

出國報告（出國類別：開會）

參加油田開發規劃與經營管理相關 研討會

服務機關：台灣中油公司 探採研究所

姓名職稱：王文烈 石油開採工程師

派赴國家：義大利

出國期間：107年10月21日至10月26日

報告日期：107年11月14日

參加油田開發規劃與經營管理相關研討會

摘 要

為達成提升油氣自給率之長期策略目標，本公司探採部門積極投入國內外陸海域油氣田之探勘與開發工作，因此油氣田之開發規劃與經營管理相當重要，油氣田之開發規劃與經營管理包含鑽井及井控工程、採油工程、與經營管理等 3 個階段。油氣田之鑽井及井控工程相當複雜，鑽井及井控工程費用佔油氣田開發成本的最大比例，鑽井技術發展向更深井和更複雜的水深推進，導致油氣井控制相關能力的挑戰，影響到油氣田開發規劃與經營管理。IADC International Well Control 鑽井工程研討會是鑽井及井控工程相當重要的研討會之一，今年在義大利舉辦，會中有有多篇控壓鑽井技術及井控模擬訓練等相關論文發表，並有來自世界各地之石油公司與石油服務公司參展。

隨著深水鑽井的發展，鑽井作業已進入高溫高壓（HPHT）領域的挑戰和風險，高溫高壓鑽井日益成為焦點。控壓鑽井(Managed Pressure Drilling)的價值和理解一直在以指數速度加速。Weatherford 公司為目前國際石油工程界應用控壓鑽井技術最多且最先進的公司，故以後要引進此技術時，可聘請該公司技術指導或代訓鑽井工作人員。良好的控制是安全和成功行動的最關鍵領域，Wellsharp 現在包括鑽井作業和修井課程，為國際鑽井行業提供一套全面的培訓標準。鑽井作業赴越來越複雜及困難，鑽井技術進步很快，公司應每年派員蒐集及研討控壓鑽井、叢式鑽井及水平鑽井等技術，供本公司未來國內礦區鑽鑿高傾角定向井及水平井之重要參考。

參加完研討會及參觀各公司展覽，個人感到受益良多，茲將開會及參觀與鑽採相關之議題分成(一)議程內容及演講論文摘要、(二)挪威大陸棚井控事故的發展趨勢與分析、(三)控壓鑽井(MPD)成功應用於科威特的高溫高壓井中、(四)井控關鍵活動中人為因素的認識和管理、(五) IADC(International Association of Drilling Contractors)多方面井控培訓方法的更新和分析。

關鍵詞：定向鑽井、高溫高壓（HPHT）、控壓鑽井(MPD)

參加油田開發規劃與經營管理相關研討會

目 次

摘要	1
壹、目的	3
貳、過程(行程表)	5
參、具體成效	9
肆、心得及建議	28

壹、目的

為達成提升油氣自給率之長期策略目標，本公司探採部門積極投入國內外陸海域油氣田之探勘與開發工作，因此油氣田之開發規劃與經營管理相當重要，油氣田之開發規劃與經營管理包含鑽井及井控工程、採油工程、與經營管理等 3 個階段。油氣田之鑽井及井控工程相當複雜，鑽井及井控工程費用佔油氣田開發成本的最大比例，鑽井技術發展向更深井和更複雜的水深推進，導致油氣井控制相關能力的挑戰，影響到油氣田開發規劃與經營管理之權重甚高。IADC International Well Control 鑽井工程研討會是鑽井及井控工程相當重要的研討會之一，今年在義大利舉辦，會中有有篇控壓鑽井技術及井控模擬訓練等相關論文發表，並有來自世界各地之石油公司與石油服務公司參展。

隨著深水鑽井的發展，鑽井作業已進入高溫高壓（HPHT）領域的挑戰和風險，高溫高壓鑽井日益成為焦點。MPD 的價值和理解一直在以指數速度加速。Weatherford 公司為目前國際石油工程界應用控壓鑽井技術最多且最先進的公司，故以後要引進此技術時，可聘請該公司技術指導或代訓鑽井工作人員。良好的控制是安全和成功行動的最關鍵領域，Wellsharp 現在包括鑽井作業和修井課程，為國際鑽井行業提供一套全面的培訓標準。鑽井作業越來越複雜及困難，鑽井技術進步很快，公司應每年派員蒐集及研討控壓鑽井、叢式鑽井、水平鑽井等技術，以及最新定向鑽井設備（例如聚晶金剛石鑽頭、井底馬達），供本公司未來國內礦區鑽鑿高傾角定向井及水平井之重要參考。

本人奉派參加「IADC International Well Control 鑽井工程研討會」。IADC International Well Control 鑽井工程研討會集合了各大石油公司、技術服務公司、顧問公司與研究機構等經驗豐富之研究人員與專家學者，於會中發表包含鑽井及井控等技術論文，使與會者得以針對各項議題進行研討與交流，對於鑽井技術之提升勢必有所助益。本次出國參加油田開發規劃與經營管理相關研討會之主要目的如下：

1. 油氣田之鑽井及井控工程相當複雜，鑽井及井控工程費用佔油氣田開發成本的最大比例，挪威鑽井平台上井控事件及墨西哥灣的「深水地平線」鑽井平台爆炸事故，石油公司遇到很高的工作壓力及風險，因此

需要參加 IADC International Well Control 鑽井工程研討會，蒐集及研討鑽井、井控及井控訓練等新技术論文，可降低油氣田開發風險。

2. 相較於傳統的超壓鑽井技術(Overbalanced Drilling)，控壓鑽井技術(MPD)在鑽井時能夠分辨生產力較佳的生產層，且能降低鑽井流體對儲集層產生的汙染與危害，進而提高生產率。藉由參加 IADC International Well Control 鑽井工程研討會，探討鑽井及井控等新技术。控壓鑽井所需之鑽井工作窗(Drilling Window)較超壓鑽井小，亦即較不會發生漏泥或噴井等事故，可引進相關鑽井及生產新設計方法及新技术，可提供本公司未來國內礦區鑽鑿叢式高傾角定向井及注/產氣井之應用與參考。
3. 透過與具實務經驗之專家學者進行交流，學習油田鑽採開發實務經驗，期望於未來能應用於既有礦區之鑽井與開發工程，以降低泥漿汙損及鑽井事故風險，並提高鑽採效益。

貳、過程

參加油田開發規劃與經營管理相關研討會之過程詳如出國行程表(表 1)。

表 1、出國行程表

預定起訖日期	天數	到達地點	地區等級	詳細工作內容
107/10/21(日)~107/10/22(一)	2	台北—義大利米蘭	303	啟程
107/10/23(二)~107/10/24(三)	2	義大利米蘭	303	參加 IADC International Well Control 鑽井工程研討會，會中研討鑽井及井控等新技術論文。
107/10/25(四)~107/10/26(五)	2	米蘭—台北	303	返程
合計	6			

