

政府機關（構）人員從事兩岸交流活動（參加會議）報告

壹、交流活動基本資料

- 一、活動名稱：第二十一屆海峽兩岸隧道與地下工程學術與技術研討會
- 二、活動日期：112年8月18日至8月23日
- 三、主辦（或接待）單位：土木工程學會隧道及地下工程分會、岩石力學與工程學會地下工程分會及中華民國隧道協會合辦。
- 四、報告撰寫人服務單位：經濟部水利署北區水資源局

貳、活動（會議）重點

- 一、活動性質：(詳後述)
- 二、活動內容：(詳後述)
- 三、遭遇之問題：無
- 四、我方因應方法及效果：無
- 五、心得及建議：(詳後述)

參、謹檢附參加本次活動（會議）之相關資料如附件，報請備查。

職 吳建德

112年9月15日

活動（會議）重點

一、活動性質

自 1999 年以來海峽兩岸隧道與地下工程學術與技術研討會已經舉辦了 20 屆會議，給海峽兩岸隧道與地下工程學者和工程師提供了良好的學術交流平臺，參會者坦誠交流，取長補短，促進了隧道與地下工程領域科研、規劃、設計、施工與裝備技術的進步。

「第二十一屆海峽兩岸隧道與地下工程學術及技術研討會」於 2023 年 8 月 18 日至 8 月 20 日在中國大陸廣州市南沙市召開，由中國土木工程學會隧道及地下工程分會、中國岩石力學與工程學會地下工程分會和臺灣隧道協會共同主辦。本屆研討會以“隧道創新技術與重大工程實踐”為主旨，開幕式之後，有 5 位專家、學者進行特邀報告，另外還舉辦了一場主會場與四場分會場專題報告。會後還參觀了深江鐵路珠江口隧道工程與中鐵隧道局集團有限公司。本屆研討會來自海峽兩岸的領導、專家、學者、教授、工程一線的技術人員和學生代表百餘人(圖 1)，其中臺灣方面與會代表 29 人，為海峽兩岸隧道工程界一年一度之盛會。



圖 1 研討會與會人員合影

二、活動內容

本次會議活動包含特邀報告、專題報告及現地參訪，內容豐富(圖 2)，大致有以下重點：

- 1、 隧道與地下工程規劃、設計、施工、環境影響及控制創新技術和應用。
- 2、 低碳生態型隧道與地下工程建設新理念,城市地下空間資源節約、集約化開發用。
- 3、 數位化技術在隧道工程與地下工程建造、運營中的應用。
- 4、 隧道與地下工程施工風險、運營災害預報與防治信息化、智慧化技術;
- 5、 隧道與地下工程智慧化建造、綠色運維的實踐。
- 6、 城市中心區內河沉管隧道建設關鍵技術研究與應用。
- 7、 複雜條件下超大直徑盾構隧道建設新的挑戰和實踐探索。

開幕式					
時間	地點	主要內容	發言人	主持人	
08:30-09:10	三樓金茂廳	大陸方面：土木工程學會隧道及地下工程分會理事長致辭	唐忠	洪開榮	
		大陸方面：岩石力學與工程學會地下工程分會理事長致辭	陳衛忠		
		台灣方面：隧道協會理事長致辭	李順敏		
		廣州市市政工程设计研究總院有限公司領導致辭			
		中鐵隧道局集團有限公司領導致辭			
		中國土木工程學會領導致辭			
09:10-09:40		合影（地點：酒店一樓西面大坪） 茶歇（地點：三樓金茂廳前厅）			
大會特邀報告					
時間	地點	主要內容	發言人	主持人	
09:40-10:10	三樓金茂廳	大陸方面土木工程學會隧道及地下工程分會主題報告： 《鑽爆法隧道圍岩快速識別與動態安全分析及應用》	朱合華	大陸： 竺維彬 台灣： 王泰典	
10:10-10:40		大陸方面岩石力學與工程學會地下工程分會主題報告： 《大跨度公路隧道支撐理論與技術》	陳建勛		
10:40-11:10		台灣方面隧道協會主題報告：《台灣隧道工程之未來與挑戰》	李民政		
11:10-11:40		《地下工程水害防治技術的發展與“工程醫院”共享平台建设進展》	王賢明		
11:40-12:10		《雙碳戰略下我國城市地下與地鐵隧道工程進展》	陳湘生		
12:10-13:10			午餐		

主會場				
時間	地點	主要內容	發言人	主持人
14:00-14:20	三樓金茂廳	《复合地层盾构技术创新和产业发展》	竺维彬	大陸： 傅鶴林 台灣： 王泰典
14:20-14:40		《联络通道与潜盾隧道掘进并行施工案例探讨》	郭景琳	
14:40-15:00		《海珠湾过江隧道总体方案设计研究》	魏立新	
15:00-15:20		《地下管廊病害识别与整治》	李明书	
15:20-15:40		《大直径盾构在轨道交通复杂环境应用研究与实践》	农兴中	
15:40-16:00		茶歇（地點：三樓金茂廳前厅）		
16:00-16:20	三樓金茂廳	《离散元素法于类岩材受剪力破坏观行为分析》	陈韦志	大陸： 叶飞 台灣： 蕭富元
16:20-16:40		《公铁合建双层盾构隧道设计关键技术》	肖明清	
16:40-17:00		《地下工程智能建养高端装备与机器人实用技术》	李利平	
17:00-17:20		《盾构隧道智能建造探索与应用》	郭卫社	
17:20-17:40		《活动断裂带铁路隧道韧性结构体系及运营保通关键技术》	田四明	
17:40-18:00		《超大埋深软岩隧道大变形主动控制技术》	谭忠盛	
19:00-21:00		大會晚宴（地點：三樓金茂廳）		

