



我國核能電廠異常事件統計分析 (八十九年)

行政院原子能委員會
核能技術處

摘 要

我國現有三座核能電廠六部機組在商業運轉中。近幾年來核能安全問題日益受到國人重視，如何減少核能電廠異常事件的發生，以確保核能安全，與如何清楚區分異常事件的輕重等級，以易於和社會大眾及傳播媒體溝通，是核能主管單位的重點工作之一。本報告旨在分析八十九年我國三座核能電廠所發生的異常事件，探討事件的安全影響程度，瞭解事件的類型及原因，並提出適當改善建議，以降低異常事件發生件數，提昇電廠運轉安全。

本報告所指異常事件為核能電廠發生運轉規範第16.6.9.2.2節所列情況時，依規定必須向原子能委員會提出「三十天書面報告」之事件。這類事件的相關訊息經由書面報告收集、整理後，依各種特性加以研判分類並編碼，然後輸入電腦建立資料庫，以執行進一步的統計與分析。

八十九年我國三座核能電廠共發生28件異常事件，大幅低於八十八年之62件，其中核一廠4件，核二廠18件，核三廠6件。全部28件異常事件之輕重等級依照國際原子能總署(IAEA)與經濟合作開發組織核能署(OECD/NEA)訂定之「國際核能事件分級制度(INES)」加以分級後，27件（佔全部96.4%）屬於無任何安全顧慮的0級事件，1件（3.6%）屬於未影響安全之1級事件。

依據事件之通報依據分析，八十九年28件異常事件中屬於第5項「非計畫之特殊安全設施動作或反應器保護系統動作」事件者計15件（53.5%）與第10項「與人員健康安全、環境保護及民眾有關之事件」11件最多（39.3%）。

在事件發生原因方面，以設備故障17件最多（60.7%），人為失誤7件次之（25.0%）。與八十八年統計結果比較，設備故障件數減少14件，人為失誤件數減少4件。就機組狀態分類，在28件異常事件中，以穩定功率運轉時比例最高，計11件（佔39.3%），年度大修狀態次之，計8件（佔28.6%），升降載狀態7件（佔25.0%）。與八十八年統計結果比較，穩定功率運轉狀態之件數減少16件，年度大修狀態之件數減少6件，升降載狀態之件數維持不變。

本研究最後並針對減少異常事件件數及修正通報規定方面，提出下列四點建議：（1）異常事件的發生以通報依據第五項與第十項的事件最多（26件，約佔93%），經由分析發現，以非安全相關電力系統與飼水／冷凝水／抽汽系統較多，建議電廠針對上述系統持續檢討改善。（2）設備故障依然是八十九年異常事件的最主要原因，有鑑於設備故障事件發生於飼水／冷凝水／抽汽系統較多（表3-10），建議電廠在設備故障方面的改善情況，持續努力。（3）為與世界潮流相符與管制需要及正確反應真實狀況，建議對通報事項中“非計畫性”一詞予以明確定義，並與世界核能發電者協會（WANO）指標中的定義相同，以解決目前各電廠應報而未報之非計畫性解聯事件。（4）佔所有異常事件件數約四成之第10項通報依據第一、二小項通報情況，建議自通報依據第10項移出單獨條列，以避免民眾誤解該類異常事件均為「與人員健康安全、環境保護及民眾有關之事件」。

目 錄

摘 要.....	I
壹、緣起與目的.....	1
貳、異常事件之定義.....	2
一、二小時立即通報之異常事件.....	2
二、三十天書面報告之異常事件.....	4
參、統計結果與分析.....	5
一、廠別與機組別.....	6
二、事件通報依據.....	9
三、事件分級.....	10
四、事件發生時間.....	15
五、事件發生時機組狀態.....	18
六、事件原因.....	20
七、事件相關之系統與組件.....	21
肆、討論與發現.....	25
一、各廠件數與去年的比較.....	25
二、異常事件之通報依據與相關系統.....	25
三、異常事件之機組狀態與原因類別關係.....	27
四、事件原因中人為失誤與設備故障比例.....	29
五、異常事件之機組狀態與相關系統.....	30
六、解聯事件的通報.....	32
伍、結論與建議.....	38
一、結論.....	38
二、建議.....	40
參考資料.....	42
附件一 核能電廠運轉經驗資訊系統（NPEars）中電廠系統分類代號說明.....	43
附件二 核能電廠運轉經驗資訊系統（NPEars）中電廠組件分類代號說明.....	44
附件三 核能一廠八十九年異常事件資料庫.....	45
附件四 核能二廠八十九年異常事件資料庫.....	46
附件五 核能三廠八十九年異常事件資料庫.....	50

圖目 錄

圖 3-1	我國核能電廠八十九年異常事件統計	7
圖 3-2	我國核能電廠近六年異常事件統計	8
圖 3-3	國際核能事件分級制度基本架構	12
圖 3-4	國際核能事件分級制度圖解	13
圖 3-5	我國核能電廠近四年異常事件分級統計	14
圖 3-6	我國核能電廠八十九年每月異常事件統計	16
圖 3-7	我國核能電廠八十九年異常事件發生值別統計	17
圖 4-1	我國核能電廠近五年非計畫性停機解聯次數統計	34

表 目 錄

表 3-1	我國核能電廠八十九年異常事件通報依據統計	9
表 3-2	我國核能電廠八十九年異常事件分級統計	11
表 3-3	我國核能電廠八十九年異常事件中一級以上事件摘要	11
表 3-4	我國核能電廠八十九年大修時程	19
表 3-5	我國核能電廠八十九年異常事件機組狀態統計	19
表 3-6	我國核能電廠八十九年異常事件發生原因統計	20
表 3-7	核能一廠八十九年異常事件系統類別分析表	22
表 3-8	核能二廠八十九年異常事件系統類別分析表	22
表 3-9	核能三廠八十九年異常事件系統類別分析表	23
表 3-10	八十九年設備故障導致之異常事件系統類別分析表（同一系統發生二件以上）	23
表 3-11	八十九年設備故障導致之異常事件組件類別分析表（同一組件發生三件以上）	24
表 4-1	造成特殊安全設施動作之系統	26
表 4-2	機組非計畫性急停、停機、解聯或降載異常事件之相關系統	26
表 4-3	我國核能電廠八十九年異常事件機組狀態與事件原因關係	27
表 4-4	穩定功率運轉狀態下異常事件原因統計	28
表 4-5	年度大修狀態下異常事件原因統計	28
表 4-6	近六年核能電廠人為失誤與設備故障件數統計	29
表 4-7	穩定功率運轉狀態下異常事件相關系統	30
表 4-8	年度大修狀態下異常事件相關系統	31
表 4-9	八十九年核能一廠機組解聯事件摘要表	35
表 4-10	八十九年核能二廠機組解聯事件摘要表	36
表 4-11	八十九年核能三廠機組解聯事件摘要表	37

壹、緣起與目的

目前全世界各核能工業國家都設有核能管制機構負責監督與管制核子設施的安全，其目的在於保護民眾健康安全與維護環境品質。核能安全管制機構依據核能安全法規，對核子設施從設計、施工到運轉，作深入而嚴密的審查及監督，以期達到萬無一失的安全目標。在美國，此核能管制機構為美國核能管制委員會（簡稱核管會），在我國，即為行政院原子能委員會（簡稱原能會）。

1979年美國三哩島核能電廠發生意外事故後，美國核管會針對其事故後之檢討，特於其轄內增設運轉數據分析與評估署（Analysis & Evaluation of Operational Data，簡稱AEOD），負責核能電廠運轉資料的收集、分析、審查與評估工作，此外並將其分析評估之結果回饋給核管會其他相關管制單位、電力公司業主及核能工業界等，期使核能電廠能更安全與可靠的運轉。有鑑於此，原能會於組織條例經立法院審議通過後，於民國八十二年二月增設核能技術處，開始致力於上述工作。

由於核能電廠異常事件的涵蓋範圍很廣，而且事件的性質及輕重程度也各有不同，加上近年來民眾對核能發電的安全日趨關切，為使國內民眾清楚了解各異常事件的類別及輕重程度，並使核能工業界、傳播媒體和民眾易於溝通，原能會自八十一年十月開始採用國際原子能總署(IAEA)和經濟合作開發組織核能署(OECD/NEA)共同制定的「國際核能事件分級制度(INES)」，對核能電廠所發生的異常事件加以分級，並定期公佈於原能會全球資訊網之網站當中，讓社會大眾能清楚瞭解核能電廠異常事件的輕重情形，以澄清民眾對核能發電安全的疑慮。

本報告之內容除包括核能一、二、三廠異常事件的摘要說明及分級統計外，亦針對每一異常事件所涉及之系統及組件、事件原因、發生時間、機組狀態及通報依據等項目，加以分析統計，期能發現電廠較易發生問題的系統組件及時機，並將分析之結果提出建議改善事項回饋至原能會核能管制處（核能安全管制單位）及台灣電力公司（核能發電運轉單位），以使現行的「異常事件三十天書面報告」制度更能發揮其功效，並避免電廠因相同失誤而發生異常事件，增進電廠運轉之安全性與可靠性。

貳、異常事件之定義

異常事件範圍涉及層面甚廣，舉凡人為、內在或外在因素造成人員損傷或設備故障等有可能影響電廠正常與安全管理運作者皆屬之，其詳細定義以條例方式列於核能電廠運轉規範第16.6.9.2節“異常事件報告”中，並依據事件重要性分為「二小時立即通報」及「三十天書面報告」兩類，前者列有12項通報情況，後者亦列有12項通報情況（大致與前者之通報情況相同），各項通報情況之定義與運轉規範其他章節一樣，必須經由營運核能電廠之電力公司提出修改申請案，送本會審查通過後方得變更。原先運轉規範對「三十天書面報告」的規定為，只要屬於「二小時立即通報」之情況，就要提報書面報告，然觀其內容，有部份通報主要是讓主管機關及早知曉罷了（如通報規定第10項部份內容），其實際狀況對機組之安全運轉並無影響。因此秉於「管制於當管制」的原則，上述電話通報之情況似不用再另提「三十天書面報告」，因此，在考量節省人力與物力下，本會於八十五年九月三日完成「核能電廠異常事件立即通報規範」第六版之修訂，將原有「二小時立即通報」規定中第十項「與人員健康安全、環境保護及民眾有關之事件」中之第三小項（工安事故造成人員傷亡或須送至廠外就醫者）、第五小項（廠區或鄰近地區發生巨響、煙霧、天然災害或意外事故而可能造成民眾疑慮者）與第七小項（電廠人員與民眾發生爭執或民眾舉行遊行示威者）刪除於「三十天書面報告」之列。台灣電力公司隨之據此提出核一、二、三廠運轉規範第16.6.9.2節之修改申請，並於八十五年十二月核准正式生效。茲摘錄修訂後之運轉規範第16.6.9.2節異常事件定義如下：

一、二小時立即通報之異常事件

核能電廠發生下述事件後，台灣電力公司應立即通報本會，通報時間至遲不得超過二小時：

1. 違反核能電廠運轉規範之安全限值。
2. 因運轉規範運轉限制條件之規定，而須使機組開始降載或停機。
3. 機組運轉時發生下列情況之一而可能影響機組安全者：

(1) 安全分析報告中未曾分析之狀況。

- (2) 超出電廠設計基準之狀況。
- (3) 運轉與緊急操作程序書未涵蓋之狀況。
- 4. 任何天然災害或其他因素，對電廠運轉安全構成實質威脅或嚴重阻礙電廠人員執行安全運轉者（例如火災、颱風、洪水、海嘯、地震、暴徒攻擊、毒氣洩漏、放射性物質外洩等）。
- 5. 非屬事先計畫之特殊安全設施動作或反應器保護系統動作。
- 6. 喪失緊急事故評估能力、廠區應變能力或對外通訊能力時。
- 7. 可能使具有下列功能之結構或系統，完全喪失其功能之任何事件或狀況：
 - (1) 使反應器停機並維持在安全停機狀態。
 - (2) 移除反應器餘熱。
 - (3) 控制輻射物質外洩。
 - (4) 減輕事故後果。
- 8. (1) 放射性氣體外釋而造成廠區內監測區或非限制區空氣中之放射性空浮濃度超過核能電廠空浮管制辦法中廠區內該區之警戒值時。
(2) 放射性液體外釋之核種濃度超過游離輻射防護安全標準第四表第8行之水中參考濃度限值及單次累積排放總活度（不含氫及溶解之惰性氣體）超過 3.7×10^9 貝克（0.1居里）或每季累積之排放總活度（不含氫及溶解之惰性氣體）超過 9.25×10^{10} 貝克（2.5居里）之限值。
- 9. 須將輻射污染人員送至廠外就醫之任何事件。
- 10. 與人員健康安全、環境保護及民眾有關之事件，例如：
 - (1) 機組非計畫性急停、停機或解聯者。
 - (2) 因設備故障導致機組降載達額定功率百分之二十以上且持續四小時者。
 - (3) 廠內工安事故造成人員傷亡或須送至廠外就醫者。
 - (4) 任何工作人員接受之總劑量超過游離輻射防護安全標準所定之劑量限度者。

