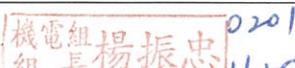


出國報告（出國類別：考察）

考察鐵路隧道通風相關技術

服務機關：交通部鐵路改建工程局
姓名職稱：陳宗與 南部工程處主任工程司
 鐘文成 機電組工程司
派赴國家：中國大陸(深圳、杭州)
出國期間：106年11月12日至106年11月19日
報告日期：107年2月

出國報告審核表

出國報告名稱：考察鐵路隧道通風相關技術				
出國人姓名 (2人以上，以1人為代表)	職稱	服務單位		
鐘文成	工程司	交通部鐵路改建工程局		
出國類別	<input checked="" type="checkbox"/> 考察 <input type="checkbox"/> 進修 <input type="checkbox"/> 研究 <input type="checkbox"/> 實習 <input type="checkbox"/> 其他_____ (例如國際會議、國際比賽、業務接洽等)			
出國期間：106年11月12日至106年11月19日		報告繳交日期：107年2月1日		
出國人員 自我檢核	計畫主辦 機關審核	審 核 項 目		
<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	1.依限繳交出國報告 2.格式完整(本文必須具備「目的」、「過程」、「心得及建議事項」) 3.無抄襲相關資料 4.內容充實完備 5.建議具參考價值 6.送本機關參考或研辦 7.送上級機關參考 8.退回補正，原因： (1)不符原核定出國計畫 (2)以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容 (3)內容空洞簡略或未涵蓋規定要項 (4)抄襲相關資料之全部或部分內容 (5)引用相關資料未註明資料來源 (6)電子檔案未依格式辦理 9.本報告除上傳至出國報告資訊網外，將採行之公開發表： (1)辦理本機關出國報告座談會(說明會)，與同仁進行知識分享。 (2)於本機關業務會報提出報告 (3)其他_____ 10.其他處理意見及方式：		
出國人簽章(2人以上，得以1人為代表)		計畫主辦機關 審核人	一級單位主管簽章	機關首長或其授權人員簽章
				

說明：

- 一、各機關可依需要自行增列審核項目內容，出國報告審核完畢本表請自行保存。
- 二、審核作業應儘速完成，以不影響出國人員上傳出國報告至「[公務出國報告資訊網](#)」為原則。

行政院及所屬各機關公務出國報告提要

頁數:30頁含附件：口是■否

報告名稱：考察鐵路隧道通風相關技術

主辦機關：交通部鐵路改建工程局

聯絡人/電話：鐘文成/02-8969-1900#2284

出國人員/服務機關/單位/職稱/電話：

陳宗與/鐵路改建工程局南部工程處/主任工程司/07-588-8216分機211

鐘文成/鐵路改建工程局/工程司/02-8969-1900#2284

出國類別：考察

出國期間：106年11月12日至106年11月19日

出國地區：中國大陸(深圳、杭州)

報告日期：106年2月5日

分類號目：H1/交通建設

關鍵字：隧道通風、大數據、物聯網

內容摘要

- 一、 本次參訪行程預期目標是了解大陸地區對於鐵道交通建設中隧道通風系統設備之設計、安裝配置方式、環境噪音、空污等問題之因應方式，以助於未來國內鐵路隧道通風系統功能規畫之參考。
- 二、 拜訪深圳地鐵集團-建設總部車站設備中心環控部、深圳市市政府設計研究院有限公司之常規設備設計所，與主辦設計之工程師研討隧道內隧道風機設置、隧道內模擬火災之火源大小(MW)、消防安檢進行流程、火災發生時之列車調度方式及隧道風機設計之標準...等議題進行交流。
- 三、 拜訪浙江金盾風機股份有限公司，研討大陸地區風機市場之現況及未來趨勢，並對風機廠商提供核電設備之方式交換心得，經該公司總工程師介紹公司內各項生產之風機、檢測中心、性能測試相關設備、風機大數據應用中心及智能節能車控系統...等，並帶領人員參訪現場各設施。
- 四、 參訪深圳地鐵 11 號線車宮廟站(Chegongmiso Station)、杭州地鐵 2 號線古翠路(Gucui Road)站營運及負責維護風機之單位，並觀摩同為杭州地鐵 2 號線建置中之三坝站(已於 106 年 12 月 27 日通車)軌道層風機之調校。

目次

壹、出國考察依據及目的.....	1
一、出國依據.....	1
二、考察目的.....	1
貳、考察行程.....	2
參、考察過程.....	3
一、參訪單位：.....	3
(一) 深圳市市政設計研究院有限公司.....	3
(二) 深圳地鐵.....	5
(三) 丹平快速路(一期)管理中心.....	10
(四) 浙江金盾風機股份有限公司.....	12
(五) 杭州地鐵 2 號線.....	22
肆、考察心得與建議事項.....	27
一、考察心得：.....	27
二、建議事項：.....	29
伍、參考資料.....	30

表目錄

表 1 考察行程表.....	2
----------------	---

圖目錄

圖 3-1.1	深圳市政府設計研究院有限公司組織架構	3
圖 3-1.2	參訪人員於地鐵大廈前合影	4
圖 3-1.3	與工程師就相關議題交流.....	4
圖 3-1.4	致贈公關品.....	4
圖 3-1.5	深圳市軌道交通線網規畫方案	4
圖 3-2.1	深圳地鐵線路圖	6
圖 3-2.3	少年宮站月台	8
圖 3-2.4	少年宮站月台	8
圖 3-2.5	車宮廟站售票機	8
圖 3-2.6	車宮廟站登機自助區	8
圖 3-2.7	車宮廟站維修作業台	8
圖 3-2.8	車宮廟站物料堆放台	8
圖 3-2.9	車宮廟站消音器	8
圖 3-2.10	車宮廟站風機	8
圖 3-2.11	風機銘牌.....	9
圖 3-2.12	車宮廟站風機與消音器配置	9
圖 3-2.13	車宮廟站人防門	9
圖 3-2.14	車宮廟站消音箱	9
圖 3-2.15	車宮廟站風門	9
圖 3-2.16	車宮廟站風門驅動馬達.....	9
圖 3-3.1	隧道前告示牌	10
圖 3-3.2	隧道內車行狀況	10
圖 3-3.3	隧道內緊急逃生口	10
圖 3-3.4	隧道內連通道	10
圖 3-3.5	軸流風機機房	11
圖 3-3.6	軸流風機.....	11
圖 3-3.7	風機上方預留吊掛勾.....	11
圖 3-3.8	風機及防護網	11

圖 3-3.9	消音器組.....	11
圖 3-3.10	參訪人員於風機組前合影.....	11
圖 3-4.1	浙江金盾風機股份有限公司業務項目.....	13
圖 3-4.2	核安全設備設計許可證.....	14
圖 3-4.3	核安全設備製造許可證.....	14
圖 3-4.4	金盾公司正面照.....	15
圖 3-4.5	金盾公司研發中心.....	15
圖 3-4.6	參訪人員於大廳合照.....	15
圖 3-4.6	與王淼根董事長研討大陸風機市場.....	15
圖 3-4.7	致贈王董事長鐵工局公關品.....	15
圖 3-4.8	與陳總工程師研討風機相關技術.....	15
圖 3-4.9	風機性能測試.....	15
圖 3-4.10	介紹全自動數控旋壓機.....	15
圖 3-4.11	風機大數據應用中心.....	16
圖 3-4.12	中心人員介紹設備.....	16
圖 3-4.13	營運單位操作維護人員回廠受訓.....	16
圖 3-4.14	場內擺設之隧道風機.....	16
圖 3-4.15	隧道風機銘牌.....	16
圖 3-4.16	正向防喘振環.....	16
圖 3-4.17	風機馬達與潤滑油注入線路.....	16
圖 3-4.18	工廠一景.....	16
圖 3-4.19	一體成形之機殼.....	17
圖 3-4.20	風機葉片運轉平衡檢測儀.....	17
圖 3-4.21	金盾檢測中心.....	17
圖 3-4.22	測試用輔助風機.....	17
圖 3-4.23	測試中心內部設置之鋼網.....	17
圖 3-4.24	測試中心內部設之出風口 01.....	17
圖 3-4.25	出風口 02.....	17
圖 3-4.26	出風口 03.....	17
圖 3-4.27	出風口 04.....	17