IADC International Well Control 鑽井工程研討會集合了各大石油公司、技術服務公司、顧問公司與研究機構等經驗豐富之研究人員與專家學者，於會中發表包含鑽井、井控及井控訓練等新技術論文。圖 1 為本人攝於 IADC International Well Control 鑽井工程研討會會場報到處之照片，會中有有有多篇鑽井、井控及井控訓練等新技術論文，此外並有來自世界各地之石油公司與石油服務公司參展。



圖 1、IADC International Well Control 鑽井工程研討會會場報到處

圖 2 及圖 3 為 IADC International Well Control 鑽井工程研討會論文發表及交流之會場，圖 4 為 IADC Well Control 研討會場與論文發表者研討及合影留念。



圖 2、IADC International Well Control 工程研討會論文發表會場之一



圖 3、IADC International Well Control 工程研討會論文發表會場之二



圖 4、IADC Well Control 研討會場與論文發表者研討及合影留念

除了 IADC International Well Control 工程研討會論文發表會場之外，並有來自世界各地之石油公司與石油服務公司參展。因此聽取論文發表期間亦抽空至各參展公司參觀展覽之產品及研討，圖 5 為參觀展覽會之 Halliburton 公司展覽場，研討及交換意見以獲取相關資訊。聽取

Halliburton 公司有關軟體解釋技術及最新進展之簡報，該公司的鑽井、生產及探勘應用軟體是被國際石油公司採用最多的軟體之一。



圖 5、參觀展覽會之 Halliburton 公司展覽場及研討

參、具體成效

油氣田開發及鑽井技術不斷地往增加採收率的目標精進，新的鑽井技術也相對應的孕育出來，如控壓鑽井、叢式鑽井、水平鑽井等技術。鑽井作業時，常因鑽井泥漿、濾液或鑽鑿固粒等侵入生產層，造成地層污損，改變了生產層的特性，導致生產率降低。特別是低壓地層的鑽井作業，因為差壓的增高，更需特別留意地層污損的預防。因此控壓鑽井技術與低污損鑽井泥漿等相關技術研究係極為重要的工作。參加完研討會及參觀各公司展覽，個人感到受益良多，茲將開會及參觀與鑽採相關之議題分成(一)議程內容及演講論文摘要、(二)挪威大陸棚井控事故的發展趨勢與分析、(三)控壓鑽井(MPD)成功應用於科威特的高溫高壓井中、(四)井控關鍵活動中人為因素的認識和管理、(五) IADC 多方面井控培訓方法的更新和分析等五項做成效報告如下：

(一) 議程內容及演講論文摘要

2018 年 10 月 23 日星期二

07.00 會議註冊和公開展覽 - Sponsored by Cansco Well Control

08.30 歡迎、介紹和安全簡報

08.35 主題演講： Sebastiano Burrafato, Senior Vice President
Drilling, Completion & Production Optimization, ENI.

09.00 緊急準備作業

主持人：Corrado Leali, Well Area Manager North Europe - Americas -
Kazakhstan, ENI, & John Huffman, Manager Operations, Ensco plc.

深水鑽井的轉移和緊急斷開順序之情境，標準和指南：Alex Parmenter, Wells
Superintendent GOM, BP, Evelyn Baldwyn, Maersk Training, Matias Machum,
Seadrill

在傳統的深水鑽井作業中，對井控問題的最初反應是極關重要的，因為需要

迅速和明智的決策，以減少問題擴大。本文介紹了轉向和緊急斷開程序啟動的方案，操作標準和操作指南的開發，以及如何進一步改善鑽井隊當前對這些井控情況的理解和反應。

09.30 遠程監控

主持人：Corrado Leali，Well Area Manager North Europe - Americas - Kazakhstan，ENI，& John Huffman，Manager Operations，EnSCO plc.

數據解決方案之監控，可靠性和優化：John Hoeflich，Product Line Director，Curt Kling，Lance Staudacher，National Oilwell Varco
後 Macondo 法規增加了對海上井控系統遠程監控的新要求，該規則於 2019 年生效，要求在岸上能提供實時防噴器數據。石油業領導者正在提供滿足這些法規的工具，同時使用大數據技術，進一步加強可靠性和最佳化成本策略。已經在開發並測試、診斷和預測防噴器(BOP)相關組件中之端對端數據驅動架構，該架構將對維護計劃和運營效率產生極大正面影響。

10.00 休息和開放展覽 - Sponsored by Cansco Well Control

10.30 井控培訓及創新

會議主席：Robert Eifler，Vice President & General Manager Marketing & Contracts，Noble Drilling，& Gus Mather，Regional Sales Director，Baker Hughes，a GE Company.

殼牌公司(Shell)的第二輪計劃 - 為未來而訓練：Olav Skar，Manager Wells Learning，Fedderik van den Bos，Jan Terwogt，Shell

第二輪計劃一直是殼牌公司(Shell)的油氣井能力發展支柱，已有近 50 年的歷史。它涵蓋了管理鑽井過程安全、風險和最佳化油氣井整個生命週期效率所需的技能。最新的升級工作於 2018 年 3 月開始實施，並在單井訓練課程中匯集完井和井控工程，為安全風險做好準備。

IADC 多方面井控培訓方法的更新和分析：Mark Denkowski，Vice President Accreditation and Credentialing，IADC

IADC 通過不斷的努力繼續改進井控培訓，新提供的井控課程包括修井，電纜及撓曲油管(Coiled Tubing)和井場領導課程。一門新課程 Wellsharp Plus 為經驗豐富的學員整合低機率，高影響力的技術場景中的人為因素。內容為有效性的提高增強的教師開發以及考試數據庫指標的分析，這些指標可實現數據驅動的決策。正在進行新的努力來衡量知識，保留並實施持續學習系統，並提供 5 級“工程師”課程和入門鑽井服務課程。

耦合視覺模擬器和多相流模擬器提供“實時”體驗並增強溢油演習：Thomas Selbekk，Vice President Marketing，Add Energy

VROV 模擬器最初是為 ROV 飛行員訓練而開發的，通過在模擬器中添加控制硬體並將其與 OLGA-WELL-KILL 暫態模擬器耦合，它已成為洩漏鑽井(spill drills)和鑽井培訓的寶貴工具。自從發展以來，此模擬器已成功應用於多個溢油鑽井。利用控制操作可視覺化和物理學的改進，已經有顯著改進。

12.00 午餐及公開展覽

13.30 小組會議：封蓋和封閉（流動）(Capping and Containment)

主持人：Stein Arild Tønning，Group Drilling Manager，Faroe Petroleum，
& Arjan ter Haak，Principal Technical Expert Well Control，Shell

自 2010 年英國石油 (BP) 的深水地平線鑽油平台 (Deepwater Horizon) 爆炸事故(Macondo 事故)以來，該行業已開發出幾種用於海底控制的新技術。這包括用於海底測量，碎片清除，防噴器(BOP)控制，海底分散劑，水柱監測，封蓋和封閉（流動）以及關閉安裝操作的設備。該設備的使用將取決於事故場景、井和位置特定細節，並且可能需要額外的井主設備和資源以在合理的反應時間內部署完整的控制解決方案。該小組會議將考慮自 Macondo 事故以來在海底控制方面取得的進展，關注各個供應商的可用設備、可操作性限制以及相關控制解決方案的規劃和部署。

