

經濟部幕僚單位及行政機關人員從事兩岸交流活動報告書

參加第四屆礦山安全科學及工程 國際會議

研提人單位：經濟部礦務局

職稱：技士

姓名：劉保淇

參訪期間：107年10月20日至107年10月25日

報告日期：107年11月14日

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：參加第四屆礦山安全科學及工程國際會議

二、活動日期：107 年 10 月 20 日至 107 年 10 月 25 日

三、主辦（或接待）單位：北京科技大學

四、報告撰寫人服務單位：經濟部礦務局

貳、活動（會議）重點

一、活動性質：出席會議

二、活動內容

（一）目的及緣起

本次礦山安全科學與工程國際會議（ISMSSE2018）於中國大陸北京召開，該會議自 2011 年至迄今已成功舉辦三屆，由國際間礦山安全相關之專家及學者共同參與及努力下，進行礦業安全理論技術交流及相互啟發，增進產、官、學界之互動，進一步促進礦業安全技術之提升，亦已成功地作為國際之間礦業安全科學與工程之交流平台，今年第四屆於 2018 年 10 月 22 至 24 日由北京科技大學主辦，針對目前國內外礦山深層開採過程中出現的礦山動力災害、礦山職業危害與健康、礦山資訊化等趨勢性議題，爰本次會議主題定義為「礦山深層開採安全科學與工程」，涉及主要內容及議題包

括礦山安全科學理論、礦山職業健康與環境安全、礦山動力災害、煤礦瓦斯、礦山應急救援、礦山安全資訊化、礦山設備安全、礦山安全管理、教育培訓與安全行為以及其他相關領域，由世界各地之專家學者及工程技術人員與會參加，藉此交流礦山安全領域研究之新成果。

本次與會目的，鑒於國際上礦業開發趨勢已逐漸朝向永續礦業、降低環境衝擊、高技術性及安全性等願景發展，開發模式亦逐漸由露天礦場開採作業改為坑道開採作業，以符經濟、環境之維護，惟坑道開採之風險較高，相關維護礦場安全之事前、事中及事後，均須謹慎管理(主管機關)、處理(從業者)，爰藉此次會議主題，瞭解目前國際礦業安全發展趨勢，希望能獲得有關礦場安全作為之事前準備、事中應變及事後處理之新知，進而回饋到礦場安全管理相關之業務精進領域上。

本次會議行程如下：

10/20 (六) 台北至北京

10/21 (日) 自費休假

10/22 (一) 報到、參加會議活動

10/23 (二) 參加會議活動

10/24 (三) 參加會議活動

10/25 (四) 北京至台北

(二) 會議內容

參加會議的過程依會議形式分為大會及分組會議，10月23日上午為開場儀式（圖1）及邀請演講，其中值得參考的是會議開場由安徽理工大學校長（亦為中國工程院院士）袁亮報告「煤炭安全智能精準開採」（圖2），說明煤礦是中國大陸經濟開發中不可或缺的自主能源主力，在維持經濟穩定發展過程中，即使目前正在壓縮煤礦比例，長遠來看仍以煤礦為主的格局，在發展新能源、再生能源的同時，認為還是要做好煤礦永續發展，即使著力推動能源革命，加大能源結構調整的過程中，煤礦作為中國大陸主要能源的地位和作用是難以改變的。



