

電力研究簡訊

Power Research Newsletter

92.07 No.49

台電綜合研究所 **TPRI**

地址：(100)台北市羅斯福路四段198號 電話：(02)2360-1095 傳真：(02)2364-9611

研究計畫成果

台灣電力公司

使命：滿足用戶多元化的電力需求、促進國家競爭力的提升、維護股東及員工的合理權益。
願景：成為具有卓越聲望的世界級電力事業集團。
經營理念：誠信、關懷、創新、服務。

一、電廠循環水泵振動與進水坑道流場改善之研究

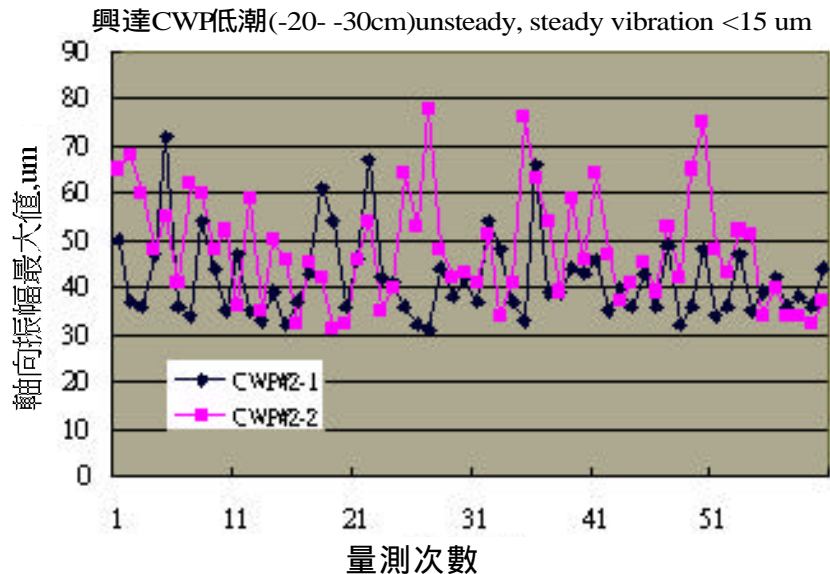
(能源室：鍾年勉)

興達電廠 #1、#2號機循環水泵進水坑道迴轉攔污柵90年初大修時更新為中央進流式後，發現冷卻水泵軸向與徑向振動振幅變大，為有效釐清事件發生之全貌，乃成立本研究因應，進行方式分成兩部份，一為現場實驗量測與循環水泵運轉相關數據之取得、整理、歸納與分析，其次是文獻討論與理論分析，進而測試數個工程上簡單可行之改善方案，最後於其中挑出數值測試效果較佳之改善方案並配合現場大修時程進行實體改善試驗。研究發現：

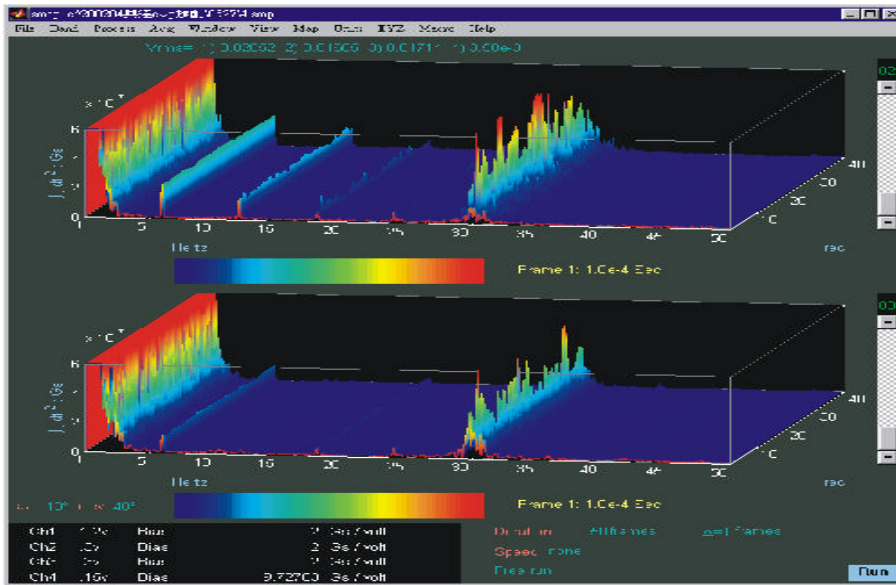
1. 迴轉攔污柵更新後，由於後擋牆造成水流流向改變、局部流速增加，導至後擋牆兩側下游產生明顯之周期性漩渦，進而使流場產生擺動，是主要之負面效應；迴轉攔污柵之更新除了影響流場之均勻性外，另一項負面之效應即水位差增加可能導致泵吸入口之Submergence或是NPSHA在海水低潮位發生時不足。
2. 迴轉攔污柵更新前沒有做模型測試與更新後之進水坑道設計不符合Hydraulic Institute Standard等相關規範之建議。
3. 海水潮位愈高，迴轉攔污

