

目錄

圖目錄	iii
表目錄	iv
一、緒論	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究動機與目的	3
1.3 研究流程	4
二、文獻探討	5
2.1 人為疏失的定義與重要性	5
2.2 人為疏失的分類	5
2.2.1 一般作業的分類架構	6
2.2.2 特定作業的分類架構	9
第三章 研究方法	12
3.1 研究架構及步驟	12
3.1.1 作業分析	14
3.1.2 階層式作業分析	15
3.1.3 人為疏失分類架構之建立	18
3.1.4 人為疏失原因分析	20
3.1.4.1 疏失原因分類	22
3.1.4.2 相關系統	22
3.1.5 人為疏失分類分析步驟	23
3.2 電廠實際運轉作業觀察	23
3.2.1 受測者	23
3.2.2 測試環境	23
3.2.3 測試情節	25
3.2.4 情節紀錄	25
第四章 分析結果	30
4.1 正常案例 (Turbine startup) 分析	30
4.1.1 較無先進型主控制室介面操作經驗的團隊	30
4.1.2 較有先進型主控制室介面操作經驗經驗團隊	35
4.1.3 正常情節分析小結	37
4.2 異常案例(LOCA with LOOP)分析	39
4.2.1 較無先進型主控制室介面操作經驗團隊	39
4.2.2 較有先進型主控制室介面操作經驗的團隊	43
4.2.3 異常情節分析小結	46
第五章 結論與建議	48
5.1 結論	48
5.2 研究貢獻	51

5.3 未來研究方向	51
參考文獻	52
附錄一 人為疏失分類架構表-正常作業	54
附錄二 運轉作業觀察紀錄表-以較無介面操作經驗團隊之異常作業為例	65



圖目錄

圖 1-1：研究流程.....	4
圖 2-1：運轉作業處理概念模型.....	9
圖 3-1：正常作業步驟分析架構.....	15
圖 3-2：異常作業步驟分析架構.....	15



表目錄

表 2-1：Rouse & Rouse(1983)之人為疏失的分類架構.....	10
表 3-1：正常作業「工作準備」之行為內容.....	16
表 3-2：正常作業「監督」之行為內容.....	16
表 3-3：正常作業「異常偵測」之行為內容.....	17
表 3-4：正常作業「狀況評估」之行為內容.....	17
表 3-5：正常作業「動作執行」之行為內容.....	18
表 3-6：正常作業人為疏失分類表-以「工作準備階段」為例.....	19
表 3-7：異常作業人為疏失分類表-以「狀況評估階段」為例.....	19
表 3-8：人為疏失原因分析表-以「監測」作業為例.....	20
表 3-9：疏失原因分類表-以「狀況評估」為例.....	22
表 3-10：人為疏失分類架構表-以「監測」為例.....	22
表 3-11：正常作業紀錄表範例.....	26
表 3-12：異常作業紀錄表範例.....	28
表 4-1：較無先進型主控制室介面操作經驗的團隊「監督階段」可能疏失表	30
表 4-2：較無先進型主控制室介面操作經驗的團隊「監督階段」可能疏失表	31
表 4-3：較無先進型主控制室介面操作經驗的團隊「異常偵測」可能疏失表	32
表 4-4：較無先進型主控制室介面操作經驗的團隊「狀況評估」可能疏失表	33
表 4-5：較無先進型主控制室介面操作經驗的團隊「反應計畫」可能疏失表	33
表 4-6：較無先進型主控制室介面操作經驗的團隊「反應執行」疏失表...	34
表 4-7：較有先進型主控制室介面操作經驗的團隊「工作準備」可能疏失表	35
表 4-8：較有先進型主控制室介面操作經驗的團隊「監督」可能疏失表...	35
表 4-9：較有先進型主控制室介面操作經驗的團隊「異常偵測」可能疏失表	36
表 4-10：較無先進型主控制室介面操作經驗的團隊「監督」可能疏失表..	39
表 4-11：較無先進型主控制室介面操作經驗的團隊「異常偵測」可能疏失表	40
表 4-12：較無先進型主控制室介面操作經驗的團隊「狀況評估」可能疏失表	41
表 4-13：較無先進型主控制室介面操作經驗的團隊「反應計畫」可能疏失表	

.....	41
表 4-14：較無先進型主控制室介面操作經驗的團隊「反應執行」可能疏失表	42
表 4-15：較有先進型主控制室介面操作經驗的團隊「監督階段」可能疏失表	43
表 4-16：較有先進型主控制室介面操作經驗的團隊「狀況評估階段」可能疏 失表.....	43
表 4-17：較有先進型主控制室介面操作經驗的團隊「反應計劃階段」可能疏 失表.....	44
表 4-18：較有先進型主控制室介面操作經驗的團隊「反應計劃階段」可能疏 失表.....	45



一、緒論

1.1 研究背景

人為疏失(Human Error)常常是影響大型複雜系統安全的重要因素，Gross and Ayres (1998)研究指出，在核能電廠中，人為疏失至少佔了意外事件的40%~80%。如1979年美國的三哩島(TMI)核能意外事件，分析後發現人為疏失為發生事故主因。1986年前蘇聯車諾比核電廠，也相同地因人為疏失而發生燃料棒破裂導致爐心熔毀之事故，造成嚴重的死傷。回顧了重大核能意外後，可以看出人為疏失(Human Error)往往是造成核能事故最主要的原因。因此，探討人為疏失的成因與防範措施是核能電廠相當重要的一大課題。

人為疏失意指所規劃的行動無法達成目標，但在不同的作業中，產生人為疏失的型態亦有所異，因此必須建立一個“適用”之人為疏失分類架構來描述與紀錄各種行為表現，才能夠對於人為疏失之性質與成因有更加深入的了解。

過去有關人為疏失的分類架構從下列幾個觀點來分類：Swain and Guttman(1983)、Kirwan(1994)等利用人員疏失的表徵分類，Norman(1988) Rasmussen (1982) Reason(1987)等人利用人類資訊處理過程、以及 Woods(1994)以系統特性、而 Helmreich(2000)從團隊面向來分類人為疏失。

有關核能電廠的人為疏失，美國核能運轉協會(INPO)的人員績效評估工具從人員不當行為將導致人為疏失的原因分為十三項，分別是(1)口頭溝通、(2)書面溝通、(3)介面設計、(4)環境狀況、(5)工作排班、(6)工作實施、(7)工作組織規劃、(8)管理監督之方法、(9)訓練檢核之方法、(10)訓練檢核之內容、(11)變動之管理、(12)資源之管理與(13)管理方法，台灣電力公司則參考 INPO 的疏失原因歸類，針對人為疏失發生的原因進行歸納，將疏失的產生分類為七個大方向，分別是(1)溝通協調、(2)人機介面設計、(3)教育訓練、(4)管理監督、(5)環境因素、(6)個人因素與(7)參考資料及程序書的使用，上述分類用以歸類不當

行為之原因。人員績效評估工具皆制定了一系列人因工程之調查程序以分析核能電廠意外事故，發掘人為疏失之肇因，以有效控制類似的人為疏失再度發生。

目前所開發的先進型(Advanced)儀控系統，電腦化系統普遍會將運轉員的資料蒐集、傳送與轉換的技能極大化，但人員了解與解釋資料的速度不及資料的產生，因此容易造成資料超過負荷。再者，使用者介面允許將大量資訊集中在一個操作平台上，經由介面管理增加資料顯示方式的彈性，此改變對在大量資料中提取有意義資料的認知需求和過程也產生影響。且階層式和規則系統的技術擴大了次作業的範圍，並且使得認知活動自動化，此自動化也改變了團隊的結構與人員角色的轉換。最後，電腦化和自動化連接了更多系統中的不同部分，此改變也會讓缺失管理和診斷作業變的更加複雜。

儀控系統的改變可能產生許多新的疏失型態，因此，我們必須探討先進型人機介面的設計與作業型態對人員可能產生的影響，以更加了解因作業型態改變所可能產生的疏失。



1.2 研究動機與目的

在先進型主控制室中，運轉員從人機介面擷取資訊、執行操作以及團隊互動方式與以往傳統型控制室的策略與方式皆有所異，其可能產生的疏失也未被以往的研究考慮與列舉。為了因應未來運轉方式大有不同的數位儀控系統，我們必須建立一個適用的人為疏失分類架構來描述與紀錄各種疏失的行為表現，用以對人為疏失的性質、成因能夠有更加深入的了解。

因此，本研究之目的為：

1. 以作業內容探討疏失表徵，再針對每一疏失表徵，從其資訊處理的歷程探討資訊處理的失效，進而探討促成資訊處理失效的原因，去建立一個適用於先進型主控制室的人為疏失分類架構。
2. 探討人員在與數位化人機介面、電腦化操作介面互動以及控制室的團隊互動行為等改變所可能產生的人為疏失，並用以提出建議及改善方案。



1.3 研究流程

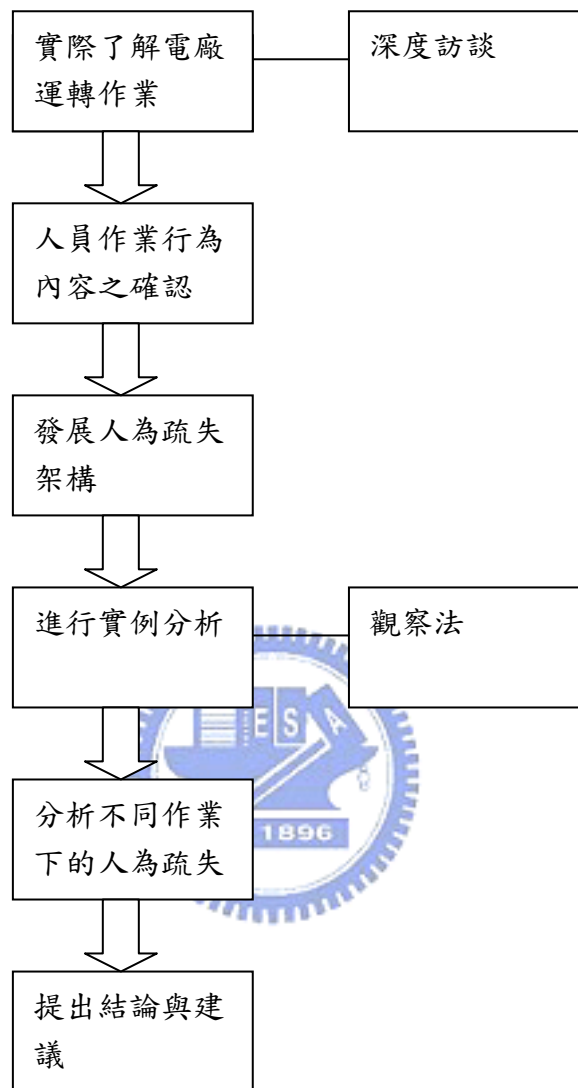


圖 1-1：研究流程

二、文獻探討

本研究在探討先進型主控制室之人為疏失分類，因此我們將針對人為疏失的定義與現有的人為疏失分類架構作一整理與回顧。

2.1 人為疏失的定義與重要性

Rasmussen(1986)根據系統在執行作業時沒有產生正常的績效，起因於人員的動作或擾亂，此原因就可被定義為人為疏失。

人為疏失在許多意外事件中扮演相當重要的角色。根據許多研究報告指出，在大型複雜系統，如核電廠、航空界的意外事故中，有 60%~90%的比例是人為疏失所造成的(Rouse & Rouse, 1983; Reason, 1997.)。由於大型複雜系統間每個組件環環相扣，在每一個步驟中若產生疏失，就有可能造成相當大的損失與事故的發生。因此，對於大型複雜系統中所可能發生的人為錯誤，我們必須進行深入的探討與分析，了解產生人為疏失的原因，以便日後在系統設計或是訓練課程設計時，能夠有效的達到人為疏失的預防工作。

2.2 人為疏失的分類

在探討人為疏失時，分類(Classification)是相當重要的一個課題之一，人為疏失的分類有助於發展改進人為表現的策略。Moray 和 Huey(1988)指出：進行了解人為疏失起源以及如何避免造成疏失的相關研究，將有助於人為疏失的降低以及增進人員績效。