圖 1、大會現場



圖 2、安徽理工大學校長報告

備註:圖 1、2 來源為礦山安全科學與工程國際會議網站之新聞動態-會議照片。

然而，煤礦災害是所有礦產開發中風險極高的一種，尤其是地下開採煤礦，其中又以煤層甲烷氣體爆炸的工安意外造成人命傷亡損失率最高，隨著中國大陸近年蓬勃快速的開發建設，必須高度仰賴煤礦，煤礦產量從 2005 年 13.5 億噸增加到 2017 年 35.4 億噸，近幾十年來仰賴科技進步，煤炭安全生產形勢持續好轉，以百萬噸死亡率從 2005 年 2.76 降至 2017 年 0.106，這也顯示中國大陸**高度重視煤礦工業的發展以及積極預防煤礦災害的發生**，尤其近年煤礦開採方式轉入深部煤礦開採，岩盤支撐、坑內通風、瓦斯突出氣體偵測、岩爆、坑內溫度壓力等風險值亦大幅增加，均會影響作業人員的身心健康及安全，當然所面臨的問題，其實就研究礦業工程領域的學者而言，這都是可以靠技術研發去克服、預警的，因此簡報中亦提到解決深層煤礦開採難題是煤礦科技工作者的責任與使命，並引述中國大陸十九大報告中強調：推動互聯網、大數據、人工智能及實體經濟深度融合，建立潔淨低碳、安全高效能源體系，亦顯示中國大陸對煤礦開採建立了**永續發展的穩健政策**，提出**階段性達成目標**：

2020 年達成「機械化」

2035 年達成「自動化」

2050 年達成「智能化」(均以全數煤礦落實為目標)

如何統籌、多項策略進行佈局，有效調整結構及增加效益，甚

為重要，以現行大量人力開採方式，未來逐漸減少礦場作業人數，實現露天開採及地下開採機械化，現行已有部分大型礦場開始試驗機械自動化開採作業，即挖掘機器具備學習能力，可有效開採地下煤層，未來規劃 2035 年達成全面自動化採礦，結合互聯網、資訊技術，實現無人化採礦，也就是大幅減少坑內礦場作業人數，以遠端 AI 智能採礦，將人命傷亡率降至最低並提升開採效能。

就技術層面，即利用地球物理的科學及技術，藉由互聯網及礦山結合，盤點礦區之斷層、陷落柱、地下水、煤層氣體等致災因素，統整後規劃出安全採礦區塊，建立煤礦精準開採模組，包括地球物理數據庫、物聯網系統建構、自動巡航切割、智能感知、多物理場測控、災害風險判識、災害智能防控、風險監控預警等，藉由上述技術實現時空上精準安全可靠的智能無人安全精準開採新模式新方法，將未來的採礦工程轉換為智能工程，並透過政、產、學、研、用之協同創新，共同在資訊智能傳輸、互聯網與大數據資訊處理、災害智能預警及防控、智能開採技術與裝備等領域進行發展，就中國大陸首例無人開採工作面-黃陵一號煤礦工作面試驗成功以來，已有 70 餘個採煤工作面實現智能無人開採技術，將持續推廣。

未來將整合科技資源，做好煤礦精準開採頂層設計，包括：

1. 人才培養：採礦、安全、地質、機械製造與自動化、電腦程式、資訊等學科交叉融合，培養滿足煤礦精準開採所需各類人才。

2.國際合作：重視引進來及走出去的相結合，與國際接軌，廣泛開發國內外學術合作交流，實現優勢互補及合作雙贏。

3.協同創新：形成政、產、學、研、用協同創新體制，國家重大科學計畫、開採重大科技難題聯合攻略等。

隨著煤礦精準開採的發展及開採技術水平的提升，未來爭取用最少的礦井數量及開採面積支撐國家 25~30 億噸煤礦需求，建構能源生產和環境保護協調發展新格局。

分組會議：經研讀分組報告內容後，針對 10 月 23 日下午及 24 日整天之議題分為四組：

第一組為「礦山安全科學及應急救援」

第二組為「礦山動力災害」

第三組為「煤層氣（瓦斯）災害」

第四組為「礦山職業災害及健康」

因第二、三組主要議題以煤礦災害為主，衡酌國內能源政策已不再開採煤礦，爰主要參加第一、四組之研討會，針對礦山安全之管理、預防、救援、新技術等議題進行研討與交流，認為值得參考的相關報告及研究，茲摘要如下：

1. 藉由系統安全技術預防礦場災害：

由澳洲昆士蘭大學永續礦物研究所 (Sustainable Minerals Institute) Garry Marling 教授報告，專研於礦山風險評估及管理，前言以介紹生命週期系統去定義每個作業環節，進而建立具備大數據統計分析之管理模式，包括四個階段，第一階段為定義主要災害模組，第二階段為利用 FFA 及 ETA 分析主要災害，建立災害資料庫，第三階段則依據不同屬性的致災原因，建立系統安全分析，但由於必須考量更細緻化的致災因果關係，最後經由第四階段的次系統安全分析，才能演算出主要、次要的安全需求，將此結果回饋到採礦安全管理上，才能套用在礦山安全之風險管理，此套系統安全技术是有效的。

