

Angle

實驗室資訊管理系統

蔡 易 章

資訊中心

摘 要

電腦善加應用於分析實驗室中檢驗儀器自動化及管理實驗室相關資訊，可以增加實驗室產量，提昇檢驗品質。本文探討實驗室為達電腦化所建立之「實驗室資訊管理系統」，包括系統規劃設計之考慮，該系統之硬體組態與軟體功能，系統完成後之維持工作，及電腦化所帶來之影響。關於軟體製作之功能需求論及檢體點收及登錄，工作分配，儀器數據獲取與處理，資料驗證及製作報告，資料庫管理，資料備份及復原，檢驗統計，財務及庫存管理，系統求助，系統安全，作業監督控制，系統執行績效，品質管制，遵循優良實驗操作規範，儀器界面及電腦網路等。

前 言

資訊電子科技隨著社會需求之快速成長，使電腦應用範疇漸趨廣泛，電腦與實驗結合，在早期電腦引進實驗室只是應用電腦速度快而精確的運算能力來從事繁複的計算工作，並利用電腦所具有的龐大儲存能力來存放數據或文獻，爾後電腦開始銜接到分析儀器，同時也有了新的分析理論出現，許多如統計分析法，人工智慧及其他的數學技術被應用於實驗室，今日分析實驗室之作業亦不落人後的引進各種電腦及處理器加入工作陣容，希望能協助分析與判斷幫忙處理很多的檢體，迅速的獲得更正確之檢驗數據。基於有限的人力與儀器設備要對付日漸成長之工作量，為了達到高品質的檢驗結果，實驗室相關檢驗步驟、程序等必需遵循相關準則(例如優良實驗操作規範—GLP)，以確保及証實工作品質，管理人員面對豐富的資料，如何有效地整理、管理進行統計分析得到資訊做為決策之參考依據，因此使用電腦系統，加上適當之軟體工具^{1,2}來共同自動地收集數據資料，幫助複雜的計算，有效地處理儲存、管理實驗室之

資訊，預期節省重覆性高，勞力厭煩及易發生人為錯誤之工作，加速實驗室作業及保持資料之完整等，達到以上功能之應用軟體及所需之硬體，周邊設備之配署為以下將討論的實驗室資訊管理系統(Laboratory Information Management System—LIMS)。

電腦化之實驗室⁴

一般分析實驗室中之基本作業流程³不外乎收件取樣→檢體分發→前處理→分析檢驗→製作成績書→報告呈核→發文，因此對於檢體而言，從收件到進入實驗室，經過編號標識，指派檢驗人員及限期，分送至各實驗室，承辦員開始做前處理，參考有關資料，進行儀器分析步驟，檢驗數據計算、判斷、驗證等處理，結果資料之儲存，到列印一份完美的成績書報告為止，都可經由LIMS來監督規劃及管理。以本局環境為構想，假設實驗室接到委託分析某檢體案件，其中檢驗過程，分析結果至產生成績書所經過的程序簡述如下(參圖一)：

(一)局總收文或單位登記桌將各案件及檢體附予編號，送檢單位，外觀條件、日期、檢驗主旨，

實驗室資訊管理系統

檢驗項目等檢體有關資料鍵入電腦。

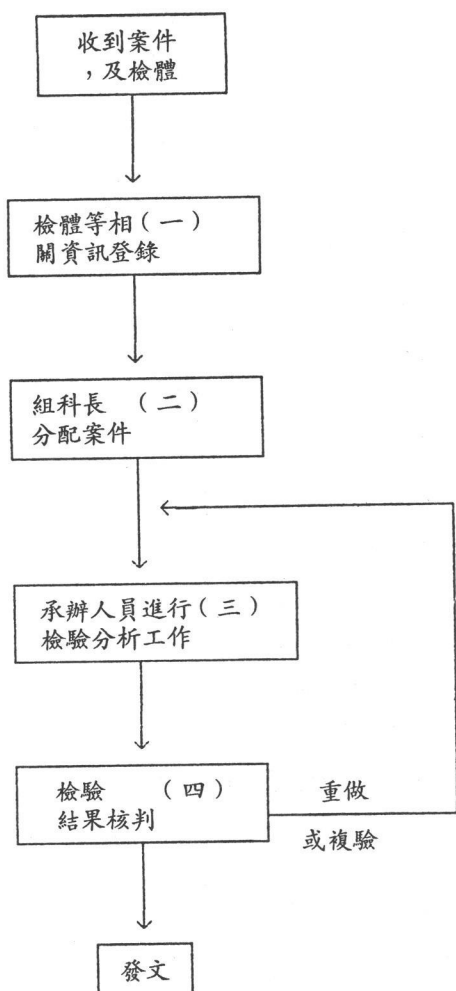
- (二)由組(科)長根據每一個案件性質、承辦員專長與目前手邊案件數量等,估計分析所需的時間,指派檢驗人員,再由這些資料產生待測檢體與工作分配清單。
- (三)實驗室的檢驗人員由終端機螢幕上之工作清單得知被分配檢驗的案件,即可參考資料庫中檢驗方法,流程及案件檢體相關資料,便可進行分析工作。連接儀器之資料處理站(Data Station—DS)則收集儀器所產生之原始數據加以計算處理,分析的結果資料可直接經由電腦網路或於終端機人工輸入送至

