

出國報告(出國類別：考察)

大陸地區最大鐵路樞紐車站之 複合運輸規劃設計案例

服務機關：交通部鐵路改建工程局

交通部鐵路改建工程局中部工程處

姓名職稱：陳義明 代組長

謝立德 處長

派赴國家：中國大陸

出國期間：民國105年10月24日至105年10月29日

報告日期：民國106年1月10日

摘要

本次赴大陸除參訪杭州鐵路車站樞紐公司所興建及營運之杭州東站主要行程外，並考察杭州市、寧波市及上海市其他軌道交通建設，包括高速鐵路、地鐵及有軌電車等 3 類軌道系統。透過設計、施工及營運等單位介紹，使本次參訪對於軌道相關建設之規劃設計考量、旅運設施整合、先進工程技術等有更廣泛的瞭解，可作為國內未來鐵路改建計畫之借鏡。

近 10 年來杭州、寧波及上海等 3 城市所完成之重大軌道交通建設，概述如下：

- 一、高速鐵路部分：杭州至寧波高速鐵路(杭甬高鐵)及杭州東站、寧波南站、上海虹橋交通樞紐等高鐵車站。
- 二、地鐵部分：杭州地鐵 1 號線、寧波地鐵 1 號線、寧波地鐵 3 號線類矩形潛盾工法工地、上海地鐵 10 號線，以及地鐵沿線主要車站。
- 三、有軌電車部分：上海張江現代有軌電車系統及附屬場站設施。

行程沿途另參訪大陸新近完成各式特殊景觀橋梁及世界最大跨海大橋，包括杭州九堡大橋、寧波琴橋、甬台溫鐵路奉化江大橋、寧波澄浪橋、寧波長豐橋及杭州灣跨海大橋等，其工程設計及施工方式，亦可供國內橋梁工程借鏡。

目 次

壹、目的	7
貳、考察行程	7
參、考察重點 (軌道交通建設)	9
一、杭州東站	9
二、寧波南站	16
三、杭州地鐵1號線	19
四、寧波地鐵1號線	22
五、寧波地鐵3號線	27
六、張江有軌電車1路	30
七、上海地鐵系統	35
八、上海虹橋交通樞紐	38
九、上海南站	41
肆、考察重點 (橋梁工程建設)	44
一、杭州九堡大橋	44
二、寧波琴橋	46
三、甬台溫鐵路奉化江大橋	47
四、寧波澄浪橋	49
五、寧波長豐橋	51
六、杭州灣跨海大橋	53
伍、心得及建議	57
陸、附件	
杭州東站綜合交通樞紐建設及營運簡介	

表目錄

表1 考察行程表.....	8
---------------	---

圖目錄

圖1 考察行程區位示意圖.....	8
圖2 杭州東站各樓層功能分區示意圖	9
圖3 杭州東站以「錢塘潮」為建築意象.....	10
圖4 杭州東站為大陸最大單體使用太陽能發電之建築物	10
圖5 杭州東站主體桁架構造完成情形	11
圖6 杭州東站斜柱內部桁架構造及施工情形.....	11
圖7 杭州東站斜柱桁架構造基座.....	11
圖8 杭州東站屋頂桁架細部構造.....	12
圖9 杭州東站屋頂裝修完成情形.....	12
圖10 杭州東站東側廣場外觀	12
圖11 杭州東站完工啟用內部候車大廳	12
圖12 每處驗票口均有4座自動驗票閘門及一座人工驗票口	13
圖13 驗票口上方設置超大電子螢幕顯示列車訊息	13
圖14 通過驗票口往下進入車站的月台和軌道層	13
圖15 由於入口閘門已明確驗票，月台層僅簡單標示列車資訊.....	14
圖16 捨棄車序牌僅於地面標示，讓月台層感覺相當簡潔	14
圖17 旅客出發/由地面2層往下進入月台層	14
圖18 旅客抵達/由月台層往下至地下1層出站.....	14
圖19 地上2層出發層進站口.....	15
圖20 地上2層候車大廳可容納2萬旅客.....	15
圖21 地面層高鐵月台層.....	15
圖22 與杭州東站樞紐公司管理人員合影	15
圖23 地下1層自動售票區.....	15
圖24 地下1層人工售票區.....	15
圖25 地下1層鐵路到達層、轉乘大廳.....	15
圖26 地下1層轉乘地鐵入口.....	15
圖27 地下2層緊急逃生口透空設計	15
圖28 與軌道交通建設與管理協會人員合影.....	15
圖29 寧波南站各樓層功能分區示意圖	16
圖30 以高架橋銜接地上2層鐵路出發層	17
圖31 地上2層鐵路出發層入口	17
圖32 車站地面層出入口	17
圖33 車站地面層轉運站.....	17
圖34 地下1層鐵路到達層、轉乘大廳.....	17
圖35 旅客到達由地面月台層往下進入地下1層鐵路到達層	18
圖36 地面月台層進入地下1層樓梯.....	18

圖37 地下1層鐵路到達層	18
圖38 杭州地鐵系統路網示意圖	19
圖39 地鐵1號線鳳起路站採開放式入口	20
圖40 為防範恐怖攻擊各地鐵站全面進行安檢	20
圖41 武林廣場站結構為地下三層並預留與3號線換乘	20
圖42 寬敞付費區大廳設置多處出入口閘門	21
圖43 於進入月台層之樓梯側面標示乘車方向	21
圖44 未設置電梯，於樓梯設置行動不便設施	21
圖45 地鐵1號線與杭州東站轉乘區設置電動步道	21
圖46 寧波地鐵1號線平面圖	22
圖47 寧波地鐵1號線6座文化車站位置示意圖(紅色圈者)	22
圖48 寧波地鐵1號線二期工程平面圖	25
圖49 日本類矩形潛盾機具演進	28
圖50 大陸類矩形潛盾機具演進	29
圖51 隧道斷面綜合分析比較表	29
圖52 採雙向島式站台配置較佳	31
圖53 少數路口於路線兩側設置側式站台	31
圖54 路線轉彎處電車線、軌道佈設情形	31
圖55 跨越橋梁路段電車線、軌道佈設情形	32
圖56 路口處電車線、軌道、標誌佈設情形	32
圖57 路線終點設置軌道橫渡線	32
圖58 路線終點設置電力終點錨及終端電力桿	32
圖59 車輛到站乘客上下車情形	33
圖60 車輛內部周詳考量乘客舒適性	33
圖61 維修車庫及維修坑道(大陸改良)	33
圖62 維修車庫更換導輪處鋼軌缺口	33
圖63 道岔及號誌	33
圖64 注意軌道排水系統設計，降低感電風險	33
圖65 原廠更換導輪之維修頂升設備	34
圖66 車輛設備維修區	34
圖67 車輛基地內部	34
圖68 車輛基地外觀	34
圖69 車輛故障牽引機	34
圖70 於車輛維修機場合影	34
圖71 上海地鐵系統路網示意圖	35
圖72 介紹上海地鐵營運現況及未來發展	36
圖73 與上海申通地鐵集團人員合影	36
圖74 地鐵10號線宋國路站(配合島式月台設停留股回送虹橋樞紐站增加運量)	36
圖75 地鐵10號線虹橋T1航站(建議號誌機房與服務中心結合節省營運成本)	36
圖76 地鐵10號線虹橋路站月台(轉乘3號)	36
圖77 地鐵10號線虹橋T2航站月台	36

圖78 地鐵10號線轉虹橋路站乘3號線	36
圖79 地鐵3號線上海南站	36
圖80 人民廣場站各層配置圖	37
圖81 人民廣場站進站長廊	37
圖82 1號線與8號線至B1轉乘	37
圖83 人民廣場站付費區大型疏散閘門	37
圖84 地鐵轉乘旅客遠多於進出站旅客	37
圖85 人民廣場站站內地下一層商場規劃	37
圖86 人民廣場站主要入口地面指標清楚	37
圖87 人民廣場站主要動線簡潔的指標系統	37
圖88 上海虹橋交通樞紐透視圖	38
圖89 上海虹橋交通樞紐各樓層使用功能分區示意圖	38
圖90 虹橋樞紐轉乘高鐵系統長廊	39
圖91 虹橋樞紐地下1層高鐵到達層	39
圖92 虹橋樞紐轉乘公路運輸系統	39
圖93 虹橋樞紐轉乘公路運輸售票處	39
圖94 虹橋樞紐轉乘地鐵2號線及10號線	39
圖95 虹橋樞紐轉乘鐵路系統	39
圖96 地鐵10號線虹橋樞紐站	39
圖97 地鐵2號線虹橋樞紐站	39
圖98 虹橋樞紐轉乘T2航空站	40
圖99 於T2航站與虹橋樞紐營運單位合影	40
圖100 10號線T2站月台(列車採雙開門)	40
圖101 地鐵10號線T2站轉乘T2航空站	40
圖102 10號線T2站轉乘T2航空站入口	40
圖103 10號線T2站轉乘T2航空站入口	40
圖104 10號線T2站轉乘T2服務台	40
圖105 10號線T2站轉乘T2航空站入口	40
圖106 上海南站透視圖	41
圖107 地上2層為鐵路出發層及候車大廳	41
圖108 地面層為鐵路月台(6月台13線)	42
圖109 地下1層為鐵路到達層、轉乘大廳及公路轉運中心	42
圖110 直徑200公尺圓頂鋼桁架結構	43
圖111 周長800公尺高架環形平台兼具候車區及檢票通道功能	43
圖112 地下1層到達層可換乘地鐵(1、3、15號線)及長途客運	43
圖113 九堡大橋橋頭設置管理中心	44
圖114 九堡大橋橋橋上拍攝橋梁全景	44
圖115 九堡大橋橋橋上拍攝橋梁構造細節(一)	45
圖116 九堡大橋橋橋上拍攝橋梁構造細節(二)	45
圖117 九堡大橋橋兩端引橋	45
圖118 橋梁西側連接寧波音樂文化廣場因而取名琴橋	46

圖119 橋梁欄杆以五線譜搭配音樂符號呼應琴橋之意象.....	46
圖120 琴橋橋址處奉化江兩岸河畔規劃完善休憩步道.....	46
圖121 於鐵路奉化江大橋橋址留影.....	47
圖122 大陸首次將提籃式鋼拱橋應用於高速鐵路橋梁.....	47
圖123 奉化江大橋施工期間需設便線維持鐵路北侖支線營運(摘至網路).....	48
圖124 奉化江大橋施工期間需維持奉化江航道船隻通行(摘至網路).....	48
圖125 奉化江大橋鋼拱肋及橫撐構件(摘至網路).....	48
圖126 澄浪橋橋造型新穎、線條流暢(摘至網路).....	49
圖127 遠觀橋梁構件輕巧體現橋梁簡潔、素雅之美(摘至網路).....	49
圖128 橋上視野開闊、神清氣爽.....	50
圖129 主拱於兩端分開為兩片拱肋，濱江步道行人可自由穿梭於拱間.....	50
圖130 拱肋佈置於人行道外側，人行道於拱肋端部可直接上下橋梁.....	50
圖131 本次參訪於長豐橋之橋址留影.....	51
圖132 橋上佈設雙向各3車道、1機慢車道及人行道.....	51
圖133 三根拱肋形成鳥翅狀，寓意寧波「三江併流」的城市意象.....	52
圖134 長豐橋倒三角式鋼拱肋兩側以鋼纜錨碇於懸伸橫梁.....	52
圖135 長豐橋之橋梁伸縮縫.....	52
圖136 杭州灣跨海大橋位置圖.....	54
圖137 杭州灣跨海大橋鳥瞰圖.....	54
圖138 北通航橋孔為主跨448m的雙塔雙索面鋼箱梁斜拉橋.....	54
圖139 南通航橋孔為主跨318m的單塔單索面鋼箱梁斜拉橋.....	54
圖140 杭州灣流向紊亂，潮流錯綜複雜，泥沙、海床運動多變，施工難度極高.....	55
圖141 跨度70m預力箱梁重2200噸，以2500噸小天鵝號海上運架船實施架設.....	55
圖142 跨海大橋中間約18公里處設置海中觀景平台.....	55
圖143 觀景平台及樁基礎構造細節(一).....	56
圖144 觀景平台及樁基礎構造細節(二).....	56
圖145 觀景平台和觀光塔構造細節(一).....	56
圖146 觀景平台和觀光塔構造細節(二).....	56
圖147 觀景平台和觀光塔構造細節(三).....	56
圖148 跨徑50、70m預力箱型梁採預鑄吊裝.....	56
圖149 北航道橋主跨448m採鋼床板箱型梁.....	56
圖150 北航道橋完工照片.....	56

壹、目的

杭州東站位於浙江省杭州市，因客流日益增加，設施不敷使用。於 2008 年封閉舊站進行施工，2013 年 7 月 1 日改建完成後正式營運，為當時世界最大樞紐車站，採進、出站分流設計，站內可直接轉乘高速鐵路、傳統鐵路、地鐵(捷運)、公車及計程車等，並預留銜接規劃中之滬杭磁浮列車機制，而站外碼頭更可搭乘水上巴士，透過運河抵達其他城市，為「長三角」水路交通樞紐中心，亦是亞洲最大鐵路樞紐車站之一。

