



新世紀高速鐵路之振動及安全性

◎楊永斌（工學院院長）

十八世紀中葉的工業革命，啟動了機械文明的列車；十九世紀初期，鐵路運輸拓展了人類的生活空間；二十世紀中葉以後，高速鐵路的出現，進一步縮短了城市與城市間的距離；進入新世紀之後，具有快速運輸能力的高速鐵路，預計將成為各國大眾運輸的主流。國內高鐵的運行速度最高為 350 km/hr，世界各地高鐵的最高實驗速度則早已突破 500 km/hr，達飛機航速之半，而由此所衍生之振動與安全問題，已經成為當前結構工程界最重要的課題之一。1998 年 6 月初德國高鐵肇事，死亡百餘人，輕重傷三百餘人；今年 3 月間，東京地下鐵亦曾因列車出軌，而造成人員之傷亡，均應引以為殷鑑。

高鐵所產生的振動問題，主要有二：第一是橋樑的振動，由於高鐵列車的速度高、質量大，因此列車、軌道和橋樑之間的能量會互相傳遞，這就是所謂的互制作用，傳統的鐵路因為速度較低，基本上是不須考慮此一效應的；根據吾人之研究，列車和橋樑間能量之傳遞，特別是列車輪軸所引致之振波是否「相消」或「共振」，主要係由列車和橋樑的相對長度所決定，利用此一特性可得出避免共振之「車—橋最佳設計準則」[1]，此一準則經法國資深鐵路工程師來函，證實具有高度之可靠性。據個人所知，文獻上過去並未曾出現類似之準則。

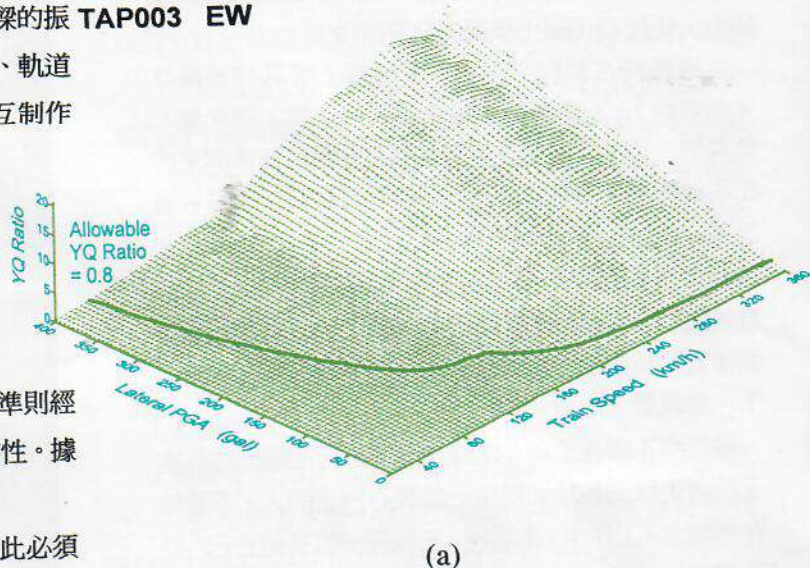
因為高鐵列車速度快，搖晃過大即會出軌，因此必須檢核列車的振動度及舒適度，為此吾人建立了一系列高性能的「車橋互制元素」，可以同時求解橋樑和列車的反應，亦可探討軌道之平整度、傾斜度等，對於高速列車出軌可能性的影響[2,3]。

去年的九二一地震造成台灣中部的重創，國人記憶猶新，因此大眾最關心的一個問題是：「高速列車如果遇到地震會不會翻車？」此一問題因為包含列車和地震兩個振動源，分析難度相當高，因此在文獻上還未曾看到類似的研究。有鑑於此一問題攸關民眾搭乘高鐵之安全，具有重要之本土性，乃與研究生致力於開發一多功能之橋樑振動分析程式，俾能同時處理地震與列車兩個振動源；亦因此，吾人得以領先各國學者，首次建立了高速列車在地震下出軌可能性之分析能力，可計算出在不同震度下，列車所容許之最高速限[4]（見圖一），此

