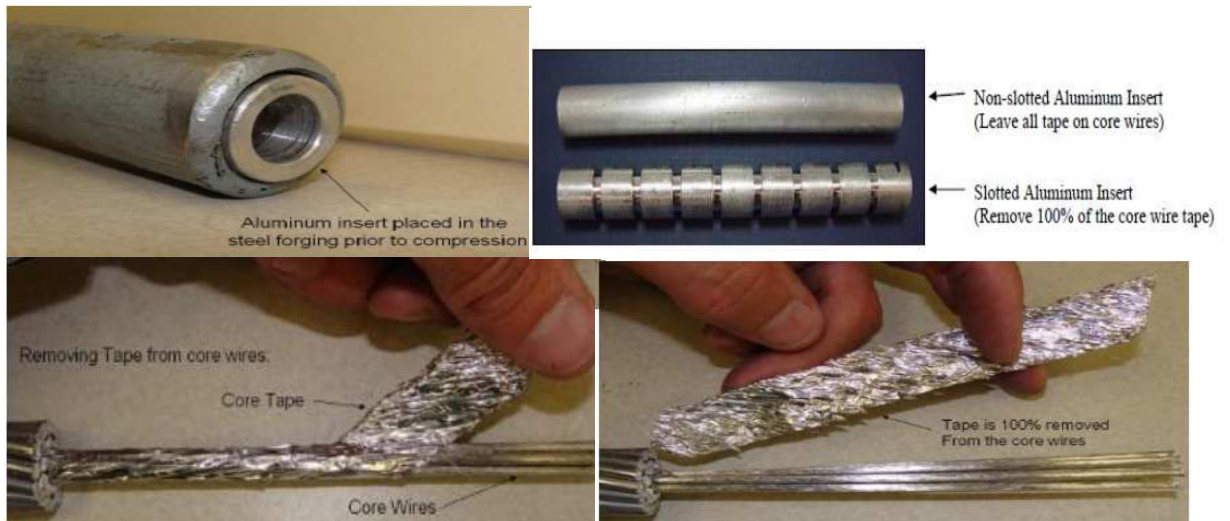


圖 23 鋁質插入器 (Aluminum insert) 施工圖

C.為減少終端本體壓縮時產生彎曲之風險，須於鋁本體表面塗抹 3M 認證之專用肥皂。

- (8)當線路發生短路故障時，強大之電流產生磁吸引作用，導致多相導體吸附在一起，此時間隔器線夾處導體產生彎曲，為避免過度彎曲造成損傷，故線夾處裝設保護條以減少線夾處所承受之彎曲應力，如附圖 24 所示。

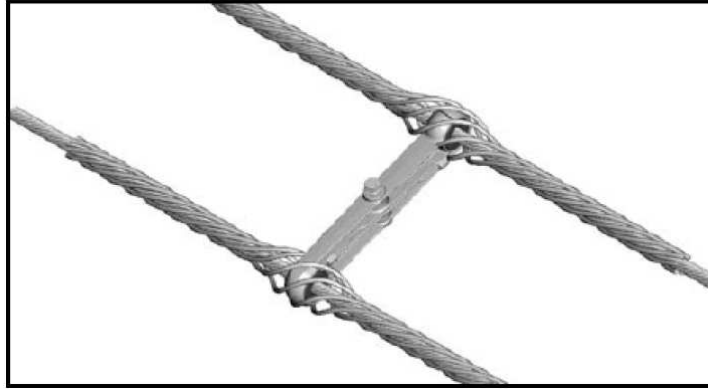


圖 24 導線間隔器及保護條

- (9)ACCR 導線正常運轉溫度可達 210℃，因此所有器材與 ACCC 導線相同，必須耐高溫，3M 公司有建議之品牌。

### 3.有關施工相關說明

- (1)ACCR 導線延線速度應維持每小時 5~8 公里間。
- (2)為保持足夠之終端壓接作業空間，3M 公司建議線夾距離礙子連尾端約 5~6 公尺。
- (3)延線完成後，必須在 72 個小時內完成緊線作業。
- (4)據 3M 公司表示，ACCR 大部分用於配合增容需求抽換既設導線，一般以既設導線連結新導線直接抽換為原則，惟既設導線若有損傷經評估不宜直接抽換者，仍應採先行延拉副線鋼纜後，再以副線鋼纜延拉 ACCR 導線。
- (5)制震器 (Damper) 必須在終端壓接完成後 72 個小時內完成裝設作業，有關制震器之安裝數量及間距，3M 公司表示，制震器製造商 PLP 公司會依據架線相關條件，提供裝置表供裝設使用。
- (6)安裝導線間隔器所使用之宙乘車，如附圖 25 所示，依 3M 公司說明，宙乘車可直接掛置於 ACCR 導線上，並不

會造成導線損傷，惟強調宙乘車至少須有兩輪以上，使應力可以有效分散。



圖 25 宙乘車裝置於 ACCR 導線

### 三、施工綜合心得

- (一) 2 種導線之延架線施工工法和傳統 ACSR 幾乎相同，IEEE 524” Guide to the installation of Overhead Transmission Line Conductors” 有關延架線規範仍適用於 2 種導線上，惟複合心絞線之中心抗張體屬脆性材質，施工全程有關導線「彎曲半徑」及「應力分散」處理，悠關整體施工成敗關鍵。
- (二) 施工工具和安裝配件原廠有建議之廠牌及規格，惟本公司現有工具及內購配件若與建議規格不同，是否適用新型導線施工及安裝，應再洽詢原廠提供解決方案。
- (三) 施工相關人員均應接受專業訓練，明瞭施工過程中之關鍵點，原廠技師應至現場指導，隨時提供諮詢並發覺現場任何不適當之作業行為。