鑑於國內鐵路立體化建設計畫之主要車站(如臺南、嘉義等)均為各都會區連結其他各運具之轉運中心，杭州東站成功的規劃、設計及改建施工經驗，深值參考借鏡，是本次考察之初始目的。為更進一步瞭解大陸軌道交通建設發展，本次考察行程一併參訪杭州市、寧波市及上海市其他軌道交通建設及橋梁工程，藉由實地參訪及主辦單位解說，瞭解大陸地區對於各類軌道交通設施，如何規劃場站配置、結構型式、施工構想、轉乘設施、人車動線、避難設施、旅運服務、周邊道路系統及站區商業開發等，期能汲取相關經驗，瞭解未來發展趨勢，作為國內推動軌道建設之借鏡。

貳、考察行程

本次考察行程自 105 年 10 月 24 日至 10 月 29 日止，共計 7 日。透過茅以升科技教育基金會聯繫，拜會單位包括浙江省軌道交通建設與管理協會、鐵路杭州站和杭州東站樞紐公司、寧波市軌道交通集團有限公司、上海隧道工程有限公司及上海浦東現代有軌交通有限公司等。主要參訪杭州、寧波、上海等城市之軌道交通建設，行程中另安排參觀興建中之地鐵工程及新近完成橋梁工程，考察行程如表 1 所示，考察行程區位示意圖，如圖 1 所示。

表 1 考察行程表

日 期	行程摘要
10 月 24 日(一)	桃園國際機場→杭州蕭山機場
10 月 25 日(二)	1.拜會浙江省軌道交通建設與管理協會及鐵路杭州站和杭州東站 樞紐公司 2.考察杭州東站、杭州地鐵、杭州九堡大橋
10 月 26 日(三)	1.拜會寧波市軌道交通集團有限公司 2.考察寧波南站、寧波地鐵 1 號線(營運)、3 號線(施工)
10 月 27 日(四)	1.考察寧波琴橋、甬台溫鐵路奉化江大橋、寧波澄浪橋、寧波長豐橋及杭州灣跨海大橋 2.拜會上海浦東現代有軌交通有限公司 3.考察張江有軌電車 1 路
10 月 28 日(五)	1.拜會上海申通地鐵集團 2.考察上海虹橋交通樞紐、上海南站
10 月 29 日(六)	1.考察上海地鐵 2.上海虹橋機場→臺北松山機場

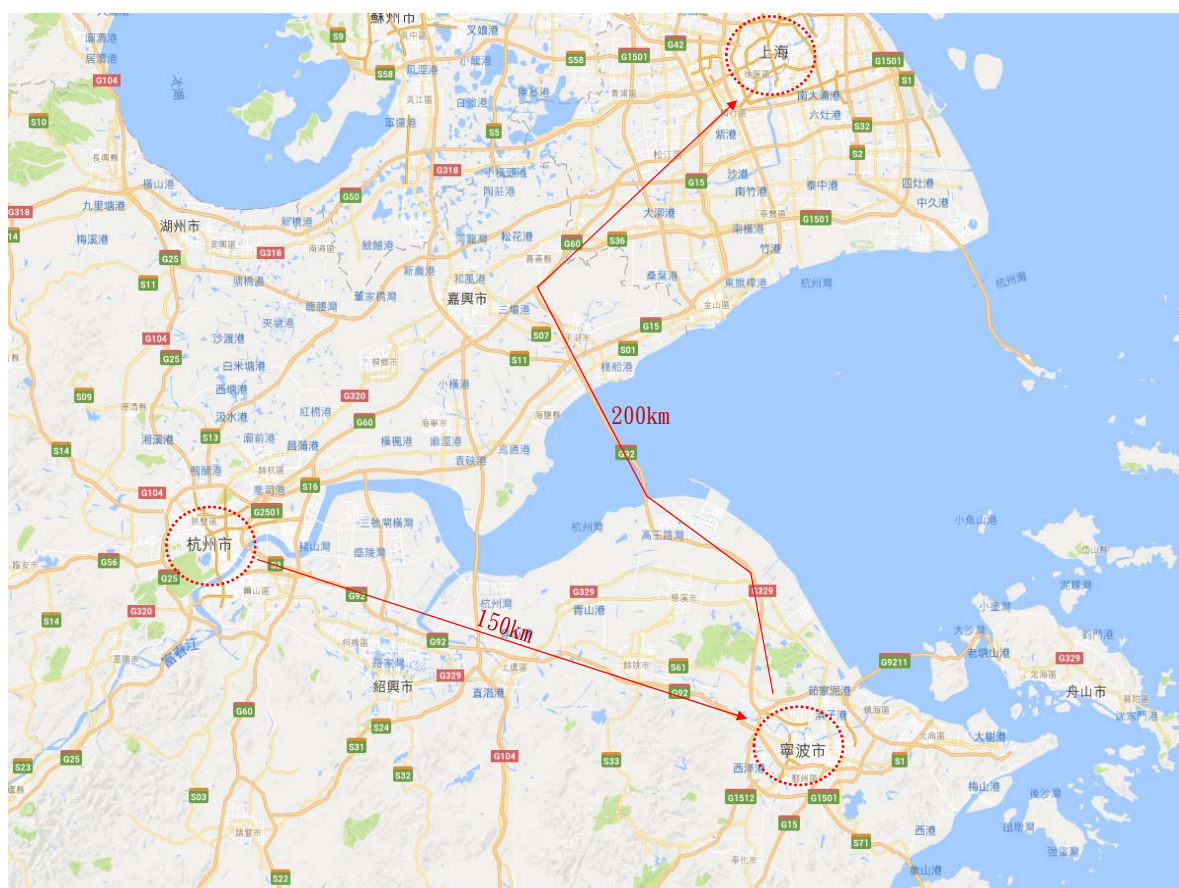


圖 1 考察行程區位示意圖

參、考察重點(軌道交通建設)

一、杭州東站

1. 2008 年開工，2013 年完工，為當時世界最大樞紐站，總投資 250 億人民幣。車站佔地 40 公頃，總建築面積 113 萬 m^2 。平日運量約 22 萬/日，春運及長假高峰達 40 萬/日。
2. 主站房為五層結構，地面以上為鋼結構，候車大廳長 400m，寬 60m，無立柱。
 - (1) 地上 2 層為鐵路出發層、候車大廳及購物商場
 - (2) 地面層為普鐵、高鐵、磁浮列車月台(15 月台 30 線)
 - (3) 地下 1 層為鐵路到達層、轉乘大廳及公路轉運中心
 - (4) 地下 2 層為地鐵轉乘大廳
 - (5) 地下 3 層為地鐵 1 號線與地鐵 4 號線月台層(如圖 2 所示)

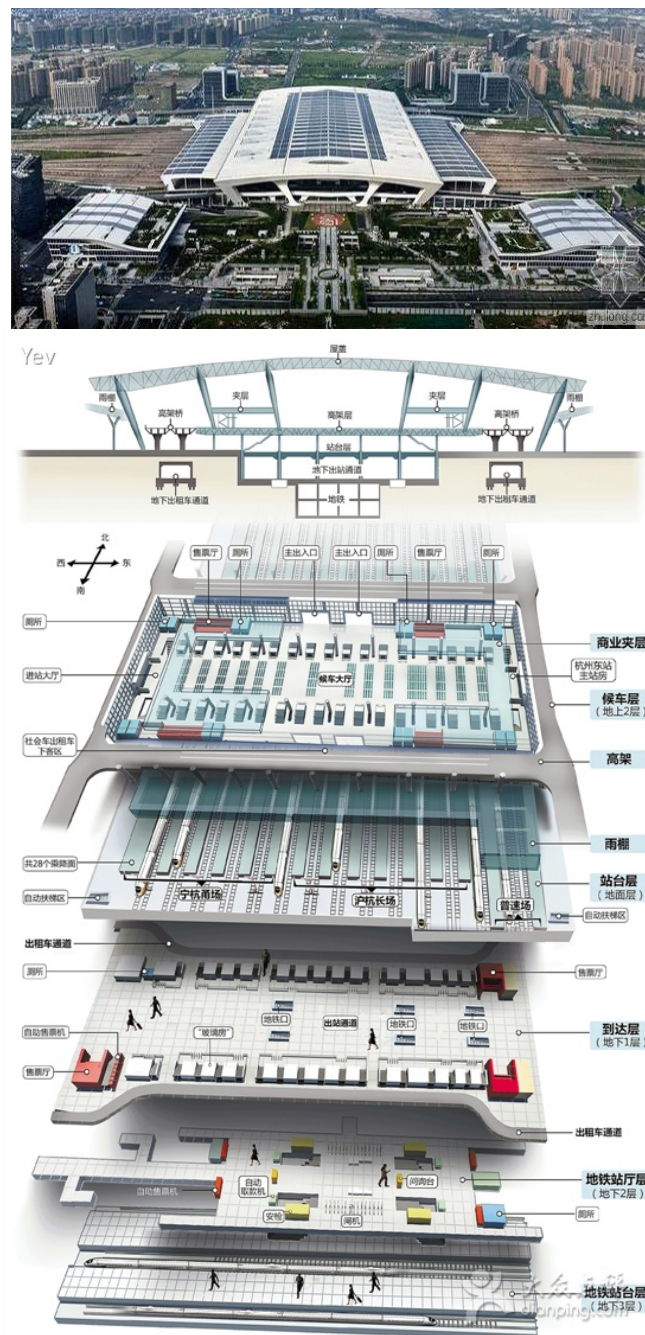


圖 2 杭州東站各樓層功能分區示意圖

3. 杭州東站的車站建築設計，以「錢塘潮」為建築意象，呈現杭州「精緻和諧、大氣開放」的城市形象，以及從「西湖時代」邁向「錢塘江時代」的時代變遷特徵，如圖 3 所示。



圖 3 杭州東站以「錢塘潮」為建築意象

4. 杭州東站屋頂層的太陽能發電系統和採光系統設置，落實環保理念，同時亦為大陸最大單體使用太陽能發電之建築，如圖 4 所示。太陽能板鋪設面積超過 11 個足球場面積，超過 80%屋頂被藍色光電板覆蓋，每年可發電近 1,000 萬度，與火力發電廠相比，相同發電量每年可節約用煤量約 2,769 噸，相應可減少燃煤所造成二氧化碳 7,108 噸、二氧化硫 55 噸、氮氧化物 24 噸、煙塵 443 噸。
5. 杭州東站平均每天的太陽能發電約 3.5 萬度，每天的發電量足夠供應整座車站每日的照明用電，使得杭州東站成為「零碳排放建築」，充分展現光電建築所帶來的經濟及環保效益。



圖 4 杭州東站為大陸最大單體使用太陽能發電之建築物

6. 杭州東站運用了大規模的斜柱，整個東站就是由這些大型斜柱支撐起來的。候車大廳裡共有 4 排支柱，每排 9 根，共 36 根；加上外面的斜柱，一共 96 根。每根斜柱都是由 4 至 6 厘米厚的鋼板捲製，每根鋼管約 98 噸重，東西出入口正對候車廣場的 4 根大柱更是每根超過百噸，整個杭州東站工程使用鋼料共 8 萬多噸，如圖 5~9 所示。



圖 5 杭州東站主體桁架構造完成情形



圖 6 杭州東站斜柱內部桁架構造及施工情形



圖 7 杭州東站斜柱桁架構造基座



圖 8 杭州東站屋頂桁架細部構造



圖 9 杭州東站屋頂裝修完成情形



圖 10 杭州東站完工啟用東側廣場外觀



圖 11 杭州東站完工啟用內部候車大廳

7. 杭州東站呈銀白色的外形，外觀呈現金屬質感，如圖 10 所示，車站在地面以上，可分為上下兩層，上層為候車大廳，長約 400m，寬約 170m，可同時容納 2 萬人候車，座位超過 5,000 個，如圖 11 所示。候車大廳的兩側共有 28 個驗票口，每處驗票口均有 4 座自動驗票閘門及一座人工驗票口，自動驗票閘門可刷二代證和中鐵銀通卡直接進站，如圖 12 所示。候車大廳的驗票口上方設置 4 座寬 25m，高 2.8m 的超大電子螢幕，顯示所有列車到站信息，也是目前中國大陸規模最大的電子螢幕，如圖 13 所示。通過驗票口往下進入車站的地面層，即月台和軌道層，如圖 14 所示，目前使用 14 座月台 28 線停靠面，對應 28 個驗票口，於東側另預留 6 條滬杭城軌道路線。月台設施、標誌系統及動線規劃簡潔清楚，如圖 15~18 所示。