圖 3-4.28	風機試驗數據蒐集軟體 01.....	18
圖 3-4.29	風機試驗數據蒐集軟體 02.....	18
圖 3-4.30	物聯網數據採集終端設備 01.....	18
圖 3-4.31	物聯網數據採集終端設備 02.....	18
圖 3-4.32	於風機大數據應用中心查看南京地鐵 4 號線風機運轉狀態.....	18
圖 3-4.33	浙江金盾風機股份有限公司取得 AMCA 之認證證書.....	19
圖 3-4.34	物聯網數據採集架構圖.....	19
圖 3-4.35	風機構造圖.....	20
圖 3-4.36	智能化空氣淨化系統佈置圖.....	20
圖 3-4.37	智能節能車控系統示意圖.....	21
圖 3-5.1	杭州地鐵運營路線(至 2018 年 1 月 9 日).....	22
圖 3-5.2	風機控制盤.....	23
圖 3-5.3	風機控制盤內部.....	23
圖 3-5.4	內部控制電腦.....	23
圖 3-5.5	風機運轉狀態.....	23
圖 3-5.6	電動多葉風量調整閥.....	23
圖 3-5.7	古翠路站消音器及風機配置.....	23
圖 3-5.8	古翠路站風門驅動馬達.....	23
圖 3-5.9	風門下方軌道層.....	24
圖 3-5.10	風門配置.....	24
圖 3-5.11	現場技術研討 01.....	24
圖 3-5.12	現場技術研討 02.....	24
圖 3-5.13	三坝站入口(建置中).....	24
圖 3-5.14	進場管控.....	24
圖 3-5.15	驗票閘門.....	24
圖 3-5.16	參訪人員合照.....	24
圖 3-5.17	車站大廳.....	25
圖 3-5.18	月台層 01.....	25
圖 3-5.19	月台層 02.....	25
圖 3-5.20	未來營運單位現場勘查.....	25

圖 3-5.21	電力配電室.....	25
圖 3-5.22	供電系統示意圖	25
圖 3-5.23	軌道層.....	25
圖 3-5.24	路線風機配置 01	25
圖 3-5.25	路線風機配置 02	26
圖 3-5.26	銜接段.....	26
圖 3-5.27	排煙風門.....	26
圖 3-5.28	車站之行控室	26
圖 3-5.29	致贈現場解說工程師公關品	26
圖 3-5.30	致贈金盾風機經理公關品.....	26

壹、出國考察依據及目的

一、出國依據

依據交通部 105 年 7 月 12 日交人字第 1050021887 號函轉行政院 105 年 7 月 7 日院臺交字第 1050023325 號函，核定 106 年度派員赴大陸地區(含香港及澳門)計畫暨概算表，序號 1.「考察鐵路隧道通風相關技術」辦理。

二、考察目的

隧道通風系統的功能，主要在提供安全、舒適的環境。在正常運轉時，隧道通風以自然通風為主機械通風為輔，以節省運轉費用。若列車因故停於隧道內，可藉由隧道通風機排除廢氣或引進外氣，以降低隧道污染濃度與溫度。

近年大陸地區鐵路發展蓬勃，大量新建及延伸營運路線，都會區地下化工程及隧道數量多，於隧道通風應用實績豐富，現今我國鐵路地下化及捷運化之發展，鐵路隧道應用日益重要，又正積極推動都會區鐵路地下化及捷運化工程與非都會區鐵路新建，為後續施工及營運管理必要，參考相關先進技術有其必要，為此赴大陸地區考察相關技術，惟其土地幅員遼闊，於郊區段隧道通風建置離都會區遙遠，車程多不易到達，現地參訪實為不易，又都會區之地鐵與臺鐵鐵路地下化、捷運化之發展較為類同，其隧道通風應用較為先進且實績豐富，尚有諸多實績作為隧道通風系統後續施工及營運管理之參考，爰此，本次參訪行程，以都會區地鐵之建置與營運管理為主要標的。

本次參訪行程預期目標是拜訪辦理設計、車站營運與維護之相關單位，及參訪隧道風機製造廠商，以了解大陸對於鐵道交通建設中隧道通風系統設備之設計、安裝配置方式、環境噪音、空污等問題之因應方式，以助於未來國內鐵路隧道通風系統功能規畫之參考，期望藉由考察大陸地區相關案例，汲取其先進技術及經驗。

貳、考察行程

此次赴大陸地區考察係由本局南部工程處主任工程司陳宗與及機電組工程司鐘文成共二人出國考察，並有台灣世曦工程顧問公司顧問陳榮昌隨團，協助行程聯絡及考察溝通等協調工作，本次拜訪深圳市市政設計研究院有限公司、深圳地鐵運營公司及地鐵 4 號線、深圳丹平快速路(一期)管理中心、杭州地鐵營運公司、杭州地鐵 2 號線車站、建置中之杭州地鐵 2 號線三坝(ㄅㄩˋ)車站及位於浙江上虞之金盾風機工廠及檢測中心(AMCA 認證)，此次參訪行程以搭乘地鐵進行各項參訪及拜會為主，藉以了解大陸近年進行之鐵道建設，整體參訪行程內容如表 2-1。

表 1 考察行程表

行程	行程說明
106.11.12 (星期日)	第一天 臺灣至深圳，下榻飯店。
106.11.13 (星期一)	第二天 拜訪深圳地鐵集團-建設總部、深圳市市政設計研究院有限公司、深圳地鐵運營公司。 參訪深圳地鐵 4 號線
106.11.14 (星期二)	第三天 拜訪深圳丹平快速路管理中心，並參訪丹平快速路隧道通風系統營運、救災。晚上前往杭州
106.11.15 (星期三)	第四天金盾風機股份有限公司-工廠參訪。 介紹隧道風機相關設備，研討鐵路隧道風機最新技術，參訪工廠製程管控、性能測試、整合測試及實驗室驗證等。
106.11.16 (星期四)	第五天 資料整理。
106.11.17 (星期五)	第六天 參訪杭州地鐵營運公司、杭州地鐵 2 號線車站，研討相關風機系統設置、營運、配合防災逃生及維護等。
106.11.18 (星期六)	第七天 參訪杭州地鐵 2 號線建置中車站，研討隧道內風機設置、測試、配合防災逃生及維護等。
106.11.19 (星期日)	第八天 總結會議，杭州返回臺灣

放眼全國，項目已延伸至全國 20 多個省市。設計出深圳彩虹大橋、深南大道，東莞大道、深圳羅湖口岸/火車站地區綜合改造工程、深圳市福田交通綜合樞紐換乘中心等優秀項目。榮獲”城市土地學會亞太區卓越獎”、”全國優秀工程勘察設計獎”、”深圳市優秀設計金牛獎”等國際、國家、部、省及市級各類優秀設計獎 200 餘項。堅持科技創新驅動發展，先後榮獲”國家科學技術進步獎”、”建設部華夏建設科學技術獎”、”廣東省科技進步獎”、”深圳市科學技術進步獎”等科技進步獎近 30 項;國內外發明專利和實用新型專利等自主知識產權 100 餘項。

深圳市政院秉承”開拓創新，銳意改革”的企業精神，以”穩健、有質量、可持續”的發展理念，朝著”規劃、諮詢、設計，項目管理全產業鏈，國內領先的城市基礎設施建設技術服務商”的發展戰略目標闊步前行。

2.拜訪行程

本次拜訪深圳地鐵集團-建設總部車站設備中心環控部、深圳市市政府設計研究院有限公司之常規設備設計所，與主辦設計之工程師研討隧道內隧道風機設置、隧道內模擬火災之火源大小(MW)、消防安檢進行流程、火災發生時之列車調度方式及隧道風機設計之標準...等議題進行交流。



