

中興經營管理叢書

新版 實驗計劃法

吳玉印著

中興管理顧問公司 發行

中興經營管理叢書

新版 實 驗 計 劃 法

吳 玉 印 著

中興管理顧問公司

發 行

版權所有
翻印必究

中華民國六十五年五月初版

中華民國七十一年五月再版

中興經營管理叢書

新版實驗計劃法

高級精裝本實價新台幣四百八十元

吳 玉 印 著

發行者：中興管理顧問公司

地址：台北市民生東路六十六號 新力大樓五樓

電話：五六一六三五六・五六一六三五七

郵政劃撥儲金戶第 100952 號

印刷者：一升印刷有限公司

電話：三三一二三〇八

中興經營管理叢書

出版宗旨

在這個多元衝擊、競爭激烈、充滿希望也
遍佈機會的環境中，管理的良窳對企業成
敗常有決定性的影響。本叢書的出版，希
望能為國內管理知識的普及與企業經營的
現代化獻盡一份心力，也深願能帶給讀者
更佳的智慧、判斷與信心。

中興管理顧問公司 敬啓

臺北市民生東路66號新力大樓五樓

電話：5616356・5616357

郵政劃撥帳戶第100952號

田 口 序

第二次世界大戰結束後，在日本開始從事生產盤尼西林的企業共有六十四家，但是現在則僅剩兩家而已。據說大戰結束當時，盤尼西林的生產效率，其單位體積收量僅為15至20國際單位，而現在已提高到單位體積收量20,000至30,000國際單位。在三十年的時間內，提高生產力竟達一千倍以上，而使生產同量盤尼西林所需原材減少至一千分之一以下，由於工廠廢水而產生之污染亦改善至一千分之一以下。換言之，在三十年期間內，能够在一千倍以上的生產力提高以及品質提高的激烈競爭之下，得勝的企業始能生存下來。

一般而言，小的國家或小的企業所具有的技術力，較之大的國家或大的企業為劣。欲求彌補技術力的差距，而在競爭上獲勝，除非是研究大的國家或大的企業所不生產的產品，否則必須從事遠比大的國家或大的企業更多的研究工作，始克有成。

研究工作的內涵，在於將自己所持有的創意或要因，經過計算或實驗，盡量正確地加以判斷其價值，若其結果不能符合達成目的的需要，則須另尋求更新的創意或要因，再透過計算或實驗加以驗證。所謂要從事更多的研究工作，就是要將這些活動在一定期限內作得比人家多。大的國家或大的企業，由於擁有充分的研究人員及充分的資金，故不必太重視研究工作的效率問題，但是在小的國家或小的企業如何以較少的研究人員及較小的研究經費，從事有效的研究工作，却是非常重要的課題。

在研究工作中，最費時間的及最費經費的是實驗性的研究。實驗計劃法是為提高實驗性研究工作的效率而發展出來的一項共通技術。

本人與著者吳玉印先生在實驗計劃法及品質管制的研究方面，已有十餘年的交往。吳先生精通於研究工作的實務及實驗計劃法的技巧，為本人最所尊敬的一位專家。

2 田口序

此次吳先生引用在臺灣實施的多數實例，編著中文的實驗計劃法教材，至為難得，本書內容對於各企業的研究人員及技術人員極為適合，本人深信本書必將促使實驗研究的效率提高，而加速貴國企業的發展。本人更希望本書將來能被譯成英文，而貢獻給許多發展中國家的研究及技術人員閱讀及利用，則幸甚矣。

青山學院大學教授 田口玄一

1976年4月16日

自序

記得應聘在中國生產力中心主持高級品管研討會，首次介紹實驗計劃法是民國五十一年之事。嗣後於民國五十六年在中華企業管理發展中心正式公開舉辦實驗計劃法研習班以來，著者在各訓練機構及公民營事業講授實驗計劃法已有廿多班次。深覺個人在這一段時期，能夠為推廣實驗計劃法在工業界的應用，略盡棉薄，無任感幸。

