

美國醫療機構 結核菌感染防治措施指引（二）

譯自 Guidelines for Preventing the Transmission of *Mycobacterium tuberculosis* in Health-Care Facilities, 1994

陳孟娟¹ 張智華¹ 竺珍倫¹ 王復德^{1、2、3}

¹台北榮民總醫院醫院感染管制委員會 ²內科部感染科 ³國立陽明大學醫學系

E、確定或疑似結核病住院病患之處置

1、結核病隔離之初步處置

- ※在醫療機構中，當懷疑或確定有任何病患罹患傳染性結核病時，該病患應置於裝有特殊通風設備之結核病室。訂定隔離政策應確實註明：(1) 隔離的適用範圍；(2) 開始與停止隔離之授權者；(3) 可遵循之隔離技術；(4) 隔離技術的監測；(5) 沒有遵循隔離技術病患之處置；及(6) 停止隔離措施之標準。
- ※在極少的情況下，將多位結核病患置於同一病室是可以接受的，這就是所謂的「成組法 (cohorting)」。由於有些病患易形成抗藥性菌種重覆感染之危險，因此將所有結核病患置於同一病室應同時符合下列條件：(1) 培養確認為結核菌者；(2) 目前住院期間所採之檢體，其藥物敏感試驗結果有效者；(3) 相同藥物敏

感試驗結果，及(4) 藥物治療有效者。當分離出相同DNA分型時，並不合適將兩位結核病患置於同一病室，因為即使分離出相同DNA分型，亦可能有不同的藥物敏感試驗結果。

- ※確定或疑似結核病兒童應根據成人之判定標準（如症狀、痰耐酸性桿菌抹片、放射線檢查、及其他判定標準）（見附註1）評估其潛在之傳染性。具傳染性之兒童應置於隔離病室，直到該兒童不具傳染性為止。具傳染性之兒童應包括有咽喉或進一步的肺部症狀，明顯的咳嗽，痰耐酸性桿菌抹片呈陽性結果，或有結核空洞，或將接受會引起咳嗽之醫療措施。
- ※結核病兒童其感染來源通常應是家中成員。因此，所有結核病兒童的父母與訪客應儘可能的作結核病的評估。除非該等已作評估，或個案來源已確認，否則當父母與訪客在兒童隔離病室時均應戴

口罩，且亦應避免到醫院其他地方（如自助餐廳或休息室）。

- ※加護單位的結核病患其治療與一般病房相同，他們均應置於隔離病室。若有未確定診斷之疑似結核病患，其呼吸道分泌物應作耐酸性桿菌抹片及培養。
- ※已知患有活動性結核且未接受完全治療之病患，再度入院時則應採結核預防措施，直到確認該病患不具有傳染性為止。

2、結核隔離技術

- ※置於結核隔離病室之病患應接受關於結核菌傳播途徑及其需被隔離原因之衛教。當咳嗽或打噴嚏，甚至於會將結核飛沫散布在隔離病室之病患均應教導戴口罩。
- ※為了幫助病患遵循隔離措施（例如在隔離病室中），應該使用某些方法，這些方法可包括得到一些額外的服務（例如隔離病室中提供電話、電視、收音機、或允許特別之餐飲）。另亦應處理可能干擾遵循隔離技術之其他問題（例如處理病患成癮物品〔如香煙〕之戒斷）。
- ※住隔離病室之病患應停留於該病室，且維持房門關閉。診斷與治療措施儘可能的在隔離病室執行，避免轉送病患至醫院其他地區。假若具有傳染性之結核病患必須轉出隔離病室作各項檢查，在轉送途中該病患必須以口罩遮住口鼻。轉送人員於隔離病室外不需要戴口罩。儘可能將病患檢查排在較不擁擠時段。
- ※傳染性結核病患、或未確定診斷之肺部疾患的治療與檢查之病室、及具高危險性之活動性結核照護區，其空調設備應

符合隔離病室。理想上，經常治療結核病患之放射線部應專設一區，且空調獨立。假若不可能，則結核病患應戴上口罩，而停留於放射線部之時間應儘可能縮短，然後迅速的回到隔離病室。

