

高中自然科實驗室的規劃與設計

廖文靜*

壹、前言

高中的自然科課程，主要包括物理、化學、生物和地球科學等科目。自然科學的探索與發展係以實作為基礎，若學校的自然科課程，能由教師實作演示、學生動手操作，將是最生動、有趣、最具說服力和啟發性的教學。

美國的全國科學教師協會 (the National Science Association) 建議，實驗室活動應占教學時間的40%~80%，強調科學實作的重要 (Maryland State Department of Education, 1997)。自然科課程對於實驗室活動的需求增強，規劃和設計出安全、彈性和具有經濟效益的實驗室，值得學校建築規劃者用心關注。

依據美國國家科學教育標準 (the National Science Education Standards)，科學實驗室設計的目標包括 (Kentucky Department of Education, 2004)：

- (1)能支援所有的科學課程目標。
- (2)所有時間均讓學生方便使用 (高中應有足夠的實驗室空間使每位學生每年均可修習實驗科學)。
- (3)設施和設備對於不同興趣、能力和學習型態的學生，均能提供寬廣的經驗和機會選擇。
- (4)實驗室和室外空間可用以調查、示範和研究。
- (5)設施支援團隊教學和綜合課程活動。
- (6)科學實驗室中應有充裕的用品、儀器、設備，以及儲藏這些物品的保全空間。
- (7)所有學生均可使用家具和水電等能源。
- (8)將科技融入空間設計以利學生和教師使用。

教育部 (民88) 編印之「高級中學設備標準」，對於物理、化學、生物和地球科學等各科實驗室，其空間面積和數量、實驗室設備、實驗器材與視聽媒體等的種類與數量，均有所規定，惟對於實際規劃者而言，參考資訊仍有不足。本文擬就實驗室規劃與設計的革新趨勢、實驗室的數量、實驗室的空間配置、準備室的空間配置、以及實驗室的家具、設備和裝修等

*政大附中籌備處學務主任，政大教育系博士班研究生

五方面加以探討，以就教方家。

貳、實驗室規劃與設計的革新趨向

自然科實驗室的規劃與設計，應符應當代教育思潮、學校整體發展取向和課程安排、教學方式和內容、人體工學和相關建築法規。自然學科的實驗課程，混雜著實作性和非實作性活動，其活動型態可以概分為全班性活動和小組性活動二種。前者包括全班性的實作演示、講解和討論；後者包括小組的實驗實作、討論和研究。理想的自然科實驗室，應能兼顧上述各類活動的空間需求。

自然科課程的教學法、設施和教材隨著教育革新浪潮產生許多改變，傳統教師中心的教室設計應加以重新考量，融入資訊科技是教室設計的新趨勢（廖文靜，民93），此趨勢當然也擴及科學實驗室。Maryland State Department of Education (1997) 指出，自然科課程的進行，除傳統演講式教學法外，還可能包括：合作室學習活動、實作的實驗室實驗、跨科的團隊教學、電腦模擬、遠距學習、獨立專題研究和其他方式。藉由資訊科技的強大功能，可在實驗室中進行示範、演示、資料載入、遠距學習等活動，當實驗實作有所困難時（如需耗費過多的經費或時間），可以實施模擬實驗，其教學的運用非常廣泛。目前，校園網路系統建置愈趨普遍，學校大量投資電腦相關設施，資訊科技應納入實驗室的規劃和設計自不待言。

將行動不便學生的使用需求納入考量，是學校教學設施的規劃及設計的另一個重要趨勢。行動不便學生融合教育，倡導行動不便學生應盡可能安排在最能適應的正常教育環境中接受教育，使其統合於主流學習環境中，同享正常化的學習環境。湯志民（民91）指出，特殊教育法「零拒絕」的規定，接納特教學生回歸主流是必然趨勢，學校空間應有所因應。實驗室作為自然科教學的重要空間之一，其空間的規劃與設計，當然需配合行動不便者的需要，重新調整。

基於上述，實驗室空間規劃與設計有二大革新趨向：(1)建立無障礙學習環境和(2)建置資訊科技的教學環境。實驗室的規劃者，在創造理想實驗室時，除了注意基本規範外，應將「無障礙」和「資訊科技」的革新趨勢銘記在心，俾利作前瞻性的規劃。

參、實驗室的數量

一、實驗室間數的設定原則

實驗室應該設置幾間？規劃者需分析學校的規模、學校目前和未來

的課程計畫、課程時間表、學生分組和教師部署，以便於估計出實驗室的需求數量。在同樣的學校規模之下，學生的分組愈多、組群規模愈小，實驗室數量需求愈高，但每間實驗室的空間可以縮小。

英國教育與技術部（2004）中學自然科實驗室的規劃，以合科設置為原則，並以學生的修課時數作為實驗室數量需求的估計基礎。其步驟如下：首先，調查各階段中學生的修課情形，作為估算自然科實驗室需求時數的依據。其次，設定班級（分組）學生數，並核算每間實驗室的使用強度（即使用頻率，frequency of use）。再次，設定實驗室合理使用強度的範圍，作為實驗室數量增減的斟酌依據。最後，提出實驗室設置數量的建議值，供學校依實需及環境條件參考設置。英國教育與技術部依據課程的實際需要，建立一套核算實驗室數量的明確方法，值得借鏡。