柵前後水位差愈小，潮位較低時，流速增加，水位差增大，對於CWP振動負面影響增大。

4. 興達電廠與協和電廠之CWP高振動現象主要發生於低潮時（興達潮位約-20 cm ~ -30 cm，協和潮位約0 cm~-10 cm），高振動之發生並非連續而是間歇性的，高振動發生時伴隨低頻之隆隆聲明顯異於正常運轉高頻聲音，就上述現象之觀察，興達和協和是一致的。



圖一 CWP高振動發生期間發生次數與其振幅連續紀錄



圖二 興達電廠CWP #2-2 (上) 與CWP#2-1 (下) 之振幅與典型頻譜圖

確定肇因幫助電廠改運轉問題，事先確認改善效果並發現問題，提出設計與施工改善建議可避免重複投資增進改善效果，間接效益：改善CWP pump振動過大顧慮確保運轉安全與效率，透過實作與檢驗深入寮解進水坑道相關設計厚植實力與實務經驗。報告已提供興達電廠參考確定#1、2 CWP高振動肇因並提出改善建議，興達電廠並依據本報告作成暫停 #3、4迴轉攔污柵更新之決策。本研究

5. 分隔進水坑道，雖可有效減少流場擺動，但並無法消除高振動現象；裝置降低漩渦紊流之柵欄亦無法有效消除高振動。
6. 經由頻譜分析，確定是興達 #2之五倍頻與協和 #2機之四倍頻是其CWP發生高振動之主要成份，並可以推論其應導因於相同之肇因機制 - 來自於流場之不穩定性並與葉輪互相作用之結果，而此不穩定效應又可能間接來自流場之不穩定所造成之水面漩渦、深水漩渦、葉輪出口或入口迴流、空蝕等負面效應。

本研究具體效益說明如下：直接效益：

研究之主要成果在於掌握CWP發生高振動現象之可能原因，92年度將繼續「協和電廠循環水泵振動分析與進水坑道流場改善研究」計畫，其目標為「在不改變現有土木結構條件下，提出改善方案與設計並以水工模型試驗驗證之」，以利92年底大修時依設計圖施工。並可視為本研究之延續，未來興達電廠進水坑道改善方案亦可參考比照。

二、台中電廠汽輪發電機轉子模擬及運用

(能源室：鍾秋峰)

(一)簡介

以維護汽輪發電機的角度而言，了解其系統為妥善維護的根本，為確切了解各種問題的根本原因，須從根本之振因分析做起。為達到此目的，本項研究從幾何量測開始，然後建立可靠模型，將此模型用有限元素分析計算轉軸之基本振動模型，以達成各種振因之正確分析結果。在量測幾何尺寸時，實體模態試驗同時進行，量取轉軸之振動頻率及模態，做為分析之重要參考依據。本文將討論台中電廠 #5機模型之各轉軸基本振動模態、整串轉軸振動模態以及轉子軸承分析，此項分析方法將作為下階段更深入之分析基礎，也可應用在其他機組，作為遙測、遠端振因分析、診斷之憑據。

(二)基本振動模式分析

基本振動模式分析，一如前述，其尺寸量測後，模化轉軸及葉輪及其他組件。然後以有限元素之 Beam element及 Solidelement分析徑向及扭力兩部分，模擬汽機各軸段及發電機、勵磁機、以及整串轉子。圖一為模擬高中壓段模型及振動模式，圖形顯示轉軸之第一個彎曲振型頻率為77.6Hz(4660rpm)，此段轉軸之徑向及扭振模態計算結果如表一及表二所示，其中mode 1 為 Rigid body mode，而mode2即為第一彎曲 mode 及第一扭振 mode。如下所示為前二 mode之計算結果。

Modes	Bending 1	Bending 2	Torsion 1	Torsion 2
計算結果	77.6	96.6	226	334

而模態試驗結果如下：

FrequencyResults:Freq.&Damp. - HPIP-Shaft

MODE	Freq. (Hz)	Damp. (Hz)	Damp. (%)	
1	0.627	0.516	63.558	rigid
2	78.255	1.75	2.235	bending
3	95.151	1.762	1.852	bending
4	168.805	1.219	0.722	bending
5	208.0	0.30	0.021	torsion
6	284.643	2.062	0.724	bending
7	344.509	3.307	0.96	torsion

由上兩者比較，第一彎曲 mode 模態試驗為 78.1 Hz、第二彎曲 mode 為 95.5 Hz，與計算結果誤差在 1% 以內，而扭轉振動則在 10% 以內。表三將各軸段分析結果與模態試驗比較，其中 ARMD 為轉子振動分析軟體、ABAQUS 為有限元素分析軟體，從表列分析結果顯示，模態試驗與軟體分析可以確認汽機轉軸有精確結果。

(三) #5機轉子模擬

整串轉子之模擬較為複雜且無法取得靜止中模態試驗，因此運轉中之 Polar 及 Bode Plot 將為重要的參考。基本上，經過多次大修或軸承處理更換後，其運轉之共振轉速將會變化，以下為中五機歷年停機起動過程從 Polar 及 Bode Plot 中有出現之 Critical Speed 參考記錄。

軸承	Brg. 1	Brg. 2	Brg. 3	Brg. 4	Brg. 5	Brg. 6	Brg. 7	Brg. 8	Brg. 9	Brg. 10
RPM	1880 3200	1880 1940 3180	1900 3160	1320 2640	1100 2520	2400	1100	840 2400	1780	1780

而振動模擬結果如下：

振動模擬	1 B	2 B	3 B	4 B	5 B	6 B	7 B	8 B
頻率 rpm	1043	1374	1445	1828	1879	2473	3174	3265
位置	Gen.	LP1 LP2	LP1 LP2	HPIP Ex.	Ex.	LP2 Gen.	HP LP1 LP2	LP1 LP2 Gen.