資料庫中(會辦單位送回主辦單位),再由電腦系統彙整以供製作成績書。對於系統中各資料檔案,均以安全措施加以保護,權限所及的人始能讀出或寫入適當資訊,關於各資料檔案內容之更動備有完善紀錄。

- (四)最後,對於是項檢驗案件的檔案包含了原始數據、分析結果、或分析圖譜等相關資料以接受進一步的呈判步驟,呈判結果可能需要重新檢測或要求再研判。這些檢驗有關資料則送回資料庫中加以保存,以供事後查詢及統計等用途。

而實際上實驗室自動化所發揮之層面及細節更為複雜深入,例如:

- 案件及檢體相關資訊之登錄。
- 終端機前進行工作分配。
- 各類檢體及分裝檢體如何分送至適當地點以進行檢驗。
- 檢體儲存場所之環境及保存期限管理。
- 記錄各檢體曾經及目前所在位置。
- 隨時查詢尚有多少檢體尚未完成檢驗。
- 產生依案件緩急之工作清單。
- 得知被安排之檢驗工作及那些儀器可以使用。
- 退回重做檢驗之安排。
- 檢驗結果之呈判。
- 檢驗紀錄、成績書、圖譜與報告之製作。
- 對各案件之督導監控。
- 迅速查詢知道檢驗案件進度、承辦過程或結果。
- 檢驗方法,檢驗流程及標準作業程序之研製與查詢。
- 檢驗分析儀器校正維護紀錄與品質管制、原始數據、圖譜、檢驗紀錄等保存。
- 資料儲存之保密、安全性及完整性之顧慮。
- 根據品質管制資訊適時發掘問題,確實掌握檢驗品質。
- 遵循配合實施優良實驗操作規範。
- 實驗室用器材及試藥庫存管理。
- 檢驗統計與趨勢分析,例如可得知各類



圖一 基本檢驗流程

儀器之負荷,人員之工作量,預估案件所需時間與未來工作量等。

- 儀器與電腦間之界面資料傳輸。
- 電腦硬軟體之驗證。
- 電腦系統使用人員、維護人員、管理人員之教育訓練。
- 研訂危急處理步驟。
- 實驗室內外部之資料通訊等。

廣義之LIMS包含實驗室儀器之自動化自動送樣,人工智慧機器人⁶及連接工作站,實驗室資訊管理,以及實驗室中不同電腦系統間之網路通訊以構成一整合性之實驗室電腦系統。

規劃與設計

依據各實驗室之情形不同其所需LIMS功能各異,然而好的開始是成功的一半,在進行製作LIMS之前就需要規劃出完善的系統功能需求⁸,訂出各發展階段之里程碑及應產生之文件種類、相關工作之描述、測試計畫及注意事項、及如何去發展完成該系統,這些規劃考慮的方向例如:

- 確實掌握使用者之需求。
- 預估製作及操作該系統之人員及硬軟體周邊設備之需求。
- 人員及物力資源之管理。
- 電腦系統硬軟體測試與驗證工作。
- LIMS和現存電腦系統之溝通界面。
- 電腦化後原人工作業項目與流程之變更及隨之帶來的相關行政革新。
- 新系統環境下系統開發人員及檢驗人員使用新檢驗儀器、新檢驗技術、方法、步驟、電腦知識認知、如何使用LIMS等之教育及訓練。
- 具備適當的系統及使用者操作手冊、參考手冊、快速指引等。
- 準備電腦系統放置場所與必要之連線拉線工程。
- 擬訂各發展階段之測試計畫及收集測試輸入資料。
- 設計方向宜配合未來科技發展趨勢。
- 採用現成系統開發及計畫管理等軟體工具以增加生產力等。

