

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書
(出國類別 1：出席國際會議)

參加「2016 海峽兩岸材料破壞與材料試驗學術
會議」

服務機關：行政院原子能委員會核能研究所

姓名職稱：張中興 副研究員

派赴國家：中國大陸 (湖北武漢)

出國期間：105 年 11 月 2 日 ~ 105 年 11 月 8 日

報告日期：105 年 11 月 28 日

摘 要

本次奉派中國大陸(湖北武漢)參加 2016 海峽兩岸材料破壞與材料試驗學術會議(暨第十一屆 MTS 材料試驗學術會議/第十三屆材料破壞科學研討會)並發表論文一篇。海峽兩岸材料破壞與材料試驗學術會議由海峽兩岸輪流主辦，此次會議(105 年 11 月 2 日~11 月 7 日)為第四屆，中國大陸由中國力學學會 MTS 材料試驗協作專業委員會主辦，武漢鋼鐵(集團)公司承辦，台灣由中國材料學會破壞科學委員會主辦，龍華科技大學承辦。會議交流重點涵蓋材料破損分析、壽命評估、風險破壞機率、腐蝕與防蝕、材料力學性能及試驗、斷裂力學、材料破壞及試驗、疲勞、環境對材料性能的影響等，本所歷屆均派員參加。此次會議期間，大會安排委員會參觀武漢鋼鐵研究院。會議結束後搭乘大陸高鐵至湖南長沙，參訪湖南吉首大學張家界學院，該分校建立於 2002 年，為一新興學院，目前屬三本高校。11 月 8 日午後搭機返台，結束此次為期 8 天之任務。此份出國報告分段敘述參加旨述學術會議之目的、過程、心得與建議。先進材料的發展拓寬了材料應用範圍，進一步影響了材料抵抗破壞與斷裂的能力，進而對材料試驗技術提出了更高要求的挑戰；海峽兩岸材料破壞與材料試驗學術會議為每 2 年定期舉行之國際會議，針對材料破壞科學與試驗技術理論與工程應用，海峽兩岸許多科研工作者、工程技術人員和科技企業均長期投入研究，並且藉由該學術交流平臺凝聚心得、進行運轉實務經驗交流與研發成果心得分享。隨著長期運轉，電廠組件材料老/劣化效應愈發顯著，因此依此次參加會議所獲之心得，建議(1)定期派員參與該國際會議，以對材料效能劣化本質能夠有更進一步的了解，並進行運轉實務經驗交流與研發成果心得分享，(2)電腦模擬技術(如電腦模擬材料照射損傷、氫脆損傷等)越發成熟，因此電腦模擬技術之發展與應用，值得關注，(3)重視並加強熱室軟硬體的提升，與國外研究機構合作，取得材料老/劣化評估技術及長期運轉管理資源，精進熱室檢驗及肇因分析技術。

目 次

摘 要.....	i
目 次.....	ii
一、目 的.....	1
二、過 程.....	2
三、心 得.....	11
四、建 議 事 項.....	31
五、附 錄	
附件一 第 4 屆海峽兩岸材料破壞與材料試驗學術會議組織委員會名單	A1
附件二 第 4 屆海峽兩岸材料破壞與材料試驗學術會議論文清單	A2

一、 目的

核能安全為核電廠運轉至高無上的要求，本所長期執行核電廠受損組件熱室檢驗及電廠整體安全評估工作，近年來針對(較重要者)如反應爐爐蓋螺椿、核燃料水棒連接桿、反應爐支撐裙板錨定螺栓、燃料匣鎖緊裝置螺栓、反應爐壓力槽頂蓋金屬封圈、反應爐爐心噴灑管路等系統、結構及組件，先後完成肇因分析。為對材料老裂化行為、受損機制分析與電廠整體安全評估技術有更進一步之了解與掌握，因此持續參與此破壞科學與材料試驗學術會議。

為精進組件材料受損機制相關分析技術之發展、組件結構完整性及使用壽命預測評估，此行主要目的如下：

- 1 出席 2016 海峽兩岸材料破壞與材料試驗學術會議，進行研究成果發表，了解中國大陸材料相關議題發展現況、拓展視野；
- 2 進行材料老(劣)化、失效分析及預測防制經驗分享，與關鍵技術資訊蒐集；
- 3 透過學術交流，瞭解當前材料研究遭遇之挑戰與可能解決方案，掌握研究方向，作為本所規劃相關研究計畫之參考。

二、 過程

本次奉派赴中國大陸參加2016海峽兩岸材料破壞與材料試驗學術會議及參訪行程如下：

日期	地點	內容
11月2日	台北 → 武漢	● 去程及委員聯席會
11月3~7日	武漢 / 長沙	● 2016 海峽兩岸材料破壞與材料試驗學術會議 ● 委員會參訪 1 武漢鋼鐵研究院 (武漢) 2 湖南吉首大學張家界學院 (長沙)
11月8日	長沙 → 台北	返程

以下就2016海峽兩岸材料破壞與材料試驗學術會議過程及參訪行程，進行簡要敘述。

1 學術會議委員會 (11月2日晚 0730~0930)

2016海峽兩岸材料破壞與材料試驗學術會議正式開幕前，兩岸委員會委員於武漢賓館(圖1(a))進行委員會前會，就本屆會議議程、程序與方式，進行聯席會議，並對下一屆(第5屆，2018) 學術會議進行初步提案討論(圖1(b))。我方出席委員：翁榮洲主任委員(工業技術研究院)、丁鯤委員(龍華科技大學)、張士欽委員(清華大學)、張奇偉委員(中華大學)、李驊登委員(成功大學)、咎世蓉委員(工業技術研究院)、彭嘉肇委員(烏樹林工業區廠商協進會)、石漢正委員(中鋼)、許峰彰委員(中油)、張中興委員(行政院原子能委員會核能研究所)、彭詩恩秘書(工業技術研究院)。



(a)



(b)

圖1 (a) 武漢賓館迎賓，(b) 學術委員會委員意見交流討論 (作者：右3)

2 2016海峽兩岸材料破壞與材料試驗學術會議 (11月3日~11月7日)

(1) 2016海峽兩岸材料破壞與材料試驗學術會議由海峽兩岸共同主辦，此次會議在中國大陸湖北省武漢舉行；中國大陸由中國力學學會MTS材料試驗協作專業委員會主辦，武漢鋼鐵(集團)公司承辦，台灣由中國材料學會破壞科學委員會主辦，龍華科技大學承辦(會議組織如附件一)；會議主席為毛新平先生(周桂峰代，武漢鋼鐵集團公司)，共同主席為龍華科技大學丁鯤教授(圖2)，組織委員會主任委員中國大陸為王建國教授(北京科技大學)，台灣為翁榮洲組長(工業技術研究院，圖3)。海峽兩岸材料破壞與材料試驗學術會議今年為第4屆，註冊與會者約有150人，參加人員主要來自海峽兩岸學術單位、研究機構等教職與專業人員(圖4~6分別為委員會委員(部分)及會議開幕式與會人員合影)。



圖2 主席丁鯤教授 開幕式致詞



圖3 主任委員翁榮洲組長致詞



圖4 會議主席丁鯤教授(左)、周桂峰(中)，及翁榮洲主委(右)開幕式合影



圖5 學術委員會委員(部分)開幕式合影 (作者：右1)



圖6 開幕式與會者合影 (作者：第1排右3)

(2) 會議期間大會特邀6位專業人員進行跨領域專題演講

(i) 中鋼動力廠蒸氣鍋輪機動葉片之破損分析 (台灣 中鋼 石漢正研究員，圖7)

(ii) 寒區工程地質環境開放系統多場耦合作用試驗裝備研製中關鍵技術問題 (哈爾濱工業大學 凌賢長研究員)

(iii) 超高性能混凝土研究 (中鐵大橋科學研究院 田啟賢院長)

(iv) 非晶合金的斷裂機制與強度理論研究 (中國科學院金屬研究所 張哲峰研究員)

(v) 單向加載下的材料毫微測試方法 (西南交通大學力學與工程學院 蔡力勛教授)

(vi) LSM Rejuvenation for the Decayed Nickel-Based Alloys in Nuclear Industry (台灣國立成功大學機械系 李驊登教授)



圖7 石漢正研究員(台灣中鋼)專題演講

(3) 專題研討 (MTS軟件功能與開發)

- (i) MTS Test Suite 套裝軟體專題研討，內容含簡介、實驗設計基礎、實驗設計進階、自定義實驗方案舉例、報告編輯，與
- (ii) 實際應用範例，包含彎曲實驗、譜載疲勞實驗、斷裂實驗、各種軟體參數設置。

(4) 論文宣讀

作者宣讀「[反應器爐心噴灑管路薄化破壞分析](#)」論文(圖8)，及學術討論 (圖9、10)



圖8 宣讀論文



圖9 專題報告與討論 (作者：右1)



圖10 研討會一隅

3 委員會參訪

(1) 武漢鋼鐵集團公司(研究院)

武漢鋼鐵集團公司(下稱**武鋼**)於1955年開始建設，1958年9月13日建成投產，是中國大陸第一個成立的大型鋼鐵聯合企業(是大陸國資委直管的國有重要骨幹企業)。武鋼現有鋼鐵製造業、高新技術產業和國際貿易三大主業。鋼鐵產品主要有熱軋型鋼、熱軋捲板、熱軋重軌、冷軋捲板、冷軋取向和無取向矽鋼片、中厚板、彩塗鋼板、鍍鋅板、鍍錫板、高速線材等。武鋼廠區坐落於湖北武漢市東郊、長江南岸，占地面積約21平方公里。武鋼擁有礦山採掘、煉焦、煉鐵、煉鋼、軋鋼及物流、配套公輔設施等整套鋼鐵生產設備，並聯合重組鄂鋼、柳鋼、昆鋼後，成為生產規模近4000萬噸的大型企業集團(現今居世界鋼鐵業第四位)。2016年9月22日，寶鋼集團與武漢鋼鐵(集團)實施聯合重組並更名為中國寶武鋼鐵集團有限公司作為重組後的母公司，武鋼公司整體無償併入，成為其全資子公司。武鋼公司組織架構(圖11)，簡介如下：