分会场一				
时间	地点	主要内容	发言人	主持人
08:40-09:00	三樓金茂厅A厅	《盾构隧道接缝力学变形与防水性能试验与模型研究进展》	丁文其	大陆： 张稳军 台湾： 李佳翰
09:00-09:20		《构造活跃区深埋隧道岩爆机制及预测研究》	傅鹤林	
09:20-09:40		《桩基础受潜盾隧道近接施工影响之三維数值分析-以林口东林电缆隧道为例》	张弘杰	
09:40-10:00		《软土地区复杂条件下超长超大矩形断面顶进隧道创新设计》	陈伟	
10:00-10:20 茶歇（地点：三樓金茂厅前厅）				
10:20-10:40	三樓金茂厅A厅	《广州市中心城区沉管隧道建设新技术综述》	刘力英	大陆： 魏立新 台湾： 赵晓周
10:40-11:00		《隧道衬砌震状自动化判释初步研究成果》	苏仁伟	
11:00-11:20		《大直径盾构隧道纵向接头非线性力学行为与安全评价研究》	黄林冲	
11:20-11:40		播放参观工地视频：1、海珠湾隧道；2、深江铁路珠江口隧道；3、车陂南隧道/会展西隧道共享干坞项目		
11:40-12:00	闭幕式			
12:10-13:10 午餐				

分会场二				
时间	地点	主要内容	发言人	主持人
08:40-09:00	三樓金茂厅B厅	《新世代公路隧道全生命周期维护管理案例分享》	林衍丞	大陆： 马栋 台湾： 郭奇正
09:00-09:20		《盾构隧道衬砌典型工程案例及修复加固技术》	刘庭金	
09:20-09:40		《隧道等效照明光环境理论及实现路径研究》	何世永 梁波	
09:40-10:00		《波纹板衬套技术及其在铁路隧道衬砌病害整治中的应用》	邹文浩	
10:00-10:20 茶歇（地点：三樓金茂厅前厅）				
10:20-10:40	三樓金茂厅B厅	《隧道衬砌影像与震状描绘云端展示模块研发》	萧富元	大陆： 刘庭金 台湾： 萧富元
10:40-11:00		《应对深埋、超长距离条件下的“高速盾构”新理念》	王华伟	
11:00-11:20		《超大直径盾构风险识别与关键控制技术》	曾毅	
11:20-11:40		播放参观工地视频：1、海珠湾隧道；2、深江铁路珠江口隧道；3、车陂南隧道/会展西隧道共享干坞项目		
11:20-11:40	移步三樓金茂厅A厅：闭幕式。			
12:10-13:10 午餐				

分会场三				
时间	地点	主要内容	发言人	主持人
08:40-09:00	一樓南沙厅A厅	《隧道扩挖技术研究与案例探讨》	李佳翰	大陆： 郭卫社 台湾： 李明书
09:00-09:20		《城区地下道路建设关键技术》	由广明	
09:20-09:40		《沉管隧道止水带国产化研究与应用》	孔令俊	
09:40-10:00		《超前水平钻探成套技术体系建设和研究》	姜来峰	
10:00-10:20 茶歇（地点：一樓南沙厅前厅）				
10:20-10:40	一樓南沙厅A厅	《澳门完善新口岸区污水截流管工程》	罗立	大陆： 傅金阳 台湾： 陈韦志
10:40-11:00		《水下隧道技术发展》	邢永辉	
11:00-11:20		《合式竖井掘进机的应用与展望》	韩成	
11:20-12:00 移步三樓金茂厅A厅：工地观摩讲解及闭幕式。				
12:10-13:10 午餐				

分会场四				
时间	地点	主要内容	发言人	主持人
08:40-09:00	樓南沙厅B厅	《以耦合马可夫链方法提升地质剖面预测之准确性-以台北捷运信义线东延工程为例》	陈韦志	大陆： 同治国 台湾： 罗立
09:00-09:20		《盖挖法在白河水库绕库防淤隧道之应用》	汪世辉	
09:20-09:40		《地铁振动及二次辐射噪声影响分析与减振降噪措施研究》	唐仁	
09:40-10:00		《沉管隧道最终接头密封防水解决方案》	袁彬	
10:00-10:20 茶歇（地点：一樓南沙厅前厅）				
10:20-10:40	一樓南沙厅B厅	《厦门典型残积土地层的力学参数原位试验与辨识方法》	安然	大陆： 施成华 台湾： 汪世辉
10:40-11:00		《地铁车站施工阶段破足迹分析与评价研究》	周东波	
11:00-11:20		《潜盾隧道邻近既有结构物之二维分析与监测管理》	高赠智	
11:20-11:40 移步三樓金茂厅A厅：工地观摩讲解及闭幕式。				
12:10-13:10 午餐				

圖 2 研討會內容概覽

(一) 大會特邀報告

本次特邀報告邀請兩岸隧道工程界之專家、學者專題演講(圖 3)，依序為中國工程院院士朱合華教授演講「鑽爆法隧道圍岩快速識別與動態安全分析及應用」、中國大陸長安大學副校長陳建勳發表「大跨度公路隧道支護理論與技術」、台灣中興工程顧問(股)公司李民政副總經理演說「台灣隧道工程之未來與挑戰」、中國工程院院士王復明報告「地下工程水災害防治技術的發展與“工程醫院”共用平臺建設進展」、中國工程院院士 陳湘生講述「雙碳戰略下我國城市地下與地鐵隧道工程進展」共 5 篇大會特邀

報告，以下節錄其中 1 篇論文，重點摘要說明如下。
 有關中興工程顧問公司李民政副總經理發表「台灣隧道工程之未來與挑戰」(圖 4)，其內容包含：(1)蘇花公路安全提升計畫(蘇花安)；(2)環島高速鐵路(高鐵+快鐵)；(3)水資源工程(珍珠串計畫)；(4)電力工程(光明抽蓄水力發電計畫)；(5)面臨之挑戰等；講述台灣廣泛運用隧道於公共工程數量、功能及效益等，其中亦點出台灣地處板塊交界，使地震頻繁，地質年輕且軟弱，造成隧道工程極具挑戰，有助於台灣在專業隧道工程施工技術、相關材料及設備等領域，有相當提升及具有競爭及領先地位。