- (5) 廠區或鄰近地區發生巨響、煙霧、天然災害或意外事故而可能造成民眾疑慮者。
 - (6) 暴力攻擊等保安事件。
 - (7) 電廠人員與民眾發生爭執或民眾舉行示威遊行。
 - (8) 放射性污染物違反規定移出廠外者。
 - (9) 放射性待處理物料、核燃料或反應器內部組件在廠區內吊運過程中發生意外事故者。
11. 核子燃料、輻射源或放射性待處理物料遺失、遭竊或受破壞。
12. 發生管路水錘現象造成設備損壞或影響系統之功能者。

二、三十天書面報告之異常事件

台電公司應於下述異常事件發生後一個月內，向本會提出書面報告，說明事件經過、發生原因、發生前狀況、放射性物質是否外洩、人員曝露傷害及可能影響，並須提報預防改正措施。

共12項，除了第10項與前述「二小時立即通報」異常事件略有不同外，其餘完全相同。第10項之內容如下：

與人員健康安全、環境保護及民眾有關之事件，例如：

- (1) 機組非計畫性急停、停機或解聯者。
- (2) 因設備故障導致機組降載達額定功率百分之二十以上且持續四小時者。
- (3) 任何工作人員接受之總劑量超過游離輻射防護安全標準所定之劑量限度者。
- (4) 暴力攻擊等保安事件。
- (5) 放射性污染物違反規定移出廠外者。
- (6) 放射性待處理物料、核燃料或反應器內部組件在廠區內吊運過程中發生意外事故者。

參、統計結果與分析

八十九年各核能電廠依運轉規範16.6.9.2.2節向本會提出之異常事件書面報告共計28件，這些事件經過收集與整理後，依事件特性加以研判，然後分類編碼，將原來書面報告的文字型式資料轉換成便於統計分析之代碼數字，然後輸入電腦成為一異常事件資料庫再進行各類統計與分析。資料庫依核一、二、三廠分別列於附件三、四、五。資料庫內各欄資料說明如下：

報告編號：第一碼為廠別，1代表核一廠，餘類推，第二碼為機組別，1與2分別代表1號機與2號機，0則表示不分機組的廠內共同事件，第三至第五碼則為流水號，例11-003即代表核一廠一號機於當年度發生之第三號異常事件；

事件日期／時間：事件發生日期（月/日）與時間（時/分）；

事件摘要：事件發生過程的簡單描述，包括事件發生前機組狀態，發生過程，原因與處理經過；

事件分級：依「國際核能事件分級制度(INES)」的判斷準則判定事件的等級，該分級制度將核能事件分成1至7個不同等級，較低的1至3級總稱為異常事件（Incident），較高的4至7級則稱為核子事故（Accident），若干事件如無安全的顧慮則將之歸類成0級（或稱未達級數）；

系統：與事件相關之最主要系統或一連串事件中最早出問題的系統，系統分類方式是依據美國核能電廠運轉經驗資訊系統NPEars(Nuclear Power Experience Automated Retrieval System)的系統分類編碼；

組件：導致異常事件發生之故障組件，其編碼也是依據NPEars分類方式，若異常事件的發生與組件無關，則以NA表示；

發生原因：事件的發生原因大致歸為人為失誤、設備故障、設計缺失、作業程序缺失及其他等五類；

機組狀態：事件發生前的機組狀態，機組狀態依其功率大小與變化分為起動、升降載、穩定功率運轉、停機檢修和年度大修等五類；

通報依據：數值代表異常事件依據運轉規範第16.6.9.2.2節中第幾項之規定而通報。

異常事件經上述分類編碼後，輸入電腦建立資料庫，便可進行各項統計分析，以下各節即分別敘述其結果。

一、廠別與機組別

八十九年異常事件經廠別與機組別之統計後，結果如圖3-1，由圖中可知八十九年中核一廠發生4件異常事件；核二廠18件；核三廠6件；三座核電廠合計28件。以機組比較，核二廠一號機發生11件較多，核一廠一號機1件最少；無法區分為一或二號機組，而歸類為廠內共同事件者，核一、二、三廠均為0件。與八十八年（62件）比較（圖3-2），八十九年異常事件減少34件。另外統計近六年來件數發現，核一廠自八十四年的33件，逐年降低至八十六年的11件，八十七年則略微上升到14件，八十八年又上升到23件，八十九年創下歷史新低記錄，僅有4件；核二廠從八十四年起持續逐年降低，八十四年至八十六年件數分別為34、31、26件，惟八十七年又增至40件，八十八年降至22件，八十九年再接再厲，只有18件再度打破八十八年所創之最低紀錄，顯示核二廠在降低異常事件件數的努力上已有初步成果；核三廠在過去六年中，除了八十五年外，件數始終維持在每年15件上下，八十六年曾大幅降低到只有9件，八十九年則又創下歷史新低記錄，僅有6件，表現良好。

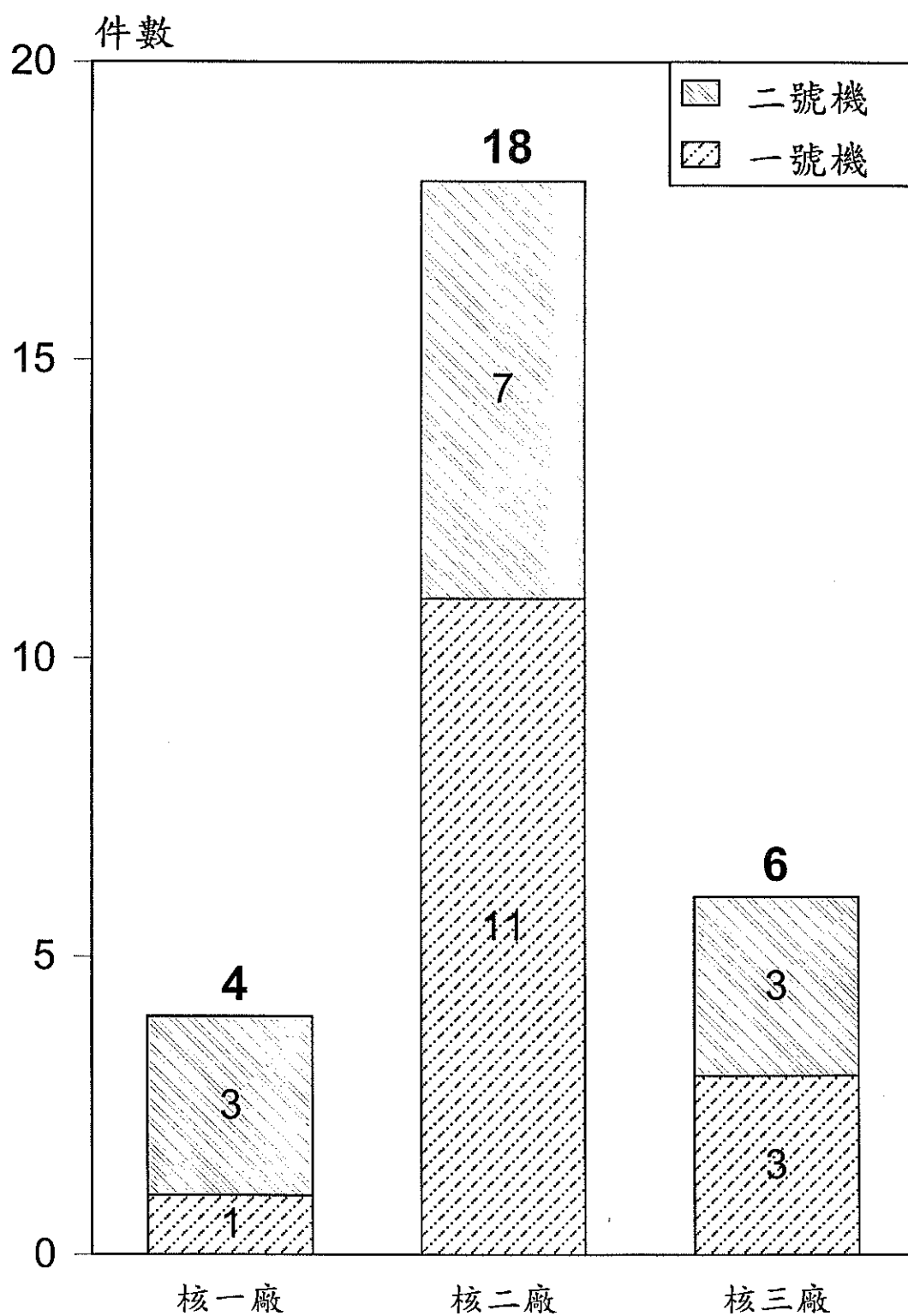


圖3-1 我國核能電廠八十九年異常事件統計

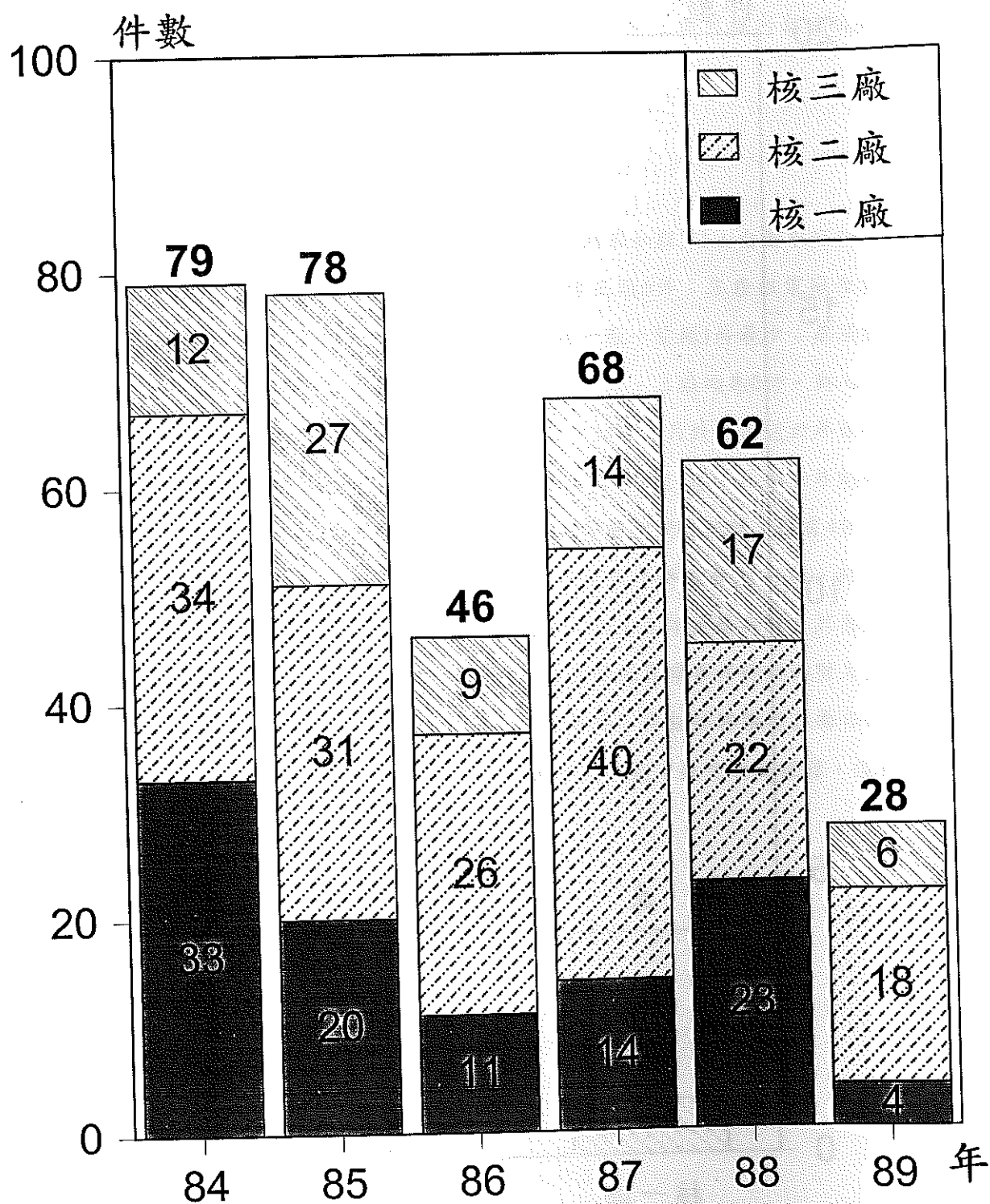


圖3-2 我國核能電廠近六年異常事件統計

二、事件通報依據

異常事件之通報是依據核能電廠運轉規範第16.6.9.2.2節異常事件書面報告之規定辦理，該節條列出12項必須於事件發生後三十天內向本會提出書面報告之情況，各情況內容詳見本報告第二章異常事件之定義。將八十九年核一、二、三廠之異常事件依據其引用之通報項次加以分類統計後，得到表3-1之結果。由表中可見，全部12項通報依據中被引用的只有5、6、7和10等四項，各項件數分別為15、1、1與11件，其中第5項「非屬事先計畫之特殊安全設施動作或反應器保護系統動作」15件與第10項「與人員健康安全、環境保護及民眾有關之事件」11件，是各項通報件數中較多者，二者合計26件佔92.8%。第6項「喪失緊急事故評估能力、廠區應變能力或對外通訊能力時」與第7項「部份安全系統不可用」各1件。