在不同的領域中，所產生的人為疏失與後果必然有相當大的差異，因此我們在對人為疏失做探討時，就必須針對所研究的對象與領域而有所分別。經過文獻探討後，我們可以將各種探討人為疏失分類架構的文獻分為：一般性分類架構與特定作業分類架構兩大類，在一般性分類架構中又可分為人員疏失的表徵與人類資訊處理兩個觀點來探討。

2.2.1 一般作業的分類架構

一般作業的分類架構大多是由人類資訊處理之過程來探討所產生的錯誤類型，並沒有針對任一特定作業或是應用領域。

1. 人員疏失的表徵

(1) Swain and Guttman (1983)將人為疏失分為：遺漏的錯誤(Error of Omission)與做錯的錯誤(Error of Commission)。

其中遺漏的錯誤是指遺漏了工作中的一個步驟，或遺漏了整個工作。而做錯的錯誤指做錯了工作中的某個或某些步驟，它們可能是

- 選擇錯誤意指選擇錯誤的控制，控制器未調到適當位置或下錯命令、
- 順序錯誤指進行作業時未按照一定的次序進行、
- 時間上的錯誤指太早或太晚進行某一步驟或工作、
- 質量上的錯誤指操作的過多或太少

(2) Kirwan(1994)則將人為疏失分為下列四種：做錯的錯誤(errors of commission)指做了不正確的動作、遺漏的錯誤(errors of omission)指沒做該做的動作、無關的動作(extraneous acts)指做了不需要的動作以及漏失錯誤回覆的機會(missed error-recovery opportunities)指可以矯正先前錯誤的動作。

2. 人類資訊處理

(1) Norman (1998)從訊息的知覺、解讀、判斷到動作和執行各階段可能發生的人為失誤區分為錯誤(mistake)、疏失(slips)、模式錯誤(mode error)。

所謂錯誤即對情境訊息之知覺解讀或決策判斷之失誤。這類失誤來自知覺、記憶、認知上之限制形成。而疏失意指動作執行之失誤。知覺判斷正確、

決策亦無誤，然動作卻做錯了。當動作程序簡單不需太多注意力時，很容易發生這類失誤。有時欲執行的動作與經常性習慣動作很接近時，也會做出習慣性動作，而非欲執行的正確動作。「疏失」相當於操作失誤中的「做錯」。

模式錯誤與小過失一樣均發生再記憶提取之誤差。在自動飛航控制或人與電腦互動時最容易發生這類型失誤，尤其當現代化的飛機設計，有多重層次的顯示和按鈕時，則很容易產生層次的混淆。

(2) Rasmussen(1982)將人員失效分為：人員失效的外在模式(External mode of human malfunction)與人員失效的內在模式(Internal mode of human malfunction)

所謂的人員失效的外在模式指由於人員動作導致系統組件的非預期狀態，此類別裡包含漏做、操作錯誤的組件、執行順序錯誤與錯誤的時機而人員失效的內在模式意指人員認知作業，此類別裡包含偵測、鑑別、決策與行動。

(3) Reason 結合 Norman 的錯誤與疏忽的分類以及 Rasmussen(1983)人員作業行為層次—技巧行為、規則行為、以及知識行為的三個層次—的觀念，將人為疏失區分為技巧行為的疏忽、規則行為的錯誤以及知識行為的錯誤。

技巧行為的疏忽(或遺忘)可分為：注意力疏忽(Attention slips)、記憶遺忘(Memory lapses)以及知覺錯誤(Perceptual errors)。所謂注意力疏忽(Attention slips)意指在緊要決定點沒有監督我們例行行動的進行；記憶遺忘(Memory lapses)意指遺漏或忘記我們想作的；而知覺錯誤(Perceptual errors)意指錯認某個物體或情境。

在規則行為的錯誤可分為：「錯用了好的規則」與「應用了壞的規則」，「錯用了好的規則」通常發生在類似但忽視了相異跡象的情境；「應用了壞的規則」指在學習過程中，常學到一些「壞」的法則。

知識行為的錯誤起因於工作記憶的限制與應用不完整的心智模型，而導致牽強附會(Confirmation bias)、過度自信(Overconfidence)、大一統(Similarity bias)，和祇考慮到常發生者(Frequency bias)。

(4) Reason 將人為疏失從線上工作人員在個人作業層面的疏失延伸到組織與管理的疏失。線上工作人員在個人作業層面的疏失稱為顯性疏失；組織與管理的疏失稱為隱性疏失。Reason 認為人為疏失的防範應從組織著手，發現並消除隱性疏失所造成的潛在情境，進而改善工作情境，減少顯性疏失。

(5) Wiegmann(2003)以 Reason 顯性失效及隱性失效模型為基礎，以組織影響、不安全的管理、構成不安全動作的條件以及不安全的動作四種人員失效的層次來探討疏失。進而發展人為因素分析與分類系統(Human Factors Analysis and Classification System, HFACS)。

組織影響包括：資源管理、組織氣候、組織過程；不安全的管理包括：不適合的管理、計畫不適合的操作、未矯正問題、管理行為違反規範；構成不安全動作的條件包含兩個面向—不合標準的運轉員條件與不合標準的運轉員習慣，則不合標準的運轉員條件分為：不利的心智狀態、不利的生理狀態與生理/心理限制；不合標準的運轉員習慣分為：團隊資源管理與個人意願；不安全的動作包含兩個面向—疏失和違反行為，疏失分為：決策疏失、技巧行為的錯誤和知覺錯誤，而違反行為分為：一般作業和異常作業。

2.2.2 特定作業的分類架構

一個良好的人為疏失分類架構應該是以「一般分類架構」為基礎更進一步發展出「特定作業分類架構」。Rouse & Rouse(1982)指出「一般性分類架構」是「特定作業分類架構」的一種特殊形式的表現；且具有應用價值的「一般性分類架構」將可簡單的被應用到其他作業之「特定作業分類架構」。

Rouse & Rouse(1983)所建立之人為疏失的分類架構包含兩個層次，先就運轉員在執行作業時的行為建立其概念模式，再依此概念模式建立出一般作業分類下可能產生的錯誤。

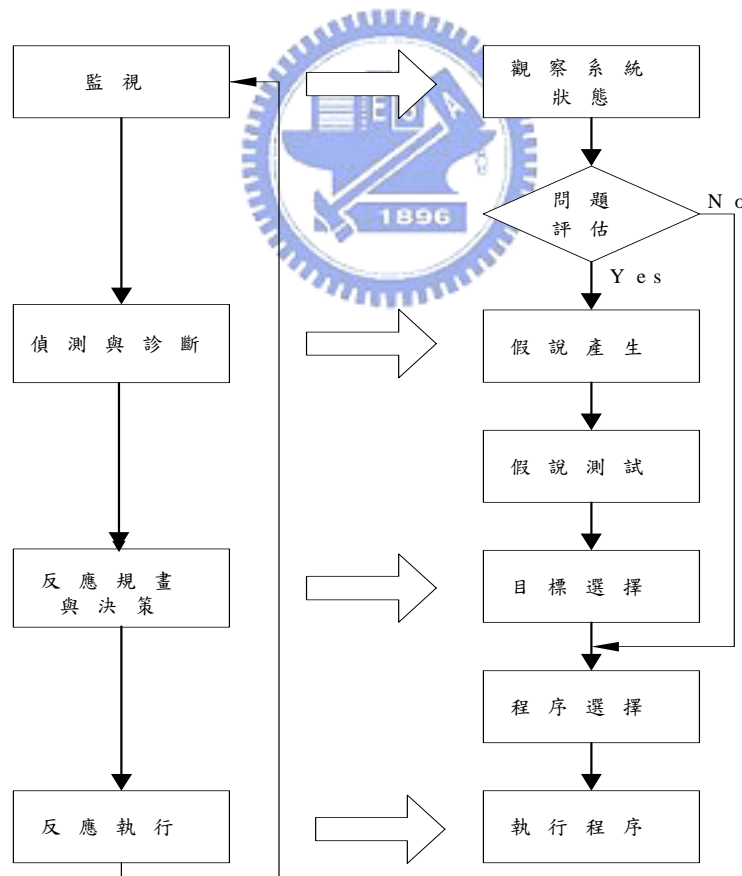


圖 2-1：運轉作業處理概念模型

表 2-1：Rouse & Rouse(1983)之人為疏失的分類架構

一般作業分類	可能產生的錯誤
1. 觀察系統狀態	a. 過度
	b. 誤釋
	c. 不正確
	d. 不完整
	e. 不配適
	f. 不足
2. 假說選擇	a. 與觀測資料不一致
	b. 一致但不可能達到
	c. 一致但昂貴
	d. 功能不恰當
3. 假說測試	a. 不完整
	b. 接受錯誤的假說
	c. 拒絕正確的假說
	d. 不足
4. 目標選擇	a. 不完整
	b. 不正確
	c. 不需要
	d. 不足夠
5. 程序選擇	a. 不完整
	b. 不正確
	c. 不需要
	d. 不足
6. 程序執行	a. 步驟遺漏
	b. 步驟重複
	c. 步驟增加
	d. 做錯順序
	e. 時間錯誤
	f. 不正確的分離位置
	g. 不正確的連續範圍
	h. 不完整
	i. 不相關的錯誤動作

資料來源：Rouse & Rouse(1983)

1. 系統特性

(1) Woods(1994)則以設計特性的表徵(Representational properties of designs)、認知系統(Cognitive System)與操作過程(Operational Process)為架構將自動化科技可能產生的疏失類型做區分。

資訊系統的設計特徵會衝擊人員認知活動，電腦化的設計特徵可分為：隱藏系統變化、事件和活動、激增模式、複雜多變的互動方式、激增視窗和顯示器、要求使用者存取一連串高度相關的資料以及產生新的介面管理作業。

認知系統則可分為：增加記憶需求、狀況察覺複雜化、損害注意力、產生管理工作負荷的壓力、損害心智模型與複雜化代理與複雜化代理人(agent)間的協調；操作過程分為：產生造成錯誤動作的陷阱、損害偵檢和回覆的能力、違反行為和自動化驚訝。

(2) Endsley(1995)提出在狀況察覺的三個階段個別可能發生的疏失分為：未正確接收資訊、未正確解釋資訊、錯誤的推論未來動作，除此之外，她還提出「無法維持多重目標」與「在自動化作業執行習慣的作業基模」，此兩種疏失都可能發生在狀況察覺的所有階段。

2. 團隊作業

(1) Helmreich(2000)將團隊疏失分為：違反行為(violation)、程序性(Procedural)、溝通(Communications)、熟練性(Proficiency)以及決策(Decision)。

所謂違反行為(violation)意指人員有意的未遵守程序書或規範；程序性(Procedural)意指執执行程序書步驟的錯誤；溝通(Communications)意指遺漏或錯誤的資訊交換或誤釋；熟練性(Proficiency)意指錯誤的產生是由於不足的知識或技能；決策(Decision)指產生會增加風險的決策。

第三章 研究方法

經由文獻回顧後，我們可以了解建立一個適用的人為疏失分類架構，可了解疏失的性質與成因，更利於未來的分析與了解。首先，本研究針對先進型控制室作業進行分析解構，再由作業的行為內容確認人為疏失的類型，再推論產生疏失的可能性，完成人為疏失分類架構表。完成架構表後，運用觀察法觀察實際電廠模擬運轉情節再經由與運轉人員訪談，了解在運轉中可能產生的疏失及遺漏，用以提出完善的建議方案。

3.1 研究架構及步驟

本研究進行之步驟及內容架構說明如下：

一、作業分析



為了能夠有效的對主控制室作業中之人為疏失做分析討論，我們必須透過”作業分析”對人員作業內容進行了解，透過作業分析的內容，我們可以了解兩類資訊：一是運轉員應具有的技术、知識；另一類則是工作環境所能提供的控制、顯示或程序書等輔助

作業分析所使用的分類架構，是根據人類資訊處理的階段，再確認各個階段內的主要作業，然後再確認每一個人類資訊處理階段內所執行的行為內容，此行為內容即為本研究探討人為疏失最基本的作業單位。

核能電廠的作業可概分為正常作業與異常作業兩種，正常作業為正常作業的運轉事件，包括電廠的啟動、關閉或是補充燃料。而異常作業則包括(1)儀控系統的錯誤、(2)人機介面的錯誤、(3)暫態、(4)意外以及(5)在設計基準以外的事件。下列為兩種作業流程與作業內容的說明：