圖 3-1.2 參訪人員於地鐵大廈前合影



圖 3-1.3 與工程師就相關議題交流



圖 3-1.4 致贈公關品



圖 3-1.5 深圳市軌道交通線網規畫方案

3.議題交流

- (1.) 於大陸地區進行鐵路相關隧道通風設計作業時，依循國家頒布之隧道內鐵路隧道設計規範(TB 10003-2001)、鐵路隧道運營通風設計規範(TB

10068-2010)、鐵路隧道防災疏散救援工程設計規範(TB 10020-2017)···等作為依據，再行依據路段特性或需求檢討特殊需求。

- (2.) 風量計算之主要方式採地下鐵環境模擬程式 SES (Subway Environmental Simulation Program,SES)進行隧道通風系統配置，車站月台區發生列車火災時，藉由 FDS(Fire Dynamics Simulator)模擬分析獲得不同火災情境之火場性質，如溫度、CO 濃度及能見度分佈等，確認火災發生時可提供足夠的逃生路徑及時間。
- (3.) 有關於隧道風機現場操作模式，為一般模式、塞車模式及緊急(火災)模式，隧道內佈設感溫光纖，用以感測隧道內溫度，能見度，溫度···等逃生要件設計規範，依循 NFPA 130 及國家標準之標準。
- (4.) 列車火災分為車頭與車尾，如隧道內發生火災時，所建立之臨界風速至少 2 m/s，列車火載量可分為 6 節(7.5MW)、8 節(10 MW)，現行部分及未來列車上採耐燃或不燃材質(如：椅子都是金屬製)，逃生方向依火災發生之反方向逃生。
- (5.) 隧道通風系統允收標準由當地消防隊隨機採點驗收，由起始站出發，隨機決定地點後，發煙模擬，並量測風量及觀測煙流狀況，是否符合，同時也對列車及車站人員疏散指揮之演練一併檢驗。
- (6.) 隧道內或車站發生火災時，相關訊息會傳到 NOCC，地鐵各線的控制中心都設有訊息互通的系統，訊息都可以第一時間向另外的控制中心傳遞，然後再向乘客廣播有關最新的列車營運訊息，救災人員會進駐指揮，並將是否危及相關路線之營運納入指揮體系。

(二)深圳地鐵

1.簡介：

深圳地鐵[2]是中華人民共和國廣東省深圳市的城市軌道交通系統。現今的深圳地鐵共有八條路線、199 座車站、總長 286 公里的營運路線，構成覆蓋深圳市羅湖、福田、南山、寶安、龍崗、龍華六個市轄行政區的地鐵網絡。在營運方面，深圳地鐵由深圳市地鐵集團有限公司(子公司深圳市地鐵三號線投資有限公司)、港鐵軌道交通(深圳)有限公司分別營運不同路線，在政府指導下執行統一的票價和服務。目前深圳地鐵日均客流量超過 400 萬人次，約占深圳市公共運輸客流量的四成，構成深圳市公共運輸的骨幹。



圖 3-2.1 深圳地鐵線路圖

深圳地鐵的建設設想始於 1980 年代，一期工程則於 1996 年底開工，並於 2003 年底通車。2008 年以來，深圳地鐵網絡快速擴展，以已通車的里程計算，深圳地鐵是中國第五大城市軌道交通系統，次於北京、上海、廣州和南京。深圳地鐵三期工程的多條路線正在建設，路網的遠期規劃長度達超過 1,000 公里。



圖 3-2.2 至 2020 年深圳地鐵線路圖

4 號線[3]是中國第一條採用建設－營運－移交（Build-Operate-Transfer）模式建

設的城市軌道路線，亦是 CEPA 實施以來深港兩地的第一個大型基建工程。深圳市政府於 2002 年作出了引進境內外投資、加快深圳市軌道交通建設的決策，並於 2003 年決定引入港鐵投資 4 號線。

隨後，深圳市政府與香港地鐵公司簽訂一系列特許經營協議，將龍華續建工程授予香港地鐵公司為特許權項目成立的港鐵（深圳）公司（原稱地鐵（深圳）），由港鐵（深圳）公司負責 4 號線的投融資、建設、營運和維護，特許期為 30 年。政府只負責徵地和拆遷等工作，其他工作一律交由香港地鐵公司承擔。30 年特許期滿，港鐵（深圳）公司將 4 號線的設施無償移交給深圳市政府。

11 號線[4]（機場線）是深圳地鐵的第一條通勤鐵路，線路起於福田站，經深圳機場，終至碧頭站，線路全長 51.7 公里，其中地下線長 39.4km，高架線長 11.0km，過渡段長 1.3km。高架線路有兩段，分別位於碧海灣站至機場站之間（寶源路段），長約 4.2km，以及福永站至後亭站之間（寶安大道段），長約 6.7km。福田至碧海灣之間的區間以盾構法施工為主，局部段採用礦山法、明挖法施工，其中的車公廟至紅樹灣南、南山站至前海灣區間採用的是 \varnothing 6.98 米的非標準盾構。碧海至碧頭之間的區間以高架為主，局部段採用盾構、明挖法施工。

共設 18 座車站，代表色是暗紫色。11 號線連接福田中心區、南山、前海、機場、福永、沙井、松崗等片區，是城市核心區與西部濱海地區的組團快線，同時兼有機場快線的功能。與深圳地鐵其他線路相比較，11 號線具有站距長、速度高、運量大的特點，列車更首次配備商務車廂。11 號線於 2012 年 4 月開工，全線車站於 2015 年 5 月 11 日主體部分施工完成，進入調試、內部修飾階段，2016 年 3 月 30 日試運行，在 2016 年 6 月 28 日通車，是深圳地鐵第一條營運速度達 120km/h 的路線，比既有路線快 50%。

2. 拜訪行程

於 4 號線少年宮站(Children's Palace)搭乘地鐵至 11 號線車宮廟站 (Chegongmiso Station，為四線換乘樞紐)，拜訪該站之營運及負責維護風機之單位。



圖 3-2.3 少年宮站月台



圖 3-2.4 少年宮站月台



圖 3-2.5 車宮廟站售票機



圖 3-2.6 車宮廟站登機自助區



圖 3-2.7 車宮廟站維修作業台



圖 3-2.8 車宮廟站物料堆放台



圖 3-2.9 車宮廟站消音器



圖 3-2.10 車宮廟站風機



圖 3-2.11 風機銘牌



圖 3-2.12 車宮廟站風機與消音器配置



圖 3-2.13 車宮廟站人防門



圖 3-2.14 車宮廟站消音箱



圖 3-2.15 車宮廟站風門



圖 3-2.16 車宮廟站風門驅動馬達

3.交流議題

- (1.) 風門驅動方式採電力(馬達)驅動，而臺灣南港、高雄鐵路地下化計畫工程採氣動驅動，氣動驅動雖需要空壓機房的空間與相關設備購置及維護成本，但相較電力(馬達)驅動卻有風門啟閉定位快速、減少電力(馬達)驅動故障或馬達老舊推力不足，較可提供操作即時性、可靠度之特性。
- (2.) 車站內設置維修作業平台，可供維護人員做為平時訓練之用，維護人員亦定期至原建置設備之供應商處回訓，維持一定之維修水平；機房內執行 6S 作法，

即整理(seiri)、整頓(seiton)、清掃(seiso)、清潔(seiketsu)、紀律(shotsuke)、安全(safety)。

- (3.) 與臺灣較為不同之處，其於隧道風機進(排)氣口裝設人防門，依據現場人員之說明，其係屬民防之一環，意即在發生戰爭、風災等災害下，設置具有防護作用的門以防護進入防護區域的人民。

(三)丹平快速路(一期)管理中心

1.簡介

丹平快速路(一期)[5] 2007 年 6 月開工，2011 年正式通車，全長 9.7 公里，主線雙向 6 車道，路基標準寬度 65 米，沿線橋梁共 9 座，橋梁總長度 8,594 米，隧道 8 座，總長 5,960 米，工程包含道路、橋梁、隧道、給水、雨水、汙水、電力、電機、照明、建築、交通安全設施工程等。

2.本次拜訪行程

先行車至丹平快速路(一期)管理中心，由相關人員帶領沿九尾嶺隧道維修步道行走至隧道風機機房，惟似受兩岸近期氛圍之影響，現場機構無接受參訪之意願，甚對於拍照、攝影、議題交流及資料提供之作業，均有無法配合之處。



圖 3-3.1 隧道前告示牌



圖 3-3.2 隧道內車行狀況



圖 3-3.3 隧道內緊急逃生口



圖 3-3.4 隧道內連通道

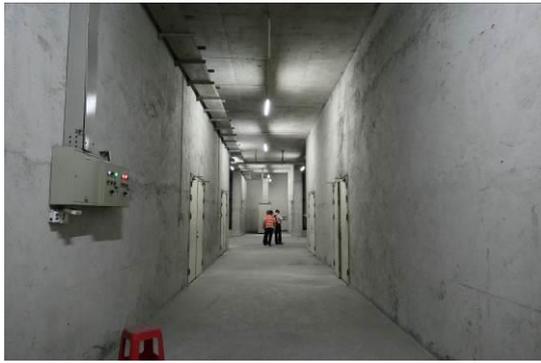


圖 3-3.5 軸流風機機房



圖 3-3.6 軸流風機



圖 3-3.7 風機上方預留吊掛勾



圖 3-3.8 風機及防護網



圖 3-3.9 消音器組



圖 3-3.10 參訪人員於風機組前合影

3.議題交流

(1.) 公路隧道風機啟動之控制，經現場人員口頭解說，係經由執勤人員自隧道口、隧道內設置之攝影機監看車流量，如屬使用之尖峰時間(如上下班、塞車)等，再行手動開啟風機，尚未有相關監測設備提供數據做為自動控制或人員操作之參考。