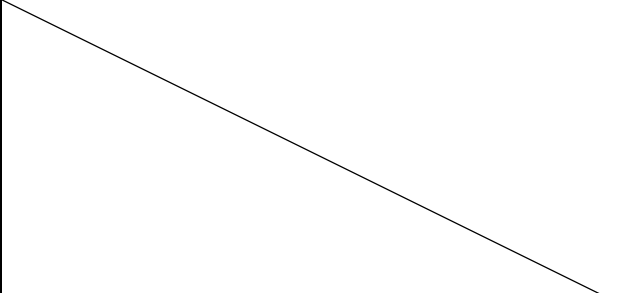
 <p>大陸方面土木工程學會隧道及地下工程分會主題報告</p> <p>《<u>钻爆法隧道围岩快速识别与动态安全分析及应用</u>》</p> <p>朱合华，隧道与地下空间领域专家，同济大学特聘教授，中国工程院院士，曾任同济大学土木工程学院院长，现任教育部土木信息技术工程研究中心主任。</p> <p>兼任英国剑桥大学智慧基础设施中心 (CSIC) 国际顾问，国际岩土工程联盟数据标准委员会主席，国际岩石力学学会中国国家小组主席，中国土木工程学会隧道及地下工程分会副理事长等。他合作开发开发了群体三维之心工程地质理论，被国际岩石力学协会所采纳，研发出基础建设智慧基础设施 (OS3) 为数字地下空间与工程的领导人，被国际同行认为“城市基础设施规划、设计、施工和维护信息集成力强的国际开拓者”。</p> <p>获国家和科技进步二等奖2项，省部级和一级学会的科技类奖项3项，一等奖10项，创办我国地下空间领域第一本国际学术期刊Underground Space (SCI收录)，获科技部“十一五”科技计划执行突出贡献奖，全国优秀科技工作者，上海市教学名师等荣誉，2012年获字辈国际学术贡献奖，2015年获德国洪堡研究奖。</p> <p>主讲人：朱合华 中国工程院院士 同济大学特聘教授</p> <p>(a)</p>	 <p>大陸方面岩石力学与工程学会地下工程分会主题报告</p> <p>《<u>超大跨度公路隧道设计理论与技术研究</u>》</p> <p>陈建勋，长安大学副校长，二级教授、博导，国家“万人计划”科技创新领军人才、教育部“长江学者”特聘教授，陕西省“三秦学者”创新团队带头人。</p> <p>长期致力于隧道及地下工程理论与应用基础研究，主持国家自然科学基金重点项目等国家、省部级和重大工程关键技术项目58项，发表论文167篇，其中SCI收录83篇，EI收录97篇，主编出版专著教材5部，编制标准规范4部；授权国家发明专利56项；获得省部级科学技术特等奖2项、一等奖4项、二等奖3项，国家级教学成果二等奖1项，陕西省教学成果奖特等奖1项。</p> <p>主讲人：陈建勋 长安大学副校长 二级教授、博导</p> <p>(b)</p>
 <p>台灣方面隧道協會主題報告</p> <p>《<u>台灣隧道工程之未來與挑戰</u>》</p> <p>現任中興工程顧問公司副總經理，台灣大學土木工程研究所碩士畢業，曾獲優秀青年工程師、台灣大學傑出校友等榮譽。</p> <p>李君具有大地工程及土木工程技術師資格，擁有35年隧道工程、土木工程、土石工程、土石工程、基礎工程、山岳隧道工程、水利工程及電力工程等規劃設計經驗，為台灣各項重大工程建設貢獻良多。</p> <p>主讲人：李民政 中興工程顧問股份有限公司 副總經理</p> <p>(c)</p>	 <p>《地下工程水災害防治技術的發展與“工程醫院”共享平台建设進展》</p> <p>王黎明，中国工程院院士，国家杰出青年基金获得者。</p> <p>现任中山大学土木工程学院院长，隧道工程灾变防控与智慧建养全国重点实验室副主任，广东省海洋土木工程专业实验室和广东省地下空间开发工程技术研究中心主任，南方海洋科学与工程广东省实验室(珠海) 岛礁与海洋工程创新团队首席专家。</p> <p>长期从事工程基础设施安全保护理论与技术研究，在涉海清水淤积和隐蔽病害诊治方面取得系统创新成果，研究成果获国家技术发明二等奖1项，国家科技进步二等奖、三等奖各1项，并获国际非开挖学术奖和河南省科学技术杰出贡献奖。</p> <p>主讲人：王黎明 中国工程院院士 国家杰出青年基金获得者</p> <p>(d)</p>
 <p>《双碳战略下我国城市地下与地铁隧道工程进展》</p> <p>陈寿生，中国工程院院士，俄罗斯工程院外籍院士，人工冻土专家，隧道与地下工程、特殊岩土工程、建井工程著名专家，深圳大学土木与交通工程学院院长，深圳大学未来地下城市研究院院长；兼任深圳地铁集团有限公司技术委员会主任，煤炭科学研究总院建井研究所所长。</p> <p>1982年1月毕业于淮南矿院，2000年1月获得清华大学博士学位(全国优秀博士论文)，先后访学于柏林工业大学、鲁尔大学和剑桥大学，历任煤炭科学研究总院北京建井研究所所长和副总工程师，深圳市地铁集团有限公司总工程师(副总经理)。</p> <p>先后主持或主参成600多项各类科研项目，主持完成总投资人民币1650亿60余项重大工程项；获国家科技进步奖3项，省部级和一级学会奖12项，4项詹天佑工程奖，出版8部专著或主编科技书籍，100余篇期刊会议论文；培养高级科技人员60多位，研究生和博士后毕业或出站15名。近年来，倡导智能岩土工程、智能地下工程、韧性城市概念与范式，地下永结构体系理论和算法，智能城市轨道交通。</p> <p>主讲人：陈寿生 中国工程院院士 俄罗斯工程院外籍院士</p> <p>(e)</p>	