1、正常作業分析

電廠在正常的運轉狀態下時，運轉員主要的工作為該情境下所需執行作業要如何妥善計畫與如何分配作業內容，然後執行作業中的步驟。在這些執行過程中，運轉員必須不停的搜集所需要的參數資訊，並且對執行步驟後系統所回饋的資訊做推論及解釋，以掌握系統狀況。在作業執行過程中，運轉員必須維持良好的狀況察覺、評估作業目標，並且就需要做相關的改善與修正。

2、異常作業分析

電廠的異常事件包括：

- (1) 儀控系統的故障：在意外發生時，一般模式下的儀控系統無法處理。
- (2) 人機介面的故障：處理程序的遺漏，或是警報、控制、程序書等顯示的遺漏。
- (3) 暫態：喪失外電。
- (4) 意外：主要蒸汽管破裂。
- (5) 合理的、具重要風險而在設計基準之外的事件，而此類是根據電廠特定的安全度評估決定。

在處理電廠異常作業時，運轉員首先會在觀察系統參數時偵測到故障或是超出正常範圍值的警報訊號，針對所產生的警報訊息做處理。接著將所偵測到的警報做相關組件狀況的資訊蒐集與狀況評估，做出該狀況的處理規劃。並且由值班主任下令給反應爐運轉員/輔助反應爐運轉員去執行計畫中所需的步驟，相同的，運轉員也必須在執行後隨時注意系統回饋的資訊以及相關組件的狀況，將搜集到的資訊解釋、整合後再規劃下一次的行動。

二、人為疏失型態確認

由於不同的行為內容，其可能產生的人為疏失類型也會有差異，對於所定義出的每一個類別行為內容，我們都可以去找出該行為形容所可能產生的人為疏失類型。

三、人為疏失原因分析

在了解人為疏失型態後，接下來就是對於疏失產生原因探討，以便未來能夠採取有效的改善方法以及預防措施來防止產生相同的疏失。

1、原因歸類

本研究將人為疏失產生原因劃分類別區分，以作為在探求人為疏失根本肇因的起點。

2、相關系統

在了解產生人為疏失的原因類別後，列出執行作業主要使用的系統設備，進而可以分析了解系統的可能缺失。



3.1.1 作業分析

在作業分析階段，由於本研究所探討的作業操作型態必須經由受過專業訓練且具有執照之運轉員方可執行，因此我們必須透過目前從事操作以及具有豐富相關經驗的運轉人員以進行現場作業了解與分析。本研究以人類資訊處理的不同階段為主要架構，利用偵測、狀況了解、反應計畫與反應執行四個處理階段中找出相關操作動作行為內容，列出功能需求的序列、引發行為的刺激、運轉員接收刺激後的反應以及系統對操作結果的回應等步驟，再利用訪談與具有電廠實際工作經驗之運轉人員及人因工程專家共同討論之後，針對電廠運轉之正常/異常處理作業進行作業分析列出「正常/異常作業步驟分析」(見圖 3-1、圖 3-2)，利用此分析表便可針對每一個行為內容所可能產生之人為疏失型態之建立。由於此作業分析主要用於人為疏失的架構分析，因此此作業分析程度

應涉及正常/異常作業中各種行為內容所發生之前的意識歷程，包括作業前的準備、異常偵測、資訊偵測、解釋、分析、評估、規劃作業及執行作業的一序列過程，並做出詳細行為內容與定義(表 3-1、表 3-2、表 3-3、表 3-4、表 3-5)如此將有助於了解可能產生的人為疏失。

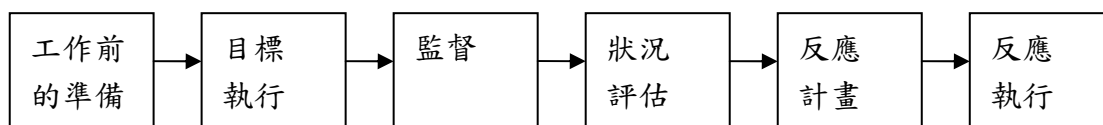


圖 3-1：正常作業步驟分析架構

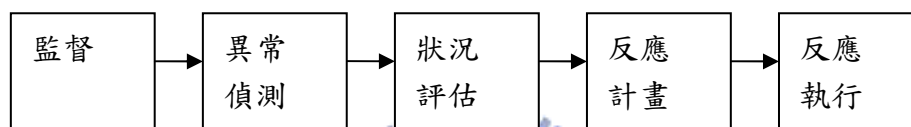


圖 3-2：異常作業步驟分析架構

3.1.2 階層式作業分析

目的在於將重要作業分解成次作業及更細項的作業步驟，從此分析中去探討每一作業中可能產生的人員疏失表徵。

表 3-1：正常作業「工作準備」之行為內容

	主要作業	行為內容	行為內容說明
工作準備	了解作業目標 了解作業分派	<ul style="list-style-type: none"> ● 交接班 ● 目標選擇 ● 程序(書)選擇 ● 分派 ● 協調 	<p>前、後班進行交接</p> <p>選擇正確的作業執行目標</p> <p>正確選擇執行目標需要的程序(書)</p> <p>運轉員各自了解自己需執行的作業</p> <p>團隊成員間作業內容與作業時間的配合</p>

表 3-2：正常作業「監督」之行為內容

	主要作業	行為內容	行為內容說明
監督	找出作業相關的資訊 接收環境中的信號或線索給予的資訊	<ul style="list-style-type: none"> ● 介面配置 ● 掃描資訊 ● 擷取資訊 ● 介面導覽 ● 過濾資訊 ● 讀取資訊 ● 通報 ● 消除警報聲 ● 辨識資訊 	<p>依作業需求配置個人顯示器畫面</p> <p>運轉員在多種資訊管道搜尋資訊</p> <p>運轉員在多種資訊來源中擷取作業執行所需要的資訊</p> <p>在個人顯示器進行資訊存取與檢索</p> <p>運轉員將擷取的多種資訊過濾成為有效的資訊</p> <p>將所過濾出有效的資訊讀取出來</p> <p>將有用的資訊宣佈給團隊成員</p> <p>運轉員間接收到宣佈的資訊</p> <p>辨識所讀取的資訊為正常或異常資訊</p>

表 3-3：正常作業「異常偵測」之行為內容

	主要作業	行為內容	行為內容說明
異常偵測	找出作業相關的資訊 接收環境中的信號或線索給予的資訊	<ul style="list-style-type: none"> ● 警報發生 ● 介面導覽 ● 警報過濾 ● 警報讀取 ● 通報 ● 消除警報聲 	<p>運轉員偵測到警報訊息的產生</p> <p>在個人顯示器進行資訊存取與檢索</p> <p>運轉員將擷取的多種警報訊息過濾出警報處理的優先權</p> <p>將所過濾出的警報訊息讀出</p> <p>將有用的資訊/警報訊息宣佈給所有團隊成員</p> <p>運轉員間接收到宣佈的資訊</p>

表 3-4：正常作業「狀況評估」之行為內容

	主要作業	行為內容	行為內容說明
狀況評估	發展與接收到的資訊一致的解釋 發展的解釋被構成電廠狀態的心智表徵 預期未來結果與未來必須觀察的參數	<ul style="list-style-type: none"> ● 解釋資訊 ● 分析資訊 ● 警報判別 ● 人員溝通 	<p>解釋接收的資訊內容</p> <p>分析整合過後的資訊，了解電廠狀態</p> <p>判別讀取的警報資訊</p> <p>團隊成員間互相傳送、接收資訊與討論建議等</p>

表 3-5：正常作業「動作執行」之行為內容

	主要作業	行為內容	行為內容說明
動作執行	排列執行動作的 優先順序 監看目標的達成 次要目標的調整	<ul style="list-style-type: none"> ● 介面導覽 ● 指揮 ● 回報 ● 執行控制動作 ● 動作評估 	在個人顯示進行資訊存取與檢索 管理者命令團隊其他成員執行相關作業步驟 執行者回覆執行內容 執行者做相關的控制動作 評估動作執行後的結果

3.1.3 人為疏失分類架構之建立

在完成對主控制室正常/異常作業的行為內容細分項目的分類表後，接下來必須針對每一項行為內容進行人為疏失分類架構之建立，建立此架構的目的主要是將各個步驟的行為內容中可能產生的人為疏失列出；在此階段本研究以 Wickens 所提出之人類資訊處理階段為基礎，再參考 Van Eekhout & Rouse (1981)、Rouse & Rouse(1985)、Woods(1994)、Endsly(1995)、Helmreich(2000) 等相關文獻建立適用於評估核能電廠主控制室人為疏失分類架構之方法，最後經由具有實際運轉經驗的運轉人員、人因工程專家等共同討論修正以將各個行為內容中可能出現的人為疏失予以確認後，建立出人為疏失分類架構(附錄一)。

表 3-6：正常作業人為疏失分類表-以「工作準備階段」為例

	行為內容	可能的錯誤
工作準備	● 交接班	交代不清 狀況接收不完整 工作日誌未盡詳實
	● 目標選擇	選擇錯誤的目標
	● 程序(書)選擇	選擇錯誤的程序(書)
	● 分派	人員指派不當 不了解自己的作業內容
	● 協調	作業時間安排不當 作業時限安排不當 作業地點安排不當 作業順序安排不當

表 3-7：異常作業人為疏失分類表-以「狀況評估階段」為例

	行為內容	可能的錯誤
狀況評估	● 解釋資訊	未解釋 資訊解釋錯誤
	● 分析資訊	均作相似的分析
	● 判別警報	誤釋警報內容
	● 推測資訊狀態	
	■ 有規則可尋	模式錯誤
	■ 沒有規則可尋	未評估
	◆ 問題評估	評估錯誤
◆ 假說選擇	與蒐集的資訊不一致	

	◆ 假說測試	不完整 接受錯誤的假說 拒絕正確的假說
	● 人員溝通	無法達成共識 達成錯誤的共識

3.1.4 人為疏失原因分析

根據每一項作業內容所可能產生的疏失內容去探討其發生原因，本研究根據先進型電廠之設計特性以及與具有實際電廠運轉經驗的運轉人員、人因工程專家進行討論之後，將所有可能造成疏失的原因作一彙整。

表 3-8：人為疏失原因分析表—以「監測」作業為例

	行為內容	可能的錯誤	可能的原因
監測	● 介面配置	未做配置	工作負荷過高
		不當的配置	運轉員未依作業資訊需求做配置
	● 掃描資訊	漏失重要的系統參數	過度注意
			重要資訊未突顯 資訊散落太廣
	● 警報發生	未察覺警報	警報數量太多 警報產生的位置不明確
	● 介面導覽	未做	時間壓力
		找錯頁面	頁面過多 頁面結構過於複雜 資訊途徑不明顯
找不到頁面			頁面過多

		<p>頁面結構過於複雜</p> <p>資訊途徑不明顯</p>
● 過濾資訊	過濾相關重要資訊	<p>參數值過多</p> <p>資訊位置不明顯</p> <p>重要資訊未突顯</p>
● 警報過濾	過濾相關重要警報	<p>重要警報未突顯</p> <p>同時警報過多</p> <p>時間壓力</p>
● 擷取資訊	<p>未擷取足夠的系統參數</p> <p>未擷取重要的系統參數</p>	<p>需作業面切換</p> <p>需資訊分享</p> <p>預先形成印象</p>
● 讀取資訊	讀錯系統參數	<p>數值顯示過小</p> <p>排列過密</p> <p>顯示格式的改變</p>
● 警報讀取	讀取不相關的警報	<p>工作負荷過高</p> <p>同時警報過多</p>
● 介面導覽	未做	時間壓力
	找錯頁面	<p>頁面過多</p> <p>頁面結構過於複雜</p> <p>資訊途徑不明顯</p>
● 通報	未通報	工作負荷過高
● 消除警報聲	未做	工作負荷過高
● 辨識資訊	將異常資訊辨別為正常	對異常資訊敏感度低
	將正常資訊辨別為異常	預先形成印象

3.1.4.1 疏失原因分類

在了解的所有可能產生疏失的原因之後，本研究進一步將疏失的原因進行分類，此一分類主要用以了解疏失產生的根本源頭。方便未來分析人員直接進行肇因分析，用以能夠快速了解疏失的內容，進而預防重蹈覆轍。