圖 12 每處驗票口均有 4 座自動驗票閘門及一座人工驗票口



圖 13 驗票口上方設置超大電子螢幕顯示列車訊息



圖 14 通過驗票口往下進入車站的月台和軌道層



圖 15 由於入口閘門已明確驗票，月台層僅簡單標示列車資訊



圖 16 捨棄車序牌僅於地面標示，讓月台層感覺相當簡潔



圖 17 旅客出發/由地面 2 層往下進入月台層

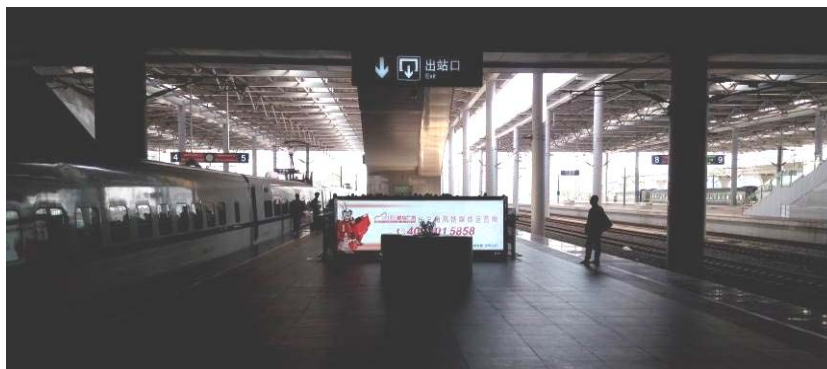


圖 18 旅客抵達/由月台層往下至地下 1 層出站

8.杭州東站採進、出站分流設計，站內轉乘動線及設施規劃完善，如圖 19~28。



圖 19 地上 2 層出發層進站口



圖 20 地上 2 層候車大廳可容納 2 萬旅客



圖 21 地面層高鐵月台層



圖 22 與杭州東站樞紐公司管理人員合影



圖 23 地下 1 層自動售票區



圖 24 地下 1 層人工售票區



圖 25 地下 1 層鐵路到達層、轉乘大廳



圖 26 地下 1 層轉乘地鐵入口



圖 27 地下 2 層緊急逃生口透空設計



圖 28 與軌道交通建設與管理協會人員合影

二、寧波南站

1. 寧波南站建規劃始於 2008 年，目前規模比原計畫擴大 10 倍，車站整合多項交通系統，可零距離換乘高鐵、地鐵、公路運輸、計程車和一般車輛。
2. 2009 年開工，2013 年完工，總投資額約 76 億人民幣。車站佔地 22 公頃，車站設計年發送旅客量為 2760 萬人次。
3. 主站房為五層結構，地面以上為鋼結構，各樓層功能分區示意圖，如圖 29 所示。
 - (1) 地上 2 層為鐵路出發層、候車大廳及購物商場
 - (2) 地面層為普鐵、高鐵月台(8 月台 16 線)
 - (3) 地下 1 層為鐵路到達層、轉乘大廳及公路轉運中心
 - (4) 地下 2 層為地鐵轉乘大廳
 - (5) 地下 3 層為地鐵 2 號線與 4 號線月台層(預留)各樓層旅運設施及旅客動線規劃，如圖 30~37 所示。
4. 寧波南站之建築設計概念為「天一生水，寧波甬浪」，站區規劃採「一心、兩軸、四區」布局，以主站房為核心，縱橫兩條軸線分別貫穿南北廣場和周邊設施，並將整個外圍空間劃分為 4 個部分，分別提供作為站區、交通、停車、綠化功能。

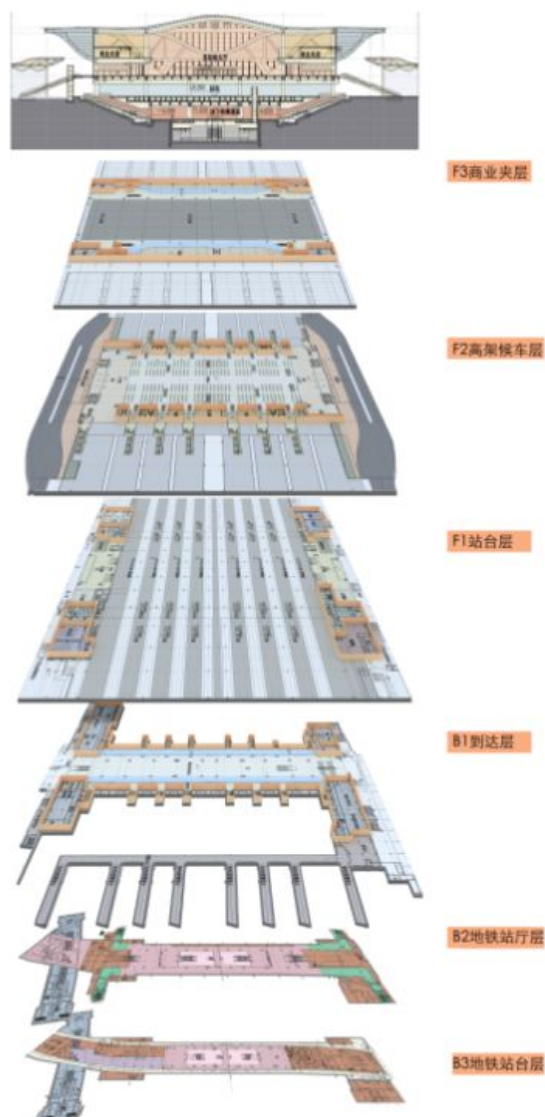


圖 29 寧波南站各樓層功能分區示意圖



圖 30 以高架橋銜接地上 2 層鐵路出發層

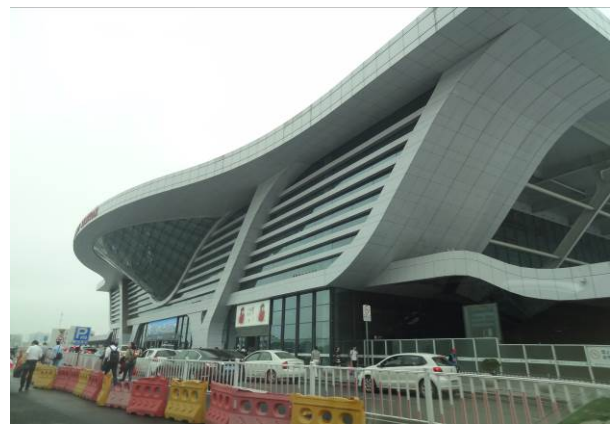


圖 31 地上 2 層鐵路出發層入口



圖 32 站車站地面層出入口



圖 33 車站地面層轉運站



圖 34 地下 1 層鐵路到達層、轉乘大廳



圖 35 旅客到達由地面月台層往下進入地下 1 層鐵路到達層

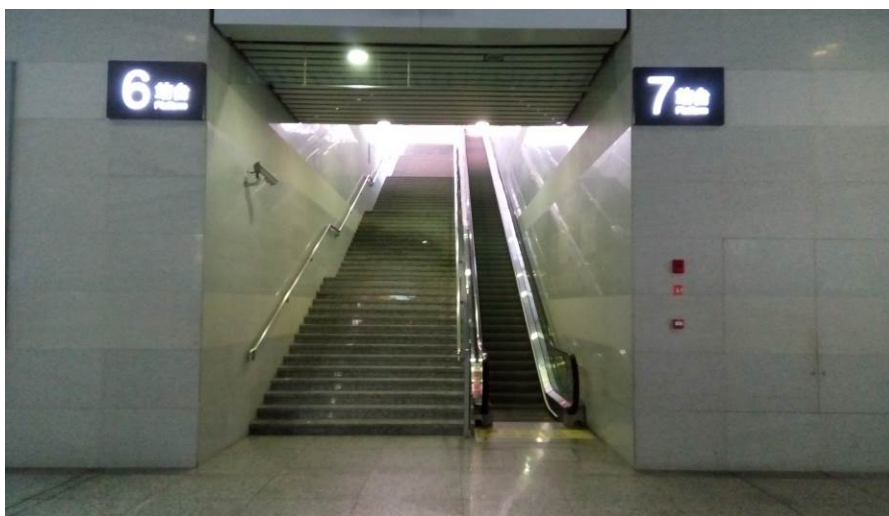


圖 36 地面月台層進入地下 1 層樓梯

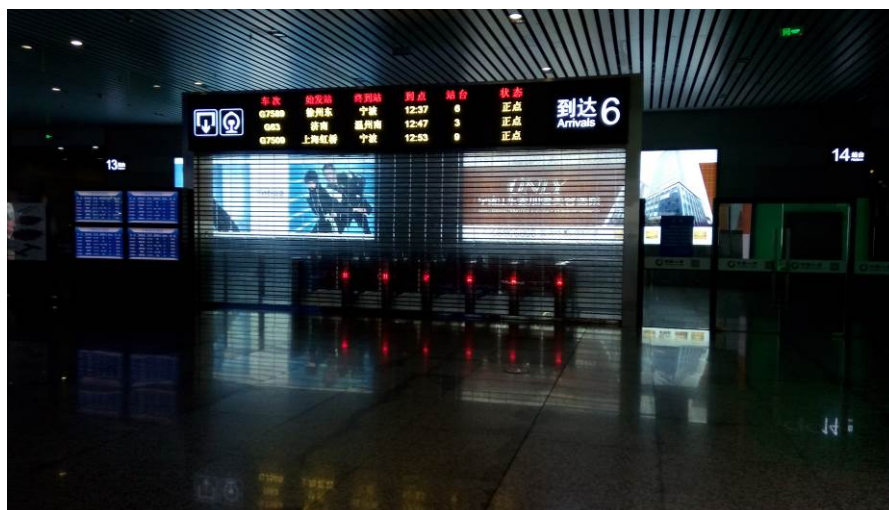


圖 37 地下 1 層鐵路到達層

(旅客抵達後由月台層往下至地下 1 層出站，閘門未開放狀態)

三、杭州地鐵 1 號線

1. 杭州地鐵 1 號線，標誌色為海棠紅，如圖 38 所示，為杭州市政府計劃興建八條地鐵中的第一條路線。2007 年開工，2012 年完工，全長 53.6 公里，全線共設置 31 個地下車站，3 個高架車站，另設有七堡車輛基地。
2. 杭州地鐵 1 號線由杭州杭港地鐵有限公司取得特許經營權，期限為開始試營運日起的 25 年。其旅運設施規劃因所在環境不同，部分旅運設施與國內鐵路及捷運不同，如圖 39~40 所示。
3. 武林廣場站為杭州地鐵 1 號線樞紐大站，並預留與地鐵 3 號線(預計 2017 年開工)的換乘空間，武林廣場站的結構分為地下三層，是上下重疊的島式月台結構，如圖 41 所示。杭州地鐵 1 號線一般車站的寬度約 20 公尺至 22 公尺，而武林廣場站的站廳寬度約 34 公尺，大廳高度也高達 4.7 公尺，車站空間配置及旅運設施，如圖 42~45 所示。



圖 38 杭州地鐵系統路網示意圖



圖 39 地鐵 1 號線鳳起路站採開放式入口



圖 40 為防範恐怖攻擊各地鐵站全面進行安檢

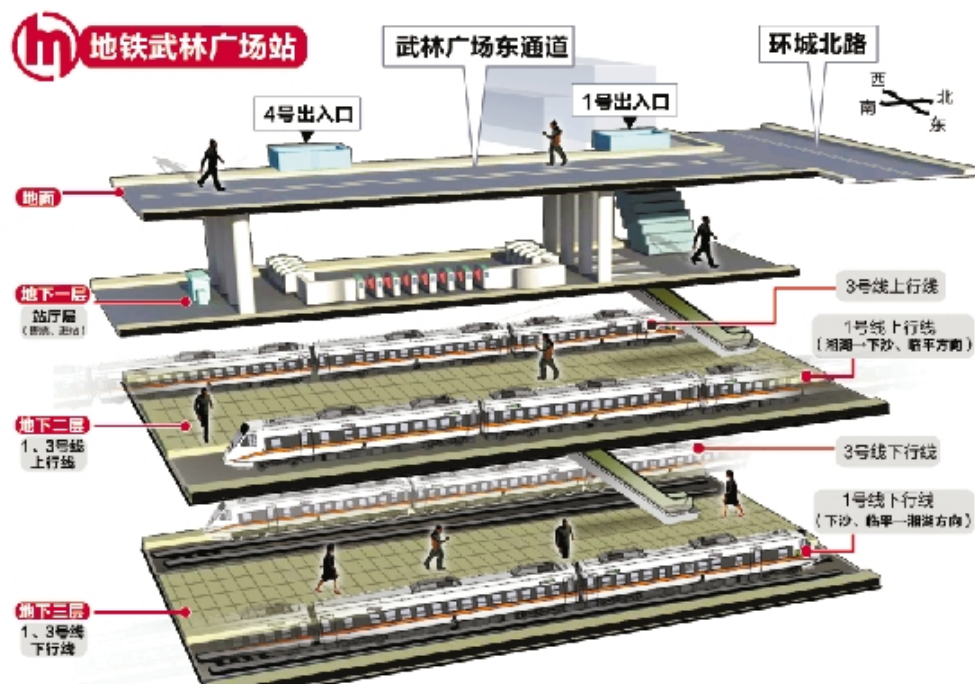


圖 41 武林廣場站結構為地下三層並預留與 3 號線換乘



圖 42 寬敞付費區大廳設置多處出入口閘門



圖 43 於進入月台層之樓梯側面標示乘車方向



圖 44 未設置電梯，於樓梯設置行動不便設施



圖 45 地鐵 1 號線與杭州東站轉乘區設置電動步道

四、寧波地鐵 1 號線

1. 寧波地鐵 1 號線是浙江省寧波市第一條地鐵路線，也是浙江省開通的第二條地鐵路線，標誌色為藍色，如圖 46 所示。2009 年開工，2016 年完工，全長 46 公里，高架 31 公里、地下 15 公里，車站 29 座，其中 6 座車站與其他 5 條軌道交通路線換乘，總投資 206 億人民幣。
2. 一期工程長 21 公里，從高橋西站至東環南路站，共設車站 20 座，於 2009 年 6 月開工，2014 年 5 月 30 日通車。
3. 二期工程長 25 公里，從東環南路站至霞浦站，共設車站 9 座，於 2012 年 12 月開工，2016 年 3 月 19 日通車。