圖 3 特邀報告主講者

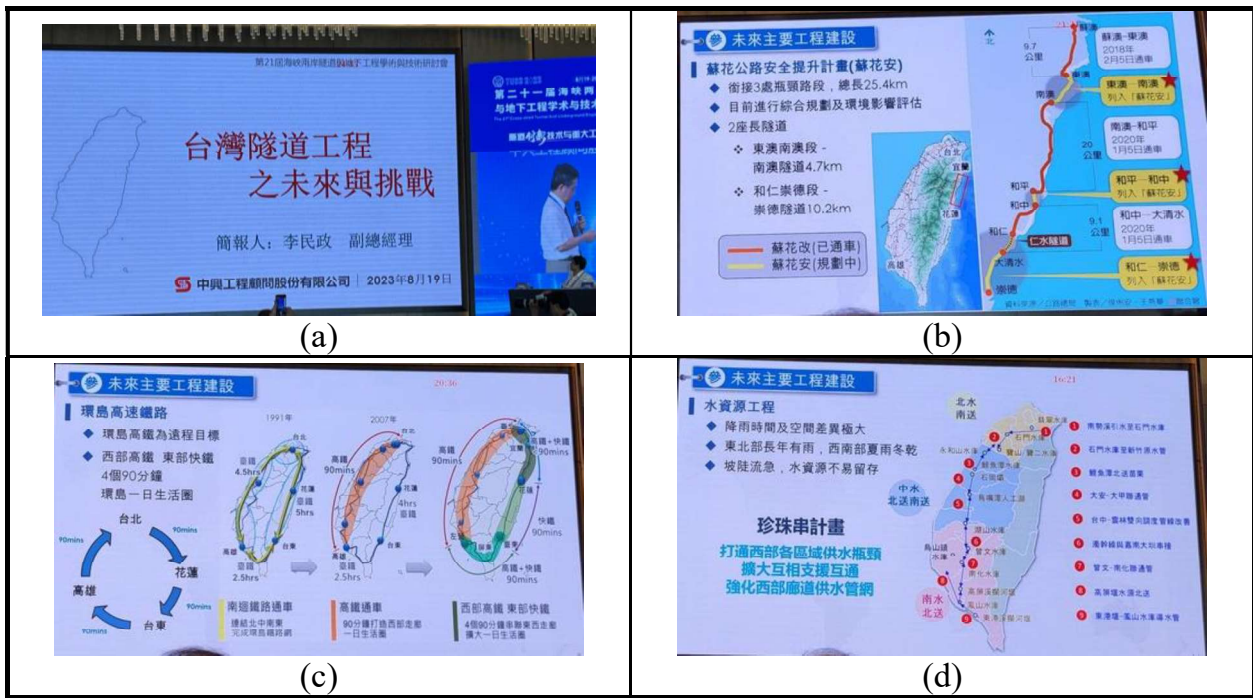


圖 4 特邀報告-中興工程顧問公司李民政副總經理發表內容

(二) 專題報告

本次專題報告大部分發表之文章內容均收錄於本次研討會論文集(圖 5)。各文章均十分值得國內借鏡、學習與參考，以下節錄 2 篇論文，重點摘要說明如：

1、山東大學李利平教授分別從隧道新建工程與檢測維護需求，說明「智能建造機器人裝備」與「智能診治機器人裝備」之開發現況與實際應用(圖 6)。其中智能建造機器人裝備又分為「鑽爆法隧道機器人」與「掘進機法隧道智能掘進技術」。有鑑於鑽炸法隧道現場作業環境惡劣且複雜、施工風險高，從定位、識別、控制、質控四大面向開發鑽爆法隧道機器人；此外，針對自動化掘進機則研發五官一腦(火眼金睛、聽波聰耳、超級巧鼻、鋼牙神經、號脈靈手五官與人工智腦一腦)之智能盾構。而針對「智能診治機器人裝備」則先後開發了：(1)軌交隧道全景重構與形變智能檢測機器人；(2)軌交隧道表現病害智能檢測機器人；(3)軌交隧道結構內部病害智能巡檢機器人；(4)軌道

平順性與扣件鬆動智能檢測機器人。

隧道建設(中英文)

第二十一屆海峽兩岸隧道與地下工程學術及技術研討會論文集

(2023年8月)

目次

· 綜述 ·

面向智能盾構施工的人因研究綜述 杜 娟, 張靜怡, 胡 聯, 甘雨凝(1)

· 研究與探索 ·

隧道斜井隔板式通風中應用射流風機的問題研究 楊立新(13)

飽和軟土地區束合管幕結構無粘結預應力筋線型影響分析 畢湘利, 王秀志, 張中杰, 潘偉強, 張伯昌, 柳 斌(20)

大直徑盾尾管片上浮影響的現場試驗研究 賀小寒, 馬 坤, 陳 健, 李明宇, 劉成武, 郝 軍(29)

以耦合馬可夫鏈方法提升地質剖面預測之準確性——以台北捷運信義線東延工程為例 李安敏, 溫修程, 李承霖, 陳志志(37)

离散元素法于类岩材料受剪破坏微观行为分析 陈韦志, 邓福宏, OWAYO Alphonce Ayado, 蔡晋俊(44)

关于矩形(棚)洞土压力荷载模式的探讨 冉龙洲, 袁 松, 王希宝, 廖沛源(51)

