

公務出國報告
(出國類別：研習)

綠建築及生態工程應用於輸變電工程之
研討

服務機關：台灣電力公司

姓名職稱：黃政龍 土木工務專員

派赴國家：加拿大

出國期間：2010/06/02～2010/06/16

報告日期：2010/08/09

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：綠建築及生態工程應用於輸變電工程之研討

頁數 39 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

黃政龍/台灣電力公司/中區施工處/土木工務專員/04-25211582

出國類別：☐1 考察☐2 進修☐3 研究☒4 研習☐5 其他

出國期間：2010/06/02～2010/06/16 出國地區：加拿大

報告日期：2010/08/10

分類號/目

關鍵詞：

內容摘要：(二百至三百字)

輸電線路乃鄰避設施，為維護整體供電品質及供電可靠度，仍須持續推動輸電線路建設。如何減低工程對環境之衝擊，為本次研習之目標。本次研習擬以加拿大之法令政策、產業發展及技術研發為背景，研討綠建築及生態工程應用於輸變電工程之技術，並以台電公司為架構，建構出對環境更低影響性之輸變電工程計畫，可降低對環境衝擊、推動永續建築並提升供電品質，造成多贏局面。

本次研習計畫，主要參訪加拿大卑詩省大學永續辦公室、加拿大綠建築協會 LEED 核心概念及策略研討會、卑詩省輸電公司、卑詩省水電公司及冬季奧運選手村、溫哥華國際會議展覽中心等，以瞭解加拿大綠建築及生態工程技術與生態保護政策、觀念、管理及實務，以做為我國未來推動電力建設與永續利用參考。

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

目錄

壹、目的.....	5
貳、研習內容與行程.....	6
一、 加拿大綠建築協會-LEED 核心概念與策略研討會	
二、 綠建築設計案例參訪	
三、 BCTC 卑詩省輸電公司	
四、 BC Hydro 卑詩省水電公司	
參、研習心得與建議.....	36
附錄一、行程表	

壹、目的

由於地球暖化及近年來諸多極端氣候的侵襲，地方政府、企業及民眾，普遍已體會到低碳經濟時代將是無法避免的課題，特別是企業更需要關注綠建築技術之規範發展趨勢與相關法規要求，以融合當地綠建築法規進行相關開發或建廠，除能創造節能、健康、環保、有助於工作效率提升的環境，若能取得於國際間較為熟知之評估認證體系頒發之『綠建築認證』，更是有助於創造與提升企業形象。

而「生態工程」強調的目標，除了不影響產業及經濟能持續發展外，更在創造優質永續的生活環境。因此，推動生態工程，所有的公共工程應融合生態系統與工程技術，從問題根源著手，兼顧環境的永續經營。

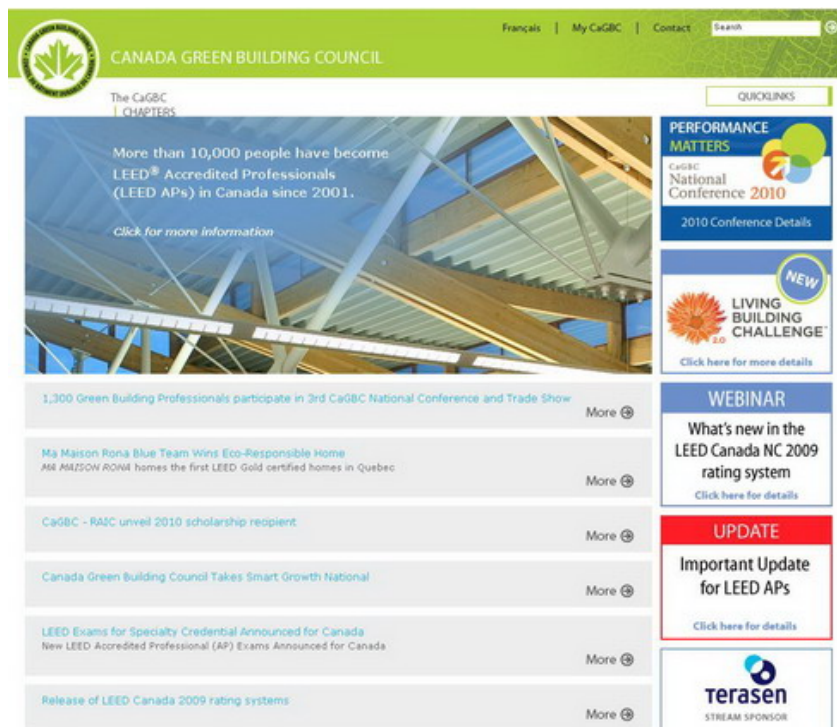
輸電線路乃鄰避設施，為維護整體供電品質及供電可靠度，仍須持續推動輸電線路建設。如何應用綠建築及生態工程技術減低工程對環境之衝擊，為本次研習之目標。本次研習擬研討綠建築及生態工程應用於輸變電工程之技術，降低輸變電工程對環境衝擊，在提升供電品質之同時，推動永續建築的概念。

貳、研習內容與行程

一、加拿大綠建築協會 LEED - Core Concepts and Strategies Education Workshops 核心概念與策略研討會

LEED(Leadership in Energy and Environmental Design)能源與環境先導設計，由美國綠建築協會(USGBC)所制定，為市場導向性之綠建築評估準則，用以鼓勵永續性建築之發展與實踐，為目前為國際間使用最廣泛之綠建築評估認證系統。

加拿大綠建築協會發展 LEED 綠建築評估系統，係參考美國綠建築協會制定之 LEED 綠建築評估系統，再依據加拿大的氣候和相關法規作加以修改、編制。



加拿大綠建築協會 <http://www.cagbc.org>

LEED 系統為一民間組織架構，並採自願性之認證(非法律強制規定)，鼓勵永續性設計與發展之建築，透過第三方認證程序 (3rd party certification)，以評點方式評審綠建築性能，給予各種等級之綠建築認證。LEED 是一個為國際接受的標準章則，它提供建物擁有者和使用者對其建築功能

表現上有一個立即可評估的標準。

本次參加加拿大綠建築協會第3屆年會，由該協會辦理之 LEED 綠建築評估系統核心概念與策略研討會。



加拿大綠建築協會第3屆年會入口



研討會概況

綠建築的迷思：

1. 綠建築是否比傳統建築造價更高昂？
2. 綠建築是否比傳統建築更耗費能源？
3. 綠建材及產品在市場的普及性？
4. 綠建築是否比傳統建築更不舒適？
5. 綠建築是否只是在漂綠(greenwashing)？

LEED 鑑定(LEED Accreditation)區分為3階段

Tier 1: LEED Green Associate

Tier 2: LEED Accredited Professional(AP) with specialization

Tier 3: LEED AP Fellow

評估系統(Rating Systems)種類：

1. LEED-NC 新建築版 (New Construction)
2. LEED-CI 商業內裝版(Commercial Interiors)
3. LEED-CS 結構體版(Core and Shell)
4. LEED-EB 既有建築版(Existing Buildings)
5. LEED-H 住宅版(Homes)
6. LEED-ND 鄰域開發版(Neighbourhood Development)

應用準則(Application Guide):(附屬於 LEED-NC)

1. The Multi-Unit Residential Building (MURB) Application Guide 集合住宅應用準則
2. Campus and Multiple Building Application Guide 校園及複合住宅應用準則
3. Core & Shell and Tenant Space Application Guide 結構體及租賃空間應用準則

評估項目(Category):

1. 永續的基地開發 Sustainable Sites
2. 水資源效率 Water Efficiency
3. 能源及大氣 Energy & Atmosphere
4. 材料與資源 Materials & Resources
5. 室內環境品質 Indoor Environmental Quality
6. 創新設計 Innovation in Design

認證等級: LEED Four Certification Levels

Certified(通過認證)	40-49 points
Sliver(銀級認證)	50-59points
Gold(黃金級認證)	60-79points
Platinum(白金級認證)	80+ points

以下逐項說明 LEED 評估項目及目的:

永續性基地開發:

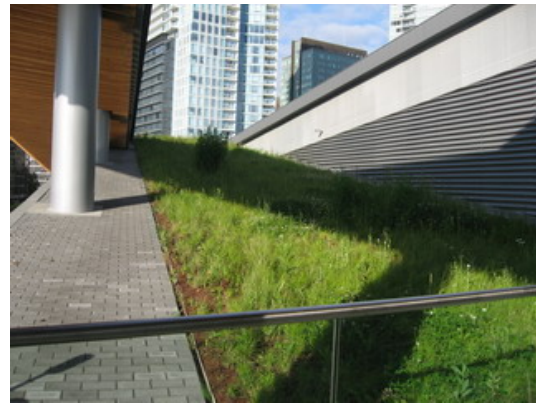
目的(Intent):