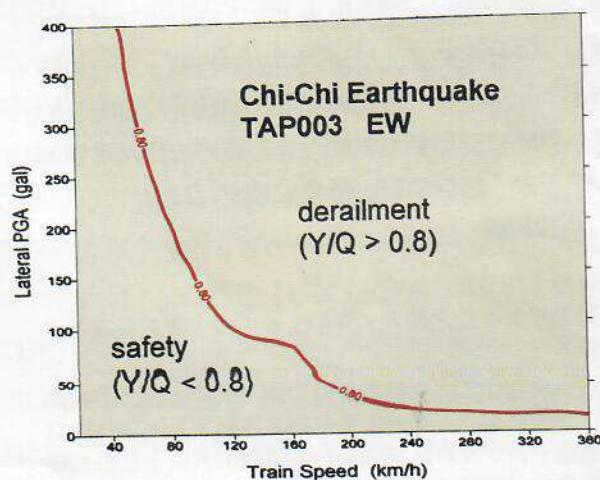
一結果可作為高鐵安全作業程序（SOP）之重要參考。

高鐵的第二個問題是土壤振動，由於高鐵列車速度高、動能大，當它經過市區或科學園區附近時，其振波將經由軌道、道渣、基礎和土壤，而傳播到鄰近之商家、住戶與廠房，為之帶來振動與噪音的干擾，影響其正常作業，因此高鐵的重要課題之一，就是如何阻絕這些振波的傳遞；有關土壤之振動阻絕分析，其最大的困難是土壤消能特性的模擬，這是傳統結構動力分析所沒有的。另方面，現有的邊界元素法雖可解決某些特定的問題，但對於廠房、基礎、土層、與阻絕設施等不規則結構之模擬，則仍束手無策。

Chi-Chi Earthquake
TAP003 EW



(a)



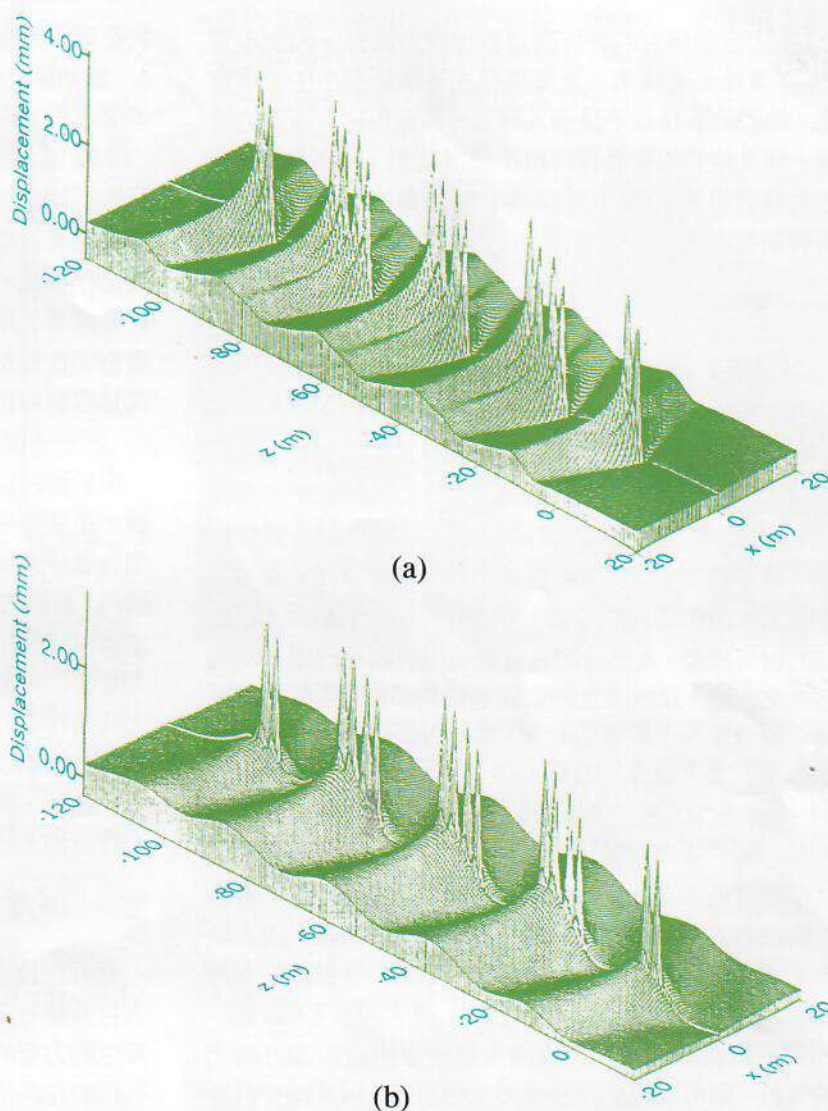
(b)

圖一 不同震度下列車所容許之最高速限。



針對上述土壤振動問題，吾人曾推導出一「有限／無限元素混合法」，其要旨為以靈活之有限元素模擬近域之不規則結構，而以無限元素模擬土壤之輻射阻尼，此一作法經證實精度高、速度快，可有效處理精密廠房之隔振問題（見圖二），為結構工程師提供了一分析之利器[5-7]。

有關車橋互制動力問題之研究，吾人於十年之前即已開始，迄今已培養出碩士13人、博士4人，研究成果亦持續在國內外重要期刊發表，近年來更經常為國外學者所引用，其中不乏具有領先與創新意義者。此外，為配合國內鐵路建設之需要，曾與前研究生姚忠達博士，合力撰寫《高速鐵路車—橋互制理論》一書，已於今年年初問世。Ω