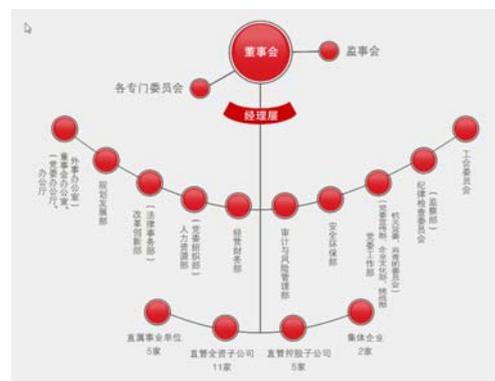


圖11 武漢鋼鐵集團公司組織架構

(i) **直管控股子公司** 包含武漢鋼鐵股份有限公司、武漢鋼電股份有限公司、武漢鋼鐵集團財務有限責任公司、武鋼集團昆明鋼鐵股份有限公司、廣西鋼鐵集團有限公司；

(ii) **直管全資子公司** 包含武鋼資源集團有限公司、武漢鋼鐵重工集團有限公司、武漢鋼鐵江北集團有限公司、武漢鋼鐵集團鄂城鋼鐵有限責任公司、武漢鋼鐵集團物流有限公司、武漢鋼鐵集團耐火材料有限責任公司、武漢鋼鐵工程技術集團有限責任公司、武漢鋼鐵建工集團有限責任公司、武漢鋼鐵集團資產經營有限責任公司、武鋼現代

城市服務(武漢)集團有限公司、武漢鋼鐵集團經營開發有限責任公司；

(iii) 直屬事業單位 包含武漢鋼鐵(集團)公司研究院(技術中心)、武漢鋼鐵(集團)公司經濟管理研究院、武鋼大學(武鋼黨校)、武漢冶金管理幹部學院、武漢工程職業技術學院、武漢鋼鐵(集團)公司保衛部(人防武裝部)、國家矽鋼工程技術研究中心、武漢鋼鐵(集團)公司衛生管理服務中心(衛生處)；

(iv) 集體企業 包含武漢鋼鐵(集團)公司實業公司、武漢鋼鐵(集團)公司北湖經濟開發公司。

武漢鋼鐵集團設計研究院 (Design & Research Institute of Wuhan Iron & Steel Group, WISGDRI, 簡稱武鋼研究院)為武鋼直屬事業單位，前身為武鋼設計處，成立於1955年10月。伴隨武鋼的發展，現已成為設計、工程總包、工程監理、工程造價諮詢、科研開發、專利技術產品市場化運用於一體的工程技術實體，為一綜合性甲級設計研究院(圖12~16)。武鋼研究院團隊、機構與目前研發面向：

(i) 科研方向 現有燒結、煉鐵、煉鋼、軋鋼、耐火、工業爐、建築、規劃八個主體設計專業，及熱力、暖通、燃氣、結構、給排水、景觀、冶金設備、液壓傳動、供配電及傳動、總圖運輸、電訊、自動化儀錶、電氣自動化、電腦機修、安全、環保、技術經濟和概預算等輔助設計專業。

(ii) 機構資質 涵蓋冶金、建築甲級、智慧建築甲級，市政、工程造價諮詢、工程諮詢乙級資質，工程監理、城市規劃丙級資質，壓力容器設計二類、壓力管道設計、對外國際工程總承包資質。

(iii) 科研團隊 至2015年，全院職工325人，技術人員252人、管理幹部32人、工人41人，其中全院：高級職稱87人，中級職稱113人，初級職稱50人，並有一級註冊建築師4人、二級註冊建築師14人、一級註冊結構師14人、註冊造價師11人、註冊監理工程師27人、註冊設備工程師4人、註冊電氣工程師7人，品質管制體系外審員1人、內審員31人。

*武漢鋼鐵集團公司並不提供紙本資料，故以上公司及研究院資料係參閱武鋼集團與Wikipedia、Google及Baidu網站公開資訊。



圖12 武漢鋼鐵集團設計研究院(行政大樓)



圖13 武鋼研究院 實驗大樓

圖14 武鋼研究院國家認可實驗室(CNAS)



圖15 實驗室介紹與導覽

圖16 -180 ~ -90°C超低溫衝擊試驗室

(2) 湖南吉首大學 張家界學院

此次參訪大學為湖南省吉首大學張家界學院，該校是吉首大學2002年創辦的湖南省屬綜合性大學，為一所獨立學院，學院坐落於旅遊城市張家界市，占地面積748畝。學院教學機構分經濟管理學部、文藝法學部、理工農學部、醫學學部、通識教育部，包含哲學、文學、理學、工學、法學、經濟學、管理學、教育學、醫學、歷史學、農學11個學科，計39個本科專業，學院現有全日制本科學生7200餘人。學院以提高品質強校，以彰顯特色名校，面向地方經濟社會發展，培養“通識素養寬厚、專業基礎紮實、職業技能熟練”的應用型高級專門人才。學院教師主持國家級、省級科研、教改課題40餘項，獲湖南省教學、科研成果獎30餘項（2013年湖南省普通高校教師課堂教學競賽中，學院教師胡奕璿獲得宏觀經濟學組一等獎，並授予“芙蓉百崗明星”稱號）。學院積極開展國際交流合作，先後與韓國、美國、澳大利亞、日本、加拿大等國13所高校建立了校際合作關係，通過交換留學生、暑期海外帶薪實習、校際互訪、學術交流等形式讓學生開闊視野、增長學識、提高能力(該學院目前為3本高校)。

此次委員會參訪受學院代表裴自彬主任接待(另有張宏、廖博儒等教授與秘書、助理陪同)，雙方相互自我介紹、交換名片後，就校際互訪、學術交流等議題進行意見交換，相談甚歡(圖17~20)，後經院區巡禮(圖21~23)，結束參訪。

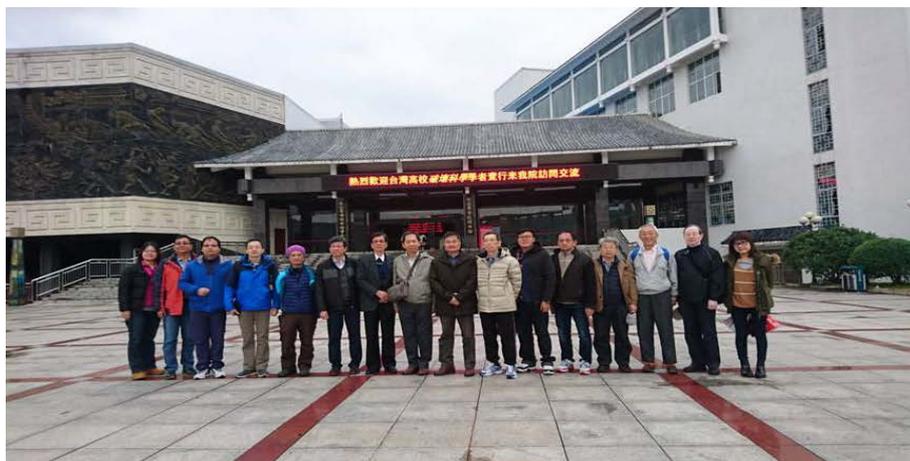


圖17 委員會於吉首大學張家界學院圖書館前合影 (作者：右8)



圖18 委員會與學院代表自我介紹



圖19 心得分享及經驗交流



圖20 作者(右)與裴自彬主任合影



圖21 院區木雕藝術館



圖22 院區一隅 (醫學樓/工學樓)



圖23 院區一隅 (慧園 休憩區)

三、 心得

此次出席2016海峽兩岸材料破壞與材料試驗學術會議心得，敘述如下。

先進材料的發展拓寬了材料應用範圍，進一步影響了材料抵抗破壞與斷裂的能力，進而對材料試驗技術提出了更高要求的挑戰，針對材料破壞科學與試驗技術理論與工程應用，海峽兩岸許多專家學者均長期投入研究，並且經常性地進行相關研討，凝聚心得、分享經驗，於是海峽兩岸材料破壞與材料試驗學術會議為從事材料破壞科學與材料測試相關學科科研工作者、工程技術人員和科技企業提供交流平臺；針對材料破壞科學與試驗技術理論與工程應用，學術會議就以下議題：

- 材料的力學性能及其試驗技術
- 斷裂力學研究的新理論和新方法
- 材料試驗新技術及其應用
- 材料破壞特性試驗
- 公路工程材料的破壞與試驗
- 金屬材料的破壞與試驗
- 材料的破壞力學、疲勞及潛變
- 全尺寸零組件試驗
- 環境對材料力學性能的影響
- 材料試驗設備改造和維護、維修技術
- 損害防治
- 無損檢測
- 修補技術
- 損壞修護補強
- 壽命評估技術
- 破損分析技術及應用
- 監測技術
- 腐蝕防蝕技術
- 風險破壞機率統計分析
- 核能材料

進行實務經驗交流與研發成果分享。此次會議在所述議題範疇內，共收錄**122**篇論文(詳細清單見附件二)，分3會場平行進行合計**53**篇論文之口頭發表，分會場議程安排如下：

會場 1 疲勞斷裂分會場報告 (22篇)*

*作者於此分會場宣讀論文：[反應器爐心噴灑管路薄化破壞分析](#)

會場 2 岩土力學分會場報告 (15篇)

會場 3 材料與結構分會場報告 (16篇)

依據會場宣讀論文，敘述心得(含大會專題報告)如下：

1 會議論文

(1) 反應器爐心噴灑管路薄化破壞分析 (張中興, 沈安婷)

[摘要] 本報告為反應器爐心噴灑管路薄化劣化分析個案，噴灑管路材質為3吋直徑之低碳鋼。肇因分析完成之熱室檢驗，包含目視檢驗、X光繞射分析、化學成分分析、金相檢驗、管壁厚度量測、微硬度測試、掃瞄電子顯微鏡觀察及X光能譜成分分析。檢驗結果顯示，T管接口端薄化最嚴重，薄化程度隨著遠離T管接口端遞減；管件內壁披覆濃厚黑色結瘤狀沉積物，沉積物下方有沿著管材枕木形纖維構成長之蝕孔。

[結果]

- 薄化管路與庫存品組織具一致性，為低碳鋼肥粒鐵/波來鐵組織，基材具枕木型纖維構；
- 管件內壁表層，佈滿緻密的黑色沉積物(Fe_3O_4)及少量褐棕色沉積物(Fe_2O_3)；
- 表層沉積物為多層氧化層結瘤結構，結瘤下方基材面受孔蝕，蝕孔面粗糙，具許多微蝕孔，管材枕木型纖維構為微蝕孔穿孔首選方位 (圖24)；
- 結瘤體部份氧化層龜裂，結瘤體底部有空隙；管件內壁次表層有分散的鐵-氧群集體(Iron-oxidising bacteria, IOB, 圖25)；
- 管路薄化以T管接口端最嚴重；管材內壁表層與基材間硬度相當，管材軸向硬度分佈無差異，管材組織無劣化作用造成的塑性變形、滑移線(帶)、龜裂等；
- 可能之薄化肇因為微生物腐蝕(Microbiologically induced corrosion, MIC)，腐蝕機制為結瘤與沉積物孔蝕(Under-deposit pitting, UDP, 圖26)。

