

嘉南藥理科技大學專題研究計畫成果報告

計畫編號：CN9903

人員可靠度之量化評估技術開發與應用一

子計畫 1：人員可靠度之量化評估技術於產業永續發展之應用

執行期間：99 年 1 月 1 日至 99 年 12 月 31 日

整合型計畫

個別型計畫

計畫總主持人：李孫榮

計畫主持人：

子計畫主持人：李孫榮

中華民國一百年二月二十八日

# 人員可靠度之量化評估技術於產業永續發展之應用

## 摘要

事故前之預防勝於事故後之補救，意外事故預防措施強調排除不安全狀況及不安全行為，不安全狀況多半可藉由工程控制策略來達到目的，不安全的行為有部分可經由管理監督機制加以消弭，但影響人的行為之個人因素卻難以掌控，若能藉由科學的量測技術事先進行個人心智反應之測試評估，找出造成不安全行為的內在因素，施以人員的篩檢或增加安全輔助設施，將可避免不安全行為而可能導致發生的意外事故。本整合型計畫分三階段進行，第一階段：探討操作人員在心理壓力、生理疲勞、緊急狀況下造成人員失誤之內在因素及環境因素。第二階段：瞭解影響特殊作業操作人員的風險知覺與風險行為之因素，目的在研究特殊作業勞工之反應行為模式並開發人員可靠度之量化評估技術。第三階段：將所開發之量化評估技術實際應用於現場作業之人員可靠度評估。本子計畫屬本整合型計畫第三階段，將量化評估技術實際應用於現場作業，以貨車司機為研究對象，在高肇事率與低肇事率之貨車司機中各徵求 5 位受測者，以第二階段開發之人員可靠度量化評估技術，來量測高、低肇事率貨車司機之腦波，結果發現低肇事率司機其 Pz 測點之腦波事件關聯電位 P300 成分波之振幅，明顯高於高肇事率貨車司機。印證腦波事件關聯電位確可評估、預測

人員可靠度，本量化評估技術可提供職業安全管理在人員可靠度評估之參考，導入預防醫學之觀點，藉以篩選不適當之操作人員，或強化其安全輔助措施，期能藉此降低意外事故之發生，對職業安全管理及產業永續發展將有實質之貢獻。

關鍵詞：腦波、事件關聯電位、認知、人員可靠度



## 一、研究動機與目的

### 1. 整合之必要性

根據勞工保險局職業災害保險給付統計顯示，我國職業災害死亡千人率與各國之比較，皆高於先進工業國家日本、美國、德國與英國，甚至是英國的八倍。另外營造業勞工死亡千人率平均約為全產業之三倍。為減少職業災害發生，行政院勞工委員會主委李應元於九十五年二月提出，針對高致死、高致殘及高違規等三高性質安全衛生不良場所，列為優先減災對象，依職業災害發生類型之前八名，包含被夾被捲、墜落滾落、被刺割擦傷、跌落、物體飛落、被撞、物體倒塌崩塌、感電等，列為減災重點，挑戰兩年內，將職災死亡及殘廢之百萬人率各減少 20%。根據美國旅行家保險公司高級職員 Heinrich(1920)在研究了 75,000 個工業事故的報告後，指出其中 88% 的工業事故起因於勞工的不安全行為；再根據全球最大化學公司杜邦公司的統計（1995），該公司十年來的傷害事故有 96% 是導因於不安全行為，可見人的行為表現是意外事故發生之主要根源。我國近年來因職業災害造成的人員傷亡、經濟損失甚大，因此分析探討造成職業災害之主原因一人為因素，並事先採取防範措施乃當務之急。基於降低職業災害發生之迫切需求，本研究擬分