著者於民國五十八年間，曾編著「實驗計劃法」及「實驗計劃法應用實例」兩書，介紹使用直交表的實驗計劃法。唯書中所引述的實例均取自日本，頗感有所欠缺。承賜序於該書的吾師田口玄一博士對此亦曾予指評。自此以後，即盼望致力於收集實務資料，然後編寫一本以我國應用實例為中心的實驗計劃法文獻。

另一方面，由於我國企管訓練機構，為顧慮參加人員在時間上及費用上的負擔，多未能舉辦長時間（如日本的一百廿小時課程）的研習班，因此難以期待僅參加了短時間研習班的人員作較深入的研究，而回去企業單位即能應用自如。在學校方面，著者曾經在國內兩所大學開課介紹實驗計劃法，但國內大專院校迄未能積極展開此項課程。在日本，實驗計劃法已成為研究人員及技術人員日常使用且必須具備的基本技術，各大學的工學院將實驗計劃法列為必修課目者甚多。相比之下，實驗計劃法在我國尚待有關機構之大力推廣，此實為進入高水準工業途徑上，應予正視的重要課題。為期幫助推廣工作，著者希望編寫一本兼備函授效果的書籍，俾使有意學習實驗計劃法人士在不參加研習班情形下，亦能以自修方式學習，而能加以應用。

以上兩點是編著本書的主要動機所在。

本書收集到國內的機械、電氣、化工、塑膠、纖維、石油、糖業、合板、橡膠、醱酵、裝配、包裝、酒類、加工等工業，以及公用，分析方面的應用實例。其中大部份的實例係由曾經參加上述研習班人士

4 自 序

所提供，內容網羅多種解析方法及配置技巧，堪稱我國有關此方面的參考資料，這些實例亦象徵著者十多年來為我國推廣實驗計劃法的工作心得，深感欣慰。著者在收集應用實例方面，雖已費盡心機，但由於企業保密關係，尚有不少事例無法公開，殊為可惜。再者，所收集實例中很多是集中於同樣的直交表或同樣的配置技巧，故不易找到完全適合於每一章節內容的應用實例，至以為憾。

本書內容是以田口玄一博士等所開發的使用直交表配置的實驗作為中心。所介紹的方法均係實地應用後被證明為有效者。例如變動的分解，貢獻率計算，直交表的配置技巧，累積法，Omega 法，誤差合併法，模擬實驗，或SN比等皆是。書中大部份解析方法係參照田口玄一，橫山巽子共著之“實驗計劃法Text”壹書。蓋該書的重點置於應用的泛用性及解析結果與技術上意義的關連。為使具備函授教育功用以及在製造現場能獲得簡單扼要的結論，本書對資料解析方面儘量避免煩雜數式，藉求實用。

如何透過實驗計劃法的應用獲得企業的實際利益，為本書所強調的觀點。為加強研究人員及技術人員對企業經營的意識，對研究開發的注意事項及研究管理的想法，在書中作了詳細的介紹。又為針對我國當前加工出口的需要，對於裝配工業的實驗亦作了必要的詳述。茲值我國正努力邁向成為高水準工業國家之際，但願本書的出版，對我國工業界研究開發的進展及生產力的提高，能產生一番實質的促進作用。

著者承田口玄一博士長年的指導及鼓勵，本書復承田口博士賜序，深為感謝。對於提供資料的我國企業界人士，雖未能一一列舉芳名，但在此申表著者對彼等之衷心謝忱。又，承張鏡海先生在核算方面，及承吳大威君在校對方面，提供協助，在此一併致謝。

吳 玉 印 謹 識

民國六十五年四月一日

目 錄

田口序

自序

第一章 實驗計劃法概要	1
1.1 技術情報的重要性	1
1.2 實驗計劃法的目的	2
1.3 實驗計劃法的發祥	3
1.4 研究開發	5
1.5 工廠實驗與基礎研究及實用化研究	13
1.6 實驗計劃法與既往實驗的不同點	15
1.7 實驗計劃法的步驟	16
1.8 因素與階次	17
1.9 主效果	19
1.10 交互影響	20
1.11 交互影響的消除——階次移動法	24
第二章 變動的分解	29
2.1 創意的評價	29
2.2 變動量	20
2.3 線形式的變動	34
2.4 變異數分析表	40
2.5 要因效果的推定	44
2.6 重複數相同的一元配置法	47
2.7 重複數不同的一元配置法	54
第三章 多項式展開	61
3.1 1次回歸的公式	61