表 3-1 我國核能電廠八十九年異常事件通報依據統計

運轉規範16.6.9.2.2.X	廠別			總計	
	核一廠	核二廠	核三廠	件數	百分比%
5	1	9	5	15	53.5
6	0	1	0	1	3.6
7	1	0	0	1	3.6
10-1	0	7	1	8	28.6
10-2	2	1	0	3	10.7
總計	4	18	6	28	100.0

三、事件分級

核能電廠異常事件涵蓋的範圍很廣，而且事件的性質及輕重程度各有不同，為使國內媒體與民眾清楚了解各異常事件的輕重程度，並可與世界其他各國發生之核能事件相對照，本會特別參照及使用國際原子能總署（IAEA）和經濟合作開發組織核能署（OECD/NEA）訂定之國際核能事件分級制度（INES）（制度說明如圖3-3及圖3-4），針對核能電廠所發生的異常事件予以分級，期能對民眾與媒體建立共識，使核能異常事件能以簡單易懂的方式表示它們的意義及相對的重要性，增進民眾對核能發電的瞭解，以降低其對核能安全之疑慮。

國際核能事件分級制度將核能事件分成1至7個不同等級，較低的1至3級總稱為異常事件（Incidents），較高的4至7級則稱為核子事故（Accidents），若干事件如無安全的顧慮則將之歸類成0級（或稱未達級數）。此分級制度的基本架構如圖3-3所示，係以簡單的矩陣形式加上重要關鍵描述以指示事件的重要性，三種不同的分級準則（Criteria）被使用來劃分事件的等級。在這三種分級準則中僅有第一項「廠外衝擊」會對民眾有直接的影響，在這一準則中最低一級（3級）表示有放射性物質外釋至廠界以外；最高的等級為第7級，表示發生最嚴重意外事故，放射性物質大量外釋，對民眾的健康及環境有嚴重的影響。第二項準則為「廠內衝擊」，級數由第2級（工作人員超曝露或嚴重污染）至第5級（爐心熔毀）。第三項準則為「深度防禦」，以安全系統衰減程度來分別其級數，分成1至3級。

我國八十九年各核能電廠異常事件經由上述原則分級後，結果如表3-2，全部28件異常事件均係由上述第三項分級準則判定其級別，其中27件(96.4%)是屬於無任何安全顧慮的0級事件，僅有1件(3.6%)為異常警示之1級事件，其中核一廠0件，核二廠1件，核三廠0件，另外，1級事件之摘要及分級理由如表3-3。近四年異常事件之分級統計結果繪於圖3-5，其中各年之0級事件均佔95%以上，顯示核能電廠發生的異常事件雖多，但大多數均為小缺失或安全保護系統應需要而自動動作之事件，對民眾或環境並不會有影響。

表 3-2 我國核能電廠八十九年異常事件分級統計

事件級別	廠別			總計	
	核一廠	核二廠	核三廠	件數	百分比%
0級	4	17	6	27	96.4
1級	0	1	0	1	3.6
總計	4	18	6	28	100.0

表 3-3 我國核能電廠八十九年異常事件中一級以上事件摘要

報告編號 RER-89-	級別	日期	事件摘要	分級理由
21-003	1	3月16日	機組大修中，爐心上池正進行燃料挪移作業，控制室突然出現警報窗電源喪失的警報，然後控制室所有其他警報全部喪失，電廠即依程序書規定宣佈進入第二類A級緊急戒備事故，停止機組所有工作。經檢查發現電源喪失原因係斷路器跳脫所致。	依深度防禦準則，雖然各項安全系統均可用，但因對電廠造成安全上不完整，故判定為1級。

以上共計1件。

等 級	準則1	準則2	準則3
	廠外衝擊程度	廠內衝擊程度	安全防禦之衰減程度
7級 (最嚴重意外事故)	極大量放射性物質外釋 造成廣泛性環境之影響		
6級 (嚴重意外事故)	發生極顯著放射性物質 外釋:造成廣泛性環境之 影響		
5級 (廠外意外事故)	有限度之放射性物質外 釋:造成須部份施行區域 性緊急計畫	嚴重之核心或放射性屏 蔽毀損狀態	
4級 (廠區意外事故)	輕微放射性物質外釋: 造成民眾輻射暴露違規 定限值程度	局部性核心或放射性屏 蔽毀損之狀態,工作人員 有致命性暴露發生	
3級 (嚴重事件)	極小量之放射性物質外 釋:造成民眾輻射暴露 尚未達規定限值之程度	發生大量污染擴散及工 作人員有輻射急性效應 發生	接近發生事故狀態, 喪失安全防禦功能程度
2級 (偶發事件)		重要污染擴散及人員超 暴露狀況	發生潛在安全影響之事 件
1級 (異常警示)		無 安 全 顧 慮	發生功能上之偏差
0級 (未達級數)			

圖3-3 國際核能事件分級制度基本架構

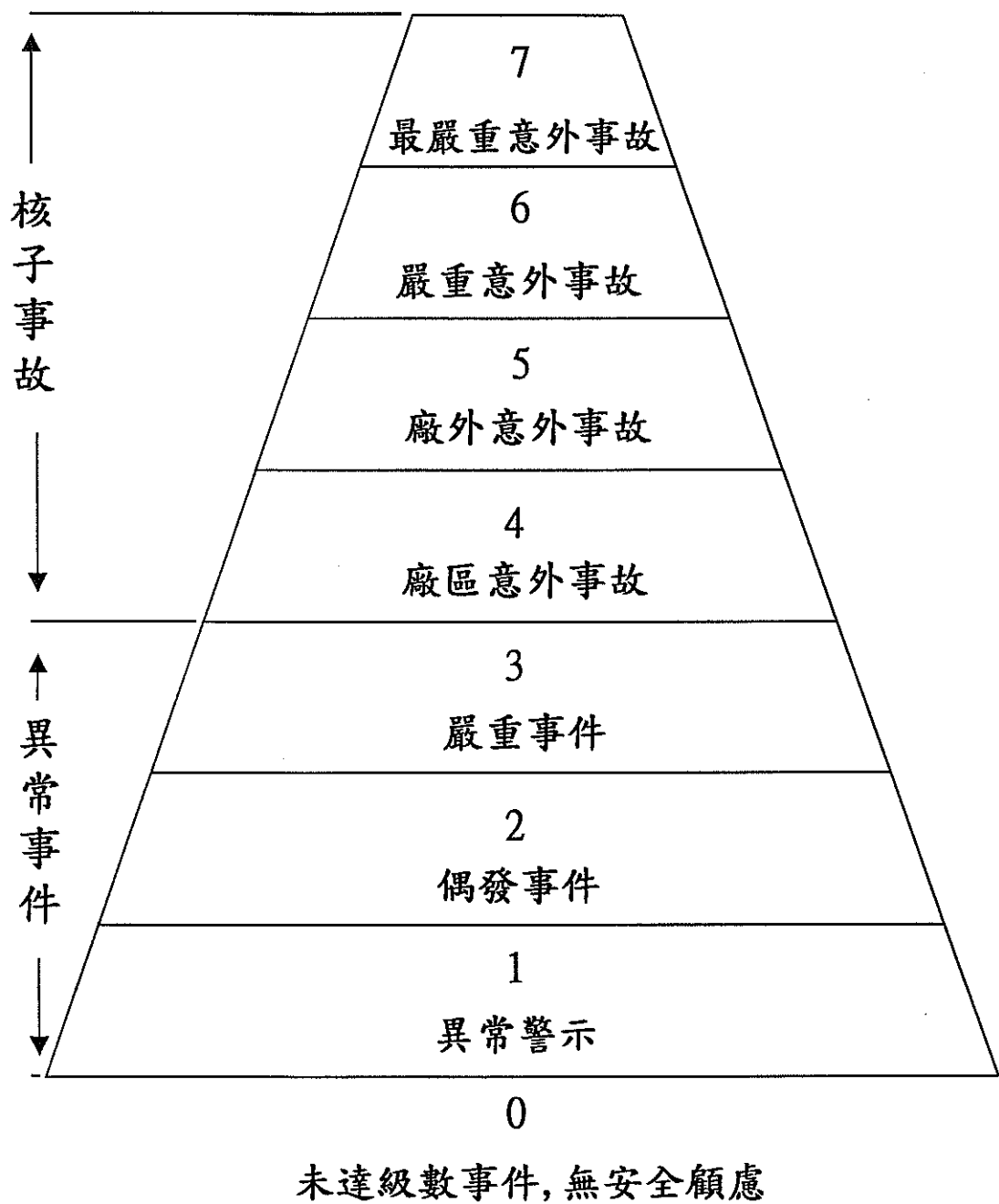
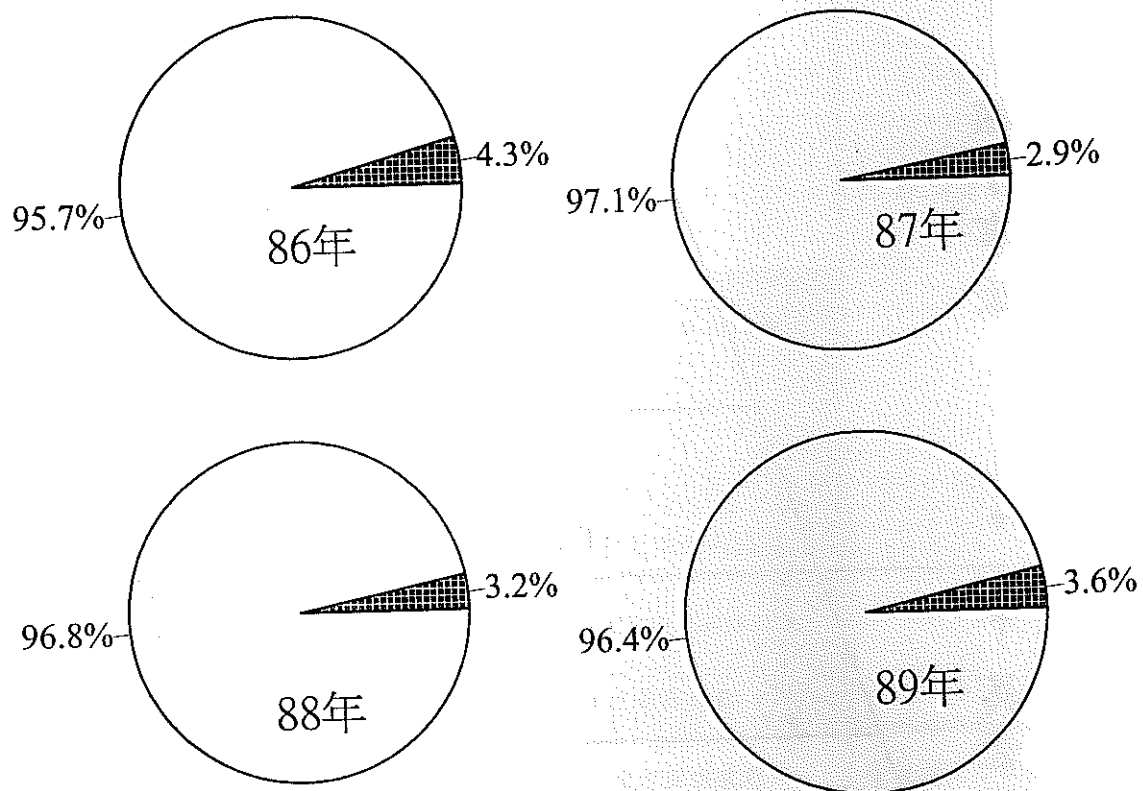