析、探討造成事故之不安全的行為，及影響人員失誤之心理(認知與辨識能力)及生理(注意力及反應能力)因素，應用行為觀察軟體、腦波儀等軟、硬體設備，結合危害認知與風險辨識能力及安全行為評估量表及工作安全分析，開發各種量化技術，用以量化人員可靠度。本計畫主要重點在於分析探討人可靠度，研究人可靠度須探討人為失誤之發生過程，人為失誤受外部環境及人內在因子影響，外部環境可藉由良好之管理機制來掌控，但人為失誤的內在因子就非管理機制所能掌控，且目前對於影響人員可靠度內在因素之相關研究相當少見，本計畫擬從心理面、生理面及行為面來剖析影響人為失誤之各種因素，有必要結合不同領域專長之研究人員以完成本計畫。

## 2. 研究目的：

本研究之目的在於探討人類心智反應之腦波圖譜變化以評估人可靠度，藉旁側夾擊作業(Flanker Task)測試量測其事件關聯電位(Event Related Potential; ERP)來評估人員可靠度，期能做為從事需高度集中精神之危險性工作者之篩檢參考，將不適合從事上述之危險性工作者增加其安全輔助系統或適度限制其工作，期能防範事故於未然為最終之目的。

## 二、文獻回顧與探討

根據勞工保險局職業災害保險給付統計顯示，我國職業災害百萬人死亡率與各國之比較，皆高於英國、美國與日本，是美國與日本的 1.5 倍，英國的 6 倍，為了趕上先進工業國家的水準，減少職業災害的發生，行政院勞工委員會於九十五年二月提出，針對高致死、高致殘及高違規等三高性質安全衛生不良場所，列為優先減災對象，依職業災害發生類型之前八名，包含被夾被捲、墜落滾落、被刺割擦傷、跌落、物體飛落、被撞、物體倒塌崩塌、感電等，列為減災重點，挑戰兩年內，將職災死亡及殘廢之百萬人率各減少二〇%。

在工業安全領域中，對於職業災害或意外事故的發生原因，可由韓笠奇於 1931 年寫的書「工業意外事故的防止」中，提出「骨牌理論」來解釋意外事故的前後因素，依其順序為【血統與社會環境】→【個人的缺失】→【不安全行為或不安全狀況】→【機械的能量或物質的危害】→【意外事故】→【傷害】，其中有提到【不安全的行為或不安全的狀況】的層面，若其人機系統中的顯示裝置所顯示的資訊無法讓操作者瞭解或因為控制按鈕的排列方式而令操作人員出現錯誤的操作以及無法使操作人員在短時間內做出正確的反應，都有可能造成危險，而上

述都屬於不安全的行為或不安全的狀況。

系統可靠度的評估，將人為因素加入探討，是目前的趨勢，若不將人為的錯誤列入系統可靠度，往往會錯估系統的可靠度。依人類的行為特性而引起的失誤，稱為人為失誤，例如看錯、聽錯、記錯與做錯等均為常見的人為失誤，因此人為失誤所引起的錯誤作業、操作、判斷等往往是造成災害事故的原因，而大多數的錯誤及人為失誤，和人機介面設計不良有很大的關係。

就安全觀點而言，人可靠度可具體量度人員的工作行為表現，近年來人可靠度在安全管理倍受重視，主要原因是工程或產品系統的結構越來越複雜，導致一旦系統失效，將引發災難性之後果。美國三哩島核電廠的災難，就是一個明顯的例子，這個意外是人員失誤及設備失效交織的結果。各種研究報告顯示系統失效有相當大的比例是由於人員失誤所造成。例如 J. M. Christensen 等人指出 50—70% 電子設備的失效是屬於「人員引發」。另外，人員引發的失誤率佔飛機系統總失效率的 60—70%，E. W. Hagen 也曾表示人員失誤佔所有失效的 10—15%。

### 三、研究方法與步驟

為比較意外事故傾向者與常人之人格特質與腦波特性，本研究對高、低肇事率貨車司機分別進行問卷調查及腦波分析，以問卷方式建立其個人安全認知、習性、性格等基本資料及其背景腦波圖譜。由腦波量測配合旁側夾擊作業(Flanker Task)執行偵測能力(以 P300 成分波表示)測試，從腦波圖譜量化資料及人失誤率之相關性，來評估人可靠度。實驗進行步驟如下：