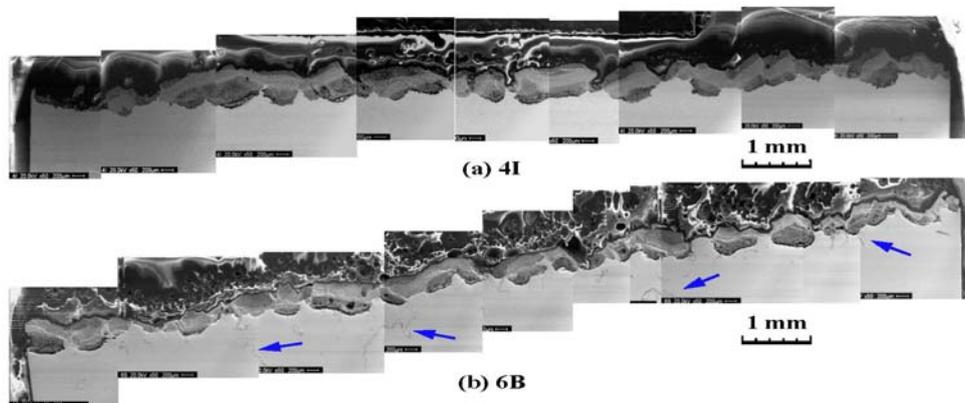


圖24 The features of depositions of the in-side surface of wall-thinned pipe section (cross section). Worm-like colonies indicated by arrows.

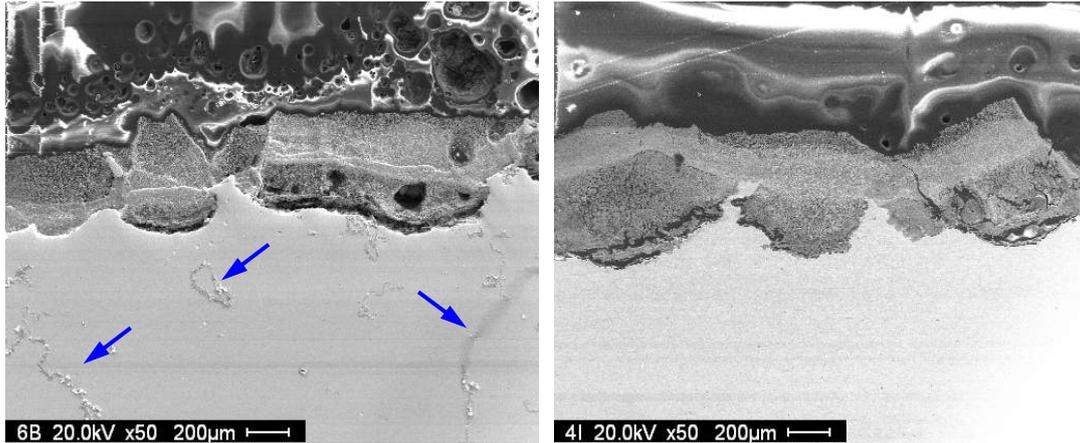


圖25 SEM photographs. Showing the multi-layer tubercle formation of depositions. Cavities beneath the tubercles found. Worm-like colonies indicated by arrows.

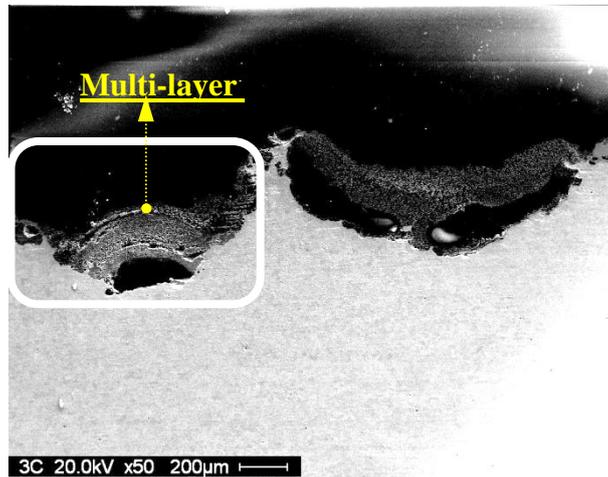


圖26 SEM Photographs. Showing, cavities beneath multi-layer deposits and under-deposit pitting.

(2) 小尺寸CIET試樣延性斷裂行為及裂尖約束效應 (包陳，蔡力勛，但晨，何廣偉)

[摘要] 應用單試樣規則化法完成了壓力容器用鋼SA-508緊湊拉伸(CT)、三點彎曲(SEB)和小尺寸CIET(圖27)三類試樣的延性裂紋擴展行為試驗，獲得了J- Δa 阻力曲線。引入J-Q-M三參數約束理論考察斷裂試樣的裂尖約束效應，採用權重平均法求解與距離無關的約束參數Q。彈塑性有限元分析結果表明，平面應變條件下的Q參數與載荷水準無關，但三維條件下的Q參數卻仍受載荷水準的影響。基於J-Q-M三參數約束方法，建立了CIET試樣滿足J-Q-M控制的有效尺寸條件。

【結果】

- SA-508鋼的J- Δa 阻力曲線受試樣構形和裂紋尺寸的影響較大，其原因在於試樣裂紋尖端約束不同而引起延性斷裂行為差異。
- 所有CIET試樣得到的J- Δa 阻力曲線滿足有效尺寸條件，而CT和SEB試樣對應的J- Δa 阻力曲線不滿足有效尺寸條件；
- 結合條件啟裂韌度 $J_{0.2BL}$ 、 $J_{0.5BL}$ 試驗結果和J-Q-M理論，獲得了基於Q參數的約束修正J- Δa 阻力曲線簇，可用於任意約束試樣以及實際含裂紋結構的延性斷裂行為預測(圖28)。

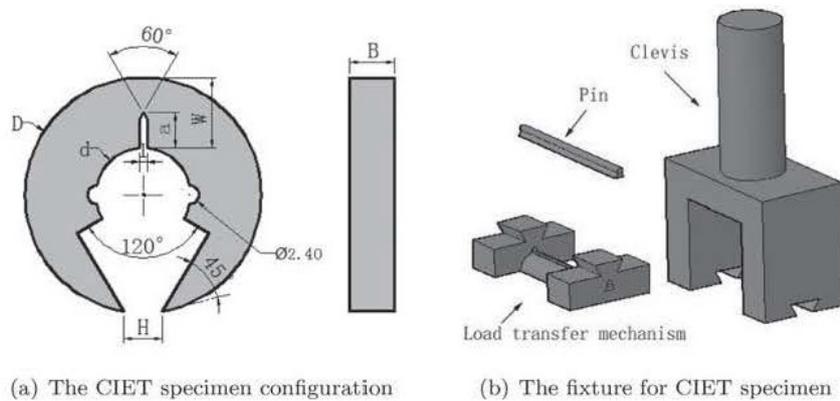


圖27 The configuration of CIET specimen and fixture.

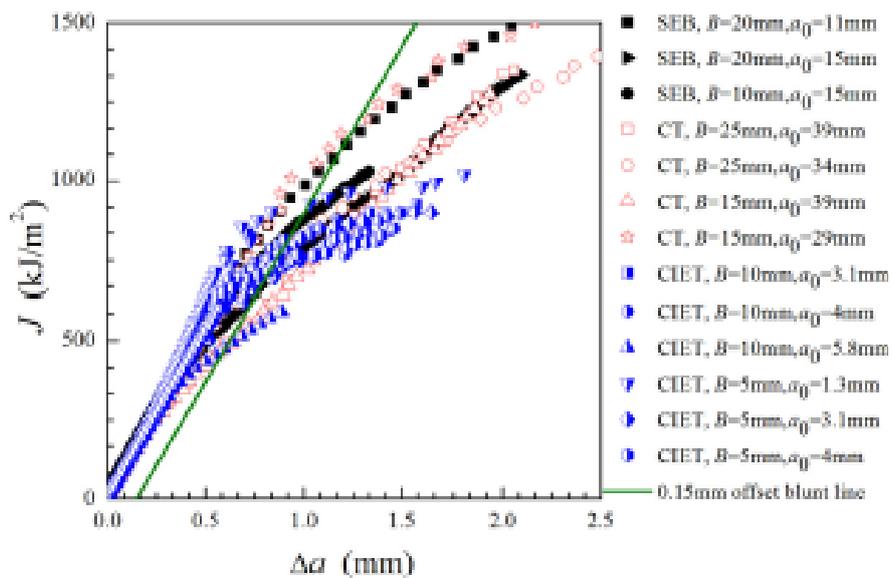


圖28 J- Δa curves of three types of specimens with different dimensions for SA-508.