LIMS計畫之開發推動小組成員應了解發展LIMS之成敗關鍵將有助於整個計畫之推動與執行,不良的規畫結果所產生的問題可能會比解決的問題還多,以下列舉朝向成功之因素:

- 一個完整有目標及價值之發展計畫。
 - 組織功能齊全之管理委員會。
 - 成立監控督導整個計畫之執行小組。
 - 能力強受人敬重之計畫領導人。
 - 能詳盡仔細清楚說明實驗室中電腦化之需求及了解對將來之利益得失。
 - 邀集使用人員共同參與討論,得到具備共識之系統功能需求。
 - 系統設計階段必需巨細靡遺。
 - 落實系統測試及相關人員之教育訓練⁷。
 - 具有完善之系統開發書面文件資料。
 - 規劃設計時考慮預留擴充空間以彌補當初預估之不足及應付新需求。
 - 建立反應缺失及解決問題之管道。
 - 管理層次之支持。
 - 使用者與系統之界面力求操作簡易及親和⁸。
 - 儘量以朝向成功因素為努力目標等。
- 宜避免之不利因素例如:

- 過於複雜或好高騖遠的開始。
- 目標不明確的動作。
- 改變現有系統後其功能並無增加。
- 延遲解決問題之時間。
- 後繼支援不夠充分。
- 進展並未符合使用者需求。
- 不適應或彈性小之工作環境等。

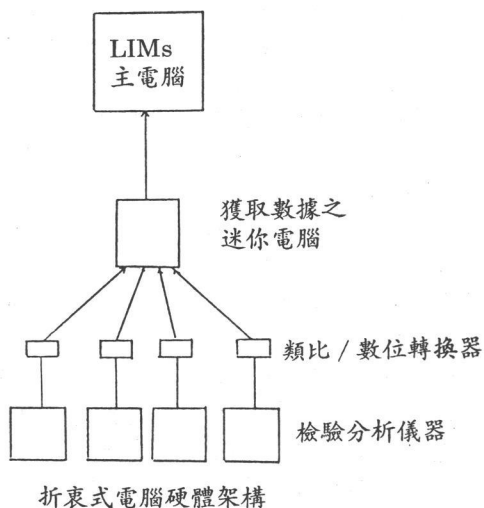
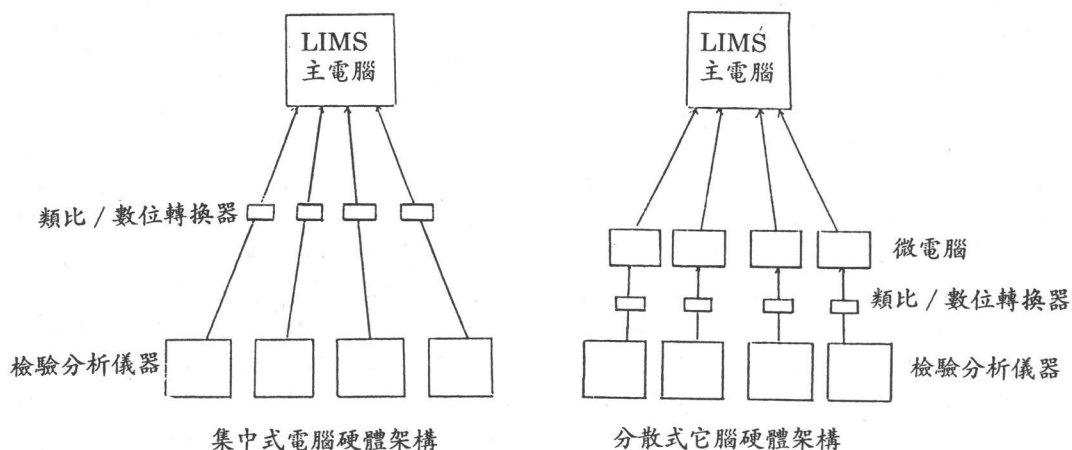
硬體組態⁹(參圖二)

電腦化所需之硬體為電腦主機、終端機、個人電腦(或工作站)、印表機、電腦網路及其他相關周邊設備等,依據不同分析實驗室之工作型態、環境及需求之迫切性、使用之儀器種類、電腦設備、工作人員及管理階層之看法、以及財務等因素來選擇適當功能之電腦硬體架構。LIMS電腦之基本安置組態可分為集中式