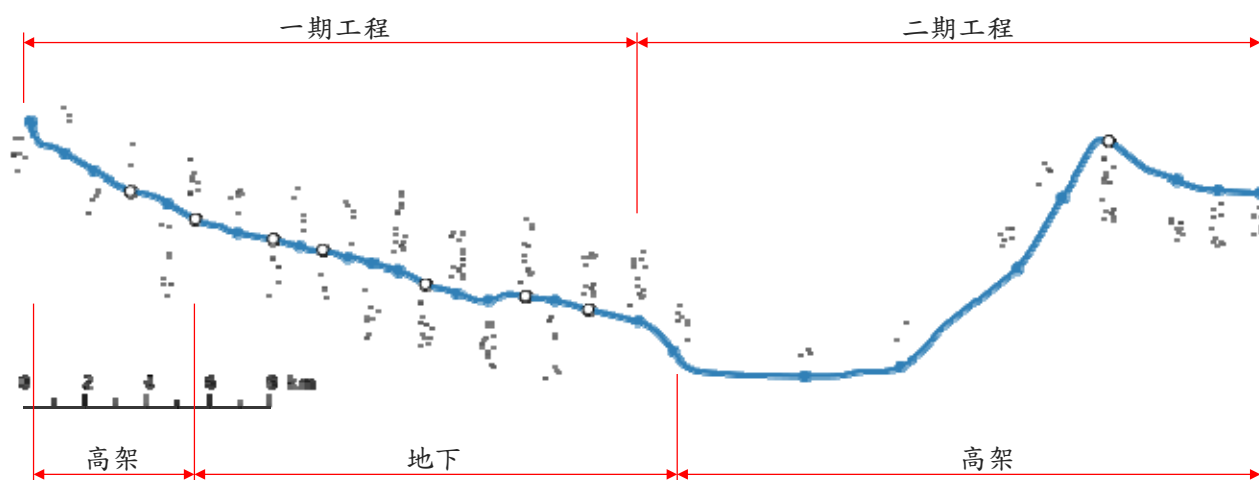


圖 46 寧波地鐵 1 號線平面圖

4. 寧波地鐵 1 號線車站的文化主題為「天一生水」，一期工程 15 座車站中，9 座為標準站，以望春橋站為樣板。6 座車站為文化站，結合寧波歷史文化設計，如圖 47 所示。6 座文化車站獲頒大陸城市雕塑建設「公共設施藝術化」範例獎。

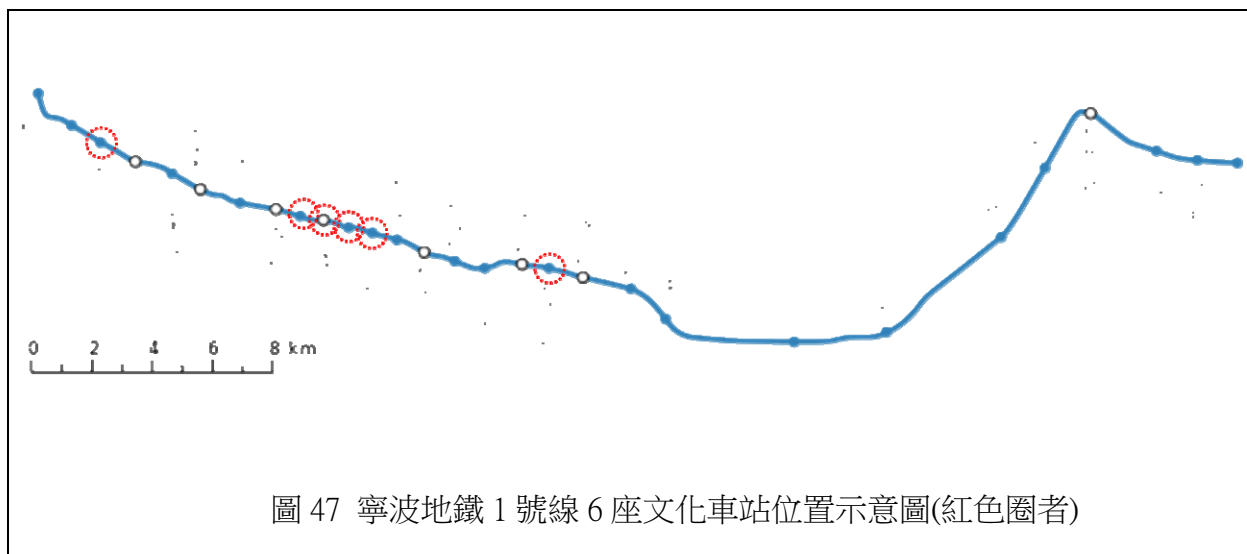


圖 47 寧波地鐵 1 號線 6 座文化車站位置示意圖(紅色圈者)

(1)梁祝站：主題為「風雅梁祝」，取材寧波發源的梁祝傳說及車站附近的梁山伯廟遺址及梁祝文化公園。車站外設有蝴蝶裝飾，為龍骨加上不銹鋼烤漆色塊組成。站內立柱以梁祝故事剪紙包裹柱面，剪紙工藝透過淺浮雕體現。



(2)西門口站：主題為「故城書韻」，取材於寧波老城望京門和附近的古代藏書樓天一閣。文化牆的背景為天一閣，裝飾由書卷和水鄉景致組成。明代藏書家，天一閣創始人范欽和清代浙東學派代表人物黃宗羲也在文化牆中。



(3)鼓樓站：為1號線及2號線共構站，1號線主題為「憑樓倚月」，取材於車站附近象徵寧波建城的寧波鼓樓及月湖景區。文化牆利用鏡面不銹鋼構成月湖的水面，同時反射出經過旅客的影像。周邊房屋浮雕則勾勒出月湖的外形，展現月湖人家的景致，同時與平滑的鏡面形成視覺衝擊。2號線主題「古城舊韻」，以月湖為底圖表現車站的地域特徵，同時借鑑寧波傳統的朱金木雕工藝，採用銅、金箔、朱漆等材料，塑造具有寧波風情、風俗的場景及人物。



(4)東門口站：主題為「江廈·天下」，取材於有「走遍天下，不如寧波江廈」之稱的江廈街和寧波商幫啟航的東渡門碼頭。藝術牆由多個大小一致的三角柱拼接而成，右側繪有寧波畫家金林觀繪製的古代東渡門和三江口商貿往來的繁華景象，左側則設有當代三江口的夜景照片。從不同角度觀看藝術牆，會呈現不同圖像，展現三江口的變遷。



(5)江廈橋東站：主題為「東城脈動」，取材於車站附近的慶安會館、浙常關、和豐紗廠等代表寧波的近代工業企業。車站藝術牆的底圖為缸鴨狗、樓茂記等寧波老字號組成的舊江廈商圈，代表寧波舊時的商貿繁榮，圖中形成三江形狀的為現代寧波知名企業的商標，展現現代寧波商人的風貌。



(6)福慶北路站：主題為「璀璨新城」，取材於車站所在的寧波東部新城，體現新城的發展速度。車站藝術牆利用小塊陶瓷拼成城市建築的剪影，並穿插曲線，表現城市的輪廓和風貌。



5. 寧波地鐵 1 號線二期工程，西起邱隘鎮，東至北侖區霞浦街道，全長約 25 公里，主要為高架路段，如圖 48 所示，於 2012 年 12 月開工，2016 年 3 月 19 日通車，工期約 3 年，總投資 71 億人民幣，平均每公里造價約 13.6 億新台幣。



圖 48 寧波地鐵 1 號線二期工程平面圖

6. 寧波地鐵 1 號線二期工程，共設 9 座高架車站，以下就其中寶幢車站、鄒隘車站、大磧車站及松花江路車站等 4 個高架車站之車站配置及外觀造型設計，說明如下。

寶幢高架車站：位於鄞州區五鄉鎮寶幢村。車站長 118 公尺，寬 30.3 公尺。距五鄉站 3.0 公里，距鄒隘站 6.7 公里，配置島式月台。車站外觀融合車站所在地的水鄉特色，造形結合江南民居材質和花格窗設計。車站東側設八字道岔，在 1 號線二期開通運營前作為臨時終點站使用。



車站外觀融合車站所在地的水鄉特色



造形結合江南民居材質和花格窗設計

鄞隘高架車站：位於北侖區大碶街道，南側為北侖支線寧波鐵路貨櫃中心站。車站長 118 公尺，寬 17.3 公尺，設置岸壁式月台。距離寶幢站 6.7 公里，距離大碶站 2.6 公里。車站外觀融合車站所在地現代化和田園氣息兼具的特點，車站外型結合「烏篷船」的造型特色。



車站外觀融合現代化和田園氣息兼具的特點



人行樓梯採與車站一致的造型元素

大碶高架車站：位於北侖區大碶街道錢塘江路上。車站長 118 公尺，寬 17.3 公尺，為岸壁式車站。距離鄞隘站 2.6 公里，距離松花江路站 2.3 公里。車站外形融合車站所在地現代化和田園氣息兼具的特點，外形結合「烏篷船」的造型特點。



車站外觀融合現代化和田園氣息兼具的特點

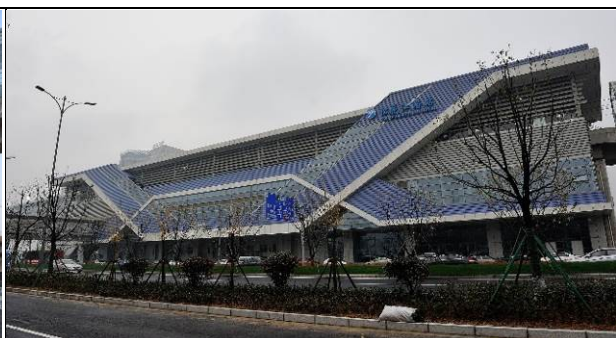


高架橋延續車站一致的造型元素

松花江路高架車站：位於北侖區新碶街道泰山路、鳳洋路路口。車站長 118 米，寬 17.3 米，距離大碶站 2.27 公里，距離中河路站 2.37 公里，為島式車站。車站外觀融合北侖區濱海城市的特色設計，外形為「海鷗飛翔」，外部鋁鎂錳合金板主色調為淡藍色。



車站外觀融合濱海城市的特色設計



車站造形意象為「海鷗飛翔」

五、寧波地鐵 3 號線

1. 寧波地鐵 3 號線一期工程採用世界最大類矩形潛盾機，構築隧道長約 390m。
2. 工程特點：
 - 類矩形潛盾機可穿越軟弱地層(淤泥質粘土)。
 - 淺覆土河床(約 2.5m)、淺基礎民房。
 - 最大坡度 35‰、最小半徑 400m。
 - 工進 6m/天，費用人民幣 16 萬元/m。
3. 開發類矩形潛盾機(陽明號)優點：
 - 類矩形潛盾機可避免雙圓潛盾機頂部中間背土困擾。
 - 雙線一次完成，減少用地及拆遷，擲節費用達 6 億人民幣。