圖 3-4 國際核能事件分級制度圖解



級別	0 級	1 級	2 級以上	總計
86年	44	2	0	46
87年	66	3	0	68
88年	60	2	0	62
89年	27	1	0	28

圖3-5 我國核能電廠近四年
異常事件分級統計

四、事件發生時間

將八十九年三座核能電廠28件異常事件依各廠各月份件數統計如圖3-6，由圖中發現，以三座電廠整體而言異常事件的發生以三、十、十一月發生4件最多，其次十二月3件，四月則未發生，平均每月件數約為2.3件。就個別電廠而言，核一廠4件分別發生於二、六、十一、十二月；核二廠18件以三月發生4件最多，十一月3件，一、八、十、十二月各2件，二、六、九月各1件；核三廠6件則發生於五、十月各2件，七、九月各1件。

另將各廠異常事件發生時間依電廠輪班值別統計如圖3-7，發現除核二廠外，均以二值時段（上午八時至下午四時）比例最高，應與這段時間是一天中工作活動最頻繁的時段，各項測試、維修與檢驗等工作均在此時段中執行有關。

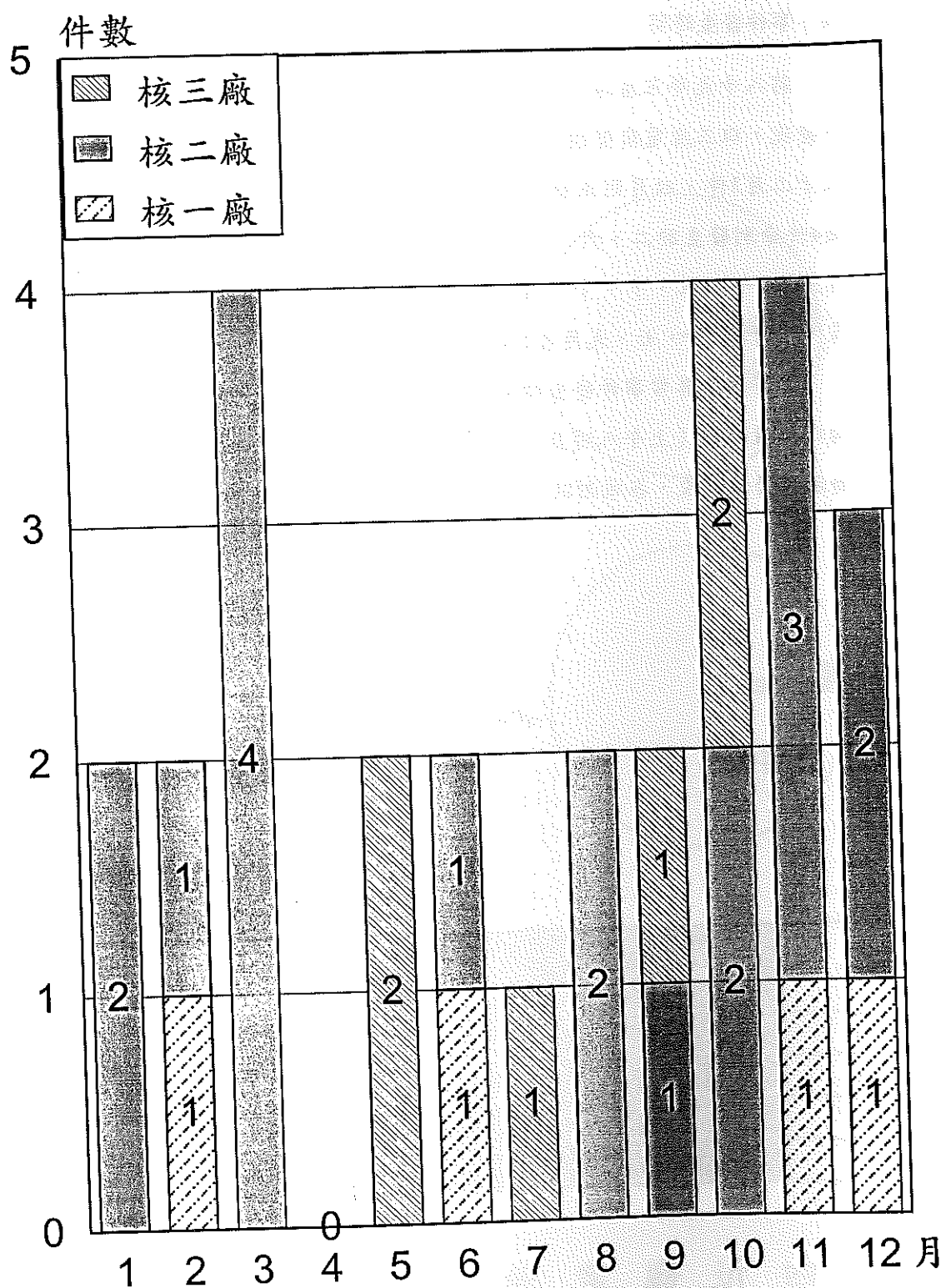


圖3-6 我國核能電廠八十九年每月異常事件統計

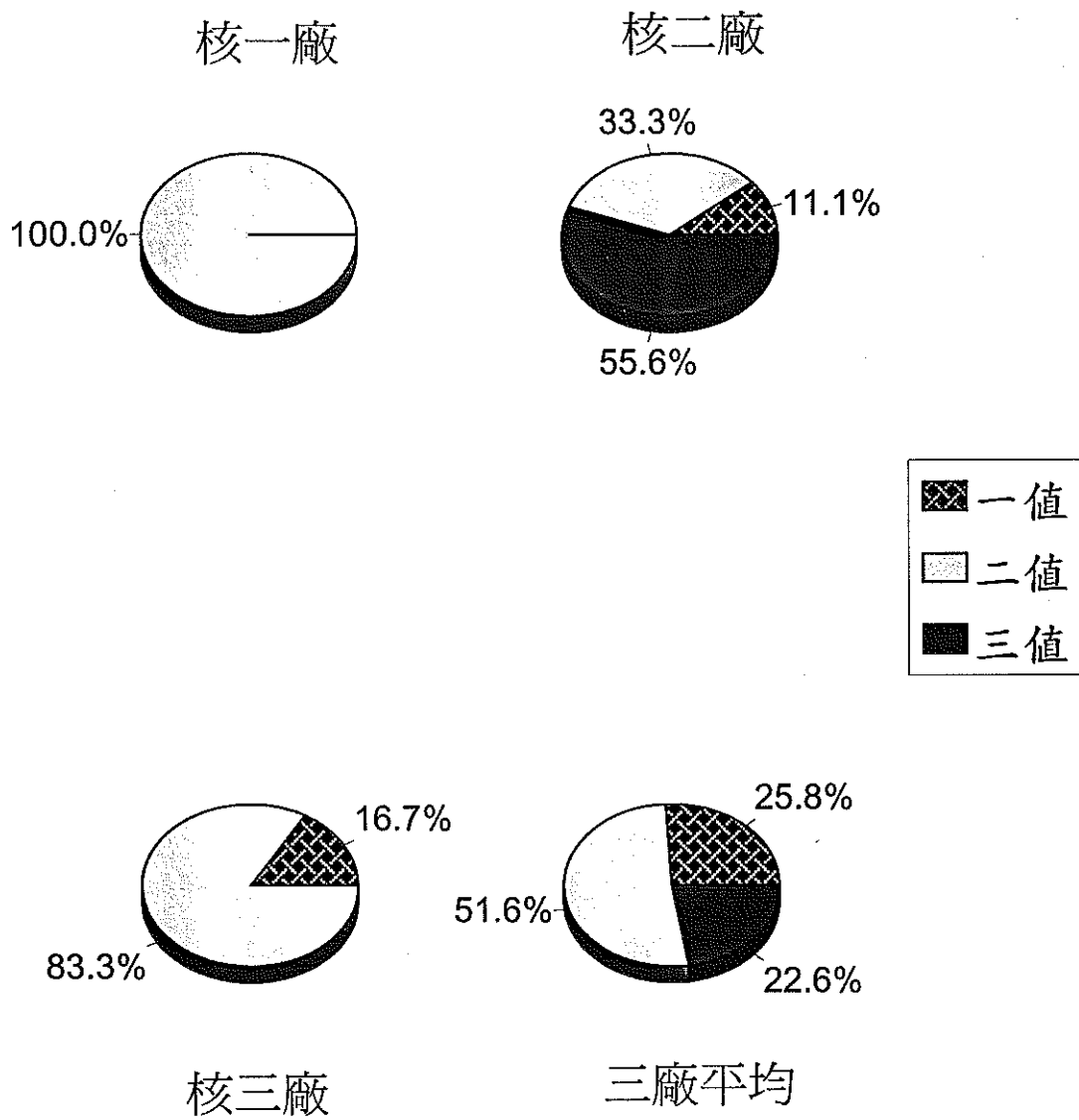


圖3-7 我國核能電廠八十九年異常事件發生值別統計

五、事件發生時機組狀態

機組通常在正常狀況下，運轉於滿載或某穩定功率下，遇有設備故障或年度大修等情況，就降低功率至停機，以進行檢修工作或填換燃料，完成後再重新起動，提升功率負載至滿載。因此，可將機組狀態分為起動、升降載、穩定功率運轉、停機檢修和年度大修等五類，若以時間長短來看，機組大部份時間處於穩定功率（常為滿載）運轉；其次為長約二個月的大修；十數天的停機檢修；數天的升降載以及數十小時的起動。

表3-4為八十九年各核能機組年度大修的開始／結束時間與大修日數統計，由表中可發現各機組大修時程均避開六、七、八月的炎夏時期，乃因我國台灣地區屬於亞熱帶氣候，夏季炎熱為用電尖峰期，核能機組相對於其他火力或水力機組，屬於裝置容量較大型機組，因此在目前國內備載容量偏低下，均將各核能機組大修時程避開夏季尖峰用電時期。

將八十九年三座核能電廠28件異常事件發生前之機組狀態依上述分類統計後，得到表3-5結果，發現以機組處於穩定功率運轉狀態時發生11件（39.3%）最多，相當符合實際運轉狀態；其次為機組年度大修時發生8件（28.6%），7件（25.0%）發生在機組升降載中，起動期間發生2件（7.1%）；在一整年機組運轉狀態中僅須數天的機組升降載狀態卻發生7件異常事件，佔所有件數的25%，值得進一步瞭解，其中核一、二、三廠分別為0、6、1件，核二廠件數較多的原因為象神颱風來襲，機組依規定降載過程中，就引發4件異常事件所致。機組年度大修時發生異常事件件數比例，八十三年至八十五年維持在二成以上（八十三年20.2%、八十四年21.5%、八十五年20.5%），八十六年下降至13.0%（6件），八十七至八十九年又回升至二成左右（八十七年22.1%、八十八年25.8%、八十九年28.6%）。

表 3-4 我國核能電廠八十九年大修時程

廠別機組	大修週期	大修開始時間	大修結束時間	大修總 日數	八十九 年所佔 日數
核一廠1號機	本年內無大修				
核一廠2號機	EOC-17	89年10月30日21時10分	89年12月19日06時27分	49.4	49.4
核二廠1號機	EOC-14	89年03月04日02時14分	89年04月18日04時47分	45.1	45.1
核二廠2號機	EOC-13	88年11月19日01時02分	89年01月04日17時30分	46.7	3.7
核三廠1號機	EOC-12	89年04月05日02時40分	89年05月26日23時17分	51.9	51.9
核三廠2號機	EOC-12	89年09月01日06時37分	89年10月24日00時19分	52.7	52.7

大修開始:從機組降載,發電機解聯不再發電那刻算起。

大修結束:計算至機組重新起動,發電機首次併聯發電那刻為止。

表 3-5 我國核能電廠八十九年異常事件機組狀態統計

機組狀態	廠別			總計	
	核一廠	核二廠	核三廠	件數	百分比%
起動	0	1	1	2	7.1
升、降載	0	6	1	7	25.0
穩定功率運轉	3	8	0	11	39.3
停機檢修	0	0	0	0	0.0
年度大修	1	3	4	8	28.6
總計	4	18	6	28	100.0

六、事件原因

異常事件發生的原因在本報告中我們將之分為人為失誤（包括訓練缺失、精神不集中、聯絡上的缺失等）、設備故障（包括維護缺失、過早的損壞/故障等）、設計缺失（包括設計缺失、裝置/製造缺失等）、作業程序缺失（包括程序書不完整或內容不正確等）及其他（如颱風、系統電震、外電故障、原因不明等）等5類。

分析28件異常事件之發生原因如表3-6，各廠仍以設備故障比例最高，佔60.7%(17件)，人為失誤佔25.0%(7件)，發生原因歸類為「其他」計有4件，佔14.3%，分別為象神颱風來襲，湧入大量海草及垃圾2件，以及外電暫態2件。