(3) 鈦合金材料TC4-DT鹽水環境下裂紋擴展性能試驗測定 (萬傲霜, 薛立恒, 熊峻江)

[摘要] 本文試驗研究了3.5%NaCl鹽水腐蝕環境下2種TC4-DT鈦合金模鍛件(普通模鍛件和超大型整體框熱模鍛件)的疲勞裂紋擴展性能。在MTS-880-100KN疲勞試驗機上,進行了3.5%NaCl鹽水腐蝕環境下3種應力比($R=-1$ 、 0.06 、 0.5)恒幅載入的2種TC4-DT鈦合金材料疲勞裂紋擴展試驗,利用WZHD0850裂紋測量系統,測定了裂紋長度及其對應的迴圈周次數,採用割線法得到了裂紋擴展速率 da/dN ,繪製了腐蝕疲勞裂紋擴展速率曲線,在此基礎上,建立了考慮應力比效應的腐蝕疲勞裂紋擴展速率曲面模型。對典型斷口進行了掃描電鏡(SEM)分析,探尋腐蝕環境對疲勞損傷機理的影響。

[結果]

- 鈦合金材料TC4-DT的腐蝕疲勞裂紋擴展速率隨著應力比的增大而增大;
- 2種TC4-DT鈦合金模鍛件(普通模鍛件和超大型整體框熱模鍛件)的鹽水腐蝕裂紋擴展性能相近;
- 相同 ΔK 條件下,隨著應力比的增大,斷口表面的二次裂紋增多,材料的裂紋擴展速率加快;
- 斷口表面(圖29)可觀察到黑色斑點狀腐蝕坑,腐蝕產物覆蓋在疲勞條帶之上。

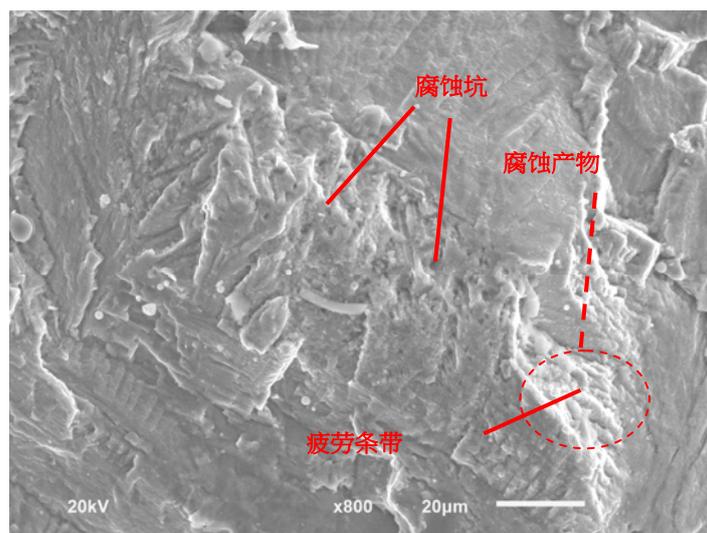


圖29 TC4-DT鈦合金鍛件典型斷口SEM照片

(4) Ni-Cr-Al-Ti合金在不同頻率下的室溫高低周疲勞行為研究 (吳海利，魯連濤，余瀟，安春香)

[摘要] 對Ni-Cr-Al-Ti合金分別用不同頻率進行室溫低周疲勞試驗(0.1~0.3HZ，103~105Cycles)、常規高周疲勞試驗(150HZ，104~107Cycles)和超高周疲勞試驗(20KHZ，105~109Cycles)，對三種疲勞形式下的應力壽命試驗結果進行比較，並採用三參數冪函數能量-壽命曲線對試驗資料進行統一表徵。

[結果]

- 隨著疲勞載荷幅的降低，疲勞裂紋源呈現由多處表面裂紋萌生轉換為單個表面裂紋萌生，再轉換為次表面裂紋萌生的趨勢；
- 頻率對Ni-Cr-Al-Ti面心立方晶格奧氏體合金的疲勞行為影響不大，低應力區的疲勞資料分散性較大的主要原因是失效機制競爭和晶粒尺寸不均勻。

(5) Al5.5Zn2.5Mg1.5Cu高強鋁合金的微觀組織與疲勞損傷研究 (楊尚磊，楊智華，姜亦帥，王妍，徐超)

[摘要] 本文通過超景深顯微鏡、掃描電鏡(SEM)和透射電鏡(TEM)等方法觀察了Al5.5Zn2.5Mg1.5Cu高強鋁合金T76熱處理後的微觀組織，並進行了Al5.5Zn2.5Mg1.5Cu高強鋁合金疲勞損傷試驗，分析了低周疲勞失效行為。

[結果]

- Al5.5Zn2.5Mg1.5Cu高強鋁合金T76熱處理後的 η' (MgZn₂)析出相在晶內和晶界均有析出，強化相粒子的平均直徑約50nm左右。有較多強化相析出的晶界附近形成了較寬的無沉澱析出帶；
- Al5.5Zn2.5Mg1.5Cu高強鋁合金應力-應變關係為 $\frac{\Delta\sigma}{2} = 437.75 \left(\frac{\Delta\varepsilon_p}{2} \right)^{0.0757}$ ，應變-壽命關係為 $\frac{\Delta\varepsilon_t}{2} = 140.39(2N_f)^{-0.899} + 0.9834(2N_f)^{-0.081}$ ，應力-壽命關係式為 $\frac{\Delta\sigma}{2} = 646.24(2N_f)^{-0.07}$ ；
- 沿滑移帶產生大量的疲勞微裂紋；
- 疲勞裂紋擴展路徑曲折，裂紋擴展不僅僅依賴於裂紋尖端的應力及其裂尖塑性區，

亦取決於裂紋尖端塑性區範圍內已經存在的微裂紋。析出相能夠釋放裂尖應力，減小裂紋尖端生長的驅動力。

(6) 道岔直尖軌軌頭傷損原因分析 (張倩，鄒定強，許鑫，杜涵秋)

[摘要] 根據超聲波探傷發現，某鐵路道岔直尖軌軌頭內部存在重傷，本文主要從宏觀和微觀兩個方面進行了檢驗分析。通過對傷損的宏觀形貌觀察，掃描電鏡微觀分析，金相組織檢驗等方法確定了軌頭內部傷損產生的原因。

[結果]

- 在傷損直尖軌的加工過程中，由於溫度控制不當導致跟端變形過渡區的軌頭內部組織出現了過熱及局部過熱現象，最終形成重型損傷。

(7) 懸索橋錨栓斷裂原因檢驗分析 (許鑫，鄒定強，張倩，杜涵秋)

[摘要] 某鐵路橋用懸索橋錨栓端部與杆部完全斷裂。本文採用掃描電鏡斷口觀察、金相檢驗、化學成分分析、衝擊以及硬度檢驗等方法，對懸索橋錨栓的斷裂原因進行分析。

[結果]

- 斷裂的主要原因是疲勞源處所受應力超過了錨栓的疲勞強度；
- 錨栓內部組織不均勻、存在粗大的非金屬夾雜物、疲勞源處錨栓表面的加工刀紋較深、錨栓拉伸強度不滿足45鋼技術要求等，降低了錨栓的疲勞強度。

(8) 軸箱彈簧斷裂原因檢驗分析 (杜涵秋，鄒定強，張倩，許鑫)

[摘要] 對60Si2CrVAT軸箱彈簧斷裂試樣進行表面狀態及斷口的宏觀分析、斷口表面微觀分析、金相組織分析、低倍組織分析、化學成分分析、洛氏硬度等性能檢驗分析。

[結果]

- 軸箱彈簧表面硬度高於TJ/CL 334-2013《鐵路客車轉向架用鋼制螺旋彈簧暫行技術條件》的技術要求，強度高、韌性差，使彈簧抗疲勞性能降低，在使用過程中，裂紋自彈簧表面的凹痕應力集中處萌生裂紋，並向彈簧芯部疲勞擴展，最終發生疲勞斷裂；
- 彈簧D類非金屬夾雜物超過標準要求，加速了裂紋的擴展。

(9) 組織對Ti₂AlNb基金屬間化合物斷裂方式及強度的影響 (趙洪澤)

[摘要] 本文對鍛態Ti-22Al-24Nb-0.5Mo合金進行三種不同的熱處理(980°C/2小時空冷, 980°C /2小時空冷+780°C /24小時空冷, 1030°C /2小時空冷+780°C /24小時空冷), 獲得了三種不同的組織(α 2+ β 2兩相組織, α 2+ β 2+O三相組織, β 2+O兩相組織)。這三種組織分別加工成兩端為M10, 平行段部分直徑為5mm的拉伸樣, 然後進行室溫, 500°C, 650°C的拉伸試驗。

[結果]

- α 2+ β 2兩相組織的樣品在室溫(抗拉強度為970MPa, 延伸率為22%)和500°C(抗拉強度為760MPa, 延伸率為26%)拉伸時, 為微孔聚集型韌性斷裂, 而在650°C拉伸(抗拉強度為1080MPa, 延伸率為7%)時為沿晶脆性斷裂;
- α 2+ β 2+O三相組織的樣品在室溫(抗拉強度1180MPa, 延伸率為16%)時為準解理斷裂, 在500°C(抗拉強度為1025MPa, 延伸率為19%)和650°C(抗拉強度為930MPa, 延伸率為23%)時為微孔聚集型韌性斷裂;
- β 2+O兩相組織的樣品在室溫時(抗拉強度為1120MPa, 延伸率為4%)為沿晶脆性斷裂, 在500°C(抗拉強度1025MPa, 延伸率為21%)時為準解理斷裂, 在650°C(抗拉強度915MPa, 延伸率為12%)時為沿晶脆性斷裂。

(10) 不同腐蝕介質對7475-T761鋁合金疲勞行為影響 (葉序彬, 胡本潤)

[摘要] 本文開展了7475-T761鋁合金在實驗室空氣、潮濕空氣和油箱積水環境下的疲勞S-N曲線測試, 研究了這2種腐蝕介質對7475-T761鋁合金疲勞性能的影響。

[結果]

- 7475-T761鋁合金在2種腐蝕介質下缺口敏感度係數比實驗室空氣環境下的缺口敏感度係數出現不同程度的下降, 其中油箱積水環境下缺口敏感度係數的影響大於潮濕空氣環境;
- 在相同腐蝕環境下, K_t=1試樣腐蝕影響係數大於K_t=3試樣; 相同試樣形式, 油箱積水的腐蝕影響係數大於潮濕空氣環境, 說明7475-T761鋁合金對油箱積水環境更為敏感。

(11) 地下管線事故分析及疲勞破壞案例討論 (陳一豐，莊錦川)

[摘要] 地下管線事故發生之關鍵因素，可能源於設計/建造時之瑕疵、第三方破壞、不正常操作或維護不良、或是管線所有人缺乏風險意識而在管理及緊急應變上有所疏漏等原因。在管線的日常維護管理上，一般較著重操作流程及防蝕檢查等作業，對於管線其它風險的威脅著墨較少。本文以一根管線事故為例，經由管線破損分析的作法，來推估管線的破壞機制；並利用有限元素法(FEM)進行線彈性破壞力學分析，計算地下管線在遭到外力損傷的狀況下，不同長度之縫隙的影響，並計算疲勞裂縫成長之臨界長度，以輔助研判事故管線破裂之原因。此案列主要用來討論管線可能遭受威脅的不同面向，作為事故處理及防止再發生之改善對策的參考，也凸顯管線日常維護時的強化重點。

[結果]