- ※進入隔離病室之人數應予以限制。進入隔離病室之所有人員應戴上呼吸道防護設備。病患訪客於隔離病室中應戴上呼吸道防護設備，且應了解呼吸道防護設備之使用方法。
- ※被呼吸道分泌物污染之可丟棄物品，雖與結核菌的傳播無關，為了一般感染管制之目的，仍應減少傳播其他微生物給病患、醫療人員及訪客，同時以減少污染環境之方法來處理與轉送這些物品。這些物品之處置應與醫院政策及適用規則一致。

3、結核隔離病室

- ※結核隔離病室應該是符合隔離目的且設有特殊空調之單獨房間（見附註3）。結核隔離病室之主要目的為：(1)將疑似傳染性結核病患與其他病患分開；(2)透過各種硬體設備提供一個減少飛沫濃度之環境；及(3)預防結核隔離病室與治療室之飛沫漏出，因此應預防結核菌進入走廊與其他地區。
- ※為了預防飛沫漏出，結核隔離病室應維持負壓（見附註3）。除非病患或工作人員必須進出病室，否則隔離病室之房門應保持關閉，以維持負壓。
- ※當病室使用於結核隔離時，該病室之負壓應每天監測。
- ※美國熱力、冷凍、及空調工程協會（ASHRAE），美國建築師協會（AIA），

與健康資源及服務機構，建議結核隔離病室與治療室每小時至少有六次之空氣交換。換氣率是依據舒適感及氣味之控制作考量。減少病室中飛沫濃度之空氣流速，因而降低空氣中病原菌之傳播，其效果如何尚未能直接或適當地評估。

每小時六次以上空氣交換之換氣率似乎會大量減少病室中細菌之濃度。然而為確實降低細菌之數量，而全面提高換氣程度，在執行上是有困難。

為了減少飛核 (droplet nuclei) 濃度之目的，結核隔離室與治療室應設有每小時大於或等於六次空氣交換率。假若可以，可經由調整空調系統或使用輔助器 (例如經由固定的高效能過濾系統或移動性再循環空氣濾淨機) 增加空氣流速率至每小時大於或等於十二次的空氣交換。醫療機構新的工程或裝修應作此設計，以便結核隔離病室之空氣流速率達到每小時大於或等於十二次的空氣交換。

- ※治療確定或疑似傳染性結核病患之結核隔離病室與治療室，其空氣之排出室外應合乎國家之環保規定。此空氣不應再循環至一般性空調系統。某些情況下，空氣再循環至具一般性空調系統之病室是不可避免 (例如現存之空調系統或設備結構無法使空氣排至外面)。假如是這種情況下，則排氣管應加裝高效能過濾系統，以便空氣回到一般性空調系統之前，可移去一些傳染性微生物與飛核。在新的或重新裝置設備之結核隔離病室與治療室中，其空氣不應再循環至一般性空調系統。

- ※雖然準備室並非絕對需要，但當隔離病室房門打開時，可藉著它減少飛沫漏至走廊，以增加隔離病室之有效性。為了有效的運轉，則準備室應採正壓。至於準備室與走廊間壓力之關係，則依據空調設計而有所變化。

- ※隔離病室中接近一般性空調之病室上方會使用紫外線照射。隔離病室的空氣可能為再循環，經由高效能過濾系統或紫外線燈裝置，而增加有效的空氣交換與提高氣流之溫度。

- ※醫療機構應有足夠隔離病室來適當的隔離所有確定或疑似活動性結核病患。依據醫療機構危險評值結果估計所需的隔離病室數量。除了最低度或很低度之醫療機構外，所有急性照護住院機構至少要設置一間結核隔離病室。

- ※將隔離病室集中於某一區域可降低結核菌傳染給其他病患之機率，且便於結核病患之照顧，亦便於工程 (特別是空調系統) 控制之建立與維護。

4、結核隔離之停止

- ※假若診斷確定不是結核病，則結核隔離即可停止。對某些病患而言，當其他診斷確立後，結核病即可排除。若是該病患之結核診斷未排除，則隔離仍應繼續，直至該病患不具傳染性為止。假若能作適當的出院安排，即使病患仍具有傳染性亦可出院。

- ※在開始抗結核治療後，結核病患變成不具傳染性之時間長短不定。只有當病患接受有效治療，臨床症狀有改善，及不同天連續三套耐酸性痰抹片陰性反應時，隔離方能停止。

※活動性結核住院病患應作常規性耐酸性痰抹片檢查（例如每二星期作一次）以監測是否復發。病患雖然接受治療卻仍具傳染性，最常見的兩大原因是未遵守治療原則（如未按時服藥）與有抗藥性菌種產生。假使病患已治療二至三星期，臨床上仍無反應，則應作以上之考量。

