



中鼎海外專案執行經驗分享 - 新加坡捷運工程軌道專案

中鼎工程股份有限公司專案經理 / 莊志鴻

關鍵字：新加坡捷運、中鼎工程、LTA、機電核心系統

前言

新加坡捷運自1987年開通以來，至今發展成有7條路線的捷運系統，捷運總路線長已超過203公里（詳下圖1），目前每天平均搭乘人數為330萬以上，預計到2030年捷運規模將超越東京地鐵及香港地鐵，總路線長將達到360公里。

中鼎工程自2011年起參與新加坡捷運工程的新建，總共承攬三條捷運的軌道工程-分別為濱海市區線第三階段（Downtown Line Stage 3）、湯申－東海岸線第一至三階段（Thomson-East Coast Line Stage 1~3）及卡利巴株機廠擴建（Gali Batu Depot Extension），路線長約50公里，軌道施工總長度（Track Length）達155公里，並已於

2021年5月全數完工，由於保密協定因此無法提供LTA工地現場施工照片，故僅提供軌道專案的訓練及工安宣導照片供參考（詳圖2）。另本篇將以招標方式、介面協調、機電核心系統整合、安衛環及專案管理5項為例，來說明機電核心系統標在新加坡捷運與臺北捷運之比較。

一、招標方式

新加坡捷運是由陸路交通局LTA（Land Transport Authority）來負責新建，主要分為土建標、機電核心系統標及系統整合三大部份。假設一般路線20公里長的捷運，LTA通常會將土建標切割成20個車站標（含隧道）加上1~2個機廠標交由土建標承包商CWC（Civil Wide Contractor）來承攬，總數約有



System Map 地铁路线图



图例

<p>一般车站</p> <p>换乘站</p> <p>NS 1</p> <p>NS 21</p> <p>NS 22</p> <p>NS 23</p> <p>NS 24</p> <p>NS 25</p> <p>NS 26</p> <p>NS 27</p> <p>NS 28</p> <p>NS 29</p> <p>NS 30</p> <p>NS 31</p> <p>NS 32</p> <p>NS 33</p> <p>NS 34</p> <p>NS 35</p> <p>NS 36</p> <p>NS 37</p> <p>NS 38</p> <p>NS 39</p> <p>NS 40</p> <p>NS 41</p> <p>NS 42</p> <p>NS 43</p> <p>NS 44</p> <p>NS 45</p> <p>NS 46</p> <p>NS 47</p> <p>NS 48</p> <p>NS 49</p> <p>NS 50</p> <p>NS 51</p> <p>NS 52</p> <p>NS 53</p> <p>NS 54</p> <p>NS 55</p> <p>NS 56</p> <p>NS 57</p> <p>NS 58</p> <p>NS 59</p> <p>NS 60</p> <p>NS 61</p> <p>NS 62</p> <p>NS 63</p> <p>NS 64</p> <p>NS 65</p> <p>NS 66</p> <p>NS 67</p> <p>NS 68</p> <p>NS 69</p> <p>NS 70</p> <p>NS 71</p> <p>NS 72</p> <p>NS 73</p> <p>NS 74</p> <p>NS 75</p> <p>NS 76</p> <p>NS 77</p> <p>NS 78</p> <p>NS 79</p> <p>NS 80</p> <p>NS 81</p> <p>NS 82</p> <p>NS 83</p> <p>NS 84</p> <p>NS 85</p> <p>NS 86</p> <p>NS 87</p> <p>NS 88</p> <p>NS 89</p> <p>NS 90</p> <p>NS 91</p> <p>NS 92</p> <p>NS 93</p> <p>NS 94</p> <p>NS 95</p> <p>NS 96</p> <p>NS 97</p> <p>NS 98</p> <p>NS 99</p> <p>NS 100</p>	<p>MRT 地铁</p> <p>EWL 东西线</p> <p>NSE 南北线</p> <p>NE 东北线</p> <p>TEL 汤申-东海岸线</p> <p>CCL 环线</p> <p>DTL 滨海市区线</p> <p>TEL 汤申-东海岸线</p>	<p>LRT 轻轨</p> <p>BP 武吉班让轻轨</p> <p>SK 盛港轻轨</p> <p>PG 碧山轻轨</p>	<p>其他交通工具</p> <p>巴士转换站</p> <p>游客中心</p> <p>下榻酒店</p> <p>租车</p>
---	--	--	--

SM-20-03-01
© 2020 Land Transport Authority Singapore

图 1 新加坡捷运与轻轨线的示意图

20~21个CWCs来承攬。另外機電核心系統標則以系統類別分別切成電聯車標、號誌標、供電標、通訊標、軌道標及自動收費標等交由機電核心系統承包商SWC (System Wide Contractor) 來執行全線的機電核心系統工

程。至於系統整合SI (System Integration) 則由LTA的系統整合部門來負責統合所有SWC承包商間的介面協調、測試及試車等機電核心系統整合工作。