表 3-6 我國核能電廠八十九年異常事件發生原因統計

發生原因	廠別			合 計	
	核一廠	核二廠	核三廠	件數	百分比%
人為失誤	2	4	1	7	25.0
設備故障	2	12	3	17	60.7
設計裝置不良	0	0	0	0	0.0
作業程序缺失	0	0	0	0	0.0
其他	0	2	2	4	14.3
合 計	4	18	6	28	100.0

七、事件相關之系統與組件

一件異常事件有時牽涉的相關系統不只一個，本報告進行事件之相關系統分析時，不論其牽涉之系統類別多寡，只選取一個與事件之發生原因最直接相關的系統當作事件相關系統。如果異常事件只涉及一個系統，就取其為事件相關系統，例如RER-89-11-001機組降載檢修再循環泵馬達發電機組，再循環水系統即為事件之相關系統。另外，如果異常事件涉及之系統不只一個，則事件相關系統的選取可以採用下列原則：

- (1) 如事件原因是人為操作失誤或作業程序缺失所引起，則取因該失誤行為或程序缺失導致不正常動作之設備所屬系統。
- (2) 如事件原因是某設備設計不良或設備故障，導致另一設備動作而通報，則仍取最先故障設備所屬之系統。

八十九年各核能電廠異常事件之相關系統經由上述原則決定後，再依美國核能電廠運轉經驗資訊系統NPEars (Nuclear Power Experience Automated Retrieval System)對核能電廠系統之分類方式(附件一)加以編碼後輸入電腦，進行統計分析。依據NPEars對核能電廠系統之分類規則，介於主汽機高壓與低壓段之間的汽水分離再熱器(MSR)不屬主汽機系統(代碼36)而為主蒸汽系統(代碼34)，另外主汽機之電子液壓控制系統(EHC)亦不屬主汽機系統(代碼36)而為代碼58的反應器保護系統。

核一、二、三廠之異常事件依其相關系統統計結果分別如表3-7、3-8與3-9。統計結果顯示，核一廠的4件異常事件分別發生於反應器冷卻水系統、高低壓安全注水系統、飼水／冷凝水／抽汽系統以及反應器保護系統；核二廠的18件異常事件中，分佈於飼水／冷凝水／抽汽系統3件，非安全相關電力系統、爐水淨化系統、循環水系統、氣渦輪機系統等4系統各2件，其餘7件各自分屬不同的系統；核三廠的6件異常事件中，發生於緊急通風系統與非安全相關電力系統各2件，高低壓安全注水系統與主發電機系統各1件。綜合以上各廠異常事件所屬系統分析發現，各廠異常事件相關系統的分佈相當零散，28件異常事件中，以非安全相關電力系統與飼水／冷凝水／抽汽系統各4件最多。

表 3-7 核能一廠八十九年異常事件系統類別分析表

系 統 名 稱	件 數	百分比%
反應器冷卻水系統	1	25.0
高低壓安全注水系統	1	25.0
飼水／冷凝水／抽汽系統	1	25.0
反應器保護系統	1	25.0
合 計	4	100.0

表 3-8 核能二廠八十九年異常事件系統類別分析表

系 統 名 稱	件 數	百分比%
飼水／冷凝水／抽汽系統	3	16.7
非安全相關電力系統	2	11.1
爐水淨化系統	2	11.1
氣渦輪機系統	2	11.1
循環水系統	2	11.1
主汽機系統	1	5.6
反應器冷卻水系統	1	5.6
主蒸汽系統	1	5.6
備用氣體處理系統	1	5.6
高低壓安全注水系統	1	5.6
反應器保護系統	1	5.6
安全相關電力系統	1	5.6
合 計	18	100.0

表 3-9 核能三廠八十九年異常事件系統類別分析表

系 統 名 稱	件 數	百分比%
緊急通風系統	2	33.3
非安全相關電力系統	2	33.3
高低壓安全注水系統	1	16.7
主發電機系統	1	16.7
合 計	6	100.0

由於異常事件中屬設備故障者方表示其系統有問題，故再將各廠因設備故障導致之異常事件（共計17件）依其涉及之系統加以分析，各廠設備故障造成之事件相關系統的分佈相當零散，其中2件以上的有核二廠的飼水／冷凝水／抽汽系統、爐水淨化系統、氣渦輪機系統、非安全相關電力系統以及核三廠的緊急通風系統，如表3-10。

表 3-10 八十九年設備故障導致之異常事件系統類別分析表

（同一系統發生二件以上）

設 備 故 障 之 系 統 名 稱	件 數		
	核一廠	核二廠	核三廠
飼水／冷凝水／抽汽系統	1	3	0
爐水淨化系統	0	2	0
氣渦輪機系統	0	2	0
非安全相關電力系統	0	2	0
緊急通風系統	0	0	2

異常事件牽涉之設備除了上述之系統分類外，還可進一步依其牽涉之主要組件加以分類，同樣的，組件之分類代號也是依循NPEars的分類規則（詳如附件二）將核能電廠之主要組件分成編號00至99等80個組件，再粗分成閥、泵、管路、儀器及控制組件與電氣組件等五大類，若某事件與組件無關則以NA表示。各

事件的相關組件為事件相關系統中不正常動作或與事件之發生最直接相關之組件，例如RER-89-11-001機組降載檢修再循環泵馬達發電機組，馬達發電機組則為此事件之相關組件；如果事件原因是人為失誤，其操作之設備組件動作正常且未損壞，則該事件判斷與組件無關，即以NA表示，例如RER-89-12-002機組大修中，執行控制棒阻棒系統邏輯測試，因工作人員失誤造成反應器保護系統動作，本事件即與組件無關。

核一、二、三廠因設備故障導致的異常事件（共計17件）依組件類別加以分析，發現核二廠12件中有5件電氣組件，3件屬於閥類組件，儀器及控制組件與管類組件各有2件，如表3-11。

表 3-11 八十九年設備故障導致之異常事件組件類別分析表
(同一組件發生二件以上)

設 備 故 障 之 組 件 名 稱	件 數		
	核一廠	核二廠	核三廠
電氣組件	1	5	1
閥類組件	0	3	0
儀器及控制組件	0	2	2
管類組件	0	2	0

肆、討論與發現

八十九年異常事件經由前章各項分類統計後，發現各廠在總件數、通報依據、事件分級、發生時間、機組狀態、事件原因與系統組件方面，均呈現若干或許較集中於某項分類上，或許件數較往年進步或退步等特性，分別提出並加以討論如下，以便進一步瞭解電廠目前運轉常態下的缺點，並提出改善建議。

一、各廠件數與去年的比較

核一廠八十九年4件較八十八年23件減少幅度達83%；核二廠八十九年18件較八十八年22件也減少約18%，核三廠則由八十八年17件減少為八十九年6件，減少幅度達65%。八十九年三個電廠的異常事件總數較八十八年減少幅度亦達55%，三個廠的表現都是歷年來最好的（參見圖3-2）。

二、異常事件之通報依據與相關系統

八十九年異常事件由通報依據加以統計分類後，發現約93%（26件／28件）事件集中於第五項與第十項規定的通報情況（表3-1結果），如能針對這二類事件的特性與原因深入了解，提出改善對策，對降低異常事件的發生，必能收事半功倍之效。

第5項通報事件有15件，其內容為「非屬事先計畫之特殊安全設施動作或反應器保護系統動作」。特殊安全設施（Engineered Safety Features）乃是核能電廠基於安全上考量，較其他形式電廠所增加之保護系統，各核能電廠此類系統相當繁多，這些特殊安全設施通常是因應某些運轉中系統不正常的警告信號而動作，以增加核能安全的保護，所以並不一定表示其設施本身有問題。進一步分析各廠依據第5項通報內容通報之異常事件相關系統後，發現以非安全相關電力系統發生4件較多，分別為核二廠、核三廠各2件（表4-1）。第5項通報15件異常事件中，有7件發生在機組大修期間，其中4件屬人為疏失，佔八十九年7件人為失誤之異常事件，將近半數。

表 4-1 造成特殊安全設施動作之系統

系統名稱	核一廠	核二廠	核三廠	總計	
				件 數	百分比%
非安全相關電力系統	0	2	2	4	26.7
爐水淨化系統	0	2	0	2	13.3
緊急通風系統	0	0	2	2	13.3
氣渦輪機系統	0	2	0	2	13.3
高低壓安全注水系統	0	1	1	2	13.3
反應器保護系統	1	1	0	2	13.3
備用氣體處理系統	0	1	0	1	6.7
合 計	1	9	5	15	99.9

第10項「與人員健康安全、環境保護及民眾有關之事件」通報內容共含有6小項通報情況，其中以第1小項「機組非計畫性急停、停機或解聯者」8件與第2小項「因設備故障導致機組降載20%以上且持續4小時者」3件二者合計11件最多，此類事件使機組無法持續滿載運轉，直接造成發電損失，進一步統計此類事件涉及系統如表4-2，發現其系統分佈分屬6個系統，其中以飼水／冷凝水／抽汽系統4件最多，反應器冷卻水系統及循環水系統各2件次之。

表 4-2 機組非計畫性急停、停機、解聯或降載異常事件之相關系統

系統名稱	核一廠	核二廠	核三廠	總計	
				件 數	百分比%
飼水／冷凝水／抽汽系統	1	3	0	4	36.4
反應器冷卻水系統	1	1	0	2	18.2
循環水系統	0	2	0	2	18.2
主蒸汽系統	0	1	0	1	9.1
主汽機系統	0	1	0	1	9.1
主發電機系統系統	0	0	1	1	9.1
合 計	2	8	1	11	100.0

三、異常事件之機組狀態與原因類別關係

機組的運轉狀態依其功率大小與變化分為起動、升降載、穩定功率運轉、停機檢修和年度大修等五種。異常事件的發生原因與機組狀態是否有關連，藉由二者之間的交叉分析結果（表4-3）可看出，在事件發生件數最多（11件）的穩定功率運轉狀態下，82%的事件（9件／11件）原因為設備故障，18%的事件（2件／11件）原因屬人為失誤。而件數次多（8件）的年度大修狀態，人為失誤比率高於設備故障，分別為50.0%（4件／8件）、25%（2件／8件）。升降載狀態的設備故障比率則佔57%（4件／7件）；總計28件異常事件的發生原因，半數以上為設備故障。由表4-3亦可看出，人為失誤的比例較設備故障為低。

表 4-3 我國核能電廠八十九年異常事件機組狀態與事件原因關係

機組狀態	事件原因					總計
	人為失誤	設備故障	設計不良	作業程序 缺失	其他	
起動	0	2	0	0	0	2
升、降載	1	4	0	0	2	7
穩定功率運轉	2	9	0	0	0	11
停機檢修	0	0	0	0	0	0
年度大修	4	2	0	0	2	8
總計	7	17	0	0	4	28

進一步分析各電廠在穩定功率運轉狀態下與年度大修狀態下異常事件的發生原因（結果分別如表4-4與4-5），發現核一、二、三廠在穩定功率運轉狀態下，人為失誤次數分別為1件、1件、0件，與八十八年相較，核二廠、核三廠都減少1件，核一廠仍有1件。而在年度大修狀態下，八十八年有16件，其中5件人為失誤，8件設備故障；八十九年則降低為8件，其中4件人為失誤，2件設備故障；各廠表現方面，年度大修8件異常事件之中，核一廠1件，核二廠3件，核三廠4件。

表 4-4 穩定功率運轉狀態下異常事件原因統計

原 因	廠 別			總 計
	核一廠	核二廠	核三廠	
人為失誤	1	1	0	2
設備故障	2	7	0	9
設計不良	0	0	0	0
作業程序缺失	0	0	0	0
其他	0	0	0	0
總 計	3	8	0	11

表 4-5 年度大修狀態下異常事件原因統計

原 因	廠 別			總 計
	核一廠	核二廠	核三廠	
人為失誤	1	2	1	4
設備故障	0	1	1	2
設計不良	0	0	0	0
作業程序缺失	0	0	0	0
其他	0	0	2	0
總 計	1	3	4	8