上述軸承振動記錄值及模擬結果比較，HPIP為Brg. 1 及 Brg. 2有 1828 rpm及 3174 rpm兩個振頻；LP1為Brg. 3 及 Brg. 4 有 1374 rpm及 3174 rpm兩個振頻；LP2為Brg. 5 及 Brg. 6 有2473 rpm 振頻；Gen為Brg. 7 及

Brg. 8 有 1043 rpm及 2473 rpm兩個振頻；Exciter為Brg. 9 及 Brg. 10 有 1879 rpm振頻。而在扭轉振動方面之模態式驗及模擬結果之比較如下：

Modes	Modal Testing Results	ADMD	ABAQUS-B
1T	15.8	15.8	15.5
2T	30.3	30.4	30.0
3T	34.0	35.4	34.6
4T	41.0	46.5	39.9

因軸承對扭轉振動之影響很小，只要有正確的模型，分析結果應在可靠的範圍，從上表可得，使用上述二個分析程式都有良好的分析結果。

圖二為 #5 機第一個Bending mode，出現在發電機轉軸，其顯示振頻為 17.38 Hz。圖三為#5機第四個Bending mode，出現在HPIP軸段位置，頻率為 30.46 Hz。

(四)軸承分析

1. 軸承之計算方法

轉軸系統中，軸承在維護上佔最重要的角色，因軸承的表現最影響整個汽機系統運轉之安全與壽命。模擬運轉中軸承是一項不易的挑戰，因其油膜、材料、尺寸、間隙、流量、壓力分布、溫度影響等參數均不易取得，另一方面，整個系統機制為一個相當複雜的運作。基本上整個軸承參數分析，最終是要獲得Spring(K)、Dampingcoefficients (D)，其於整個系統之表現上，代表彈簧、阻尼的作用，如正確獲得其參數值，才算整個轉動系統較完整的評估。

本項研究試圖完整分析此複雜之機制，初步有一個很好的結果。從量測分析台中#5機軸承尺寸開始，經確認所得之必要參數後，從二方向進入評估。第一個方法為取得軸承直徑、型態、運轉參數、設計及安裝間隙等，根據 Professor Dr. Tsuneo Someya 理論，取得 Sommerfeld number S 後，加上 Preload、長度直徑比，可以從 Sommya table

中查出 Spring、Dampingcoefficients。而

$$S = \frac{\mu NLD}{W} \left(\frac{R}{C_p}\right)^2 \text{-----}(1)$$

其中 μ, N, L, D, R, W, C_p 各為黏滯常數 (Viscosity)、轉速、軸承長度、軸頸直徑、半徑、重量、間隙等。由此方法查出之 Spring、Damping coefficients，在運用上有其限制，因其為2D 方法計算所得，將整個軸在軸向切面任何一個位置，視為相同的壓力，會略略有扭曲結果，但其仍是現今最可靠的方法之一。

第二個方法為同樣取得軸承各項尺寸後，分析 Reynold equation，以此無因次型式代入計算出假設條件（偏心比eccentricity ratio）下軸承之初步結果，如流量、溫度關係、對應之 Spring、Damping coefficients 等。其決定此結果之機制為

$$=6 \mu NRL / (\text{pref} * (C^2)) \text{-----}(2)$$

其中 μ, N, L, R, C 各為黏滯常數、轉速、軸承長度、軸頸半徑、間隙，pref為參考壓力。由此決定上述之初步結果後，再代入運轉條件如轉速、裝設間隙、或黏滯常數等，最終可決定 Spring、Damping coefficients。

2. 台中 #5汽機軸承之 K, D 值

圖四為Tiltingpadbearing 之模型，#1-#3 軸承為此型式，以下為#1軸承之參數：

BearingDiameter = 3.55600E+02(mm)
 BearingLength = 2.28600E+02 (mm)
 Padangle = 5.00000E+01(Degrees)
 Pad PIVOTlocation fromL.E. = 2.50000E+01(Degrees)
 MachinedinRadialClearance C = 3.50000E-01 (mm)
 Padthickness at pivot point = 5.08000E+01(mm)

經電腦使用上述第二個方法分析後，其結果如下：

SPRINGCoefficients(Newton/m)

Case	KXX	KXY	KYX	KYY
1	9.483E+07	4.573E+01	1.720E+01	3.145E+09
2	7.954E+07	3.445E+01	1.440E+02	2.741E+09
3	8.685E+07	2.865E+01	9.021E+01	2.556E+09

DAMPING C oefficients (Newton*Sec/m)

Case	DXX	DXY	DYX	DYY
1	1.279E+06	4.252E-01	3.476E-01	1.503E+07
2	7.115E+05	2.471E-01	2.035E-01	8.079E+06
3	3.967E+05	8.782E-02	3.980E-01	3.973E+06