2 目 錄

3.2 計算例——鍋爐用水的 PH 與總固質的關係	67
3.3 直交多項式 (Orthogonal Polynomial) —— 啤酒銷售量的解析	69
3.4 有重複的場合	73

第四章 二元配置法 79

4.1 實驗順序的隨機化	79
4.2 直交 (Orthogonality) 的意義	82
4.3 化學反應的例	84
4.4 變異數分析	86
4.5 變異數的期待值	94
4.6 推定	95
4.7 最佳條件及其可靠範圍	97

第五章 有分解的二元配置法 103

5.1 祇有一因素是連續變數的場合——塑膠伸長率 測定實驗	103
5.2 兩因素均為連續變數的場合——糖漿脫色處理 實驗	107

第六章 有重複的二元配置法 117

6.1 反覆與重複	117
6.2 實驗單位	118
6.3 重複數相同而一因素是連續變數的場合——高 爾夫球的飛行距離實驗	121
6.4 重複數相同而兩因素均為連續變數的場合—— 潤滑油工場產率實驗	126
6.5 重複數不同的場合——膠帶加熱實驗	131

第七章 特性值的分類 139

7.1 特性值的單調性	139
-------------	-----

7.2 特性值的分類	144
第八章 由0與1構成的資料的解析法	151
8.1 重複數相同的場合——引擎裝配實驗	151
8.2 裝配工廠的實驗計劃	153
8.3 重複數不同的場合——空氣壓縮機裝配實驗	158
第九章 分爲三組以上的特性值的解析法	161
9.1 計數分類值——累積法——西裝料的觸感實驗	161
9.2 計量分類值——累積法——產品褪色實驗	172
9.3 多計數值——累積法——交通事故數的解析	179
補註	187
第十章 使用直交表的實驗	197
10.1 直交表 L_8	197
10.2 使用直交表作實驗的目的	201
10.3 直交表實驗的資料解析	203
10.4 直交表 L_8 的應用例——EP 橡膠製造實驗	211
10.5 直交表 L_8 的應用例——冰箱裝配實驗	229
10.6 直交表 L_8 的應用例——合板貼合實驗	233
10.7 直交表的種類	236
第十一章 線點圖及其應用	237
11.1 有交互影響時的配置方法	237
11.2 配置交互影響的意義	238
11.3 直交表 L_8 的線點圖	239
11.4 直交表 L_{16} 的線點圖及其使用例——電焊實驗	242
11.5 直交表 L_{27} 的線點圖及其使用例——柴油分離實驗	262
第十二章 多階次法	269
12.1 2階次系直交表的多階次法	269

4 目 錄

12.2	自3階次系表作9階次因素的方法	271
12.3	絕緣材料製造實驗	272
12.4	輪胎壽命實驗的配置	276
12.5	洗滌實驗	280
12.6	無硫特砂製造實驗	287

第十三章 假階次法、組合法 295

13.1	假階次法	295
13.2	組合法	296
13.3	碳粉製造實驗	297
13.4	鋁鑄造品的實驗	303
13.5	複合法	310
13.6	複合法——裝配工廠的實驗	312
13.7	不良率很低的製造過程的裝配實驗	317
13.8	交流電磁接觸器的裝配實驗	319

第十四章 實驗大小的決定法 323

14.1	想望的實驗大小——一個簡單的例	323
14.2	使用直交表的場合，最佳重複數	324
14.3	使用直交表的場合，想望的反覆數	326

第十五章 分割法 331

15.1	積層板的實驗	331
15.2	直交表各行的配置法	333
15.3	簡單的例	335
15.4	資料解析	336
15.5	積層板實驗的配置	338
15.6	變異數分析	340
15.7	顯著要因的推定	343
15.8	3階次系的分割法——碳素粉的實驗	347