(2.) 如於隧道內發生事故，依照應急處理程序成立應急搶險隊伍，該隊伍分為四組，分別為



- A 通訊組（監控）：情況匯報，傳達指令與現場溝通。
- B 交通管制組：在各交通管制點進行交通管制，以及引導警車、消防車、救護車等專業救援車輛進入事故現場。
- C 施救組(人員疏散、事故拯救、機電搶修、現場清理)：協助救護傷員，組織人員逃生，組織車輛疏散，機電、消防、告警、逃生設備搶修和現場清理。
- D 後勤保障組：後勤及物資保障，車輛調度。

(3.) 隧道風機之維護係由該中心之團隊人員辦理，經現場人員口頭說明，自風機啟用迄今，未有發生重大故障，團隊人員定期回原廠(浙江金盾風機股份有限公司)受訓，以維持相關維修及搶修之能力。

(四)浙江金盾風機股份有限公司

1.簡介：

浙江金盾風機股份有限公司[6]坐落於浙江省紹興市上虞區章鎮工業園區，是

一家專業從事地鐵、隧道、核電、船用、民用與工業等領域風機、消聲器、風閥等通風系統裝備研發，生產和銷售的國家需要重點扶持的高新技術企業。公司註冊資本 1.6 億元，佔地面積 10 萬平方米，建築面積 8 萬平方米，總資產 8.47 億元。近年來，公司抓住國內地鐵，公路，核電等基礎設施建設快速發展的良好機遇，快速成長為在地鐵，隧道和核電風機及通風系統領域具有較強影響力的企業之一。2014 年 12 月，公司股票成功在深圳證券交易所上市，成為通風行業第二家創業板上市公司。

公司裝備精良，生產工藝先進，形成了從產品設計、製造、系統集成到檢驗檢測的完整經營體系。公司主導產品涵蓋地鐵、隧道、核電、艦船等高端通風系統應用領域，主要包括地鐵隧道軸流風機、隧道射流風機、地鐵隧道智能通風系統、核級通風空調系統、智能化氣體淨化系統等。



圖 3-4.1 浙江金盾風機股份有限公司業務項目

公司地鐵隧道類通風系統成功應用於深圳地鐵、長春地鐵、成都地鐵、新加坡地鐵等 60 多項軌道交通重點項目，以及浙江諸永高速公路隧道、台緞高速公路隧道、成都至都江堰鐵路隧道、新加坡色拉亞島 - 奈島隧道等 110 多項大型隧道工

程，產品市場佔有率位居行業前列；核電通風系統已成功應用於秦山核電站、田灣核電站、福清核電站等項目，系通風領域第一家實現三代核電（AP1000）產品國產化的企業。另外，公司通風系統產品還廣泛應用於造紙，建材及大型建築等領域重點工程項目。



圖 3-4.2 核安全設備設計許可證



圖 3-4.3 核安全設備製造許可證

公司注重科技創新，致力於技術和產品升級，形成了多項行業領先的通風設備和通風系統核心技術，取得了國家專利 75 項（其中發明專利 9 項），獲得了多項省、市級獎項：“地鐵隧道智能通風系統”項目獲得浙江省科學技術一等獎，“核島通風空調系統”項目獲得浙江省科學技術二等獎；“地鐵隧道智能通風系統”和“核級通風系統”被評為浙江省裝備製造業重點領域首台（套）產品，獲得了浙江名牌產品稱號，被列入國家重點新產品和國家火炬計劃；2015 年「單向地鐵隧道軸流風機“和”可逆轉地鐵隧道軸流風機“兩類產品通過了”浙江製造“認證；公司參與了多項行業標準的制訂與修訂此外，公司還積極與高校和科研機構合作，提升了公司的整體技術和研發實力。

回顧過去，展望未來，金盾股份將繼續發揮公司在技術研發，系統集成，產品檢測和經營管理等方面的競爭優勢，以穩健務實的經營風格，創新節能的優勢產品，不斷提升市場競爭力，為社會創造財富，為客戶創造價值，攜手共創美好未來！