其中Case 1、 Case 2、 Case 3之轉速各為 1000 rpm、 1800 rpm、 3600rpm ；黏滯係數各為 0.0226 Pascal-S、 0.01675Pascal-S、

0.00962 Pascal-S。以 Case2為例，代入公式 (1) 得

$$S = \frac{0.01675 * 0.0001 * 22.86 * 35.56 * 30}{104200} \left(\frac{35.56}{2 * 0.035} \right)^2 = 0.101$$

查 SomeyaTable Case #52 ，得
 $K_{xx} = 0.2 * (W/C)_p = 0.2 * (104200/0.035)$
 $= 5.9E5 N/cm = 5.9E7 N/m$
 $K_{yy} = 7.2 * (W/C)_p = 7.2 * (104200/0.035)$
 $= 2.14E7 N/cm = 2.14 E9 N/m$
 $K_{xy} = K_{yx} = 0$

所得與上述計算結果 Case2 比較略為偏低，其差異應在 pad 數 6pads 之計算結果與查 Someya Table Case #52 之 5 pads 結果有些差異，另一原因為 L/D 比值也有差異，而 K_{xy} 及 K_{yx} 因很小可視為零。

圖五為 Elliptical bearing ，#4- #10 軸承為此型式，以下為 #4 軸承之參數：

PadAngle-----> 1.60000E+02 (Degrees)
 OrientationAngle-----> 1.00000E+01 (Degrees)
 Applied LoadAngle -----> 2.70000E+02 (Degrees)
 Diameter -----> 4.57200E+02 (mm)
 Axial Length-----> 2.54000E+02 (mm)
 Radial Clearance-----> 2.55000E-01 (mm)

經電腦使用上述第二個方法分析後，其結果如下：

SPRING Coefficients (Newton/m)

Case	KXX	KXY	KYX	KYY
1	6.812E+08	-3.603E+08	-2.176E+09	4.586E+09
2	6.783E+08	-2.137E+08	-1.922E+09	3.371E+09
3	6.812E+08	-7.812E+07	-1.714E+09	2.435E+09

DAMPING Coefficients(Newton*Sec/m)

Case	DXX	DXY	DYX	DYY
1	3.445E+06	-7.525E+06	-7.591E+06	3.840E+07
2	2.315E+06	-4.243E+06	-4.233E+06	1.893E+07
3	1.400E+06	-2.111E+06	-2.116E+06	8.489E+06

其中Case 1、Case 2、Case 3之轉速各為 1000 rpm、1800 rpm、3600 rpm；黏滯係數各為 0.01458 Pascal-S、0.01336 Pascal-S、0.01159 Pascal-S。以 Case 1 為例，代入公式 (1) 得

$$S = \frac{0.01458 * 0.0001 * 25.4 * 45.72 * 16.67}{188300} \left(\frac{45.72}{2 * 0.045} \right)^2 = 0.0387$$

查 Someya Table Case#10，得

$$K_{xx} = 2.0 * (W/C)_p = 2.0 * (188300 / 0.045) = 8.37 \text{ E6 N/cm} = 8.37 \text{ E8 N/m}$$

$$K_{yy} = 11.5 * (W/C)_p = 11.5 * (188300 / 0.045) = 4.81 \text{ E7 N/cm} = 4.81 \text{ E9 N/m}$$

$$K_{xy} = 2.0 * (W/C)_p = 1.4 * (188300 / 0.045) = 5.86 \text{ E6 N/cm} = 5.86 \text{ E8 N/m}$$

$$K_{yx} = -11.5 * (W/C)_p = -6.7 * (188300 / 0.045) = -2.80 \text{ E7 N/cm} = -2.80 \text{ E9 N/m}$$

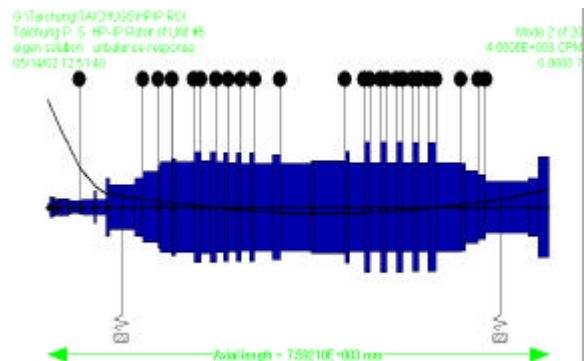
所得與上述計算結果 Case 1 比較有些微差異，查 Someya Table 所得值較高，主因如前述 Someya Table 為 2D model，以及 L/D 基準有些差異。

(五) 結論

1. 振動分析軟體所得結果與模態試驗相近，在各軸段都有可信且正確的計算值，繼續整串轉軸的評估因此有較好的結果，其扭振值之前三 mode 幾乎與試驗結果相同，而徑向振動可由汽機起動或停機過程中之臨界轉速可獲得，而有正確的分析結果，也可作為日後分析振動變化之參考依據。
2. 臨界轉速會歷經多次大修而有所改變，如轉軸無重大質量變化，其主因為軸承之改變所引起，以現有分析結果為基礎，日後有振動變化，模式分析可以找到答案。
3. 軸承正確分析結果配合整個轉軸振動模式，可完整分析汽機轉子的振因。