二、「高級中學設備標準」之規定

以國內而言，依據教育部88年公布「高級中學設備標準」（教育部，民88），生物科實驗室，以高一總班級數及高二、高三第三類組班級數總和來核計，8班以下設置1間，8~20班設置2間，20班以上設置3間（p. 11-2）；地球科學實驗室，每校至少設置1間，授課班級總數超過12班，則增置1間（p. 13-1）；物理實驗室，授課班級總數每8班設置1間（p. 13-1）；化學實驗室，以各學年修習化學課程之班級總數核計，每間以供20班使用為原則，超過20班，增設1間，超過40班，增設2間，依此類推（p. 14-1）。各科實驗室設置數量標準，簡述如表一。

表一：自然科實驗室設置數量標準

間數	生物實驗室	地球科學實驗室	物理實驗室	化學實驗室
1	7班（含）以下	12班（含）以下	8班（含）以下	20班（含）以下
2	8~20班	12班以上	16~23班	21~40班
3	21班以上	*	24班以上	41~60班

資料來源：整理自高級中學設備標準，教育部，民88。

綜上可知，國內高級中學自然科學實驗室係依據課程分科設置，包括生物、地球科學、物理及化學四種，各科實驗室之設置數量，基本上係依據授課班級數量（每週使用班級數）而定，惟各科標準不一，物理科和生物科標準較高，化學科標準最低，何者合理，似乎缺乏判斷的準則。

一般而言，各科實驗室的設置數量，有賴各科實驗室的使用需求來決定，而各科實驗室的使用需求，應從授課班級數、每週課程時數和教學使用實驗室的頻率三方面來探討。其中授課班級數和每週授課時數均容易核算確定，唯有教學使用實驗室的頻率，因學科內容性質、教師教學習慣等，而有所不同。自然學科的教學活動，混雜著實作性和非實作性活動兩種，其中有部分實作性活動需要有關設備和材料支援始能進行，必須使用實驗室空間，而此類實作性活動之多寡，視學科內容性質而異。此外，教師的教學習慣也影響使用實驗室頻率，有些教師的教學以演講和（或）討論為主，不經常進行實作性的實驗操作，其授課空間多固定在普通教室內，使用實驗室的頻率即偏低。教師的教學習慣及對有效教學的認知，因人各異，此議題涉及教學革新問題，非屬本文探討範圍，惟教學空間設備標準的建立，或許無法成為帶動教學新典範的火車頭，但是起碼應不至拖累教學革新的努力腳步，因此，提供充足的實驗室空間「有以待之」，應是檢討各科實驗室設置數量的基本原則。

三、自然科實驗室設置數量的相關議題

有關國內高中自然科實驗室設置之數量為何，包括二項重要探討議題：實驗室應分科或合科設置？實驗室設置標準應如何核算？最後，擬依據探討結果導出實驗室數量需求的核計公式，並舉例試算之。

（一）實驗室應分科或合科設置

實驗室依課程分科單獨設置，因為性質單一，空間功能不必兼顧各科不同的需求，規劃較清楚明白。另在實驗室的空間使用上，因僅涉及單科教師的課程時間表，空間和教師的調配安排較容易。惟其缺點在於空間運用的彈性不足，缺乏實驗室之間的彼此支援能力。最重要是，因空間僅具單一功能，若課程不足，將導致個別空間使用效率不佳，更增加學校空間的浪費和管理人力的消耗。例如授課班級數量較少的小型學校或授課班級數量介於臨界值附近的學校，各科實驗室的使用率可能會偏低或偏高。

自然科實驗室究竟應分科或合科設置，規劃者應拋棄本位主義，進行各種作法的效益評估，以擇定最佳方案。對於各學科所需實驗室適合合併規劃設計者，宜合併規劃使用，增加實驗室空間的彈性運用與相互支援。

（二）實驗室設置標準應如何核算

高中自然科課程：生物、地球科學、物理和化學，其間或有科

目時數和課程內容之不同，惟其實驗室的設置數量的核算方式與設置標準，不應因科別而互異，俾利以共同的準則來檢視各科實驗室的供需，避免缺漏或不公。規劃者應以課程、空間和人力（教師）部署三個介面的彼此配合為原則，建立一套統一的核算方式與設置標準，以滿足課程需求、教師調配、並能兼顧空間使用之合理調節和效率提升，上述英國的作法值得參採。

惟參採英國作法時，應注意英國中學的排課模式與教室運用模式與國內不同。英國中學的排課，以學生個別選修課程的模式進行，國內則為以班級群組排課的模式進行；英國中學的教室運用採學科型教室模式，即各學科之教學全部在該學科教室內進行，國內則採普通教室與專科教室搭配運用模式，以使用普通教室為主，專科教室為輔。因為兩者的排課模式與教室運用模式不同，實驗室設置數量的核算應本其原則而有所調整。