#### 1.篩選受測對象

以貨車司機為研究對象，從司機同業公會取得司機肇事率相關資料，分別自高、低肇事率貨車司機群中，徵求自願接受測試者各 5 人進行實驗測試。

#### 2.問卷調查

以心智指標行為量表問卷建立受測者之心智狀態基本資料，內容包括：安全認知、生活習慣、個性、嗜好、血型等基本資料。行為量表之每個問項給予六個等級之程度選項，由受測者依個人主觀意識來自我評估，以診斷、評估其心智條件。

#### 3.腦波測定及旁側夾擊作業測定

以 Neuro Scan 腦波儀(圖 2~4)進行腦波量測，同時使用 PCL 程式語言開發之測試程式進行旁側夾擊作業測定。



腦波測定之程序如下：

- (1)電極及受測者頭皮處理
- (2)決定記錄時的相關參數
- (3)類比轉換數位的取樣率(sampling rate)
- (4)腦波訊號處理

#### 4.腦波事件關聯電位分析

量測腦波經由 Neuro Scan 4.3 軟體紀錄及分析腦波，將所獲得之時間域(time domain)腦波圖經刺激鎖定方式累加及平均後(average)，抽取其中之 P300 成分波進行分析。

#### 5.人可靠度分析

由問卷調查及腦波分析結果，藉以建立其個人安全認知、習性、性格等基本資料及其背景腦波圖譜。以 SPSS 統計軟體進行受測者之腦波事件關聯電位之 P300 成分波振幅及安全知覺評估量表來評估人員可靠。

