

二零一二年一月五日

討論文件

立法會交通事務委員會
最新測量技術在主要道路工程的應用

目的

本文件旨在向各議員介紹路政署在道路建設和保養方面應用的最新測量技術，包括全球衛星定位系統、自動測量監測系統和三維激光掃描的情況。

背景

2. 隨着香港的經濟增長和市民生活質素的提升，公眾對交通運輸的需求亦不斷提高，道路的建造和保養至為重要。路政署一直積極完善道路網絡的發展，同時做好道路的保養工作，確保現有道路網絡能配合社會經濟發展的交通運輸需要。道路的建設，需要精確的測量數據配合，以便制定走線、確定結構物的位置、計算建築物料數量等；而道路保養工作，亦有賴精確的測量技術，以持續監測及掌握各項道路設施的狀況。

3. 路政署一直留意測量方面的新技術，以提高測量工作的精確性，使道路的設計、建設和保養工作更為順暢。隨着科技日益進步，自動化及精密的測量器材愈來愈多，新技術的應用會顯著地提升測量的準確度、運作效率和員工安全，這些改進是傳統測量技術難以達到的。這文件會講解路政署如何使用全球衛星定位系統、

自動測量監測系統和三維激光掃描技術支援道路建設和保養工程項目所涉及的測量工作，包括路線規劃、走線設計、建造放樣及檢查、構築物移動測量及沉降監測，以及應急測量等。

(I) 全球衛星定位系統

4. 簡單而言，全球衛星定位系統由 24 顆人造衛星組成，衛星依循離地面 20 000 公里高的已知軌道運行，並不停發出信號。接收器可藉著這些衛星發出的信號作不同準確度的位置量度。全球衛星定位系統測量可以用相對定位方法作固定或流動模式運作。一個單獨運作的全球衛星定位系統接收器，其定位準確度只可達至數十米。為滿足工程測量所要求的準確度，測量人員需利用兩個接收器進行相對定位，從而排除許多由器材和環境造成的衛星信號接收誤差，把定位準確度提高至數毫米。相對定位可以靜態或實時動態模式進行（如附圖 1 所示），靜態模式的定位準確度可達 ± 5 毫米，但需要較長的觀測時間；至於實時動態模式，則只需數秒便可完成定位工作，準確度可達 ± 20 毫米。以上兩種相對定位技術均已被廣泛應用於準確度要求不同的測量工作上。

(A) 應用於大型工程項目上

5. 全球衛星定位系統技術在跨境公路工程項目中尤其有用。這類大型公路工程項目大多位處偏遠地區，覆蓋範圍廣泛，附近未必有足夠的可靠測量參考站。以港深西部通道為例，鑑於內地和香港使用不同的坐標系統，當局在設計和建造這條連接兩地的通道時，全球衛星定位技術為這個工程項目建立「獨立控制點網絡」，於后海灣每邊分別設有六個控制站。這項技術亦同樣廣泛應用於港珠澳大橋工程項目。透過內地、澳門和香港各方通力合作，伶仃洋區附近以全球

衛星定位技術設置了共 16 個控制站（珠海八個、澳門兩個及香港六個），藉此提供準確的定位框架，以便詳細設計和建造大橋。此外，香港和珠海已在這項工程計劃下共設置了三個連續運行全球衛星定位系統參考站（一個於香港、兩個於珠海），提供快捷準確的定位資料，以支援在廣闊水域進行必需的打樁、填海和其後的建造工程。

(B) 應用於監察橋樑結構狀況

6. 各種荷載情況所引致的移動和偏斜是橋樑結構狀況的有用指標。透過應用全球衛星定位系統技術持續收集準確定位數據，有助監察橋樑結構狀況。全球衛星定位系統接收器已安裝在多個不同地點，例如青馬大橋、汲水門橋、汀九橋和昂船洲大橋的橋塔及橋面，為工程師提供橋樑橫向和垂直移動的實時數據，以便細察橋樑的結構狀況。

(C) 應用於惡劣天氣下收集數據

7. 全球衛星定位系統可於任何天氣情況下收集定位資料。例如，在興建昂船洲大橋的過程中，路政署需要確保未完成的懸吊橋橋身的移動情況，在每個階段（即使在強風吹襲下）都符合設計限制。否則，橋面構件的結構完整性可能會受損。二零零八年九月，颱風「黑格比」迫近香港，測量人員沒有可能在颱風接近時進行傳統測量工作及收集移動數據，路政署因此迅速地在颱風來臨前在每個懸吊橋面安裝兩個全球衛星定位系統接收器，以追查其移動情況。四個接收器在颱風最接近香港期間收集了一套移動數據，確認在惡劣天氣下橋面移動情況仍符合設計限制。昂船洲大橋最終在二零零九年四月竣工，並於二零零九年十二月通車。