### 四、DUPO FERRY Substation 230kV 換線工程工地參訪

線路名稱：DUPO FERRY Substation 230kV

所屬電力公司名稱：AREMEN POWER

線路所在地：美國伊利諾州、密蘇里州

線路長度：約 63 公里

鐵塔座數：201 座

線路導體數：單導體

本次工地參訪之線路延放區間為 # 194~#195~#196，其間跨越配電線路（# 194~#195）及密西西比河（#195~#196），跨越區間分別為 800 公尺及 1330 公尺，如附圖 26 所示，茲將施工相關資料說明如下：



圖 26 延線工地之施工區間

- (一) 本工程全長約 63 公里，單導體，配合可停電時間分期施工，每期約 2 個月。
- (二) 本延線區間跨越密西西比河，且既設導線亦有受損之痕跡，為確保施工安全，採先行延放副線鋼纜後再行延放 ACCR 導線，如附圖 27、28 所示。



圖 27



圖 28

- (三) 一般換線區間 ACCR 導線採用 795MCM T16 (26/19)，惟本區間因跨越密西西比河，考慮跨距較長，因此 ACCR 導線採用抗張強度較強之 668MCM T61 (50/37)，如附圖 29、30 所示。

註：T16 表示心線截面積為鋁合金絞線截面積之 16%。

T61 表示心線截面積為鋁合金絞線截面積之 61%。



圖 29



圖 30

(四) 跨越配電線路不搭設保護架，採用 2 台大卡車附吊桿架起鋼纜代替保護架，如附圖 31、32 所示。



附圖 31



附圖 32

(五) 鐵塔橫擔裝設施工平台，提升塔上施工人員作業安全及移動便利性，如附圖 33、34 所示。



附圖 33



附圖 34

(六) 登塔爬梯僅裝設護籠，不裝設防墜裝置，經詢問 3M 公司

技師表示，人員鮮少於直接登塔進行吊掛或裝設作業，大部分利用吊車將人員及器材吊掛至施工點作業，如附圖 35、36 所示。



附圖 35



附圖 36

(七) 延線施工時，所有機具均須接地，如附圖 37、38 所示。



附圖 37



附圖 38

(八) 每一線軸長度，約莫為延線區間導線實長加計裕度，施工前必須經過計算，因本區間跨越密西西比河，跨距較長，為避免導線裕度不足之風險，施工現場另備有高張力尼龍繩，供接續導線延放使用，如附圖 39、40 所示。



附圖 39



附圖 40

#### 肆、實習感想與建議事項

- 一、本次研習以工地現場為主要行程，原預定參訪兩處進行中之換線工程，惟延架線工程因施工工期不長，且需配合電力公司年度可停電時間，施工期程變化相當大，因此於動身赴美前才接獲通知乙處工地因開工日期延後而無法參訪，故改以會議室內施工技術交流及工廠參觀替代，此為本次研習行程美中不足之處，提供未來同仁若有規劃延架線施工參訪行程時之參考。
- 二、本次赴美國研習行程中，2間公司對工作安全、環境管理及環境保護之重視令人印象深刻，工廠內隨處可見整理、整頓、清潔、清掃、紀律貫徹執行之實際成果，整個廠區通道規劃明確，物料存放相當整齊，個人安全護具及現場工安防護均相當完備，完全沒有傳統線纜產業廠區雜亂之印象。
- 三、ACCC 及 ACCR 等 2 種複合心鋁絞線均由美國開發及量產，除 3M 公司所開發之 ACCR 導線因技術層次高，尚未有其他公司模仿外，ACCC 導線之碳纖維芯線已有大陸公司模仿及量產。市場雖因良性競爭而有價格下跌及品質提升之優點，但仍不免有劣質廠商進入市場而有品質良莠不齊之疑慮，本公司採用價格主導之採購方式，故開標前之廠商資格與規格審查及開標後之產品品質驗證更需特別謹慎。
- 四、ACCC 導線及 ACCR 導線均有提升送電容量之效果，惟 2 種導線國際上尚未大規模使用，且實際應用於輸電線路上之時間不久，尚難以確認品質及使用穩定性，若本公司既有輸電線路有增容需求，建議可小規模試辦。ACCC 導線建議於有增容需求、且滿足低弛度之線路試辦，以驗證原廠宣稱之低弛度、節能、增容效果。另鑒於國際上安裝失敗案例，建議避開重要線路(如 345kV 系統線路、電源線路)試辦，待現場人員增加多次施工經驗、並驗證導線長時間運作之安全可靠後，再進行大規模採購安裝；ACCR 導線建議於高污染地區且有增容需求之線路優先小規模試辦，以驗證原廠宣稱之耐腐蝕及可靠性。



## 伍、參考資料

- 一、CTC Global「ACCC® Conductor Installation Guidelines (WI-750)」。
- 二、3M「Aluminum Conductor Composite Reinforced Installation Guidelines and Maintenance」(Rev. March 30,2017)。
- 三、遠東複合技術有限公司「碳纖維複合芯導線 JLRX/T(ACCC) 施工手冊」。
- 四、3M 中國有限公司「台電鋁基陶瓷纖維芯鋁絞線安裝交流」。
- 五、王宜川「新式複合芯導線施工方法簡介與技術比較」。
- 六、蕭勝任、陳世傑，台電供電處「探討碳纖維鋁絞線提昇導線送電容量之特性比較分析」。
- 七、葉明志「耐熱複合心鋁線及相關附屬器材之應用及施工技術研習」。