四、事件原因中人為失誤與設備故障比例

異常事件中最主要的二項原因是人為失誤與設備故障，由表4-6，近六年各廠人為失誤與設備故障件數統計結果發現，設備故障件數自八十四年37件，降至八十五年與八十六年22件，八十七、八十八年又回升至30、31件，八十九年表現良好，僅有17件。而人為失誤件數八十四年至八十五年維持每年二十餘件，八十六年降至13件，但僅僅維持一年，八十七年又回升至21件，八十八年降至11件，八十九年則創新低紀錄7件。以趨勢而言，人為失誤的件數係在逐漸遞減。歷年異常事件中，除了八十五年人為失誤的件數高出設備故障3件外，八十四至八十九年均為設備故障造成的異常事件件數高於人為失誤。核一廠八十五至八十七年連續三年維持人為失誤每年三件，設備故障6~8件，八十八、八十九年人為失誤更減少為2件，設備故障的件數則分別為13件、2件。核二廠人為失誤的件數由八十六年的5件大幅上升至八十七年的13件，八十八年回穩為5件，八十九年更減少為4件，設備故障的件數則維持在11至12件。核三廠八十九年人為失誤件數與設備故障的件數均較前一年減少3件。綜合言之，核一、二、三廠人為失誤件數已下降至每年每廠1~4件，顯見各個電廠在人為失誤件數減少的努力，值得肯定；設備的穩定性仍以核三廠較佳，核二廠略差。

表 4-6 近六年核能電廠人為失誤與設備故障件數統計

年別	廠別						三廠合計	
	核一廠		核二廠		核三廠			
	人為失誤	設備故障	人為失誤	設備故障	人為失誤	設備故障	人為失誤	設備故障
84	12	15	8	16	5	6	25	37
85	3	7	10	10	12	5	25	22
86	3	8	5	11	5	3	13	22
87	3	6	13	16	5	8	21	30
88	2	13	5	11	4	7	11	31
89	2	2	4	12	1	3	7	17

五、異常事件之機組狀態與相關系統

機組的運轉狀態依其功率大小與變化分為起動、升降載、穩定功率運轉、停機檢修和年度大修等五種。八十九年以運轉狀態進行異常事件分類，以穩定功率運轉及年度大修分居前二名（詳見表3-5）。若以時間長短來看，機組大部份時間處於穩定功率（常為滿載）運轉；其次為長約二個月的大修；十數天的停機檢修；數天的升降載以及數十小時的起動。進一步分析機組在不同運轉狀態下異常事件系統，發現在穩定功率運轉狀態下（表4-7），核一廠3件異常事件分屬於3個不同系統，核二廠8件異常事件以非安全相關電力系統及爐水淨化系統各2件較多，核三廠在穩定功率運轉狀態下並未發生異常事件。

在年度大修狀態下之8件異常事件中（表4-8），核一廠佔1件，核二廠佔3件，核三廠4件；其中以非安全相關電力系統、反應爐保護系統及高低壓安全注水系統各2件較多。

表 4-7 穩定功率運轉狀態下異常事件相關系統

核一廠		核二廠		核三廠	
系統	件數	系統	件數	系統	件數
反應器冷卻水系統	1	非安全相關電力系統	2	無	
高低壓安全注水系統	1	爐水淨化系統	2		
飼水/冷凝水/抽汽系統	1	反應器冷卻水系統	1		
以下空白		備用氣體處理系統	1		
		主蒸汽系統	1		
		飼水/冷凝水/抽汽系統	1		
		以下空白			
總計	3	總計	8	總計	0

表 4-8 年度大修狀態下異常事件相關系統

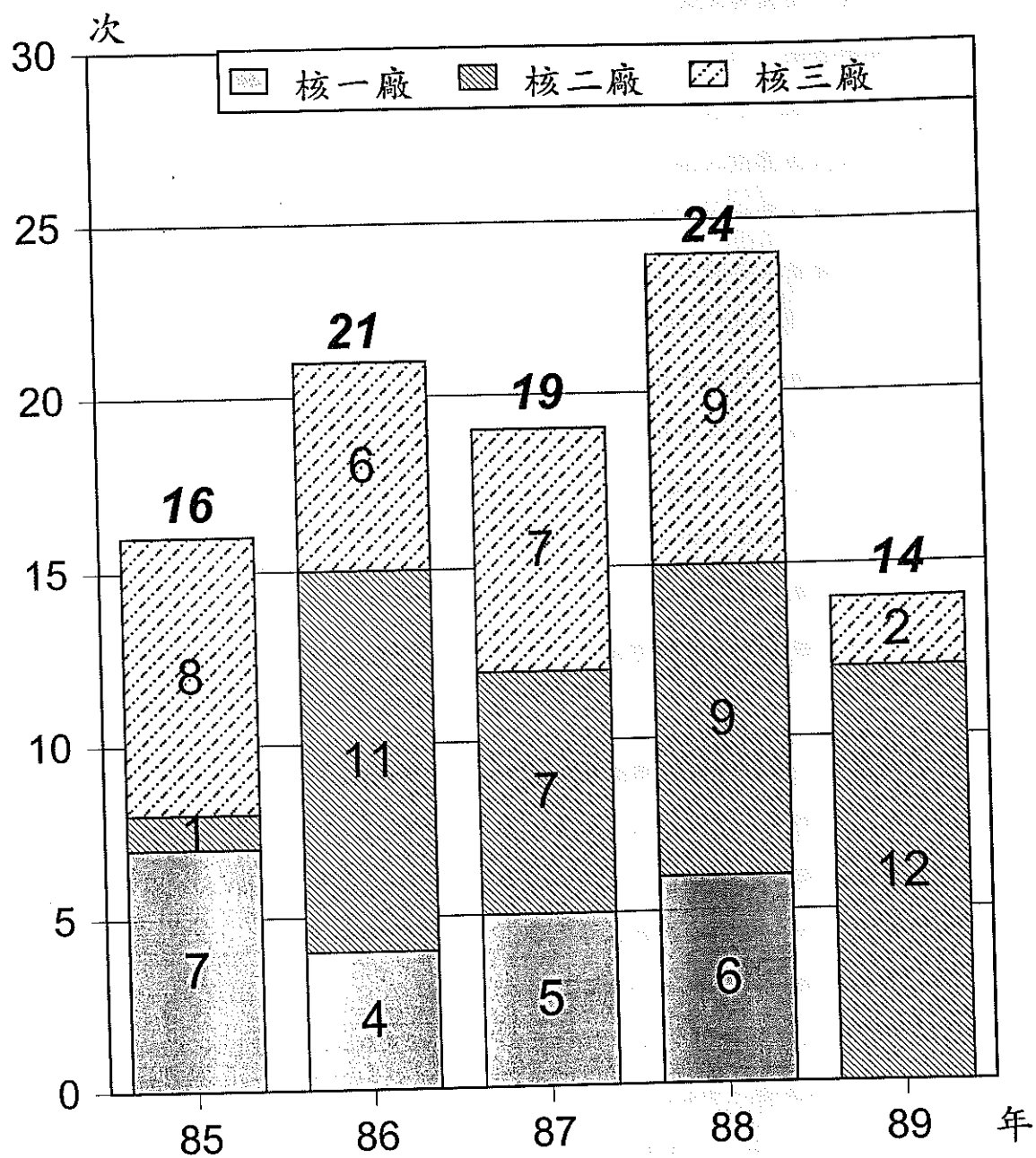
核一廠		核一廠		核三廠	
系統	件數	系統	件數	系統	件數
反應爐保護系統	1	反應爐保護系統	1	非安全相關電力系統	2
以下空白		高低壓安全注水系統	1	高低壓安全注水系統	1
		安全相關電力系統	1	緊急通風系統	1
		以下空白		以下空白	
總計	1	總計	3	總計	4

六、解聯事件的通報

核能機組在設計與經濟因素考量上，只要各系統功能正常，符合運轉規範要求，通常都以滿載功率運轉發電。有時系統設備出現個小問題，機組也許需要稍微降載以便進行檢修，但通常數小時便可修復，然後機組又恢復滿載繼續運轉；因此，對於機組需完全停機解聯才能進行檢修工作的問題，一定是屬於重要設備的故障，對於這類解聯事件，台灣電力公司應主動向原子能委員會報告，於是，在運轉規範第16.6.9.2.2.10節第1款，規定機組發生非計畫性急停、停機或解聯者，必須於事件發生後30天內以書面報告向原子能委員會通報。規定中所謂“非計畫性”一詞，雖於運轉規範中無明確定義，但是一般皆以世界核能發電者協會（WANO）對非計畫性機組能力損失因數指標中“非計畫性”的定義為參考標準，即在四週前即已規畫之工作方屬計畫性工作，否則即屬非計畫性工作，例如機組之年度大修工作，通常於半年以前就決定並開始計畫相關工作，那麼大修即屬計畫性之解聯，而一般因設備故障導致機組無法再繼續運轉而必須停機檢修的事件多是無法預期的，因此屬於非計畫性解聯。

附圖4-1為核一、二、三廠近五年非計畫性停機解聯次數統計，由圖中發現，三座電廠的總件數，自八十五年16件，回升至八十六年21件，八十七年又降至19件，八十八年又回升至24件，始終維持在20件上下，八十九年則降至14件。各廠歷年之變化，核一廠自八十五年至八十八年維持在每年4至7件，八十九年全年非計畫性停機解聯次數為0；核二廠八十五年僅有1件，八十六年升至11件，八十七、八十八年則維持在每年7、9件，八十九年則增加至12件；核三廠自八十五年至八十八年則在6至9件間上下變動，八十九年則降低至2件。各電廠五年平均值為核一廠4.4次、核二廠8次、核三廠6.4次。再檢視我國核一、二、三廠八十九年發生的機組解聯事件（分別列於表4-9、4-10與4-11），發現核一、二、三廠各有0、5、1件屬非計畫性解聯事件且未通報異常事件，主要原因乃在多久前規畫之工作才屬計畫性的認定問題，台灣電力公司有不同看法，目前其對計畫性的解釋為，電廠向台電總公司電力調度室申請解聯獲准與否，作為是否屬計畫性之依據。為與世界潮流相符與管制需要及正確反應真實狀況，建議對“非計畫性”一詞予以明

確定義，並與WANO指標中的定義相同，以解決目前各電廠應報而未報之非計畫性解聯事件。



註：非計畫性之含義係指不在四週前可預先安排的。

圖4-1 我國核能電廠近五年非計畫性停機解聯次數統計

表 4-9 八十九年核能一廠機組解聯事件摘要表

序 號	機組	事件日期	事 件 摘 要	解聯原因	是否計畫性 (如是，理 由)	是否通報 RER (如 是,編號)
1	2	10月30日	機組解聯進行EOC-17大修。	年度大修	是 (年度大修)	否
2	2	12月19日	機組解聯進行汽機超速跳脫 試驗。	進行試驗	是(大修後 例行試驗)	否

以上共計 2 件解聯，皆為計畫性解聯。

表 4-10 八十九年核能二廠機組解聯事件摘要表

序號	機組	事件日期	事件摘要	解聯原因	是否計畫性 (如是, 理由)	是否通報 RER (如是, 編號)
1	1	3月4日	機組解聯進行EOC-14大修。	年度大修	是 (年度大修)	否
2	1	4月18日	機組解聯進行汽機超速跳脫試驗。	進行試驗	是(大修後 例行試驗)	否
3	1	5月27日	檢修再循環泵馬達軸承低油位及乾井內管閥洩漏。	設備檢修	否	否
4	1	6月3日	檢修再循環泵馬達軸承低油位。	設備檢修	否	否
5	1	7月8日	檢修再循環泵馬達軸承低油位。	設備檢修	否	否
6	1	8月24日	降載過程中, 飼水控制閥故障, 反應爐高水位跳脫。	自動急停	否	是 (21-006)
7	1	11月1日	象神颱風來襲, 湧入大量海草及垃圾, 手動急停反應器。	手動急停	否	是 (21-009)
8	1	11月12日	機組解聯檢修冷凝器之蒸汽抽氣器。	設備檢修	否	否
9	1	11月27日	機組執行隔離閥檢查, 因操作疏失, 手動急停反應器。	手動急停	否	是 (21-010)
10	2	1月1日	機組進行EOC-13大修。	年度大修	是 (年度大修)	否
11	2	1月5日	機組解聯進行汽機超速跳脫試驗。	進行試驗	是(大修後 例行試驗)	否
12	2	1月5日	機組起動升載中, 發現飼水主控制器故障, 解聯檢修。	設備檢修	否	是 (22-001)
13	2	1月8日	機組解聯檢修飼水加熱器管閥洩漏。	設備檢修	否	否
14	2	2月13日	機組預備執行破損燃料啜吸檢查, 降載過程中, 汽機跳脫, 反應器急停。	自動急停	否	是 (22-002)
15	2	3月1日	機組解聯檢修主蒸汽隔離閥儀用空氣管洩漏。	設備檢修	否	是 (22-003)
16	2	11月1日	颱風來襲, 汽機手動解聯, 並檢修迴轉攔污柵。	設備檢修	否	是 (22-004)