※針對抗藥性結核病患，整個住院期應強烈考慮採持續性的隔離，因為這些個案必須觀察其治療失敗與復發之傾向。

5、出院計劃

※病患從醫療機構出院前，該院之醫療人員與公共衛生專家應共同研究確定治療之持續性。醫療機構出院計劃至少應包括：(1) 安排門診看診追蹤直到痊癒為止；(2) 有足够的藥服用至就診時；(3) 轉介至個案管理（例如直接觀察治病法）或超越公共衛生部門之計劃。這些計劃應在病患出院前備妥。

※出院時可能仍有傳染性之病患，只能出院至有隔離空間的機構或家中。計劃出院返家之病患，必須考慮是否有以前感染過及具高度危險且未曾感染之家中成員（例如小於四歲之兒童、HIV 感染者、或嚴重的低抵抗力宿主）。假若家中有上述成員，應適當的採取預防措施直到病患不具傳染性為止。

附註1：判定結核病患之傳染性

結核病患之傳染性與病患呼至空氣中結核菌的含量有關，也就是與下列因素有關：(1) 病患肺部及呼吸道疾病；(2) 咳嗽；(3) 痰中含耐酸性桿菌；(4) 病患咳嗽時

未蓋住口鼻；(5) 胸部X光有空洞；(6) 不適當的治療；及(7) 易造成咳嗽或產生結核病菌噴霧的醫療措施。

最具有傳染性的結核病患為未接受治療，且有下列任一情況者：(1) 肺部或喉部結核病患咳嗽或接受易引起咳嗽的醫療措施，(2) 耐酸性桿菌痰抹片陽性，或(3) 胸部X光有空洞。肺外結核病患通常不具傳染性，除非他們同時有肺部疾病、位於呼吸道或口腔的非肺部疾病、或含大量結核菌的膿瘍病灶。若結核病患合併有HIV 感染，並不影響其傳染性。

一般而言，罹患結核病的兒童較不具傳染性，但也有經由兒童而感染者，所以必須像成人一樣評估其傳染性（如肺部或喉部結核病、咳嗽或引起咳嗽之措施、痰中含耐酸性桿菌、胸部X光有空洞、不適當的治療）。具有傳染性的結核病兒童包括：未接受治療或剛開始治療、不適當的治療、咳嗽或接受易引起咳嗽醫療措施、耐酸性桿菌痰抹片陽性、胸部X光有空洞。結核病兒童若無以上因素可以不必隔離。因結核病兒童的感染源通常為患童的家庭，故其父母及其他訪客應儘早評估是否有結核菌感染。

最容易傳染結核病的來源為未被懷疑的結核病患，未接受治療，或是已診斷為結核病患但未接受完整治療者。完整的治療可降低其傳染性，有效的治療可減少咳嗽、痰量，及痰中所含結核菌量。但是有效的治療到不具傳染性的時間每個病患並不完全一樣，例如：有些病患從來不具傳染性，但有些病患若沒有完整治療，其傳染性可能數週或數月，所以須依照個別情

況判定其傳染性。

一般而言，懷疑或確定是活動性結核病的病患，如果有下列情況則具傳染性：

(1)咳嗽，(2)接受易引起咳嗽的醫療措施，(3)耐酸性桿菌痰抹片陽性，(4)未接受治療，(5)正開始接受治療，或(6)治療效果不佳。病患如果接受完整且有效的治療（咳嗽減少、發燒緩解、痰抹片結核菌含量逐漸減少），就可能不具傳染性。通常病患必須隔離至不同天之痰抹片結果連續三次為陰性且臨床症狀改善為止。

附註3：硬體工程的控制

一、前言

此章節在介紹有關醫療機構使用的通風設備及紫外線燈照射，以預防結核菌的傳染，主要提供了一些基本概念，以達到教育工作人員了解有關醫療機構的硬體工程控制，及如何有效地運用在結核病防治計劃上，但是此章節並不能取代專家們對硬體工程設計、選擇、裝置和設備上的維護及建議。

有關硬體工程控制的建議，包括：(1)局部性的向外排氣空調（即感染源的控制），(2)一般的空調，(3)空氣的清淨。一般的空調在考量上應包含：(1)污染源的稀釋及去除，(2)室內空氣流向的型式，(3)醫院內空氣流動的方向，(4)室內負壓的設計，(5)結核病隔離病室。可使用空氣濾過網（如高效能過濾系統）或紫外線燈照射來達到空氣清淨或消毒的效果。