山岳隧道于水文地质特征影响的衬砌安全稳定评估 张伟智, 李炳寅, 萧富元(61)

盾构隧道施工信息平台之建置与应用 张正宪, 曾纪玮, 赖建宏(69)

盾构隧道邻近既有结构物之三维分析与监测管理 张巧轩, 高瞻智, 李怡德, 杨文天, 陶 杰(75)

隐伏型软硬岩接触带温滑三极联合反演成像模拟及应用 谭 磊, 江晓蓝, 胡晓武, 徐 虎(83)

卵石地层水泥盾构环流管道排渣特性研究 任 斌, 贾进峰, 王少泽, 叶广明, 王义增(93)

盾构隧道机械法联络通道破洞施工中管片衬砌洞门结构力学响应的数值模拟研究 王 强, 崔玉润, 倪海波, 黄宏伟(100)

桩基础受盾构隧道近接施工影响之三维数值分析——以林口东林电缆隧道为例 张仁杰, 林嘉欣, 余维文, 罗赠文, 蔡豪欣, 金宗谦(110)

基于希尔伯特边缘理论的含隧道岩体震动破洞模式研究——以隧道正交下穿主滑方向滑体为例 孙 浩, 曹生慧, 吴红明, 张克宏, 黄新宇(117)

· 规划与设计 ·

隧道扩挖技术研究及案例探讨 李仕翰, 邱家发, 王泰鑫, 刘晚坤(130)

曹文南化联通管工程消能设施工作井设计案例探讨 徐同坤, 刘安强, 陈国峰, 傅赐荣, 林岳峰, 徐立政(136)

襄阳鱼梁洲汉江沉管隧道陆域最终接头止退关键技术 许 昱, 刘明虎, 徐国平, 王 勇(143)

深中通道沉管隧道水下推出式最终接头构造研究 邓 斌, 黄清飞, 金文良, 刘明虎, 夏丰平, 胡 海(151)

· 施工技术 ·

盾构隧道于复合地层施工之地盘改良施作案例 梅国梁, 王锦伍, 徐学高, 王德远, 陈建仁(159)

盖挖法在白河水库绕库防淤隧道之应用 汪世群, 王健力, 陈星如, 刘俊杰(168)

联络通道与盾构隧道掘进并行施工方案探讨 郭景琳, 郑景磊(173)

大断面小间距矩形管隧道掘进扰动施工控制技术——以沪沪路—三门路立交工程为例 刘喜东(180)

TBM 隧道衬砌侧壁围岩承载分析与不良地质处理 谢金虎, 谢 颖, 刘水胜, 潘 鑫, 尹 龙(193)

盾构掘进姿态自动控制技术研究与应用 简 鹏, 杨 晨, 游宇高, 荆留杰, 戴家琪, 徐受天(200)

隧道可拆卸式临时仰拱技术及应用研究 陈世豪, 代青华, 陈培培, 袁 青, 焦齐斌, 杨 创(206)

· 施工机械 ·

基于角度旋转控制平台的隧道瞬变电磁三维自动探测装备研发与应用 陈 钰, 刘明伟, 曾加法, 陈敬理(215)

土压平衡盾构出渣温度实时监测系统设计与应用 孙 恒, 杨 琴, 黄新森, 李杰华, 张 繁(224)

· 监控与维护 ·

地下管廊病害识别与整治 尚新民, 李明书, 陈美蓉(231)

隧道衬砌影像与异状测绘云端展示模块研发 萧富元, 李炳寅, 赖建宏, 阮英彦(212)

新世代公路隧道全生命周期维护管理案例分享 陈贵芳, 王庆雄, 周建勤, 林衍宏, 何金盆, 陈正勤, 萧富元(247)

隧道衬砌异状自动判释初步研究成果 严 宽, 韩仁敏, 张荣铭, 苏仁伟, 王元度, 李佑德(254)

· 典型工程 ·

澳门完善新口岸区污水截流管工程 罗 立, 余国达, 邱 斌, 杨广培, 陈 冬, 杨进凯, 郑景卿(260)

· 文摘 ·

广州市中心城区沉管隧道建设新技术综述 魏立新, 欧振伟, 刘力英, 杨泰山(267)

海珠湾过江隧道总体设计方案研究 魏立新, 杨泰山, 刘力英, 傅桂林(267)

场地受限条件下盾构平移始发施工技术 陈建亮, 陈礼强, 徐顺明, 王逸飞(268)

纵向坡度对粉砂地层隧道施工管片上浮的影响 章勤新, 叶祥贤, 谭俊俊, 苏 桂, 周 敏, 成 浩(268)

基于加固台车的波纹钢板隧道套衬施工技术——以大广高速武吉段九岭山隧道为例 段卫亮, 梁国卿, 赵俊宇, 朱登堂(269)

超大直径盾构超大堤加固三维数值模拟研究——以季华西路延线工程为例 李志锋, 江 俊, 温瑜蓉, 苏 桂, 曾国东, 杨鹏宇, 余洪鑫(269)

地铁城下空间综合可达性测度及优化路径研究——以青岛市为例 姜勇鹏, 郭鹏飞, 董磊豪, 马晨骁, 彭芳乐(270)

排水深隧盾构下穿既有隧道沉降变形与施工控制研究 张小妹, 鲁 飞, 陈建斌, 牛宏荣, 苏 桂(270)

下穿城区隧道减振控制爆破快速施工技术 赵广平(271)

岩溶山区运营隧道突水涌砂机制及其处理措施研究 戴志仁, 胡瑞青, 赵启超(271)

跨断层山岭隧道新型增洞结构 贾建波, 魏嘉廷, 金宗康, 马伟斌, 陈生龙(272)