圖二 波阻塊對列車振波之影響。

參考文獻

1. Yang, Y. B., Yau, J. D., and Hsu, L. C., "Vibration of simple beams due to trains moving at high speeds," *Engrg. Struct.*, 19(11), 1997, 936-944.
2. Yang, Y. B., and Yau, J. D., "Vehicle-bridge interaction element for dynamic analysis," *J. Struct. Engrg.*, ASCE, 123(11), 1997, 1512-1518. (Errata: 124(4), p. 479)
3. Yang, Y. B., Chang, C. H., and Yau, J. D., "An element for analysing vehicle-bridge systems considering vehicle's pitching effect," *Int. J. Numer. Meth. Engrg.*, 46, 1999, 1031-1047.
4. Wu, Y. S., "Dynamic interactions of train-rail-bridge system under normal and seismic conditions," Ph.D. Thesis, Dept. Civil Engrg., Nat. Taiwan Univ., July, 2000.
5. Yang, Y. B., Kuo, S. R., and Hung, H. H., "Frequency-independent infinite elements for analyzing semi-infinite problems," *Int. J. Numer. Meth. Engrg.*, 39, 1996, 3553-3569.
6. Yang, Y. B., and Hung, H. H., "Parametric study of wave barriers for reduction of train-induced vibrations," *Int. J. Numer. Meth. Engrg.*, 40, 1997, 3729-3747.
7. Hung, H. H., "Ground vibration induced by high-speed trains and vibration isolation countermeasures," Ph.D. Thesis, Dept. Civil Engrg., Nat. Taiwan Univ., July, 2000.



國人自製研發骨折固定器之展望

◎林晉（台大醫院骨科部主治醫師） 江清泉（台大醫學院骨科教授）

過去我國所有的骨折固定器均來自國外，因此不管是產品或技術，全部都操在外國廠商手中。事實上，他們的服務並不是令人滿意，甚至也會有斷貨的時候。而且他們的產品有時也不是很理想，並不好使用。因此我們思考如果有機會的話，國內是不是能夠自己來研發製造呢？

一、骨折固定器自製研發之必要性與貢獻

1、改善及創新骨折內固定器的設計，用以增進骨折癒合的效率。

在現代的醫學發展中，骨折治療的方式隨著醫療技術與科技工業的進步一直在改善中，目的是為了能增加骨折癒合率，縮短骨折癒合時間，增進功能恢復且讓骨折患者感覺舒適。以往的骨折患者常常需要穿戴石膏，並且臥床一段相當長的時間，等待骨折部位的癒合。以目前的醫療技術，大部分的骨折都可用手術及內固定器的方式來治療。以內固定器來固定骨折部位，患者不但可以不需再穿戴不舒適的石膏，並且可以提早回到工作崗位，不至讓生活發生困難。

2、設計一套適合東方人或國人解剖學構造的骨折內固定器可減少手術技術的困難並減少併發症的發生。

由於目前所有的骨折內固定器都仰賴國外進口，皆是針對西方人解剖學構造所做出來的產品，用在東方人身上，常常會有不方便的地方，舉例來說，骨釘太粗或角度太大常常是造成醫師手術上最困擾的因素。相反的，如果我們能根據東方人或國人解剖學構造所設計發明的骨釘，則可以減少許多技術上的困難，以及減少併發症（骨頭爆裂或癒合不良、不正）的發生。

3、響應政府發展生物科技的政策。

台灣近年來的電腦科技產品發展的非常成功，為國家帶來大量的外匯收入，未來二十一世紀生物科技的發展將大行其道，政府也特別鼓勵生物科技的發展。我們所開發的鎖定骨內釘剛好可以配合此一趨勢與政策，而且這也是很有潛力的生物科技之一，可以有效的促進國家生產力，也可以把台灣領向世界的舞台。

4、支援產業，以落實產業本土生根，厚植國力，降低對外國產品的依賴與減少外匯的支出。

我們對骨折鎖定內釘這個研究相當的有興趣，它不但在臨床上改善了對骨折部位的治療，造福患者，而且將來能為國家建立一個新的高科技且無污染的產業。目前所有的骨材皆是從國外進口，如果我們能夠有機會成功的發展出本土產業，一方面可以減少外匯支出，另一方面減少對國外產品的依賴性（有時進口產品會尺寸不齊，或到貨量不足，患者無法適時的用到適合的器材）。這個新的產學合作的產品，將來也可能輸出到亞洲甚至

於全球，以提升台灣在國際上的競爭力。

5、幫助製訂國家標準（CNS）之根據，及衛生署對相關產業之產品及工廠的查驗標準。

本產學合作計畫之研究成果將來可提供為中央標準局製訂國家標準（CNS）之根據。我們學術部門可提供適當且有效率的品管方法，幫助產品之規格化和機械性質之標準化，同時又可幫助產品通過衛生署對相關產業之產品及工廠查驗登記及健保局之上市許可。目前衛生署對製作骨科骨折固定器之工廠尚無完整之管理法，尤其是自製率仍沒有標準。