(六) 結參考資料

1. 台中電廠 #5機第三次大修報告(2001年)。
2. 台中電廠 #5機振動試驗報告(2000年)。



圖一 HPIP之第一個Bending mode (4660RPM)

3. 協和電廠高中壓汽機轉子及軸承幾何外形量測與電腦模型建立- 朱元南
4. ARMDrotordynamicsanalysismanual.
5. Collected Data on the Static and Dynamic Characteristics of Plain Bearings (Someya 1995)。
6. 台中電廠汽機發電機轉子自然頻率之量測與分析(2002)-陳瑞麒。
7. Handbook of Rotordynamics- Fredric F. Ehrich。

Mode 1	2.0681E+001 CPM
Mode 2	4.6606E+003 CPM
Mode 3	5.7998E+003 CPM
Mode 4	1.0371E+004 CPM
Mode 5	1.7872E+004 CPM
Mode 6	2.3253E+004 CPM
Mode 7	3.0295E+004 CPM
Mode 8	4.0198E+004 CPM
Mode 9	5.0538E+004 CPM
Mode 10	6.2599E+004 CPM

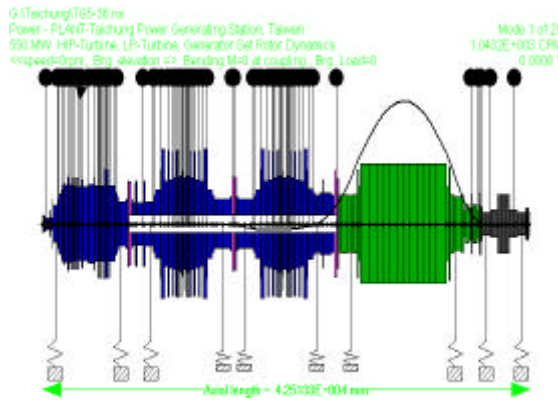
表一 HPIP徑向振動之前10 mode

Mode 1	7.1146E+000 CPM
Mode 2	1.3570E+004 CPM
Mode 3	2.0082E+004 CPM
Mode 4	2.8331E+004 CPM
Mode 5	3.5266E+004 CPM
Mode 6	4.7286E+004 CPM
Mode 7	6.3260E+004 CPM
Mode 8	6.7517E+004 CPM
Mode 9	7.2230E+004 CPM
Mode 10	8.1645E+004 CPM

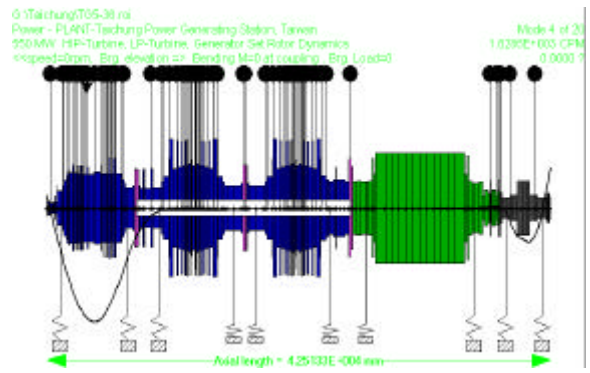
表二 HPIP扭振之前10 mode

Subsystem	Modes	ModalTestingResults		ARMD	ABAQUS-S	ABAQUS-B
		Freq. (Hz)	Damp(%)		Frequency (Hz)	Frequency (Hz)
HPIP	1B	78.1	2.24	77.6	74.3	74.96
	2B	95.5	0.63	96.6	93.98	95.94
	1T	208.0	0.30	226	238.0	214.03
	2T	344.0	0.14	334	342.9	350.0
LPA	1B	39.4	1.23	39.8	37.8	38.11
	2B	65.6	0.77	64.9	64.4	63.64
	1T	149.0	0.31	149.1	146.8	127.43
	2T	182.0	0.38	176.4	192.3	165.05
LPB	1B	47.5	N/A	47.5	45.5	45.02
	2B	76.9	N/A	76.7	76.5	74.69
	1T	150.6	N/A	155.4	172.1	131.44
	2T	211.9	N/A	221.5	219.4	217.45
Generator	1B	35.71	0.38	36.9	35.9	36.5
	2B	54.99	0.94	54.7	54.2	54.9
	1T	161.5	0.54	170	156.9	159.0
	2T	204.0	0.37	211.8	205.1	208.4
Exciter	1B	67.85	0.89	70.1	68.6	68.8
	2B	113.51	0.68	106.7	105.5	106.4
	1T	224.5	0.87	213.0	226.3	226.0
	2T	371.8	0.97	393	386.7	384.7