實驗室資訊管理系統

與分散式兩類：集中處理環境下各個檢驗儀器直接經由界面和LIMS主電腦相連接，儀器輸出之數據資料將直接送入LIMS主電腦進行計算、處理及產生結果，此種情形下主電腦的工作兼顧擷取各檢驗儀器數據資料及處理、管理和實驗室有關的資料，由於實驗室中大部分儀器分析動作是連續、即時性的，LIMS主電腦擷取其中一部儀器送來資料之作業項目必需優先處理，不適合以間斷或輪流的方式進行，因此關於資料處理管理之功能難免因連線儀器之使用頻率及主電腦之能力等原因而受到怠慢，整個系統在某方面運作之反應難免受到波及，這種

組態的資料集中於主電腦管理，資料整合性及安全性均高，但主電腦故障或系統維護期間，整個系統及相關實驗室工作將面臨停擺命運。分散式處理環境之作法則不同，自從電腦之應用漸漸地普遍深入社會各階層，電腦硬體之功能也不斷提昇、價格趨低價位，電腦應用軟體之種類增加，功能強化，因此就有使用工作站來分擔主電腦工作量之想法，檢驗儀器經由界面和工作站相連，工作站則可接替集中式主電腦之部分工作，收集儀器輸出訊號進行計算、處理、獲得結果，再經由工作站與主電腦間之界面將所得結論或簡化過的數據送入LIMS做進



圖二 LIMS硬體組態

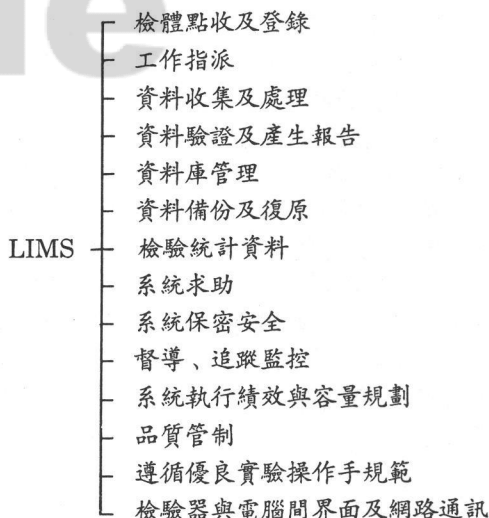
一步地資料整合及存放,如此主電腦能專心於整體性之資料處理、管理工作,當主電腦運轉失常或維修保養時,工作站仍可繼續獨立作業不受到影響,但相反地整個系統之資料整合及保密性則需多費心思。另一種折衷的方式¹⁰即主電腦和另一部迷你電腦相連,迷你電腦可以同時連接應付數台檢驗儀器,分別收集、儲存各儀器輸出數據並加以計算、處理,然後再將需要之結論送入LIMS主電腦彙整,如此安排將更具彈性且能提高系統保密及安全性。

軟體功能(參圖三)

基於各實驗室之電腦化需求不盡相同,製作LIMS所考慮的方向亦不相同,特將LIMS中軟體功能需求列舉,而應考慮及注意的事項說明如下:

檢體點收及登錄¹¹: 能隨時線上或以批次方式登錄各檢體有關資訊,自動給予檢體及案件統一編號,工作人員能以輕易的方式重新輸入或更正錯誤(一旦資料送入LIMS後,其更正動作則需依規定一一紀錄),以備後續前處理、分析檢驗、產生報告、查詢等用途;資料輸入同時利用範圍檢查、表格對照及資料型態判斷,進行初步檢查,不合理者需採取適當更正措施,並決定進行檢驗工作單位或實驗室,及報告產生方式、時間與地點等,顯示預估檢驗所需之費用及時間,依檢驗類別(預先)列印適當數量檢體標識或案件編號等粘貼標籤,視需要使用條紋識別碼³輔助資料輸入以減少人工鍵盤輸入動作,避免發生抄寫時之錯誤。列印登錄清單與收據;使用者亦可自行另外訂定檢體登錄形式以提供特殊研究性質環境之需要。

工作指派: 以檢驗類別,電腦中可依檢體類別選擇檢驗項目及檢驗方法,由案件優先處理順序、檢驗人員專長與目前工作量等由電腦自動分派工作,或依特殊需求以人為的方式選擇性指派工作,並能隨時產生最新工作清單;編輯工作清單,依所賦予速別,複驗或退回重驗等因素可彈性即時重新調整工作清單之內容;根據儀器使用、保養維護等情況自動分配各項檢驗所需用到的分析儀器及記錄試藥及器材使用情形;使用者亦可自訂定新的工作及儀器分配