6、國防考量，支援戰時需要，提升總體戰力。

由於國內到目前為止，所有的骨科器材包括骨釘、骨板、甚至石膏皆靠進口。台灣四面環海，如果台海一旦爆發戰爭或國際交通困難時，則國外的產品不易再輸入國內，有限的國內之庫存量會使國人沒有足夠之骨折固定器可以使用，短時間內雖可應付，若發生大型戰役及大量傷亡，國內之庫存量可能不敷使用，骨折的患者，尤其是作戰的傷兵就無法治療，不但部隊續戰能力會有問題，士氣也可能受到影響（因一旦受傷無法治療而造成癱瘓，對戰士之心理威脅很大），國家總體戰力會大打折扣。

二、新產品之研發過程

骨折創傷固定器材對骨科來說已是行之有年且效果有目共睹的東西，可是隨著材料科學、材料加工方式以及生物力學的進步，骨折固定器之發展日新月异，一直有新的產品被開發出來，不但改善病患治療成果，也使手術技術越來越簡便且精確。到目前為止，骨折固定器之發展仍有很大的空間，尤其是在產品的設計與製作，使產品的功能不斷的増加且成本也越來越低廉。目前骨折固定器大部分是使用金屬製成，而金屬加工，尤其是不銹鋼加工業在國內技術不但成熟而且費用低廉，我們要好好利用國內這個長處，加上學術單位之腦力，將來必然可以使我國在世界骨科生物科技上占一席之地。我們目前的研發且已經上市之肱骨鎖定內釘，已治療了兩百例肱骨骨折患者，得到了相當好的結果。

骨折固定器之製作與開發首重研發團隊，包括骨科界、工程界、公衛界、法律界、與產業界。其研發進行步驟如下：

1、設計與專利申請

當骨科醫師在治療病患骨折時會遇到種種的臨床問題，比如有些手術方法或工具操作不易，或是某些疾病治療成果不彰。於是就會有種種新的創意出現，包括舊產品之改良，或新產品之發明。首先，研究人員得去回顧所有的文獻，參考專家們對這些問題的看法，並收集



世界有關新產品之專利資料來改善自己的創意。當設計完成時之首要工作是去申請自己的專利。

2、新產品之模擬分析與製作

當研發人員完成新產品設計時得先將之製成工程圖，然後再利用 CAD 或 CAM 做出三度空間之產品模擬模型，就可以將之載入電腦程式中做初步之應力模擬分析。這對產品之設計可再進一步改良。當模擬分析工作完成時就可將此工程圖交給工廠製作。研發人員要訓練分析工程師及製作工程師，要求產品嚴謹的製作，需合於國家標準 (GMP) 或世界標準 (ISO13485) 之要求。



3、產品之測試

因為我們新製作之產品都是具有突破性的設計，可能和現有之產品會有一些差異，所以必須做機械測試。骨折固定器之機械性質可分為咬合功能及支撐功能，支撐功能又可分為靜態與動態。機械測試時需考慮各種新產品在體內承受之力量。必須要符合體內受力情況才能預測此產品將來在體內之機械性質及其可能破斷之方式。

4、產品之認證與上市許可

根據這些機械測試的結果，新產品可再做一次設計上之調整，測試完後即可拿資料去向衛生署申請認證與上市許可，以及健保局之給付。

5、產品之臨床應用

當通過衛生署時即可用到人體，同時產品也去申請國外之認證，包括美、歐及日本等大國。在臨床應用的過程中，確立新產品之技術及工具，同時研發人員得製作技術手冊以及錄製錄影帶，以備將來大量上市之用。

6、產品大量上市與進軍國際市

當以上所有準備工作都就緒，研發人員得訓練廠商之行銷人員，以及安排手術技術之 Workshop 來教育其他骨科醫師使用，同時大量上市與進軍國際市場。

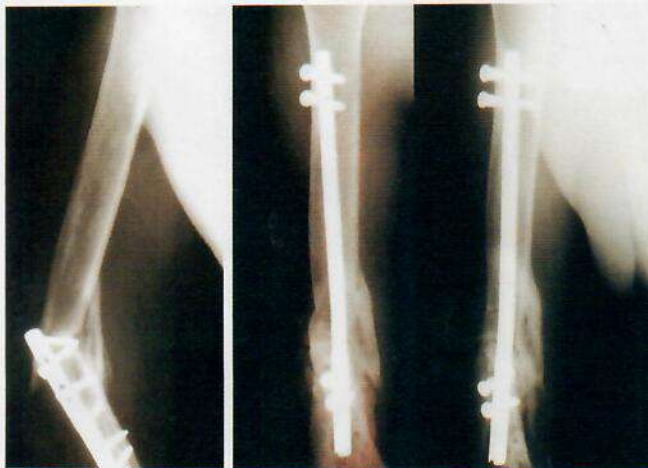
7、學術與教育工作

產品之研發過程，不管是模擬分析部分，機械測試部分以及臨床應用部分都可寫成學術論文發表，以爭取國內外專家之認同。在產品推展過程同時進行教育工作，包括骨折治療原則以及骨折固定器之基本原理與操作技術。