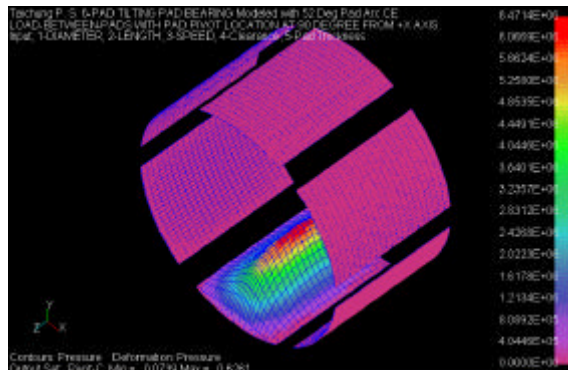
表三 中五機各軸段之振動模式計算結果與模態試驗比較



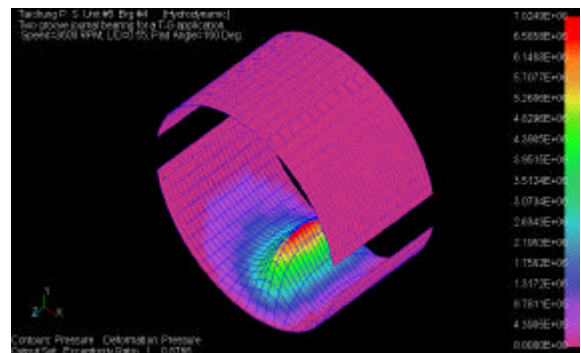
圖二 模擬台中 #5機振動GEM.Mode (1043RPM)



圖三 模擬台中 #5機振動HPIP.Mode (1828RPM)



圖四 台中電廠 #5機 #1軸承之壓力分布圖



圖五 台中電廠 #5機 #4軸承之壓力分布圖

三、新竹科學園區地下電纜白蟻害抑制方法之研究

(化環室：楊豐澤)

白蟻主要啃食富含纖維素的物質，是危害建築物之主要害蟲，此外地下電纜線也有遭啃食的紀錄，日據時代，臺灣已有記錄，而國外亦屢有所聞。據花東供電區營運處資料，花蓮至花蓮港線路已有三次受害記錄；新竹科學園區的地下電纜在前年亦有多次遭白蟻啃食，造成接地短路之停電事故，嚴重影響供電品質。本計畫即針對新竹科學園區地下電纜白蟻害抑制方法進行研究，以作為將來防治之參考。新竹科學園區為公園化工業區，區內部分樹木遭白蟻啃食，近年來白蟻除啃食樹木外並入侵地下電纜系統，造成電纜絕緣破壞，引起接地短路之停電事故，影響供電品質，如何有效地消滅白蟻並防止其破壞地下電纜系統，是刻不容緩的工作。

本研究以現場採集白蟻，鑑定種類並評估其危害電纜嚴重情形，探討發生白蟻之可能環境因素，以作為改善蟻害之參考。另一方面，以主要成分分別為芬普尼(Fipronil)、撲滅松(Fenitrothion)、微膠囊懸浮劑以及益達鉸(Imidacloprid)懸浮劑的三種白蟻藥劑進行室內的土壤與電纜殘效試驗。並在園區選擇一適當場所作為室外之實驗組

及對照組，觀察三種藥劑處理之防治效果，並評估長期使用之經濟效應。另一部份的研究，將現場探討地下輸配電電纜設備所使用的材料耐蟻害的能力，並在實驗室內模擬各種環境，測試不同的電纜及不同藥劑處理之耐蟻成效。

研究結果發現，科學園區內出現的白蟻種類主要有以圖一台灣白蟻(Coprototermes formosanus)以及圖二黑翅土白蟻(Odontotermes formosanus)為主，造成電纜危害的則僅有台灣家白蟻，入侵途徑可能是有翅成蟲由人孔蓋的縫隙進入，或是工蟻由人孔壁的裂縫進入。三種藥劑的土壤殘效優於電纜殘效，對白蟻皆無忌避效果，土壤殘效至少可達一年之久，噴藥時間建議於白蟻紛飛季節之前後完成，四月底至七月初為白蟻紛飛季節，最遲應於六月底完成噴藥，現場噴藥後的人孔，除兩座人孔之外，其餘並無發現白蟻活動之跡象。目前所使用的PVC材質電纜並無法抵抗白蟻的啃咬，尼龍被覆的抗咬性較佳。若將木質托架更新為PVC托架後，加上藥劑的噴灑，以及較為密集的人孔檢查，將可以降低白蟻危害的機會。



圖一 台灣家白蟻



圖二 黑翅土白蟻

四、台電全系統線路損失分析

(負載室：黃佳文)

台電系統線路損失可分為輸電系統損失，及配電系統損失二部份。輸電系統損失，可由淨發購電量扣除抽水負載、超高壓用戶售電量、事業用電量、電廠停機外受電量、配電饋線總供電量(實際抄表值)之總和後計算求得。

配電系統則由於饋線數目非常之多(92年底全系統線總數為6259)，且每條饋線之基本資料(配電變壓器容量、位置及導線分佈)不易掌握，因此本報告就全系統所有不同容量之配電變壓器統計其數量，配合配電技術手冊提供之單具變壓器之鐵損值及負載因數為1.0之銅損值，以配電系統總供電量，決定配電變壓器之容量因數，計算全系統之配電變壓器損失值。