2. 拜訪行程

拜訪浙江金盾風機股份有限公司(後簡稱金盾公司)王焱根董事長，與王董事長交換對大陸風機市場之現況及未來趨勢，並對風機廠商提供核電設備之方式交換

心得；後由該公司陳總工程師介紹公司內各項生產之風機、檢測中心、性能測試相關設備、風機大數據應用中心及智能節能車控系統…等，並由李騰飛經理帶領人員參訪現場各設施。



圖 3-4.4 金盾公司正面照



圖 3-4.5 金盾公司研發中心



圖 3-4.6 參訪人員於大廳合照



圖 3-4.6 與王淼根董事長研討大陸風機市場



圖 3-4.7 致贈王董事長鐵工局公關品



圖 3-4.8 與陳總工程師研討風機相關技術



圖 3-4.9 風機性能測試



圖 3-4.10 介紹全自動數控旋壓機



圖 3-4.11 風機大數據應用中心



圖 3-4.12 中心人員介紹設備



圖 3-4.13 營運單位操作維護人員回廠受訓



圖 3-4.14 場內擺設之隧道風機



圖 3-4.15 隧道風機銘牌



圖 3-4.16 正向防喘振環



圖 3-4.17 風機馬達與潤滑油注入線路



圖 3-4.18 工廠一景



圖 3-4.19 一體成形之機殼



圖 3-4.20 風機葉片運轉平衡檢測儀



圖 3-4.21 金盾檢測中心



圖 3-4.22 測試用輔助風機



圖 3-4.23 測試中心內部設置之鋼網



圖 3-4.24 測試中心內部設之出風口 01



圖 3-4.25 出風口 02



圖 3-4.26 出風口 03

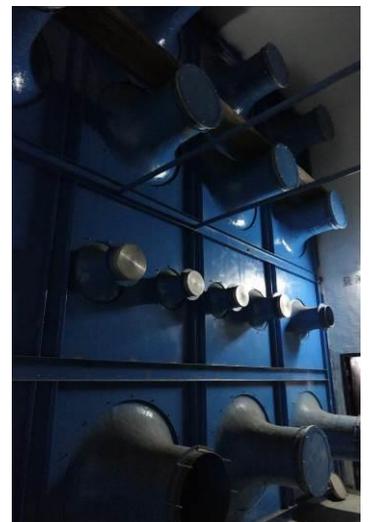


圖 3-4.27 出風口 04



圖 3-4.28 風機試驗數據蒐集軟體 01

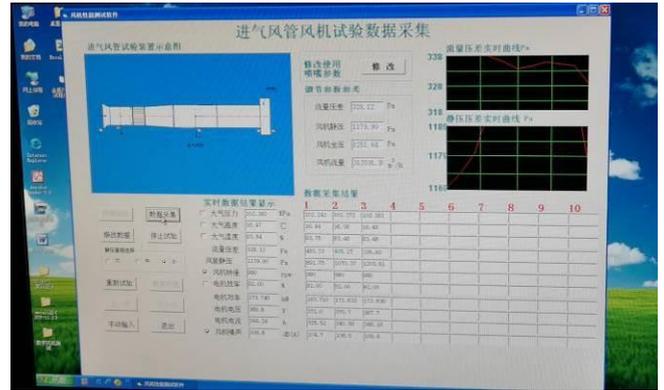


圖 3-4.29 風機試驗數據蒐集軟體 02



圖 3-4.30 物聯網數據採集終端設備 01



圖 3-4.31 物聯網數據採集終端設備 02

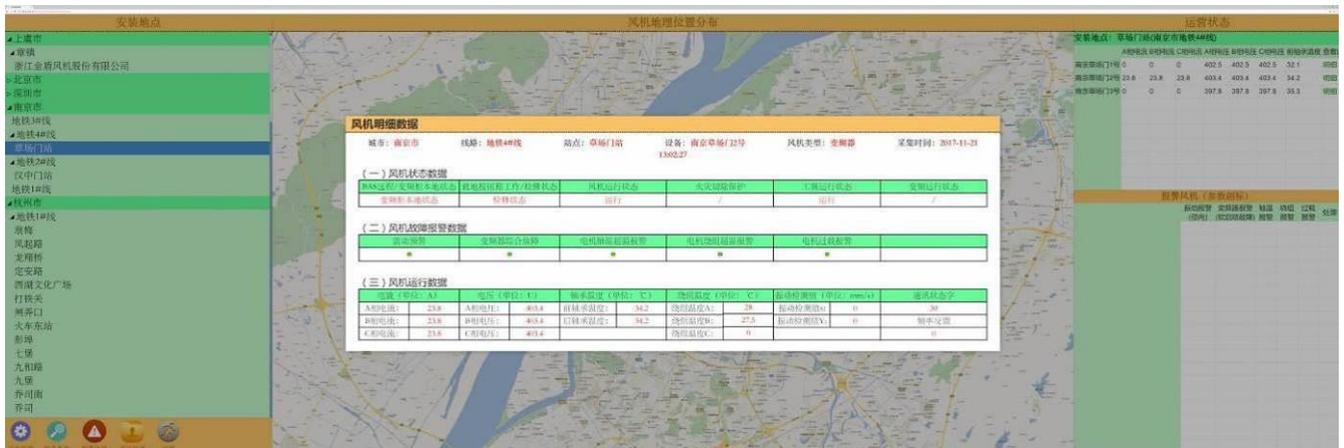


圖 3-4.32 於風機大數據應用中心查看南京地鐵 4 號線風機運轉狀態

3. 議題交流

- (1) 金盾公司取得大陸國家認證及 AMCA 的認證，可對風機性能提出公正的第三方認證。
- (2) 推廣於風機側加裝物聯網數據採集終端設備[7]（其暫稱數值風機），可透過控制櫃增設一傳輸器，將相關風機運轉的三相電流、軸承溫度…等監視風機狀況的數值，透過無線網路的媒介，傳回控制中心作為雲端大數據分析之用(南

京地鐵 4 號線已有裝設)。

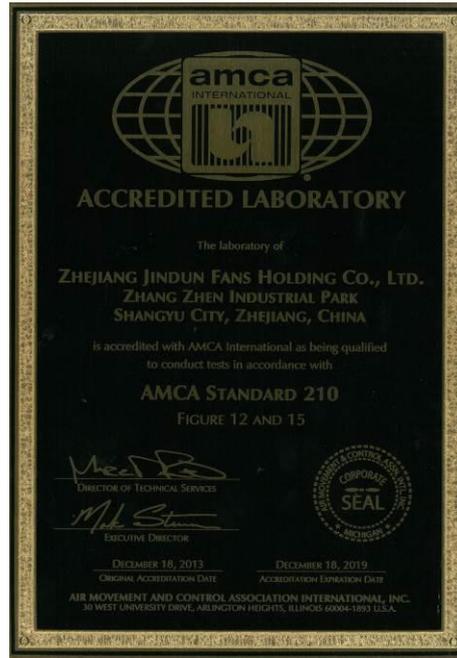


圖 3-4.33 浙江金盾風機股份有限公司取得 AMCA 之認證證書

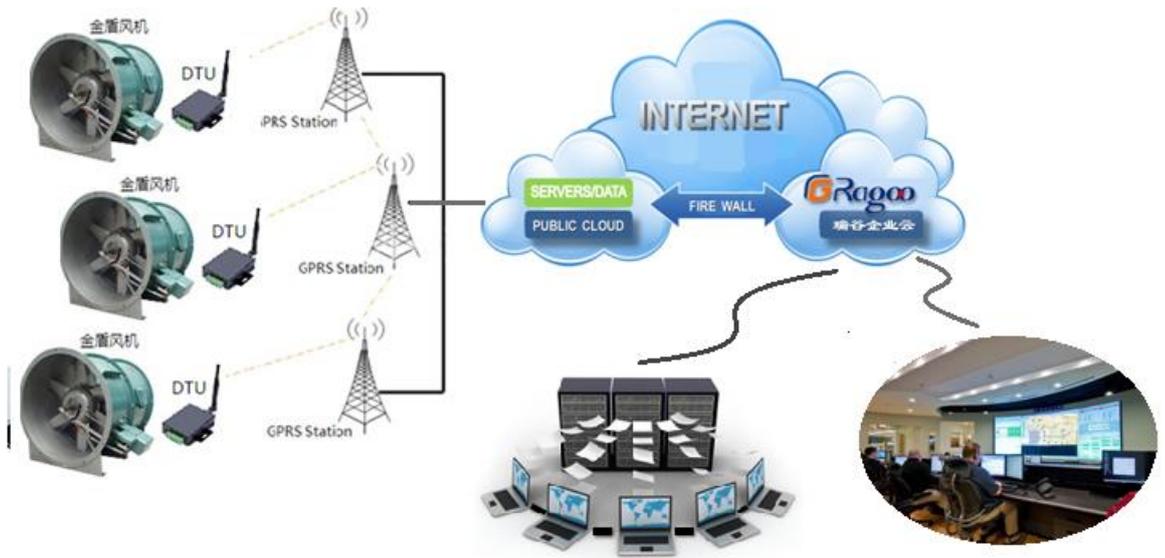


圖 3-4.34 物聯網數據採集架構圖

- (3) 風機喘振之預防方式，於風機裝設正向(正轉)防喘振環及反向(反轉)防喘振環
- (4) 智能化空氣淨化系統[8]，因應每個隧道與地鐵環境之不同，產品採用模塊參數化設計，可根據不同的現場，不同的條件進行選用。空氣淨化系統裝置主要由初效過濾段、靜電除塵段、粉塵清洗段、有害氣體處理段、風門段、風機段、消音段、水處理間及智能化控制等部件構成。

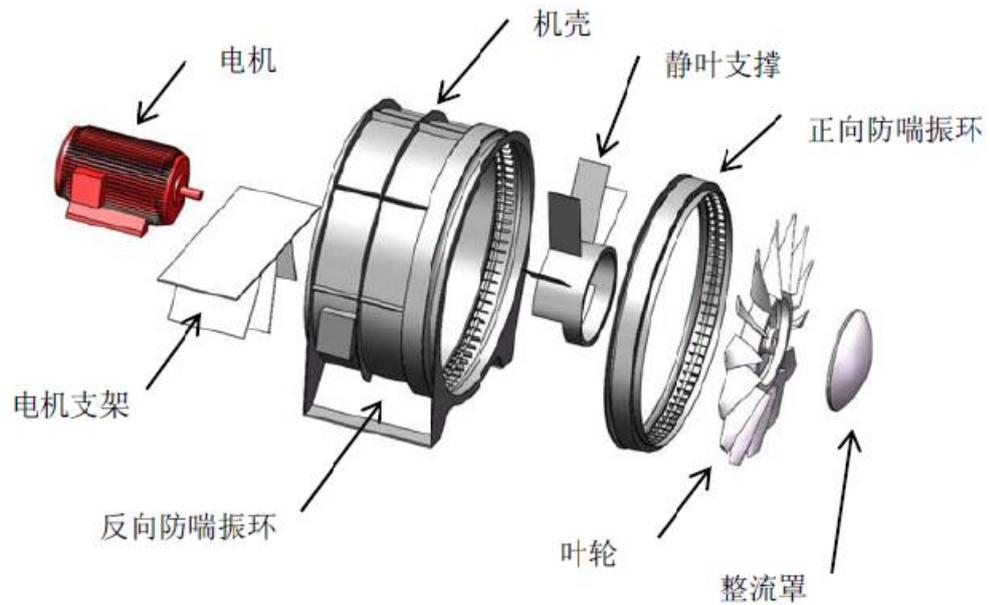


圖 3-4.35 風機構造圖

(5) 智能化控制能依據現場的污染物濃度變化自動調整風機的頻率及風門的開啟大小，從而改變整個裝置的通風速度，也能根據空氣中溫溼度的變化情況來自動調節除塵電廠的電壓，提高淨化效率；清洗系統全自動控制，節約清潔用水的用水量及清潔時間，而為了使空氣淨化系統運行安全可靠，需添加 10~15%之風量、附加 10~20%之風壓，以達成相關室內空氣品質之標準。