1. 基地選擇、適當的基地開發
2. 既有建築及基地再利用、再開發
3. 保護自然及農業區域
4. 減低運輸設施的需求

5. 基地的保護與復舊

策略(Strategies):

1. 鼓勵替代性交通方案:提昇公共交通運輸系統的可及性、行人及單車的可及性(accesssibility)
2. 提升運輸效率:鼓勵使用能源效率高的載具如油電混合車等、限制部分停車場僅供高承載車輛停車以鼓勵大眾採共乘(car/van pools)方式。
3. 減少運輸需求:彈性工時、遠距離工作，可減少運輸量
4. 開發密度與社區連結性:於高密度發展的地區，鼓勵再利用既有建築或公共設施。在既有建築與週遭空間規劃安全、可步行的連接設施。
5. 污染廢棄地(褐地)再開發(Brownfields):評估優先次序處理工業或商業污染廢棄、低度利用土地
6. 基地選擇(Site Selection):選擇具有連接性的基地、差異化的基地利用可降低運輸需求
7. 基地管理(Site stewardship):提供基地侵蝕及沉澱的控制、考慮永續景觀設計與貧瘠地維護
8. 基地開發(Site Development):保護及恢復開放空間、規劃基地保護區內、外及緩和衝擊措施
9. 減低光害:減低光源密度及操作時間、另爲了減低室外光源對住宅及生物的干擾建議使用全罩式高效率燈具並限制照度，可降低過多上方光源逸散及光侵擾問題並可節約用電。
- 10.降低熱島效應(Heat Island Effect):使用冷卻屋頂技術、使用高反射地磚或透水鋪面、提供遮蔭設計。
- 11.暴雨逕流控制設計(水量控制與水質控制):透過入滲與蒸發降低暴雨逕流，如限制不透水鋪面範圍(景觀設計)、暴雨逕流的截取與管理、設置人工濕地與滯洪池。



Mountain Equipment Co-op 及 VCEC 的綠屋頂設計

用水效率

目的(Intent):

1. 減少用水量的消耗
2. 在適當、安全及合法的情形下重複利用水資源

策略(Strategies):

1. 節水景觀設計:使用高效率滴灌系統、景觀採用耐旱或當地植物、景觀澆灌系統不使用自來水。
2. 創新廢水處理技術:提升冷卻水(process water)使用效率、中水(Gray water)處理、雨水收集技術、廢水(Black Water)處理
3. 降低日常用水量: 使用高效率省水配件或無水便器、衛生用水使用回收雨水、收集逕流水做為灌溉用水、使用回收水做為冷卻水(process water)

能源與大氣

目的(Intent):

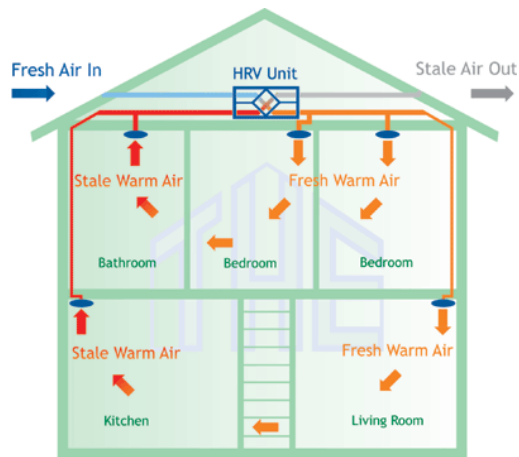
1. 減少能源消耗
2. 鼓勵使用再生能源
3. 減少有害氣體排放

策略(Strategies):

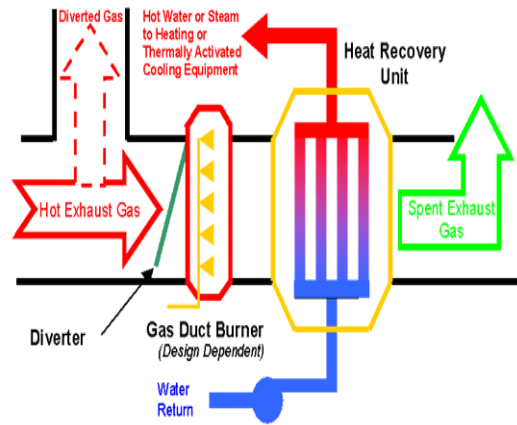
1. 分析能源需求: 評估不同建築能源消耗模式、比較統計資料、能耗模擬。
2. 最低能源效率需求:建築外殼、冷凍空調、照明、熱水、電力系統基本要

求、能源成本法(Energy Cost Budget Method)能源效率基本要求。

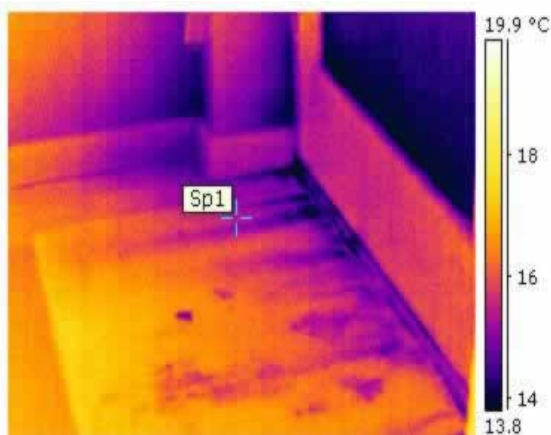
3. 被動設計(Passive Design):盡量不使用機械式的加熱、冷卻、照明及通風系統，而採用自然的通風或採光，例如附圖冷卻塔的設計示意圖。
4. 減少能源需求:減少耗能的加熱、冷卻、通風及照明的需求、使用有控制及回饋裝置、具效率的設備。
5. 使用熱回收系統
6. 建築物外殼能源效率提升
7. 使用節能標章產品、低耗能照明設備
8. 量測能源效率:驗證能源效率在施工及運轉時與設計時的差異、持續地監測及確認能源效率
9. 建築能源系統驗證
10. 計算因能源消耗造成的氣體排放
11. 現地使用或購買可再生能源:太陽光電、風力、地熱能、生質能等，以降低建築物之能源使用成本。
12. 基本冷媒控管:使用非氟碳化合物冷媒 non-CFC based refrigerants。
13. 能源效率最佳化: 建築物能源效率設計超過基礎要求，達到更高的能源效率百分比，依比例高低評分
14. 需驗證之建築能源系統:冷凍空調(HVAC&R)與相關控制系統、照明與晝光控制系統、熱水系統、可再生能源系統(太陽能、風能)



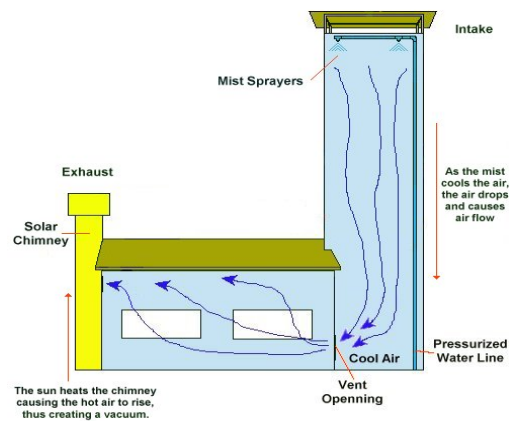
熱回收換氣系統 (HRV)



熱回收系統示意圖



利用紅外線攝影機拍攝門邊熱交換情形



利用自然進氣造成空氣循環示意圖

材料與資源

目的(Intent):

1. 減少建築材料需求
2. 使用對環境低衝擊的材料
3. 減少及管理廢棄物

策略(Strategies):

1. 營建廢棄物管理: 固體廢棄物回收、營建廢棄物處置
2. 減少材料需求: 設計的策略、建造的策略、運用新技術
3. 既有建築物再利用
4. 資源再利用: 使用(或購買)回收或再利用材料

5. 使用當地生產材料
6. 使用快速再生的材料:例如竹子
7. 使用對環境衝擊較少的材料:如認證木材
8. 購買對環境友善的物品:減少使用含汞的燈具

室內環境品質

目的(Intent):