（三）實驗室設置數量核算舉例

各科實驗室的設置數量，可以根據每週課程時數、授課班級數、教學使用實驗室的頻率、及實驗室使用強度四項因素來核算。假設學校規模為60班的普通高級中學，實施84年教育部修正發佈的高級中學課程標準，其自然科（物理、化學、生物、地球科學、生命科學）實驗室以合科設置為原則，則其自然科實驗室數量之需求為6間，茲核算如下：

1. 每週課程時數：依據高級中學課程標準（教育部，民84），自然學科高一每週的必修課程為4節，高二每週的必修課程為3節，選修課程為3節（假設 $6/2=3$ ），高三每週的選修課程為9節（假設 $18/2=9$ ）。
2. 授課班級數為：必修高一20班，高二20班，高三20班；選修以折半估算。
3. 教學使用實驗室的頻率：假設教師使用實驗室進行教學活動的頻率為0.4，即每五堂課程中有二堂課程使用實驗室。
4. 實驗室的使用強度：考量課程、空間和人力（教師）部署等界面謀合的複雜性，和實驗室維護的需求，實驗室的使用強度可設定為50%，即每間實驗室每週可用節數為17.5節課。

數量需求 = Σ （授課班級數 * 每週授課時數） * 教學使用實驗室的頻率 ÷ 實驗室的使用強度

$$= (20*4+20*3+20*3*1/2+20*9*1/2) * 0.4 \div 17.5$$

$$\approx 6$$

參、實驗室的空間配置

一、空間大小、形狀和安全規劃

(一)空間大小

實驗室的空間大小視計畫班級(分組)的最大規模而定，計算現有學校實驗室空間的平均數值的參考價值不高。實驗室空間面積也受到實驗室裡預期進行的活動性質、實驗器材等儲藏需求的大小和服務特殊學生數目的影響，當然，實驗室裡教師的教學習慣、學生分組的方式、家具和教學科技的選用也會影響空間的需求。學生年級的高低也是影響空間大小的重要因素，英國教育和技術部(2004)建議，一個適合30位KS3/KS4(7-9年級/10-11年級)學生的90平方公尺的實驗室，將可容納20位post-16(約12-13年級)學生使用。高年級學生的實驗課程內容較艱深，操作較複雜，需要每位學生親自操作的工作項目較多、費時較久，因此每生分享的工作空間需求較大。

依據高級中學設備標準(教育部，民88)，高中專科教室(含自然科實驗室)面積係以普通教室面積乘以1.5倍至2倍為原則(不含準備室)，即135平方公尺至180平方公尺，其中地球科學專科教室面積以150平方公尺以上為原則。對於實驗室使用人數沒有明確的規範，僅生物科設備標準敘述，其數目係按一班48人計，另外有關使用人數的線索，每一普通教室以容納40人至50人為度，因此，約可推測每間實驗室的使用人數之設定，同樣以40人至50人為原則。以此核算，我國高中實驗室平均每生3~3.6平方公尺，與前述英國中學實驗室的標準每生3平方公尺相較，差異不大，此實驗室空間面積應屬合理。

值得注意的是，因為實驗室使用人數的設定偏高，空間需求相對增加不少，使得實驗室單元面積偏大。然而，高中課程學生分組選修的情形普遍，加以學生專題研究或科展製作，教師或學生可能需要組設實驗裝置，進行較長時間的實作和觀察，因此，學校自然科實驗室的規劃，除了一般的「大」實驗室之外，可考量設計數間較小型的專家(特殊)實驗室，以符應實際需求。若受限於學校空

間，亦可以在一般實驗室內，設置額外的實驗桌組，俾利師生進行課程之外的長期性專題研究或長時段實驗研究。

(二)空間形狀

實驗室的空間形狀幾乎和空間大小一樣重要，簡單長方形具有家具配置上的彈性，提供學生較佳的學習視線，和教師較佳的監督視野。太長或太窄的空間，規劃困難，極易產生視線距離太長或視覺角度太大的問題。在一個過長的教室裡，坐在後排的學生很難聽清楚老師的講話。英國教育與技術部（2004）指出，以90平方公尺的空間，若深度介在8.5公尺和9公尺之間（即長寬比為1：0.8至1：1.11），將可適合多種家具配置系統，並且可以避免以上空間形狀不當的問題。

(三)安全規劃

實驗室的安全規劃應考量健康和 safety。火災逃生的規劃對於實驗室而言的必須的。實驗室應有第二扇門，通往廊道或室外，作為緊急逃生的另一個出口，設置在二樓（含）以上的實驗室更為重要。實驗室內的家具和設備之間應有足夠的距離，讓師生（包括坐在輪椅上的行動不便者）可以安全地移動，尤其適值實驗進行當中。如果空間許可，提供最大的通道距離，將利於輪椅使用者到達實驗室內的所有區域。

排煙櫃（fume cupboard）是化學實驗室裡操作實驗和教學演示的必要設備，因體積龐大，設置地點的選擇，應遠離火災逃生出口或主要動線所在，以避免成為逃生或動線的阻礙，並在教師進行實驗演示時，學生團體可以容易接近。