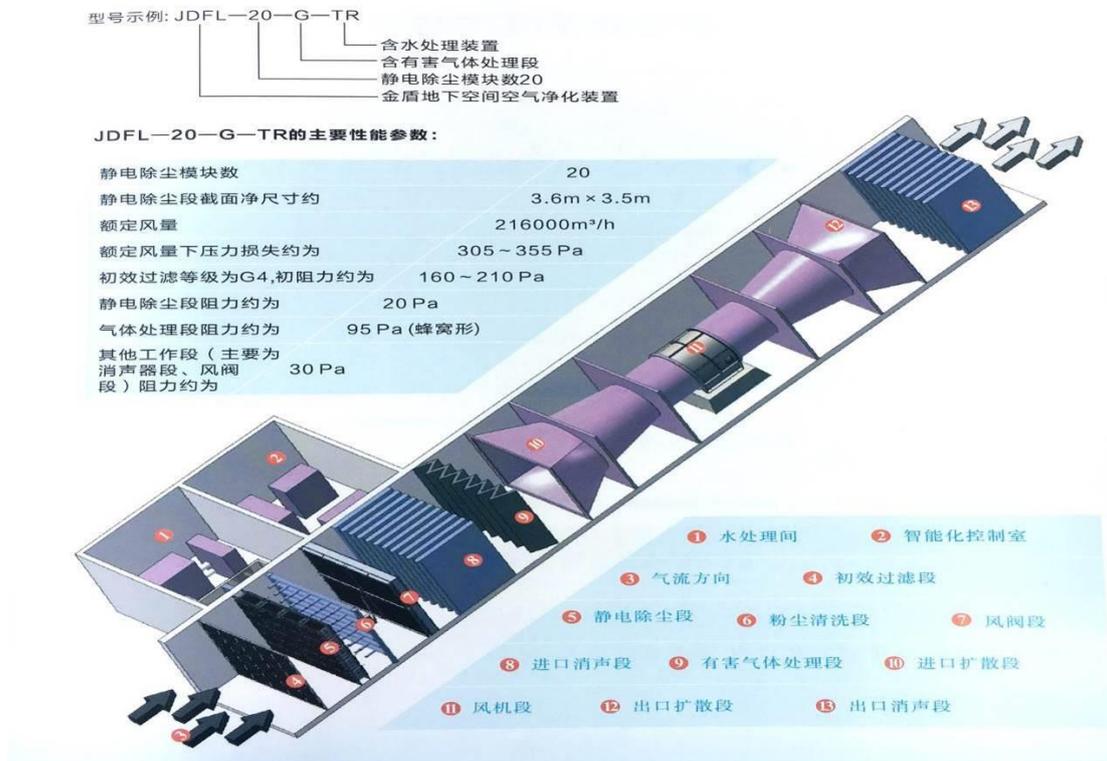


圖 3-4.36 智能化空氣淨化系統佈置圖

- (6.) 依循與營運公司之契約(合同)規定，驗收完工後廠商須提供兩年之保固，並於工廠內提供營運公司之技術或維護人員之教育訓練(包含考試)，且須定時提供回訓服務，以無縫銜接相關操作。
- (7.) 工廠內測試風機的性能，包含風管式及風道式，風管式主要測試標準規格之風機，風道式主要測試較大台且須調整進氣風量之風機。
- (8.) 大陸國家標準，緊急狀況時風機可運轉應為 250 °C/1 hr，金盾自主提升為 280 度°C/2 hr，造價雖比前規格風機多 30 %，但品質提升，技術向上，提供更可靠之設備。
- (9.) 智慧節能車控系統[9]：風機運轉時間與列車運行時間同步，風機變頻運轉，風機在列車進站時轉為高速(50 Hz)運轉，當列車離站時風機轉為低速(≤ 10 Hz)運行，該系統試用於南京地鐵 4 號線：原系統運行電費為 184,320 元/車站，安裝此控制系統後電費為 42,393 元/車站(約節省四倍之電費)，南京地鐵 4 號線全線 18 個站運行 10 年可以節約電費為 $(184,320-42,393) \times 10 \text{ 年} \times 18 \text{ 站} = 25,546,860$ 元，經濟效益相當可觀。

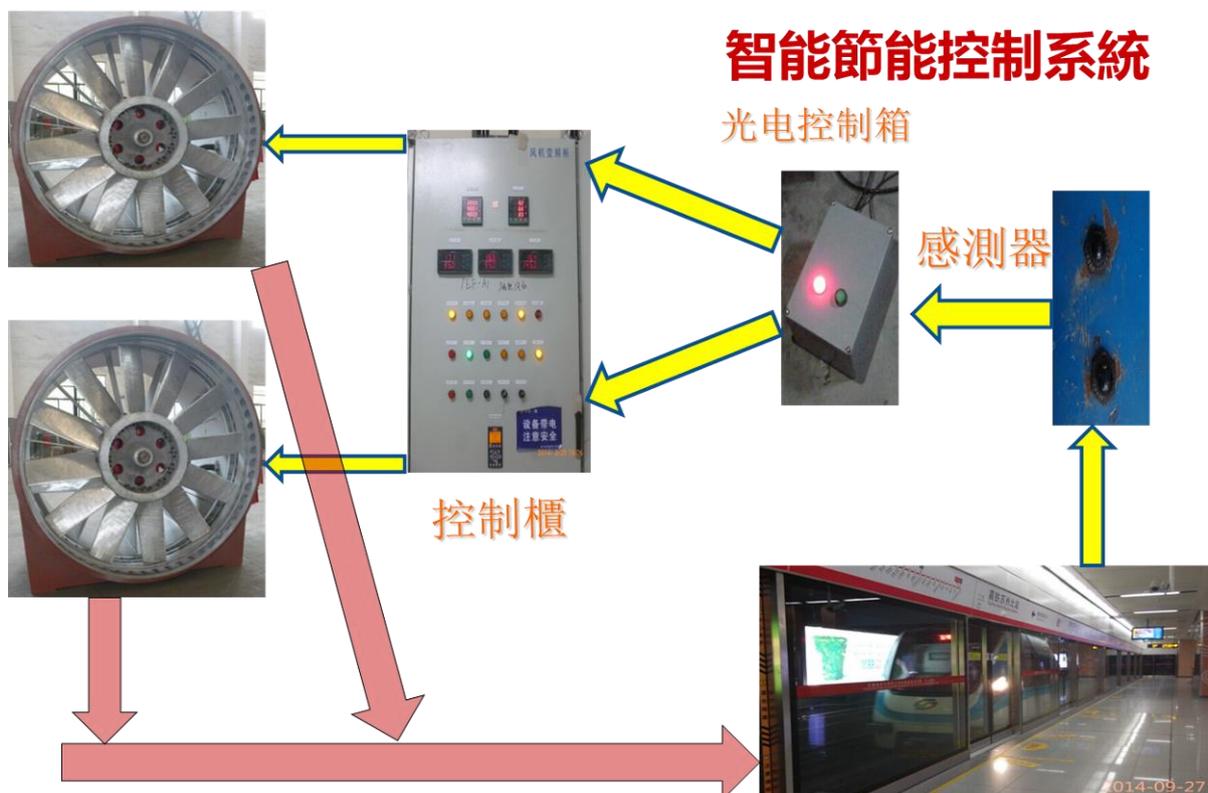


圖 3-4.37 智能節能車控系統示意圖

(五)杭州地鐵 2 號線

1.簡介

杭州地鐵[10]是運行於杭州市的軌道交通系統，其第一條線路杭州地鐵 1 號線於 2007 年 3 月 28 日開工建設，於 2012 年 11 月 24 日開通，是浙江省目前兩個擁有地鐵的城市之一，另一個為寧波地鐵。杭州也成為華東地區第四個開通地鐵的城市。