15.00 休息和開放展覽 - Sponsored by Cansco

15.30 控壓鑽井(Managed Pressure Drilling)

主持人：David Gouldin，Well Control Manager，Seadrill

控壓鑽井(MPD) 成功應用於科威特的高溫高壓井中：Dipak Patil，Drilling Engineer，Mohannad Al-Mohailan，Sounderrajan Mahesh，Nellayappan Karthikeyan，Salah Al-Azmi，Jassim Al-Jarki，Abdul Aziz Al-Mutairi，Kuwait Oil Company，Sunil Lobo，Marin German，Weatherford

概述過去鑽井的歷史和科威特高溫高壓井(HPHT)鑽井的問題，它將涵蓋控壓鑽井(MPD)技術的需求，控壓鑽井(MPD)選擇的基礎，計劃階段和執行階段總結。它還將逐一展示試驗井的成功以及控壓鑽井技術實施過程中吸取的經驗教訓。雖然MPD的價值和知識一直在以指數速度加速，但在某些情況下，從鑽機安裝和拆卸MPD成套設備所產生的成本和時間並不具有成本效益。幾個鑽機已經升級為MPD鑽機，演講論文解釋了什麼是MPD鑽機，如何完成控壓鑽井(MPD)以及為什麼控壓鑽井技術(MPD)非常重要。此外，演講論文演講了控壓鑽井鑽機的一些真實案例。

16:00 井控關鍵活動中人為因素的認知和管理

主持人：David Gouldin，Well Control Manager，Seadrill

井控哲學 - 追求什麼是“正確”：Paul Sonnemann，Vice President Technology，Helio Santos，SafeKick，David Gouldin，Seadrill

關於如何管理井控操作以及誰應該執行關鍵角色的決策有時取決於對“正確”的一致意見 - 這可能取決於各利益相關的不同優先等級。

不斷發展的封閉式循環鑽井技術(closed-loop drilling)有望通過使用增強的初級井控概念來調整這些優先等級，從而在“正確”的方面達成更多協議。

17.00-18.00 開放展覽

2018年10月24日星期三

07.30 會議註冊和公開展覽

08.30 歡迎、介紹和安全簡報

08.35 主題演講：Marco Toninelli，Offshore Drilling Director，Saipem

09.00 RAPID-S53 防噴器(BOP)可靠性更新：John Knowlton，Senior Vice President - Technical，Enasco plc

IOGP / IADC 可靠性防噴器(BOP)，稱為 RAPID-S53，於 2015 年開始收集防噴器(BOP)性能數據。鑽井承包商，營運商和 OEM 之間的合作，它逐漸從 API Standard 53 系統演變為分析趨勢，協助預測防噴器(BOP)組件的可靠性，此更新將有利於該行業的更新發展。

09.30 特別演講：挪威大陸棚井控事故的趨勢和分析：Roar Sognness，Principal Engineer，Oddvar Fattnes，Petroleum Safety Authority Norway

多年來有系統地收集石油鑽井活動相關的風險等資料，總結了挪威大陸棚(NCS)鑽井和井控事故報告。本演講文稿將提供可從井控事故數據中之原因的分析。此外，還將討論探勘和生產井事故的頻率以及隨時間變化的趨勢。分析最近井控事故並分組為鑽井、完井及控壓鑽井(MPD)等。還將審查北海主要井控事故的一些關鍵知識。

10.00 休息和開放展覽

10.30 關鍵鑽井活動中人為因素的認識和管理

會議主席：Paolo Croatto，Head Offshore Drilling Operations，Saipem，& Gary Kelso，Well Operations Manager - North Sea，BP

通過模擬案例研究提高井控能力：Evelyn Baldwin，Assistant Operations Manager，Maersk Training，Barry Braniff，Transocean

Transocean 公司與 Maersk Training 培訓公司合作，增強了井控課程內容，以提高鑽井隊員解決問題的能力。這個為期 5 天的密集課程包括使用擬真鑽井平台模擬了實際井控情景，同時由 Maersk Training 培訓的資源管理專家指導。所有模擬場景都是基於 Transocean 公司實際的案例研究而設計的。此外，課堂時間會進一步深入探討，圍繞這些案例研究作更詳細討論，並關注 Transocean 公司的關鍵井完整性要求和具體的井控政策和程序。

12.00 午餐及公開展覽 - Sponsored by Pergemine

13.30 專題討論會：培訓和能力方面的挑戰

主持人：Guido van den Bos，Director Business Development Europe，Africa and Middle East，National Oilwell Varco，& Øyvind Tuntland，Principal Engineer，Drilling and Well Technology，Petroleum Safety Authority Norway

具有不同願景的各類行業領導者，將檢查和討論當今高標準的井控相關培訓和能力。鑽井行業如何適應挑戰，並確保培訓和能力以滿足未來的要求？鑽井行業參與者；如何重新定義培訓要求？目前的鑽機預測，顯示鑽機數量將在今年年底和明年年初繼續增加。更多的鑽井平台，更多的工作，更多的培訓和更有能力的人才是未來的基礎及對行業的挑戰。

在這個公開論壇上進行的建設性討論，將為觀眾提供充分的機會，使他們能夠挑戰，質疑和加深他們的理解。

15.00 休息和開放展覽 - Sponsored by Cansco Well Control

15.30 井控能力

會議主席：Marco Pellei，COO，Hydro Drilling，& Mike Simpson，CEO，Cansco.

基於井控設備培訓，降低了井噴的設備故障風險和鑽井無效益時間(NPT)：

Gary Castell，Training，Learning and Development Manager，Ian Davidson，Cansco Well Control

演講論文說明在正常操作中，使用井控設備的相關問題，並結合日常維護，以及如果這些做法沒有正確執行，如果工程人員可能不知道設備可能會受到損害，從而允許潛在的井控事故。通過 IOGP 476 參考操作員培訓的發展，來進行井控行業比較，設備分析表示，由於在正常操作和維護中，在設備不完整性中執行不良的操作。

(二) 挪威大陸棚井控事故的發展趨勢與分析(Roar Sognes and Oddvar Fattnes Petroleum Safety Authority Norway (PSA))

2008 - 2010 年間挪威鑽井平台上的井控事件及 2010 年墨西哥灣深水地平線事故，提醒石油行業井控事故的潛在風險。圖 6 為挪威井控事件時之鑽井平台，圖 7 為勘探井和生產井每 100 口鑽井作業中的事故頻率，勘探井比生產井在鑽井作業中的事故頻率高很多。