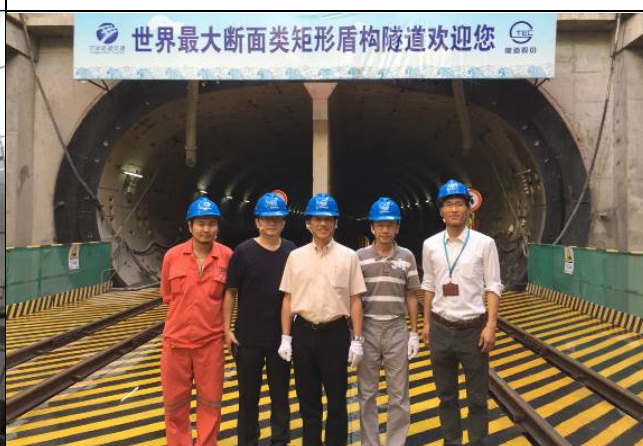
3 號線採全球首例類矩形潛盾機斷面



接待單位解說類矩形潛盾機運作原理



類矩形潛盾工法完成後隧道內部情形



參觀類矩形潛盾工地與接待單位合影



簡報與討論類矩形潛盾工法細節



研討會後與林平副總及 3 位博士合影

4. 日本類矩形潛盾機具演進(如圖 49 所示)：

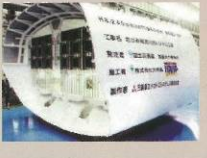
 1994年 工程：密志野市菊田川 2 号幹線管渠建 厂家：石川島播磨 类型：泥土加壓式 尺寸 /m: 3.98×4.38	 2000年 工程：宮城县盐灶市雨水干綫 厂家：植村技研工 类型：新開口盾构 尺寸 /m: 3.40×1.70
 1997年 工程：光輝大街地下通道建设工程 厂家：小松 类型：泥土加壓式 尺寸 /m: 7.81×4.98	 2001年 工程：京都市今出川分水管道路改建 厂家：小松 类型：泥土加壓式 尺寸 /m: 4.30×4.90
 1998年 工程：鹿儿島市草牟田排水管道改 厂家：石川島播磨 尺寸 /m: 2.35	 2002年 工程：京都市地下鉄東西線六地藏 厂家：小松 类型：泥土加壓式 尺寸 /m: 6.87×10.24
 1999年 工程：大堀川右岸第 8 号雨水干綫 类型：泥水式 尺寸 /m: 4.52×3.92	 2003年 工程：断石田地下人行通道建设 厂家：日立造船 类型：泥土加壓式 尺寸 /m: 3.83×4.28
 2005年 工程：试验机 厂家：日立造船 类型：泥土加壓式 尺寸 /m: 4.8×2.15	 2010年 工程：东急东横綫涩谷一代官山延長綫工 厂家：川崎重工 类型：泥土加壓式 尺寸 /m: 10.64×7.44
 2007年 工程：神奈川 6 号川崎綫 厂家：三菱重工 类型：泥土加壓式 尺寸 /m: 3.9×8.8	 2011年 工程：东京相模綫貫川尻隧道工程 厂家：三菱重工 类型：敞開式 尺寸 /m: 8.24×11.96
 2008年 工程：国道 20 号新宿地下步行道工 厂家：日立造船 类型：敞開式盾构 尺寸 /m: 7.82×4.72	 2012年 工程：小竹向原车站~千川车站間 厂家：日立造船 尺寸 /m: 6.8×5.7
 2008年 工程：东京副都心綫神宮前至涩谷 厂家：石川島播磨 类型：泥土加壓式 尺寸 /m: 9.7×8.4	 2013年 工程：合同長生送水管工事 厂家：清水建设、东 类型：滾筒式 尺寸 /m: 2.1×2.1

圖 49 日本類矩形潛盾機具演進

5. 大陸類矩形潛盾機具演進(如圖 50 所示)與隧道斷面綜合分析比較(如圖 51 所示)：



圖 50 大陸類矩形潛盾機具演進

类型	尺寸 (m)	示意图	断面 (m ²)	占用 空间范围	埋深	沉降
双线单圆 小直径隧道	6.2		60.35	大	正常	可控
双圆隧道	10.9×6.3		57.4	小	正常	难控
类矩形隧道	11.5× 6.937		66.8	小	正常	可控

圖 51 隧道斷面綜合分析比較表

六、上海張江有軌電車 1 路

(一)有軌電車的發展：

1. 有軌電車(或路面電車)泛指與路面交通混行的軌道系統列車。在城市交通系統中，因其與輕軌列車在技術上完全不同，故不屬於輕軌系統。一般輕軌系統多指軌距 1435mm 標準軌列車，列車利用自動化信號系統運作。
2. 路面電車在 1900 年代初期歐洲、美洲、大洋洲和亞洲的一些城市，曾風行一時。隨著汽車產業在 1950 年代起普及，路面電車陸續拆卸，在北美、法國、英國、西班牙等地幾乎完全消失。但在瑞士、德國、波蘭、奧地利、意大利、比利時、荷蘭、日本及東歐等國，路面電車路網依然保持完好。
3. 1970 年代以來，由於能源危機、環境污染、土地緊缺、交通擁堵等問題日益嚴重，迫使歐洲國家重新發展大容量的地鐵交通系統。而對於中小型城市無法負擔地鐵交通系統的巨額投資。有軌電車系統在歐洲中小型城市應運而生。1980 年代迄今，有軌電車系統在歐洲數十座城市蓬勃發展，有相當良好的成效。
4. 有軌電車系統具有可靠、舒適、節能、環保等特點，且相關技術已甚為成熟，現今多個國家也在各城市改建或新建有軌電車系統，如法國斯特拉斯堡、瑞士日內瓦、西班牙巴塞羅那，以及中國大陸的大連、天津、上海等城市。
5. 中國大陸預計 2012 年至 2020 年，將建設有軌電車超過 2500 公里，總投資金額將超過人民幣 3,000 億元。

(二)有軌電車的優缺點：

<優點>

1. 對於中小型城市，有軌電車是實用且廉宜的選擇。1 公里有軌電車所需的投資僅是 1 公里地鐵的 1/3 至 1/20。以中國大陸長春為例，每公里造價約人民幣 2,000 萬元(包含車輛採購、軌道鋪設、線網架設、整流站建設等全部費用)，堪稱快、好、省的有軌電車建設典範。
2. 相較其他路面交通工具，有軌電車更有效減少交通意外的比率。
3. 有軌電車以電力推動，車輛不會排放廢氣，是無污染的環保交通。

<缺點>

1. 運輸效率比地鐵低：因有軌電車的速度較地鐵慢，除非有軌電車行駛專用路權。有軌電車每小時可載客約 7,000 人，地鐵每小時載客可達 12,000 人。
2. 有軌電車佔用車道，道路交通要為有軌電車改道，並讓出行車道。
3. 需要設置架空電纜。超級電容供電和地下軌供電還處於試驗階段。

(三)上海市首條現代化有軌電車路線—張江有軌電車

1. 張江有軌電車為紓解科技園區交通壅塞問題興建，於 2007 年 12 月 23 日開工，2009 年 12 月 31 日通車。第一期工程線路全長約 10 公里，總投資 6 億人民幣。

2. 起點與地鐵 2 號線張江高科站“零轉乘”，線路位於張江功能區的核心區域—高科技園區範圍內，沿線涵蓋張江工業園區內主要產業基地、科研院所、醫院和生活區域。
3. 線路初期配有 9 輛車，全線共設 15 個站點，平均站距 600m。

(四)張江有軌電車系統概要

1. 張江有軌電車之車輛採法國膠輪導軌電車系統(低噪音、剎車靈敏、爬坡能力佳)，全長 9.8 公里，設置 15 站。
2. 採 3 節車廂，每節長 25m，750V DC 架空電車線系統供電。
3. 最大縱坡 13%，最小曲線半徑 10.5m。
4. 最高時速 70km/hr，運量 5500 人/日，最高可達 20000 人/日，尖峰班距 12 分鐘。
5. 與車輛共用道路系統，行車安全考量，目前無號誌優先。設有安全駕駛系統要求駕駛於 3 秒內觸控按鈕一次，否則即刻停車。
6. 有軌電車路線大部分設置在道路中央，車站以雙向島式站台配置較佳，僅少數路口於路線兩側設置側式站台。(如圖 52~58 所示)
7. 車門採「需要再開啟」模式，由前後車門上車，中央車門下車，內部乘坐空間設計相當舒適。(如圖 59~60 所示)
8. 大陸自行研發車輛導輪及軌道伸縮接頭，大幅降低維修成本。(如圖 61~62 所示)
9. 張江有軌電車系統之維修機廠及車輛基地相關設施，如圖 63~70 所示。



圖 52 採雙向島式站台配置較佳



圖 53 少數路口於路線兩側設置側式站台

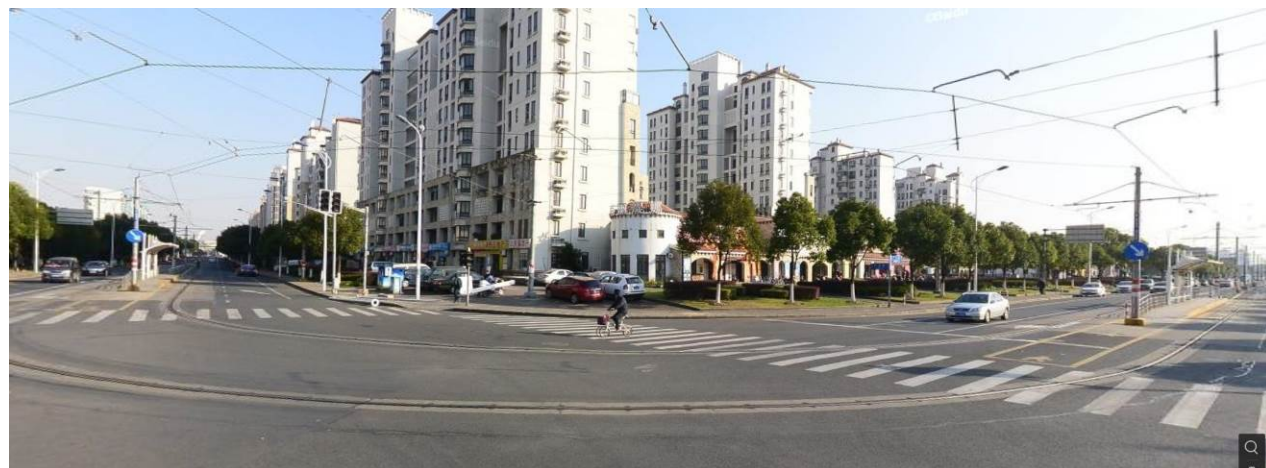


圖 54 路線轉彎處電車線、軌道佈設情形



圖 55 跨越橋梁路段電車線、軌道佈設情形



圖 56 路口處電車線、軌道、標誌佈設情形



圖 57 路線終點設置軌道橫渡線



圖 58 路線終點設置電力終點錨及終端電力桿



圖 59 車輛到站乘客上下車情形



圖 60 車輛內部周詳考量乘客舒適性



圖 61 維修車庫及維修坑道(大陸改良)



圖 63 道岔及號誌



圖 62 維修車庫更換導輪處鋼軌缺口



圖 64 注意軌道排水系統設計，降低感電風險



圖 65 原廠更換導輪之維修頂升設備

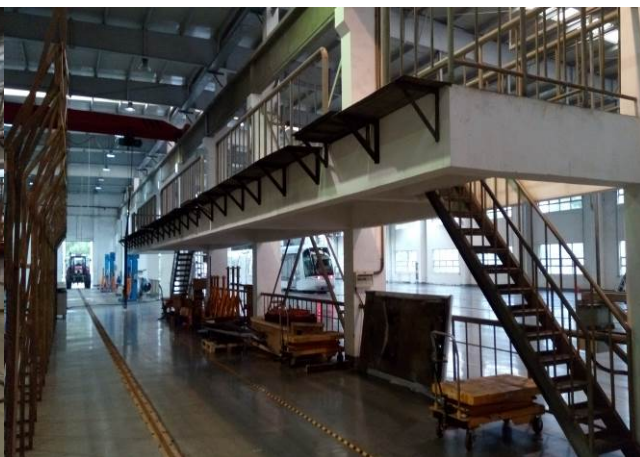


圖 66 車輛設備維修區



圖 67 車輛基地內部



圖 68 車輛基地外觀



圖 69 車輛故障牽引機



圖 70 於車輛維修機場合影

七、上海地鐵系統

(一)上海地鐵系統的發展：

1. 上海地鐵目前營運規模 14 線/588 公里/365 站，如圖 71 所示。
2. 上海地鐵系統之建設及營運，均由上海申通地鐵集團統籌辦理，該集團組織規模龐大。計畫於 2025 年達 800 公里/500 站，2040 年達 1000 公里。(如圖 72~73 所示)
3. 本次參訪地鐵 10 號線相關路線配置、設施規劃及轉乘動線，如圖 74~79 所示。
4. 人民廣場為最大轉乘站，有 3 線(1 號、2 號、8 號)在此轉乘，申通地鐵集團建議轉乘站以 2 線轉乘為限，避免交通尖峰期間人潮過度集中，疏散不易。(如圖 80~87 所示)
5. 虹橋樞紐為上海最大樞紐站，包含地鐵 2 號、10 號可在此線銜接轉乘，國內外航站樓及各級鐵路列車。虹橋樞紐站總長約 1.6 公里，平日旅次約 20 萬，春運或長假高峰達 35 萬。(如圖 88~105 所示)