1. 提供確保室內環境品質的系統
2. 排除、減少、管理室內污染物

策略(Strategies):

1. 規劃適當通風建築:包含自然、機械通風
2. 在營建過程減少空氣污染:工地空氣品質管理計畫
3. 減少裝修材料對室內空氣品質的衝擊:使用低逸散性材料、家具的選擇
4. 室內化學品與污染源控制:例如 Radon、提高換氣量
5. 室內環境系統的控制性
6. 維持舒適熱環境(Thermal Comfort)
7. 提供自然採光及適當視線穿越(Daylight & View Access)

創新與設計

目的(Intent):

1. 辨識屬於示範性或卓越的綠建築
2. 針對 LEED 未評估的項目給予獎勵

策略(Strategies):

1. 創新設計案例研討
2. LEED 認證專業人員(LEED Accredited Professional)

案例研討:

Case Study 1:Dockside Phase 1-Synergy

Case Study 2: Earth Rangers Centre

Group Activity: Greening the Meadowview School District

結論：

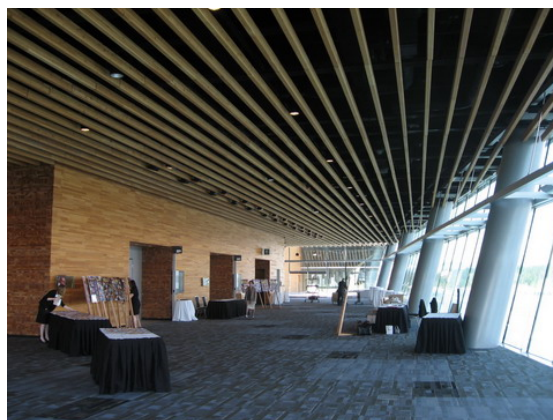
面對永續低碳環境建置與營運管理，若能取得『綠建築認證』，並融合當地綠建築法規進行物業開發或建廠，不僅能創造節能、健康、環保、有助於工作效率提升的環境，更是可幫助創造友好投資環境與提升國際形象。

目前綠建築的推廣，增加的建造成本或改善投資如何能在合理時間內回收，應是現今努力的方向，否則縱然立意或理念對環境友善，但是若是造價高昂或回收年限過長，縱然節能減碳，普及率始終不高，終致淪為空談。

加拿大綠建築協會計畫未來新的綠建築均須取得認證，並使未來的綠建築均達到 Carbon-Neutral(零排碳)的標準，或者稱為零碳足跡，亦即排出大氣層的二氧化碳的總量與同時由大氣層之中吸入的二氧化碳的總量相同。



VCEC 外觀



內部設計

二、LEED 認證綠建築設計案例參訪

卑詩省大學永續辦公室

卑詩省大學(University of British Columbia，簡稱 UBC)創建於西元 1908 年，位處加拿大溫哥華西方的半島上，主要的校區內共有學生人數約 50,000 人。在國際間以先進的學術研究享譽盛名，提供學生許多研究與實踐的機會。UBC 除了有健全的教學設備及研究中心外，也有十分完備的生活設備，而校園附近更有積雪覆蓋的山脈以及美麗的海洋遠景，風景十分宜人。

卑詩省大學在國際間具有備受推崇的學術地位，對於環境教育也不落人後。有感於大學對於環境教育的責任與義務，UBC 在 1997 年成為加拿大第一間施行永續發展政策的大學，並在 1998 年成立了「卑詩省大學永續辦公室」(The UBC Sustainability Office)，致力於促進校園與自然環境間的永續發展。

CK Choi Building

UBC 校園中有許多建築是以華人的名字來命名的，例如本次參訪的亞洲研究院蔡章閣樓，UBC 的第一幢綠色建築，建築師是 Mr. Matsuzaki Wright，在能源、水的利用以及資源的使用方面都是從前少見的，並從規劃過程時施永續的設計，包含建築材料的再利用、自然通風及採光及收集雨水做為灌溉用水等，主要的特點包含：

1. 採用堆肥廁所，每天可節省 1000 公升的水。
2. 建立以植物為基礎的灰水回收系統，可以處理廁所、浴室以及廚房所產生的廢水。
3. 建築材料使用 50%的可回收及可再用原料。
4. 建築結構的設計採百分之百的自然通風。
5. 整體能源使用 23%，低於建設比例。
6. 能源效率功能可減少 640 萬 kwh，即減少 1000 噸的溫室氣體排放，以目前公用事業價格相當於 18 萬美元，能有效降低能源花費。



CK Choi Building 外觀圖



內部採自然通風



採木構造及明管裝修及 Centre for interactive research on sustainability(CIRS)



Life Sciences Centre(LSC)生命科學中心

LSC 是 UBC 獲得 LEED 黃金級認證的最大建築，主要的特點包含：

1. 基地面積約 166554sq.ft，總樓地板面積約 561521 sq.ft，造價約 1.25 億加幣。
2. 實驗室白天由中庭採光，減低照明能源消耗。
3. 整體能源使用量，低於建設比例 23%，每年可減少 640 萬 kwh，即減少 1000 噸的溫室氣體排放，以目前公用事業價格相當於 18 萬美元，能有效降低能源花費。
4. 整體水資源使用量，低於建設比例 50%。每年可節省 2.75 百萬公升的水。
5. 使用低逸散性材料 (LOW VOC)。整體環境包含塗料、地毯及木製品採用低逸散性物質，可確保室內空氣品質。
6. 2 週定期室內換氣，可確保室內空氣品質。



LSC 外觀及入口



LSC 中庭採光及屋頂桁架設計



嵌壁式遮蔭及屋頂風機

校園減碳方案

卑詩省大學永續辦公室提出許多較著名的校園減碳方案，包含 ECOtreck 計畫以及 U-pass (Universal transportation pass) 計畫。

1. ECOTreck計畫，此計劃利用較新的工藝及建築技術，將原本的建築改造為綠色建築，並針對不同的系統進行改裝或更換，以達到節省能源的目的。

ECOTreck計畫內容包含：

節省能源花費成本達300萬美元。

改善建築的舒適性。

減少校園30%的能源使用量。

每年減少8000噸的二氧化碳排放量。

減少核心設備30%的用水量。

ECOTreck計畫能有效節省水和能源的使用量，每年為UBC在水和能源花費的成本上，節省將近兩百六十萬美元。

2. U-pass計畫則利用車輛共乘或接駁的方式，使溫哥華校區能夠在學生成長率達27%的情況下，還能夠比2000年時的標準減少22%的到校車輛數，有效減少碳排放量。

UBC校園屋外變電所案例 UNY-substation



UBC屋外型變電所綠圍籬外觀

三、British Columbia Transmission Corporation-卑詩省輸電公司(BCTC)

卑詩省輸電計劃環評簡介

Northwest Transmission Line Project(NTL) 環境影響評估流程，NTL 計畫將在鄰近 Terrace 地區興建 335 km、287 kV 之輸電線路，以連接既有 Skeena 變電所，並在鄰近 Bob Quinn Lake 新設一所變電所，預估造價約 CAD\$4 億元，以供應溫哥華西北地區用電需求。