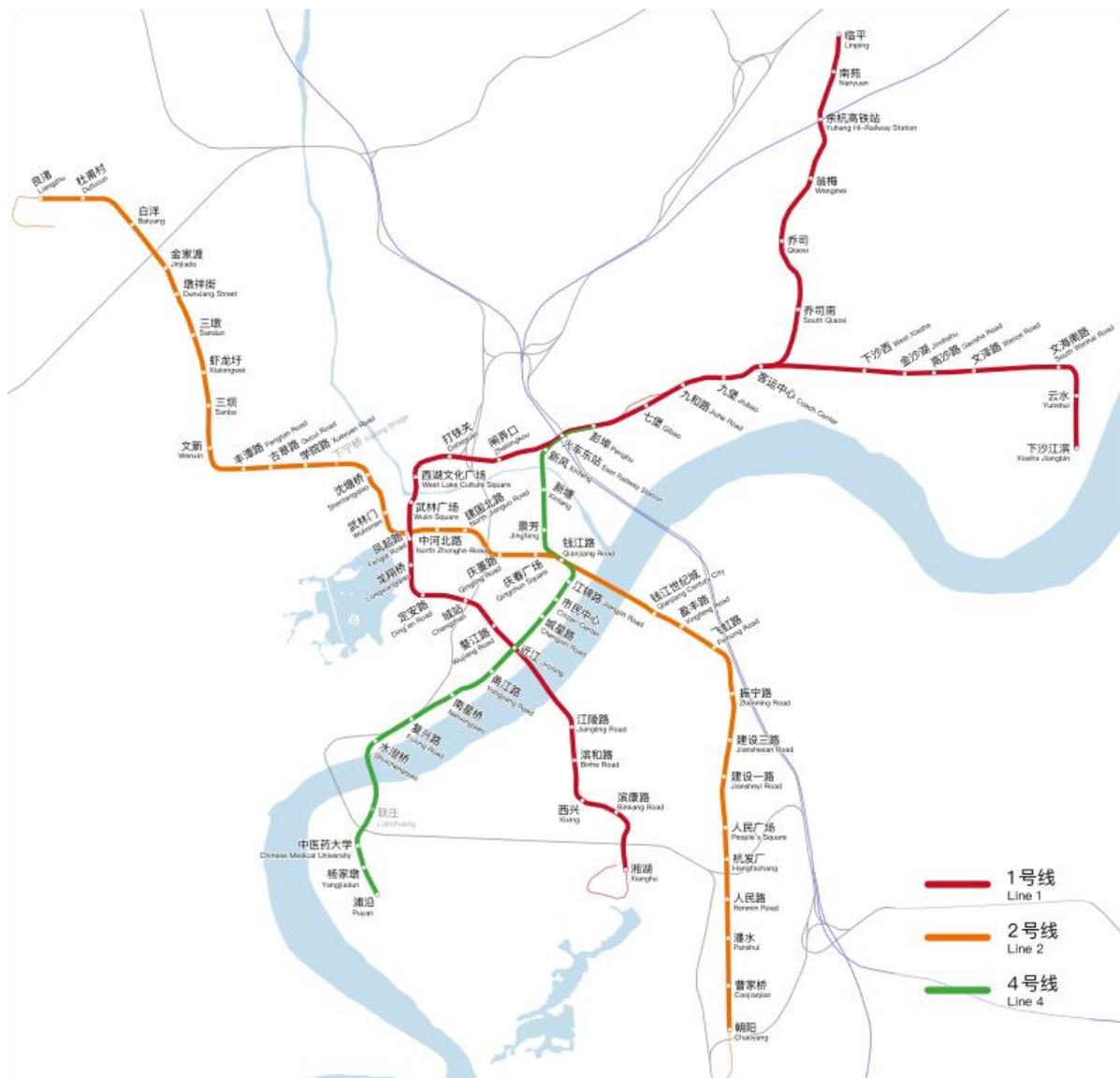


圖 3-5.1 杭州地鐵運營路線(至 2018 年 1 月 9 日)

杭州地鐵初期規劃總計為 13 條線路，和 12 條城際線路，總長為 375.6 公里（不含城際線路）。除杭州下屬縣市區外，杭州地鐵將延伸至湖州市德清縣、安吉縣，嘉興市海寧市、桐鄉市，紹興市柯橋區、諸暨市。截至 2018 年 1 月，杭州地鐵已開通 1 號線 53.6 公里，車站 34 座；2 號線 42.9 公里，車站 32 座；4 號線 20.8 公里，車站 17 座。三條線路共 117.3 公里，車站 78 座（換乘站不重複計算）。杭州地鐵為全球首個覆蓋 4G 網絡的地鐵系統。

2. 本次拜訪行程

拜訪地鐵 2 號線之古翠路(Gucui Road)站營運及負責維護風機之單位，並於隔日參訪建置中之三坝站(Sanba Station，已於 106 年 12 月 27 日通車啟用)，觀摩風機之調校。



圖 3-5.2 風機控制盤



圖 3-5.3 風機控制盤內部



圖 3-5.4 內部控制電腦



圖 3-5.5 風機運轉狀態



圖 3-5.6 電動多葉風量調整閥



圖 3-5.7 古翠路站消音器及風機配置



圖 3-5.8 古翠路站風門驅動馬達



圖 3-5.9 風門下方軌道層



圖 3-5.10 風門配置



圖 3-5.11 現場技術研討 01



圖 3-5.12 現場技術研討 02



圖 3-5.13 三坝站入口(建置中)



圖 3-5.14 進場管控

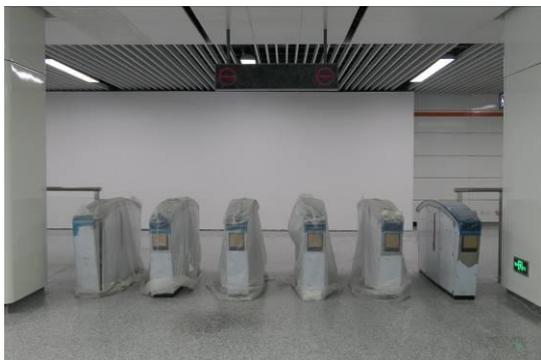


圖 3-5.15 驗票閘門



圖 3-5.16 參訪人員合照

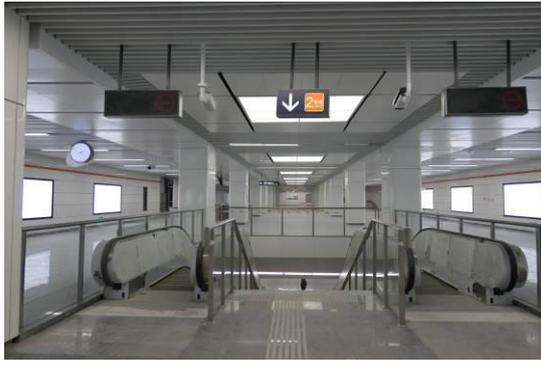


圖 3-5.17 車站大廳



圖 3-5.18 月台層 01



圖 3-5.19 月台層 02



圖 3-5.20 未來營運單位現場勘查



圖 3-5.21 電力配電室

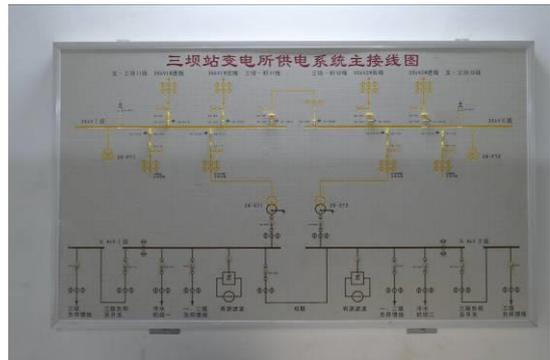


圖 3-5.22 供電系統示意圖

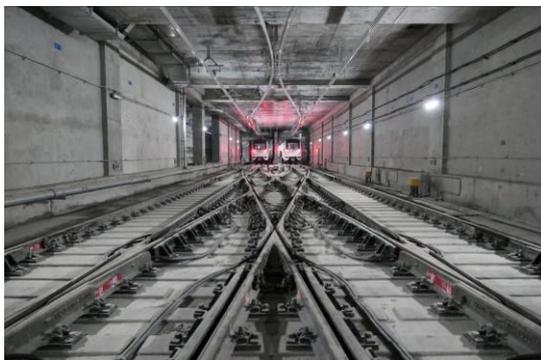


圖 3-5.23 軌道層

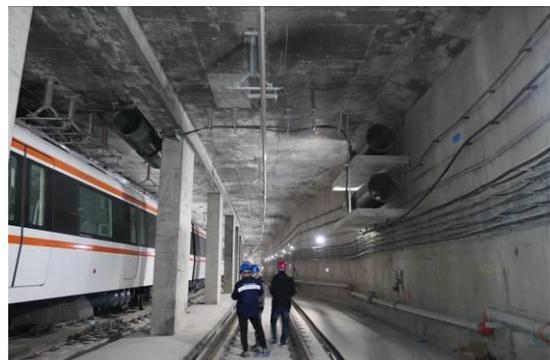


圖 3-5.24 路線風機配置 01



圖 3-5.25 路線風機配置 02



圖 3-5.26 銜接段



圖 3-5.27 排煙風門



圖 3-5.28 車站之行控室



圖 3-5.29 致贈現場解說工程師公關品



圖 3-5.30 致贈金盾風機經理公關品

3. 議題交流

- (1) 現場裝設之設備幾乎都是由大陸地區廠商所提供，操作介面也以中文為主要顯示方式，扶持其國內廠商及產業之推動不遺餘力。
- (2) 建置中之三坝站（已於 106 年 12 月 27 日通車啟用），未來營位單位已派員至現場依圖面查核施作品質，如需進入軌道層，亦須確實提報人數，離開時人數亦須與原提報之人數相同
- (3) 實際參訪現場之工作狀況，多數設備已緊湊的辦理測試，與本局之使命相同，於預定之通車時間必會達成通車啟用之使命。