表 3-9：疏失原因分類表-以「狀況評估」為例

	行為內容	可能的錯誤	可能的原因	原因歸類
狀況評估	● 解釋資訊	未解釋 資訊解釋錯誤	不符合運轉員預期 資訊難以理解	人員 設計

3.1.4.2 相關系統

在歸類出疏失原因的類別之後，本研究進而列出執行該作業內容所主要使用的相關人機介面設備，用以快速的找出在人機介面設計或配置上可能造成人員疏失的原因以及提出改善方向。

表 3-10：人為疏失分類架構表-以「監測」為例

	行為內容	可能的錯誤	可能的原因	原因歸類	相關系統
監測	● 介面導覽	未做	時間壓力	人員	個人顯示
		找錯頁面	頁面過多	設計	
			頁面結構過於複雜	設計	
			資訊途徑不明顯	設計	
找不到頁面	頁面過多	設計			
	頁面結構過於複雜	設計			
	資訊途徑不明顯	設計			

3.1.5 人為疏失分類分析步驟

經由上列分析發展之後，本研究之疏失分類共由三個主要步驟形成，包括

- (1)了解人員執行步驟的「作業分析」，
- (2)協助確認疏失的「人為疏失類型確認」，
- (3)協助肇因分析的「疏失原因列表」以及原因分類。

3.2 電廠實際運轉作業觀察

為了驗證本研究所發展之人為疏失分類架構在實際電廠應用的效果，本研究利用觀察法去針對電廠中真實模擬情節進行分析作業，應用所發展的分類架構於其中，以期能由實際使用中發現不足之處，作為日後修正此架構以及後續研究之起點。

3.2.1 受測者

先進型核能電廠主控制室的團隊為三人一組的人員配置，共有兩組運轉團隊，一組受過初步的先進型人機介面訓練，因此較熟悉整體介面的操作；另一組則未受過完整的訓練，且較無先進型介面操作的經驗，因此較不熟悉整體介面的操作。每個團隊的人員配置為三人，每組都包含有值班主任(SRO)、反應爐運轉員(RO)和輔助反應爐運轉員(ARO)人員，每位運轉員都具有合格的運轉執照且擁有豐富的傳統型主控制室的運轉經驗。

3.2.2 測試環境

進行模擬測試的先進型主控制室，由警報系統和監控介面兩個主要部份所組成。

警報系統由二個主要元件組件：

(1)警報顯示窗

警報顯示窗由警報訊息視窗所組成，而本研究的警報訊息皆依電廠功能組織被群組跟分類到顯示窗。在多個警報出現時，先進型警報系統會將警報先組織、分類，然後再平行的將這些警報呈現出來。

(2) 警報訊息列表

警報訊息列表顯示在 VDU 工作站，顯示器提供所現有警報的排序，也可以更新較高優先順序的警報到警報顯示窗上。

先進型主控制室主要監控人機介面由下列三大部份所組成。

(1) 大型展示盤面(Overview Display)：

- 有 9 個安全有關與 10 個非安全有關的 VDU，可提供操作及監視系統、參數功能用。
- 另有一個大型可變動的顯示器 (Large Variable Display ; LVD)，可將非安全有關的 VDU 畫面投射在其上展示。

(2) 主控制盤面 (Main Control Console ; MCC)：

- 有 3 個安全有關與 20 個非安全有關的 VDU，可提供操作及監視系統、參數功能用。

(1) 值班主任專用監視盤面 (Shift Supervisor Console ; SSC)：

■ 有 3 個非安全有關的 VDU，僅提供監視系統、參數用，但無操作功能。每一個部份都包含影像顯示單元 (Video Display Unit ; VDU)、硬式開關 (Hard Switches) 等，另大型展示盤面提供了整個電廠正常/異常/緊急的機組運轉重要資訊。

3.2.3 測試情節

在實際電廠運轉中，依產生的警報數量與警報類型(如：嚴重的暫態)，可將運轉情節分為正常運轉情節與異常運轉情節。再經由與具有豐富經驗的運轉人員、人因工程專家討論、提出建議之後，選取出兩個正常與異常的代表性情節做為分析之用。

(1)正常運轉情節-Turbine Startup

Turbine start-up 為例行性的正常運轉作業，亦屬於程序層 (procedure-based) 的作業。運轉員有標準程序書 (procedure) 可供依循，只要逐步執行步驟即可完成作業。Turbine start-up 主要的作業內容為從控制棒的控制以提升電廠功率、接著確認其他輔助系統啟動前的確認到最後控制汽機運轉速度到達穩定值。

(2)異常運轉情節-LOCA with LOOP

LOCA with LOOP 為緊急的異常運轉作業，亦屬於知識層次 (knowledge-based) 的作業，也就是運轉員沒有一個標準化的程序步驟可依循，必須靠著自身的專業知識以及經驗來完成作業。此情節的主要作業內容在瞭解隔離管路破管的問題並且適時的將飼水補進反應爐以確保電廠在安全穩定的狀態。

3.2.4 情節紀錄

本研究已先前發展出之人為疏失架構所觀察的情節(附錄二)，記錄在正常及異常運轉情境之作業內容。根據對每一個作業內容的定義，紀錄三位運轉員在執行作業時的對話與動作，已完成一項資訊處理作業為單位。並從人員產生的行為內容及作業執行結果推論人員是否有執行該行為步驟(如 RO 讀取出水位資訊，則推論 RO 有掃描、擷取到水位資訊)，預期透過此紀錄分析可以了解運轉員執行作業中未執行的行為或有產生錯誤的行為。(表 3-11、表 3-12)

表 3-11：正常作業紀錄表範例

		SRO	RO	ARO
工作準備	交接班			
	目標選擇	抽棒		
	程序書選擇		選擇抽棒方式	
	分派	RO 做抽棒作業 ARO 先檢視自己負責的盤面		
	協調	抽棒時，請 ARO 做 RO 的 double check		
偵測	介面配置			
	掃描資訊			
	警報發生			
	介面導覽			
	過濾資訊			
	警報過濾			
	擷取資訊			
	讀取資訊			
	警報讀取			
	介面導覽			
	通報			
	辨別資訊			真空泵兩台在運轉，然後 MS 是由 oil 供給，壓力 1.3。 現在由 Bypass valve，然後經由 SCV auto level
狀態評估	解釋資訊			
	分析資訊			
	判別警報			
	人員溝通			
反應計劃	反應規劃	下令確認 RWCU 泵、真空泵		
	評估			

	警報處理			
	人員溝通			
反應 執行	介面導覽			
	指揮			
	回報			有兩台真空泵在運轉，然後 MS 是由 oil 供給，壓力 1.3。 飼水目前由 Bypass valve，然後經由 SCV auto level
	追蹤			
	控制動作			
	動作評估			
	人員支援			
	人員協調			
	Silence			

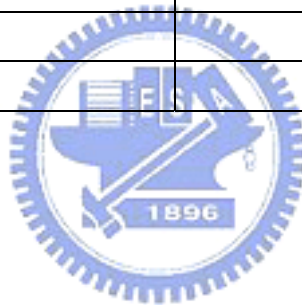


表 3-12：異常作業紀錄表範例

		SRO	RO	ARO
偵測	掃描資訊			
	警報發生			
	介面導覽		V	
	過濾資訊		V	V
	警報過濾		X	X
	擷取資訊		V	V
	讀取資訊		反應爐水位 179 反應爐壓力 56 抑壓池 37°C 抑壓池水位 721	反應爐水位 level 2
	通報		V	V
	Acknowledge	V		
	辨別資訊		RCIC 啟動 RHR 兩台啟動	HPCF 啟動 TDRFP 全跳 汽機與發電機跳掉
	狀態評估	解釋資訊		反應爐水位低
分析資訊		汽機與發電機狀況 反應爐壓力	反應爐水位持續下降	
判別警報		X	X	X
推測狀態			反應爐水位過低	
問題評估			反應爐需要補水	
假說選擇				
假說測試				
人員溝通				
反應計劃	制訂目標	反應爐補水		
	反應規劃		建議啟動 HPCF 補水	
	估算問題	啟動 HPCF B 台補水		
	評估	HPCF B 台目前可用 來作反應爐補水	HPCF B 台目前可用 來作反應爐補水	
	排序	使用 HPCF B 補水	使用 HPCF B 補水	
反應執行	介面導覽			
	指揮			
	回報			

	追蹤			
	控制動作		啟動 HPCF B 補水	
	動作評估			
	人員支援			
	人員協調			
	Silence		X	X



第四章 分析結果

本章將使用先前所發展出的人員疏失分類架構的觀察的結果進行討論與分析，了解運轉團隊在執行不同情境作業(正常/異常)時所執行的步驟和行為內容的遺漏及疏失。再針對不同情境下產生的疏失做一整合分析，用以提出妥善的建議及改善措施。

4.1 正常案例 (Turbine startup) 分析：

為了解在執行正常作業的作業步驟時，產生什麼樣的疏失或是遺漏了哪些作業步驟以及了解產生疏失的可能原因。本研究將從工作前準備、監督、異常偵測、狀況評估、反應計畫和反應執行六個階段作分析探討：

4.1.1 較無先進型主控制室介面操作經驗的團隊

1、監督

從觀察結果中我們可以看出，在監督階段中，此團隊所讀取回報的資訊多集中在棒次資訊、水位等較為低階的資訊，以致在運轉過程中，值班主任在判斷系統狀況時必須不停的向運轉員要求資訊。且運轉員較少使用個人顯示器 (VDU) 去擷取資訊，大多讀取由大型展示盤面所提供經整合後之高階參數值(如反應爐壓力、水位等)。

表 4-1：較無先進型主控制室介面操作經驗的團隊「監督階段」可能疏失表

	行為內容	可能的錯誤	可能的原因
監督	● 掃描資訊	漏失重要的系統參數	過度注意 重要資訊未突顯 資訊散落太廣
	● 介面導覽	未做	時間壓力 頁面過多 頁面結構過於複雜 資訊途徑不明顯

● 過濾資訊	過濾相關重要資訊	參數值過多 資訊位置不明顯 重要資訊未突顯
● 擷取資訊	未擷取足夠的系統參數 未擷取重要的系統參數	需作業面切換 需資訊分享 預先形成印象

情節觀察錯誤行為內容：

反應爐運轉員在執行抽棒作業並回報所抽的棒次資訊時，將顯示在個人顯示器上的棒次順序資訊讀錯。該狀況實際作業對話內容如下：

--

SRO：好，RWCU 解決了。那現在繼續抽棒

RO：好，繼續抽棒，目前週期 1000。現在抽到第 32 個 Sequence number，gain 4，從 0，不對!!

RO：應該是 Sequence number 20 看錯了，gain 3，從 32 抽到 40

--

表 4-2：較無先進型主控制室介面操作經驗的團隊「監督階段」可能疏失表

行為內容	產生疏失	可能的原因
● 讀取資訊	-讀錯系統參數	-參數數值顯示過小 -排列過密

2、異常偵測

當反應爐運轉員偵測到異常警報產生時，觀察中多是直接將警報聲消除 (silence)，可能是同時產生的警報數量過多，運轉員在作業執行過程中無暇顧及，故聽到警報聲音便直接按下警報聲消除鍵且未有後續相關警報處理過程。

表 4-3：較無先進型主控制室介面操作經驗的團隊「異常偵測」可能疏失表

行為內容	產生疏失	可能的原因
● 警報過濾	-過濾重要警報	-重要警報未突顯 -同時警報過多 -時間壓力
● 警報讀取	-讀取不相關的警報	-工作負荷過高 -同時警報過多
● 通報	-未通報	-工作負荷過高
● Acknowledge	-未做	-工作負荷過高

3、狀況評估

人員在評估電廠狀況前，會將異常偵測階段將警報訊息聲消除，但在警報消除後，對於警報資訊並不會特別去了解或判別。且在評估階段，此團隊人員的溝通多是由值班主任說明所評估出的電廠狀態，較少有溝通或討論去瞭解團隊成員間對電廠狀況是否有共同的了解與評估。



情節觀察錯誤行為內容：

在影帶觀察中，運轉員在解決 RWCU 系統所產生的問題後，直接表明未來遇到相似的問題時，直接套用此解決模式，但在大型複雜動態系統中，狀態的產生往往可能是許多不同因素所造成。因此，若僅對該狀況預先產生的印象，而直接將預想的情況套用在所產生的問題上，人員對該狀況可能會減少分析與評估步驟，導致模式的錯誤。該狀況實際作業對話內容如下：

SRO：那程序書有要求，RWCU 的流量是放在泵，那我們把 RWCU 的流量….