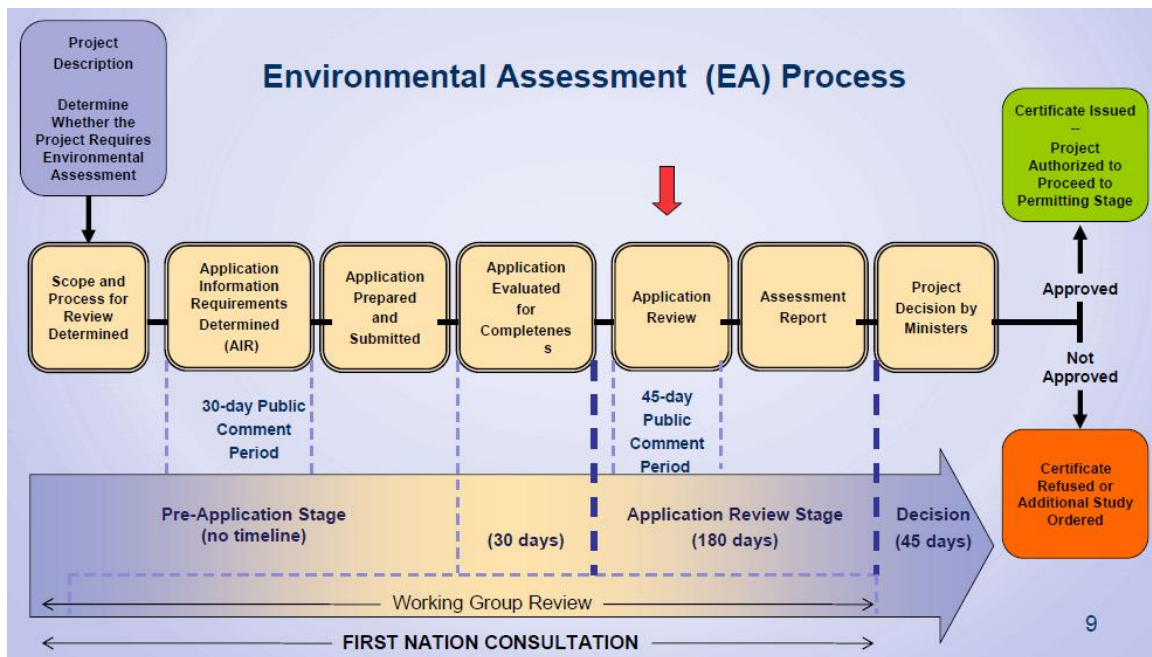


卑詩省 500kv 輸電網圖

該計畫施工前必須向卑詩省環境評估辦公室(BCEAO)申請環評認證(EA Certificate)，而環評報告，初步需辦理現地調查，以評估 NTL 潛在的影響，並提出相關建議，以避免、減輕及緩和 NTL 計畫造成潛在的衝擊。

環評的流程包含舉辦對公眾及 First Nation(即加拿大地區的原住民)的說明會，由 BCEAO 的代表與 NTL 計畫執行人員出席，說明包含 NTL 計畫環評

執行內容、如何對計劃提供意見、計畫內容的釋疑與提供 NTL 計畫對社會及環境的影響評估等。



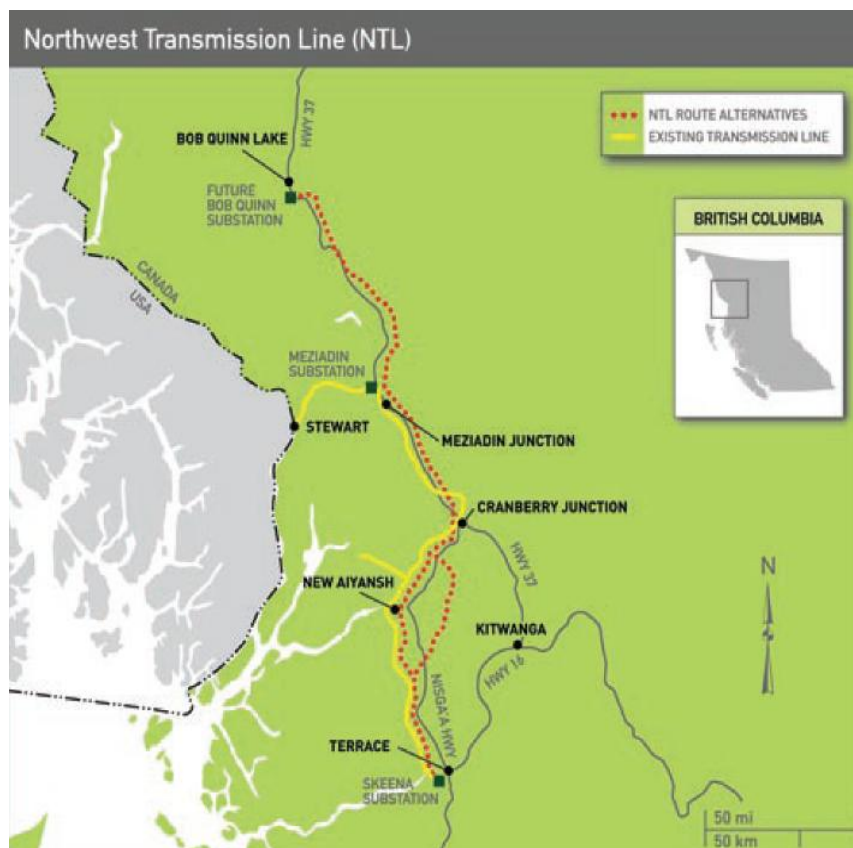
卑詩省環境評估流程示意圖

本案 BCTC 係委託加拿大 Rescan 環境顧問公司，針對 NTL 計畫可能造成的影響作相關的研究，包含基線研究(現存情況)、衝擊的評估、開發緩和及管理計畫，研究內容包含對於生物學、自然科學及文化的影響，細分如下：

1. 水生動植物的種類與棲地
2. 陸生生態系、植生與野生動物
3. 土地使用、社區經濟狀態
4. 林業
5. 視覺景觀與娛樂資源
6. 原住民傳統知識
7. 考古遺產及資源
8. 公共健康與安全
9. 大地與自然危害

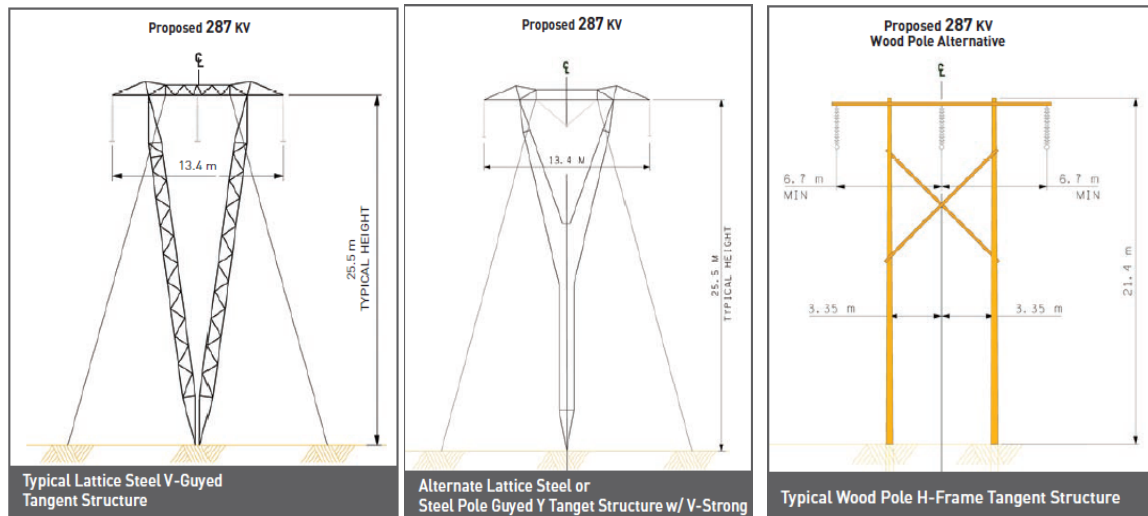
本計劃亦研究提出如何減低 NTL 沿線對景觀、視覺衝擊的方式，包含新設線路盡可能與既有 138KV 線路徑重疊、利用樹木隱蔽緩衝或盡量定線於谷地或山坡下，以減少視覺衝擊，研究包含下列項目。

1. 辦理沿線視覺景觀地點調查 - 描繪並紀錄屬於視覺敏感之地區，包含社區、特殊地貌、景點、公園、娛樂地點等。
2. 實施現地調查 - 從視覺的角度辦理區域調查，從預定線路路廊收集資料。
3. 發展、準備進行視覺模擬，使用地形圖及既有植被覆蓋資料，執行 GIS 分析。
4. 進行視覺模擬評估與 GIS 分析。