二、空調

醫療機構內的空調應該是經過特殊的設計，可因個別的需要而由空調管理人

員、感染控制人員及臨床的醫護人員合作執行。至於空調系統的設計及操作有關的建議已在美國熱力、冷凍、及空調工程協會，美國建築師協會和美國州立工業衛生協會等刊登。

在結核病的感染防治計劃上，醫療人員應決定醫療機構內結核病隔離病室、治療室及局部性排氣設備（使用於會誘使病患咳嗽或產生噴霧的醫療措施）的需要量。結核病隔離病室、治療室及局部性排氣設備的位置將取決於醫療機構內空調的狀況，此章節對這方面有些建議可參考。將醫療機構內所有的隔離病室設置在某一特定的區域內，可使照顧結核病患及相關設備、硬體工程的控制（特別是空調方面的配合）較容易執行。定期性的評估空調系統，重新評估結核病隔離病室、治療室及局部性排氣設備的需要量，並對局部及一般性的排氣系統（包括必要時使用的高效能過濾系統），做常規性的維護與監測。

醫療機構內有各種不同型式及條件的空調系統，可依其個別的需要，提供有關的建議及特別的注意事項。硬體工程的控制方法必須適合於每一家醫療機構的基本需求及空調使用、空氣清淨的可能性，有關這方面的概念，在此章節有特別的討論。

A、局部性的排氣空調設備

目的：抽吸感染源或其附近被污染的空氣（即感染源控制法），並將被污染的空氣排除，使工作人員免於暴露感染源。

感染源控制法是要能夠預防或減少感染物質散播而進入一般的空調循環系統內，感染物質可由病患散播出來（即感染

源)。當結核病患在執行可能會產生含感染物質噴霧的醫療措施時及結核病患咳嗽或打噴嚏時，感染源控制法就特別的重要了。

局部性的排氣空調設備是控制感染源散播較好的方法，因其能在感染物質散播之前就將其抽吸排除，所以是避免污染空氣散播最有效的方法。如果可能的話，在任何執行會產生含感染物質噴霧的醫療措施地區都應該使用此設備。局部性的排氣空調設備使用的防護罩 (hood)，有兩種基本的型式：(1)封密式，防護罩是部份或完全的封密感染物質；(2)表面式，感染物質是靠近，但在防護罩的外面。完全封密式的防護罩、防護帳或密閉帳 (tent) 比表面式的好，因為完全封密式的能更有效的預防感染物質散播到工作的環境。

1、封密式的裝置

局部性封密式的排氣空調裝置包括操作含各種感染病菌的檢體之實驗台安全操作箱，使用於會刺激產生痰液或加入噴霧藥物治療時 (如pentamidine噴霧治療) 之防護帳 (圖S3-1)；由乙烯基 (vinyl) 或其他材質製作的密閉帳或防護罩，可以用來封閉及隔離病患。以上這些裝置有其各種不同的構造，其中最簡單的是直接使用於病患身上的密閉帳；此密閉帳有一個排氣管連接到室內的排氣裝置，至於最複雜的裝置是有混合回流及重覆循環系統的封密式的裝置。

在上一位病患離開和下一位病患進來之期間，密閉帳及防護帳應有足够的風速去除至少99%的空氣粒子。去除封密式房間內的一定百分比空氣粒子，其所需的時

間受到許多因素的影響，這些因素包括ACH (每小時空氣交換次數；air change per hours) 的數量，此因素由房間或防護帳內空氣的立體高度及由感染源來的空氣進入房間或防護帳的速度而定；空調出入口的位置；房間及防護帳的物理結構 (表S3-1)。

2、表面式的裝置

局部性的排氣空調設備之表面式的裝置，其密閉帳通常很靠近感染的病患，但不是密閉的。表面式的裝置所產生的風向，應該預防流動的空氣靠近病患的臉部，導致感染物質漏出。病患應儘可能的直接面對開啓的防護罩，使病患在咳嗽或打噴嚏時，所產生的感染物質得以直接吸收進入防護罩。此裝置的風速應維持在每分鐘大於或等於200公尺，以確實在病患的呼吸區域內能吸收住感染物質。