ARO：沒有，把***0024 放到 auto flow，再把它放到 auto level

SRO：可以，因為現在上游壓力建立起來了嘛，對不對

ARO：對

SRO：以後就這樣做

RO：好。

表 4-4：較無先進型主控制室介面操作經驗的團隊「狀況評估」可能疏失表

行為內容	產生疏失	可能的原因
分析資訊	-均做相似的判斷	-預先形成印象 -過度相信類似的線索
警報判別	-未做判別	-誤釋警報內容 -工作負荷過高 -對電廠狀況不了解
討論	-無法達成共識 -達成錯誤的共識	-權威式領導風格 -質疑

4、反應計畫

本組人員在處理原本已排定的作業時，對於所產生的警報訊息並沒有後續處理的計畫。對於所產生的反應計畫，團隊人員間也較少有共同討論評估計畫可行性的過程，可能導致執行不適當的反應計畫後再進行修正，以致於目標作業的延誤或觸發其他事件的產生。

表 4-5：較無先進型主控制室介面操作經驗的團隊「反應計畫」可能疏失表

行為內容	產生疏失	可能的原因
● 警報處理	-未處理	-工作負荷過高
● 討論評估	-無法達成共識 -達成錯誤的共識	-權威式領導風格 -質疑

5、反應執行

在執行作業時，運轉員應將自己所執行的作業結果主動回報的其他團隊成員，以讓全體成員了解及掌握作業的執行狀況。而觀察情節中，反應爐運轉員在執行作業時對於執行狀況的回報較為被動，常由值班主任要求回報目前執行狀況以及相關參數值。

情節觀察錯誤行為內容：

在 RO 未主動回報抽棒資訊情況下，SRO 要求 RO 在每次抽棒時皆有參數值回報，讓 SRO 能夠了解目前抽棒狀況。實際作業對話內容如下：

--

SRO：RO，每次抽棒的時候都喊一聲。大概從幾到幾，讓我知道一下。

RO：好

RO：現在還是 gain 3，***，現在這個 step 是要從 24 到 32，現在已經抽到 28 了。

SRO：好

--

表 4-6：較無先進型主控制室介面操作經驗的團隊「反應執行」疏失表

行為內容	產生疏失	可能的原因
回報	-未回報 -未詳細回報	 -執行同時作業 -工作負荷過高 -沒有回饋 -回饋時間過長 -同時作業 -工作負荷過高 -沒有回饋 -回饋時間過長

4.1.2 較有先進型主控制室介面操作經驗經驗團隊

1、工作前的準備

從影帶觀察中發現，本組運轉人員在作業執行後才依據電廠狀況選擇欲使用的抽棒程序，並未在執行作業前對所欲執行的抽棒作業選擇適合的程序，此與抽棒作業執行程序有所不同。

表 4-7：較有先進型主控制室介面操作經驗的團隊「工作準備」可能疏失表

行為內容	產生疏失	可能的原因
● 程序(書)選擇	-未選擇程序(書)	-未掌握電廠狀態

2、監督

從運轉員所讀取的資訊中我們可以看出，在監督階段中，此團隊在回報的參數資訊相當多樣且較為複雜，包含汽機、反應爐、棒位等大量的資訊。人員可能擷取了大量資訊但未完整過濾所掃描的資訊，便將所有蒐集到的資訊予以回報給團隊其他成員。

表 4-8：較有先進型主控制室介面操作經驗的團隊「監督」可能疏失表

行為內容	可能的錯誤	可能的原因
● 過濾資訊	-未過濾 -過濾相關重要資訊	-參數值過多 -資訊位置不明顯 -重要資訊未突顯
● 擷取資訊	-未擷取足夠的系統參數 -未擷取重要的系統參數	-需作業面切換 -需資訊分享 -預先形成印象

3、異常偵測

當反應爐運轉員偵測到異常警報產生時，觀察中多是直接將警報聲消除，而未進一步處理該警報，另外，也有少數警報運轉員並未做任何處置，而且也未有後續相關警報處理過程，可能原因為運轉員在工作負荷過高時無法分心處理正在執行作業外的的工作項目。

表 4-9：較有先進型主控制室介面操作經驗的團隊「異常偵測」可能疏失表

行為內容	產生疏失	可能的原因
● 警報過濾	-過濾重要警報	-重要警報未突顯 -同時警報過多 -時間壓力
● 警報讀取	-讀取不相關的警報	-工作負荷過高 -同時警報過多
● 通報	-未通報	-工作負荷過高
● Acknowledge	-未做	-工作負荷過高



4.1.3 正常情節分析小結

由影帶與訪談紀錄的觀察分析，可以整理出兩組在 Turbine start-up 作業執行的結果：

1、工作前的準備

較無先進型主控制室介面操作經驗團隊在作業前將即將執行的作業目標與作業程序討論且制訂清楚，並在作業前即完成人員的分派與協調；較有先進型主控制室介面操作經驗團隊則在選定作業目標後開始執行作業內容，在作業執行中才完成作業程序的確認與人員的協調。因此，較無先進型主控制室介面操作經驗團隊人員在作業前的準備時間明顯高於較有先進型主控制室介面操作經驗團隊人員。

2、監督

在沒有時間壓力的 Turbine Startup 作業中，較有先進型主控制室介面操作經驗團隊人員在監視電廠訊息時，其監視型態是廣泛的掃描與擷取，且較常利用個人顯示器去擷取訊息，相較於較無先進型主控制室介面操作經驗團隊，其監視型態是集中在某些作業相關的資訊，而且較少利用個人顯示器去擷取訊息。由回報的訊息內容看，較有先進型主控制室介面操作經驗團隊人員所回報的訊息多且複雜，較無先進型主控制室介面操作經驗團隊人員回報的訊息較少且簡單。

3、警報處理

在已排定欲執行作業的情況下，兩組人員對警報訊息都沒有太多的後續處理動作，運轉人員大多只對產生的警報訊息做警報聲消除的動作後便繼續執行原先的作業。而較無先進型主控制室介面操作經驗團隊人員多在警報產生後立即消除警報聲，較有先進型主控制室介面操作經驗團隊人員則是在警報發生後約 10 秒間才會按下警報聲消除鍵(silence)。

4、狀況評估

較有先進型主控制室介面操作經驗團隊人員在執行抽棒作業前，對電廠做了較長時間的狀況評估，不停的蒐集不同資訊以評估是否適合開始作業。而較無先進型主控制室介面操作經驗團隊人員在簡單評估較少數的參數值後，即開始執行先前預定的抽棒作業。

5、反應執行

當較無先進型主控制室介面操作經驗團隊之反應爐運轉員在執行作業而警報訊息卻響起的同時，反應爐運轉員會單手操作警報聲消除鍵 (silence)，另一手則執行原本的作業，其眼神多停留在執行預定作業的個人顯示器上，未暫停正在進行的作業，也並未將視線轉移至警報訊息窗上。而較有先進型主控制室介面操作經驗團隊之反應爐運轉員則會先停下原本工作，先將警報聲消除後再繼續原本執行的作業。而較無先進型主控制室介面操作經驗團隊人員在回報執行資訊上較少且為被動，較有先進型主控制室介面操作經驗團隊人員在回報執行資訊上數量則較多且較為主動。

4.2 異常案例(LOCA with LOOP)分析：

在異常作業中，人員在產生的大量資訊及時間壓力的狀況下執行作業。在作業中可能會產生什麼樣的人為疏失、遺漏哪些重要的作業步驟以及了解產生疏失的可能原因。本研究將從監督、異常偵測、狀況評估、反應計畫和反應執行五個階段作分析探討：

4.2.1 較無先進型主控制室介面操作經驗團隊

1、監督

從運轉員所讀取的參數值和系統狀態中，可以看出此組運轉人員在處理異常作業時是廣泛的掃描整個大型展示盤面的資訊，擷取資訊的範圍較廣，幾乎未使用個人顯示器蒐集詳細的資訊內容，可能是處於 LOCA with LOOP 有時間壓力的緊急情境下，運轉人員不願意多花時間去做介面管理的作業以取得資訊。

表 4-10：較無先進型主控制室介面操作經驗的團隊「監督」可能疏失表

行為內容	可能的錯誤	可能的原因
● 掃描資訊	漏失重要的系統參數	過度注意 重要資訊未突顯 資訊散落太廣
● 介面導覽	未做	時間壓力 頁面過多 頁面結構過於複雜 資訊途徑不明顯
● 過濾資訊	未過濾 過濾相關重要資訊	參數值過多 資訊位置不明顯 重要資訊未突顯 時間壓力

2、異常偵測

影帶觀察中，當警報訊息產生，運轉人員仍繼續執行原本所執行的作業，在高度緊急的情況下，運轉人員也未有消除警報聲(silence)的動作，在值班主任提醒後才會去消除警報聲。

表 4-11：較無先進型主控制室介面操作經驗的團隊「異常偵測」可能疏失表

行為內容	可能的錯誤	可能的原因
● 警報發生	未察覺警報	警報數量太多 警報產生的位置不明確
● 警報過濾	過濾相關重要警報	重要警報未突顯 同時警報過多 時間壓力
● 通報	未通報	工作負荷過高
● Acknowledge	未做	時間壓力 工作負荷過高

3、狀況評估

此組運轉團隊大多利用討論的方式來預測電廠狀態，對電廠狀態未做完整的診斷與了解，或是在選擇了假說之後即產生反應計畫而沒有測試所選擇的假說是否適當，因此產生了不合適的反應計畫。

情節觀察錯誤內容說明：

在情節觀察中，因為反應爐壓力快速降低，討論後無法了解為何壓力快速降低的原因卻也未對狀態做詳細評估與診斷，實際對話內容如下：

--

SRO:如果破管的話，它壓力應該會往下洩，你現在壓力可以從 100 多，一直退到***，假如說……

RO:可是你看它一定是很大的破管它壓力才會洩那麼快呀，如果小破管壓力就不會洩那麼快

SRO:對，那現在壓力又上來。現在壓力又上來的話，如果說它破管可以得到…。現在現象很奇怪，破管壓力又一直上來。這個…

RO:還是它有破管

SRO:不知道，這很奇怪，這壓力…

--

表 4-12：較無先進型主控制室介面操作經驗的團隊「狀況評估」可能疏失表

行為內容	可能的錯誤	可能的原因
● 判別警報	誤釋警報內容	對電廠狀況不了解
● 推測資訊狀態		
■ 有規則可尋	模式錯誤	太多相似的應用模式
■ 沒有規則可尋	未評估	資訊不足夠
◆ 問題評估	評估錯誤	資訊過多
◆ 假說選擇	與蒐集的資訊不一致	過多的資訊
◆ 假說測試	不完整 接受錯誤的假說 拒絕正確的假說	時間壓力
● 討論	無法達成共識 達成錯誤的共識	權威式領導風格 質疑

4、反應計畫

在 LOCA with LOOP 作業觀察中，在完成行動計畫後，運轉人員間少有討論與評估動作計畫可行性，便直接執行計畫，以致可能執行了該癥狀中不適宜或是不需要的作業行為，而且若同時有警報產生，運轉人員對警報訊息並沒有進行相關的處理計畫。

表 4-13：較無先進型主控制室介面操作經驗的團隊「反應計畫」可能疏失表

行為內容	可能的錯誤	可能的原因
● 警報處理	未處理	不了解警報內容
● 討論評估	未討論 無法達成共識 達成錯誤的共識	時間壓力 權威式領導風格 質疑

5、反應執行

運轉員執行動作後，大多會直接執行下一個作業，少有評估已執行的動作狀態的步驟，也未對整個團隊進行回報動作，在值班主任要求回報下才對相關參數值做回報。

表 4-14：較無先進型主控制室介面操作經驗的團隊「反應執行」可能疏失表

行為內容	可能的錯誤	可能的原因
● 動作評估	未評估 評估錯誤 無法評估	時間壓力 沒有回饋 回饋時間過長
● 回報	未回報 未詳細回報	執行同時作業 工作負荷過高 沒有回饋 回饋時間過長