圖 6、挪威井控事件時之鑽井平台

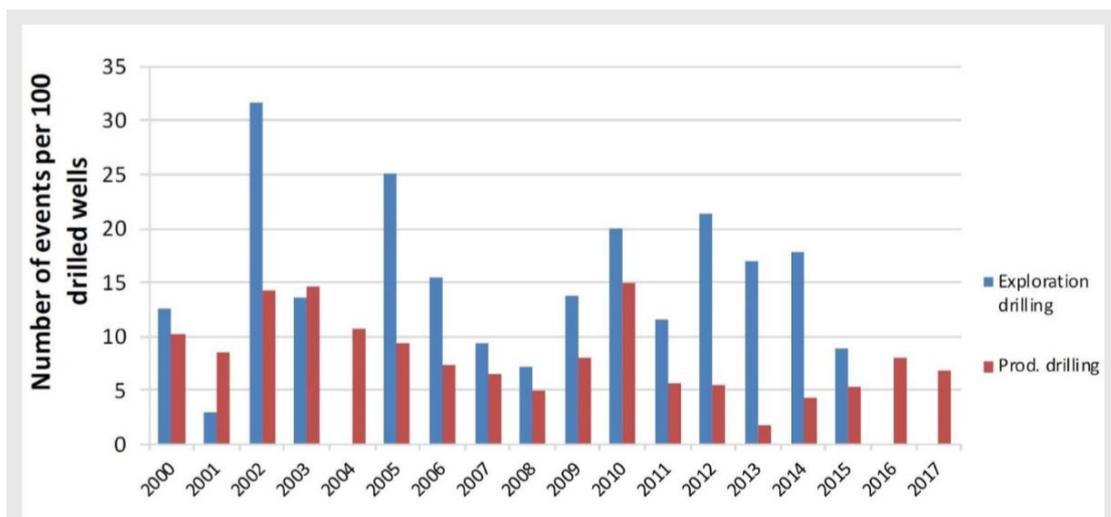


圖 7、勘探井和生產井每 100 口鑽井作業中的事故頻率

鑽井和油井作業的特點是相當複雜，佔挪威大陸棚開發成本的最大比

例。技術發展向更深的井和更複雜的水深迅速推動，頻繁重組和其他變化的重要活動導致井控制相關能力的挑戰。對安全性至關重要的操作決策，通常在苛刻的條件下進行，具有很大的不確定性。關鍵決策者也可能面臨目標衝突，效率和成本降低要求可能會影響安全。鑽井主管和工具推動器可能會遇到很高的工作壓力及風險（Forseth, et al., 2011），與分佈式團隊專家的合作，需要充分的信息和良好的決策支持。

因此，人類、技術和組織之間的相互作用，將是維持安全鑽井和井操作的關鍵。本論文研究相關的研究結果：(1) 挪威鑽井平台上井控事件的主要原因；(2) 提出/實施了哪些措施；(3) 確定的原因和措施之間是否有足夠的一致性；(4) 石油工業可以如何繼續努力，以減少井控事件的數量。斯堪地那維亞國家的監督部門石油安全局說，2016 年的數字顯示，發生重大事故的風險仍然 "太高"。儘管嚴重個人傷亡的數量有所減少，但其他事件也描述了挪威大陸棚去年安全趨勢的負面畫面。令人擔憂的是，2015 年和 2016 年的重大事故指標高於前兩年，在過去幾年中，我們目睹了挪威石油行業發生的多起嚴重事件。其中一些可能在稍有不同的情況下，發展成為重大事故，碳氫化合物洩漏和井控事故都是造成重大事故總體指標所顯示趨勢的重要因素，2015 年和 2016 年的總體指標高於 2013-2014。2014 年，這一指標處於 2000 年開始有記錄以來的最低水準。但它在 2015 年向負面方向發展，2016 年的結果顯示，該行業未能恢復到 2014 年的水準。2016 年在特洛場的松加耐力上發生的嚴重井控事件，是造成重大事故指標的最大原因之一。

井噴發生在 2016 年 10 月 15 日的鑽井作業中，當天然氣堆積如山 "失控" 時，松加耐力鑽機正在為生產井的定向做準備，這類事件對 2016 年總體指標的貢獻是多年來最高。2016 年洩漏的貢獻相對較高，2016 年共登記了 14 起井控事件，其中 12 次屬於最低風險類別，1 次屬於中等類

別，1 次排名非常嚴重。所有這些事件都與生產井鑽探有關，而勘探井沒有發生。2016 年間，在挪威大陸棚地區沒有發生致命事故，但 4 月 29 日，一架超級 Puma 直升機在從在飛往貝根機場 flesland 的途中墜毀，造成 13 人死亡。這起事故屬於挪威民航局的責任範圍。2016 年，NCS 共登記了 191 起可報告的個人傷亡。其中，16 人被列為嚴重。挪威近海安全監督機構 (PSA) 表示，2016 年對挪威石油活動風險水準趨勢的研究資料顯示，嚴重的碳氫化合物洩漏和井控事件有所增加。PSA 2017 年的主要問題是扭轉這一趨勢。年內，該公司將在國際安全、標準化和穩健等領域，對這些公司的工作進行多項審計和專案。

事實上，挪威石油和天然氣行業，現在非常關注石油危機爆發以來的安全水準及其趨勢。例如，我們最近在挪威大陸棚上發生了幾起嚴重事件，PSA 在 "2016 年挪威大陸棚風險" 的上年度報告指出，安全水準的趨勢，可能在過去幾輪事件中發生了逆轉，原因各種多樣，可以在組織的不同層面找到，一般來說，主要問題是因為該行業未能應對快速發生的變化。

另外，墨西哥的「深水地平線」鑽井平台，2010 年 4 月 20 日晚發生爆炸、繼而引發大火。平台工作人員大部分安全逃生，7 人重傷，至少 11 人失蹤。海岸警衛隊出動飛機和船隻，在墨西哥灣搜尋失蹤人員。「深水地平線」是世界上最先進的鑽井平台之一，同等級別產品的造價為 6 億美元至 7 億美元，圖 8 為深水地平線鑽井平台及鑽井平台爆炸前後現場。



圖 8、深水地平線鑽井平台及鑽井平台爆炸前後現場

美國海岸警衛隊和海洋能源管理局的調查報告建議開發一套測試鑽井平台運行安全性的標準化程序；改進鑽井平台的安全設計以防止可燃氣體進入控制室；加強防爆閥門組等。報告還建議政府加強監管，要求運行方提供完備的油井控制報告，對深水鑽井平台進行突襲式抽查。租用鑽井平台的英國石油公司出動飛機和船隻清理海面浮油，但因天氣狀況惡劣，清理工作受阻。當地時間 4 月 28 日晚上，美國海岸警衛隊點燃了日前海上鑽井平台爆炸泄漏在海面的原油。位於墨西哥灣的「深水地平線」鑽井平台爆炸事故造成的原油泄漏形成的污染帶遍布墨西哥灣，長達 80 英哩。美國官員稱，他們可能將這些泄漏的水面浮油引燃，以減少對環境的污染。

- (三) **控壓鑽井(MPD)成功應用於科威特的高溫高壓井中(Saud JumahAl-Foudari, Fahad Al-Qadhi, MohannadAl-Mohailan, Dipak Patil, Salah Al-Azmi, Mahesh.S, K Nelloyappan, Kuwait Oil Company, S Lobo, G Marin Weatherford Int.**