15. 9 實驗配置與資料	348
15.10 資料解析	351
15.11 塑膠鞋接着實驗	356

第十六章 假因素法 367

16.1 假因素法的意義	367
16.2 假因素法〔1〕——有軸因素的場合	367
16.3 資料的變換	371
16.4 碳精電阻實驗的資料解析	372
16.5 假因素法〔2〕——空閒行法	377
16.6 合板製造實驗	379
16.7 纖維分解酵素的合成實驗	382
16.8 電話用碳精粉的實驗	388
16.9 碳精粉實驗的配置	389
16.10 變異數分析	392
16.11 顯著要因的推定與最佳條件	395
16.12 蔗渣燃燒用鍋爐的效率實驗	399
16.13 各種不同階次的因素混存的場合	402
16.14 資料解析法	404
16.15 空閒行的作法	406
16.16 有地區因素的場合	407

第十七章 直積法 413

17.1 直積法的目的	413
17.2 配置上的注意	414
17.3 橡膠熱老化防止實驗	415
17.4 PVC 製品加熱實驗	419
17.5 各成份的合計為 100% 的實驗配置方法	419
17.6 PVC 製品加熱試驗的配置結果及解析	421

第十八章 模擬實驗 431

6 目 錄

18.1	模擬實驗 (Simulation) 的意義	431
18.2	汽車散熱器改良實驗	431
18.3	提高電視機鮮明度的實驗	432
18.4	在經營 (營業, 管理) 計劃上的應用	434

第十九章 遺漏值的處理法 445

19.1	遺漏值的意思	445
19.2	重複數不齊的場合	445
19.3	某組合內完全無數據的場合——二元配置法	448
19.4	直交表有 1 行誤差行的場合	449
19.5	直交表的有 2 行誤差行的場合	451

第二十章 SN 比 457

20.1	SN 的意義	457
20.2	硬度計的比較	458
20.3	酒精定量分析條件的比較	467
20.4	SN 比的實驗計劃——金屬表面裂痕試驗方法的改進實驗	474

練習題	479
-----	-----

附 表	493
-----	-----

索 引	531
-----	-----

第一章 實驗計劃法概要

1.1 技術情報的重要性

據說人類已經過農業及工業時代而面臨情報時代。在過去，價值判斷的基準在於東西與服務。在情報時代，其基準則轉移至情報。為作原因的探求，預測、企劃、或分析等，情報的科學處理方法及資料的解析方法更加重要。通信方式、印刷複寫方法，及情報處理的急速的發達帶來情報的氾濫，有時候使人感覺想自文明社會逃避。因此我們須要針對情報處理的問題，作情報價值的判斷，把可靠的結論有效地導出來。

實驗是把各種要因或創意作其價值判斷的時候，使用實驗或試作的方法作實際證明的情報獲得行為。實驗計劃法可以定義為透過實驗的方法提高情報獲得效率的共通技術。一般地說，除實驗以外還有調查或試驗等術語，例如現場調查或商業試驗等，實施的領域或實施的對象無法由擔任者的意志簡單地控制時，稱為調查或試驗。實驗計劃法對於這些場合仍然有效。為避免煩雜起見，以後僅使用實驗這一句話來代表。

我們每天在研究所、工廠、銷售部門，或其他場所從事研究，生產或推銷工作，須要作各種判斷，而根據這些判斷作種種的決定，付諸實施。例如對如何設計機械或裝置，如何改進作業方法或調合方法，如何決定反應條件，如何作廣告，如何決定規格或公差，如何管理，如何檢查，那一種法則或那一種公式最合乎實際等問題，提出種種方法或手段，加以討論，調查文獻，作實驗或調查，以作判斷。

在討論的過程中普通有各種意見，但是往往無法僅靠經驗或直覺作正確的判斷。又經驗不一定正確，或理論的前提不符合實際，或直覺可能有錯誤。因此宜收集資料，用實證的方式來判斷那一種案是最好。

舉例說某製造過程的溫度很明顯地不可低於 80°C 以下，亦不可高於 95°C 以上，但 80°C 至 95°C 之間究竟那一個溫度最好的問題，並不明瞭。此時 80°C 至

2 第一章 實驗計劃法概要

95°C間的溫度均為最佳溫度的可能的候補。有學問及經驗的人，不但善於將最佳條件的候補範圍縮小，而且能將對目的有效的方法盡量地提供出來。但是若果為了不能確定80°C至95°C間的最佳溫度而不做決定，則不能移至實際生產過程。故非作決定不可。