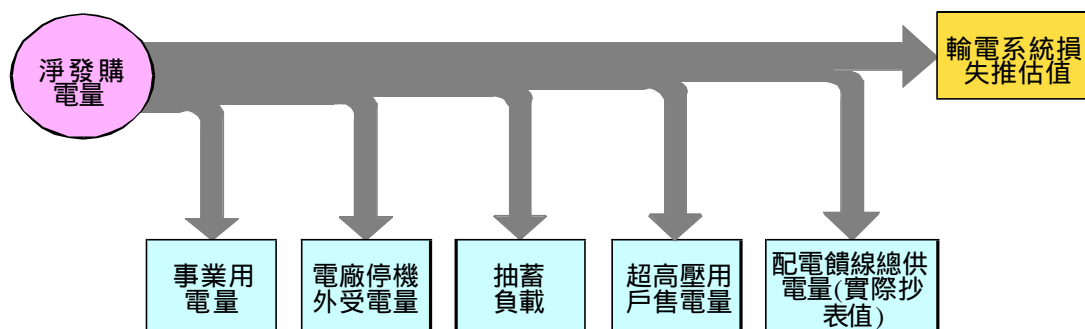
饋線導線之損失，則先建立各種不同類型饋線之架構(含主幹線及分歧線之長度)，

以配電系統總供電量，推估各種類型饋線之平均供電量，進行三相電力潮流分析，即可推導每小時平均及當月份之線路損失值。

經上述輸電系統、配電系統之損失分析後，即可計算出全台電系統線路損失佔比，此種系統損失推估模式，將可改善以售電量推估系統損失之不合理現象。

(一) 輸電系統損失之推估

由台電系統供電及損失示意圖中可知輸電系統損失推估值是由淨發購電量減去抽水負載、超高壓用戶售電量、事業用電量、電廠停機外受電量、配電饋線總供電量(實際抄表值)之總合後計算求得，計算公式如(1)所示。



台電系統供電及損失示意圖

輸電系統損失推估值 = 淨發購電量 - (抽水負載 + 超高壓用戶售電量 + 事業用電量 + 電廠停機外受電量 + 配電饋線供電量)

表一 92年2月至4月的系統輸電系統損失推估值(度)

項 目	二 月	三 月	四 月
淨發購電量	11,149,707,012	13,193,831,245	13,760,601,740
抽水負載	380,787,000	427,267,000	436,628,000
超高壓用戶售電量	2,562,189,523	3,192,118,891	3,135,571,307
事業用電量	17,782,224	20,850,594	25,688,812
電廠停機外受電量	28,235,395	24,808,570	35,288,215
配電饋線總供電量 (實際抄表值)	7,914,440,707	9,205,481,712	9,777,570,222
輸電系統損失	246,272,163	323,304,478	349,855,184

(二) 配電系統線路損失 (每月20日)

根據配電年報，統計各種容量配電變壓器之總數量、地下及架空饋線總長度等資料並計算：

1. 配電變壓器鐵損：加總各種不同容量變壓器之鐵損。
2. 配電變壓器銅損：根據當月份配電系統總供電量及配電變壓器總容量，計算配電變壓器之負載因數。

配電變壓器銅損則以滿載之銅損值，以負載因數之平方加以調整。

3. 計算架空及地下饋線之平均每條饋線長度，配合配電饋線之總供電量，計算饋線之線路損失。
4. 配電系統線路損失=配電變壓器之鐵損+銅損+饋線線路損失
由配電饋線平均每小時及當月份總供電量及配電饋線總損失，計算配電系統總損失為系統淨發購電量之2.83%。

表二 92年2月至4月配電系統線路損失推估值(度)

月 份	饋線供電量(實際抄表值) (度)	配電系統損失(度)
2	7,914,440,707	314,954,060
3	9,205,481,712	372,744,744
4	9,777,570,222	400,818,472

(三) 系統線路損失

系統線路損失 = 輸電系統線路損失 + 配電系統線路損失

表三 92年2月至4月台電全系統損失分析

月份	系統淨發購電量 (度)	輸電系統損失 (度 / %)	配電系統損失 (度 / %)	系統總損失 (度)	線路損失佔比 (%)
2	11,149,707,012	246,272,163	314,954,060	561,226,223	5.03
		2.21	2.82		
3	13,193,831,245	323,304,478	372,744,744	696,049,222	5.28
		2.45	2.83		
4	13,760,601,740	349,855,184	400,818,472	750,673,656	5.46
		2.54	2.91		

隨著經濟的發展，國民所得提高，用電需求與日俱增，變電所與輸電線路的設置與架設，益加迫切。但相對地，由於民意高漲及環保意識抬頭，使台電在取得相關設施用地上易遭抗爭與反對，如何在抗爭與經濟發展中取得平衡，已是變電所與輸電線路興建的重要課題，因此積極地對相關用地取得制度規範進行檢討，期台電能更迅速有效地取得土地，興建輸變電設施，以提供更完善服務。

至於變電所、輸電鐵塔及線路設置對相鄰不動產價值影響，如何進行估算？輸電鐵塔用地取得補償及其線路上下空間權利補償，如何補償方能公平合理？與居民溝通協商過程中，又如何達成共識？應以何種方式確保台電與居民雙方權益，順利取得用地進行施工？均是本研究探討之主題。