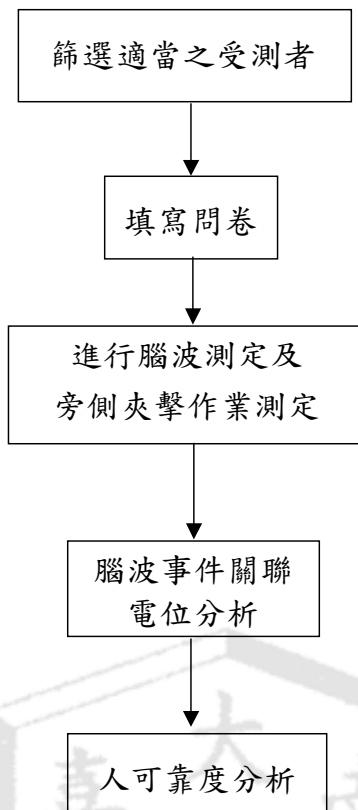


圖 1 實驗進行流程

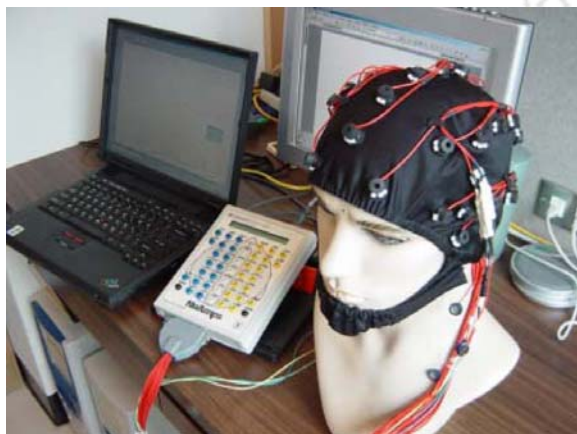


圖 2 國際標準 10/20 電極帽



圖 3 電極帽佩帶情形



圖 4 Neuro-Scan 腦波量測儀

#### 四、結果

本研究受測者計有 10 位，結果顯示(如表 1 所示)兩組受測者在 Pz 電極部位之 P300 成分波振幅有統計上之顯著差異，低肇事率之受測者(人員可靠度高者)Pz 部位之 P300 成分波振幅值顯著高於高肇事率者(人員可靠度低者)。Pz 為頂葉中心其司管肢體動作之控制，且為 P300 成分波之主要誘發部位，與本研究採取之視覺誘發產生事件關聯電位所預期之結果相符合，受測者在接受視覺刺激後，經感官知覺刺激之意義，隨即判斷、決定採取之動作，此過程主要受大腦之頂葉及枕葉控制，P300 成分波之振幅大小反映出受測者之刺激、反應控制能力，及對外界刺激之注意力，而表現在最後之控制行為即所稱之可靠度。而在個人安全知覺評估(如表 2 所示)與腦波事件關聯電位及旁側夾擊作業失誤率做相關性分析，結果顯示低度相關性，故人可靠度不適合以個人安全知覺評估量表來進行評估。

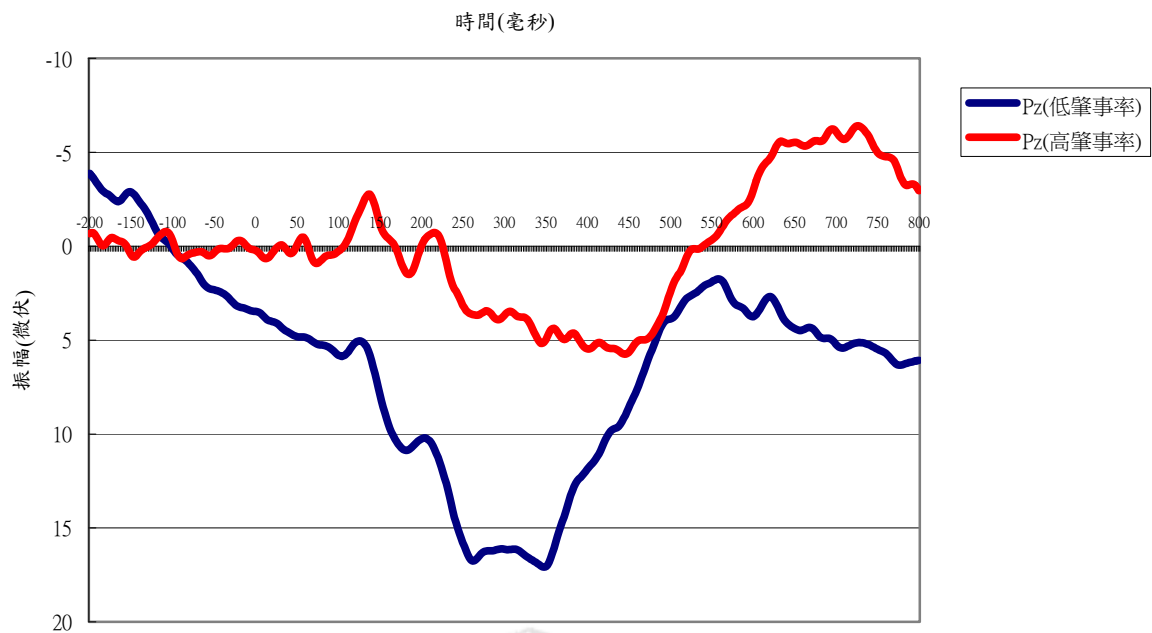


圖 5 低肇事率者(藍色)與高肇事率者(紅色)之 P300 成分波比較

表 1 低肇事率及高肇事率之 P300 成分波振幅之 t 檢定結果

組別	高肇事率	低肇事率
平均數	6.60005	11.4789
變異數	9.722071	16.07108
觀察值個數	5	5
Pooled 變異數	12.89658	
假設的均數差	0	
自由度	8	
t 統計	-2.14806	
P(T<=t) 單尾	0.031984*	
臨界值：單尾	1.859548	