波纹板套衬技术及其在铁路隧道衬砌病害整治中的应用 鄢文浩, 马伟斌, 安哲立, 杨 群, 仵兵先, 张金宏(272)

16 m 级盾构始发筑岛围堰湖相淤泥原位固化试验研究 何 源, 宋相坤, 杨 创(273)

考虑黄土湿陷影响的预应力管廊模型试验设计 徐 强, 王 博, 安 鹏, 李文阳, 李晨威(273)

基于高压水射流的盾构泥饼切削试验研究 刘朋飞, 温博为, 杨 创, 许 超, 陈培培, 谢付全(274)

圆形深基坑应用环板撑支护体系下不同开挖工序对其结构内力与变形的影响分析 林伟波, 杨光华, 单联君(274)

大错台工混盾构隧道管片接缝密封防水试验与模型研究 阮一凡, 韩晓明, 李 毅(275)

高触变性淤泥层围堰钢板桩滑移特性分析及控制 宋相坤, 何 源, 杨 创(275)

注：第二十一屆海峽兩岸隧道與地下工程學術及技術研討會共收稿 103 篇，本論文彙集收錄全文+文摘共 54 篇，以文摘收錄的論文目前還在審理，為保護作者版權，以文摘形式呈現，供交流學習。

圖 5 研討會論文集目錄

2、中國鐵路經濟規劃研究院田四明專家針對隧道穿越或近活動斷層帶之相關課題進行許多研究，該研究透過案例分析、數值模擬與縮尺模型試驗等(圖 7)，獲致：(1)穿越(近)活動斷層帶隧道結構分區破壞機理；(2)穿越(近)活動斷層帶隧道抗震錯動性結構體系；(3)穿越(近)活動斷層帶強震後快速搶修保通關鍵技術等相關成果。隧道穿越活動斷層帶可分為：(1)震錯聯合作用段；(2)震動作用段；(3)震動影響段三區段；其中「震錯聯合作用段」隧道可採用“外層抗錯、中間吸能、內層抗震”之設計理念，而隧道抗震錯動性結構體系則為“分區設防、消能減震、節段抗斷、預留空間”。

2.1 钻爆法隧道机器人-智能装备少人无人化协同作业技术-机器人：我在哪？

问题导向：隧道为地下封闭环境，传统卫星定位方法失效，机器人精准定位困难

技术突破一（定位）：基于惯导与图像识别的GPS拒止场景定位技术

工程技术难题

- 昏暗
- 多尘
- 水汽

（N.V.P）-我在哪？

隧内机器人难以精准定位自身

创新思路

自我定位：惯导与图像数据融合

惯导定位 → 图像修正 → 修正 → 修正 → 修正

实现了地下工程装备厘米级定位、亚秒级响应

(a)

2.1 钻爆法隧道机器人-智能装备少人无人化协同作业技术-机器人：怎么认的清？

问题导向：隧道内部环境复杂，机器人自主作业区域识别、施工方案难以匹配

技术突破二（识别）：基于数据挖掘的施工环境目标识别技术

工程技术难题

- 作业环境多样，目标识别难
- 目标形态多样，识别准确率难

隧内机器人难以精准识别作业对象

创新思路

目标识别：视觉图像与深度信息融合

基于深度神经网络识别隧道复杂作业对象

实现了围岩、初支、二衬等多类型对象的高精度自动识别

(b)

2.1 钻爆法隧道机器人-智能装备少人无人化协同作业技术-机器人：怎么走的好？

问题导向：隧道环境干扰信号传输，内部路况及施工环境复杂，机器人自主安全行进困难

技术突破三（控制）：基于可靠数据传输的机器人路径规划与行进控制技术

隧内独立组网通信技术

- 采集
- 压缩
- 发送
- 接收
- 校验
- 解码
- 执行

50U_crawler_Fidbus主程序设计

机器人智能行进技术

实现了机器人负载越障、主动避障及智能行进

(c)

2.1 钻爆法隧道机器人-智能装备少人无人化协同作业技术-机器人：怎么控的好？

问题导向：隧道岩机作业类型多样，约束关系复杂，作业质量控制难

技术突破四（质控）：基于机器人-岩体耦合效应的作业质量控制技术

工程需求

- 掌子面风险源无人化排除
- 无人化凿岩成孔

创新思路

接触贴合作用：接触力预测理论

侵入钻进作业：最优钻进效率约束调控方法

解决了机器人岩机作用模型的智能调控难题

(d)

总体目标：地质-滚刀-结构全息感知 → 降低施工风险，完全智能建造

（一）地质

1. 地质探测装备 火眼金睛
2. 界面识别装备 听波配耳
3. 气体监测装备 超级巧鼻
4. 滚刀监测装备 钢牙神经
5. 注浆检测装备 号脉灵手

有效控制突水涌砂、地面塌陷、爆燃中毒、刀盘损坏与地表沉降等灾害

(e)

三、智能诊治机器人装备 --- 检测机器人 00:03:24

针对不同病害检测需求，形成四款巡检装备：

1. 轨交隧道全量结构与形变智能检测机器人
2. 轨交隧道表面病害智能检测机器人
3. 轨交隧道结构内部病害智能检测机器人
4. 轨道车辙磨耗和扣件松动智能检测机器人

结构变形：错台、收敛、侵限
表面病害：裂缝、掉块、渗漏水
内部病害：衬砌空洞、不密实
轨道病害：不平顺、扣件松动

(f)

圖 6 地下工程智慧建養高端裝備與機器人實用技術(李利平，2023)

(1) 穿越（近）活动断裂带隧道三区段抗震设防方法 00:07:31

穿越活动断裂带隧道设防三区段：震错联合作用段、震动作用段及震动影响段

- 震错联合作用段：强烈震动+横向错动+轴向拉压作用
- 震动作用段：强烈震动+轴向拉压作用
- 震动影响段：强烈震动作用

穿越活动断裂带隧道设防分区示意图

(a)