3、防護帳、密閉帳及防護罩之排氣系統

由防護帳、密閉帳及防護罩所排出的空氣，可能排到有裝置設備的室內或直接排到室外。如果空氣是排到室內的，排氣管道或出口應加裝高效能過濾系統。排風扇應放置在高效能過濾系統過濾器排氣的一面，使過濾器內及防護帳的壓力對其臨近的區域確實維持在負壓。室內未受污染的空氣將由所有的通道流入防護帳，以預防防護帳內的感染物質漏進室內。現在大部份廠商所生產的防護帳、密閉帳及防護罩都會安裝高效能過濾系統過濾器。

如果以上之排氣系統未加裝高效能過濾系統過濾器時，則建議隔離病室之空氣應直接排出戶外。

B、一般性的空調設備

一般性的空調設備使用目的包括：稀釋和去除受污染的空氣，控制室內氣流的型態及醫療機構內空氣流動的方向。

1、稀釋與去除

目的：降低空氣中污染物的濃度。

一般性的空調設備利用兩種過程來維持空氣的品質：稀釋和去除空氣中的污染物質。供應未經污染的空氣（即由外引入的空氣）與室內欲將由排氣系統排出的污染空氣混合（也就是等於稀釋）。這樣的一個過程可以降低室內空氣中污染物質的濃度。

a、一般性空調系統的型式

一般性的空調系統有兩種型式可使用於稀釋和去除受污染的空氣：單一管道系統與重覆循環系統。在單一管道系統中，所供應的空氣可由外面的空氣經適當的加冷加熱處理後供應，或是由中央空調系統延伸的管道供應。經過室內或某些地區的空氣，100%會排出戶外。單一管道系統最好使用於已知空氣中會有感染物質的地區（如結核病隔離病室或治療室），因為單一管道系統能預防污染的空氣經由重覆循環而到醫療機構其他的區域。

重覆循環系統是將一小部份的空氣排到戶外，並與外面新鮮的空氣交換，然後再和部份未排出去之空氣混合。此混合的結果可能將含有大量污染的空氣，經重覆循環系統再循環回來。混合的空氣亦可能循環進入一般性空調系統內，而將污染物質由污染區帶到非污染區。混合的空氣也可以在一個特殊的室內或地區內重覆循環，如此就不會影響醫院其他地區。

b、空調速度

醫院一般性空調系統的風速通常是建議參照每小時空氣交換次數（ACH）的數目，此數目是每小時空氣進入室內的體積與房間體積的比率，等於流出的空氣（Q〔立方呎；cubic feet/每分鐘〕）除以房間體積（V〔立方呎；cubic feet〕）再乘以60（也就是 $ACH=Q \div V \times 60$ ）。

是否能達到特定的空調速度，將視空調系統的裝備及操作配備而定（如緊急要求對空氣的移動與加冷或加熱），也可能因醫院內可活動的設置和新式的裝配不同而有所不同。裝設新式的配備以達到特定的高速度，其花費與所預期的成效是合理的，其實以現有可活動式的設置來達到相同的空調速度可能是比較困難。然而使用輔助的方法（即室內空氣重覆循環）及再增加排氣空調來達到高空調速度，可能是現存的設備中較有可能做到的。

2、室內氣流的型態（混合空氣）

目的：提供最適當的氣流型態和預防滯留、不流通的空氣發生。

一般性的空調系統設計，應該是提供室內最適當的氣流型態，以及預防空氣在供給與排出的過程中發生滯留或不流通的現象。為了提供最適當的氣流型態，空氣的供給與排出應設計為：清潔的空氣應先流過醫療人員工作的房間，然後再經過感染源，而後再進入排氣系統排出，這種方式使醫療人員不會暴露於感染源與排氣系統之間。雖然這樣的設計不太可能做到，但無論是否可行，仍然是應該被採用的。有一個方法可以達到這樣的風向，就是室內供應空氣的位置是面對著病患，然後在病患的所在位置做一出口排出空氣。另外

一個很有效的方法是當供給的空氣比室內的空氣冷時，供給的空氣會接近天花板，欲排出的空氣就會靠近地板排出（圖S 3-2）。氣流的型態會受到下列因素的影響：空氣溫度的不同、空氣供給與排出的位置是否正確、傢俱的擺設、醫療人員與病患的走動、空間的結構設計。排煙管（smoke tube）可以用來測試氣流的型態，其方法與預測室內空氣混合的敘述相同。