基於空間使用者行動的安全和便利，實驗室內依家具和設備的相對位置之不同，其安全距離的規劃標準各異，規劃者應依標準配置實驗室家具和設備。英國教育與技術部（2004）所設定的安全距離，要述如下，茲供參採。

1. 當使用者背對背分坐於兩個實驗桌時，兩個實驗桌之間的安全距離為140~165公分。
2. 當使用者以側面和背面相對分坐於兩個實驗桌時，兩個實驗桌之間的安全距離為105~140公分。
3. 當使用者以側面和側面平行分坐於兩個實驗桌時，兩個實驗桌之間的安全距離為90~105公分。

4. 當使用者背面與牆壁相對，其所坐實驗桌與牆壁之間的安全距離為105~120公分。
5. 當使用者背面與櫥櫃相對，其所坐實驗桌與櫥櫃之間的安全距離為135~150公分。
6. 當使用者背面與牆壁之間，隔著門扇開啟的半徑相對，其所坐實驗桌與門樑之間的安全距離為90~105公分。

二、空間配置

(一) 實驗桌組的配置模式

實驗桌組是實驗室的首要家具，實驗桌組的配置適當與否將成為空間規劃成敗的關鍵因素。此外，實驗桌組的配置對於實驗室未來的調適、維護和家具的選擇，具有重大的影響。

一般而言，實驗桌組的配置模式主要可分為半島型 (peninsular)、島型 (island) 和周緣型 (perimeter) 三類 (英國教育與技術部，2004)。

1. 半島型：實驗桌組從實驗室四周牆邊往中央空間伸出呈90°角。
2. 島型：實驗桌組獨立於實驗室的中央空間，不與四周牆壁連結。
3. 周緣型：實驗桌組與實驗室四周牆壁呈平行並緊靠牆邊，不往中央空間伸出。

實驗進行經常需要使用水、電、天然氣等資源，因此實驗室必需有資源系統的配合設置。實驗室的資源系統，依其來源位置，可概分為(1)板下型 (underfloor)，資源系統來自於地板之下。(2)周壁型 (perimeter)，資源系統來自於四周牆壁之內。(3)頂上型 (overhead)，資源系統來自於頂板之上。此三種資源系統的設置可以視實需擇一或交互運用，惟應注意的是，實驗桌組配置模式的選擇將受到資源系統設置的影響，兩者之間應相互配合運用。

(二) 空間的配置規劃

茲參考英國教育與技術部 (2004) 的建議，以容納30個學生的90平方公尺的實驗室規劃為例，臚列空間的配置規劃策略如下：

1. 提供每生可用工作平面至少0.3平方公尺。
2. 設置一張可調式實驗桌，供輪椅使用者使用，並增設一個座位供其助理使用。此行動不便者座位應設在可以直視白 (黑) 板，並儘可能靠近出入口的位置，以避免行動不便者的動線過長。
3. 實驗室內所有通道空間的設計，應能符合安全距離的標準。

4. 每位學生均可容易地接近實驗所需的所有設施，包括每位學生至少一個電源插座，和每6位學生共用一個水槽、一個瓦斯閥門。
5. 每間實驗室設有一座有冷、熱水裝置的清潔水槽。
6. 實驗室應設置一面「主要教學牆」，供全班討論、講解和實驗演示之用，並設有一張內建網路截點的實驗桌並外加一張（或兩張）2公尺的工作桌，一座排煙櫃和一面白板。
7. 儘可能讓學生面朝主要教學牆，以利其清楚地看到教師的講解和演示。
8. 主要教學牆與窗戶面應呈垂直，以避免炫光或螢幕反光。
9. 教師桌前應留設足夠空間讓學生聚集，以利教師進行簡要說明和實驗演示，並有充足空間使用排煙櫃。
10. 儘可能將一面牆設計為「彈性牆（free wall）」，部分區域不設置固定家具，以利推車停靠，並可以在此牆面設置第二面白板，作為另一個教學和學習活動的焦點。
11. 儘可能將一面牆設計為「儲藏牆」，設置櫥櫃和展示欄，並補充工作桌面。
12. 每間實驗室規劃4~6平方公尺的儲藏空間，集中設置在周圍工作台的上方或下方，供該實驗室的設備、儀器和實驗材料的存放與展示之用。

肆、準備室的空間配置

準備室是實驗室的主要支援空間。猶如舞台劇的幕前表演和幕後製作的相互倚賴關係，實驗室的教學空間需要實驗準備空間和儲藏空間的充分支援。依據高級中學設備標準（民88），各科的專科教室得附設準備室，並進一步明確規定自然科實驗室應配置實驗準備室。實驗準備室規劃的良善與否，嚴重影響實驗室的使用效能，因此對於準備室的空間配置應予詳細探討。

一、準備室的大小和位置

準備室的空間需求，因服務或支援實驗室的大小、數量、分佈情形之不同，而有不同的面積需求。實驗室本身的儲藏能力也影響準備室的空間需求，若實驗室內有較多的儲存空間，則準備室的儲藏空間可以減少。英國教育與技術部（2004）指出，平均每位實驗室使用者的準備室面積需求為0.4~0.5平方公尺。若高中自然科實驗室的使用人數設定為