(3) 适应震错联合作用的外层抗错-中间吸能-内层抗震的隧道结构型式 00:05:43

提出“外层抗错，中间吸能，内层抗震”设计理念

发明了适应活动断裂带震错联合作用的隧道结构

震错联合作用示意图

外层抗错，中间吸能，内层抗震隧道结构

参数	取值
外衬内径	16m
外衬高度	16m
外衬厚度	0.6m
内衬内径	14m
内衬高度	12m
内衬厚度	0.4m
中间吸能段	1m

(b)

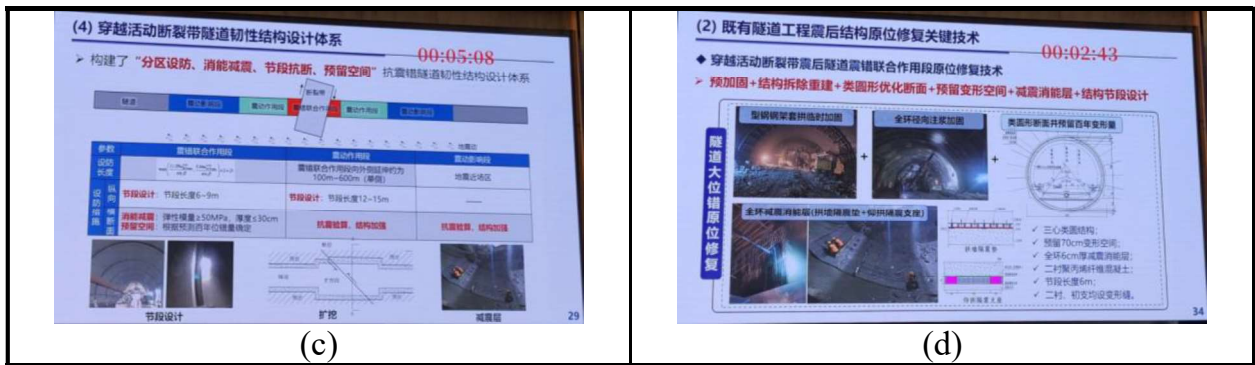


圖 7 活動斷裂帶鐵路隧道韌性結構體系及運營保通關鍵技術(田四明，2023)

(三) 現地參訪

深江鐵路是深圳至江門的新建鐵路，正線全長 116.12 公里，設計時速 250 公里/小時，位於粵港澳大灣區中心，是全國“八縱八橫”高速鐵路網沿海通道的重要組成部分，為對接服務“一帶一路”倡議、支援粵港澳大灣區和中國大陸廣東自貿區建設的重大交通基礎設施(圖 8)。

珠江口隧道是深江鐵路全線控制性工程，全長 13.69 公里，設計時速 250 公里，完成後從南沙到達東莞只需 4 分鐘車程。主要包含 755 公尺明挖隧道、2,930 公尺盾構隧道、5,490 公尺礦山法隧道及 1,160 公尺長斜井，計畫工期 66 個月，造價 19.97 億元，於 2020 年 7 月 2 日開工建設。

本工程具有三大特點：1、超長距離：本標段線路全長 9,175 m，其中海域段長約 8,037 m，屬於海底施工超長隧道，為單洞雙線高速鐵路隧道，採用“盾構+礦山”組合法施工；2、超高水壓：海域段最大埋深 115 m，水文、地質條件極其複雜，周邊環境水腐蝕性較為嚴重，採用“大灣區號”盾構機設計承壓能力達到 12 bar，為目前世界之最；(3)複雜地質：隧道沿線穿越液化砂層區、軟硬不均段、破碎帶風化深槽等複合地質，岩性複雜多變，斷裂帶 10 條，與江水連通，且需穿越重大建築物基礎，施工技術挑

戰極高。

參訪過程發現本工程有幾項特色(圖 9)：(1)地表上設有“盾構遠程操控平台”，當隧道內潛盾機有狀況時，可切換改由地表之操控平台控制潛盾機之作業；(2)地面室內設有“智慧管控平台”，以即時影像獲取潛盾機掘進過程之所有數據；(3)隧道進出人員管制採用智慧感應，可得知目前隧道內各項作業之人數與名單；(4)工作井上下設備鋪設防滑草墊，經由感應式廣播設備，提醒人員前方有軌道台車通過；(5)隧道兩側管線(注漿管、排漿管、回水管、進水管、排水管)採用醒目貼紙或 LED 燈顯示提醒，並於固定距離設置控制閥，以利塞管時可分段檢測；(6)隧道襯砌環片組立採用“手持式無線遙控”，可隨時因應現場作業狀況調整；(7)襯砌環片採用直螺栓(非曲螺栓)，且採用單側(邊)鎖碇(非兩邊對鎖)；(8)隧道內通風循環良好、照明十分明亮、環境整潔乾淨，且設有衛生設備(洗手間)。



(a)

新建深圳至江门铁路先行开工段珠江口隧道工程平、纵断面示意图

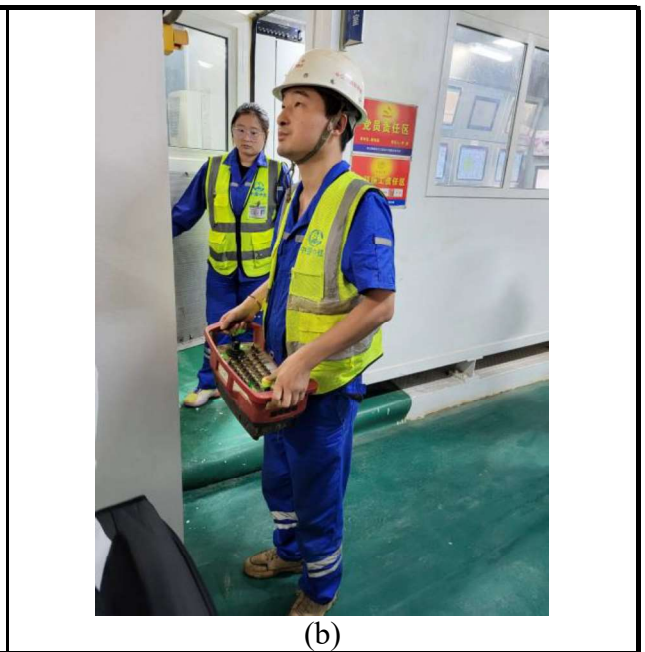


(b)