4.2.2 較有先進型主控制室介面操作經驗的團隊

1、監督

在電廠產生嚴重暫態，人員在監督電廠狀態時，會有只注意某些資訊(例如：水位、壓力)的情形產生。人員會將注意力集中在顯示器的某些區塊，且在利用個人顯示器去找尋、了解詳細資訊訊息的次數也相對減少。因為人員所讀取及回報的參數值集中在某些資訊上，可能會過濾掉其他重要訊息。

表 4-15：較有先進型主控制室介面操作經驗的團隊「監督階段」可能疏失表

行為內容	可能的錯誤	可能的原因
● 掃描資訊	漏失重要的系統參數	過度注意 重要資訊未突顯 資訊散落太廣
● 過濾資訊	未過濾 過濾相關重要資訊	參數值過多 資訊位置不明顯 重要資訊未突顯 時間壓力

2、狀況評估

團隊在對電廠狀態做診斷及推測時，人員間鮮少透過討論的過程以了解團隊間對電廠狀態是否有相同的認知，且對於所產生的警報訊息也較少作內容的判別。

表 4-16：較有先進型主控制室介面操作經驗的團隊「狀況評估階段」可能疏失表

行為內容	可能的錯誤	可能的原因
● 判別警報	誤釋警報內容	對電廠狀況不了解
● 討論	無法達成共識 達成錯誤的共識	權威式領導風格 質疑

3、反應計畫

在 LOCA with LOOP 作業觀察中，在完成行動計畫後，運轉人員間少有討論與評估動作計畫可行性，便直接執行計畫，以致可能執行了該癥狀中不適宜或是不需要的作業行為，而且若同時有警報產生，運轉人員對警報訊息並沒有進行相關的處理計畫。

情節觀察錯誤內容說明：

在情節觀察中，因為喪失外電而造成 CRV 系統無法啟動，值班主任下令啟動後，團隊成員未對此目標作完整評估即執行作業，而執行失敗，實際對話內容如下。

--

SRO：CRV 補水，CRV 的狀況 check 一下

RO：CRV 兩台都跳掉了

SRO：兩台都跳掉了

RO：嗯

SRO：有沒有辦法啟動一台

RO：CRV 啟動是不是？OK！

(RO 執行啟動 CRV)

RO：報告值班主任，CRV 沒有辦法啟動，因為喪失外電

--



表 4-17：較有先進型主控制室介面操作經驗的團隊「反應計劃階段」可能疏失表

行為內容	可能的錯誤	可能的原因
● 警報處理	未處理	
● 討論評估	未討論 無法達成共識 達成錯誤的共識	時間壓力 權威式領導風格 質疑

4、反應執行

運轉員執行動作後，會直接執行下一個作業，對於已執行的動作狀態運轉員少有評估的步驟，也未能對整個團隊進行回報動作，在值班主任要求回報下才對相關資訊做回報。

情節觀察錯誤行為內容：

在情節觀察中，值班主任下令反應爐運轉員檢查 APRM 系統是否有異狀，反應爐運轉員檢查後無異狀卻未主動回報，等到值班主任詢問後才執行回報動作，實際對話內容如下：

--

SRO:RO!!你看看 APRM 裡面是不是有什麼問題，APRM

RO:APRM

SRO:對!!

.

.

SRO:RO!!剛才那個 APRM 那邊有什麼問題?

RO:沒有問題

--



表 4-18：較有先進型主控制室介面操作經驗的團隊「反應計劃階段」可能疏失表

行為內容	可能的錯誤	可能的原因
● 動作評估	未評估 評估錯誤 無法評估	時間壓力 沒有回饋 回饋時間過長
● 回報	未回報 未詳細回報	執行同時作業 工作負荷過高 沒有回饋 回饋時間過長

4.2.3 異常情節分析小結

1、監督

從監督階段可以看出較有先進型主控制室介面操作經驗團隊人員集中在電廠重要資訊上的掃描，所讀取的參數值較少，而較無先進型主控制室介面操作經驗團隊人員所讀取出的參數範圍較廣，且會擷取大型展示介面的各系統的參數。較有先進型主控制室介面操作經驗團隊人員較常使用介面管理去了解詳細的資訊與趨勢。

2、異常偵測

兩組對警報的產生皆沒有後續的處理動作，較無先進型主控制室介面操作經驗團隊人員會去做消除警報聲(silence)的動作，而較有先進型主控制室介面操作經驗團隊人員在高度緊急的情況下，會繼續執行原本的作業而省略消除警報聲的動作。



3、狀況評估

較無先進型主控制室介面操作經驗團隊人員在面對無法推測的狀態時，大多用討論的方式去產生對電廠的評斷。而較有先進型主控制室介面操作經驗團隊人員會透過診斷的動作來了解可能的問題。兩組相同的是，在狀況評估階段，也甚少對警報窗內的警報做相關的處理與了解。

4、反應計畫

由分析記錄可以看出，在 LOCA with LOOP 緊急的情境下，較有先進型主控制室介面操作經驗團隊人員會產生許多種反應計畫來解決電廠所產生的異常現象，且反應爐運轉員也較會主動提出建議方案供值班主任參考；而較無先進型主控制室介面操作經驗團隊人員大多是等待值班主任給予指令後才開始動作。

5、反應執行

兩組反應爐運轉員在執行完動作後，會轉而執行其他作業，對於評估先前作業的完成度及結果的行為較少，且兩組都有值班主任向運轉員要求回報執行結果的情形，顯現運轉員對於資訊回報的主動性較為不足。但在情節觀察中顯示，較無先進型主控制室介面操作經驗團隊人員在狀況處理中較偏向”以癥狀處理為導向” (Symptom-based)的處理方式，發現該系統參數產生異常就轉而處理該系統癥狀；較有先進型主控制室介面操作經驗團隊人員則傾向完成某一系統達到穩定之後再處理下一個系統癥狀。



第五章 結論與建議

5.1 結論

人為疏失是造成核能電廠意外事件發生的主要因素之一。因此，為了達到控制並進一步減少疏失的發生，最根本且主要的工作便是對人為疏失的發生原因進行了解；本研究以核能電廠先進型主控制室之運轉團隊為主要研究對象，利用探討疏失成因為觀點對人員在執行作業過程中可能發生的人為疏失進行探討，先依據人員作業建立一個以”人類資訊處理程序為導向”之人為疏失分類架構，按照作業在進行時每一種詳細的行為內容中所可能產生的疏失予以確認，並就每一種疏失整理出引發的可能原因。

1. 監督

(1) 正常作業

- ✓ 在沒有時間壓力的 Turbine Startup 作業中，較有先進型主控制室介面操作經驗團隊人員相較於較無先進型主控制室介面操作經驗團隊，會利用個人顯示器去擷取訊息。因此對於操作介面的熟悉度會影響到人員擷取資訊的形式，故當主控制室介面操作型態改變時，必須讓運轉員深入了解介面的使用方法及介面管理的策略
 - **訓練課程的建議**：必須針對先進型的介面使用應擬訂專門的訓練課程。

(2) 異常作業

- ✓ 根據訪談的資料指出，兩組運轉員皆提出在大型展示盤面中所提供的資訊在緊急暫態下已足夠運轉員做判斷，所以在異常狀況產生造成人員工作負荷較高的情況下，運轉員幾乎很少執行介面管理作業去擷取詳細的資訊 (O' Hara and Brown, 2001)。
- ✓ 兩組人員在異常情節下對資訊的掃描型式有差異。較無先進型主控制室介面操作經驗團隊人員在異常情節中擷取的資訊較廣泛也較

多元。但在有時間壓力下快速的擷取作業所需的參數值有助於電廠的評估與規劃。

➤ **訓練課程的建議：**可以加強人員在不同情況下對資訊掃描、擷取的訓練，且在緊急程序書中，所需擷取的資訊要能一致且容易取得，以免造成運轉員在頁面中不停的轉換尋找資訊的情形。

➤ **在個人顯示器介面設計有下列建議：**

1. 重要的資訊避免隱藏在頁面內：重要的資訊並不適合放在隱藏的頁面中，以免增加運轉員執行次要作業的工作負荷或漏失掉作業處理中的重要資訊。
2. 完整的網路顯示結構：當運轉員在處理嚴重的暫態時，需要在頁面間快速的存取資訊，線性排列的顯示頁面可使運轉員有順序的搜尋需要的資訊，而不需在頁面找尋間增加新的認知工作負荷。

2. 警報處理

✓ 在情節觀察中，無論是正常或異常的情形下，人員對警報訊息的產生大多無暇顧及。在正常情節中，運轉員在消除警報聲後，便轉而繼續執行原有的作業，在預定作業完成後才會做警報的檢視，當警報的數量為大量的時候，運轉員的資訊處理能力會變得過度負擔 (Sorkin and Woods, 1985)。而異常情節中，高度時間壓力下，因此消除警報聲的步驟也常會被省略，因為當工作負荷增加時，人員偵測錯誤的能力也會下降(Ephrath and Young, 1981)。

➤ **對於警報系統的設計有下列建議：**

1. 警報數量的縮減：縮減警報數量可讓運轉員能夠在有效的時間內偵測到警報，了解電廠狀況並採取行動，Marshall(1982)的研究中也指出，經過濾後的警報訊息列

表可產生更佳的運轉績效。

2. 群組化警報：將警報訊息經過群組(如優先權、功能、時間等)整合後再呈現給運轉員，讓運轉員可以更快速直接的擷取重要的警報訊息。

3. 狀況評估

- ✓ 較無先進型主控制室介面操作經驗團隊人員在了解電廠狀態時，大多用討論的方式去產生對電廠的評斷。而較有先進型主控制室介面操作經驗團隊人員會透過診斷的動作來了解可能的問題。因此，建立良好的溝通型態，可讓成員建立較佳的團隊狀況察覺，另外，面對大量的資訊需更有效的整合過濾成為該作業中有效的資訊再分享給其他團隊成員，建立共有的團隊狀況察覺

➤ **團隊互動間的建議：**應更加強團隊間的互動訓練。

4. 反應計畫

- ✓ 在正常狀態下人員的反應計畫由標準程序書所指引，運轉員在作業中只須評估是否符合程序書規範即可進行下一步驟，而在異常作業中，並沒有可以逐步依循的緊急程序書。

➤ **程序書的建議：**需建立在異常狀況中可逐步依循的緊急程序書供運轉員做為作業指引。

5. 反應執行

- ✓ 兩組反應爐運轉員在執行完動作後，會轉而執行其他作業，對於評估先前作業的完成度及結果的行為較少，可能因為系統回饋需時較長，導致運轉員無法立即獲得執行結果。

➤ **介面設計上的建議：**在系統回饋設計上應更符合運轉員作業需求。

- ✓ 另外在作業執行的回報上，無論在正常或異常的情節中，值班主任均有向反應爐運轉員要求執行動作後數據回報的情形，可能因反應

爐運轉員工作負荷過高導致無法一一回報相關資訊。

- **工作分配的建議：**對於運轉團隊之工作執掌的設計及分配需更加審慎的評估。

5.2 研究貢獻

本研究所發展的人為疏失分類架構最主要的目的便是協助相關疏失事件的分析與調查，在核能電廠由傳統型類比介面轉換到先進型數位介面間，人員所執行的作業內容有明顯的改變與增加，在不同作業間可能產生什麼樣的疏失類型，如何找出產生原因加強預防以防止重蹈覆轍，是相當重要的課題。本研究透過人員作業分析與顯示介面、團隊互動間的觀察與分析找出疏失類型及產生疏失的可能原因，用以提出改善建議。也可在未來用於肇因分析，做更進一步的探討與研究，以更有效的防範人為疏失的產生。

5.3 未來研究方向

- 1、輔助工具的發展：此分類架構為人為疏失研究的第一步，後續可繼續發展相關的輔助工具，如：事件關聯圖、訪談表等輔助工具，以讓整套人為疏失分析工具更加完善。
- 2、人員訓練後的疏失類型：目前所觀察的人員尚未接受過完整的先進型主控制室訓練，在未來運轉員接受了完整的訓練後可進一步探討其中的異同性。

參考文獻

[1] Ensley, M. R. "Situation Awareness and Human Error: Designing to Support Human Performance". Proceedings of the high consequence system surety conference. 1999.

[2] Helmreich, R. L. "On Error Management: Lessons from Aviation." BMJ, 320, pp. 781-785, (2000).