三、我們的期望

我們所發明之肱骨鎖定內釘是肱骨骨折手術療法之重大創新與突破，也開創醫療產業研發本土化之先河。我們也是全世界發表有關肱骨鎖定內釘最多論文

的學者。骨折固定器之自製是我們的夢想，也是醫學界的榮譽。希望經由我們的投入與努力，使骨折固定器之研發能夠和國內其他生物科技，例如製藥、疫苗等一起蓬勃發展。我們願與國內所有學術界與產業界之同仁共勉之。Ω



▲左：肱骨骨折，用鋼板固定失敗。

中、右：用肱骨鎖定之骨髓內釘固定，骨折癒合。

推薦文獻

1. Jinn Lin, Sheng-Mou Hou, Yi-Shiong Hang. Treatment of humeral shaft delayed unions and nonunions with humeral locked nails. *Journal of Trauma* 2000;48(4):695-703.
2. Jinn Lin, Sheng-Mou Hou, Nozomu Inoue, Edmund YS Chao, Yi-Shiong Hang. Anatomic considerations of locked humeral nailing. *Clinical Orthopaedics and Related Research* 1999;368:247-254.
3. Jinn Lin, Sheng-Mou Hou, Nozomu Inoue, Edmund Y.S. Chao, Yi-Shiong Hang. Antegrade locked nailing for humeral shaft fractures. *Clinical Orthopaedics and Related Research* 1999;365:201-210.
4. Jinn Lin, Nozomu Inoue, Antonio Valdevit, Yi-Shiong Hang, Sheng-Mou Hou, Edmund Y.S. Chao. Biomechanical comparison of antegrade and retrograde nailing of humeral shaft fracture. *Clinical Orthopaedics and Related Research* 1998;351:203-213.
5. Jinn Lin, Sheng-Mou Hou, Yi-Shiong Hang. Locked nailing for displaced surgical neck fractures of the humerus. *Journal of Trauma* 1998;45(6):1051-1057.
6. Jinn Lin. Treatment of humeral shaft fractures with humeral locked nail and comparison with plate fixation. *Journal of Trauma* 1998;44(5):859-864.
7. Jinn Lin, Sheng-Mou Hou, Yi-Shiong Hang, Edmund Y.S. Chao. Treatment of humeral shaft fractures by retrograde locked nailing. *Clinical Orthopaedics and Related Research* 1997;342:147-155.
8. Jinn Lin, Yi-Shiong Hang. Hang-Lin nailing for humeral shaft fractures. *Journal of Orthopaedic Surgery ROC* 1996;13:16-24.
9. 人體肱骨鎖定式骨髓內釘 新型第 117875 號 中華民國專利
10. 骨髓內釘用之鎖定栓 新型第 87206333 號 中華民國專利
11. 股骨與脛骨可共用之鎖定用骨髓內釘 新型第 87217642 號 中華民國專利
12. Securing device for bone fastener Patent no. 6013078 USA



台大一號心室輔助器

◎周迺寬（台大醫院外科部主治醫師） 謝國煌（化工系教授）

對末期心肌衰竭病患，當藥物仍無法維持其基本的血液循環時，或無法使用傳統的外科手術矯正時，只有等待心臟移植。然而，等待心臟移植前，如果再次急性心衰竭時，那就需要機械性輔助器系統(Mechanical Circulatory Support)。例如：主動脈氣球幫浦(Intra aortic Balloon pump)、心室輔助器(Ventricular assist device)、全人工心臟(Total Artificial Heart)以及心肺體外循環系統(Cardiopulmonary bypass)—葉克膜體外維生系統(ECMO; Extra corporeal membrane oxygenation)等，來拯救病患渡過難關到心臟移植。

在台灣，自民國 76 年，由台大醫院朱樹勳教授、王水深教授帶領移植小組開始第一例心臟移植至今已經完成 138 例心臟移植。一年存活率 86.25%、五年存活率 74.26%。其間，又與王水深教授申請心伴型左心室輔助器(HeartMate left ventricular assist device)、梭拉特心室輔助器(Thoratec Ventricular assist device)，以及柯文哲副教授、陳益祥醫師組成的葉克膜維生系統急救小組，在臨床經驗累積了：六例心伴型左心室輔助器，兩例成功地接受心臟移植，其中最長使用 287 天；五例梭拉特心室輔助器，三例成功地接受心臟移植；而葉克膜維生系統也提供了心臟移植前後必要有效的循環輔助。同時，對台灣本土研製機械輔助系統，自民國 82 年起，在國科會夏漢民主委支持下，由醫學院朱樹勳教授、王水深教授及周迺寬醫師結合了大陸學者錢坤喜先生、化工所陳劉旺教授、謝國煌教授、機械所陳炳輝教授、電機所詹國禎教授、中原醫工所鐘次文副教授及林永生博士等學者專家，向國科會提出心室輔助器之整合型研究計畫，著手研製國內的心室輔助器。