控壓鑽井(MPD)的價值一直在以指數速度加速。儘管在許多井中已經公認需要控壓鑽井(MPD)，但是在某些情況下，從安裝鑽機和移除 MPD 設備

相關的成本和時間，可能不具有成本效益。為了克服成本障礙，MPD 服務提供商，鑽井承包商和運營商之間的合作是必要的，以使鑽機配備及設備轉換為“具有 MPD 能力的鑽機”。為 MPD 做好準備工作只能通過協調的行業努力來實現，該工作重點是為鑽井過程中的所有利益相關者，開發設備採購、鑽機修改及設計和培訓的程序和標準。所有相關方之間加強合作，將大幅地降低成本和交付週期，最後加速 MPD 的執行。鑽井平台上的標準和專業知識可確保 MPD 鑽機設計的改進，這將為鑽井承包商和操作員提供一些實際的好處。幾個鑽機已經升級為 MPD 鑽機；本文解釋了 MPD 支持的裝備是什麼，如何做好準備，以及為什麼這種能力很重要。此外，本文還討論了“支持 MPD 的鑽機”的實際經驗。

隨著深水鑽井的發展，鑽井作業已進入高溫高壓（HPHT）領域的挑戰和風險，高溫高壓鑽井日益成為焦點。技術及新標準；例如新的 API 程序，以及教育工作人員，似乎對開發 HPHT 資源至關重要。高溫高壓油田廣泛存在於墨西哥灣，北海、東南亞、非洲、中國和中東。預計全球近四分之一的高溫高壓作業，將在美洲大陸發生，其中大部分僅在北美發生。石油主要公司已經確定了 HPHT 開發和生產中的主要挑戰，鑽井服務公司提供了有關應對這些挑戰的技術。鑽進海恩斯維爾（Haynesville）或深層地層以及在高溫高壓條件下生產石油和天然氣等一些油頁岩區，一直是重要的挑戰。本文作為 HPHT 全球市場現狀的簡要總結，闡明了 HPHT 鑽井、固井和完井領域的現有技術差距。它還包含每位工程師或地球科學家可能需要了解的高溫高壓井的必要知識。本研究不僅審查了海洋能源管理局、監管和執法局（BOEMRE）的報告以及全球 HPHT 運營的重要案例研究，而且還編制了技術解決方案，以便在 HPHT 市場中實現更好的機動。最後，調查了由美國能源部（DOE）運營的國家能源技術實驗室（NETL）和作為大中型運營商的強大組合的 DeepStar 的 HPHT 相關優先事項，圖 9 為高溫高壓井之控壓

鑽井(MPD)系統。

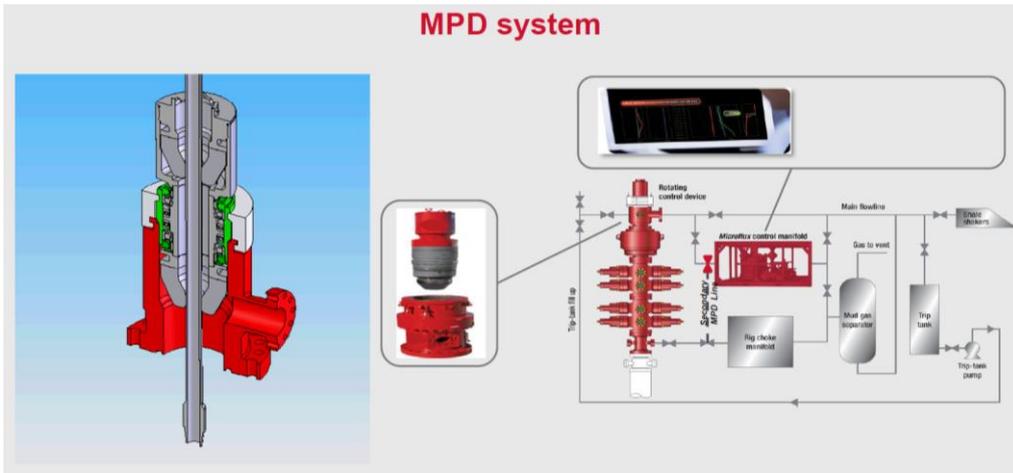


圖 9、高溫高壓井之控壓鑽井(MPD)系統

鑽井作業時，因鑽井泥漿、濾液或鑽鑿固粒等侵入生產層，改變了生產層的特性，結果造成生產率的降低。地層污損幾乎在所有鑽井工程皆曾發生，只是影響程度的大小各有不同而已。在低壓地層的鑽井作業，因為差壓的增高，更需特別留意地層污損的預防。

傳統鑽井技術之泥漿循環系統在地表附近是直接與空氣接觸，屬於開放式鑽井環境(Open-Vessel Environment)，因此易導致卡鑽、漏泥、噴井及地層污損等問題，且在地層壓力產生變化時，若關閉防噴器，即無法繼續鑽進，因而提高無效益時間，延誤工期，並提高鑽井費用。

有別於此，控壓鑽井技術係屬於密閉式鑽井環境，並利用旋轉控制器、鑽進節流歧管與多相分離器等裝置，在鑽進過程中精確控制循環流體壓力，以使其接近地層壓力，可減少與壓力有關的鑽井問題，必要時還可邊鑽進，邊生產。圖 10 為傳統鑽井與控壓鑽井之鑽井窗(Drilling Window)，綠色區域為控壓鑽井所需之鑽井工作窗，遠較傳統鑽井之鑽井窗小，亦即較不會發生漏泥或噴井等事故。

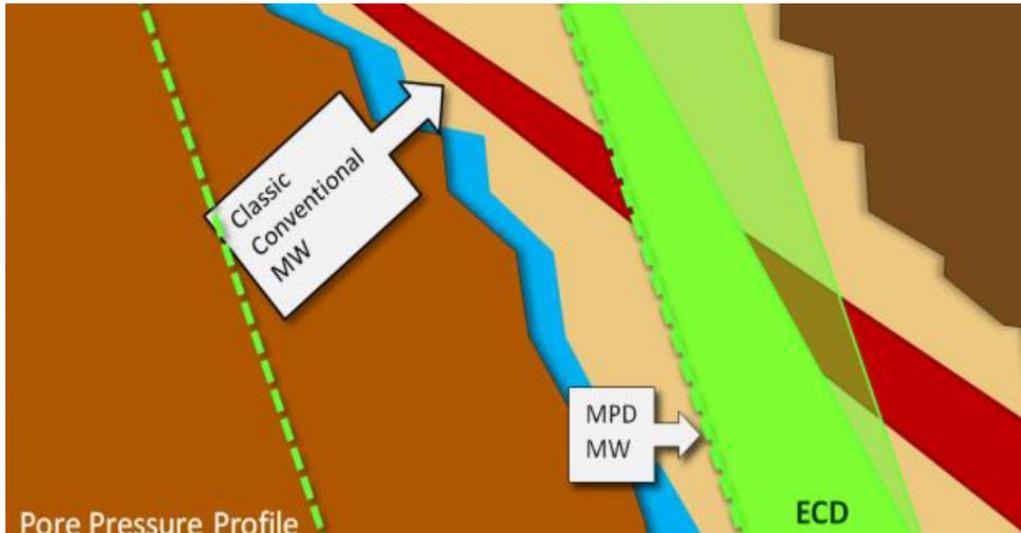


圖 10、傳統鑽井與控壓鑽井之鑽井窗(Drilling Window)