[3] Helmreich, R. L., Wilhelm, J. A., Klinect, J. R., & Merritt, A. C. "Culture, error and Crew Resource Management." In E. salas, C. A. Bowers, & E. Edens (eds.), Improving Teamwork in Organizations, pp. 305-331, 2001.

[4] Johnson, W. B. , & Rouse, W. B. "Analysis and Classification of Human Error in Troubleshooting Live Aircraft Power Plants." IEEE Trans. On Syst. , Man, and Cybern., SMC-12, pp. 389-393, 1982.

[5] Norman, D. A. "Ctegorization of Action Slips." Psych. Reviews , 88 , pp. 1-15, 1981.

[6] Rantanen, E. M. , Palmer, B. O. , Wiegmann, D. A. , & Musiorski K. M. . "Five-Dimenaional Taxonomy to Relate Human Errors and Technological Interventions in a Human Factors Literature Database." Journal of the American Society for Information Science and Technology, 57(9) , 1221-1232, 2006

[7] Rasmussen, J. . "Information Processing and Human-Machine Interaction: An Approach to Cognitive Engineering" . North-Holland. , 1986

[8] Reason, J. . , A Framework for Classifying Errors , New York : John

Wiley & sons , pp.5-14,1987

[9] Rouse, W. B., & Rouse, S. H. .” Analysis and Classification of Human Error.” IEEE Trans. on Syst. , Man, and Cybern. , SMC-13 , pp. 539-549. , 1983

[10] Swain, A. D. , & Guttman, H. E. . Handbook of Human Reliability Analysis with Emphasis on Nuclear Power Plant Applications, U. S. NRC Research Report NUREG/CR-1278, SAND 80-0200, 1983

[11] Woods, D. D. , Johannesen, L. J. , Richard I. Cook, & Sarter N. B. , “Behind Human Error: Cognitive Systems, Computers, and Hindsight” . The Ohio State University. Crew System Ergonomics Information Analysis Center. , 1994.

[12] Sorokin, R. , and Woods, D. ”System with human monitors: A signal detection analysis”, In Human computer interaction, 1, pp.49-75,1985.

[13] Ephrath, A. , and Young, L. .”Monitoring vs. man-in-the-loop detection of aircraft control failures.” New York:Plenum press.1992

[14] Marshall, E. ”A preliminary evaluation of the halo system for handling alarms(HWR-83).”, Halden, Norway: OECD Halden Reactor Project.

附錄一 人為疏失分類架構表-正常作業

	主要作業	行為內容	可能的錯誤	可能的原因	原因歸類	相關系統
工作準備	1. 了解作業目標 2. 了解作業分派	● 交接班	交代不清 狀況接收不完整 工作日誌未盡詳實	時間壓力 未做溝通 未做確認	人員 人員 人員	
		● 目標選擇	選擇錯誤的目標	未掌握電廠狀態	人員	
		● 程序書選擇	選擇錯誤的程序書	未掌握電廠狀態	人員	
		● 分派	人員指派不當 不了解自己的作業內容	未掌握團隊狀況 個人因素	人員 人員	
		● 協調	作業時間安排不當 作業時限安排不當 作業地點安排不當 作業順序安排不當	未掌握電廠狀況	人員	

	主要作業	行為內容	可能的錯誤	可能的原因	原因歸類	相關系統
目標執行	1. 排列執行動作的優先順序 2. 監看目標的達成 3. 次要目標的調整	● 介面導覽	未做	時間壓力	人員	VDU
			找錯頁面	頁面過多 頁面結構過於複雜 資訊途徑不明顯	設計 設計 設計	
			找不到頁面	頁面過多 頁面結構過於複雜 資訊途徑不明顯	設計 設計 設計	
		● 指揮	未做指揮	資訊量不足	設計	

			下達錯誤的指令 指令未交代清楚	接收錯誤的資訊	人員	
		● 回報	未回報 未詳細回報	執行同時作業 工作負荷過高 沒有回饋 回饋時間過長	人員 人員 設計 設計	
		● 追蹤	未追蹤 漏失追蹤的目標	資訊被隱藏	設計	Overview Display VDU
		● 執行控制動作	未做 誤觸 開/關錯 順序錯誤 時間錯誤 選擇錯誤	控制器位置安排不當 相似的控制器 複雜多變的控制順序	設計 設計 設計	
		● 動作評估	未評估 評估錯誤 無法評估	時間壓力 沒有回饋 回饋時間過長	人員 設計 設計	Overview Display VDU
		● 人員支援	支援時機不當 不適當的協助 不足夠的協助	未掌握電廠狀況	人員	
		● 人員協調	無法確認可利用的資源 作業未準時完成 人員指派不當 作業時間安排不當 作業時限安排不當 作業地點安排不當	未掌握電廠狀況	人員	

			作業順序安排不當			
		● Saliience	未做	時間壓力	人員	Hard Switch

	主要作業	行為內容	可能的錯誤	可能的原因	原因歸類	相關系統
監測	1. 找出作業相關的資訊 2. 接收環境中的信號或線索給予的資訊	● 介面配置	未做配置	工作負荷過高	人員	VDU
			不當的配置	運轉員未依作業資訊需求做配置	人員	
		● 掃描資訊	漏失重要的系統參數	過度注意 重要資訊未突顯 資訊散落太廣	人員 設計 設計	Overview Display
		● 警報發生	未察覺警報	警報數量太多 警報產生的位置不明確	設計 設計	AAS
		● 介面導覽	未做	時間壓力	人員	VDU
			找錯頁面	頁面過多 頁面結構過於複雜 資訊途徑不明顯	設計 設計 設計	
			找不到頁面	頁面過多 頁面結構過於複雜 資訊途徑不明顯	設計 設計 設計	
		● 過濾資訊	過濾相關重要資訊	參數值過多 資訊位置不明顯 重要資訊未突顯	設計 設計 設計	Overview Display VDU
● 警報過濾	過濾相關重要警報	重要警報未突顯 同時警報過多 時間壓力	設計 設計 人員	AAS		

		● 擷取資訊	未擷取足夠的系統參數 未擷取重要的系統參數	需作業面切換 需資訊分享 預先形成印象	設計 設計 人員	Overview Display VDU
		● 讀取資訊	讀錯系統參數	數值顯示過小 排列過密 顯示格式的改變	設計 設計 設計	Overview Display VDU
		● 警報讀取	讀取不相關的警報	工作負荷過高 同時警報過多	人員 設計	AAS
		● 介面導覽	未做	時間壓力	人員	
			找錯頁面	頁面過多 頁面結構過於複雜 資訊途徑不明顯	設計 設計 設計	
		● 通報(團隊作業)	未通報	工作負荷過高	人員	VDU
		● Acknowledge				
● 辨識資訊	將異常資訊辨別為正常 將正常資訊辨別為異常	對異常資訊敏感度低 預先形成印象	人員 人員	Overview Display VDU		

	主要作業	行為內容	可能的錯誤	可能的原因	原因歸類	相關系統
狀況評估	1. 發展出與接收到的資訊一致的解釋 2. 發展出的解釋被構成電廠狀態的心智表徵 3. 預期未來結果與未來必須觀察的參數	● 解釋資訊	未解釋 資訊解釋錯誤	不符合運轉員預期 警報難以理解	人員 設計	
		● 分析資訊	均作相似的分析	預先形成印象 過度相信類似的線索	人員 人員	
		● 警報判別	誤釋警報內容	對電廠狀況不了解	人員	AAS
		● 人員溝通	無法達成共識 達成錯誤的共識	權威式領導風格 質疑	人員 人員	

	主要作業	行為內容	可能的錯誤	可能的原因	原因歸類	相關系統
反應計畫	1. 選定目標 2. 產生動作計畫 3. 監測有效性 4. 補齊缺陷 5. 採取計畫	● 反應規劃	未規劃 引用錯誤的模式 內容規劃錯誤 人員指派不當 時間安排不當	資訊不足 未對異常做通盤性的了解	人員 人員	
		● 警報處理	未處理	工作負荷過高		
		● 人員溝通(討論)	無法達成共識 達成錯誤的共識	權威式領導風格 質疑	人員 人員	



	主要作業	行為內容	可能的錯誤	可能的原因	原因歸類	相關系統
動作執行	4. 排列執行動作的優先順序 5. 監看目標的達成 6. 次要目標的調整	● 介面導覽	未做	時間壓力	人員	VDU
			找錯頁面	頁面過多 頁面結構過於複雜 資訊途徑不明顯	設計 設計 設計	
			找不到頁面	頁面過多 頁面結構過於複雜 資訊途徑不明顯	設計 設計 設計	
		● 指揮	未做指揮 下達錯誤的指令 指令未交代清楚	資訊量不足 接收錯誤的資訊	設計 人員	
		● 回報	未回報 未詳細回報	執行同時作業 工作負荷過高	人員 人員	

				沒有回饋 回饋時間過長	設計 設計	
		● 追蹤	未追蹤 漏失追蹤的目標	資訊被隱藏	設計	Overview Display VDU
		● 執行控制動作	未做 誤觸 開/關錯 順序錯誤 時間錯誤 選擇錯誤	控制器位置安排不當 相似的控制器 複雜多變的控制順序	設計 設計 設計	
		● 動作評估	未評估 評估錯誤 無法評估	時間壓力 沒有回饋 回饋時間過長	人員 設計 設計	Overview Display VDU
		● 人員支援	支援時機不當 不適當的協助 不足夠的協助	未掌握電廠狀況	人員	
		● 人員協調	無法確認可利用的資源 作業未準時完成 人員指派不當 作業時間安排不當 作業時限安排不當 作業地點安排不當 作業順序安排不當	未掌握電廠狀況	人員	
		● Salience	未做	時間壓力	人員	Hard Switch

人為疏失分類架構表-異常作業

	主要作業	行為內容	可能的錯誤	可能的原因	原因歸類	相關系統
監測	3. 找出作業相關的資訊	● 介面配置	未做配置	時間壓力 工作負荷過高	人員 人員	VDU
			不當的配置	運轉員未依作業資訊需求做配置	人員	
	4. 接收環境中的信號或線索給予的資訊	● 掃描資訊	漏失重要的系統參數	過度注意 重要資訊未突顯 資訊散落太廣	人員 設計 設計	Overview Display
				● 警報發生	未察覺警報	
	● 介面導覽	未做 找錯頁面	找不到頁面	時間壓力	人員	VDU
				頁面過多 頁面結構過於複雜 資訊途徑不明顯	設計 設計 設計	
				頁面過多 頁面結構過於複雜 資訊途徑不明顯	設計 設計 設計	
	● 過濾資訊	過濾相關重要資訊	參數值過多 資訊位置不明顯 重要資訊未突顯 時間壓力	設計 設計 設計 人員	Overview Display VDU	
	● 警報過濾	過濾相關重要警報	重要警報未突顯 同時警報過多 時間壓力	設計 設計 人員	AAS	

		● 擷取資訊	未擷取足夠的系統參數 未擷取重要的系統參數	需作業面切換 需資訊分享 預先形成印象	設計 設計 人員	Overview Display VDU
		● 讀取資訊	讀錯系統參數	數值顯示過小 排列過密 顯示格式的改變	設計 設計 設計	Overview Display VDU
		● 警報讀取	讀取不相關的警報	工作負荷過高 同時警報過多	人員 設計	AAS
		● 通報	未通報	工作負荷過高	人員	
		● Acknowledge	未執行	工作負荷過高	人員	
		● 辨識資訊	將異常資訊辨別為正常 將正常資訊辨別為異常	對異常資訊敏感度低 預先形成印象	人員 人員	Overview Display VDU

	主要作業	行為內容	可能的錯誤	可能的原因	原因歸類	相關系統	
狀況評估	4. 發展出與接收到的資訊一致的解釋	● 解釋資訊	未解釋 資訊解釋錯誤	不符合運轉員預期 資訊難以理解	人員 設計		
	5. 發展出的解釋被構成電廠狀態的心智表徵	● 分析資訊	均作相似的分析	預先形成印象 過度相信類似的線索	人員 人員		
	6. 預期未來結果與未來必須觀察的參數	● 判別警報	誤釋警報內容		對電廠狀況不了解	人員	AAS
		● 推測資訊狀態	模式錯誤		太多相似的應用模式	設計	
		■ 有規則可尋	未評估		資訊不足夠	設計	
		◆ 問題評估	評估錯誤		資訊過多	設計	
	◆ 假說選擇	與蒐集的資訊不一致		過多的資訊	設計		