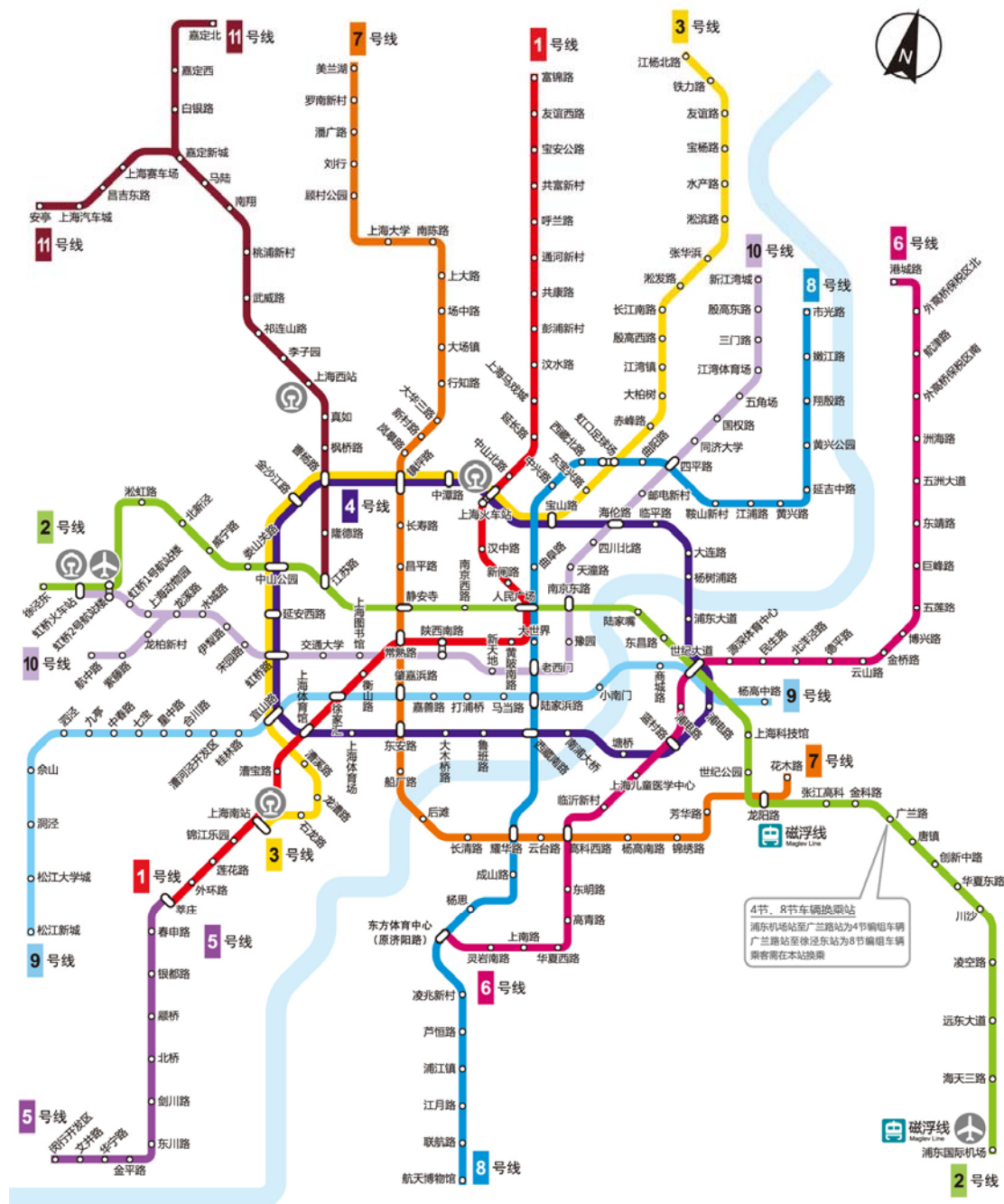


圖 71 上海地鐵系統路網示意圖



圖 72 介紹上海地鐵營運現況及未來發展

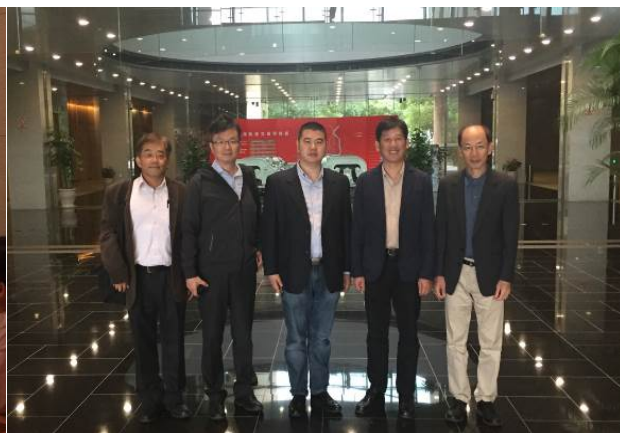


圖 73 與上海申通地鐵集團人員合影

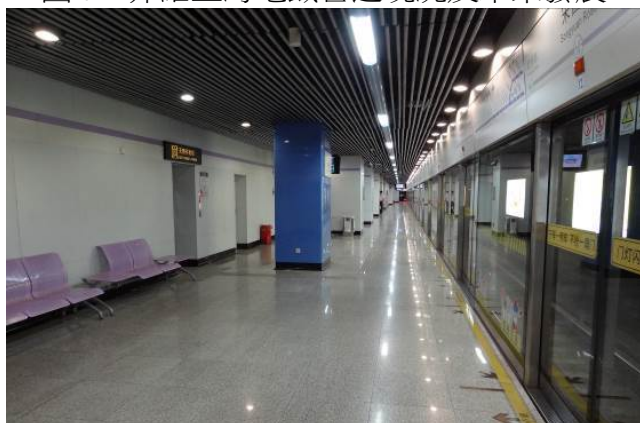


圖 74 地鐵 10 號線宋國路站(配合島式月台設停留股回送虹橋樞紐站增加運量)



圖 75 地鐵 10 號線虹橋 T1 航站(建議號誌機房與服務中心結合節省營運成本)



圖 76 地鐵 10 號線虹橋路站月台(轉乘 3 號)



圖 77 地鐵 10 號線虹橋 T2 航站月台



圖 78 地鐵 10 號線轉虹橋路站乘 3 號線



圖 79 地鐵 3 號線上海南站

(二)上海地鐵人民廣場站 (參訪內容概要，如圖 80~87 所示)：



圖 80 人民廣場站各層配置圖



圖 81 人民廣場站進站長廊



圖 82 1 號線與 8 號線至 B1 轉乘



圖 83 人民廣場站付費區大型疏散閘門



圖 84 地鐵轉乘旅客遠多於進出站旅客



圖 85 人民廣場站站內地下一層商場規劃



圖 86 人民廣場站主要入口地面指標清楚



圖 87 人民廣場站主要動線簡潔的指標系統

八、上海虹橋交通樞紐

1. 上海虹橋交通樞紐 2008 年開工，2010 年完工，為世界最複雜的綜合交通樞紐，總投資 474 億人民幣。整合高速鐵路、磁懸浮、城際鐵路、高速公路客運、城市軌道交通、公共交通、民用航空等運輸系統轉乘功能，集散客流量 48 萬人次/日，如圖 88 及 89。
2. 鐵路：整合京滬、滬杭甬高鐵，京滬、滬寧、滬昆、滬杭鐵路，站場規模 16 月台 30 股道，其中高鐵運量 6000 萬人次/年(16 萬人次/日)，總佔地 90 公頃，如圖 90 及 91。
3. 長途巴士：發車能量 800 班次/日，旅客量 500 萬人次/年(2.5 萬人次/日)，高峰運量達 3.6 萬人次/日，佔地 9 公頃，如圖 92 及 93。
4. 地鐵：整合軌道運輸系統包括：地鐵(2 號線、5 號線、10 號線、13 號線)、低速磁浮線和機場快速線，形成“4+2”的六線彙聚佈局。另規劃周邊停車場用地約 60 公頃。
5. 磁懸浮列車：規劃預留 10 線 8 月台，月台長度 280m，如圖 94 及 97。
6. 機場：總投資 153 億人民幣，規劃旅客量 3000 萬人次/年（8 萬人次/日）。2020 年旅客量 4000 萬人次/年（12 萬人次/日），如圖 98 及 105。



圖 88 上海虹橋交通樞紐透視圖

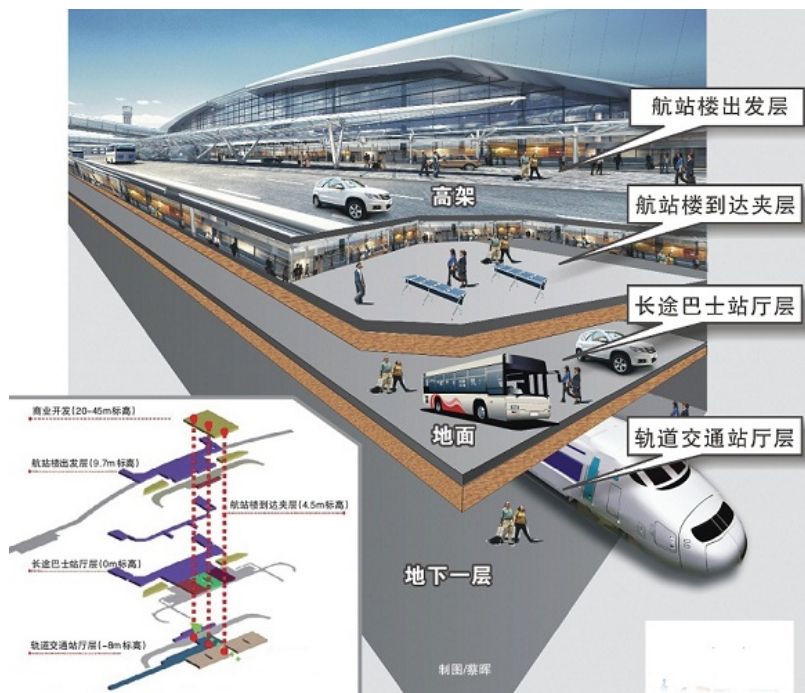


圖 89 上海虹橋交通樞紐各樓層使用功能分區示意圖



圖 90 虹橋樞紐轉乘高鐵系統長廊



圖 91 虹橋樞紐地下 1 層高鐵到達層



圖 92 虹橋樞紐轉乘公路運輸系統



圖 93 虹橋樞紐轉乘公路運輸售票處



圖 94 虹橋樞紐轉乘地鐵 2 號線及 10 號線



圖 95 虹橋樞紐轉乘鐵路系統



圖 96 地鐵 10 號線虹橋樞紐站



圖 97 地鐵 2 號線虹橋樞紐站



圖 98 虹橋樞紐轉乘 T2 航空站



圖 99 於 T2 航站與虹橋樞紐營運單位合影

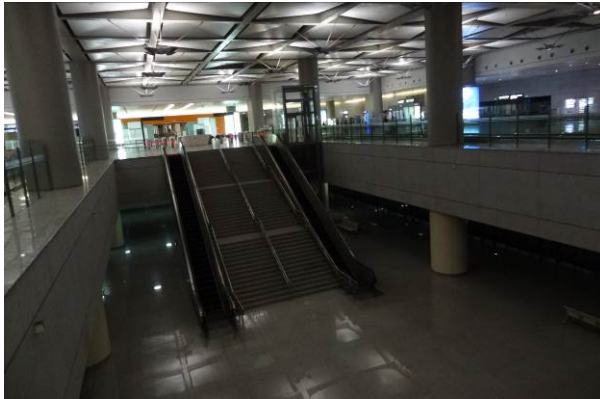


圖 100 10 號線 T2 站月台(列車採雙開門)



圖 101 地鐵 10 號線 T2 站轉乘 T2 航空站



圖 102 10 號線 T2 站轉乘 T2 航空站入口



圖 103 10 號線 T2 站轉乘 T2 航空站入口

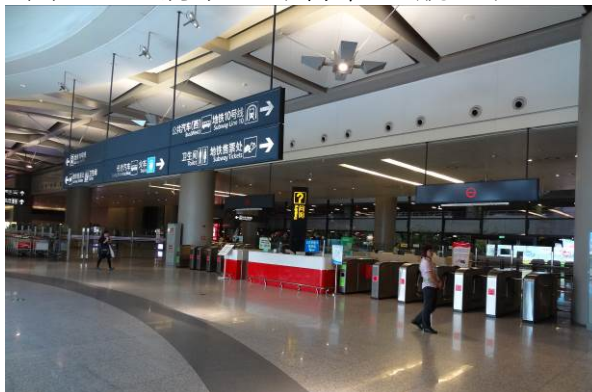


圖 104 10 號線 T2 站轉乘 T2 服務台



圖 105 10 號線 T2 站轉乘 T2 航空站入口

九、上海南站

1. 上海南站 2002 年開工，2006 年完工，總投資 34 億人民幣。主站房設計為巨大圓形鋼結構，高 47 公尺，圓頂直徑 220 公尺，總面積 5 萬多平方公尺，是目前世界上最大的圓頂結構火車站。建築意念取自中國傳統的亭子，主體結構為鋼結構。南來北往的火車可從主體建築的架空部分穿行而過，意寓「車輪滾滾，與時俱進」，如圖 106 所示。
2. 主站房為三層：地面層為月台層，設有 13 條鐵軌和 6 個月台，年發送旅客 1500 萬人次，候車室最多可容納 6000 人。另有通道與南北廣場相連。地上 2 層為出發層，設有周長 800 公尺的高架環形出發平台，可同時容納一萬餘人候車的候車區及檢票通道等。地下 1 層為到達層，設有旅客出站地道、南北地下換乘大廳、地鐵(1 號線、3 號線、15 號線)、長途客運和旅遊專線等，實現站內零距離換乘。(如圖 107~112 所示)
3. 上海南站的南北廣場平面設計為園林綠地和旅遊集散地，占地 60 公頃，南北廣場地下設計二層商鋪、道路和停車場，總建築面積為 12 萬平方公尺。