此外，控制壓力鑽井允許我們在鑽進過程中調整井眼壓力，從而可以減少與壓力有關的問題，還可以提高機械鑽速，而且如果需要的話，還可以邊鑽進，邊生產。傳統鑽井技術與控壓鑽井技術之調整井底壓力的方法如表 2 所示，可知控壓鑽井技術具有較佳的即時調整能力。表 3 為世界各主要地區之孔隙壓力梯度。

表 2、傳統鑽井技術與控壓鑽井技術比較

	傳統鑽井技術	控壓鑽井技術
原理	井底壓力=泥漿比重+泥漿動比重	井底壓力=泥漿比重+泥漿動比重+井口回壓
控制方法	透過開泵、關泵及控制泵速來調整井眼中的泥漿循環壓力	透過控制地面壓力和井眼磨擦力可以顯著地調整井眼壓力，且很少需要中斷鑽井作業。

表 3、世界各主要地區之孔隙壓力梯度

	psi/ft	kg/m ³
West Texas	0.433	1.000
GOM Coastline	0.465	1.074
North Sea	0.452	1.044
Malaysia	0.442	1.021
Mackenzie Delta	0.442	1.021
West Africa	0.442	1.021
Auadarko Basin	0.433	1.000
Rocky Mountains	0.436	1.007
California	0.439	1.014

控壓鑽井技術的主要目的係藉由降低對鑽井工作沒有幫助的無效益時間(Non Profit Time ; NPT)，以提升鑽井操作效率。無效益時間係指漏泥、差壓黏卡、井眼不穩定與井壓失控事件等，造成鑽井作業延宕之時間，根據統計，NPT 在墨西哥灣約占鑽井總時間 25%-33%，因此若能有效降低 NPT，將有助於改善鑽井效率，降低鑽井成本，圖 11、科威特的高溫高壓井之控壓鑽井(MPD)現場設備。

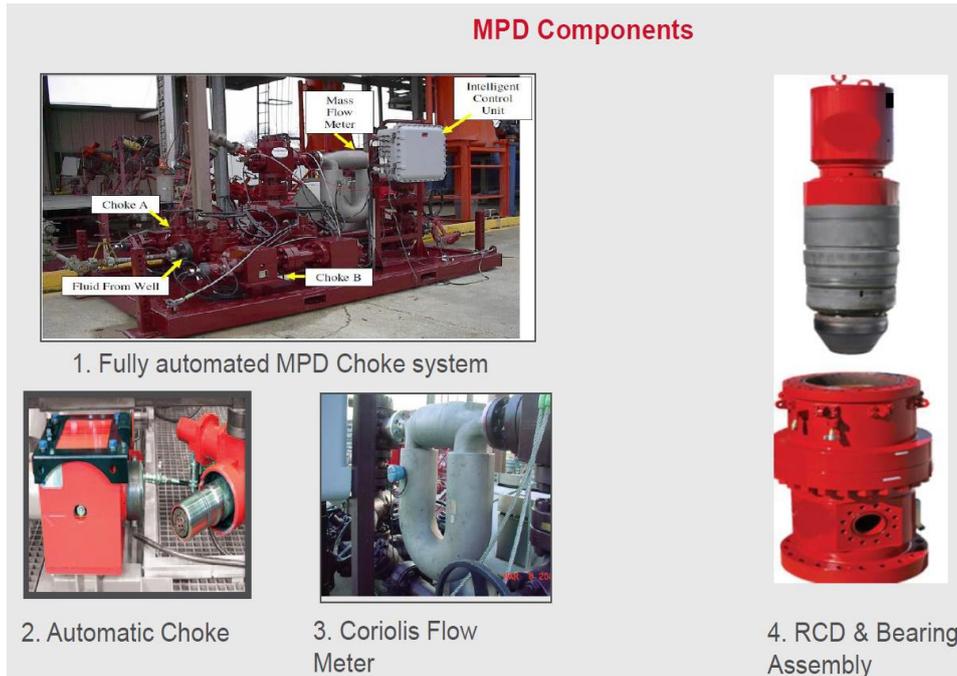


圖 11、科威特的高溫高壓井之控壓鑽井(MPD)現場設備

上述控制壓力鑽井技術與傳統鑽井技術不同處為需使用旋轉控制器、鑽進節流歧管與多相分離器等三項特殊設備，各項設備之功能說明如下：

1. 旋轉控制器(Rotating Control Device ; RCD)

功能類似傳統防噴器，但其關閉後仍可繼續旋轉鑽進。

2. 鑽進節流歧管(Drilling Choke Manifold ; DCM)

主要的功能在於排除鑽進過程中產生之鑽屑。

3. 多相分離器(Multiphase Separator)

視所採用的鑽井流體而異，主要將循環出的流體進行多相分離，並重新調配後，再繼續循環與鑽進。

控壓鑽井技術有四種施工方法，分別為：

1. 維持井底壓力法(Constant Bottom hole Pressure Method ; CBPM)

適用於大位移井、高溫高壓井或小井眼井等。圖 12 為科威特的高溫高壓井(A-16 井)之水馬力系統可維持固定井底壓力。

2. 泥漿帽法(Mud-cap Method)

適用於易漏泥地層。

3. 降低循環泥漿密度法(Circulating Density Reduction Method)

適用於裂縫性或孔洞性等泥漿漏失較嚴重的儲層。

4. 雙梯度法(Dual-gradient Method)