- 本次事件地下管線破裂主因係因其外表面被工程外力嚴重鏟傷(圖30~33)，於焊道與鄰近表面形成超過1mm深之摺層縫隙，管線自摺層縫隙引發疲勞破裂 (圖34，35)造成洩漏；
- 經檢查送樣管線未經外力破壞的部分，並無疲勞裂紋及厚度亦無減薄現象，若其他管段均未遭受嚴重之外力破壞，且在陰極防蝕正常維護及定期作管線緊密電位量測結果無異常情況下，管線應可安全操作使用無虞。



圖30 地下管線裂縫總長約63cm，裂穿部分之長度53cm，屬於非爆開型態之裂縫，外表面遭外力鏟傷之長度約2.1m



圖31 裂縫所在位置的表面有明顯的鏟傷痕跡，此區鏟傷寬度9cm至11cm，箭頭之間為鋼管製程之焊道所在



圖32 被鏟傷處之地下管線直徑有約1cm之凹陷，如箭頭所示



圖33 地下管線遭受鏟傷之外表面有若干摺層，如箭頭指示

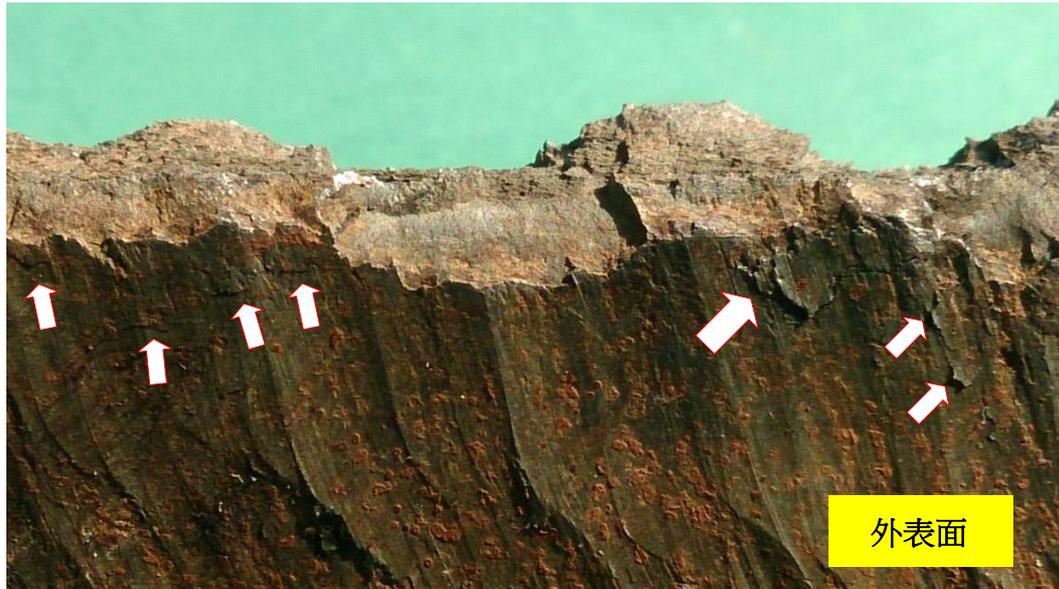


圖34 白箭頭指示處是鏟傷造成之摺層，疲勞裂縫成長區沒有顯著的腐蝕跡象

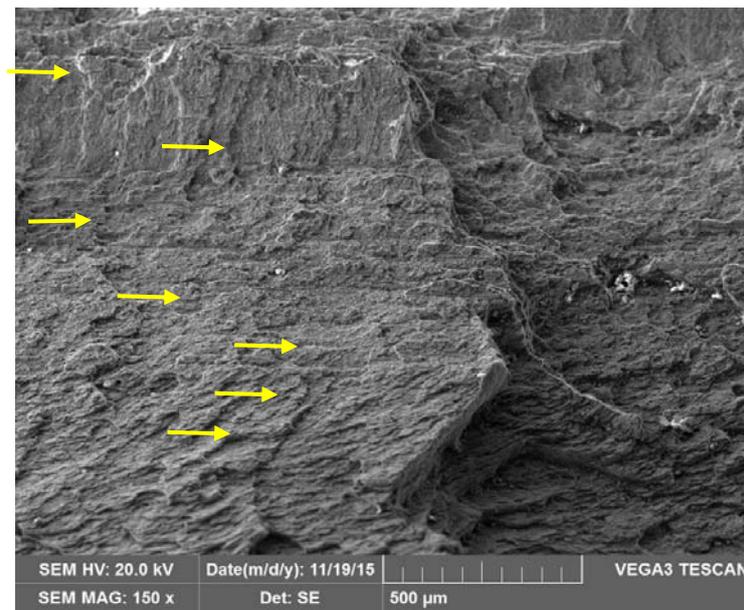


圖35 外表面摺層與層間剝離為疲勞裂縫起始所在，箭頭指示處是疲勞裂縫之海灘紋

(12) 平面斜交編織複合材料雙軸向拉伸強度研究 (陳迪, 白江波, 段麟楓, 熊峻江)

[摘要] 採用有限元和實驗方法研究平面斜交編織複合材料的雙軸向拉伸強度。建立平面斜交編織複合材料有限元分析模型，預測不同載入比例和斜交編織角度條件下的雙軸向拉伸剛度和強度，據此，對雙軸向拉伸複合材料試驗件進行了優化設計，採用RTM液態成型技術，製備了不同編織角度(30°、45°、90°)的平面斜交編織複合材料EW250/5284

雙軸向拉伸試驗件(圖36，37)。

【結果】

- 利用雙軸拉伸夾具，在QBS-100kN試驗機上進行了不同載入比例(1:1、1:2、1:3)的平面斜交編織複合材料EW250/5284雙軸向拉伸試驗，測定了其載荷-應變曲線和破壞載荷，建立了30°、45°、90°不同編織角度的平面斜交編織複合材料EW250/5284雙軸向拉伸強度準則；
- 進行了有限元計算結果與實驗資料的對比分析，發現二者吻合良好。

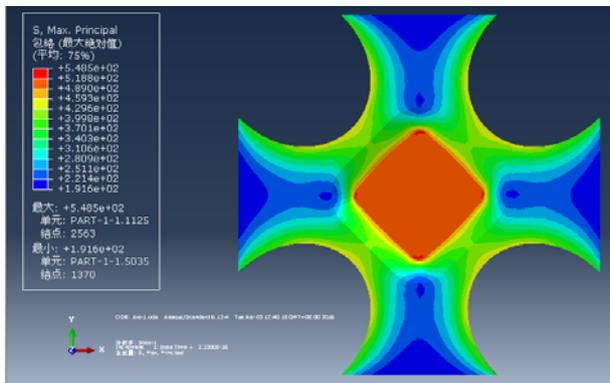


圖36 有限元模擬結果

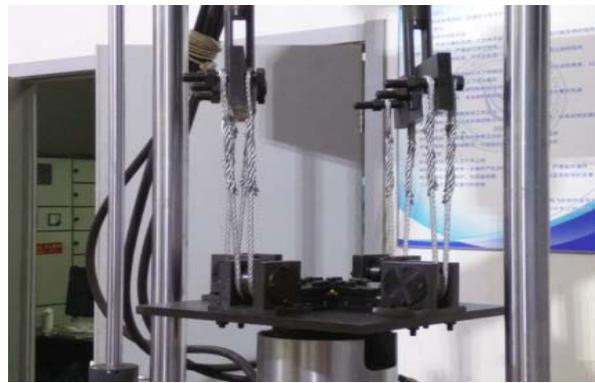


圖37 雙軸拉伸試驗

(13) 2024-T42合金和2024-T62合金的抗潛變性能研究 (潘素平，陳宇強)

【摘要】 通過微觀組織觀察以及潛變性能測試，研究了2024-T42合金和2024-T62合金在125°C、150°C、175°C和200°C四個溫度下的抗潛變性能以及潛變機理。

【結果】

- 在125°C和150°C時，2024-T42合金擁有更好的抗潛變性能，而在175°C和200°C時，2024-T62合金擁有更好的抗潛變性能；
- 2024-T42合金在175°C和200°C潛變時，晶界出現大量微孔洞，這些微孔洞的出現導致合金表現為明顯的沿晶斷裂特徵。

(14) 長期時效對T/P92鋼顯微組織及力學性能的影響 (丁宏建，王豔麗，鄭為為，孫學輝，喬禕，何建平)

[摘要] 鐵素體/馬氏體型T/P92耐熱鋼以其優良的抗腐蝕性以及良好的力學性能，已被廣泛應用於火力發電、石油、化工等領域。隨著第四代核電系統鈉冷快堆的發展，T/P92鋼以其優良的抗輻照性能有望應用於快堆蒸汽發生器的換熱管、管板及管束等關鍵部件上。本文系統研究了長時失效對T/P92鋼顯微組織和高溫拉伸及高溫潛變性能的影響。

[結果]

- 供貨態T/P92鋼的組織為回火馬氏體板條和瀰散析出的碳化物包括M₂₃C₆相和MX相，碳化物粒子在原奧氏體晶界、板條界或板條內部析出均勻析出，回火馬氏體板條內部含有高密度位元錯及亞晶結構，沒有發生再結晶。室溫的抗拉強度和屈服強度分別為728MPa和517MPa，均高於ASME SA-335標準的強度值，500°C暫態拉伸屈服強度為415MPa，抗拉強度為505MPa。500°C/360MPa的潛變斷裂時間達到438小時；
- 650°C時效5000小時後板條馬氏體發生回復現象，板條合併使板條寬度有所增大，位元錯密度降低，亞晶形成。時效過程中，沿原奧氏體晶界及板條界析出了不規則形狀的Laves相，其尺寸明顯大於其它類型的析出相，且長大速度很快，至時效5000h時，Laves相的平均等小直徑約500nm。隨著時效時間加長，Laves相中的W、Mo從固溶體中脫溶，固溶強化作用減弱。M₂₃C₆相發生了一定程度的聚集粗化，形狀由短棒狀向球狀及卵球狀轉變，瀰散度降低。MX相經過時效之後形狀及尺寸相對保持穩定；
- 650°C時效5000小時後室溫和500°C的抗拉強度和屈服強度均降低約40MPa，但室溫延伸率由時效前的24%大幅度降低到12%，高溫延伸率出現少量降低。500°C/360MPa下穩態潛變階段消失，斷裂時間僅為48h。時效後產生的大量Laves相以及M₂₃C₆相的聚集粗化均加速了孔洞的形成，是造成室溫延伸率大幅降低和潛變性能下降的主要原因。板條馬氏體回復造成的位元錯密度降低、亞晶的形成以及碳化物的粗化使得固溶強化和沉澱強化作用減弱，導致材料強度下降，潛變進程加快。