\* 表示  $P < 0.05$ ，顯示統計上之顯著差異

表 2 受測者個人安全知覺積分

編號	問項
1	我覺得記性差容易遺忘該做的事。
2	我覺得自己是個粗心、大意的人。
3	我覺得自己發生意外事故比率比一般人高。
4	我覺得自己沒有安全感。
5	我會不由自主的失神或分心。
6	我注意力不容易集中。
7	我對外界快速的變化之情境反應不過來。
8	我容易看錯或聽錯外界的信息。
9	我容易誤操作，如按錯按鈕或轉錯方向。
10	我無法操控快速運轉的設備。
11	我的運動能力不佳，動作很慢。
12	我的平衡感不好，容易滑倒或跌倒。
13	我週遭的親友認為我是個容易出狀況的人。
14	我的意外傷害次數比一般人高。
15	在最近這一年來我曾發生二次以上之意外事故，如車禍或工作傷害。

## 五、結論

本研究結果顯以腦波事件關聯電位 P300 成分波來評估人可靠度有其實用之價值，因礙於經費未能進行大規模之測試，在統計上較無法獲得強而有力之證據，但由實驗結果已能反映預測與實際情況之一致趨勢，即 P300 成分波振幅低者其人員可靠度低，後續研究希望能進一步做更多族群及人數之測定，並實際應用於職場之高意外事故族群，提供職業安全管理在人員可靠度評估之參考依據，導入預防醫學之觀點，藉以篩選不適當之操作人員，期能藉此降低意外事故之發生，對職業安全管理及產業永續發展將有實質之貢獻。

## 參考文獻

- [1] Andreassi JL (2000) *Psychophysiology: Human Behavior and Physiological Response (4th ed.)*, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- [2] Boksem MA, Meijman TF and Lorist MM (2005) "Effects of mental fatigue on attention: an ERP study," *Cognit. Brain Res.*, 25: 107-116.
- [3] Brouwers, A.A.F. & Pot, F. D., Design Process and operator tasks during automation of a sugar factory, Human-Computer Interaction, INTERACTS'87, 1987, 443-452.
- [4] Christensen, J. M., Howard, J. M. and Stevens, B. S., Field Experience in Maintenance, in Human Detection and Diagnosis of System Failures (edited by J. Rasmussen and W. B. Rouse), pp111-133, Plenum Press, New York, 1981.
- [5] Cook IA, O'Hara R, Uijtdehaage SH, Mandelkern M. and Leuchter AF (1998) "Assessing the accuracy of topographic EEG mapping for determining local brain function," *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, 107: 408-414.
- [6] David, W., Robert G.B., & Geoffrey O(1980) "Some human factors aspects of computer-aiding concepts for air traffic controllers, " *Human Factors*, 22(5), 569-580.
- [7] De Waard D and Brookhuis KA (1991) "Assessing driver status: a demonstration experiment on the road," *Accid. Anal. Prev.*, 23: 297-307.
- [8] Elmar, S., Lnop, B. & Siegmund, P., A comparison of paging and scrolling for changing screen contents by inexperienced users. *Human Factors*, 25(3), 1983, 279-282.
- [9] Eoh HJ, Chung MK and Kim SH (2005) "Electroencephalographic study of drowsiness in simulated driving with sleep deprivation," *Int. J. Ind. Ergon.*, 35: 307-320.
- [10] Fisch B J (1991) *Sphelmann's EEG Primer (2nd ed.)*, Amsterdam: Elsevier Science BV.
- [11] Hagen, E. W. (Ed.), Human Reliability Analysis, Nuclear Safety, 17, 1976, 315-326.
- [12] Hart SG and Staveland LE (1988) Development of NASA-TLX (Task Load Index): results of experimental and theoretical research, in: P. A. Hancock and N. Meshkati (Eds.), *Human Mental Workload*, Amsterdam: Elsevier, 39-183.
- [13] King CB, Reisman SS (1995) "The influence of paced breathing