肆、考察心得與建議事項

一、考察心得：

本次赴大陸地區參訪，由於現階段兩岸交流較不熱絡且適逢其舉辦中國共產黨第十九次全國代表大會前後，經洽之大陸官方單位與機構均無接受參訪之意願，屬於交通要點之車站或行控中心對於拍照、攝影、議題交流及資料提供之交流，亦感受其保留之態度；而後經台灣世曦工程顧問股份有限公司協助透過浙江金盾股份有限公司協助安排參訪本次考察行程，並就相關議題交流，以下為參訪心得：

- (一)國家標準或規範制定：經與大陸地區相關設計單位、營運單位研討，其辦理規劃設計時引用國家制定之標準或規範，作為其設計之基本依據，如 TB 10068-2010 鐵路隧道營運通風設計規範、TB 10020-2017 鐵路隧道防災疏散救援工程設計規範…等，其內包含各典型之案例、路段可參考，作為國家發布之標準或規範就隧道風機配置、安裝或營運維護之角度考量，可達成配置統一化、安裝單一化及營運維護簡單化之效果，且部分材料或設備可共通共用，降低後續維護營運之成本。
- (二)即時風機狀態監視智慧型運轉及故障預判系統：在隧道風機裝設資料蒐集器，將運轉或待機時之數據如電流、電壓、轉速，軸承溫度、震動…等現況，經資料蒐集器進行即時蒐集，並透過網路媒介(如無線網路、光纖通訊)送回雲端數據伺服器，進行儲存、分析、運算作業，並依據資料變化的趨向，達成監控檢測、營運數據、雲端計算、大數據分析及即時查看功能，建立有效的資料分析模型，對風機狀態作提前預警，從而安排風機進行計畫停機、檢修和維護，避免日常臨時故障造成損失。管理或維護保養人員可使用智慧型手機或電腦上網查看風機運行狀態及各項數據曲線，了解風機之運行狀況，以進行操作調度或指揮。
- (三)隧道通風系統配置差異性：從深圳及杭州地鐵的隧道通風系統配置來看，其設計與高雄鐵路地下化計畫隧道通風系統配置大致相同，差異部分在深圳及杭州地鐵風門驅動方式採電力(馬達)驅動，而高雄鐵路地下化計畫工程採氣動驅動，氣動驅動雖需要空壓機房的空間與相關設備購置及維護成本，但相較電力(馬達)驅動卻有風門啟閉定位快速、減少電力(馬達)驅動故障或馬達老舊推力不足，較可提供操作即時

性、可靠度之特性。另深圳及杭州地鐵軌道上方通風井與風機設備間未設置消音器，如此當隧道風機啟動時隧道噪音較大，容易影響月台上候車旅客。

(四)隧道通風系統之智能化空氣淨化：目前大陸隧道風機大廠正致力於將隧道進(排)風氣體，於風機側裝設除塵器、有害氣體處理之設計與應用，將高壓靜電場作用下使氣體電離，產生大量的自由電子、正負離子與通過電場之煙氣塵粒結合成電荷粒子，再分別向兩異極電極移動，使煙氣中塵粒與氣體分離並淨化排送氣體，減少對周邊環境污染，從裝設前之物理稀釋，轉而為有效淨化。

(五)產業與學界、營運單位合作：金盾風機與學界辦理研發合作，營運單位亦定期派員回工廠接受相關設計、安裝、維修等職能訓練，透過產業界、學術界、營運單位共同研討交流，應用基礎理論研究，引進國際先進技術進行吸收、消化、加大研發力量，貢獻科技進步和技術創新。

(六)推動國際認證之風機實驗室：國際空氣運動及控制協會(AIR MOVEMENT AND CONTROL ASSOCIATION INTERNATIONAL,INC.) 係屬國際非營利性組織，致力於風機，風門，消音器，中央空調..等設備性能認證工作，產品經過 AMCA 核實認證通過，代表其性能資料、數據是可被使用客戶大程度信賴的，在市場上相較於未經 AMCA 認證之產品更具競爭力。本次參訪浙江金盾風機股份有限公司，其生產的大部分產品已通過 AMCA 產品認證和效率認證，除此之外，金盾風機檢測中心已取得美國 AMCA 實驗室認可證書可作第三公證檢測資格(最大直徑 3.2 m)，同時取得大陸 CNAS 國家實驗室認可證書(CNAS L4908)，顯見大陸風機設備大廠積極追求世界級產品水準之決心與作為。

(七)現行 AI(Artificial Intelligence, AI)人工智慧蓬勃發展且各產業積極應用導入，如將隧道風機、車輛位置及車廂內畫面、隧道內運行狀況（如溫度、CO 濃度…等）、電力系統、號誌系統、通訊系統及與防災相關之裝置(設備)各訊號蒐集至 AI 系統，讓其學習各種模擬或實際狀況，透過演練以建立預測模式，於危害剛發生時或將要發生時即行處理，將可協助營運管理更具智慧化。

- (八)國內捷運系統已運轉 20 餘年，鐵路更是運轉百年之久，如以刻正執行之高雄鐵路地下化隧道通風工程採用之風機、風門均由國外進口，國內廠商尚無法完全符合鐵路營運所需之標準，建議參考國內或大陸成功之完成技術移轉之案例，盡速推動風機國產化，以累積經驗、精益求精，提供國內市場所需更積極開拓海外市場。
- (九)大陸持續進行大量鐵路建設案，累積豐富各種路段地形之鐵路施工經驗及產業製造技術，經由此次之考察參訪可知，初期之鐵路建設及研發，先與歐美外國廠商合作，引進外國之人力技術及知識，而後再憑藉全國鐵路建設契機，要求技術合作及移轉，逐步培養自己國內之製造廠及專業人力，並以獲得國際認證、技術輸出為主要目標，現已能將鐵路建設之施工能力及軌道車輛製造外銷，審視大陸地區鐵路建設、隧道通風設備研發製造之規劃、設計、施工及相關標準及規範之制定，確實有我國發展鐵路產業之借鏡。

二、建議事項：

- (一)日後契約內除訂定維護保養之條款外，可於契約內研擬未來營運單位(如臺灣鐵路管理局)人員至原廠受訓之計畫，將技術力、維修力藉由建置及維護之過程轉移並實在地扎根。
- (二)日後若辦理相關鐵路電氣化之計畫，可研擬將隧道風機之運行數據透過大數據蒐集送回雲端數據伺服器，並依科技發展導入 AI 輔以判斷，依據資料變化的趨向，對即將發生之故障預為告警，避免日常臨時故障造成損失，並連結物料管理及物聯網等資訊，預為排定維修保養計劃，管理或維護保養人員可使用智慧型手機或電腦上網查看風機運行狀態及各項數據曲線，了解風機之運行狀況，以進行操作調度或指揮或編排維修計畫。

伍、參考資料

- [1] 深圳市市政設計研究院有限公司，百度百科
- [2] 深圳地鐵，維基百科
- [3] 深圳地鐵 4 號線，維基百科
- [4] 深圳地鐵 11 號線，維基百科
- [5] 丹平快速路(一期)管理中心，工程概要資料
- [6] 浙江金盾風機股份有限公司，www.jindunfan.com
- [7] 數值風機，浙江金盾風機股份有限公司簡報資料
- [8] 智能化空氣淨化系統，浙江金盾風機股份有限公司簡報資料
- [9] 智慧節能車控系統，南京地鐵 4 號線車站風機節能方案簡報資料
- [10] 杭州地鐵，維基百科
- [11] 鐵路隧道設計規範(TB 10003-2001)，中華人民共和國行業標準
- [12] 鐵路隧道運營通風設計規範(TB 10068-2010)，中華人民共和國行業標準
- [13] 鐵路隧道防災疏散救援工程設計規範(TB 10020-2017)，中華人民共和國行業標準