50人，則一間實驗室需配置一間20~30平方公尺的實驗準備室。

準備室可以採分置或合置方式設置，分置係指準備室附隨實驗室單獨設置，即一間實驗室配置一間準備室；合置則指實驗室依性質成群組規劃設置，配置一間（或多間）中央準備室。準備室分置，每間準備室的空間較小，規劃多元運用較為困難，但多可緊鄰支援之實驗室，空間的便利性較佳。準備室合置，則利弊相反。一般而言，若能將實驗室的準備空間集中起來，提供多間實驗室的支援服務，將可節省樓地板面積和實驗室技術服務人員的精力和時間。

準備室與支援服務的實驗室所在位置的相對關係，係基於其功能與操作流程的方便性而定。若確有實需規劃中央準備室，可以藉由適當設置地點的選擇，增加支援的便利性。中央準備室所支援服務的實驗室群組最好能分佈於同一樓層，如此準備室的空間使用較經濟，若實驗室群組散佈於不同樓層，則勢必需重複設置某些設備，而增加準備室的空間需求。

二、準備室的空間區劃

中央準備室可作為一組實驗室的主要的儲藏空間和實驗室技術服務人員的工作空間。中央準備室的空間區劃，可依功能性質界分為(1)主要儲藏區、(2)準備、分配和清理區、(3)推車停放區、(4)乾淨工作區、和(5)化學藥品儲藏區等主要的活動區域（英國教育與技術部，2004），茲分述如下。

(一)主要儲藏區

「儲藏」是準備室的首要功能。學生經常需要使用的設備，如三角燒杯、本生燈和護目鏡等，應存放在實驗室置物櫃中，弊利師生方便取用。其他儀器、設備則宜儲藏在中央準備室裡，俾利技術服務人員進行週期性盤點和檢修。具危險性的工具（如解剖刀），應放置在上鎖的櫥櫃中。

在空間配置上，主要儲藏區最好集中一處，設置在準備和清理區域的旁邊。管理人員應曾建立一套清楚的儲藏檢索與標示系統，依儲藏物品之性質，分門別類存放。物品的儲藏方式，通常使用獨立式的木製或金屬櫥櫃，附以活動隔板、網籃、置物盒等，可視實需隨時調整可用空間，提供彈性的儲藏系統。另一種適用於大量儲藏的方法，是經常使用於圖書館書庫的「轉動式儲藏系統」。此系統在空間使用上非常經濟，因為減少動線空間，比起傳統儲藏系統增

加約30%的儲藏容量。轉動式儲藏系統適宜作為長期性儲藏之用，至於較常用的物品，則宜存放在一般儲藏櫃中。此外，此系統費用較高，適用於有多間實驗室的大型學校。

(二)準備、分配和清理區

準備、分配和清理區是實驗室技術服務人員的主要工作區域。技術服務人員在這裡清洗用具，將推車上從實驗室返還回來的設備分類存放，備齊下堂課所需的實驗操作器材，以及檢修或更換實驗設備的小零件等，因此需要足夠的工作台空間。本區應提供瓦斯閥門和電源插座，至少一個實驗水槽、清潔水槽(clean-up sink)(應有雙水槽和排水設備)和冷凍箱。

基於安全，瓦斯桶必須安全地鉗緊在準備室內牆邊或工作台邊。為了分配化學藥品，應在鄰近工作台處設置排煙櫃，且排煙櫃儘可能鄰近化學藥品儲藏室。準備室內最好選擇導管式排煙櫃固定設置，以利經常性使用。

(三)推車停放區

為增進裝卸物品的便利性，推車停放區最好配置在主要儲藏區和準備/清理區之間。推車停放區的空間應足夠讓所有推車停放(如每間實驗室2台推車)，並得以單邊通行。在準備室入口處或升降機(電梯)附近可以設置補充的推車停放空間。

(四)清潔工作區

清潔工作區是一個供實驗室技術服務人員完成各項行政工作的獨立空間，位置宜緊鄰準備室的主要進出口，形成一個接待區(reception area)。本區應設置辦公家具，以及電話、電腦、檔案櫃等設備。

(五)化學藥品儲藏區

準備室內應獨立設置一間化學藥品儲藏室，在通風上，可利用自然通風或機械抽氣的方式與室外空氣保持流通，全面的空調並不需要。地坪材質應該使用能抵抗化學藥品穿透者，如石質地磚。