(D) 其他用途

8. 全球衛星定位系統技術能以高效率收集大量定位資料，而且達到合理的準確度。除了上述應用外，路政署亦利用全球衛星定位系統進行地形測量以及收集街道設施的資產資料，例如露天地方的燈柱、街道名牌和沙井蓋，其數據及屬性資料可備存作全面資產記錄及規劃維修保養工程的用途。

(II) 自動測量監測系統

9. 自動測量監測系統由多個全站儀連接至一台電腦組成，按預設的時段為固定目標進行測量工作。自動測量監測系統的示意圖載於附圖 2。

10. 系統中的每個全站儀，會先由人手操作及完成觀察程序。隨後，藉着全站儀的自動目標辨認功能，自動定時追蹤及對準目標，測量其角度和距離，並把目標的位置記錄於電腦內。監測系統可自動操作，一次過對準多個目標及量度相關的角度和距離。自動測量監測系統安裝妥當和固定後，便可在測量地點自行進行量度工作，十分適合在危險斜坡等環境運作，減低測量人員於困難環境操作的風險。

11. 該系統準確度極高，量度距離的精確度可達 ± 1.0 毫米，量度角度的精確度則可達 ± 0.5 秒。所有收集得的量度數據均可即場經電腦處理，以圖像方式顯示。此外，如發現所監察的結構物的移動程度超出可容許上限，系統還會發出警告信息，提醒測量人員作出跟進。路政署已在多個需要監測的公路工程計劃中使用該系統，例如監測石錨及護土牆的移動情況，一有異常情況，系統會記錄其嚴重程度、時間及即時發出有關信息，讓測量人員知悉及了解問題的情況及作出適當跟

進。

(III) 三維激光掃描

12. 三維激光掃描是一種無須接觸物件的量度技術。激光掃描儀能收集物件大量的定位資料（高密度點，即密集點雲），並量度及計算每個點雲位置（以 x、y、z 坐標顯示）。數據經進一步處理後，可製成該物件的數碼三維模型。激光掃描儀會計算光脈衝往返物件所需時間，掃描速度約每秒 4 000 點，能有效覆蓋水平 360°及垂直 270°，有效範圍為 130 米，其內置照相機能自動把每幅掃描圖像材質化，以產生一個精細而可量度的照片材質三維模型。該三維模型亦可進一步轉換成二維平面圖及/或截面圖作多種用途。

(A) 應用於偵測凹凸不平的路面

13. 在公路維修和保養工程方面，掃描儀可用以偵測路面的損毀（例如路面凹凸不平和局部下陷）。這些損毀有時難以用肉眼識別，如使用傳統測量技術，所需的偵測時間亦較長。以傳統方法進行測量工作須封閉道路，不但阻礙交通，有時還會影響道路使用者的安全，所以大多不可行。如使用激光掃描技術，則可避免封閉任何道路，並在短時間內收集所需數據，因此能十分有效地進行這類工作。

(B) 應用於測量崩塌的斜坡和損毀的道路

14. 在二零零八年六月，路政署把激光掃描儀配置於大嶼山，以量度羌山道毗鄰斜坡在暴雨下崩塌對該道路所造成的損毀。顯示該處情況的相片載於**附圖 3**。掃描儀設於可俯瞰崩塌斜坡的位置，而掃描工作於數小時內完成，整個程序無須測量人員在崩塌的斜坡上或鬆散的

泥石中工作，因此能確保測量人員的安全。所收集得的點雲經處理後構成了一個數碼地形模型，用以估計山泥傾瀉量及協助工程師制定補救措施。

(C) 其他用途

15. 多年來，路政署一直利用三維激光掃描技術進行大量其他測量工作，例如用以量度快速公路架空電纜的淨空高度、測量樹木根部生長過盛對路面造成的損毀、偵測擋土構築物表面的變形情況以及測繪難以到達但對工程設計很重要的構築物等。

利用新技術的好處

16. 以上各項新技術的應用，比較傳統測量方法更具效益。例如，在港深西部通道的工程中，全球衛星定位系統的應用讓測量人員可於三天內測定在香港區內六個超長距離控制點的準確位置，較傳統測量所需時間減省超過一半。自動測量監測系統方面，在一個護土牆的監測測量個案中，系統令路政署可用較少測量人員於相約時間內完成工作，人手節省超過三份之一。至於三維激光掃描，若以傳統方法作公路測量，所涉及人手約為新技術之三倍，才能完成同樣的測量工作，並需要臨時封閉道路配合，對市民造成不便。三維激光掃描可以免卻以上問題，方便公眾之餘亦增加效率。