2. 建立緊急救援的系統管理：

藉由採礦循環體系建立系統管理的資料庫，研究方法為第一階段將知識碎片化，即將所有的致災因子建立模組，亦討論到定性、定量的因素，其中最重要的不可測因素為文化，包括資本、社會層面影響頗深，第二階段以統計做矩陣分析，第三階段為建立數化安全管理 APP，包括應急及救援，應急是針對事件，屬於潛在危險因素，救援是針對事故，屬於當下發生的災害，安全管理 APP 包含安全培訓、推廣資訊、應急能力指標等，在結論的部分，則討論到 APP 如何為政府、企業提升實務面的安全管理，強調採礦災害必須

以人為本、科學救援。

3. 煤礦災害預警技術平台：

中國大陸煤礦的瓦斯事故死亡人數從 2015 年的 2018 人，到 2017 年降低為 103 人，與生產量的關係為產量增加、礦工死亡率大幅降低，致災原因主要還是在於用人多、效率低，近年配合政府發展智能採煤的政策，減少坑內作業人數，由傳統採礦逐漸轉型為「高科技礦業工程」，以基礎研究及大量模組數據作為基石，利用資訊結合互聯網，將瓦斯突出爆炸的問題建立預警模組，再藉由手機 APP 等方式達成自動預警。

4. 採礦工程中職業健康與安全的潛變量分析：

由加拿大 McGill 大學採礦及材料工程系的 Mustafa Kumral 教授報告，圖 3 為中國礦業大學 Prof. Gui Fu 主持並簡單介紹，該研究是利用統計分析基礎原理，建立礦場職業健康及安全的模式，有助於瞭解及研究礦業工程中的影響因素，進而提前預防及做好安全管理。

統計學中的潛變量建模可用於促進研究人員對構成複雜系統的基礎構造或假設因素的理解，最常用的技術包括探索性因子分析（EFA），限制性因子分析（CFA）和帶有潛變量的結構方程模型（SEM），在結論中提及標準回歸方法由於測量誤差而受到稀釋偏

差的影響，潛變量分析技術有效地解決了偏差的問題，SEM 中的變量既可以是內源的，也可以是外源的，即每個變量可以是「因」和「果」，因此研究變數的中介效應，SEM 是一種大樣本技術，每個估計參數需要 10 個樣本，或者對於中等複雜模型需要 200 個以上樣本。

潛變量分析技術已廣泛應用於心理測量學和定量社會科學，在解決工程問題的實例應用較少，研究員可以將該研究方法與 CWA 結合起來，用於實際的採礦應用，以便瞭解並提高採礦業的職業健康和安全性，事實證明潛變量分析技術在礦山事故和安全研究具有良好效果。



圖 3、第一組會議情形(由中國礦業大學 Prof. Gui Fu 主持)

5. 礦山安全管理國際標準之比較

礦山作業非常重視職業安全與衛生，基於社會責任和經濟負

擔，必須設立在法律、標準框架內，ILO(國際勞工組織)、ISO (國際標準化組織)、EU (歐洲聯盟) 和中國大陸國家法律均有提供國際、國家的管理範圍，以製定一套指導方針和 KPI，藉此推動採礦安全的決策，該研究中介紹最新 ISO45001 職業健康安全管理系統標準，為改善全球供應鏈的工作安全，提供了一套強大有效的流程管理工具，套用在採礦安全管理上，藉以有效解決員工健康、工作狀態及引發事故的問題。

6. 無線脈衝技術的高精度個人定位系統

無線脈衝具有高精度、大容量和寬範圍的特性，而被廣泛應用於不同領域，目前所採用的人員定位系統仍然是 RFID 和 WIFI 等，由於定位精度差、穩定性差、成本高，在高精度人員定位中仍有改善空間，特別是在隧道、礦山施工過程中，需要對所有工作區域進行覆蓋和定位，如果佈置多個設備和監控站，將對施工產生一定的影響，導致定位訊息延遲和不準確，中國大陸西安研究中心採礦緊急救援組則設計開發一種高精度定位系統，結合無線脈衝的特點，用於解決人員定位和訊息傳遞干擾等問題，更為重要的是可以為不同領域的人員定位設計、提供新的方法。