圖 106 上海南站透視圖

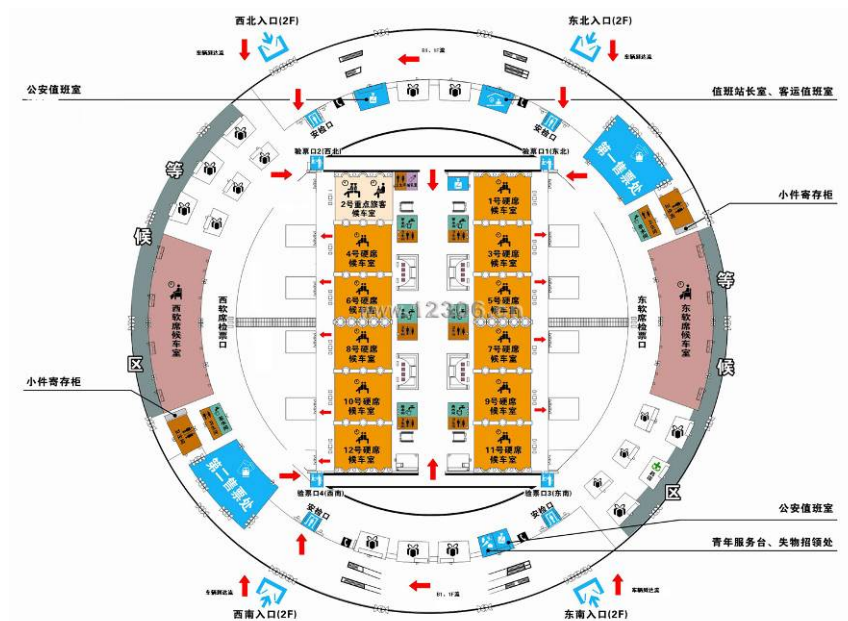


圖 107 地上 2 層為鐵路出發層及候車大廳

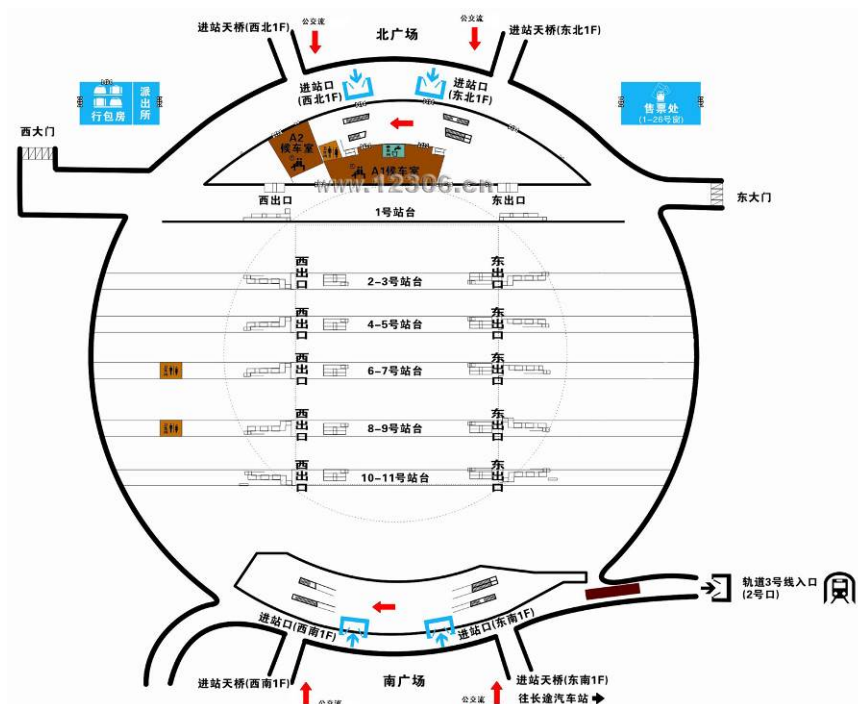


圖 108 地面層為鐵路月台(6 月台 13 線)

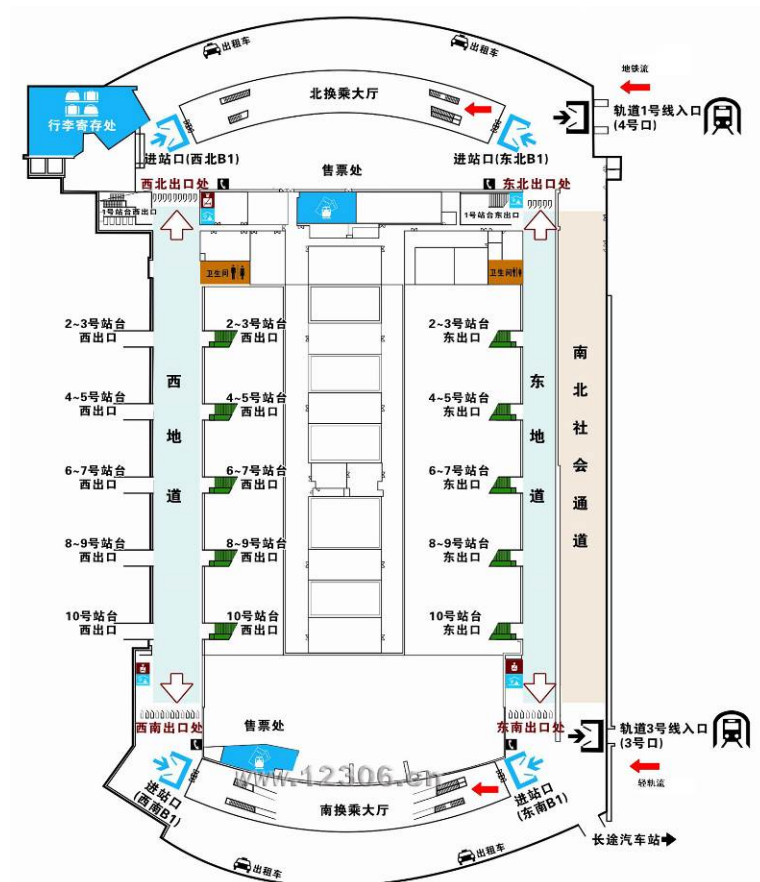


圖 109 地下 1 層為鐵路到達層、轉乘大廳及公路轉運中心



圖 110 直徑 200 公尺圓頂鋼桁架結構



圖 111 周長 800 公尺高架環形平台兼具候車區及檢票通道功能

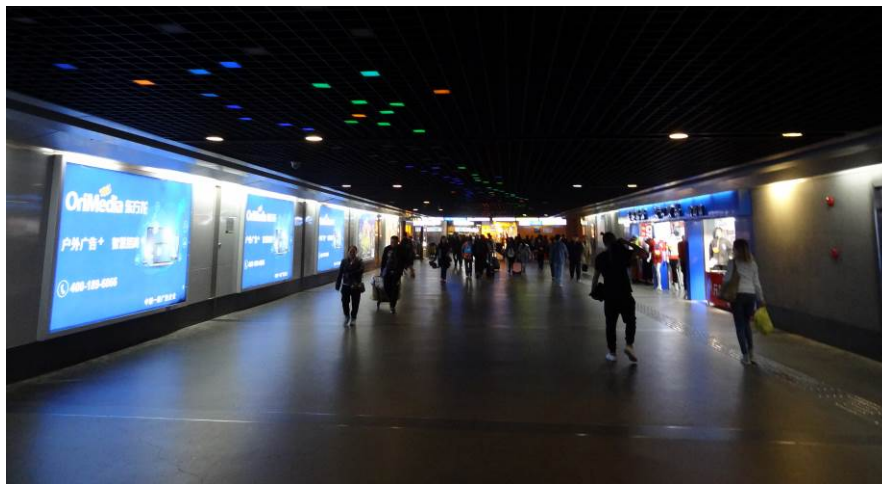


圖 112 地下 1 層到達層可換乘地鐵(1、3、15 號線)及長途客運

肆、考察重點(橋梁工程建設)

一、杭州九堡大橋

- 1.九堡大橋全長 1855 米，雙向六車道快速路標準，設計時速 80 公里。於 2008 年 12 月 18 日開工，2012 年 7 月 6 日通車。
- 2.九堡大橋主橋採用新型組合結構橋梁型式，採用創新頂推工法施工，體現橋梁全生命週期經濟性理念，為中國大陸第一座全橋採用組合結構的越江橋梁，旨在通過建設理念與技術創新，推動中國大陸組合結構橋梁的發展，如圖 113~117 所示。
- 3.九堡大橋南接線，北起濱江一路和九堡大橋相接處，南至機場高速公路互通，與規劃中的通城快速路相連，全長 6.81 公里，總投資約 36.7 億人民幣。
- 4.九堡大橋將杭州主城區與三個快速發展的副城—臨平、下沙和蕭山連接。大橋還與海寧東西大道、杭浦高速公路、杭甬高速公路相連。大幅地擴展杭州向錢塘江以東的空間。



圖 113 九堡大橋橋頭設置管理中心



圖 114 九堡大橋橋橋上拍攝橋梁全景



圖 115 九堡大橋橋橋上拍攝橋梁構造細節(一)



圖 116 九堡大橋橋橋上拍攝橋梁構造細節(二)



圖 117 九堡大橋橋兩端引橋

二、寧波琴橋

1. 琴橋位於浙江省寧波市跨奉化江，是一座公路橋，連接海曙區大沙泥街和鄞州區西河路，琴橋原名大沙泥橋，由於橋梁形似豎琴，且橋梁西側連接寧波音樂文化廣場，因而取名琴橋，如圖 118~120 所示。
2. 橋梁全長 293m，主橋採下承式單拱肋鋼拱橋，跨徑 123.6m，橋寬 33m，拱高 25m，規模為大陸同類橋型之最。
3. 1997 年 12 月 26 日開工，1999 年 9 月 2 日完工。



圖 118 橋梁西側連接寧波音樂文化廣場因而取名琴橋



圖 119 橋梁欄杆以五線譜搭配音樂符號呼應琴橋之意象



圖 120 琴橋橋址處奉化江兩岸河畔規劃完善休憩步道

三、甬台溫鐵路奉化江大橋

- 1.甬台溫鐵路奉化江大橋位於浙江省寧波市，是一座鐵路橋，跨奉化江，甬台溫鐵路和北侖支線從橋上通過。
- 2.橋梁全長 270.8m，主橋跨徑 128m，採用尼爾森橋型的提籃式鋼管系拱橋，是中國大陸鐵路跨度最大的提籃式拱橋，也是中國大陸同型橋梁第一次應用於高速鐵路橋梁工程。
- 3.2006 年 1 月 19 日開工，2009 年 6 月 10 日完工通車。(如圖 121~122 所示)
- 4.甬台溫鐵路北起寧波，通過蕭甬複線連接杭州樞紐，連接上海、江蘇及華北、東北及西北地區；南端銜接溫福鐵路，被譽為浙江省東南沿海的「黃金通道」。
- 5.鐵路奉化江大橋位於寧波市中心，跨越奉化江航道及寧波市交通主幹道江東南路。船隻往來不斷、車輛絡繹不絕，場地狹小，施工複雜。此外，為確保既有北侖支線正常營運，必須先建便橋，拆除舊橋後在原橋址重建新橋，俟主橋建好後，再拆除便橋，如圖 123~125 所示。



圖 121 於鐵路奉化江大橋橋址留影



圖 122 大陸首次將提籃式鋼拱橋應用於高速鐵路橋梁



圖 123 奉化江大橋施工期間需設便線維持鐵路北侖支線營運(摘至網路)



圖 124 奉化江大橋施工期間需維持奉化江航道船隻通行(摘至網路)



圖 125 奉化江大橋鋼拱肋及橫撐構件(摘至網路)

四、寧波澄浪橋

- 1.澄浪橋位於浙江省寧波市，為跨奉化江之公路橋。
- 2.主橋採中承式內傾鋼桁架及鋼箱組合鋼拱橋，橋長 446m，主橋跨徑 183m，橋寬 49m，雙向各佈設 3 車道、1 機慢車道及人行道。澄浪橋梁底標高需滿足奉化江通航限界要求。橋址範圍要求為通航淨寬 90m，通航淨高 5.8m，其最高通航水位 1.83m。
- 3.主拱肋於橋梁兩端分開為兩片拱肋，拱肋配置於人行道外側，整座大橋造型新穎、線條流暢。主橋鋼箱梁採用封閉式流線形扁平鋼箱梁結構，兼顧力學與美學，體現橋梁簡潔、素雅之美，如圖 126 及 127 所示。
- 4.整座橋梁結構外觀新穎，駕車或步行於橋上視野開闊、神清氣爽。近賞主拱猶如一彎新月，橫跨江水。遠觀主拱反射天光，給人華光溢彩之感。橋梁構件倒影於江中，增加橋梁細緻多變之美。橋梁與周邊環境銜接和諧，濱江步道行人可自由穿梭於拱間，為奉化江岸增添一座多功能跨江景觀橋。夜晚的澄浪橋，在各種景觀燈交替變換下，如夢如幻，佛彷彿進入童話世界，如圖 128~130 所示。
- 5.橋梁於 2014 年 1 月 15 日開工，2016 年 6 月 30 日完工通車。



圖 126 澄浪橋橋造型新穎、線條流暢(摘至網路)



圖 127 遠觀橋梁構件輕巧體現橋梁簡潔、素雅之美(摘至網路)