圖三 LIMS 軟體功能

協定或原則提供等殊研究性質環境之檢驗程序。

資料收集及處理: 檢驗儀器經由界面和工作站或主電腦連接便於自動傳送¹²資料或檢驗結果,但無法或未能和電腦連線之儀器則仍以人工鍵入方式將資料輸入;安排儀器(輪流)使用電腦之次序,資料處理時,依所予公式計算、圖譜比對、微分積分、求取面積比、劃檢量線、圖譜繪製、局部放大、列印等,相關電腦程式及內部資料之流動、取用方式均需經過良好的測試驗證手續,確保其精確性及可靠性,資料存至LIMS中相關資料檔案,應用時注重資料完整性。倘若紙上作業必需保留的話,尚要檢核紙上及電腦中資料之一致性;提供應用程式撰寫環境,讓使用者有機會自行設計程式應付特殊需求等;另外鑑於時下個人電腦與套裝軟體之普及,運用個人電腦幫助處理資料可以分擔主電腦的工作,套裝軟體間之資料檔案亦可經由標準資料交換格式(例如ASCII,DIF等)等相互運用。

資料驗證¹³及產生報告: 檢查檢驗結果,核對日期、數值、文字、數字、邏輯等,資料型態及資料格式是否在預定合理範圍內(廣義之資料驗證涉及資料輸入、資料處理、資料輸出等各階段);宜否進行案件線上呈判工作,決定產

生報告與成績書之方式、格式、地點及(間隔)時間,如何列印郵寄信封及清單,將檢驗結果經由數據機電話線傳送至外單位;最好能提供繪圖終端機、繪圖印表機與繪圖機,及做編輯用之文書處理¹⁴軟體。

資料庫³管理:依所賦予之權限隨時查詢最新資料,查詢有關案件之進度與承辦情形、相關代碼資料、及找尋其他有關檢驗資訊文獻等,依不同目的之臨時主題查詢,儀器使用及工作分配查詢,資料進出資料庫之管制,檢體有關資料檔案、檢驗方法、標準檢驗程序¹⁵、個別檢體性狀資料,儀器校正及維護紀錄、系統運作或動作紀錄等儲存及管理;宜善用資料字典觀念,如檢驗步驟、使用者提示符號、檢驗作業有關協定、量測單位、各種計算副程式、主程式、資料檔、各種存取螢幕及報表格式定義、使用者名稱、使用權限、系統組態參數等,以便集中管理,保持該等資料之完整性,資料庫需考慮未來成長量及增減修改資料項之彈性設計,具備必要之防治措施,例如記錄異動前之情形、記錄資料備份後一切異動情形,以防止資料異動週期中若發生硬體或軟體異常狀況,要將相關資料恢復至異動週期前之原始情形以保持資料庫中資料之完整。

資料備份及復原:為預防機器或系統失常之故障、軟體操作錯誤或天然災害之發生,資料庫檔案處理需具備資料備份¹⁶及復原功能,平時依狀況每日或每星期(或每月等)定期將磁碟機中全部或異動部分檔案備份起來,分開至同一災變不會波及之地點存放以策安全;備份之另一目的為將磁碟機中過期或不常用之資料檔案備份到碟帶等低價位儲存媒體存放以節省磁碟使用空間,若需要用時可將其再度載入磁碟中運用。

檢驗統計資料¹⁷:承辦案件、檢驗項目、檢體數量、及檢驗工作,儀器使用、試藥、器材消耗及庫存情形等統計資料可用來預估各項檢驗所需時間,評估作業績效,發掘改善整個實驗過程之瓶頸,及規劃實驗室未來工作成長與人員、儀器之需求;品質管制統計報表、圖表等方面之統計資料用以確保檢驗工作之品質。

財務、會計及庫存管理:分析檢驗用試

藥、標準品、器材、儀器、中藥生藥材標本、(驗餘)檢體、實驗用動物都需要有計畫的加以有效管理,庫存方面應維持安全存量,避免呆料(物)情形,並結合採購作業透過資料庫中廠商類別、地址、信譽等資訊迅速以合理成本購得符合於規格之物品;適時掌握機構中會計出納之營運,建立會計傳票檔,各種分類帳之更新,編列各類型會計報表、統計報表、圖表,提高工作效率及品質,做為未來預估與決策之參考;收取檢驗費用、購買材料、事務用品之開銷、郵寄運送、工作人員薪資等費用之統計及列印客戶帳單與相關報表等。