台大一號心室輔助器為一離心型心室輔助器（圖一），與現行心伴型心室輔助器、梭拉特心室輔助器、諾華克心室輔助器(Novacor left ventricular assist device)等隔膜式心室輔助器，血液推動方式不同；與拜耳離心型幫浦(Biopump Medtronic biomedicus centrifugal pump)相同，為離心型幫浦。由於隔膜式的心室輔助器體積龐大，控制系統與驅動系統體積與重量需要推車協助搬運，雖然近年來電子控制與驅動裝置，也開始瘦身改造，可以使用肩帶攜帶，但其隔膜式心室輔助器控室體

積龐大，對於東方人的身材、手術，困難度上升。於是電子式離心型心室輔助器優點體積小、重量輕、攜帶方便、手術方式容易，對於重量較輕的病患，臨床比較有效。而台大醫院人工心臟研究室，朝此方向努力研發台大一號心室輔助器。其基本結構為，直徑 2.5cm、六片流線葉輪、軟質的 G 型上腔室(Upper housing)以及硬質下腔室(Lower housing)，利用磁偶合驅動原理，在平均 $0.2661 \pm 0.017A$ 及 $13.55 \pm 0.41V$ 的電源下，可以在小公牛長期存活實驗中提供 $2.08 \pm 0.16l/min$ 的流量。其最特殊點是可以提供沒有脈動與脈動的血流，對紅血球的破壞很小。

台大一號心室輔助器其進行了 32 頭小公牛長期存活實驗（圖二），平均存活 16.2 ± 26.1 天，其中超過 20 天的小公牛共有八頭，其存活時間從 21 天到 148 天。而實驗終止原因，38% 為感染、多重器官衰竭最多；其次，28% 為出血性休克，與手術以及術後照顧有關；第三，19% 為血栓形成機械故障。統計這八頭小公牛前 20 天的每天血液之生化數據，其自由血色素維持在 $4.8 \pm 1.6mg/dl$ 左右，代表紅血球被破壞後釋放出自由血色素濃度不高，而其血色素維持 $8.4 \pm 1.6mg/dl$ ，血小板維持在 $449.76 \pm 84.2 \times 10^3 / \mu l$ ，紅血球數目在 $6.36 \pm 1.01 \times 10^6 / \mu l$ 的範圍內，代表台大一號心室輔助器對血球的破壞不大，而且腎功能與肝功能都維持在正常範圍內，除了死亡之前 2 天才會有不正常數值出現。

離心型葉輪心室輔助器，提供軸式流向(Axial-flow)沒有脈動的連續血流。在邁入二十一世紀之際，過去十年來由動物實驗結果得到初步滿意結果，其低噪音，不需



圖一：台大一號心室輔助器。



體積大的緩衝心腔室，簡單、安全、易操作，攜帶的電子驅動與控制器，使得病患早日恢復日常生活，其人體臨床實驗初步結果，已由歐洲搶先發表。雖然台大一號心室輔助器仍停留在動物實驗階段，仍需努力改進其安全性、穩定性，以及血液相容性外，在民國 89 年 4 月 21 日也申請通過中華民國專利證書新型第 154105 號專利權。行政院國科學委員會也積極收集台大醫院臨床使用葉克膜維生系統、各型心室輔助器的人體實驗報告成績，以補強台大一號心室輔助器的實驗結果，以期向衛生署提供人體計劃，造福末期心肌衰竭等待心臟移植病患危急時，最有效、最安全、最人性化的救命利器。Ω