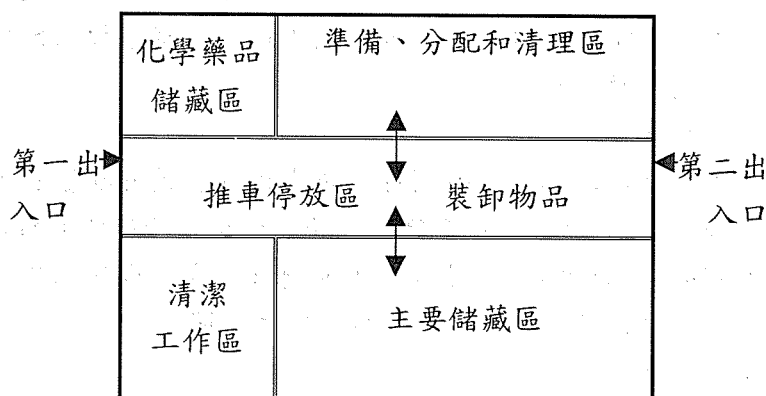
如無足夠空間獨立設置化學藥品儲藏室，至少應依貯存藥品性質，分別設置獨立、上鎖、材質適當的櫥櫃，將易燃藥品、毒性藥品、具腐蝕性藥品、放射性藥品分類存放，僅技術服務人員和教師有權取用。放射性物質必須與高度易燃物品分開存放，並鎖在儲藏櫃或儲藏室中。學校儲藏的化學藥品應少量，在任何一間房裡，高

度易燃的化學藥品總儲存量不能超過50公升。

化學儲藏區應特別注意防災規劃，門扇應外開並設視窗(vision panel)，遇緊急狀況時可以不需鑰匙直接從室內打開門扇，以利逃生。地板應該從門邊往中央區域稍微傾斜，或者，設置稍微隆起的門檻，以防止濺溢在地板上的化學藥品流到門邊。化學藥品應清楚標示，並依照類別上架儲放。化學藥品儲藏櫃(架)以淺櫃為宜，以免遺漏隱藏的瓶罐。具腐蝕性的液體應儘量放置在最底層，以避免液體流出時，引起危害。

三、準備室的空間配置

中央準備室內的主要儲藏區、準備/分配/清理區、推車停放區、清潔工作區和化學藥品儲藏區等五大區域，其適當之空間配置如圖一，可參考配置。



圖一：準備室的空間配置

資料來源：Science accommodation in secondary schools: A design guide, . by Department for Education and Skill, .2004, p.33

伍、實驗室的家俱設備和裝修

一、實驗室的家具

實驗室的工作桌面最重要的特性是能防水、抗酸鹼、耐熱、耐壓。

製作實驗桌組的材料可略分為木材和合成材料兩大類：

(一)木材

產於熱帶雨林的Iroko木常用於工作台和桌面，非常耐用，若正確地膠封可防水和大部分的化學物，但會有受熱的烙痕。所有的膠封需要經常維護，以防止水或化學物接觸到木材本身。木材的好處是於重新整理時，可以砂磨和重新拋光，一如新品。

(二)合成材料

使用於工作桌面的材質，可概分為「同質」與「層壓」兩大類型的合成材料。同質的合成材料，包括：環氧樹脂(cast epoxy resin)、壓克力聚合物(Polymethacrylate)和聚合物(Polyester)。層壓的合成材料，是以一層層飽含樹脂的紙製作而成，一般可分「實心層壓板」和「硬基板上貼層壓板」兩大類型，後者因層壓板的厚度不同而有各種變化。

所有的同質性合成材料都有很好的抗力，其中環氧樹脂的抗力最強。聚合物可能會因接觸某些特定化學物質或溫度過熱而玷污，可以選用雜色裝修面來掩飾污漬。有時候，利用研磨器可以幫助除去污漬，再用樹脂填充凹洞，但需要去重新砂磨以恢復同樣的光滑表面。

硬基板上貼層壓板比較不適合實驗室使用（特別是較薄的層壓板），因為層壓板層可能損壞，而暴露出具滲透性的基板層。實心層壓板與聚合物有相同的抗力，比硬基板上貼層壓板強固，較不易被水滲透，並因為不需要獨立的邊緣，可以任意切割成各種形狀，即使表面受損也不至於像硬基板上貼層壓板一樣，暴露出較軟弱、可滲透的基板層。

實驗桌組材質的選用，對於實驗室的建置經費影響最大。一般而言，不同材質的費用依便宜程度排序如下：(1)Iroko木材、(2)實心層壓板(Solid Laminate)、(3)環氧樹脂(Cast Epoxy)、(4)聚合物(Polyester)、(5)壓克力聚合物(Polymethacrylate)。實驗椅凳應選擇椅面抗力佳（密封的木材和聚丙烯較佳）、穩定、舒適、椅腳不會刮傷地板者。為安全考量，不宜選用附有滑輪的椅凳。

二、瓦斯、電力和水的出口

(一)瓦斯

瓦斯閘門必須安全地固定住不得轉動，以避免學生扭轉瓦斯管，破壞瓦斯的連結。現在有些防破壞的閘門有安全瓣的裝置，使用較安全。閘門應該清楚界分「開」和「關」的位置，並以雙動作(double-action)的方式來控制（如下壓和旋轉），以防止學生意外地開啟瓦斯。最好使用下壓的控制桿閘門(drop lever taps)，因為教師從遠處就可以清楚看到閘門是開的或是關的。