圖 8 深江鐵路珠江口隧道平/縱斷面示意圖



(a)



(b)



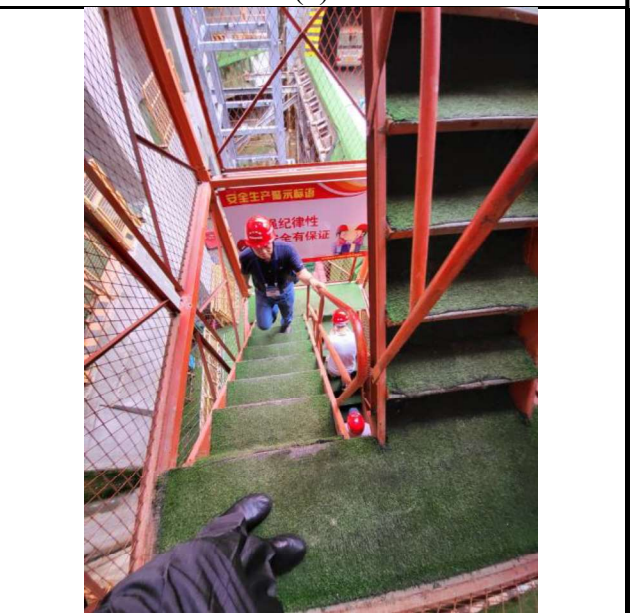
(c)



(d)



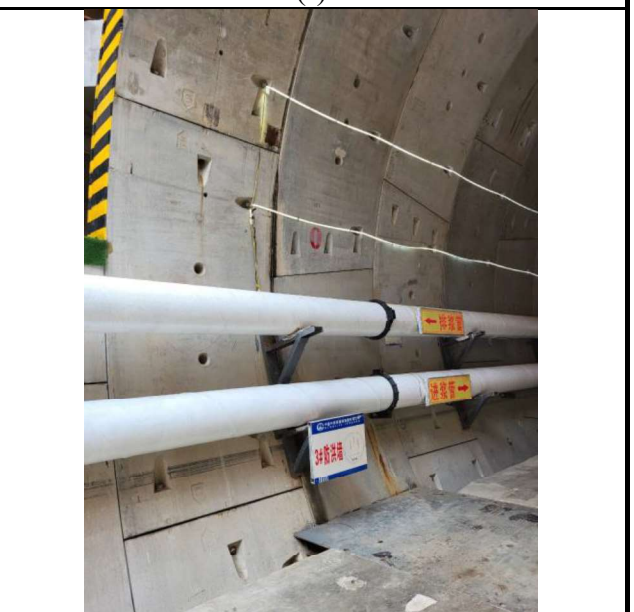
(e)



(f)



(g)



(h)

圖 9 珠江口隧道參訪過程照片

三、心得及建議

這次代表機關參加第二十一屆海峽兩岸隧道與地下工程學術與技術研討會，除聆聽兩岸隧道工程界專家、學者精湛之演講外，並現地參訪，可說是獲益良多，此行之心得感想列述如后。

- (一) 中國大陸隧道工程建設量高，並獨自生產 TBM 與潛盾機，甚至外銷至國外，近幾年隨著技術與經驗的累積，則開始優化並研發許多輔助系統，使 TBM 與潛盾機能適用更多土壤與岩石種類、利用推進數據與刀頭監測儀器評估刀頭磨耗狀況、於盾盤後更換切削刀頭、手持式無線遙控環片組立等技術。
- (二) 鑒於穿越活動斷層山岳隧道之抗震議題日漸受重視，未來設計類似隧道時可先依隧道與活動斷層相關位置化分為三區，並採用“分區設防、消能減震、節段抗斷、預留空間”之韌性結構設計理念，以大幅減低隧道受震之破壞範圍；另外，透過隧道內地面光達或高階相機擷取隧道開挖面影像資料，轉置該隧道之三維地質模型，以預測隧道前方地質狀況，有利於隧道後續開挖與支撐作業；未來本局面對活動斷層之「石門水庫至新竹聯通管工程」可參酌相關設計理念及施工技術之精進。
- (三) 目前中國大陸隧道工程之工地現場已越來越重視職安與環境衛生，多科研項目開發機器人應用於鑽炸隧道與潛盾隧道之施工優化與自動化，另外，設置 CCTV 攝影機，智慧門禁管制、遠端監控平台、管線種類 LED 燈標示、感應式廣播系統等，其規格與等級皆可借鏡及運用，對於從事隧道工作人員安全，及相關監測作業，值得國內借鏡與參考。
- (四) 中國大陸研討會之演講內容與文章素質已大幅提升，現場

亦有相關設備或技術商展示攤位，演講中廣泛使用 3D 示意圖、縮時攝影與動畫模擬等，使聽者更直觀了解該研究目的、方法與成果。。

- (五) 此次會議的協力單位及贊助廠商眾多，會場布置、影音聲光設備及空間規劃相當良好，餐點及歡迎晚宴相當豐盛，且熱情相待。未來台灣主辦時，建議力邀各單位共同參與協助，例如經濟部、交通部、地方政府、學校單位等；並鼓勵贊助廠商讓大會物力、人力、經費充裕。