圖二：研究團隊與戴著心室輔助器的小公牛。左起：林承生博士、謝國煌教授、詹國禎教授、郭德盛教授、陳劉旺教授、朱樹勳教授、周迺寬醫師、王水深主任、謝明國先生。

參考資料

- 1.Chu SH, Hsu RB, Wang SS. Heart transplantation in Asia. *Annals of Thoracic&Cardiovascular Surgery*. 5(6):361-4, 1999 Dec.
- 2.Hsu RB, Chu SH, Chien CY, Chou NK, Chen YS, Ko WJ, Wang SS. Heart transplantation with marginal recipients and donors. *Journal of Formosan Medical Association*. 98(10):663-7, 1999 Oct.
- 3.Wang SS, Chu SH, Ko WJ, Chen YS, Chou NK, Tsai CH, Lin FY. Ventricular assist as abridge to heart transplantation. *Transplantation Proceedings*. 30(7):3401-2, 1998 Nov.
- 4.Chu SH, Wang SS, Hsu RB, Chou NK, Ko WJ, Chen YS. Cardiac transplantation in Taiwan. *Transplantation Proceedings*. 30(7):3387-90, 1998 Nov.
- 5.Ko WJ, Chen YS, Chou NK, Wang SS, Chu SH. Extracorporeal membrane oxygenation in the perioperative period of heart transplantation. *Journal of the Formosan Medical Association*. 96(2):83-90, 1997 Feb.
- 6.Wang SS, Chu SH. Current status of heart assist and replacement in Taiwan. *Artificial Organs*. 20(12):1325-9, 1996 Dec.
- 7.Hsieh KH, Liao DC, Chen CY, Chiu WY. Interpenetrating Polymer Networks of Polyurethane and Maleimide-terminated Polyurethane for Biomedical Applications, *Polymers for Advanced Technologies*, 17, 4, 265-272, 1996.
- 8.Lee PC, Chen LW, Hsieh KH, Lynn. Huang LH. Effect of hard segment of polyurethane in cell growth *Polymer International*, 41, 419-425, 1996.
- 9.Hsieh TT, Hsieh KH, Simon GP, Tiu C, Hsu HP. Effect of Crosslinking Density on the Physical Properties of Interpenetrating Polymer Networks of Polyurethane and 2-Hydroxyethyl Methacrylate-terminated Polyurethane *J. Polym. Res.*, 5, 3, 153-162, 1998.
- 10.Hsieh TT, Hsieh KH, Simon GP, Jiu C. Polymer Networks of 2-hydroxyethyl Methacrylate-terminated Polyurethane and Polyurethane, *Polymer*, 40, 3135-3163, 1999.



白浪滔滔我不怕 深海鑽探向前行

◎魏國彥（地質科學系教授）

咆哮南緯 50°！風在嘶吼，細雨夾著冰粒，敲在船舷上，叮咚亂響，海面一片鉛灰，波濤洶湧，巨浪打上甲板，我乘坐的「果敢號」（JOIDES Resolution）研究船在紐西蘭東南方 1,000 公里的西南太平洋進行深海鑽探，盤旋的低氣壓醞釀出一個接一個風暴，西風颯勁，浪高 12 英尺，船舶像無助的葉片，在浪頂上起伏顛簸。我從圓形的舷窗望出去，左近湧來的巨浪，滔天蓋頂，眼見就要把我們吞沒。

船上有 50 餘位船員和技工，24 位實驗技師和 25 位科學家，1998 年的 8 月～10 月，正是南半球的冬末春初，我們正在進行國際海洋鑽探計劃（Ocean Drilling Program）第 181 航次，航行 56 天，總共鑽探了 7 個站位，鑽取 20 口岩心，總長 3,625 公尺。

1997 年 1 月我國加入了這個國際海洋鑽探組織，由國科會資助年費約 50 萬美金。1997 年暑期，台大地質系畢業的校友、中山大學海洋地質研究所林慧玲副教授，首度代表我國出航，參加了 175 航次；1999 年 2～4 月，台大海洋研究所的陳民本教授和徐之平博士參加了南海鑽探的 184 航次。

國際合作進行大規模持續的海底科學鑽探研究始於 1968 年，該計劃命名為「深海鑽探」（Deep-Sea Drilling Project, 簡稱 DSDP），連續進行了 15 年，完成 96 個航次，到 1983 年結束。該計劃成果豐碩，證實了海底擴張、地球板塊構造理論；開展了古海洋學及

古氣候學；顯示地中海曾經一度乾涸（見許靖華院士的名著《古海荒漠》）；揭露了中生代末季恐龍大絕滅原因的證據（見許靖華《大滅絕》），套一句許院士的話，這個計劃「革了地球科學的命」！

有鑑於 DSDP 的成功，以美國為主導，配合了英、法、德、日、歐洲科學聯盟等先進國家，於 1985 年開始了海洋鑽探計劃（Ocean Drilling Program），延續 DSDP 的輝煌傳統，繼續探索大洋深處的地殼與厚層沉積物，揭露蔚藍海水下掩埋的秘密。

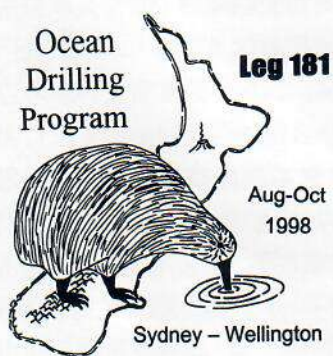
1994 年，由台灣大學海洋研究所陳汝勤、陳民本、劉家瑄教授及地質系陳正宏、黃奇瑜、魏國彥教授為主要推動者，成立了「中華民國海洋鑽探研究聯合會」，經過反覆的論證與準備，我國於 1997 年 1 月正式加入「太平洋週邊海洋鑽探聯合會」（Pacific Rim ODP Consortium），成員尚有加拿大、澳洲及南韓。四個會員國共享一個投票權席位，並分享一年 12 人次的登船航行鑽探、採取岩心樣本、攜回深入研究的權利。