7. 數據採礦-促進礦山風險管理的可行資訊化技術

為有效控制礦井事故，原國家安全生產監督管理局提出了雙控

制機制，其中最重要的是風險管理，建立礦山風險管理資訊化系統（RMIS）是重要工具，確保有效實施，RMIS 具有基本和高階功能，基本功能是收集風險指標數據，如人員、機器、環境和管理，進一步分析，評估和控制風險，高階功能基於基本功能運算，並使用數據挖掘技術，提取隱藏在大量數據背後的安全相關內容，並為將來的決策提供建議。

該技術目前在礦山風險管理中有三個典型應用：預測未來風險、優化風險分析模型，以及在不同礦山之間應用風險標準化管理，提出建立在大數據和物聯網的礦山風險管理 RMIS 框架，並討論需要使用的關鍵技術，如機器學習、人工智能等，通過該系統，礦山管理者可以實現風險管理，不斷提高礦山風險管理水平。

8. 數據採礦在安全生產風險控制中的應用

企業安全生產風險一直是政府和社會關注的問題，為了更有效地控制安全生產風險，協助政府和安全生產企業及早預測警示風險，根據現有情況，在企業風險監測、隱患調查等資訊系統運行累積數據的基礎上，研究中討論了數據採礦技術對這些數據的分析和處理，分析出安全生產風險發展趨勢的有效數據，結果顯示該方法對安全生產風險管理具有良好的預測和預警功能，可為政府部門和企業引導和實施安全生產提供了重要的技術參考。

9. 中國大陸煤礦事故數量預警模型的實證研究

煤礦開採是重要的能源工業和易發生事故的行業，因此建立煤礦事故預警模型極為重要，根據近 11 年的事故數據，研究成果顯示煤礦事故資料具有波動大、樣本量小、數值小、數值非線性大的特點，研究方法利用文獻回顧、分析和比較，藉由政策干預程度（PID）、製造採購經理人指數（PMI）、工業產品生產者價格指數（PPI）、主要原材料採購價格指數（RMPPI）、選擇就業指數（EI）作為建立預警模型的輔助變量，應用 VAR 模型來確定模型結構，研究成果顯示 BP 模型適用於煤礦事故數量的預測。

10. 利用 ARIMA 模型建立中國大陸煤礦事故的預測方法研究

中國大陸煤礦工人傷亡事故發生率是所有經濟部門中偏高的，該研究是利用 2006 至 2015 年中國大陸調查的 10,442 個煤礦事故組成的一組數據，研究一種預測煤礦事故發生趨勢的方法，即差分整合移動平均自迴歸模型（ARIMA），並且使用 EViews 軟件進行預測，可以幫助管理者預測煤礦事故的發生趨勢，做出正確的判斷，降低事故發生、傷亡的比例。

11. 礦山安全之虛擬實境培訓系統綜合評價

安全培訓是確保礦山安全的重要和不可或缺的標準作業程

序，利用具有前瞻性的虛擬實境（VR）技術提高培訓成效，該綜合評價針對虛擬實境礦山安全培訓的研究，主要集中在系統的實施，而非培訓系統的評估技術和方法，虛擬實境安全培訓系統的評估主要包括指標的選擇、權重的計算以及系統的綜合評估，以既有的商業軟體平台中包括災害來源監控、職業安全訓練及評估、事故管理及分析等三大平台。

清華大學的張博士後研究員利用層次分析法和模糊綜合評判技術，對虛擬實境煤礦安全培訓系統進行綜合評價，首先通過分析 W 系統的組成，系統組件的權重和主要組成部分獲得每個部分的元素，最重要的部分是軟件，其權重為 49~62%，其次對每個要素進行模糊綜合評價，對先前開發的 VR 訓練系統進行評估，結果是適中的，以前系統的主要缺點是缺乏真實性及用戶數據記錄，以及 VR 場景的有限自由度，透過這種方法，以科學有效地評估 VR 訓練系統，並且確認系統的缺點，根據評估結果，使系統在未來的開發過程中得到改進，從而保證系統本身的有效性，為培訓效果奠定堅實的基礎。