適用於深水或海上開發薄而淺的油氣層。

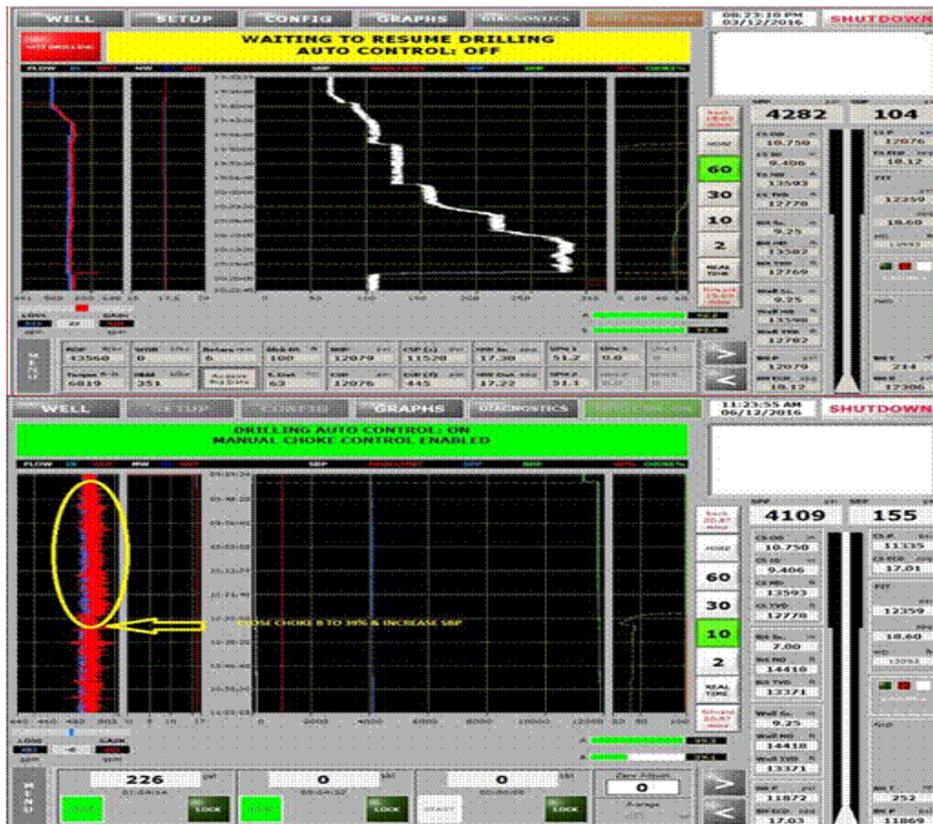


圖 12、科威特的高溫高壓井(A-16 井)之水馬力系統

(四) 井控關鍵活動中人為因素的認識和管理(Terrance Sookdeo Global Process Safety Technical Advisor).

如何管理井控操作及誰應該執行關鍵角色的決策，有時取決於對“正確”的一致意見，這可能取決於各利益相關的不同優先等級。不斷發展的封閉式循環鑽井技術(Closed-loop Drilling)，有望通過使用初級井控概念來調整這些優先等級，從而在“正確”的方面達成更多協議。對於鑽井工程；這樣的技術性很強的行業來說，往往是由有實踐頭腦的工程師推動的，像人為因素這樣處理無形的心理和社會學思想的概念，似乎是非常抽象和遙遠的。然而，人為因素已被科學證明，並且對日常鑽井作業非常重要。其他高度危險和技術性很強的行業，包括商業航空、核、醫療和海事，已經認識到人為因素的重要性。

鑽井全球顧問高級技術顧問約翰·索羅古德博士說："這個行業在人為因素上處於起步階段。我們不僅沒有想好如何實施人為因素的認識和管理，我們大多數人甚至不明白它是什麼，部分問題在於，這個詞指的是如此廣泛的概念，沒有心理學博士學位的人都很難理解。索羅古德博士說："人為因素是如此廣闊的領域。當你和人們談論人為因素時，你經常可以看到他們頭頂上的泡沫---它是一個裝有鮮花的花瓶，他們認為這是敏感的心理胡言亂語"。

這也無助於圍繞人為因素：比如認知偏見與使用的語言聽起來是學術性的，也是令人困惑的。然而，正如其他行業所證明的那樣，如果鑽井行業能夠協同努力，瞭解人為因素，並將其概念納入培訓和運營，那麼在安全性能方面終會降低鑽井成本。為了讓人為因素更受歡迎、更容易掌握，英國公平場能源公司經理伊恩·波拉德建議縮小重點："我感興趣的是個人如何做出決定。鑽井作業中的許多人在複雜的環境中工作，重要的是要看人類是如何在這種環境下運作的，在這種環境下，必須迅速做出決定，

做出錯誤的決定可能會帶來災難性的後果。

人為因素領域有六個核心的非技術技能：決策、溝通、團隊合作、領導、情況意識和業績影響因素。最後一個也被稱為個人資源，它主要涉及人們如何管理壓力和疲勞。儘管鑽井行業投入了大量資源對員工進行技術技能培訓，但對這些非技術技能卻沒有那麼重視。圖 13 為使用鑽井模擬器的培訓來指導員工掌握聽力、溝通和壓力管理等技能。



圖 13、使用鑽井模擬器指導員工掌握聽力、溝通和壓力管理等技能

馬士基培訓也尚未對其非技術技能培訓進行全面評估，教師使用所謂的行為標記來評估好或差的表現。科爾貝特表示："行為標記"可以為我們提供一種更有條理的方式來評估他們所展示的技能。我們根據他們展示的非技術技能以及他們在多大程度上，展示了這些技能來提供回饋"。

人們認識到，鑽井行業還沒有任何全行業的非技術技能評估標準，此外，人們認識到，這樣的標準將是一個挑戰，僅僅是因為它更難量化溝通和團隊合作等技能。紐豪斯表示："沒有一個測試可以用技術知識來接受"，這並不像對一件設備的瞭解那樣，可以客觀地驗證。這是通過觀察、指導和回饋，在當今的鑽井行業中，自動化技術的發展比以往任何時候都要快。同時，這個行業才剛剛開始理解和實施人為因素，隨著這兩種趨勢的認同，

人為因素工程正在成為一個關鍵的問題。

例如，如果系統能夠自動排序，它是否真的顯示了它在做什麼？它是否為使用者提供了足夠的資訊，以便使用者可以按照所採取的操作進行操作？使用者是否總是明顯的系統遵循的自動模式？索羅古德博士強調，在設計自動化系統時，必須考慮這樣的因素—而不是在交付鑽機之後。"自動化有很多好處，但它也伴隨著我們需要思考的風險。

(五) IADC 多方面井控培訓方法的更新和分析(Mark Denkowski VP Accreditation Operations).

良好的控制是安全和成功行動的最關鍵因素，Wellsharp 現在包括鑽井作業和修井課程，為國際鑽井行業提供一套全面的培訓標準。

Wellsharp 課程和評估內容是為石油業界開發的，Wellsharp 計畫是各行業努力合作的結果，它強調對每一個有責任的人，進行嚴格的培訓。學員獲得更深入的知識、磨練，良好的特定角色技能，並更有信心知道如何預防井控事件，或者在不可預見的控制事件中，迅速和適當地作出反應 (圖 14)。