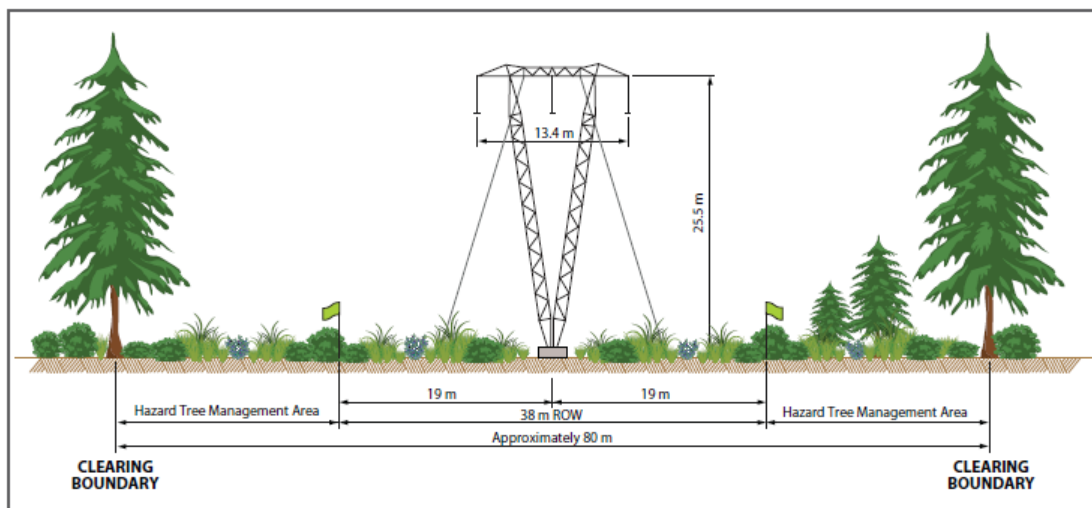


NTL 線路路徑示意圖

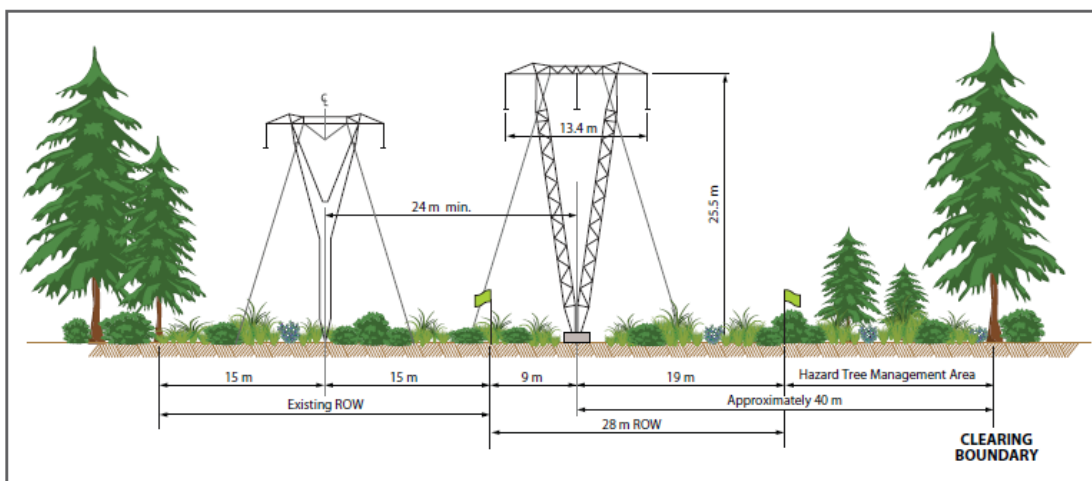
本計畫輸電線經過不同用途的土地時，採用不同的電桿或鐵塔設計以減輕對土地利用之影響，下圖為在 NTL 中可能會用到的 3 種結構類型。



NTL 可能的景觀示意圖(1):新設路線上，NTL 使用的路廊寬度約 38m，輸電線路 2 側將清除可能影響送電的樹木，清除後可允許植生再長回來。



NTL可能的景觀示意圖(2):在某些地區，NTL將與部分既設的138 Kv線路重疊，將僅需清除單側可能對輸電線路造成危害的樹木。



NTL 預定時程表

Milestone	Date (subject to change)
Nisga'a Nation, First Nations, public consultation	Ongoing
Application for an EA Certificate accepted by EAO	April 2010
EA Certificate anticipated	Late fall 2010
Permits in place	Late fall 2010
Construction contract awarded	Late fall 2010
Initial construction activities	December 2010
Construction completion	Fall 2013
NTL fully commissioned and in-service	December 2013
Restoration and cleanup	Spring 2014

本計劃並針對公眾健康潛在影響，提供說明與評估：

噪音部份，施工期間將訂定噪音管制計畫。

電磁場(EMFs)影響部分：

1. 預估計畫線路電磁場強度可低於現行法規要求。
2. 設計最大向序抵銷，以降低電磁場強度。
3. 持續監測電磁場的研究與發展。
4. 對卑詩省公用事業委員會提供 2 年一次研究報告。

Composite Utility Poles 複合材料輸電桿塔

由於生活水準的提高，民眾與電力供應的關係越來越密切，對於輸電系統的安全穩定運作要求越來越高。而台灣地狹人稠，造成輸電線路沿線與民眾生活空間緊密接觸，也造成了彼此間的關係日趨緊張，隨著經濟持續成長，提高線路輸送能力仍有迫切的需求，而在安全穩定的運作條件下，抵抗震災、風災等自然災害和外力破壞的能力亦須提升。

國內外架空輸電線路中使用較為廣泛的支持物主要有木杆、混凝土桿、鋼管杆和鐵塔等類型，美加地區，現有電杆採用的主要是木桿，然而，鐵塔是世界各國超高壓輸電線路中較常用的杆塔。

傳統的輸電線路支持物，普遍存在有單位重量比高、易腐爛、銹蝕或開裂等缺點，使用壽命較短，需要定期維護，且施工運輸困難，若維護計劃不周延，容易出現各種安全狀況。

加拿大 RS 公司位於 Alberta 省，於 2008 年取得 ISO 9001 認證，業務內容主要針對公共建設發展先進複合材料的公司，於上世紀 90 年代中期開始開發複合材料電杆，因其獨創的 RS 組合式複合材料輸電線杆製造技術，2005 年由過其子公司-RS 科技公司獲得了由美國複合材料製造協會（ASWA）頒發的製造技術創新獎。

RS 電杆採用聚氨酯樹脂技術及纖維纏繞工藝製成。據 RS 表示，此類型的電桿與市場上其他種類電桿相比，具有最高的可靠性、最低的物流成本、最大的安全性及最小的環境足跡，其獨特的組合式設計和較輕的重量使其更容易安裝，更方便運輸而可節省客戶的運輸成本，材料因使用聚氨酯樹脂而使此類桿塔無需維護，因而使用壽命比傳統使用之木桿、混凝土桿或鐵塔長得多。

RS 公司目前已完成 36m 電杆商業測試，並進行世界上最大複合材料電杆的商業化量產，RS 公司預定近期將再開發 41m 電杆。RS 表示目前北美地區已有多家電業公司使用 RS 的複合材料桿塔，表示已獲得了多家電業公司的認可。

在加拿大地區，最常用之輸電線支持物為木杆，但木桿受腐蝕因素影響，平均壽命約為 30 年，木杆的維護主要用油類之防腐劑，此類防腐劑被認為是一種危險的廢料，對環境造成極大隱憂。RS 公司表示 RStandard 複合材料桿塔，是目前市場上對環境最友善的材料，與木材相比，這種複合材料杆塔不需進行有害的化學處理或土壤保護工作。此外，此類杆的不導電性也使它比其它材料杆更為安全。

RS 複合材料電杆的重量比約為混凝土杆的 1/10、木質杆的 1/2、鋼質杆的 1/4，這是複合材料電桿另一個重要優勢，可大幅度降低運輸和施工安裝

成本，尤其是在難以到達的山區和偏遠地帶。複合材料電杆的輕質特點使其可用直升機運載，輕質還意味著安裝速度加快和節省人力。複合材料電杆是一種免維護或低維護結構，這對保障線路安全和降低輸電線路的維護成本很有意義。

然而，複合材料電杆的重量比較低，亦意味著基礎形式的簡化，可以減少山區因為施工所造成的衝擊，減少開挖造成大量棄土的問題，這對於位屬環境敏感的山區，複合材料電杆是很好的選項。

國內複合材料電杆開發應用尚處於空白階段。

複合材料桿塔的優勢

1. 尺寸相對其他材料小，可節省線路購地面積。
2. 本身具有絕緣性能，可以減少甚至不使用絕緣礙子。
3. 相較木質桿、水泥桿及鋼質桿重量輕，可以大幅降低運輸成本及施工人工成本。
4. 易於組裝修復，故適用於惡劣天候條件下搶修。
5. 構件可以加工成任何顏色，可改善輸電線路沿線視覺效果，使用年限長，抗腐蝕性效果良好。