系統求助:依不同層次、目的、作業內容製作具備直覺感操作方便且親切的即時線上協助模組,顯示和正在進行作業內容相關之協助或引導訊息,依使用者意願能進一步地呼叫和作業內容相關的電腦輔助教學,隨時能提供終端機前使用該系統之教育訓練機會與環境,另外宜備有可以加入使用者自己的求助或備忘功能。求助內容之設計例如:整個系統或子系統功能介紹,如何操作終端,如何使用本系統,指令操作方法及注意事項,如何輸入資料及排除困難,遇到操作錯誤等訊息之解釋及補救與因應措施說明,系統安全措施說明,如何執行針對各種不同目的之查詢,如何執行臨時查詢,如何運用系統資源,一般維護保養及使用電腦周邊設備注意事項等。

系統保密安全:使用者進出系統及外界經由電話線¹⁸撥入系統之管制與紀錄,系統運作之正常、異常警告、錯誤狀態紀錄,敏感檔案之保護及讀寫¹⁹、存取與拷貝紀錄,使用系統資源之安全紀錄²⁰,系統維護保養紀錄,擬定各類危急處理程序,以備系統異常之應變,訂定各使用者使用資料庫及軟體功能之權限,資料庫中資料之更動(新增、修改、刪除等)要詳載使用者及更動日期與時間,預防及消除電腦病毒之侵襲,留意在應用程式或系統工具軟體安裝、維修,以及定期預防保養時之影響安全因素,另外加裝不斷電系統,系統重要資料異地存放以策安全。

督導、追蹤監控¹¹:能隨時監控實驗室中個別案件進行情形及檢體動向,適時做案件稽

催考核、追蹤查詢特定案件從頭到尾辦理情形(包括檢驗合格、退回重複、複驗等)及相關檢體登錄、檢驗紀錄、檢驗結果、檢驗報告等被修改情形,已送入LIMS之相關資料,除紀錄有關動作之人員外,舊版資料宜保留備查;應用程式、電腦資料庫、資料字典、敏感資料檔案內容之變更均應詳實記錄更動人員、執行程式、日期及時間等,便於事後需要時之統計與追蹤。

系統執行績效²¹與容量規劃:基於系統上各應用程式之不斷新增與改善,其相關之資料檔案日益增加,與所使用有限之系統資源,例如CPU,主記憶體、磁碟機容量、磁碟存取資料之I/O次數等,這些對於整個系統執行績效與工作量均有相互影響,因此對於系統資源之使用情形需具備一套完善的評估方法與可資利用的軟體工具,定期監視這些相關因素,適當地調整系統參數、資源使用、或系統設計方法,發掘導致不正常之原因或瓶頸;以平時所收集的資訊來預測系統執行績效,評估假設不同工作形態或系統組態會帶來什麼變化,以及做為系統擴充與容量規劃之基本依據。

品質管制²²:為確保檢驗品質及各檢驗程序、儀器運作之無誤,宜建立品質管制程序,將已知標準樣品提供工作人員做檢驗之校正,品管部門將盲目檢體如同一般檢體形式送入檢驗體系進行檢驗分析,定期產生品管報告及繪出品管圖形²³以做為應變與改進之參考,委託單位亦可送來品管樣品混入其檢體中;在軟體開發方面依據事先預備好之測試資料及計畫所述之測試方法進行驗證⁷工作,測試是否符合功能需求之描述,落實軟體之品質(廣義的軟體品管可含蓋軟體開發生命週期之各階段)。

遵循優良實驗操作規範²⁴:為提高檢驗數據之精確度與品質、確保檢驗之完整及安全性,藉用電腦能力輔助推展優良實驗操作規範工作之執行,依據其精神建立各項檢驗方法及標準作業程序資料庫,關於各案件相關之原始數據、文件、使用之檢驗方法、步驟、檢體資料、檢驗紀錄與圖譜至最後結果報告及其中更改經過均需保留,力求前後資料一致,各項作業程序及動作之追蹤,考核與紀錄;儀器使用、維