圖 128 橋上視野開闊、神清氣爽



圖 129 主拱於兩端分開為兩片拱肋，濱江步道行人可自由穿梭於拱間



圖 130 拱肋佈置於人行道外側，人行道於拱肋端部可直接上下橋梁

五、寧波長豐橋

- 1.長豐橋位於浙江省寧波市，是一座跨奉化江公路橋，連接海曙區鄞奉路和鄞州區新典路。
- 2.橋梁總長 226m，主橋跨徑 132m，橋寬 41.2 米。
- 3.長豐橋主橋為下承式連續梁系鋼拱橋，三根拱肋結合形成鳥翅狀，同時寓意寧波「三江併流」的城市地理特徵，是中國大陸首座倒三角式鋼拱橋，如圖 131~135 所示。
- 4.橋梁於 2006 年 1 月開工，2008 年 12 月通車。



圖 131 本次參訪於長豐橋之橋址留影



圖 132 橋上佈設雙向各 3 車道、1 機慢車道及人行道



圖 133 三根拱肋形成鳥翅狀，寓意寧波「三江併流」的城市意象



圖 134 長豐橋倒三角式鋼拱肋兩側以鋼纜錨碇於懸伸橫梁



圖 135 長豐橋之橋梁伸縮縫

六、杭州灣跨海大橋

(一)杭州灣跨海大橋概要

1. 杭州灣跨海大橋橫跨中國杭州灣海域全長 36 公里，配置雙向六車道之高速公路，設計時速 100km，總工程費約 118 億人民幣，設計使用壽命 100 年以上。
2. 杭州灣跨海大橋路線規劃，引用西湖蘇堤的形態，以「長橋臥波」的美學理念，跨越杭州灣，橋梁呈現 S 形曲線，並引入景觀設計概念，使其具有較高的觀賞性及遊覽性，如圖 136 及 137 所示。
3. 大橋配置北、南兩座通航橋孔。北通航橋孔為主跨 448m 的雙塔雙索面鋼箱梁斜拉橋，通航標準為 35000 噸；南通航橋孔為主跨 318m 的單塔單索面鋼箱梁斜拉橋，通航標準為 3000 噸，如圖 138 及 139 所示。銜接大橋之兩岸引橋工程總長 84.4 公里，總工程費約 53 億人民幣。其中北岸引橋工程長 29 公里，工程費約 18 億人民幣；南岸引橋工程長 55.4 公里，工程費約 35 億人民幣。
4. 杭州灣跨海大橋及兩岸引橋工程總工程費約 171 億人民幣，2003 年開工，2008 年 5 月 1 日完工通車，工期五年。大橋使用混凝土 200 萬立方公尺及鋼材 100 萬噸。大橋縮短寧波至上海陸路距離 120 公里，對促進長江三角洲區域經濟一體化有重要意義。

(二)杭州灣跨海大橋施工

1. 杭州灣跨海大橋位於世界三大強潮海灣之一的杭州灣，流向紊亂，潮流錯綜複雜，泥沙、海床運動多變，施工難度極高，如圖 140 所示。
2. 為降低施工風險和工程成本，跨徑 50m、70m 的預力橋梁工程採用大直徑且超長之鋼管樁作為橋梁基礎。鋼管樁直徑有 1.6m 和 1.5m 兩種。樁長達 88m。鋼管樁總計 5092 根。
3. 南北通航孔橋是跨徑 448m（北航道橋）和 318m（南航道橋）的雙塔和單塔斜拉橋，基礎採用直徑 2.5m、2.8m 的全套管基樁，共 3138 根。採用水中平臺施工，數量多、直徑大、超長、超重是本橋梁基樁工程的特點。
4. 杭州灣跨海大橋全部橋梁共 630 跨，其中跨度 50m 之箱梁共 202 跨；跨度 70m 之箱梁共 270 跨，均為雙向分離的預力單箱單室結構。按照“三化”：大型化、預製化、機械化的技術政策，採“整孔工廠預製、大型機具運輸架設、墩頂現場澆置混凝土將簡支梁變為連續梁”。
5. 上述跨度 50m 的預製箱梁重 1430 噸，採用 1600 噸步履式架橋機及成套設備，實現梁上運梁的架設工藝。跨度 70m 的預製預力箱梁重 2200 噸，採大陸自行研發的“小天鵝”號 2500 噸和“天一”號 3000 噸海上運架一體船，實施架設工藝，如圖 141 所示。
6. 杭州灣跨海大橋主要特色為“兩跨”、“雙百”。“兩跨”是跨越杭州灣天塹，“一橋飛架南北，天塹變通途”。氣勢恢宏，氣吞山河，在世界跨海大橋中長度第一；二是跨越世紀，大橋的前期工程跨越 20 世紀與 21 世紀，大橋的使用壽命將跨越 21 世紀與 22 世紀。此外，大橋的“雙百”工程，即營運時間超越百年，投資總額逾越百億人民幣。



圖 136 杭州灣跨海大橋位置圖



圖 137 杭州灣跨海大橋鳥瞰圖

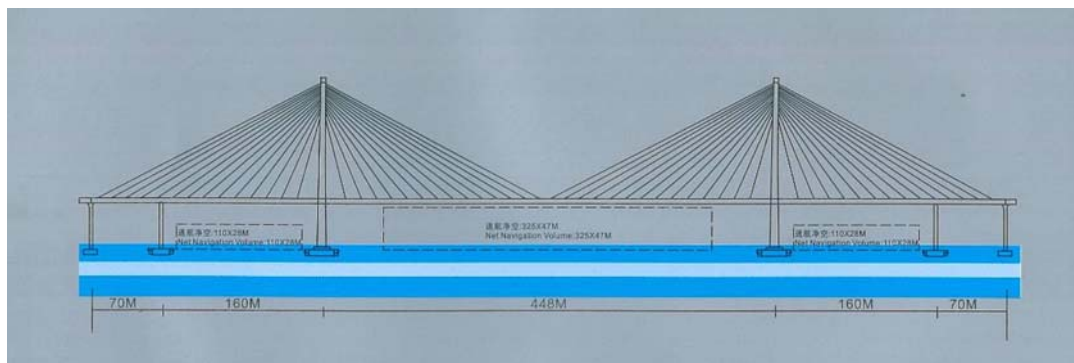


圖 138 北通航橋孔為主跨 448m 的雙塔雙索面鋼箱梁斜拉橋

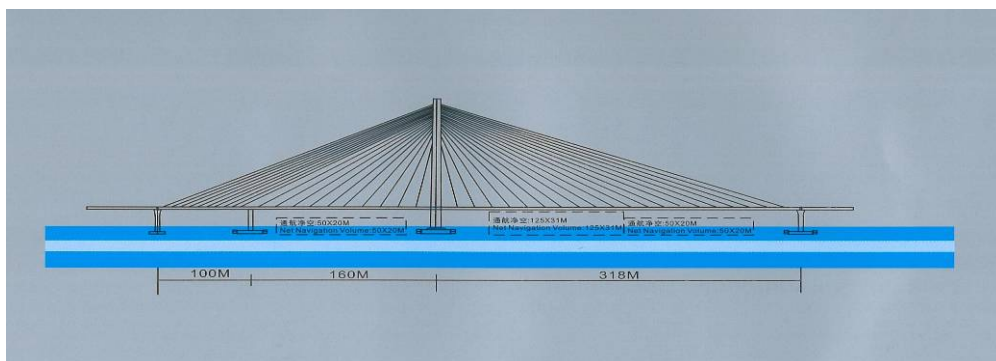


圖 139 南通航橋孔為主跨 318m 的單塔單索面鋼箱梁斜拉橋



圖 140 杭州灣流向紊亂，潮流錯綜複雜，泥沙、海床運動多變，施工難度極高



圖 141 跨度 70m 預力箱梁重 2200 噸，以 2500 噸小天鵝號海上運架船實施架設

8. 杭州灣跨海大橋全長 36 公里，在整個跨海大橋中間約 18 公里處，設置海中觀景平台，觀景平台為杭州灣的最高點，可在此觀賞大橋雄姿、海景變換，稱為「海天一洲」。海天一洲分為觀景平台和觀光塔兩部分，觀景平台共 6 層，以白色和藍色為主色調，外觀像一隻展翅飛翔的雄鷹。觀光塔共 16 層，高 146m，站在塔上，可以遠眺跨海大橋「長虹臥波」的優美姿態及錢塘江大潮景致，如圖 142 所示。觀景平台及跨海大橋之施工過程概要，如圖 143~150 所示。



圖 142 跨海大橋中間約 18 公里處設置海中觀景平台



圖 143 觀景平台及樁基礎構造細節(一)



圖 144 觀景平台及樁基礎構造細節(二)



圖 145 觀景平台和觀光塔構造細節(一)



圖 146 觀景平台和觀光塔構造細節(二)



圖 147 觀景平台和觀光塔構造細節(三)



圖 148 跨徑 50、70m 預力箱型梁採預鑄吊裝



圖 149 北航道橋主跨 448m 採鋼床板箱型梁



圖 150 北航道橋完工照片

伍、心得與建議

- 一、大陸地區自 2004 年起開始興建高速鐵路，至 2016 年 10 月止，建設里程超過 2 萬公里，路線長度占全世界高速鐵路長度總量 60% 以上，預計至 2025 年，路線總長將達 3 萬 8,000 公里，是世界上擁有高速鐵路網規模最大的地區。其路網系統複雜、乘客數量龐大，相關工程技術應運而生，如附屬車站杭州東站、上海虹橋交通樞紐等，必須整合各類大眾運輸系統，一併納入規劃設計，以紓解尖峰旅運人潮，使得車站規模及旅客運量亦趨世界之最。在地鐵建設部分，隨著都市建設及經濟蓬勃發展，旅運需求大幅提升，目前地鐵運營總里程超過 4500 公里，在世界各國地鐵長度排名高居榜首。而有軌電車建設，於未來 10 年預計興建 2500 公里，亦將躍居世界領先行列。
- 二、大陸建設進步很快，尤其軌道交通建設，包括地鐵、高速鐵路之興建，路線里程長度，每年皆為大幅度的成長，令人印象深刻。主要沿海城市人口眾多、經濟活動頻繁，近年來，除利用高速鐵路縮短城際旅行時間外，並陸續於數個特定區內進行鐵、公路系統整合，使其成為便捷之複合運輸系統，甚至將航空站或港埠納入整合，建成全球最大交通樞紐，解決龐大運輸需求，並促進區域發展。所見幾處城市重大交通樞紐，已周延整合各項複雜且運量極大之運輸系統，並發展出運量極大之子系統，如杭州東站周邊公路運輸系統、地鐵系統等。
- 三、大陸大規模推動交通建設並配合先進工程技術及創新施工設備，使得甚多工程均勘稱世界之最。藉由雙方參與交通建設人員之交流與經驗分享，可為國內相關建設之借鏡，歸納其特色說明如下：
 - (一)新建車站結構大多採用大跨度挑空結構設計，使車站動線及旅運設施一目瞭然，並使車站空間更有效地利用。
 - (二)車站整合各類大眾運輸系統，相關空間配置妥適，加上旅運設施完善、指引標誌系統簡潔易懂，使旅客動線不交織，達零距離轉乘目標。
 - (三)主要車站採進、出站分流設計，旅客進出車站動線邏輯一致，大廳空間、通道寬度及閘門數量均合理設置，使旅客滯留車站時間縮短，達快速疏運人潮目的。
 - (四)大型交通樞紐因應旅運尖峰期間，大量旅客運輸需求，在轉乘設施、旅運設施、旅客動線、逃生動線及商業空間配置規劃，均有合理且周詳考量。
 - (五)大型交通樞紐整合各項運輸系統，包含高速鐵路、傳統鐵路、地鐵(捷運)、磁浮列車、公路，甚至航空站、運河碼頭水上巴士等，均有整體且長遠的規劃。
 - (六)大型車站配合節能減碳世界趨勢，利用自然採光及太陽能發電等，以車站建築自體發電量供應車站照明用電，符合經濟及環保效益。

(七)車站站體空間美化與公共藝術呈現，與城市歷史脈絡及在地文化特色結合，使車站建築意象更富色彩，讓城市更具活力。

(八)硬體建設進度超前於旅客使用公共設施之心態，後續維管需要極多人、物力。

(九)工程規模浩大但完工精緻度尚不及我國。

四、本次考察沿途參訪數座先進橋梁工程，各橋梁與周邊環境融合整體設計，同時注重橋梁外觀造型及細部構造，使橋梁如裝置藝術品點綴於都市空間中，值得國內景觀橋梁設計參考。

五、依據上述心得提出對本局業務推動及主管機關之建議意見如下：

(一)未來鐵路車站設計，於規劃階段應廣泛邀集地方政府及相關單位就各項公共運輸系統、站區道路線形及都市計畫等上位計畫，覈實檢討妥適研擬方案，整合相關計畫。

(二)鐵路車站於設計階段應針對影響車站重要功能事項，進行細部設計研析及審查，如站區轉乘設施、旅運設施、旅客動線、逃生動線及商業空間配置等。建議統一系列出主要審查項目，俾審查作業逐項辦理，使各車站設計滿足使用需求。

(三)對於車站空間美化與公共藝術等，設計階段應廣泛徵詢地方意見或邀文化界參與，於細部設計時即融入站體設施考量，以提升整體設施功能及設計質感。