全世界任何科學家均可以以個人或數人聯合之方式向 ODP 提出鑽探企劃書，企劃書再經由 ODP 的地球內部及環境兩委員會嚴格審核，初步通過後，再送請四至六位專家外審。根據審查成績，再經所有委員（約 30 位）評估排序，提交科學委員會及執行委員會評議。同時必須另外通過「鑽址調查委員會」和「污染與安全委員會」的評審，需通過層層評估與審查，

在安全無虞、切實可行並具高度科學意義的情況下，方可付諸鑽探。每年執行 6 個航次，每個航次的成本大約 600 萬美元，所費不貲，也難怪層層審核、處處把關。一個鑽探企劃書從提出經反覆修正到美夢成真，鑽探完成，大約要 4 年左右的時光；而到研究完成，通過審稿，正式在科學刊物上變成科學論文，大約是 8 年～



▲果敢號英姿。（魏國彥提供）



左圖：國際海洋鑽探團隊，集結各國菁英近百人，第三排左二著方格紋襯衫者為本文作者。（魏國彥 提供）
上圖：國際海洋鑽探計畫的識別標誌。（魏國彥 提供）

10 年之後了。換句話說，今年（西元 2000 年）提出的一些鑽探構想、科學假說，一直要到 2100 年前後才化為白紙黑字，正式公諸於世；而有些構想則可能出師未捷，胎死腹中，永不見天日！

ODP 可以說是海洋地質，甚而是地球科學的探險先鋒、斥候兵團，ODP 每年收到 40~50 個企劃書，有時是少數天才的異想天開，更多是研究團隊綢繆數年，鞭辟入裡的心血結晶，這幾年鑽探的觸角已經指向地球科學的新前線，例如海床甲烷水合物（gas hydrate）、地下生物圈（deep biosphere）、地震震源帶（seismogenic zone）的研究、隱沒工廠（subduction factory）中物質與流體的收支平衡等，預示了二十一世紀地球科學的新視野。

國內的研究團隊，在台大地質系羅清華及鍾孫霖教授的推動下，近年對台灣東北海域、沖繩海槽南端一帶，研究頗多，有許多新發現；筆者及海洋大學的陳明德教授（亦是台大地質系校友）及其他國內相關同仁聯名提出一份企劃書，提議在龜山島東方約 50 公里的沖繩海槽進行鑽探，預訂鑽入深度 420 公尺，藉以探究黑潮過去 200 萬年的演變歷史。這個企劃書經過評審後，獲得極好的評價，極有可能促使「果敢號」在明年（2001 年）4 月份來到台灣東北海域鑽探。

ODP 將在 2003 年劃下句點，海洋鑽探應否存續？對人類的知識與福祉有何助益？鑽探的方法及技術是否要改絃更張？有那些科學問題可以藉鑽探來探索解決？學者自 1997 年以來已經多次集會討論，幾乎是每

一次國際地質及地球物理學術會議不可少的論題，日本已斥資建造一艘全新配備的新型鑽探船，命名為「OD21」亦即「Ocean Drilling 21st Century」的意旨，預計 2006 年下水，先在西太平洋、日本列島西緣南延一帶開鑽，沖繩海槽將首當其衝。

眺望二十一世紀，將是一個海洋開發與探索的世紀，海洋鑽探必然持續扮演重要角色。日本「OD21」的服役，將促始西太平洋邊緣成為新世紀新技術的試驗場；台灣近水樓台，深具地利之便，實應未雨綢繆，預作準備，培養我們的研究團隊，凝鍊我們的科學洞識。台大的同仁及我們分佈在各大學的台大校友們早已摩拳擦掌，鑄造成器，您將會在新的鑽探船上看到台大人的身影，在地球科學的前緣領域嶄露頭角！Ω

參考資料

1. Carter, R. M., Carter, L., McCave, I. N., and the Leg 181 Shipboard Science Party. (1999) The DWBC sediment drift from Leg 181: drilling in the Pacific gateway for the global thermohaline circulation. JOIDES Journal, V.25 (1): 8-13.
2. Carter, R. M., McCave, I. N., Ritcher, C., Carter, L., et al. (1999) Proceedings of the Ocean Drilling Program, Initial Reports., 181 [CD-ROM]. Available from: Ocean Drilling PROGRAM, Texas A&M University, College Station, TX 77845-9547, USA.
3. Hsü, Kenneth, J. (1992) Challenger at Sea: A Ship that Revolutionized Earth Science. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
4. 魏國彥（2000）綢繆二十一世紀海洋鑽探—現狀與策略。中國地質學會八十九年年會暨學術研討會大會手冊論文摘要 p. 26-28。