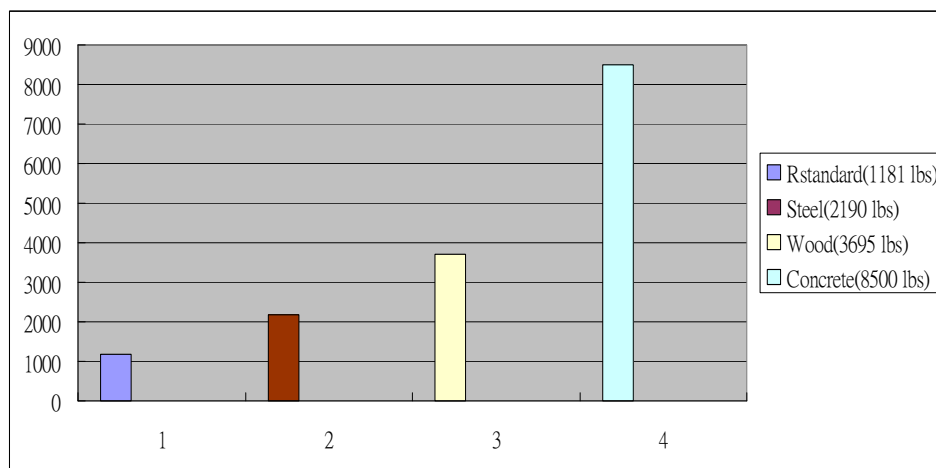
複合材料桿塔應用上的問題

1. **剛性**-複合材料由於彈性模數比鋼材低很多，故在負載作用下變形量較大，過大的變形可能會影響輸電線路的安全距離。
2. **節點連接**-節點連接是複合材料應用於桿塔的關鍵問題，必須研發有效的接點連接技術。
3. **高溫、低溫時的穩定性**-輸電線路的路徑一般比較惡劣，可能位於寒冷的高山地區或炎熱的區域。樹脂材料的穩定性非常重要。
4. **樹脂老化**-樹脂材料受紫外線影響容易老化，複合材料桿塔如因老化而破壞，將造成嚴重的停電事故，故需考量防老化技術及老化防護技術。
5. **製造技術**-複合材料主要靠拉擠技術或纏繞技術成型，研究更具耐候性的

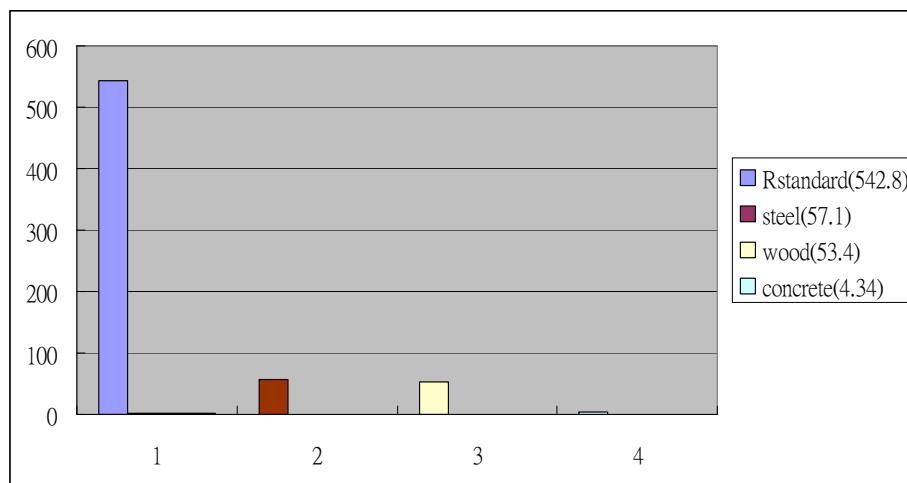
樹脂及成型技術，屬複合材料的關鍵技術。

6. **環境影響**-複合材料雖然屬一種性能優越的產品，但是生產或日後報廢仍面臨一定程度的環境汙染問題，因此，通常建議應用於沿海鹽害嚴重地區、高山地區、高溫或低溫、或地質敏感(例如溼地或特殊保護地區)地區，作為傳統輸電鐵塔的替代品。

(1). 單位重量比(節錄自 RS 公司提供資料)



(2). 強度比(單位:Gpa×m³/kg，節錄自 RS 公司提供資料)





電塔施工概況



線路完成概況

輸變電工程應用生態工程概況

行政院公共工程委員會在推動生態工程的過程中，由於以往採用的「生態工法」一詞，常遭人誤以為是一種工法（即施工方法）而滋生爭議，為了讓這項政策能持續順利地推動，並與國際專業用語 Eco-engineering 接軌，因此工程會自 95 年 6 月 21 日起，便正式將「生態工法」更名為「生態工程」。

而「生態工程」所強調的目標，除了促進產業及經濟發展外，更在創造優質永續的生活環境。因此，生態工程即在推動，所有的公共工程應融合生態系統與工程技術，從問題根源著手，兼顧環境的永續經營。而實際的作法是，除了考量原有的功能、安全之外，

並且更要對環境、生態、景觀、甚至文化等進行考量，以促使硬體工程建設與整體環境相融合，並維護生物多樣性。

自 921 大地震之後，生態工程開始應用於災區的土石流、崩塌地的整治，並且逐漸推廣至河溪整治、道路工程等。更名後的生態工程，將工程考量範圍延伸擴展至對整體環境、生態與文化，在推動經濟與生態的發展上皆能兼顧，達到人與自然的永續和諧。

生態工程之推動離不開環境保護與永續發展的理念，三者息息相關，互有牽制。環境保護在公權力方面最重要者即是環境影響評估之確實落實。環境影響評估制度，從民國67 年試行評估第一個水庫(翡翠水庫)開發建設的案例開始，到民國83 年立法完成法制化，共花了15 年以上的時間推動。立法完成以來又經過了12 年，對於台灣地區的環境確實有一定程度的維護功能。

台灣對生態工程之引用起步較晚，直到最近幾年才受到大眾之重視，工程會官方版之生態工程定義，即是「基於對生態系統深切認知與落實生物多樣性保育及永續發展，而採取以生態為基礎、安全為導向的工程方法，以減少對自然環境造成傷害。」因此，針對工程會所確認生態工程之定義內容，可清楚發現其精神如下：對生態系統之深切認知、落實生物多樣性保育、永續發展及生態與安全並重、減輕對自然環境造成傷害。

為使生態工程之理念得以遍行，建議建立資料如下：

1. 生態調查資料之完整化與透明化

大型公共工程之規劃設計內容複雜且廣泛，如欲將生態工程之理念融入其中，須有完整之生態調查背景資料作為依據。惟受限於規劃設計之期程受限，如能有具公信力之生態調查資料，可立即供工程規劃設計單位參考，便可更為落實工程與生態整合之理念。

2. 生態監測

生態監測在大部份之事業管理單位，常被漠視甚至於完全忽略，國內、外皆然。生態監測程序失敗之常見原因為：對生態學理論之認知基礎不足、對監測指標之選擇缺乏邏輯概念、對因果關係缺乏必要之深入瞭解、對經營介入之啟動點未確認、對決策制定缺乏聯貫性。

3. 經驗累積與回饋

輸電線路工程對生態之衝擊為長期累積之影響，為累積經驗供後續類似案例參考，製作生態檢討報告以提供後續生態研究實具有重大實質效益。

輸變電工程於生態工程執行概況:

依法需辦理環境影響評估之輸變電工程：依民國 98 年 12 月 02 日 修正頒布之**開發行為應實施環境影響評估細目及範圍認定標準**，第31條:其他開發行為其他開發行為，有下列情形之一者，應實施環境影響評估：(與輸變電工程有關為第八、九款)

第八款 輸電線路工程，其三百四十五千伏或一百六十一千伏輸電線路符合下列規定之一者，應實施環境影響評估：

- (一) 線路架空通過第一款第一目至第四目規定區位之一。
- (二) 線路架空通過原住民保留地。
- (三) 架空之線路，其線路或鐵塔投影邊界與國民中小學（含編定用地）邊界之直線距離五十公尺以下。
- (四) 架空之線路，其線路或鐵塔投影邊界與醫院邊界之直線距離五十公尺以下。
- (五) 架空或地下化線路鋪設長度五十公里以上。

第九款 超高壓變電所興建或擴建工程。

第 31 條 第一款第一目至第四目規定區位如下:

- (一) **位於國家公園。**但申請擴建面積五百平方公尺以下或累積擴建面積二千五百平方公尺以下，經國家公園主管機關及目的事業主管機關同意者，不在此限。
- (二) **位於野生動物保護區或野生動物重要棲息環境。**但位於野生動物重要棲息環境，申請擴建面積五百平方公尺以下或累積擴建面積二千五百平方公尺以下，經野生動物重要棲息環境主管機關及目的事業主管機關同意者，不在此限。
- (三) **位於國家重要濕地。**

(四) 位於台灣沿海地區自然環境保護計畫核定公告之自然保護區。

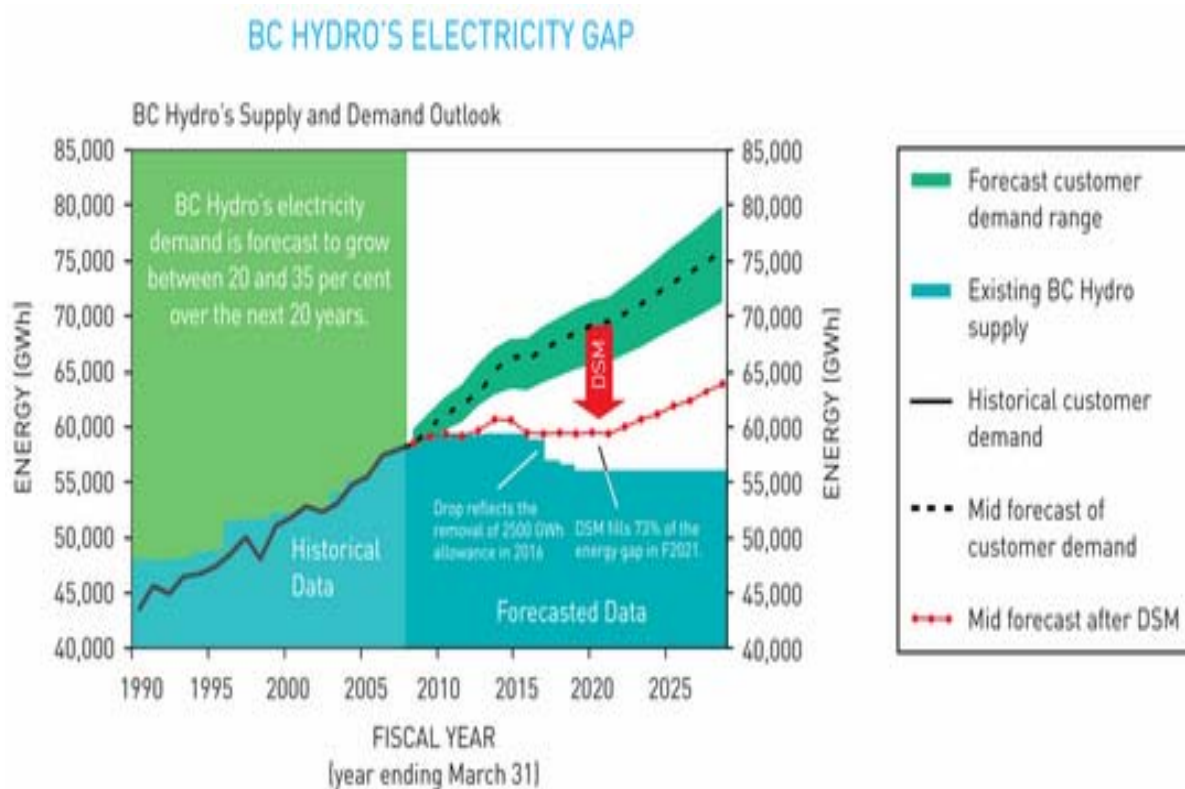
本公司執行現況:

1. 目前線路工程設計時依法尚無需納入生態工程相關評估或設計，除非，該線路必須辦理環境影響評估，則需納入生態調查與環境保護規劃。
2. 本公司架空或地下化線路，辦理環評案目前有核二~仙渡 345 KV 線經陽明山國家公園段案、台灣~澎湖 161kv 電纜線路工程(線路長度鋪設超過 50km)等案。
3. 超高壓變電所興建或擴建工程，迄今案例尚無需施作環評，但是，日後則依法均須辦理環評。
4. 如何妥善辦理輸變電計畫環保規劃、環境影響評估及如何獲得民眾信賴、學者專家的認同，使環保主管機關審查通過，以及未來落實輸變電計畫環保工作之執行等，均為深受環保主管機關及社會大眾關切及矚目之輸電線路環境議題。

四、BC Hydro 永續社區節能計畫-

卑詩省水電公司預估用電成長趨勢在 2015 年能源供給缺口約達 7,000GWh，為解決供電缺口問題，BC Hydro 目前的解決方案包含(1)尋覓建造更多水力發電設施、(2)向 IPP 購買更多電力或(3)採取有效的節電計畫。

而加拿大地區的用電尖峰時期，是在冬天最寒冷的時候，當用戶大量使用暖氣系統的時候，是系統負載最高的時候，恰與位處亞熱帶地區的台灣在夏季最炎熱時用電最尖峰相反。

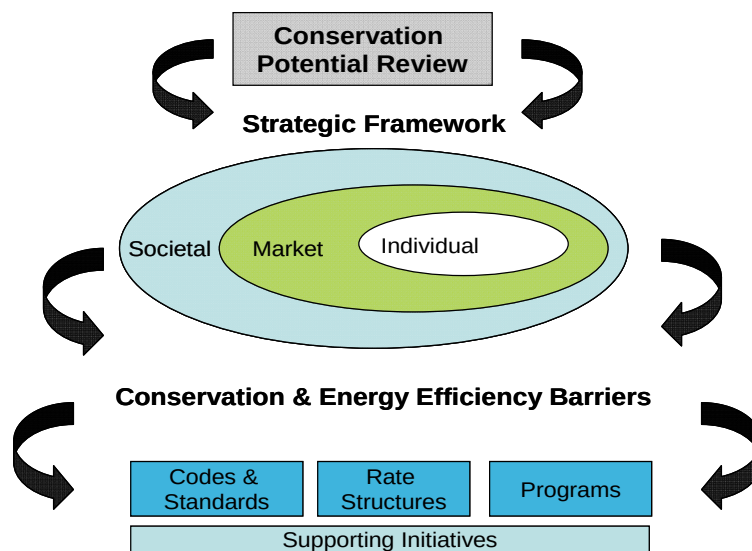


卑詩省水電公司未來供電預測圖

卑詩省水電公司節能計畫，包含商業計畫及社區節能計畫，商業計畫主要鎖定商業及工業大用戶提升用電效率，社區節能計畫則主要鎖定大型社區，本次係介紹大型社區節能計畫。即卑詩省水電公司提供方案，幫助地方政府和開發商之相關開發計畫，以提高能源管理及效率。

WHAT IS (DSM)?

DEMAND SIDE MANAGEMENT



5

DSM 需求端管理:重新檢討節電潛能，並研判節電及提升能源的障礙點，是否在於規範、標準或費率結構或未提供完善的計畫。



目前卑詩省水電公司正在推動 2 年新計畫，目標如下述：

1. 致力於地方政府針對土地開發及公共建設規劃，執行節約用電及能源效率提升。
2. 將節約能源計劃的領導角色轉移由地方政府推動至轄區社區。
3. 提升轄區內能源系統的發展。

本項計畫預期成效：

1. 可遞延電力公司未來電源開發計畫支出達 CAD\$13.8million。
2. 每年可減省能源支出達 21.2 GWh/year

BC Hydro 主要推動方向：

- 甲、採需求端管理方式架構新方法，使市場及社會提升用電效率。
- 乙、專注在轉變而不是增加改變。

主要目標市場: 在 BCH 轄區的地方政府

Primary Target Market: Local Governments in the BCH service territory

Target	Quantity	Comments
Munis 20,000+ pop' n	27	Examples: Vancouver (610,000); Prince George (75,000); West Van (44,000); Langford (24,000)
Regional Districts	10-12	Decision-making powers are different between munis and RD (i.e., sewers and solid waste), plus cross-boundary opportunities.
Munis < 20,000	10-12	Undergoing energy planning, growth, annual consumption > 100,000,000 KWh. Examples: Whistler, Dawson Creek.
TOTAL	50	

次要目標市場 Secondary Market

甲、開發商、公共團體 Developers, Institutions

乙、可能自行發展區域能源系統或與地方政府合作發展的單位 May develop DE systems on their own, or in partnership with a municipality.