(15) 應用螺栓應變計於大型結構錨定螺栓之量測技術 (顏宏儒，咎世蓉，蕭乾道，莊錦川)

[摘要] 本文就大型結構之錨定螺栓的應變量測方法進行探討，在實驗規劃中安裝螺栓

應變計(Bolt gauge，圖38，39)於大型錨定螺栓(圖40)，先使用傳統應變計(Strain gauge)在拉力試驗的過程中來推算螺栓應變計的校正曲線。在利用螺栓錨定過程的預力施作過程，同時使用傳統應變計以及螺栓應變計來量測螺栓應變，來驗證螺栓應變計的量測結果(圖41，42)。

[結果]

- 由本研究之測試與分析的結果可得知，傳統應變計得量測結果可直接反應結構體及錨定螺栓之實際受力；
- 在無法安裝傳統應變計的條件下，使用螺栓應變計可直接量測螺栓之應力；但螺栓需先經加工鑽出螺栓應變計所需之深孔，且需先經過校正，方能得到定量之螺栓應力。

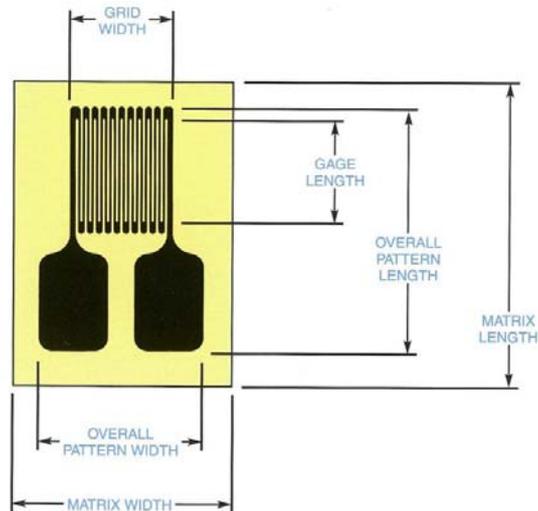


圖38 金屬薄模式應變計基本外形

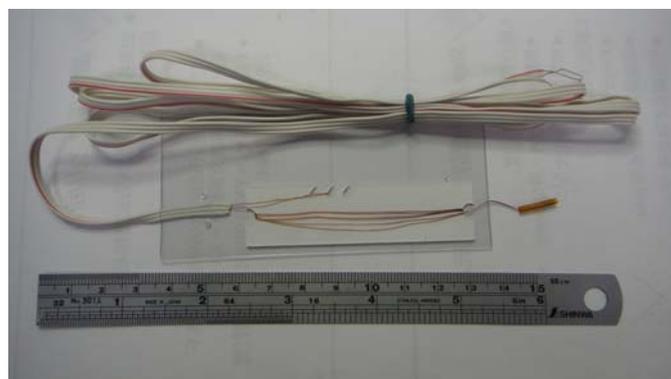


圖39 商用螺栓應變計

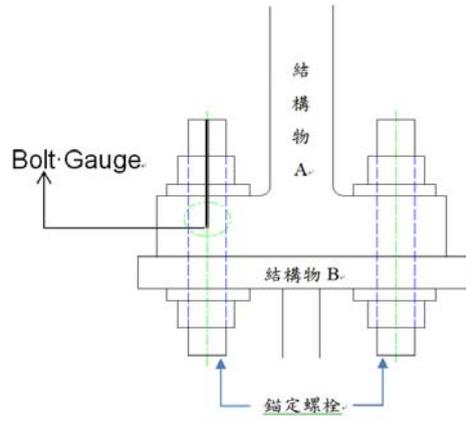


圖40 螺栓應變計應用於大型錨定螺栓之位置示意圖

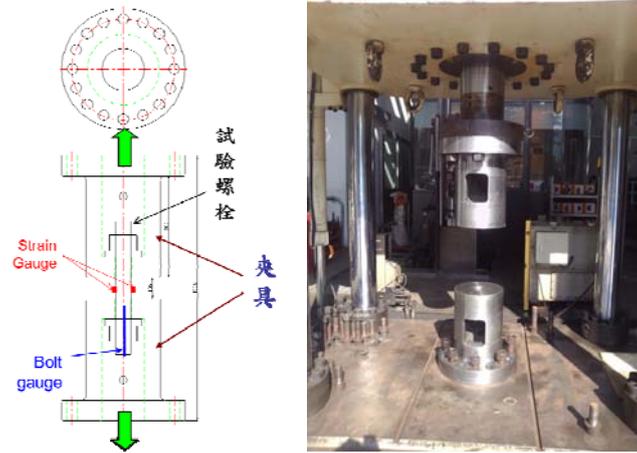
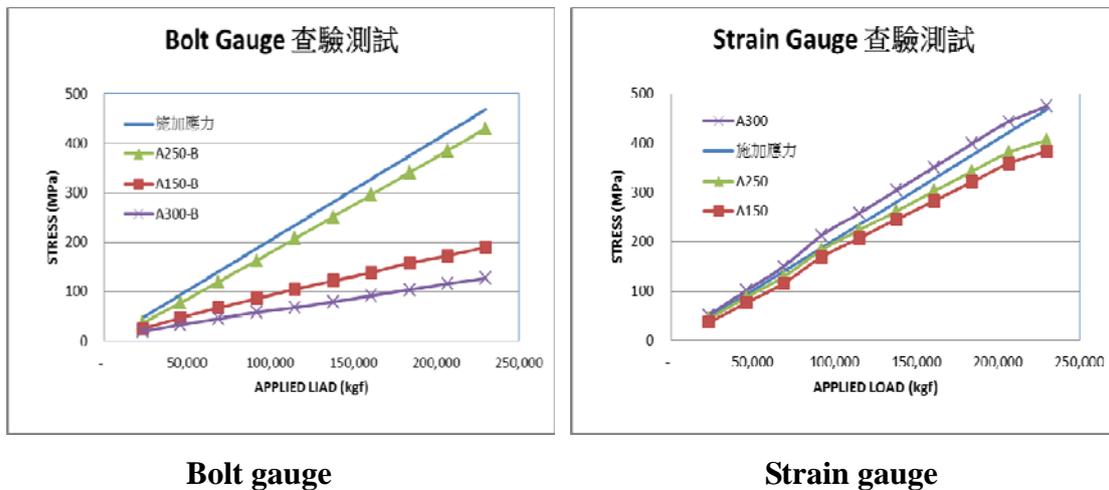


圖41 螺栓拉力校驗之測試夾具



Bolt gauge

Strain gauge

圖42 拉應變查驗結果

2 專題報告 (含作者介紹)

(1) 非晶合金的斷裂機制與強度理論研究 (張哲峰, 屈瑞濤, 劉增乾)

[摘要] 相比傳統的晶體材料, 非晶合金無位錯、晶界等晶體學缺陷, 因此表現出極高的強度, 使其作為結構材料有重要的應用潛力。非晶合金具有宏觀均勻、各向同性以及高強脆性的特點, 因此它成為研究高強度材料斷裂準則與強度理論的理想模型材料。本報告基於作者十多年來關於非晶合金斷裂問題的研究與進展。

[結果]

- 揭示了各種非晶合金材料在拉伸與壓縮應力條件下的基本變形與斷裂規律及其機制, 提出了拉伸正應力對非晶合金材料的剪切斷裂具有促進作用, 壓縮正應力對其剪切斷裂具有抑制作用;
- 提出了新的統一拉伸斷裂準則—橢圓準則, 合理地解釋了各種不同非晶合金材料拉伸/壓縮強度和斷裂角度的差別, 並通過一個新的參數—斷裂方式因數 $\alpha = \tau_0 / \sigma_0$, 把材料力學教科書上幾個經典的屈服斷裂準則(最大正應力準則、Tresca準則、Mohr-Coulomb準則、von Mises準則)有機地統一起來;
- 通過設計一系列不同應力條件的缺口拉伸實驗證明了該統一拉伸斷裂準則的有效性, 並進一步提出了可描述各種高強度材料在複雜應力條件下斷裂行為的普適性斷裂準則, 澄清了高強度材料強度與硬度之間的一般關係及其機制。

[作者] 張哲峰: 男, 1970年4月生, 1992和1995年畢業于西安交通大學材料科學與工程系, 1998年畢業於中國科學院金屬研究所, 博士學位。目前擔任中國科學院金屬研究所研究員、副所長; 瀋陽材料科學國家(聯合)實驗室副主任、材料疲勞與斷裂研究部主任、材料失效分析中心主任。主要從事金屬材料的力學行為、變形與強韌化機制、疲勞損傷與壽命預測、斷裂機理與強度理論等方面研究工作。研究成果在Nature Mater.、Nature Commun.、Prog. Mater. Sci.、Phys. Rev. Lett.、Acta Mater.等SCI刊物上發表論文340餘篇, 被SCI論文引用6500餘次, 單篇論文引用530餘次, H因數為39, 部分研究成果獲“遼寧省自然科學二等獎”和遼寧省“青年科技獎”等榮譽。2000年“全國優秀博士

學位論文獎”獲得者、2004年中國科學院“百人計畫”入選者、2006年國家傑出青年基金獲得者、2009-2012年承擔國家自然科學基金重大項目、2013年享受國務院政府特殊津貼，2014年入選國家科技部創新人才推進計畫“中青年科技創新領軍人才”，2016年入選第二批國家“萬人計畫”領軍人才。目前任國際材料強度委員會(ICSMA)委員、國際金屬機械疲勞委員會(ICMFM)委員、中國材料研究學會理事、中國材料研究學會疲勞分會副理事長/秘書長、中國材料研究學會青年委員會副主任/常務理事；任Journal of Materials Science and Technology與《金屬學報》副主編，Materials Science and Engineering A、Adv. Eng. Mater、International Journal of Fatigue、《科學通報》編委。

(2) 單向載入下材料毫微測試方法 (蔡力勛)