(二)電力

雙孔電源插座應換裝為三孔，插座不應採臥式設置，最好能傾

斜一些角度或能以附有防漏槽的懸伸桌面保護起來。電源插座應儘可能不要鄰近水槽。

(三)水

選用非旋轉式的水龍頭可以避免水花四濺和學生誤用。噴水口最好拉高設置，以利灌注高玻璃瓶。水龍頭有各種不同材質，建議最好使用環氧表層，具有全面抗腐蝕性。

三、水槽

水槽分為清洗水槽和實驗用水槽二種。清洗水槽的材質通常為不鏽鋼。雖然實驗室內絕不允許將未經稀釋的化學藥劑直接倒入清洗水槽，但此製造水槽的不銹鋼應該具有足堪實驗室使用的抗酸特性。

實驗用水槽一般以耐火黏土 (fireclay) 或合成材料製作而成。耐火黏土對於大部分的化學藥物和熱均有不錯的抗力，容易維護且耐用。然而，它的硬度大，當玻璃製品掉入耐火黏土水槽比起合成材料水槽易於破裂。

製作水槽的合成材料包括：1. 環氧物 (cast epoxy)，具有高度的抗力；2. 壓克力聚合物 (Polymethacrylate)，某些化學物質可能會造成污漬；3. 聚丙烯 (Polypropylene)，抗化學物質性佳，但不耐熱。

有關水槽的排水管的材質，建議於實驗室內採用抗腐蝕的聚丙烯排水管來排棄廢水。

四、儲藏

實驗室的儲藏空間包括準備室的儲藏區和實驗室周緣的儲藏櫃。儲藏櫃 (具有可調式的置物架或置物盤) 可以單獨設置，或設置在工作台的下方或上方。工作台下方以設置置物盤最佳，因為它可以拉出，易於看到所需的物品。工作台上，可設置可調式的置物架和玻璃面版的壁櫃。設置在工作台下方的置物櫃最好可以移動，以便重新調整位置，移至其他實驗室或準備室。移動式的置物櫃也可以讓實驗室地板清理更有效率。

若準備室的儲藏空間較小，可以在實驗室裡採用「全高型 (full height)」置物櫃以增加儲藏容量。然而，此種置物櫃多不能移動，未能提供工作平台，當學生同時取用物品時，可能造成擁塞，以及當設置多座全高型置物櫃，可能因聲音由層板和金屬櫃門反射，造成不佳的音響環境。

實驗設備一般儲放在準備室，因實驗設備的形狀和大小各自不同，

置物系統的設計，若能提供可相互更換的置物架、網籃或塑膠盤，將特別好用。科學儀器經常沉重，最好先將儀器至於置物盤上，再收藏於置物櫃中。應特別考量玻璃製品等易碎物品，以及護目鏡等需要特別儲藏單元物品的存放。

轉動式儲藏系統，可以更節省空間，提高儲藏效能。若使用此類家具，地板的設計必須能讓推車在儲藏櫃之間平順地推動，也必須足夠強固去承受此系統的額外重量。

推車廣泛用於儲放和移動物品。推車平台最理想的尺寸，是與標準儲藏系統相符的尺寸。推車可以載運置物盤或置物架，惟其中以置物盤特別好用，因為它們也可用於準備室和實驗室的置物櫃。

選用儲藏系統時應該特別注意使用上的彈性，如壁軌系統即是不錯的選擇，可從任一水平高點垂掛金屬條去承載儲物櫃、拖架和白板，這種系統讓置物單元可以置在牆上的任一位置，也便於未來隨意更換。

五、展示

展示對任何教室環境來說都是重要的思考觀點。適當的展示可以提供學生視覺刺激、強化教學說明，學生作品展示更可以提高學生的成就感。有關展示空間，可以設置獨立展示板或貼在牆上的揭示板作為平面展示空間；工作桌面和置物櫃頂層則提供立體作品的最佳展示平台。

六、排煙櫃

排煙櫃有移動式及固定式兩種。移動式排煙櫃主要優點在於教學演示時，學生易於接近，以及使用的經濟性（數間實驗室可以共用一組排煙櫃）。移動式排煙櫃可分為導管型和循環型。導管型必須接上一組固定的抽氣系統。而循環型是自足式的，可以在任何地方使用，特別適用於經常更改使用計畫的個案。循環型排煙櫃初始建置費用較低，且提供最大的使用彈性。然而，它們包含過濾器，必須定期更換並作飽和測試。測試過濾器是一種專業技術，若學校自己作，必須另投資一大筆錢購置專業設備。因此，在考量設置何種排煙櫃時，應該尋求專家建議，同時考量初始建置費用與長遠的週期性花費，以利作最佳的選擇。

值得注意的是，若經審慎考量，決定採用移動式排煙櫃，則應該檢視櫃體的尺寸是否能符合實驗室門扇大小，以免卡在門上難以移動，並確保使用彈性。

七、地板

(一)選用原則

實驗室和準備室地板材質的選擇，應考量以下特性：

1. 止滑。
2. 堅固耐用。
3. 不易受化學物質腐蝕和不易玷污。
4. 防火。
5. 防靜電。
6. 衛生。
7. 外觀。
8. 費用（初始建置費用和維護費用）
9. 維護。
10. 音響特性。