自優劣不明的候補之中，採用那一種的問題，通常使用下列方法決定：

- (1) 由學識或經驗豐富的人，或由擔任負責人的智識、經驗、或直覺決定。
- (2) 多數表決。
- (3) 做實驗或調查，根據其結果決定。

(1)、(2)的方法固然是重要，但(3)的實證方法也非常重要。在工廠的操作法或規格經決定以後，要維持相當長的時期，若採用不是最好的方案時，則在長時期內將蒙受相當大的損害。我們將直覺或票決的方法，與妥當的資料取法及妥當的判斷方法加以比較時，除非前者有99%的可靠性外，不會勝過後者的實證方法。若實驗非常難做或需要龐大的費用時當然是例外，但普通的情況下收集合理的資料後決定的方法是非常重要。這事實可以自上面的例看出來。一方面在資料的收集方法不妥當，或過份地使用經費，或經費使用不充分的情況下所得到的資料，可能不及僅有80%可靠性的靠直覺的方法。再說根據有偏差的資料所作的決定，可能不如使用骰子或抽籤決定的方法。即根據合理的資料做決定時，因為把好的方法判斷為好的或然率很高，故可以彌補收集資料的經費或判斷的遲延所引起的損失而有餘。

1.2 實驗計劃法的目的

實驗計劃法是要研究下面2個項目的學問：

- (1) 如何收集資料，如何分析資料以減少判斷錯誤的危險？
- (2) 收集資料時有經費及判斷遲延的損失，而收集資料使用多少經費及時間最有利？

第2項是要研究情報的量需要多少，即實驗計劃法是研究情報量的效率的學問，正如熱工學研究熱能的效率一樣。後者的目的是以熱能的節省為主，而前者則以促進技術或研究的進步及實驗經費的合理化為主。

學習過使用直交表的實驗計劃法的人，知道幾十個以上的因素的實驗，可以使用與因素數差不多相同的實驗數來完成實驗的方法。若有幾十個未知數，而對資料的取法未加充分的檢討時，縱使用電腦以最小2乘法來推定這些未知數，也需要好幾個月的時間。但若以合理的計劃收集資料，則可以用筆算，而僅用數小時的時間推定這些未知數出來。並且這些推定值的誤差較前者的方法所得者為小。

實驗計劃法對於提出新的意見或新的方案方面並無多大用處。提出意見就是有關收集何種情報，即有關情報的質的方面。實驗計劃法是情報的量的科學，而對質方面而言，實驗計劃法並非重要的科學。質是各行業專家的問題。這一點與通信理論相似。通信理論是情報的傳達方法的理論。在通信理論裡面並無情報的質方面的內容。通信方面的問題是如何把儘量多的情報用儘量高的效率輸送，而實驗計劃法要研究如何把儘量多的情報以儘量高的效率獲得。

提到實驗計劃法會節省實驗費用一事，也許有人認為實驗費用與研究者無關，但若考慮到一個研究者在其一生之中所能完成的工作量時，應留意下面一句話，即計劃效率較高的實驗，可以縮短獲得結論的時間，因此一個專家在其一生之中能完成的工作量，可以增加很多倍。實驗計劃法在此有其價值。

在新產品研究開發實驗，實驗計劃法的價值並非在於實驗費用的節省，而在於能提早打出新產品，或能及早進步，如此可以爭取時間，提高競爭力量，取勝於同業。

假定將實驗計劃法使用於某種目的，例如減少不良品。經實驗結果所有的要因均無效果，因而不能減少不良品。此時因為實驗的目的並未達到，此實驗是失敗的。但若所有的要因均無效果的結論是正確時，則此實驗計劃的目的已達到。又經實驗資料解析的結果得到「所有的要因均無效果」的結論，但若實際上尚有其他對結果有效果的要因存在時，則此實驗計劃是失敗的。為達到實驗目的，所舉出來的要因之中必有產生效果者。將有用的要因與無用的要因經過實驗很正確並迅速地辨別的方法，即為實驗計劃法。

1.3 實驗計劃法的發祥

實驗計劃法於1920年代由英人費舍（R. A. Fisher）創始。當時他在倫敦郊