結論:

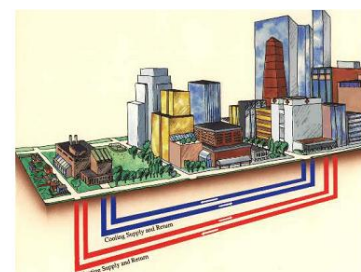
1. 客戶的機會主要在於地方政府針對高人口區域及高耗能單位的支持
2. 計劃的工具包含社區能源計劃(CEPs)、能源評估、專家會議及可行性研究等。
3. 區域能源計劃主要來自開發商的開發計畫

計劃組成 Program Elements:



Engagement

Energy Task Force, Charrettes, Workshops



Integrated Community Energy Systems

District Energy, Distributed Generation

Planning

Community Energy Plans, Modeling, Mapping



Community Energy & Emissions Plan	• Funding: up to 50% of cost (conditions apply) • Targeted: LG's with pop of 20K or greater
Charrette	• Funding: up to 100% of energy component • Targeted: 1mil sqf redevelopment
Workshops	• “Deep” / “Broad” • Targeted at those underway / Targeted at those starting out
Community Energy Manager	• Funding: up to 50% of annual salary (2 years) • Targeted: LG's with pop of 20K or greater
DE Pre & Full Feasibility Studies	• Funding: up to 50% of cost of study • Targeted: Local Government & Developers
DE Capital Incentive	• Offer under development

BC Hydro 針對永續社區節能計畫提供的支援：

1. 對於社區能源及排放計畫提供 50%的費用支出。
2. 對於社區節能計畫經理提供年薪 50%的支付。
3. 針對可行性研究計畫提供研究費達 50%。

本項計畫的優點

通過能源規劃的過程中，社區可達到下列目標：

1. 設法降低能源成本和溫室氣體排放。
2. 可主動規劃未來能源需求
3. 建立社區自主意識及能源管理

而 BC Hydro 從需求端管理，可達到減緩建設支出及節約鉅額能源的成果。

參、心得與建議:

本次參訪加拿大卑詩省輸電公司及卑詩省水電公司，非常感謝國合處葉世嘉先生、駐溫哥華台北經濟文化辦事處經濟組宋明豪秘書及加拿大駐台北貿易辦事處(CTOT)陳嘉雯經理的協助安排始得以順利成行。本次拜會 BCTC 之 Mr. Janos Toth，職位是 BCTC 的策略研發部門的計畫經理及科技顧問，背景則是土木工程及複合材料的博士。而參訪 BC hydro 時，特別感謝台灣貿易中心楊光明主任協同前往，接待人爲 Mr. Michael Travers，Power Smart Sustainable Communities Program 部門經理。

本次前往加拿大研習當地綠建築及生態工法建設，包含了解當地綠建築相關法規及應用實例，輸電工程環境影響評估流程與工法等，其實理念均集中於對於大環境的永續發展、減少工程對於環境之衝擊並確保物種的多樣性，例如減少氣體排放以減緩地球暖化速度，如何提升用電、用水效率，既有褐地(或廢棄地)、既有建築、材料再利用、暴雨逕流管理等，而生態工程的執行，主要仍基於法令對於公共工程環境影響評估的要求，以下就本次心得整理如下:

1. 加拿大的綠建築評估系統係引用美國之綠建築評估系統，據以改編，但是，緯度高的國家在應用上與亞熱帶國家仍有條件適用之不同，但許多永續發展的理念仍值得國人借鏡。
2. 既有建築物之重新利用，在溫哥華冬季奧運期間，最著名應屬開、閉幕典禮均於卑詩省既有之體育館舉辦，及奧運選手村在比賽期間作為旅館，而賽後則規劃作為住宅再利用，將既有建築物重新規劃再利用，亦屬於永續發展的理念。
3. 參考卑詩省輸電公司之輸電線路計劃實施辦理環境影響評估，及辦理公聽會，以取得地方團體及民眾之認可之過程，建議可選取指標性工程做生態示範工程，以實踐環境保護與永續發展的理念，並有助於提升台電公司企業形象，以推動輸變電建設。
4. 特殊或穿越地質敏感地區線路，建議使用地形圖及既有植被覆蓋資料，利用 GIS 分析技術運用於線路地景模擬，除可以作為規劃線路時之決策分析，另如需辦理環境影響評估或公開說明會，亦可作為決策評估資料。
5. 複合材料桿塔由於國內尚無應用實例，但依國外與木桿、水泥桿及鐵塔之比較後，

確實具有其獨特的優點，特別是台灣地區高山多又人口稠密，如國內能進行功能的驗證，於地質或特殊敏感地區，電桿複合材料的引用，或採直昇機吊裝施工，確實可降低對環境之衝擊。

6. 現有輸電線路，除複合材料電桿外，應研發更輕質及更高強度之線路支持物構造，以簡化設計需求，可減低工程營運規模並降低對地表、環境衝擊。
7. 卑詩省水電公司從需求端管理，針對企業及大型社區提供技術支援，提升用電效率，從需求端降低電力供給量，可減緩用電量供給壓力及減緩設備投資成本，與本公司目前電費折扣制度用意相似，亦可作為日後政策的參考案例。
8. 加拿大綠建築均大量採用認證木材，認證林產品是指採伐於按照國家和國際認可的森林管理標準並由第三方獨立審核和認證的林地，依 LEED 認定，認證木材屬於永續造林再生之綠建材，而目前對於木材之防火時效及防潮設計，均已有驗證及設計標準，又木材屬非韌性構造，韌性來源為構件之接頭，構件之接頭均採鐵件連接，可避免折減木材有效斷面積。
9. 建議可多派員赴海外研習，對人力的投資，相信未來可以提升公司的競爭力。

附錄一:行程表

訓練進修日期及時間 (Visiting Time)	訓練進修地點 (Location)	實際訓練進修機構及訪談對象 (Institutions & Persons to be visited)	訓練進修目的及討論主題 (Topics for discussion)
06/02		往程(當日抵達)	
06/03~ 06/04	Vancouver	University of British Columbia~Campus Sustainability Office 卑詩省大學 聯絡人:Javier Landaeta mail:greenbldg@exchange.ubc.ca	study green buildings standards and visit CK Choi Building and other sustainable sites on campus 綠建築設計及參訪
06/05	Vancouver	Brentwood 和 Gilmore 捷運車站	Development of Code and Technology for Wood-Framed Construction 木構造建築設計
06/06	Vancouver	VCEC West Building 溫哥華國際會議展覽中心	LEED Platinum certified convention center 參訪 LEED 認證綠建築
06/07	Vancouver	Vancouver city hall- department of sustainability & engineering services 溫哥華市政廳	1.The regulations in green buildings and ecological engineering 綠建築及生態工程的法規 2.Application to green building material and recycled material 綠建材及再生材料的應用
06/08	Vancouver	CaGBC' s 3rd Annual National Conference 加拿大綠建築協會	Educational Workshops- LEED Canada Core Concepts&Strategies 加拿大 LEED 綠建築評估系統研習
06/09~ 06/10	Vancouver	BC Transmission Corporation 卑詩省輸電公司 聯絡人: Janos Toth Ph.D., P.Eng., P.E., PMP Program Manager, Science and Technical Advisor Strategic Research and Development,(BCTC) Phone: (604) 699-7425.	1.study ecological engineering applying in power transmission line project 生態工程於輸電線路之應用 2.study green buildings design in substation 變電所的綠建築設計 3.Techniques in reducing the impact of transmission line on enviroment and the choice of alternative plan 減低輸電線路對生態及景觀影響之技術 4. study composite utility poles 研習模組化複合材料輸電鐵塔之技術
06/11~	Vancouver	BC Hydro	1. Techniques in reducing the impact of

06/12		卑詩省電力公司 聯絡人: Mr. Michael Travers 職稱: Manager, Power Smart Community mail: Michael.Travers@bchydro.com Phone: (604)453-6336.	transmission line on environment 減低 輸電線路對生態及景觀影響之技術 2.study The PowerSmart Sustainable Communities Program 節能永續社區 工程
06/13	Vancouver	BC Place Stadium 卑詩體育館 及 Olympic and Paralympic Village Vancouver 冬季奧運選手村	1.the practical demonstration of a principle green building 綠建築案例參訪 2.energy-saving LEED 節能設計案例參 訪
06/14	Vancouver	Richmond City Hall 里奇蒙市政廳	Wood-Framed construction designed 木構造建築設計參訪
6/15~ 6/16		返程	