<p>濱海市區線消防演練於 2015/06</p>	<p>濱海市區線吊裝訓練 2015/03</p>
<p>湯申東海岸線工安宣導於 2017/06</p>	<p>湯申東海岸線 LTA 工安稽核於 2019/03</p>
<p>卡利巴株機廠道岔預組訓練 2018/05</p>	<p>卡利巴株機廠登革熱宣導於 2018/06</p>

圖 2 中鼎工程新加坡軌道專案的訓練及工安宣導照片

臺北捷運是由臺北市捷運局來負責新建，與新加坡捷運不同的是招標只有分土建標及機電核心系統標二大部份。

土建標每標約2~3個車站（含隧道），加

上1~2個機廠標因此土建標承包商總家數約只有新加坡捷運的40%~50%。

機電核心系統標則只有發一個大統包交由一家（單獨承攬）或2~3家廠商（聯合承



攬)來執行電聯車標、號誌標、供電標、通訊標、軌道標及自動收費標等機電核心系統。而機電核心系統整合、測試及試運轉皆由機電核心系統標廠商在捷運局的監督下自行完成。兩地招標方式的比較如下(表1)：

二、介面協調

有關介面協調工作，此部分新加坡捷

運與臺北捷運大同小異，每月皆會定期召開介面協調會議並邀請業主列席。土建標召開時會邀請相鄰土建標及所有機電核心系統標參與，而機電核心系統各標召開時則會邀請需要參與土建標及其餘機電核心系統標參與。雖然原則相同，但執行時仍會有些許不同，兩地介面協調的比較如下(表2)：

表 1

	新加坡捷運	臺北捷運
土建標	每一標大多為一個車站加一段隧道，規模較小，廠商參與財務門檻低 各標廠商可以同時施工，整體土建標工期比臺北捷運少 1~2 年。	每一標規模為 2~3 個車站加 2~3 段隧道，新加坡的 2~3 倍規模。 每一標規模約為新加坡的 2~3 倍，因此每公里造價可以減低，節省業主發包成本。
機電核心系統標	各機電核心系統標為單獨招標，符合資格的子系統廠商較多，每次招標皆有 5 家以上，招標容易。	為一家(單獨承攬)或 2~3 家廠商(聯合承攬)，符合統包資格的廠商不多，常常因投標廠商家數不足三家而流標。
系統整合	由 LTA 自行負責，可以培養系統整合的核心人力。	由廠商負責且內部自行整合，業主可以精簡系統整合人力。
小結	新加坡捷運土建標工期比臺北捷運短約 1~1.5 年，且招標容易。	

表 2

	新加坡捷運	臺北捷運
介面協調會議次數	土建標廠商較多，加上機電核心系統標廠商，每月所召開的介面協調會議為臺北捷運的 2~3 倍。	土建標廠商較少，且機電核心系統標廠商為統包，因此土建標施工初期的介面協調會議機電核心系統標廠商常只有派一名代表出席會議。
介面協調人員配置	<p>土建標只須出席相鄰標及機電核心系統標的會議，因此大多由介面經理負責。</p> <p>機電核心系統各標廠商(SWC)，因須出席全線所有土建標會議及其他機電核心系統標之會議，故各機電核心系統標除介面經理外，一般會搭配負責各土建標之介面工程師處理介面事宜。</p> <p>另新加坡軌道標之介面工作更為繁複。軌道標除須參與會議外，尚須繪製軌道層之 CSD/SEM 圖(因電纜溝槽，三軌及三軌電纜設計 & 佈設為軌道標之合約範疇，這與臺北捷運差異甚大，工作量增加許多)。故軌道標一名介面工程師一般需負責 5~6 個土建標的介面工作。至於其餘機電核心系統標之會議，主要由介面經理搭配設計工程師負責。</p>	<p>土建標派一位及機電核心系統標統包廠商會指派一位介面經理，其餘個子系統亦會指派一位介面協調人員出席會議。</p>
小結	新加坡捷運比臺北捷運召開較多的介面協調會議，也因此需要較多的介面協調人員。	

三、機電核心系統整合

新加坡捷運的機電核心系統整合是由業主LTA主導，每月定期開會並處理各機電核心系統標間的爭議，直至完成整合測試並順利移交給運營單位為止。

而臺北捷運的機電核心系統整合是由統包商的領銜廠商主導，各子系統標間的爭議皆透過內部協調解決。

兩地機電核心系統整合的比較如下（表3）：

四、安衛環

有關安衛環的要求，此部分新加坡捷運與臺北捷運大致相同，但每年LTA皆會有專門的安衛環機構主動不定期到各LTA工地（包含道路橋樑等公共工程）進行安衛環審查並給予評分，評比績優的廠商LTA會於每