		◆ 假說測試	不完整 接受錯誤的假說 拒絕正確的假說	時間壓力	人員	
		● 人員溝通	無法達成共識 達成錯誤的共識	權威式領導風格 質疑	人員 人員	

	主要作業	行為內容	可能的錯誤	可能的原因	原因歸類	相關系統
反應計畫	6. 選定目標 7. 產生動作計畫 8. 監測有效性 9. 補齊缺陷 10. 採取計畫	● 制定目標	未制定 不足夠 錯誤的目標	突顯某個影響 不了解電廠目前狀態	設計 人員	
		● 反應規劃	未規劃 引用錯誤的模式 內容規劃錯誤 人員指派不當 時間安排不當	資訊不足 未對異常做通盤性的了解	人員 人員	
		● 人員溝通	無法達成共識 達成錯誤的共識	權威式領導風格 質疑	人員 人員	

	主要作業	行為內容	可能的錯誤	可能的原因	原因歸類	相關系統
動作執行	7. 排列執行動作的優先順序 8. 監看目標的達成 9. 次要目標的調整	● 介面導覽	未做	時間壓力	人員	VDU
			找錯頁面	頁面過多 頁面結構過於複雜 資訊途徑不明顯	設計 設計 設計	
			找不到頁面	頁面過多 頁面結構過於複雜 資訊途徑不明顯	設計 設計 設計	
		● 指揮	未做指揮 下達錯誤的指令 指令未交代清楚	資訊量不足 接收錯誤的資訊	設計 人員	
		● 回報	未回報 未詳細回報	執行同時作業 工作負荷過高 沒有回饋 回饋時間過長	人員 人員 設計 設計	
		● 追蹤	未追蹤 漏失追蹤的目標	資訊被隱藏	設計	Overview Display VDU
		● 控制動作	未做 誤觸 開/關錯 順序錯誤 時間錯誤 選擇錯誤	控制器位置安排不當 相似的控制器 複雜多變的控制順序	設計 設計 設計	
● 動作評估	未評估 評估錯誤 無法評估	時間壓力 沒有回饋 回饋時間過長	人員 設計 設計	Overview Display VDU		

		● 人員支援	支援時機不當 不適當的協助 不足夠的協助	未掌握電廠狀況	人員	
		● 人員協調	無法確認可利用的資源 作業未準時完成 人員指派不當 作業時間安排不當 作業時限安排不當 作業地點安排不當 作業順序安排不當	未掌握電廠狀況	人員	
		● Saliience	未做	時間壓力	人員	Hard Switch



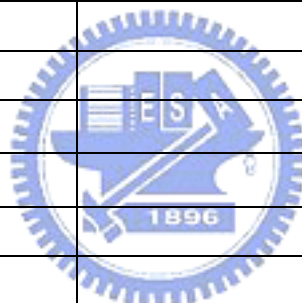
附錄二 運轉作業觀察紀錄表-以較無介面操作經驗團隊之異常作業為例

		1		
		SRO	RO	ARO
偵測	介面配置			
	掃描資訊	V	V	V
	警報發生			
	介面導覽			
	過濾資訊	V	V	V
	警報過濾			
	擷取資訊	V	V	V
	讀取資訊	水位 level 3 水位 level 2	水位 level 2	水位 level 2 水位 level 1.5
	通報	V	V	V
	Acknowledge	V		
辨別資訊	控制棒全入 RCIC 啟動	控制棒全入 RCIC、HPCF 以及 RHR 啟動 RCIC A、HPCF B 啟動、汽機跳機		
狀態評估	解釋資訊			
	分析資訊			
	判別警報			

	推測狀態	水位持續下降	水位持續下降	水位持續下降
	問題評估	根據 A 有 flow, B 沒有 flow, B 在補水, 但水位仍無法上升		
	假說選擇	飼水有破洞		
	假說測試			A 有 flow, B 沒有 flow
	人員溝通	V		V
反應計劃	制訂目標			
	反應規劃			
	估算問題	嘗試 A、B line 隔離		
	評估			
	排序			
反應執行	介面導覽			
	指揮			
	回報			
	追蹤			
	控制動作			A、B line 隔離
	動作評估			
	人員支援			
	人員協調			
	Silence			

		2		
		SRO	RO	ARO
偵測	介面配置			
	掃描資訊			
	警報發生			
	介面導覽			
	過濾資訊		V	
	警報過濾			
	擷取資訊	V	V	
	讀取資訊		V	
	通報		V	
	Acknowledge		V	
辨別資訊			RHR A rejection valve 開始開啟	
狀態評估	解釋資訊		RHR A、B 補水	
	分析資訊	水位	水位回頭了	
	判別警報			

	推測狀態			
	問題評估			
	假說選擇			
	假說測試			
	人員溝通			
反應計劃	制訂目標			
	反應規劃			
	估算問題			
	評估			
	排序			
反應執行	介面導覽			
	指揮			
	回報			
	追蹤			
	控制動作			A、B line 隔離
	動作評估			Aline 無法隔離
	人員支援			
	人員協調			
	Silence			



		3		
		SRO	RO	ARO
偵測	介面配置			
	掃描資訊			
	警報發生			
	介面導覽			
	過濾資訊			
	警報過濾			
	擷取資訊			
	讀取資訊			
	通報			
	Acknowledge			
辨別資訊	HPCF C 異常		執行 A、B line 隔離後，A、B 無法關	
狀態評估	解釋資訊	HPCF C 沒有電	HPCF C 沒有電	無法將飼水 iso
	分析資訊			
	判別警報			

	推測狀態	水位是否可以控制住	水位可以控制	
	問題評估			
	假說選擇			
	假說測試			
	人員溝通			
反應計劃	制訂目標			
	反應規劃	評估是否將 EDG S4 接到 C4、想辦法補水以及將飼水 iso		
	估算問題			將 EDG S4 電接到 Bus C4
	評估			
	排序			
反應執行	介面導覽			
	指揮			
	回報			
	追蹤			
	控制動作			V
	動作評估			
	人員支援			
	人員協調			
	Silence			

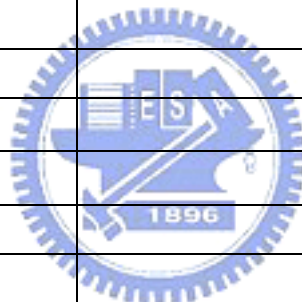
		4		
		SRO	RO	ARO
偵測	介面配置			
	掃描資訊			
	警報發生			
	介面導覽			
	過濾資訊			
	警報過濾			
	擷取資訊			
	讀取資訊		水位 narrow range 428	
	通報			
	Acknowledge			
	辨別資訊			
狀態評估	解釋資訊			
	分析資訊			
	判別警報			

	推測狀態	水位是否回升 SRV 是否動作		
	問題評估		水位回升而且回升的蠻快的、因為壓力低，所以 SRV 沒有動作	
	假說選擇			
	假說測試			
	人員溝通			
反應計劃	制訂目標			
	反應規劃	讓水位到 level 8		
	估算問題		拿一串 HPCF	
	評估			
	排序			
反應執行	介面導覽			
	指揮			
	回報			
	追蹤		讓水位到 level 8	
	控制動作			
	動作評估			
	人員支援			
	人員協調			
	Silence			

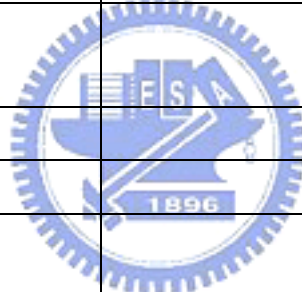
		5		
		SRO	RO	ARO
偵測	介面配置			
	掃描資訊			
	警報發生			
	介面導覽			
	過濾資訊			
	警報過濾			
	擷取資訊			
	讀取資訊			
	通報			
	Acknowledge			
辨別資訊				
狀態評估	解釋資訊		水位在下降	
	分析資訊	現在兩串 RHR 在補水		
	判別警報			



	推測狀態			
	問題評估	水位下降原因	水位下降原因	水位下降原因
	假說選擇		破管	
	假說測試			
	人員溝通	V	V	V
反應計劃	制訂目標			
	反應規劃			
	估算問題	尋找破管位置		
	評估			
	排序			
反應執行	介面導覽			
	指揮			
	回報			
	追蹤			
	控制動作			
	動作評估			
	人員支援			
	人員協調			
	Silence			



		6		
		SRO	RO	ARO
偵測	介面配置			
	掃描資訊			
	警報發生			
	介面導覽			
	過濾資訊			V
	警報過濾			
	擷取資訊			V
	讀取資訊	V		V
	通報			V
	Acknowledge	V		
辨別資訊	RCIC 無法使用		RCIC 無法使用	
狀態評估	解釋資訊			
	分析資訊			
	判別警報			



	推測狀態	水位持續下降	水位持續下降	
	問題評估		根據 HPCF 在水位到達 level 1.5 時會自己啟動，評估手動還自動	
	假說選擇			
	假說測試			
	人員溝通			
反應計劃	制訂目標			
	反應規劃	HPCF 啟動		
	估算問題		讓 HPCF 自動啟動	
	評估			
	排序			
反應執行	介面導覽			
	指揮			
	回報			
	追蹤			
	控制動作			
	動作評估			
	人員支援			
	人員協調			
	Silence			

		7		
		SRO	RO	ARO
偵測	介面配置			
	掃描資訊			
	警報發生			
	介面導覽			
	過濾資訊			
	警報過濾			
	擷取資訊			
	讀取資訊		水位 level 3	
	通報			
	Acknowledge			
辨別資訊				
狀態評估	解釋資訊			
	分析資訊		評估 HPCF 在水位降到 level 1.5 時會啟動	
	判別警報			

	推測狀態	探討水位下降原因	探討水位下降原因	探討水位下降原因
	問題評估			
	假說選擇			
	假說測試			
	人員溝通			
反應計劃	制訂目標			
	反應規劃		計劃讓水位繼續下降 HPCF 啟動後，拿一串 RHR 做 S/P C	
	估算問題			
	評估			
	排序			
反應執行	介面導覽			
	指揮			
	回報			
	追蹤			
	控制動作			
	動作評估			
	人員支援			
	人員協調			
	Silence			

		8		
		SRO	RO	ARO
偵測	介面配置			
	掃描資訊			
	警報發生			
	介面導覽			
	過濾資訊			
	警報過濾			
	擷取資訊			
	讀取資訊		反應爐水位 277	
	通報			
	Acknowledge			
	辨別資訊			
狀態評估	解釋資訊		水位繼續下降	
	分析資訊			兩串 RHR 都在補水
	判別警報			

	推測狀態			
	問題評估			
	假說選擇			
	假說測試			
	人員溝通			
反應計劃	制訂目標			
	反應規劃	將一串 RHR B return t standby，然後放在 S/P C	將一串 HPCF 啟動	
	估算問題	先啟動一串 HPCF 後再拿一串 RHR 做 S/P C	爐壓下降，RCIC 就會停止，故 RCIC 不可行 先建立 HPCF	先建立 HPCF
	評估			
	排序		lineup 一串 HPCF 後，再將一串 RHR 做 S/P C	
反應執行	介面導覽			
	指揮			
	回報			
	追蹤			
	控制動作			將 HPCF return to standby
	動作評估			
	人員支援			
	人員協調			
	Silence			

		SRO	RO	ARO
偵測	介面配置			
	掃描資訊			
	警報發生			
	介面導覽			
	過濾資訊			
	警報過濾			
	擷取資訊			
	讀取資訊			
	通報			
	Acknowledge			
	辨別資訊			
狀態評估	解釋資訊			
	分析資訊			
	判別警報			

	推測狀態	RHR 是否已放在 S/P C mode 討論破管現象，評估破管大小 HPCF 是否啟動，無法得知為何無法啟動	HPCF B 未建立，故 RHR 未放在 S/P C mode 討論破管現象，評估破管大小	
	問題評估			
	假說選擇			
	假說測試			
	人員溝通			
反應計劃	制訂目標			
	反應規劃		到 alarm system 裡找資訊	
	估算問題			
	評估			
	排序			
反應執行	介面導覽			
	指揮			
	回報			
	追蹤			
	控制動作			
	動作評估			
	人員支援			
	人員協調			
	Silence			