12. 虛擬實境（VR）進行地下坑道岩盤的災害評估及降低風險

由美國 Colorado school of Mines 的 Sebnem Duzgum 教授報告使用虛擬實境（VR）進行地下坑道岩盤的災害評估及降低風險，

研究成果顯示VR提供一個安全訓練環境，可改善所有地下控制問題、地質構造及不穩定構造的視覺方向效能，亦可掌握地下的情況，如圖4、5所示，可任意旋轉視覺角度，套用網格設定及瞭解岩盤狀況。



圖4、VR實境結合數據建模(網格尺寸) 圖5、VR實境結合數據建模(岩盤狀況)

三、 遭遇之問題：無

四、 我方因應方法及效果：

本次參加會議進行順利，未做任何因應措施。

五、 心得及建議：

本次參加會議探討的議題為「礦山深層開採安全科學與工程」，瞭解到國際間對於礦業開發行為越來越重視環境、安全的議題，並由相關領域的學、研單位積極研發技術、開發軟體，應用在礦山安全管理及預警監測，深刻體會到工欲善其事、必先利其器的

重要性，尤其目前處在資訊技術蓬勃發展的時代中，如何運用最有效率、低人力資源的工具來進行管理、監測礦場安全的工作，現行國際礦業工程的定位不再是傳統產業，而是科技礦業，利用大數據、互聯網、物聯網等工具，導入礦業開發生命週期，進而提升礦山規畫評估、開採技術、監測、預警、人員訓練，甚至串聯行政體系單位的管理機制，在中國大陸煤礦已初步實施，但仍有待加強之處，例如優化資訊 APP 的礦工培訓、致災因子及行為等。

針對礦場安全作為之事前準備、事中應變及事後處理，獲益良多，礦場安全最重要的是風險評估及管理，「事前準備」應重視人員職業安全的教育訓練（設備操作、作業安全、法規），將人員管理資料庫，導入訓練資訊及設備的保養資訊等，這一部分在國內的工程中已有類似的管理模式存在，「事中應變」及「事後處理」則應重視災害搶救的通報系統資訊化、致災風險管理分析細緻化，連動回饋到 PDCA 管理循環中，進而提升礦山安全的風險管理。

隨著國際礦業永續發展趨勢，具豐富礦產蘊藏量的國家積極投入大量資源、技術及人才，建立更安全的礦山安全管理系統及預警監測系統，避免人員傷亡事故發生，例如利用虛擬實境 VR 技術做為進行地下坑道岩盤的災害及風險評估、APP 資訊平台建立礦山安全預警及職業安全訓練以及利用無線脈衝的高精度定位系統應用

於坑內人員定位，可解決 RFID 和 WIFI 人員定位和訊息傳遞干擾等問題等，綜上，藉由技術強化礦山安全管理及礦山安全之預警、監測、救援，顯然已明確是國際礦業永續發展的共同策略。

物聯網、互聯網已在經濟相關領域逐漸發展，但要在國內礦業或是傳統產業中發展實屬困難，遭遇到的問題，與會議中學者間討論的情況雷同，大部分都與文化特性有關，因為礦業相對來講是一個老的行業，而且礦場普遍位在偏遠地區，從業人員均以經驗傳承為主，較難接受新的觀念，尤其是礦山安全管理的領域，需要國內政府、產業及學研單位之間必須共同合力推展，如同近年本局為了精進安全管理之業務，針對礦業、工程界施工所需的爆炸物強化管制作為，利用物聯網概念，實施電雷管批號管制、運輸爆炸物車機追蹤管控，前者主要是針對電雷管的生命週期做系統管控，記錄從進口、販售、使用的每個過程及使用者，每一支電雷管均有自己的條碼，後者目前僅追蹤管制爆炸物販賣業者運輸爆炸物，當然初期系統實施仍有需改善之處，藉由這次會議，可將其預警、監測優化概念納入，使系統運作更完成，亦能達到安全管理之目的。

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 劉保淇

107 年 11 月 14 日