本研究針對國內外輸變電設施用地取得相關法規、制度、案例進行分析探討，對有關用地取得之估價方法及制度予以分析，並針對輸變電設施外部性影響進行理論與實証分析，最後輔以協商機制之改進建議，提出有關用地取得策略調整與制度修正建議，以建構一套符合保障財產權益公平合理之用地取得制度。

由研究分析知，台電土地取得困難的主要問題，並不在土地取得的內部規範不足，而是在其他關鍵點及結構上產生了

問題。這些包括：

- (一) 缺乏與各級政府(特別是地方政府)建立良好互動的關係，因此無法從各級政府獲得取得土地的助力，例如在土地規劃中預留電業用地或直接提供土地等。
- (二) 未做好本身的包裝與行銷，以致台電沒有獲得社會應有的肯定與尊重，土地取得過程當中易受抗拒或抗爭。
- (三) 不管在心理上及實質上，土地取得仍然過度依賴徵收，違反社會及國家越來越重視保護財產權的趨勢。
- (四) 慣以優渥的價格取得土地，導致其價格在估價原理及專業上難以做合理解釋。
- (五) 土地取得人員組織架構較為鬆散，無法就土地取得之人力分配、訓練等作整合。

針對上述問題，提出下列主要建議：

- (一) 與各級政府，特別是地方政府建立良好的夥伴關係。
- (二) 注重台電的包裝與行銷。
- (三) 以協議價購(取代徵收)作為土地取得的主要方式。
- (四) 訂定有理論依據之估價標準與程序，估算出合理的土地價格。
- (五) 設立土地事務主管部門，增加專業人員。



研發活動

「電磁場健康議題」相關研發活動

(電力室：王珠麗)

自1979年流行病學家關注於電力設施所產生的極低頻(ELF)電磁場(EMF)與人體健康關係以來，雖然部分流行病學研究結論認為，極低頻電磁場暴露，可能與小孩白血病及成人腦瘤有關聯，但卻始終無法證明電磁場與疾病互為因果關係。近幾年來，電磁場與健康關係之議題，成為民眾抗爭本公司電力設施之主要訴求，而針對本議題，本所肩負相關資料收集與解讀之責任。

我國行政院環保署引用國際非游離輻射防護委員會(ICNIRP)對一般民眾之限制建議，於民國90年元月12日公佈我國「非游離輻射環境建議值」，依據該建議值按頻率核算後，本公司電力設施之限制建議為八三三毫高斯。根據公司各單位及本所以往量測經驗，本公司各項電力設施所產生之磁場遠小於該項建議值。然而本公司自行量測之結果，其公正性常遭民眾質疑，因此本所特配合環保署環檢所進行全省各等級變電所及輸配電設施之磁場監測工作。承蒙工安環保處擔任聯絡窗口，及各相關供電區營運處及區營業處之協助配合，先後完成北部、中部及高屏地區之磁場量測工作，總計超高壓變電所共8所、一次變電所共23所、一次配電變電所共33所及二次變電所共96所之變電所四周，北部地區69 kV、161 kV及345 kV輸電線各二處，地下電纜22 kV、69 kV、161 kV各一處，11 kV二處，架空配電饋線11 kV二處，亭置事變壓器50、100、167 kVA三種型式共8處，桿上變壓器25、50、100 kVA三種型式共4處。各項量測結果均遠低於上述環境建議值，並計劃陸續再進行嘉南地區及花東地區各等級變電所四周量測工作。

各項電力設施產生之磁場不盡相同；流行病學係以統計分析方法探討某些疾病與暴

露之關係，而統計分析有何限制與特性？影響身體健康之因素又有哪些？各種流行病學研究結論有時又完全相反；面對民眾抗爭如何解釋最好？諸如此類問題一向困擾輸變電設施之購地、施工、運轉及維護等現場對民眾解說之人員。本所為了使這些現場人員能充分了解這些問題，特分北中南三個地區辦理「電磁場溝通技巧研習班」。敦聘從事電磁場健康效應流行病學研究多年的李中一教授，講授流行病學基本理論與方法及國際間極低頻電磁場生物效應研究現況；環保署非游離輻射環境建議值訂定時之顧問吳霖堃教授，講授國際間非游離輻射限制建議值現況；公司內溝通專責部門公服處溝通課吳基興課長及輸工處各區施工處溝通課江衍昌課長、彭明江課長及費肇宗課長等講授溝通實務及經驗分享；研究所從事電磁場相關工作多年的王金墩及王珠麗兩位工程師講授電磁場理論與計算及實測與解讀。該班各期參訓人員對課程反應良好，除表示十分需要此等課程外，更提議需要增加溝通與談判相關課程，並應至變電所實地參觀量測，因此本所即將於今年六月及七月之第三期至第六期研習班增列此二部分之課程。

另外，於本公司多次討論電磁場相關議題之會議上，經常有本公司許多同仁對電磁場問題不甚瞭解甚至有所誤解之感慨。因此實有必要讓全體同仁瞭解電磁場之真正風貌，及其與健康問題關係之真相，以利同仁針對此議題能與民眾溝通於日常生活中。本所目前正研擬至各單位作半天或一天之電磁場議題說明的可能性與可行辦法。懇請各單位提出需求與提供意見。