以上共計 16 件解聯, 其中計畫性 4 件, 非計畫性 12 件, 後者有 5 件未通報異常事件。

表 4-11 八十九年核能三廠機組解聯事件摘要表

序號	機組	事件日期	事件摘要	解聯原因	是否計畫性 (如是，理由)	是否通報 RER (如是，編號)
1	1	4月5日	機組解聯進行EOC-12大修。	年度大修	是 (年度大修)	否
2	1	5月27日	機組解聯進行汽機超速跳脫試驗。	進行試驗	是(大修後 例行試驗)	否
3	1	7月8日	啟德颱風來襲降載時，因主發電機回退信號動作，手動跳脫主汽機、發電機解聯。	設備故障	否	是 (31-003)
4	2	9月1日	機組解聯進行EOC-12大修。	年度大修	是 (年度大修)	否
5	2	10月24日	主汽機軸承振動高，機組解聯檢修。	設備故障	否	否
6	2	10月28日	機組解聯進行汽機超速跳脫試驗。	進行試驗	是(大修後 例行試驗)	否

以上共計6件解聯，其中計畫性4件，非計畫性2件，後者中有1件未通報異常事件。

伍、結論與建議

八十九年我國核能電廠的28件異常事件經由本報告第三章的各項分類統計分析，發現各電廠事件在不同角度所呈現的特性後，復經由與去年統計結果的比較及各種分類項目的交叉統計，提出多方面的討論與發現，茲列舉各項討論與發現的結論如下，並針對如何減少異常事件的發生與通報規定的合理修訂提出若干建議如後。

一、結論

1. 三座電廠異常事件總件數28件較八十八年62件減少34件，顯現八十九年整體核能安全在異常事件件數的表現上頗有進步。
2. 與八十八年異常事件的件數比較，核一廠八十九年4件較八十八年23件減少幅度達82.6%；核二廠八十九年18件較八十八年22件減少約18%；核三廠則由八十八年17件減少為八十九年6件，三座電廠都是歷年來來表現最佳者。以機組區分，核二廠二號機發生11件較多，核一廠一號機1件最少。
3. 異常事件經由通報依據的分類統計，發現第五項通報依據「非屬事先計畫之特殊安全設施動作或反應器保護系統動作」（核一、二、三廠分別為1、9、5件）與第十項通報依據「與人員健康安全、環境保護及民眾有關之事件」（核一、二、三廠分別為2、8、1件）件數最多（表4-1、表4-2），二項通報依據件數合計佔全部件數93%，可說是集中度相當的高。其中第五項通報所謂特殊安全設施動作並不表示其設施本身有問題，而是因應某些運轉中系統不正常的警告信號而動作，進一步分析各廠依據第5項通報內容通報之異常事件相關系統後，發現以非安全相關電力系統所發生件數較多。總計15件第5項通報事件中，7件發生在機組大修期間，其中4件屬人為疏失，約佔八十九年7件人為失誤異常事件之半數，顯示電廠仍應就大修管理持續努力。另外第十項通報依據固然包括了六小項通報情況，涵蓋範圍較廣，但是11件異常事件均屬於機組是否能夠持續滿載運轉直接有關的第一、二小項範圍內（機組非計畫性急停、停機或解聯者；設備故障導致機組降載百分之二十以上且持續四小時者），經由相關系統分析發現，以飼水／冷凝水／抽汽系統4件最多。

4. 八十九年異常事件經由機組狀態分類統計，發現大部份事件發生在機組處於穩定功率運轉狀態下，其次為大修狀態（表4-3）。其中穩定功率運轉狀態下，由八十八年37件大幅減少至八十九年11件。其中各廠表現（表4-4），與八十八年比較，核一廠由14件減為3件，核二廠由15件減為8件，核三廠由8件減為0件，進步許多。而在年度大修狀態方面（表4-5），八十八年六部機組有四部大修，發生16件異常事件，八十九年六部機組中亦有四部機組大修，異常事件件數減少一半，成為8件。其中核一廠1件，核二廠3件，核三廠4件。
5. 八十九年異常事件經由事件原因分類統計，發現人為失誤與設備故障仍如往年一般佔事件原因最大比例（表4-6）。就三座電廠整體而言，除了八十五年人為失誤的件數高出設備故障3件外，其他時期均是設備故障造成的異常事件件數高於人為失誤。核一廠八十五至八十七年連續三年維持人為失誤每年三件，設備故障6~8件，八十八年人為失誤更減少為2件，設備故障的件數則突增至13件，八十九年則創新紀錄，人為失誤與設備故障的件數都只各發生2件。至於核二廠人為失誤部分的件數，由八十六年的5件大幅上升至八十七年的13件，八十八年回到5件，八十九年則只發生4件；核二廠設備故障的件數則由前一年的11件略增為12件。核三廠八十九年人為失誤件數與設備故障的件數均較前一年減少3至4件。綜合言之，核一、二、三廠人為失誤件數已下降至每年每廠1~4件，顯見各個電廠在人為失誤件數減少的努力，值得肯定；設備的穩定性仍以核三廠較佳，核二廠略差。

二、建議

1. 通報依據第五項與第十項的事件約佔93%（26件），電廠如能針對這二類事件的特性與原因深入檢討，提出改善對策，對降低異常事件的發生，必能收事半功倍之效，雖然此二類事件牽涉範圍廣泛，但是經由分析發現，此26件異常事件相關系統，仍以非安全相關電力系統與飼水／冷凝水／抽汽系統各4件較多，建議電廠針對上述系統持續檢討改善。
2. 設備故障仍然是異常事件的最主要原因，其事件件數由八十八年31件減至八十九年17件，人為失誤件數則由八十八年11件減少至7件，有鑑於設備故障事件發生於飼水／冷凝水／抽汽系統較多（表3-10），建議電廠先就這方面切入，加強維護保養工作。
3. 核能機組通常都以滿載功率運轉發電，有時系統設備出現個小問題，機組也許需要稍微降載以便進行檢修，但通常數小時便可修復，然後機組又恢復滿載繼續運轉，因此，對於機組需完全停機解聯才能進行檢修工作的問題，一定是屬於較為重要設備的故障，這類事件也因此顯得較為重要。對於這類解聯事件，在運轉規範第16.6.9.2.2.10(1)節即規定，機組有非計畫性解聯時，應提出異常事件書面報告，但是，運轉規範中對“非計畫性”一詞，並無明確定義，雖然在世界核能發電者協會（WANO）的「非計畫性機組能力損失因數指標」中對非計畫性之定義為四週前規畫之工作方屬計畫性工作，但是，台灣電力公司目前對計畫性的解釋為，電廠向台電總公司電力調度室申請解聯獲准與否，作為是否屬計畫性之依據，兩者之間認定的差異，將使機組非計畫性解聯此一重要事件的統計，無法正確反應真實狀況。因此，為與世界潮流相符與管制需要，建議對“非計畫性”之定義能與WANO指標中的定義相同，以解決目前各電廠很多應報而未報之非計畫性解聯事件。
4. 異常事件通報依據第10項「與人員健康安全、環境保護及民眾有關之事件」，通報內容共含有6小項通報情況，其中第1小項「機組非計畫性急停、停機或解聯者」與第2小項「因設備故障導致機組降載20%以上且持續4小時者」合計約佔所有異常事件件數之四成（八十六年至八十九年分別為19件/46件、29件/68件、25件/62件、11件/28件），此二小項通報情況

係機組無法持續滿載運轉（非計畫性急停、停機、解聯或降載），直接造成發電損失所提報之異常事件，未必真如通報依據第10項所述為「與人員健康安全、環境保護及民眾有關之事件」，事件發生直接衝擊人員或環境。因此，建議將此二小項通報情況，自通報依據第10項移出單獨條列，以避免民眾誤解將近半數之異常事件均為「與人員健康安全、環境保護及民眾有關之事件」。

參考資料

1. RER-89-11-001, RER-89-12-001~003, 台灣電力公司核能一廠, 八十九年。
2. RER-89-21-001~011, RER-89-22-001~007, 台灣電力公司核能二廠, 八十九年。
3. RER-89-31-001~003, RER-89-32-001~003, 台灣電力公司核能三廠, 八十九年。
4. NPEars User Guide, The S.M. Stoller Corp., 1986。
5. 核能電廠異常事件立即通報規範, 行政院原子能委員會, 八十五年九月三日。
6. 核能電廠異常事件分級制度淺釋, 行政院原子能委員會, 八十九年二月。
7. 林繼統、徐明德, “我國核能一、二、三廠八十四年異常事件統計分析”, 行政院原子能委員會, 八十五年五月。
8. 林繼統、徐明德, “我國核能一、二、三廠八十五年異常事件統計分析”, 行政院原子能委員會, 八十六年五月。
9. 黃俊源、徐明德, “我國核能一、二、三廠八十六年異常事件統計分析”, 行政院原子能委員會, 八十七年十一月。
10. 黃俊源、徐明德, “我國核能一、二、三廠八十七年異常事件統計分析”, 行政院原子能委員會, 八十八年六月。
11. 黃俊源、徐明德, “我國核能一、二、三廠八十八年異常事件統計分析”, 行政院原子能委員會, 八十九年十月。

附件一 核能電廠運轉經驗資訊系統 (NPEars) 中電廠系統分類代號說明

00 Not Applicable	48 *Heating/Ventilating/Air Conditioning
02 Fuel	50 _Standby Gas Treatment
04 Control Rods/CRDMs	52 _Offgas
06 Reactor Vessel/Internals	53 _HVAC-Other
08 *Containment/Reactor Building	54 Radwaste
10 _Torus	56 *Unit Control/Monitoring
12 _Drywell/Pressure Suppression	58 _Reactor Trip/Protection
14 _Inerting	59 _Anticipated Transient without Scram
16 _Ice Condenser	60 _ESFAS/ADS/CIAS/Loop Selection Logic
17 _Containment/Rx Bldg-Other	62 _Nuclear Instrumentation
18 Reactor Coolant System	64 _Area/Process Radiation Monitors
20 Steam Generators	66 _CPU/Events/Rod Monitoring/Control
24 CVCS/RWCU	67 _Unit Control - Other
26 *Engineered Safety Features	68 Fire Protection
28 _SI/Recirc/Containment Spray	70 Seismic/Meteorological Monitors
30 _RCIC/Aux FW/Isolation Condensers	72 *Safety Electrical
32 _RHR/Shutdown Cooling	74 _Uninterruptible Power
33 _ESF-Other	76 _Diesel Generators
34 Main Steam	77 _Safety Electrical - Other
36 Main Turbine	78 Main Generator & Exciter
38 Condenser	80 Nonsafety Electrical
40 Condensate/FW/Extraction Steam/Drains	82 Refuel/Fuel Storage Building
42 Closed Cooling Water	84 Structural & Nonsafety
44 Circulating/River Water	86 Systems - Other
46 Service Water	99 Systems - Unknown

附件二 核能電廠運轉經驗資訊系統 (NPEars) 中電廠組件分類代號說明

00 Not Applicable	46 _Pipe Support
01 *Valve	48 _Penetration
02 _Check Valve	50* Fuel
03 _Control Valve	51 _Fuel Pin
04 _Stop (on/off) Valve	53 _Fuel - Other
05 _Safety/Relief Valve	54* Heat Exchanger/Heater/Reheater
06 _MSIV	55 _RHR HX
07 _CIV	56 _Closed Cooling Water HX
08 _Containment Damper	57 _Torus HX
09 _Other Damper	58 _Ice Condenser
10 _Vacuum Breaker/Relief Valve	59 _HVAC Cooler
12 _Valve - Other	61 _HX - Other
13 _Valve _ Unspecified	63 Fan/Air Ejector
14* Pump	64 Compressor
15 _Jet Pump	65 Duct/Vent
16 _Main Coolant/Recirc Pump	67 Other HVAC
17 _HPCI Pump	69 Demineralizer & Absorber
18 _LPCI Pump	71 Filter & Strainer
19 _RHR/SDC Pump	73* Drive
20 _RCIC/AFW Pump	74 _Diesel Drive
21 _Core Spray Pump	75 _CRDM
22 _Containment Spray Pump	77 _Drive - Other
23 _ESF Recirc/SI Pump	80* Instrumentation & Control
25 _Pump - Other	81 _Pressure I&C
27 _Pump - Unspecified	82 _Flow I&C
28* Tank	83 _Temperature I&C
29 _Accumulator	84 _Level I&C
30 _Volume Control Tank	85 _Radiation Monitor
31 _Boric Acid Storage Tank	86 _Position Indication
32 _Boron Injection Tank	87 _Heat Tracing
33 _Condensate Storage Tank	88 _Under/Over Volt/Current Protec.
34 _Refueling Water Storage Tank	90 _Other & Unknown I&C
35 _Spray Additive Tank	91* Electrical
36 _Pressurizer	92 _Diesel Generator
37 _Tank - Other	93 _Battery
38 _Tank - Unspecified	94 _MCC/Bus/Switchgear
40* Pipe	95 _Inverter/Charger/Motor Generator
41 _Thermal Sleeve/Nozzle/Sparger	96 _Transformer
42 _Expansion Joint	98 _Electrical - Other
44 _Pipe - General	99 Component - Other