17. 另一方面，各項新技術亦可讓測量工作變得更有效率及更安全。正如上文提及，在惡劣天氣下，如只靠傳統的測量技術，根本無法進行測量工作。新測量科技，如全球衛星定位系統的採用，可容許測量人員在惡劣天氣下持續收集數據和進行監察工作，並免卻工作人員在惡劣天氣下進行測量工作的危險。如沒有新科技的輔助，便可能要花大量時間覆查結構物在惡劣天氣期間

所受的影響。自動測量監測系統和三維激光掃描技術的應用，同樣可提升測量人員進行勘測或監察工作的效率，亦大大減少測量人員在危險環境工作的需要。在一些很難到達或危險的地方，如陡峭的山坡或崩塌的斜坡，如沒有新技術的輔助，測量工作將變得十分困難，如只依靠傳統的測量技術，便要花費大量人手和時間。

未來路向

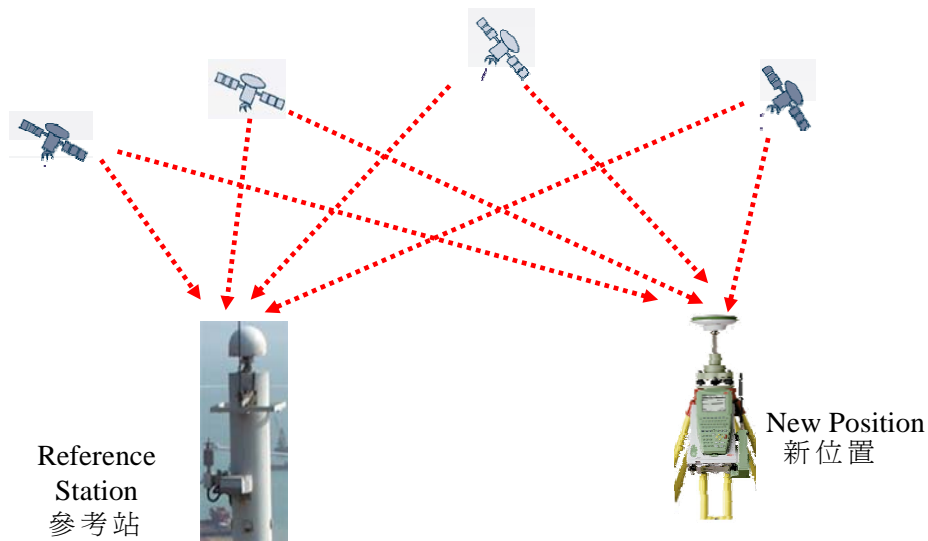
18. 路政署會繼續與時並進，密切留意測量界的最新技術，並把有關技術適當地應用於公路測量服務上，以惠益香港社會。

路政署

二零一一年十二月

相對定位 (靜態模式)

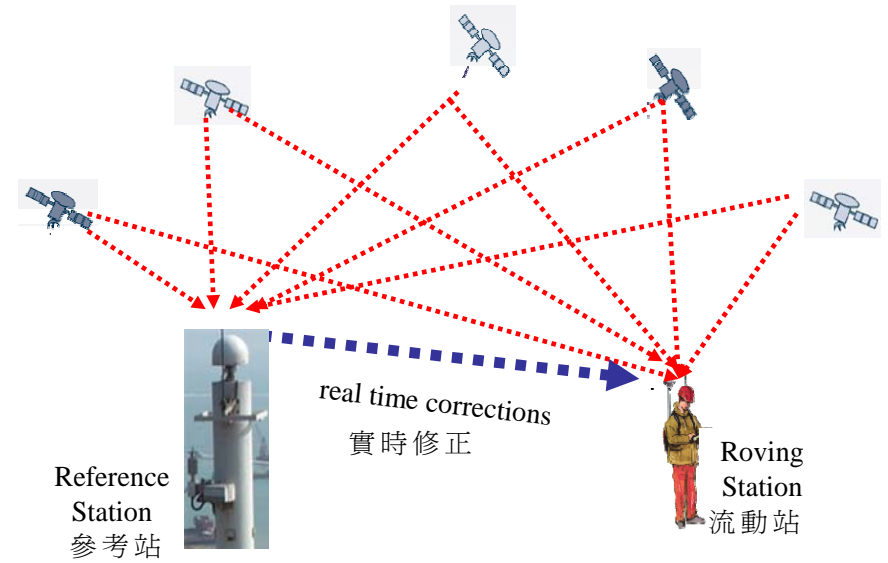
Relative Positioning
(Static Mode)