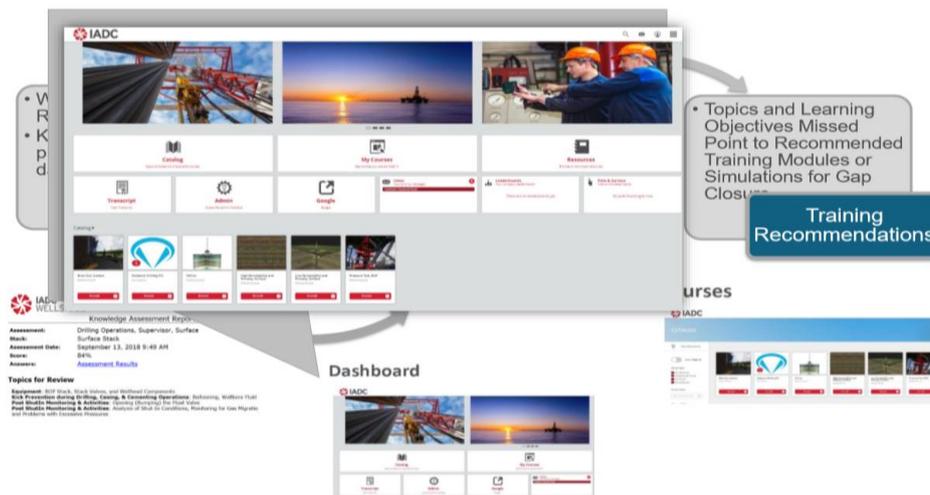


圖 14、Wellsharp 包括鑽井和修井作業課程

Wellsharp 改進的評估程式將確保完整性和國際一致性：

- 集中式線上測試系統。
- 基於學習目標的，即時測試結果和回饋。
- 獨立處理的評估系統。
- 加強教師資格的要求。

Wellsharp 計畫是在石油行業的要求下創建的，該計畫是從 Wellcap 演變而來的，Wellsharp 代表了石油行業主導的努力，以重新定義控制良好的培訓和評估。Wellsharp 認證適用於鑽井操作和鑽井服務培訓軌道，新的 Wellsharp plus 課程將於 2018 年底推出，該課程是前 Wellcap plus 課程的更新和擴展版本。這個 "plus" 課程整合了技術和非技術技能的學習，新的鑽井工程師（油井設計和規劃）課程將於 2019 年推出，Wellsharp 為整個石油行業組織的全面控制文化提供了基石。

肆、心得及建議

雖然石油探勘越來越困難，新發現油氣田越來越不容易，但今世界消耗石油天然氣之數量卻隨著大多數國家包括中國大陸、印度等大量人口國家之發展而益顯緊迫。我國亦不能等閒視之，須積極提昇石油鑽探技術，參與國外油氣田開發工作，以及提高國內或海域油氣田的採收率。

隨著本公司之國外礦區即將邁入開發階段，隨之而來的開發準備與經營管理業務將與日俱增，因此藉由 IADC International Well Control 鑽井工程研討會，可引進相關鑽探工程新設計方法及新技術，以提高礦區開發效益，可降低國內外油氣田開發風險及鑽探成本。

IADC International Well Control 鑽井工程研討會在義大利舉辦，會中有數十篇以上之論文發表，並有來自世界各地之石油公司與石油服務公司參展。此次出國除了聽取論文發表，另外參觀了各石油公司與石油服務公司之展覽。

控壓鑽井技術(MPD)主要係將油氣層分析技術、鑽井技術、鑽井流體、鑽井工程設計和最齊全的控壓鑽井設備等整合應用，以提高鑽井效率和油氣層特性，進而以較低的鑽井費用獲得較高的產能及最佳化鑽井作業。控壓鑽井所需之鑽井工作窗(Drilling Window)較超壓鑽井小，亦即較不會發生漏泥或噴井等事故。相較於傳統的超壓鑽井技術(Overbalanced drilling)，控壓鑽井技術在鑽井時能夠分辨生產力較佳的生產層，且能降低鑽井流體對儲集層產生的汙染與危害，進而提高生產率。微滲流控制之控壓鑽井技術透過標準模式與特殊模式之切換，使得泥漿比重可以控制在一個較精確的安全範圍內，進而提高了鑽井成功率。和與會者得以針對各項議題進行研討與交流，對於鑽井技術之提升勢必有所助益。

1. 藉由參加 IADC International Well Control 鑽井工程研討會，探討鑽井及井控等新技術。控壓鑽井所需之鑽井工作窗(Drilling Window)較超壓鑽井小，亦即較不會發生漏泥或噴井等事故。控壓鑽井所需之鑽井工作窗(Drilling Window)較超壓鑽井小，亦即較不會發生漏泥或噴井等事故，可引進相關鑽井及生產新設計方法及新技術，可降低低壓地層的鑽井作業之地層污損及降低油氣田開發風險。
2. 鑽井和油井作業相當複雜，佔油氣田開發成本的最大比例，鑽井技術發展向更深井和更複雜的水深推進，導致井控制相關能力的挑戰。2008 - 2010 年間挪威鑽井平台上的井控事件及 2010 年墨西哥灣深水地平線事故，提醒石油行業井控事故的潛在風險。對安全性至關重要的操作決策，通常在苛刻的條件下進行，具有很大的不確定性。關鍵決策者也可能面臨目標衝突，效率和成本降低要求可能會影響安全。鑽井主管可能會遇到很高的工作壓力及風險，需要充分的信息和良好的決策支持。
3. 隨著深水鑽井的發展，鑽井作業已進入高溫高壓 (HPHT) 領域的挑戰和風險，高溫高壓鑽井日益成為焦點。MPD 的價值和理解一直在以指數速度加

速，儘管在許多井中已經公認需要 MPD，但是在某些情況下，從鑽機安裝和移除 MPD 封裝相關的成本和時間可能不具有成本效益。為了克服成本障礙，MPD 服務提供商，鑽井承包商和運營商之間的合作是必要的，以使鑽機配備設備，將其轉換為“具有 MPD 能力的鑽機”。Weatherford 公司為目前國際石油工程界應用控壓鑽井技術最多且最先進的公司，故以後要引進此技術時，可聘請該公司技術指導或代訓鑽井工作人員。

4. 蒐集及研討控壓鑽井、叢式鑽井、水平鑽井等技術，以及最新定向鑽井設備（例如聚晶金剛石鑽頭、井底馬達），可供本公司未來國內礦區鑽鑿高傾角定向井之重要參考。
5. 此次特地參觀了 Halliburton 公司展覽攤位，聽取有關軟體分析技術及最新進展之簡報及研討，該公司發展之軟體為整合鑽井、油層、生產及探勘之應用軟體是被國際石油公司採用最多的軟體之一。
6. 經由參加研討會和與會專家交換經驗，並且建立溝通管道及人脈。引進鑽採新技術及設備，以提昇公司鑽採工程技術及提昇本所研究水準。

茲歸納出下列之建議：

1. 相較於傳統的超壓鑽井技術(Overbalanced Drilling)，控壓鑽井技術(MPD)在鑽井時能夠分辨生產力較佳的生產層，且能降低鑽井流體對儲集層產生的污染與危害，進而提高生產率。控壓鑽井技術適合應用於國內低壓生產層，但需引進旋轉控制器、鑽進節流歧管與多相分離器等三項特殊設備，採購費用較高。因目前每年國內鑽井數較少，若暫時不採購，可俟以後有現場單位有實際需要時，再配合現場單位應用於現場鑽井作業。
2. 鑽井作業赴越來越複雜及困難，鑽井技術進步很快，公司應派員參加國際研討會，蒐集及研討控壓鑽井、叢式鑽井、水平鑽井等技術，供本公司未來國內礦區鑽鑿高傾角定向井及水平井之重要參考。

3. 良好的井控是安全和成功鑽井的最關鍵領域，IADC Wellsharp 培訓課程，包括鑽井作業和修井課程，為國際鑽井行業提供一套全面的培訓標準，本公司可每年派員參加培訓課程。
4. 藉由參與國際會議機會，引進新設計方法及新技術，並與有關之專家研討及交換研究心得，吸取他們之技術經驗、增加資訊及知識的雙向交流，使深度與廣度都得以提昇、拓展人脈關係及研究資源、提昇公司知名度與形象。