八十九年核能一廠異常事件摘要表

報告編號	廠	機組	日期	時間	事件摘要	INES分級	系統	組件	發生原因	機組狀態	通報依據
RER-89-11-001	1	1	6月26日	9時50分	機組穩定運轉中，因再循環泵馬達發電機組破刷故障，機組降載檢修。	0	18	95	2	3	10-2
12-001	1	2	2月15日	13時55分	機組滿載運轉，執行高壓注水系統(HPCD)電動閥可用性測試，工作人員誤拆線造成E-41-F006閥無法開啟，宣佈高壓注水系統不可用。	0	28	NA	1	3	7
12-002	1	2	11月22日	14時58分	機組大修中，執行控制棒阻棒系統邏輯測試，因工作人員未確實依照程序書操作，造成反應器保護系統動作。	0	58	NA	1	5	5
12-003	1	2	12月30日	9時30分	機組滿載運轉中，因飼水加熱器6A故障，機組降載檢修。	0	40	61	2	3	10-2

發生原因：1(人為失誤)，2(設備故障)，3(設計缺失)，4(作業程序缺失)，5(其他)。

機組狀態：1(起動)，2(升降載)，3(穩定運轉)，4(停機檢修)，5(年度大修)。

通報依據：依運轉規範 16.6.9.2.2 節中第 x-1-節通報。

八十九年核能二廠異常事件摘要表

報告編號 RER-89-	廠	機組	日期	時間	事件摘要	INES分級	系統	組件	發生原因	機組狀態	通報依據
21-001	2	1	1月30日	19時50分	機組滿載運轉，執行備用氣體處理系統(SGTS)測試，測試完成，運轉員切換控制開關時，備用氣體處理系統-A串自動起動，肇因為控制開關輔助接點之活動機構卡住所致。	0	50	90	2	3	5
21-002	2	1	3月9日	9時33分	機組大修第六天，工作人員進行反應爐保護系統活線作業的拆線過程中，引起較大初始電流，燒燬保險絲，反應爐保護系統B串跳脫，圍阻體隔離系統(PCIS)動作。	0	58	NA	1	5	5
21-003	2	1	3月16日	13時55分	機組大修中，爐心上池正進行燃料挪移作業，控制室突然出現警報窗電源喪失的警報，然後後控制室所有其他警報全部喪失，電廠即依程序書規定宣佈進入第二類A級緊急戒備事故，停止機組所有工作。經檢查發現電源喪失原因係斷路器跳脫所致。	1	77	98	2	5	6
21-004	2	1	3月18日	14時11分	機組大修第15天執行低壓噴灑系統(LPSCS)及低壓注水系統(LPCI)測試，因工作人員擅自變更測試步驟，造成隔離電驛之接點不對，緊急通風系統動作。	0	28	NA	1	5	5
21-005	2	1	6月26日	14時55分	機組穩定運轉中，進行爐水淨化系統(RWCU)樹脂除床預敷後置入使用，由於沖洗閥未完全關緊，導致系統進出流量差過大，造成圍阻體隔離系統動作。	0	24	12	2	3	5

發生原因：1(人為失誤)，2(設備故障)，3(設計缺失)，4(作業程序缺失)，5(其他)。

機組狀態：1(起動)，2(升降載)，3(穩定運轉)，4(停機檢修)，5(年度大修)。

通報依據：依運轉規範 16.6.9.2.2 節中第 x 小節通報。

八十九年核能二廠異常事件摘要表(續)

報告編號 RER-89-	廠	機組	日期	時間	事件摘要	INES分級	系統	組件	發生原因	機組狀態	通報依據
21-006	2	1	8月24日	21時14分	機組滿載運轉，主汽機#2軸承底部冒煙，緊急降載過程中，因飼水控制閥故障，反應爐高水位跳脫，主汽機、發電機跳脫。	0	40	03	2	2	10-1
21-007	2	1	9月5日	09時19分	機組滿載運轉，工作人員至反應爐爐水淨化系統(RWCU)熱交換器室查漏時，因壓力安全閥洩漏，系統流量差過大，造成圍阻體隔離系統動作。	0	24	12	2	3	5
21-008	2	1	10月31日	23時20分	象神颱風來襲，機組依規定降載並將廠外供電系統69KV電源改由廠內氣渦輪機單獨供電中，氣渦輪機突然跳脫，導致1A4、1A5匯流排電源喪失，第二、三區緊急柴油發電機自動啟動，圍阻體隔離系統動作。	0	76	92	2	2	5
21-009	2	1	11月1日	18時53分	象神颱風來襲，機組依規定降至25%功率以下，然因颱風導致大量海草及垃圾湧入海水進口泵室，造成冷卻海水流量不足，廠房設備冷卻能力下降，運轉人員雖嘗試改善，然設備溫度仍有上升傾向，於是運轉員手動解聯發電機、手動急停反應器。	0	44	NA	5	2	10-1
21-010	2	1	11月27日	23時5分	機組滿載運轉，執行隔離閥檢查，因現場值班人員操作疏失，造成再循環泵A、B兩台跳脫，運轉員手動急停反應器。	0	18	NA	1	3	10-1

發生原因：1(人為失誤)，2(設備故障)，3(設計缺失)，4(作業程序缺失)，5(其他)。

機組狀態：1(起動)，2(升降載)，3(穩定運轉)，4(停機檢修)，5(年度大修)。

通報依據：依運轉規範 16.6.9.2.2 節中第 x、小節通報。

八十九年核能二廠異常事件摘要表(續)

報告編號 RER-89-	廠	機組	日期	時間	事件摘要	INES 分級	系統	組件	發生原因	機組狀態	通報依據
21-011	2	1	12月20日	03時27分	機組滿載運轉，起動變壓器因突壓電驛接點絕緣被破壞而故障，使得廠外供電系統345KV電源無法送至廠內供電，導致1A3匯流排電源喪失，第一區緊急柴油發電機自動啟動。	0	80	96	2	3	5
22-001	2	2	1月5日	16時30分	機組大修後首次併聯升載過程中，因飼水主控制卡片故障，停機解聯檢修。	0	40	90	2	1	10-1
22-002	2	2	2月13日	18時17分	機組依計畫降載過程中，因主汽機控制閥之接線端子壓接不良導致接觸不良，造成控制閥開關開關汽機跳脫，反應器自動急停。	0	36	3	1	2	10-1
22-003	2	2	3月1日	09時0分	機組穩定運轉，主蒸汽隔離閥(MSIV)儀用空氣管洩漏，機組降載停機。	0	34	44	2	3	10-1
22-004	2	2	8月30日	18時11分	機組穩定運轉，因飼水加熱器IB下游管路洩漏，機組降載檢修。	0	40	44	2	3	10-2

發生原因：1(人為失誤)，2(設備故障)，3(設計缺失)，4(作業程序缺失)，5(其他)。

機組狀態：1(起動)，2(升降載)，3(穩定運轉)，4(停機檢修)，5(年度大修)。

通報依據：依運轉規範 16.6.9.2.2 節中第 x-1-節通報。

八十九年核能二廠異常事件摘要表(續)

報告編號 RER-89-	廠	機組	日期	時間	事件摘要	INES 分級	系統	組件	發生原因	機組狀態	通報依據
22-005	2	2	10月31日	23時20分	象神颱風來襲，機組依規定降載並將廠外供電系統69KV電源改由廠內氣渦輪機單獨供電，氣渦輪機突然跳脫，導致2A3匯流排電源喪失，第一區緊急柴油發電機自動啟動，圍阻體隔離系統動作。	0	76	92	2	2	5
22-006	2	2	11月1日	17時49分	象神颱風來襲，大量海草及垃圾湧入海水泵室進水口，造成冷卻海水流量不足，廠房設備冷卻能力下降，於是運轉員手動跳脫主汽機，發電機解聯。	0	44	NA	5	2	10-1
22-007	2	2	12月20日	03時27分	機組因起動變壓器故障，使得廠外供電系統345KV電源無法送至廠內供電，導致2A4、2A5匯流排電源喪失，第二、三區緊急柴油發電機自動啟動。	0	80	96	2	3	5

發生原因：1(人為失誤)，2(設備故障)，3(設計缺失)，4(作業程序缺失)，5(其他)。

機組狀態：1(起動)，2(升降載)，3(穩定運轉)，4(停機檢修)，5(年度大修)。

通報依據：依運轉規範 16.6.9.2.2 節中第 x 小節通報。

八十九年核能三廠異常事件摘要表

報告編號 RER-89-	廠	機組	日期	時間	事件摘要	INES分級	系統	組件	發生原因	機組狀態	通報依據
31-001	3	1	5月10日	11時18分	機組大修中，執行手動安全注水(SD)信號測試，因工作人員疏失，造成緊急柴油發電機自動啟動。	0	28	NA	1	5	5
31-002	3	1	5月28日	15時14分	機組大修後啟動升載中，因控制室MR-23卡片模組故障，造成控制室緊急通風系統(CREVS)誤動作。	0	53	90	2	1	5
31-003	3	1	7月8日	11時09分	啟德颱風來襲，機組降載因應，由於定子冷卻水進口低流量開關之微動開關接觸不良，主發電機回退信號動作，發電機出力限制在160 MWe，隨後又因整個電力系統頻率上升，機組負載再下降至10 MWe，運轉員手動跳脫主汽機、發電機解聯。	0	78	98	2	2	10-1
32-001	3	2	9月20日	8時33分	機組大修中，控制室通風隔離系統(CRIVS)因卡片保險絲燒斷動作，控制室緊急通風系統自動啟動。	0	53	90	2	5	5
32-002	3	2	10月13日	15時39分	機組大修中，楓港變電所執行測試，造成161KV外電喪失，匯流排電源切換至345KV，啟動電流過大，造成匯流排失電，緊急柴油發電機A台自動啟動。	0	80	NA	5	5	5

發生原因：1(人為失誤)，2(設備故障)，3(設計缺失)，4(作業程序缺失)，5(其他)。

機組狀態：1(起動)，2(升降載)，3(穩定運轉)，4(停機檢修)，5(年度大修)。

通報依據：依運轉規範 16.6.9.2.2 節中第 x 小節通報。

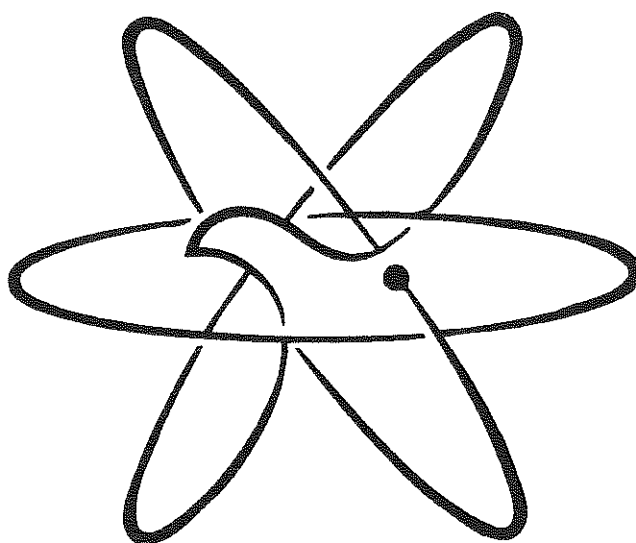
八十九年核能三廠異常事件摘要表(續)

報告編號	廠	機組	日期	時間	事件摘要	INES分級	系統	組件	發生原因	機組狀態	通報依據
32-003	3	2	10月16日	4時01分	機組大修熱待機中，345KV外電暫態，安全相關匯流排切換至161KV失敗，匯流排失電，緊急柴油發電機A台自動起動。	0	80	NA	5	5	5

發生原因：1(人為失誤)，2(設備故障)，3(設計缺失)，4(作業程序缺失)，5(其他)。
機組狀態：1(起動)，2(升降載)，3(穩定運轉)，4(停機檢修)，5(年度大修)。
通報依據：依運轉規範 16.6.9.2.2 節中第 x 小節通報。

統一編號

2008300061



我國核能電廠異常事件統計分析
(八十九年)

著者：黃俊源、徐明德

發行人：胡錦標

發行所：行政院原子能委員會

地址：臺北市106基隆路四段144巷67號

電話：(02) 二三六三四一八〇

傳真：(02) 二三六六〇五三五

出版日期：中華民國九十年五月