[摘要] 材料本構關係是固體力學問題的核心，單調、迴圈、高速率、長時、短時、彈塑性、非比例條件下的材料本構關係須通過試驗得到，進而可借助連續介質力學框架下的理論、數值方法獲得複雜載入下構件接近真實的力學行為描述。最基本、最簡單的准靜態單向載入下材料本構關係通常由GB228推薦的等直試樣的拉伸試驗可輕易獲得，所獲得的應力應變關係反映了在單向載入下材料微小單元的基本屬性。遺憾的是，一個世紀以來，試圖反映材料基礎屬性的材料拉伸試驗並沒解決單向載入下材料的絕大多數問題。比如，現行的材料單軸拉伸試驗標準尚不能藉以獲得延性材料頸縮、壓縮情況下的彈塑性大變形應力應變關係，也不能獲得不同約束度下延性材料真實破斷準則，因而材料力學的四個強度理論和有限元對力學行為的數值類比及其在工程中應用仍然受到很大限制。新材料、微小零部件、服役結構、生物組織及其在特殊環境下的材料本構關係無法採用傳統拉伸試驗方式得到，與材料單元直到破壞的本構關係應當存在密切關聯性的材料斷裂韌性、硬度難以因此獲得。

[結果]

- 考慮承受拉伸、壓縮、彎曲、扭轉、壓痕壓入、沖杆壓入等單向載入下設計若干類幾何構型、毫米或微米級區域變形的小試樣，若在高低溫、高低速下通過載荷、位移試驗曲線能線上彈性、非線性彈性、彈塑性、大塑性變形條件下精確獲得材料本構關係、

殘餘應力、抗拉與屈服強度、各類硬度及斷裂韌性等材料力學性能，並建立若干傳統力學性能之間的關聯性，那麼，這種非傳統的小試樣試驗方法可定義為“單向載入下材料毫微測試方法”；

- 本文基於能量方法，試圖建立單向載入下材料毫微測試方法的理論框架、建立各種傳統材料性能之間的力學聯繫，提出了若干種毫微測試試樣的力學性能測試方法。



圖43 蔡力勛教授於大會中評論

[作者] 蔡力勛，教授，博士生導師，四川省學術與技術帶頭人。曾長期擔任西南交通大學工程力學實驗室主任，現任力學與工程學院結構分析與工程系主任。長期從事固體力學科研與教學工作，在斷裂力學、疲勞方法、材料本構關係、材料測試技術的理論與應用方面取得多項進展，發表論文200餘篇，包括在Acta materialia、J Fatigue、Eng Fracture、Mat Sci and Eng、J Solids and Structures、金屬學報、航空學報(英)、固體力學學報等國內外SCI、EI著名刊物100餘篇；獲得授權、受理國家發明專利10餘項，主持修編斷裂韌性測試國家標準1項。培養博士生8名，碩士生20餘名。曾獲四川省科技進步二等獎2項，核工業總公司省部級科技進步三等獎1項，國防科技進步三等獎1項、教育部科技進步二等獎1項；15次榮獲西南交通大學優秀碩士、優秀博士論文指導教師獎，榮獲四川省研究生教學三等獎1項。《機械強度》、《中國測試》雜誌編委，力學、材料、機械等多個學術組織副主委、理事、委員。

(3) 超高性能混凝土研究 (田啟賢)

[摘要] 正交異性鋼橋面板(OSD)由於其自重輕承載能力高，在大跨橋樑中得到了廣泛的應用。但正交異性鋼橋面板也出現了各種各樣的病害，成為橋樑工程行業的痛點。一方面正交異性鋼橋面板上的鋪裝容易損壞，造成道路服務水準降低；需要中斷交通進行維修，交通阻斷對人民生活影響很大。一方面，正交異性鋼橋面板自身也容易出現疲勞開裂，造成耐久性問題和承載力下降，成為潛在的隱患。為一舉解決上述兩個問題，橋科院將自己研發的超高性能混凝土(UHPC)應用在OSD上，提出了超高性能混凝土橋面鋪裝體系。本報告介紹了橋科院在UHPC研發方面做得工作，對UHPC的主要性能做了詳細介紹。特別是對超高性能混凝土鋪裝體系的研究工作做了詳細闡述，特別介紹了橋科院開展的足尺多MTS作動器非同步載入正交異性鋼橋面板鋪裝體系疲勞試驗。

[結果]

- 通過精細化有限元分析證明：採用超高性能混凝土鋪裝層可大幅降低正交異性板各構造細節的應力幅，大部分構造細節的疲勞應力幅可降至常幅疲勞極限以下，理論上可實現無限疲勞壽命；同時混凝土鋪裝層計算拉應力也小於其設計抗折強度；
- 通過多MTS作動器足尺疲勞試驗證明：經過500萬次疲勞載入，疲勞試驗後模型各點應力、撓度未發生明顯變化，鋼結構與混凝土也未發現裂紋，表明鋼結構、混凝土及兩者結合狀態疲勞載入後仍表現良好，也表明採用超高性能混凝土橋面鋪裝體系後，正交異性板及超高性能混凝土鋪裝層可實現疲勞受力無限壽命。

[作者] 田啟賢，中鐵大橋科學研究院院長，教授級高工，武漢大學、湖北工業大學兼職教授，橋樑結構健康與安全國家重點實驗室副主任，長期從事橋樑及結構工程方面的科學研究、設計和諮詢工作，科研成果獲省部級獎項10餘項。

(4) 基於電磁驅動兼載荷測量原理的微納米力學實驗技術研究 (鄒勇，邵亞琪，代玉靜，董傑，劉薇)

[摘要] 微小載荷(力、扭矩)的測量一直是微納米力學實驗技術中極為關注的問題。宏觀力學測試中採用的載荷感測器，是利用彈性元件的變形來測量載荷。但在微納米力學

領域，這種方式無論是解析度還是線性度都面臨嚴峻挑戰。相比之下，電磁驅動兼載荷測量技術通過測量和控制電流來實現微小載荷的測量和控制，天生具有高解析度、高線性度等優勢，非常適合微小載荷的測量。但是，由於驅動和載荷測量功能的集成，使得該技術對儀器結構參數的優化設計提出了苛刻的要求。然而，最為困難的問題不止於此。隨著試樣尺寸的縮小，測試時儀器的動力學響應將和試樣的力學行為處於可比的量級，這嚴重影響了測試結果的可靠性，必須從二者的耦合回應中求解出試樣真實的力學行為，這也是目前該領域面臨的另一個重要挑戰。

【結果】

- 本報告將從電磁驅動兼載荷測量技術入手，重點介紹報告人研製的微尺度單軸拉壓和扭轉試驗機，及其在金屬玻璃纖維、MEMS、熱障塗層等材料中的獨特應用，深刻剖析該技術的優勢和局限性，給出了求解試樣真實力學行為的動力學模型。此外，報告人還將就採用該技術的商業化納米壓入儀進行分析，探討影響載荷測量精度的關鍵因素。



圖44 郇勇高級工程師

[作者] 郇勇，中國科學院力學研究所高級工程師，2005年博士畢業於中科院力學所，2015年入選“中國科學院關鍵技術人才”。長期從事微納米力學實驗技術研究。已申報專利28項，參與制定國家標準2項。相關工作發表在Adv. Mater.、Rev. Sci. Instrum.、Meas. Sci. Technol.、Sci. Rep.等國際知名期刊上。目前任中國專利審查技術專家、《實驗力學》編委、中國力學學會科普工作委員會秘書長等。

四、 建議事項

- (一)、 海峽兩岸民間破壞科學專業領域的交流與經驗分享活動，有助於認識大陸現階段材料破壞分析與工程發展模式及理論與實踐進展，分析、量測技術之運用實務經驗，同時亦能深廣化本所相關專業領域之科研規劃，建議建立雙方多面向交流管道，強化技術合作、實務交流與經驗分享，有效增益雙方科技發展。
- (二)、 現階段兩岸核能從業人力與時局氛圍差異極大，技術面也各自擁有不同的長處，針對日本福島 311 事件經驗及近期對核能電廠新建、電廠運轉維護的態度與因應作為，建議透過彼此持續之技術交流來截長補短，共同為保障核能安全目標努力。
- (三)、 隨著電廠長期運轉，組件材料老化效應愈發顯著，組件受損發生機(頻)率也隨之增加，此再再凸顯原能會核研所(燃材組熱室)之價值與重要，作為國內唯一的高放實驗室，分析軟硬體之專業能力必須與時俱進、不斷精進，用新的面貌及效能，提供一流的服務，因應長期運轉組件材料老劣化議題，建議與國外熱室及研究機構合作，取得材料/核燃料照射後檢驗分析技術及熱室長期運轉相關管理資源。