護、校正紀錄,品質保證與管制紀錄,以及電腦硬軟體之驗證⁵方法。

檢驗儀器與電腦間界面及網路通訊^{7,25}:檢驗儀器經由界面將檢驗測得有關數據資料輸出至電腦以便做計算、處理等,如此可減少抄寫錯誤、資料處理方式亦能力求一致、經由電子訊號傳送電腦處理之資料速度快且可靠性高;附設有接受電子信號控制能力的(智慧型)檢驗儀器可與LIMS相互雙方面溝通,能接受來自LIMS的指示進行工作,或傳送資料及檢驗結果回LIMS;規劃界面所具備之通訊協定²⁶,例如RS-232,IEEE-488,宜力求一致及遵循國際標準,以減少不必要之資料轉換困擾。界面²⁷的主要功能為將儀器輸出之類比訊號轉變為電腦能接受之數位訊號或接收儀器輸出之數位訊號。而實驗室中各類型檢驗儀器與電腦間之相互往來傳送資訊與資料格式轉換工作,是藉由網路²⁸以發揮其功能,實驗室內部各種不同廠牌電腦間、終端機至電腦主機、印表機、磁碟機等均可經由區域網路¹⁰共同分享資源。和外界電腦通訊則經由公眾網路(例如交換服務、分封服務)以電話線數據機相互通訊傳遞資訊,由此可知建立電腦網路通訊實為電腦化重要之一環。

各方面之配合

電腦整體系統之能發揮功效,在於硬軟體間的密切配合,就應用軟體而言無論LIMS之來源為修改或使用現成套裝軟體、自行或委託開發,基於軟體之品質、實用性、可用性、是否符合功能需求、縮短系統開發時間及減少維護成本等因素,在軟體發展之生命週期²⁹間必需要遵循事前所慎選之軟體開發準則³⁰、指引³¹或相關標準,各階段作業應詳細了解配合使用者需求,備妥相關書面文件資料來說明描述要進行之工作目標、項目、方法、各種測試計畫、人工作業至電腦化上線之系統轉換方式,及執行結果與檢討等,並以適當之品質管制與監督導制度證明所進行的這些步驟是否依照計畫及該等準則行事,以保證及軟體品質軟體運作上與功能方面能符合需求,增加管理及使用人員對該系統之信心。系統開發完成上線運作

階段應建立整個LIMS硬軟體基本組態架構檔案資料、通暢的系統維護保養支援管道、以及標準系統成分異動程序，隨時追蹤記錄整體架構之變更，一切因作業方式、增添硬體周邊設備或系統使用人員、系統軟體更新、應用軟體功能變更、增加新系統等之更動均需依標準程序詳載，例如變更類別、事由、日期、人員等項目，將更動部分及整體逐次進行再確認，以保證目前所使用的LIMS為經過測試確實符合需求。

結 論

成功之LIMS可預期感受之影響如下：

- 以標準統一的方式進行檢驗分析工作，促使檢驗作業朝向標準化。
- 減少重複性工作或重複檢驗之次數，可運用的人力增加能做更多的事情。
- 自動化可避免經由人工抄寫、計算的錯誤，降低人為誤差。
- 改善檢驗統計、資料分析、資料存取、資料及檢驗進度查詢的效率。
- 即時快速地得到可信度高的檢驗結果報告或相關統計資訊。
- 經由資料輸入之驗證³²、自動化資料輸入及計算、資料更動監督紀錄、實驗室之品質管制等相關步驟，加強實驗室資料之完整性⁵。
- 更有效地利用實驗室資源，使檢驗工作之產量⁵及品質得以提昇。
- 檢驗統計報表或圖表等資訊能提供管理層次做決策之參考與應用，便於善加運用規劃人力、物力資源，及對未來事件之預測與預估。
- 促進、推動及配合實施優良實驗操作規範³²。
- 增加檢驗人員對工作之信心，實驗室之管理更有秩序²⁴及效率，及面臨新的工作環境與挑戰。