Accuracy to +/- 5 mm
準確度可達 +/- 5 毫米

相對定位 (實時動態模式)

Relative Positioning
(Real Time Kinematic Mode)



Accuracy to +/- 20mm horizontally, +/- 60mm vertically
水平準確度可達 +/- 20 毫米，垂直準確度可達 +/- 60 毫米

圖 1 兩種常用的相對定位技術

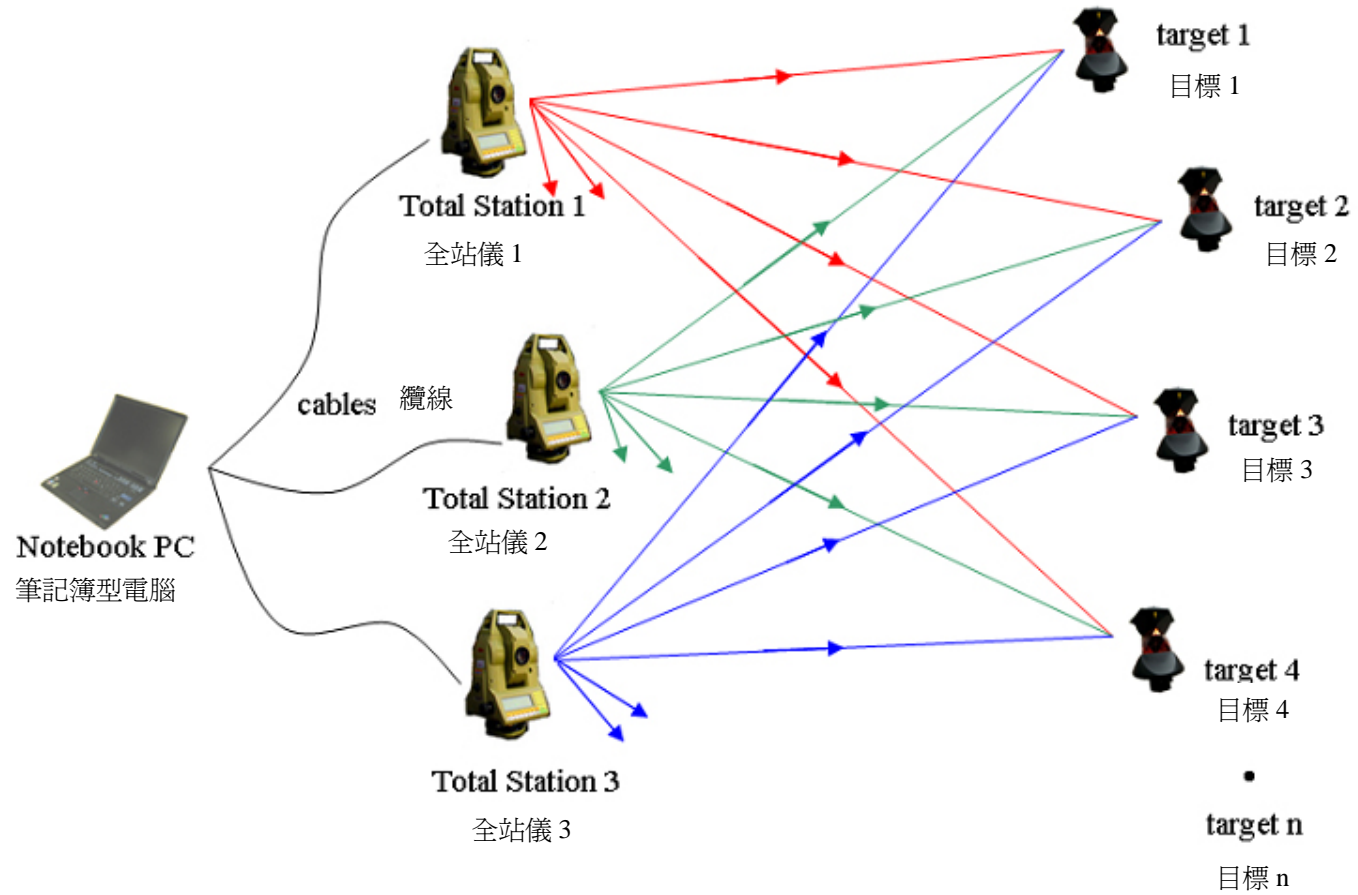


圖 2 自動測量監測系統示意圖



圖 3 激光掃描儀在羗山道進行掃描工作