- exercises on the autonomic response to stress” ,Bioengineering Conference, Proceedings of the 1995 IEEE 21st Annual Northeast, 124-125.
- [14] Klimesch W. (1999) “EEG alpha and theta oscillations reflect cognitive and memory performance: a review and analysis,” *Brain Res. Rev.*, 29: 169-195.
- [15] Lafrance C and Dumont M. (2000) “Diurnal variations in the waking EEG: comparisons with sleep latencies and subjective alertness,” *J. Sleep Res.*, 9: 243-248.
- [16] Laufs H, Kleinschmidt A, Beyerle A, Eger E, Salek-Haddadi A, Preibisch C and Krakow K (2003) “EEG-correlated fMRI of human alpha activity,” *Neuroimage*, 19: 1463-1476.
- [17] Leor-Librach RJ, Eliash S, Kaplinsky E, Bobrovsky BZ (2003) “Very low-frequency heart rate variability wave amplitude and sympathetic stimulation—characterization and modeling”, *IEEE Transactions On Biomedical Engineering* 50(7), 797-803.
- [18] Li ZY, Jiao K, Chen M, Wang CT, Power Spectrum Analysis of Heart Rate Variability of Driver During Simulated Driving, *Chiness Journal of Biomedical Engineering*, 22(6), 2003.
- [19] Marquette Electronics (1992) Heart Rate Variability Physician’s Guide, West Tower Avenue Milwaukee.
- [20] Oken BS and Salinsky M (1992) “Alertness and attention: basic science and electrophysiologic correlates,” *J. Clin. Neurophysiol.*, 9: 480-494, 1992.
- [21] Pagani M, Rimoldi O, Pizzinelli P, Furlan R, Crivellaro W, Liberati D, Cerutti S, Malliani A (1991) “Assessment of the neural control of the circulation during psychological stress”, *Journal of the Autonomic Nervous System* 35, 33-42.
- [22] Parasuraman, R., Sheridan, T.B., & Wickens, C.D. A model for types and levels of human interaction with automation, *IEEE Trans. On SMC- Part A: Systems and Humans*, 30(3), 2000, 286-297.
- [23] Paul, M., Susane, A.L., & William, C., Extended reading of continuous text on television screens. *Human Factors*, 24(5), 1982, 501-508.
- [24] Rao SSC, Hatfield RA, Suls JM, Chamberlain MJ (1998) “Psychological and physical stress induce differential effects on human colonic motility”, *Am. J Gastroenterol.*93(6), 985-990.
- [25] Ricardo D. Blasco, Jose M. Prieto, Jose M. Cornejo, Accident Probability after Accident Occurrence, *Safety Science*, 41, 2003,

- 481-501.
- [26] Saul JP, “Beat-to-beat variations of heart rate reflect modulation of cardiac autonomic outflow”, *News Physiol. Sci.* 5, 32-37.
- [27] Scheffer, MK., Coles, MGH, Bernsein, P, Gehring, WJ, and Donchin, E, Event-Related Processing during a Period of Extended Wakefulness, *Psychophysiology*, 36, 1999, 149-157.
- [28] Semlitsch HV, Anderer P, Schuster P and Presslich O (1986) “A solution for reliable and valid reduction of ocular artifacts, applied to the P300 ERP,” *Psychophysiology*, 23: 695-703.
- [29] Shaw, L. and Sichel, H. S., Accident Proneness, Pergamon Press, Oxford.
- [30] Shusterman V, Barnea O (2002) “Sympathetic nervous system activity in stress and biofeedback relaxation”, *IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine*, 52-57.
- [31] Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart Rate Variability: Standards of Measurement, *Physiological Interpretation, and Clinical use Circulation*, 93, 1043–1065.
- [32] Yang YS, Yao ZQ, Li, Jiao K (2005) Investigation on Correlation Between ECG Indexes and Driving Fatigue, *Machinery Design Manufacture*, 5, 94-95.