參考文獻

1. David Shear. 1988. CASE Shows Promise but Confusion Still Exist. *Software*. 33 (25) : 164-172.
2. Waters, R.C. and Rich, C. 1988. Automatic Programming: Myths and Prospects. *Computer*. 21 (8) : 40-51.
3. McDowall, R.D., Pearce, J.C. and Murkitt, G. S. 1988. Laboratory Information Management Systems-Part I. Concepts. *Journal of Pharmaceutical & Biomedical Analysis*. 6 (4) : 339-359.
4. Stockwell, P. B. 1979. A Total Systems Approach to Laboratory Automation. *The Journal of Automatic Chemistry*. 1 (4) : 216-221.
5. McDowall, R. D., Pearce, J. C. and Murkitt, G. S. 1988. Laboratory Information Management Systems-Part II. Concepts. *Journal of Pharmaceutical & Biomedical Analysis*. 6 (4) : 361-381.
6. Hirschfeld, T. 1985. Next Stage in Laboratory Robotics. *Trends in Analytical Chemistry*. 4 (8) : 195-199.
7. Dessy, R. E. 1984. Managing the Electronic Laboratory: Part II. *Analytical Chemistry*. 56 (7) : 855A-866A.
8. O Haver, T. C. 1985. Trends in Computer User Interface Technology. *Trends in Analytical Chemistry*. 4 (8) : 191-194.
9. Dessy, R. E. 1983. Laboratory Information Management Systems: Part II. *Analytical Chemistry*. 55 (2) : 277A-303 A.
10. Dessy, R. E. 1984. Managing the Electronic Laboratory: Part I. *Analytical Chemistry*. 56 (6) : 725A-734A.
11. Dessy, R. E. 1983. Laboratory Information Management Systems: Part I. *Analytical Chemistry*. 55 (1) : 70A-80A.
12. Rose, C. W. and Schoeffler, J. D. 1974. *Microcomputers in Instrumentation and Data Acquisition Systems*. ISA AID 74433 : 157-164.
13. Papas, A. N., Delaney, M. F. 1987. Eva-

- uation of Chromatographic Integrators and Data Systems. *Analytical Chemistry*. 59 (1) : 54A-59A.
14. Lombardi, J. 1988. Executive Word Processors. *Info World*. 10 (39) : 43-77.
15. Weller, L. M. 1988. GLP and Quality Assurance. 25 : 119-200.
16. DEC. 1988. Guide to Maintaining a VMS System. V5.0. Maynard, Massachusetts.
17. Scott, R. P. W. 1982. The Analytical Laboratory Computer as a Management Aid. *Trends in Analytical Chemistry*. 1 (10) : 219-225.
18. Muftic, S. 1988. Security Mechanisms for Computer Networks. *Computer Networks and ISDN Systems*. 15 (1) : 67-71.
19. Keefe, T. F., Honeywell, M. B. and Tsai, W. T. 1989. Secure Query-Processing Strategies. 22 (3) : 63-70.
20. DEC. 1988. Guide to VMS System Security. V5.0. Maynard, Massachusetts.
21. DEC. 1988. Guide to VMS Performance Management. V5.0. Maynard, Massachusetts.
22. Howanitz, P.J. and Howanitz, J.H. 1983. Quality Control for the Clinical Laboratory. *Clinics in Laboratory Medicine*. 3 (3) : 541-551.
23. Wallace, J. C., Mulligan, P. J., Haag, R.J. et al. 1989. Using LIMS to Enhance Laboratory Management. Weston Analytics. Lionville. PA. USA.
24. Martin, G.E. 1986. A LIMS with a Strategic Focus. *International Laboratory*. March : 44-51.
25. Gibbon, G. A. 1984. Trends in Laboratory Information Management Systems. *Trends in Analytical Chemistry*. 3 (2) : 36-39.
26. Dessy, R. E. 1986. The PC Connection Part I. *Analytical Chemistry*. 58(6) : 678A-689A.
27. Dessy, R. E. 1986. The PC Connection Part II. *Analytical Chemistry*. 58 (7) : 793A-804A.
28. Tapanila, G., Bigley, T. and Capen, T. 1988. Remote Communications Software. *Info world*. 10 (46).
29. Slusky, L. 1987. Ripid Software Development Using Conceptual Modeling and Prototyping. *Data Management*. 25 (12) : 18-21.
30. Raghavan, S. A. and Chand, D. R. 1989. Diffusing Software-Engineering Methods. *IEEE Software*. p.81-90.
31. Humphrey, W. S. 1988. Characterizing the Software Process : A Maturity Framework. *IEEE Software*. 5 (2) : 73-79.
32. McDowall, R. D. (ed). 1987. *Laboratory Information Management System*. Sigma Press. Wilmslow. UK.

實驗室資訊管理系統



LABORATORY INFORMATION MANAGEMENT SYSTEM

YIH-CHANG TSAI

CENTER FOR INFORMATION RESOURCES

ABSTRACT

In order to increase lab productivity and high quality testing results, modern analytical laboratories introduce computer to assist information management and instrument automation, this paper presents a comprehensive concepts of Laboratory Information Management System (LIMS) for a computerized lab,

including design of LIMS, hardware configuration and software function considerations, analytical information flow, validation of LIMS computers, database facilities, data communications, auditing trail and security issues etc. Finally, benefits of LIMS are discussed.

Keywords : Laboratory Information Management, Laboratory automation, Instrument automation, LIMS