表 3

	新加坡捷運	臺北捷運
機電標各子系統標的爭議處理	業主 LTA 會主導並解決機電標各子系統廠商間的介面及爭議處理，若經過多次協調後，若仍無法釐清責任歸屬時，LTA 才會提供 EI (Engineer Instruction) 請相關聯的子系統廠商先行解決，EI 完成後才付款，但通常此類爭議處理從發生到結案耗時很久。	機電核心系統標廠商為統包，各子系統廠商間的介面及爭議處理，通常會先內部協調，並以進度優先去處理，最後若無法確認責任歸屬，則將會依聯合承攬或 JV 的合約金額占比去分擔，因此子系統廠商間爭議處理的程序比新加坡簡化很多。
機電核心系統標施工	LTA 會壓縮軌道標工期，相較臺北捷運類似規模約縮短 15~20% 工期。 軌道標完工後，LTA 系統整合小組 (SI) 才會開始接管並依照規劃時程給其餘機電核心系統標進場施工，同時 LTA 會提供工作車 (Work Train) 協助各項設備及電纜的運輸工作，這項工作車協助運輸工程，大約是 3~4 個月。	軌道標施工期間，其餘機電各子系統標廠商同時會請求軌道標提供工作車協助各項設備及電纜的運輸工作。因此整體機電核心系統標的施工工期會比新加坡捷運長約 1 年，也因此有較長的時間來進行缺失改善。
動態整合測試	待機電各子系統標施工完成後，SI 會接著讓電聯車進入開始進行動態整合測試，大約需 3~4 個月。 LTA 提供工作車供機電核心系統標施工加上提供電聯車進行動態整合測試，這段時程 LTA 稱為 (Trip)，在移交給運營單位前每階段的 Trip 通常會安排 7~8 個月，Trip 順利完成後才算達到實質完工 SC (Substantial Completion) 方可移交給運營單位。	臺北捷運的動態整合測試是所有的機電核心系統標完成施工後才會啟動，此時電聯車廠商會提供電聯車來進行 12~18 個月的動態整合測試。動態整合測試通過後才算達到實質完工 SC (Substantial Completion)。
小結	<ol style="list-style-type: none"> 1. 臺北捷運是機電核心系統標統包，各子系統間之爭議一般係由統包商之系統整合 (IPMG) 自行處理，解決方式較為迅速。 2. 新加坡捷運由於 LTA 壓縮整體機電核心系統標的施工期及動態整合測試時間，因此機電核心系統標的工期會比臺北捷運短 1~1.5 年。 3. 臺北捷運由於動態整合測試時間較新加坡捷運長約 3~4 個月，因此試營運時的機電核心系統穩定度會較高。 	



年第三季安衛環大會中予以表揚。中鼎工程自2012年工期開始起至今（2020年因疫情停辦）共有7年獲得11個安衛環評比績優的獎項及表揚，此表揚典禮大多由新加坡交通部長親自主持，下圖3為中鼎工程於2019年獲得二項安衛環績優評比的獎項及表揚。

五、專案管理

有關專案管理人員的要求，此部分新加坡捷運與臺北捷運大致相同，專案組織表內

提送的主要專案經理人員都必須經過業主核可且專任。但由於發包方式的不同因此也會有些許差異，比較如下（表4）：

六、結論

新加坡捷運非常重視通車的工期，即使碰到各種內、外在因素影響而延誤，但LTA會透過各種方案來縮短工期，例如增加工作井及材料機具投入口，以減少隧道任一中間區段標延誤所造成整體進度的影響，最後再



圖 3 2019 年獲得新加坡交通部長頒發二項安衛環績優的獎項

以壓縮動態整合測試時程，以求達成最後通車日期不延後為終極目標。而中鼎工程在新加坡執行的三個軌道專案，皆依LTA規劃時

程如期如質完工（表5）。

參考文獻

1. 新加坡政府官方網站 Land Transport Authority。

表 4

	新加坡捷運	臺北捷運
專案管理人員組織人數	由於每月所召開的介面協調會議為臺北捷運的 2~3 倍，因此需要較多的人員分別來出席相關會議。	機電核心系統標廠商的各子系統通常只聘一名介面協調人員出席相關會議。
合約管理人員	機電核心系統標的各子系統皆需要有自己的合約管理人員來處理變更設計及相關商務條款。	機電核心系統標廠商為統包，因此所聘用的合約經理會處理整個機電核心系統標的相關事宜。合約管理團隊人數會比新加坡各子系統人數相加後精簡很多。
整個專案期程	LTA 採取較多次的分段通車，並設定很多階段的里程碑，且每個里程碑皆有逾期罰款，即使整體的工期比臺北捷運較短，但大多能依既定的規劃期程通車。	土建標常因捷運區域的土地徵收取得困難或各種因素的影響而延誤，一般會比既定的期程延後 2~3 年通車。
小結	<ol style="list-style-type: none"> 1. 機電核心系統廠商在執行新加坡捷運時，其各子系統的專案管理人員會比執行臺北捷運時需要較多人力，但由於新加坡捷運整體工期較短因此專案人員總成本並不會比臺北捷運高。 2. 新加坡捷運的機電核心系統標廠商超過 90% 為外國廠商，許多專案執行人員都是一案一聘，隨時都在尋求較長的合約，因此專案執行人員的流動率比臺北捷運高許多。 	

表 5

	新加坡捷運	臺北捷運
結論	大多依照原規劃排定的期程來通車，但試營運初期偶有瑕疵出現。	重視動態整合測試驗證，一旦開始試營運，幾乎零故障。但通車日期常會比原訂計畫延後。