五、 附錄

附件一 第 4 屆海峽兩岸材料破壞與材料試驗學術會議組織

會議組織

主 席

毛新平 武漢鋼鐵(集團)公司·武漢

丁 鯤 龍華科技大學·桃園

秘書長

王連慶 北京科技大學·北京

魯世蓉 工業技術研究院·新竹

組織委員會

主任委員

王建國 北京科技大學·北京

翁榮洲 工業技術研究院·新竹

委 員

李榮鋒 武漢鋼鐵集團公司·武漢

莊東漢 臺灣大學·臺北

林卓英 上海交通大學·上海

洪健龍 工業技術研究院·新竹

王連慶 北京科技大學·北京

張士欽 清華大學·新竹

周金枝 湖北工業大學·武漢

彭嘉肇 烏樹林工業區廠商協進會·桃園

胡本潤 北京航空材料研究院·北京

黃俊仁 中央大學·桃園

朱月梅 上海汽輪機公司·上海

張奇偉 中華大學·新竹

張亞軍 洛陽船舶材料研究所·洛陽

石漢正 中鋼公司·高雄

學術委員會

主任委員

蔡力勛 西南交通大學·成都

葉安洲 清華大學·新竹

委 員

孫俊才 大連海事大學·大連

江世雄 結構技師公會·臺北

鄒定強 中國鐵道科學研究院·北京

李驊登 成功大學·台南

熊峻江 北京航空航太大學·北京

金大仁 交通大學·新竹

帥 健 中國石油大學(北京)·北京

沈育霖 勞動及職業安全衛生研究所·新北

常小曉 寒區旱區環境與工程所·蘭州

莊禮彰 飛航安全委員會·新北

閔相禎 中國石油大學(華東)·東營

許清賢 開南大學·桃園

胡文軍 中國工程物理研究院·綿陽

許峰彰 臺灣中油·嘉義

付小敏 成都理工大學·成都

郭聰源 南台科技大學·台南

高怡斐 北京鋼鐵研究總院·北京

陶其駿 建築研究所·新北

龔 明 中國科技大學·合肥

黃金城 核能研究所·桃園

王時越 昆明理工大學·昆明

蒯光陸 臺灣電力公司·臺北

陳群志 航空工程技術研究中心·北京

鐘自強 唐榮鐵工廠公司·高雄

惠戰榮 中航飛機設計研究院·西安

簡福添 臺灣電力公司·臺北

王梅英 哈爾濱汽輪機公司·哈爾濱

顏怡文 臺灣科技大學·臺北

田玉濱 哈爾濱工業大學·哈爾濱

饒大衛 原子能委員會·臺北

胡力群 長安大學·西安

蔡哲璋 清華大學·新竹

白新房 西北有色金屬研究院·西安

馬春德 中南大學·長沙

附件二 第 4 屆海峽兩岸材料破壞與材料試驗學術會議論文清單

分會場 1 疲勞斷裂

- 1 非晶合金的斷裂機制與強度理論研究
- 2 [反應器爐心噴灑管路薄化破壞分析](#)
- 3 地下管線事故分析及疲勞破壞案例討論
- 4 小尺寸 CIET 試樣延性斷裂行為及裂尖約束效應
- 5 油箱積水環境下 TC4-DT 鈦合金模鍛件腐蝕裂紋擴展性能試驗測試
- 6 鈦合金材料 TC4-DT 鹽水環境下裂紋擴展性能試驗測定
- 7 發動機傳動軸承應力分析與疲勞壽命估算
- 8 多軸載荷下汽車鋼板疲勞裂紋擴展試驗研究
- 9 汽車用螺旋彈簧斷裂失效分析
- 10 考慮閉合效應的含內側邊裂紋 C 形拉伸(CIET)小試樣疲勞裂紋擴展試驗研究
- 11 I、II 複合型疲勞裂紋擴展行為的數值模擬方法研究
- 12 延性材料斷裂韌性理論預測方法
- 13 微小尺寸薄片漏斗試樣的低周疲勞試驗方法研究
- 14 鈦合金 TA17 的應力型臨界判據研究
- 15 材料疲勞與斷裂試驗中的若干問題(2)
- 16 Ni-Cr-Al-Ti 合金在不同頻率下的室溫高低周疲勞行為研究
- 17 M36 高強度螺栓斷裂原因檢驗分析
- 18 膠接接頭用螺栓斷裂原因分析
- 19 道岔尖軌軌頭傷損原因分析
- 20 懸索橋錨栓斷裂原因檢驗分析
- 21 軸箱彈簧斷裂原因檢驗分析
- 22 7050 鋁合金複合載入下疲勞裂紋擴展的研究
- 23 一種恒應力載入熱應變測量的熱疲勞實驗方法
- 24 組織對 Ti₂AlNb 基金屬間化合物斷裂方式及強度的影響
- 25 高速列車空心車軸 NASGRO 壽命方程建立
- 26 三維同步輻射 X 射線成像的原位疲勞試驗機研製及應用
- 27 Investigation on fatigue damage of the high strength Aluminum Alloy
- 28 基於 ABAQUS 的鈦合金裂紋開裂角有限元模擬
- 29 不同腐蝕介質對 7475-T761 鋁合金疲勞行為影響
- 30 噴丸強化對 9310 鋼疲勞強度影響研究
- 31 一種基於 MTS 材料試驗機的熱機械疲勞測試系統
- 32 恒載荷和恒 ΔK 控制方法測試鋁合金裂紋擴展速率的比較
- 33 Q125HC 氣井管柱材料疲勞可靠性試驗研究
- 34 井下套管射孔段疲勞可靠性模擬研究

- 35 不同缺陷下斷裂韌性對高抗擠套管服役性能影響
- 36 HRB400 和 HRB500 高強鋼筋低周疲勞性能試驗研究
- 37 一種單、多軸靜態疲勞壽命預測模型
- 38 蠕墨鑄鐵材料高溫低周疲勞行為的研究
- 39 不同超載比下 B780CF 鋼疲勞裂紋擴展速率的試驗研究
- 40 不同焊接工藝下 B780CF 鋼焊接接頭疲勞裂紋擴展速率的試驗研究
- 41 卡車柴油機高壓油管開裂失效分析
- 42 QT400 高溫低周疲勞性能試驗研究
- 43 X80 管線鋼 SENB 試樣裂紋前端約束效應的有限元分析
- 44 三點彎曲試樣測試 J 積分值試驗研究
- 45 基於損傷累積模型的發電電動機轉子疲勞壽命預測
- 46 流固耦合作用下加油機流量計蓋部件的疲勞失效分析
- 47 超聲疲勞試樣的準備及影響因素分析
- 48 無取向電工鋼單軸棘輪行為的實驗研究
- 49 汽車大樑鋼二維升降法疲勞性能對比分析
- 50 橋樑鋼 Q420qD 斷裂韌度 CTOD 失效評定圖評估方法
- 51 基於電磁驅動兼載荷測量原理的微納米力學實驗技術研究

分會場 2 岩土力學

- 52 用聲發射技術研究不同礦物摻合料高性能混凝土的疲勞損傷過程
- 53 軟弱圍岩相似材料高溫作用後力學特性各向異性的試驗研究
- 54 迴圈荷載作用下凍土溫度與滯回能變化特性研究
- 55 The effect of crushed ice added into a sample before freezing on the uniaxial compressive behavior of ice-rich frozen soil
- 56 基於統計資料及修正因數的油氣管道失效概率評估
- 57 不同粒徑級配煤矸石回填料壓縮沉降規律試驗研究
- 58 大斷面巷道收斂變形高效原位測量裝置研發及工程應用
- 59 不同初始圍壓和應力路徑下岩石強度特性研究
- 60 單軸加卸載條件下岩鹽變形過程能量和聲發射特徵研究
- 61 三點彎曲條件下不同含水狀態花崗岩力學行為及聲發射特徵
- 62 三點彎曲條件下花崗岩斷裂過程能量機制研究
- 63 三軸條件下含雜質岩鹽潛變特性及本構關係研究
- 64 利用非飽和多孔介質方法分析混凝土在高溫下的特性
- 65 樁式 HWIB 用於地鐵引發低頻振動的隔振分析
- 66 基於正交小波神經網路的複雜深井套管柱安全評價研究
- 67 受限空間內輸油管道洩漏事故安全評估研究
- 68 地下儲氣庫井注采管柱封隔器密封性能試驗研究
- 69 生產條件下儲氣庫井注采管柱的摩阻特性試驗研究

- 70 葉岩氣儲層岩石載入過程中的聲波波速變化規律研究
- 71 深部地層砂岩的細觀力學特性研究
- 72 注氣氣清洗煤層氣水準井井眼環空煤屑顆粒動力學試驗研究
- 73 葉岩氣水準井水力壓裂套管抗剪切性能研究
- 74 振動臺模型共振探究
- 75 鋼筋混凝土橋墩的地震損傷評價
- 76 考慮抗拉強度的幾種岩石強度準則對比分析
- 77 利用杠杆式固結儀進行量力環率定
- 78 岩石三軸壓縮條件下的聲發射定位試驗方法研究
- 79 同心套管雙迴圈鑽井攜岩技術的計算優化與現場應用試驗
- 80 不同地質時期砂岩聲發射序列的分形特徵研究
- 81 輝長岩微觀破壞特徵與破裂機理研究
- 82 HRB500 鋼筋混凝土梁靜動態受彎承载力試驗研究
- 83 透地雷達檢測地錨內自由端鋼腱腐蝕之實務應用
- 84 非破壞性檢測於建築/土木工程實務案例之應用

分會場 3 材料與結構

- 85 平面斜交編織複合材料雙軸向拉伸強度研究
- 86 柔性複合材料蒙皮製備與雙軸向拉伸性能測試
- 87 人工髖關節置換手術中髖臼部安裝變形的檢測
- 88 管道環焊縫氣孔缺陷的尺寸評估
- 89 管道環焊縫寬板拉伸試驗方法研究
- 90 某國產 RPV 材料輻照脆化評估
- 91 微尺度材料扭轉實驗技術研究與應用
- 92 Zr 含量對 Cu-Zr/Diamond 複合材料力學性能的影響
- 93 基於等效能量理論的彈塑性統一模型
- 94 儀器化球形壓入方法與重複性研究
- 95 基於能量等效原理獲取延性材料壓縮試樣單軸本構關係曲線
- 96 2024-T42 合金和 2024-T62 合金的抗潛變性能研究
- 97 長期時效對 T/P92 鋼顯微組織及力學性能的影響
- 98 Fatigue Life of bolted composite and Titanium alloy joints
- 99 纖維增強複合材料夾層板剪切性能試驗與有限元分析
- 100 ABAQUS 中晶體微觀結構模型的建立
- 101 與溫度和應變率相關的 Q235b 鋼材料性能試驗
- 102 3D 列印鋁合金的綜合力學性能分析
- 103 Ti60 鈦合金顯微組織和微纖構對維氏硬度資料分佈的影響
- 104 一種近 α 鈦合金的室高溫拉伸行為研究
- 105 高速攝像系統測量碰撞中材料全場應變的試驗方法研究

- 106 SiC/Al 複合材料介面微結構及力學性能的原子尺度研究
- 107 具有不同表面電勢的橢球間的靜電力
- 108 GB/T 26078-2010《金屬材料 焊接殘餘應力 爆炸處理法》國家標準簡介
- 109 滲鎢 430 不銹鋼在燃料電池環境下的耐蝕性評價
- 110 05Cr17Ni4Cu4Nb 鋼力學性能及本構模型
- 111 TC11 鈦合金率相關的拉伸性能研究
- 112 考慮淬火殘餘壓應力的空心車軸無損探傷週期研究
- 113 鐳射衝擊下的 DZ125 鎳合金材料的穿孔破壞實驗
- 114 14MnNb 橋樑鋼焊接殘餘應力三種測量方法結果對比
- 115 管道凹陷形成機理研究
- 116 鈦合金拉伸性能標準方法測試中的尺寸效應及應變速率敏感性研究
- 117 十字型試件雙向拉伸試驗的發展歷程與現狀
- 118 雷射療程配合冷凍劑防止生物組織破壞之生物熱傳實驗與數值模擬
- 119 反應器壓力熱震問題之決定性幾率破裂力學分析程式與相關性法規研究
- 120 應用螺栓應變計於大型結構錨定螺栓之量測技術
- 121 以振動模態法辨識管路薄化程度之可行性研究
- 122 Probing the fundamental size dependence of hardness by nano-indentation & nano-scratch with implications on Instrumented Indentation Testing (IIT) standardisation