若有水或其他液體潑濺在地板上，可能造成地板溜滑，引發危險，因此在實驗室內應選用止滑地板。當地板依賴粗糙表面以確保止滑性，卻違反地板的清潔性，學校應該依照製造商的建議，使用正確的清潔方法和適當的清潔產品。在某種情況下，使用不正當的清潔方式可能會損傷地板的表面裝修。預防勝於修復，預防之道有三：第一，使用適當的清潔方式；第二，減少潑濺地板的可能性；第三，在門口放置地毯以防止泥土和灰塵帶入室內。

地板必須平整，不平整的地板可能會讓人絆倒，或因水潑濺地上形成積水，造成滑倒意外。地板不平整也會使得地板某些位置過度磨損，甚至破壞地板的止滑效果。

(二)地板材質

經常使用於實驗室的地板材質有乙烯基、亞麻油地氈、陶石地磚及其他地板四類，分別說明如下。

1. 乙烯基

乙烯基有成「張」和成「塊」兩種形式可用。乙烯基防水，也能抵抗大多數化學物的穿透。它是相對「軟性」物質，十分容易切割，若金屬椅腳沒有塑性蓋保護，會損傷乙烯基地版。較厚的乙烯基較能吸音。長期使用後會有污漬產生，最好避免選用淺色。成張的乙烯基比較容易鋪設，但接合處應注意預留最起碼的接合面積，並緊密黏合，以確保水或其他液體不致滲透至下層。成塊的乙烯基在受損時容易替換，但是也較容易捲曲、撕裂或鬆開。止滑型的乙烯基一般摻有小顆粒的砂土，但這種裝修質地比普通乙烯基不容易清潔。

2. 亞麻油地氈

亞麻油地氈是以可回收使用成分和自然原料製造的，是一種較耐久的材料。它有成「張」和成「塊」兩種形式可用。亞麻油地氈具有防靜電的特性，對於多數化學物質有抗力。這種材質柔軟，所以有一些吸音的作用。顏色選擇很多，新的切割技術也讓其能適用於多種鑲嵌和地板圖案。

3. 陶石地磚

陶質地磚質地堅硬，容易產生噪音，教師長久站立感覺較不舒適，脆弱物品掉到地上極易碎裂。較大片的陶磚容易產生裂痕，特別是鋪在不平整的地板上。因為陶磚可以用止滑性填充劑勾縫，較宜使用較小片的陶磚，以利製作止滑效果。石質地磚通常未拋光，容易沾染油污。然而，石質地磚非常耐用、易於維護、不被化學物質穿透，非常適合使用在化學藥品儲藏室。

4. 其他地板

橡膠地板耐用且溫暖，很多型號具有止滑性質，惟灰塵容易堆積其上，必須經常予以適當的清潔。

膠封的木地板持久，也比陶石地磚柔軟些，但經常性的潮濕，會造成地板膨脹和翹曲，必須予以適當的維護。若使用木地板，亦應採用止滑的塗裝。

有時候實驗室會使用混泥土地板，如果使用混泥土地板，必須作徹底的封塗，因為即使單純的自來水都會在一定時間之後對混泥土產生破壞的作用。此外，混泥土的質地堅硬，不適用於創造舒適的學習環境。

陸、結語

實驗室是高中自然科教學的重要空間之一，美國的全國科學教師協會建議實驗室活動應占教學時間的40%~80%，以此時間而論，實驗室的重要性實不亞於一般教室。高中自然科實驗室的規劃與設計，應符應當代教育思潮、學校整體發展取向和課程安排、教學方式和內容、人體工學和相關建築法規。其中，建立無障礙學習環境和建置資訊科技的教學環境，是主要革新趨勢，應確實納入自然科實驗室的規劃與設計之考量。

在實驗室數量的規劃上，應以課程、空間和人力（教師）部署三個介面的彼此配合為原則，以滿足課程需求、教師調配、並能兼顧空間使用之

合理調節和效率提升等要項，建立一套統一的核算方式與設置標準。高中自然科實驗室數量的合理規劃，有利於自然科教學空間的整備，將對促進高中自然科教學有所助益。

參 考 文 獻

- 教育部(民88)。高級中學設備標準。臺北市：作者。
- 教育部(民85)。高級中學課程標準。臺北市：作者。
- 湯志民(民91)。無障礙校園環境設計之探析。載於中華民國學校建築研究學會主編，優質的學校環境(58-93頁)。臺北市：作者。
- 廖文靜(民93)。永續發展的教室設計。中等教育，55(1)，32-45。
- Department for Education and Skill (2004). *Science accommodation in secondary schools: A design guide*. Retrieved July 20, 2004, from <http://www.ase.org.uk/ldt1/docs/BB80.pdf>
- Kentucky Department of Education (2004). Retrieved December 10, 2004, from <http://www.education.ky.gov/KDE/Instructional+Resources/Middle+School/Science/>
- Maryland State Department of Education (1997). Retrieved December 11, 2004, from: http://www.mdk12.org/instruction/curriculum/has/science_facility