適當的空氣混合需要對室內提供適當的每小時空氣交換率次數，而且必須要確實預防室內空氣的滯留。然而，每小時空氣交換的數量多少通常是無法測得的，因為氣流的型態無法使室內所有區域的空氣，充分的和供應的新鮮空氣混合，如此可能導致供應的氣流速度小於所需的適當空調速度。為了計算這個變數，其混合的因素（設定值的範圍由1到10，即代表完全的混合到不好的混合）被廣泛地適用於決定實際供應的氣流範圍（也就是每小時空氣交換率的建議加上混合的因素，等於實際上每小時空氣交換率的要求）。室內空氣的供給與排出系統應該設計達到最小可能的混合因素，混合因素可經由每一個空間結構由專家的測試後再來決定，但是這個過程複雜又耗費時間。測試混合是否達到適當的品質，可由有經驗的空調工程師來做評估，他可以在室內許多地區放置排煙管，觀察煙在室內移動的情形。室內所有地區的煙有在移動表示是混合情況良好，室內某些地區空氣有滯留的情形表示混合的情況差，此時空氣供給與排出口需做移動，或是更改空氣供給的方向。

3、醫療機構內空氣流動的方向

目的：避免醫療機構內污染區的空氣外漏，並且預防其散播到非污染區。

a、空氣流動的方向

一般的空調系統應該是經過對稱的設計，所以空氣是由最少被污染（即最清潔）的區域流到污染最多（即最不清潔）的區域。譬如，空氣應由走廊（清潔區域）流到結核病隔離病室（最不清潔區域），以預防污染物質散播到其他地區。在某些執行手術和侵入性醫療措施之特別的治療室，其空氣應該由室內流到走廊，使在執行這類醫療措施時，所供給的空氣是較為清潔的。但是在某些會導致結核病患咳嗽或是會產生噴霧的醫療措施時（如支氣管鏡檢查及結核病膿瘍的灌洗），就不能在這樣空調方向的治療室內執行。

b、負壓

利用製造較低的壓力（負壓）來達到控制空氣流動的方向，空氣為了由一個地區流到另一個地區，兩個地區的空氣壓力必須不同。空氣由壓力較高的地區流向壓力較低的地區，壓力較低的地區對壓力較高的地區而言為負壓。有負壓的地區其排氣的速度應比供給空氣的速度高。負壓需達到要求的風速標準將視空調系統與區域上的結構而定，包括空氣流動的路徑及管道，並且應由專業的空調工程師來決定其基本工程的個別性。

4、室內達到負壓

目的：控制房間及鄰近地區之間的空氣流動方向，預防污染的空氣由室內漏出流到醫院其他地區。

a、壓力的不同

需要達到室內維持為負壓，且使空氣

流到室內的最小壓力差是非常小的(0.001吋的水壓:inch of water),較高的壓力(大於等於0.001吋的水壓:inch of water)是可以接受的,然而欲達到此較高的壓力可能是有困難的。達到負壓實際上的標準將視室內空調排出和供給空氣的流動情況及物理結構的不同而不同,包括空氣流動的路徑和管道。如果是一個良好的密閉房間,負壓就有可能達到大於最小值0.001吋的水壓;如果不是一個良好的密閉房間,而這種房間可能在許多醫院可以見到(特別是較老舊的醫院),它必須以較高的負壓來達到排出及供給空氣不同流向的要求,以彌補空調系統能力不足之處。

建立一個負壓室需要有一個正常功能的空調系統,室內供給與排出的空氣流向是首先要平衡的,以達到排出的空氣流速比供給的多百分之十或多50立方呎/分鐘(cfm)(無論是那一種,只要是排出的比供給的多就可以了)。大部份的情況,說明了要達到負壓至少應在0.001吋的水壓,如果連最小的0.001吋的水壓都無法達到,也無法做到負壓的空氣流向時(在空調系統的限制之內),此時房間應該檢查是否有漏洞(如進出的門、窗戶、水道及穿過牆壁的設備儀器等),並將有漏洞的地方修補密封。

室內的負壓可經由空調系統的操作來改變,或是經由房間的門、走廊的門、窗戶的更改來做變動。當操作的結構被建立時,除非有人員需要進出房間或地區,否則就需要隔離病室及其他地區所有的門窗都應維持當的關閉(走廊的門會影響壓力)。

b、以取代的方法達到負壓

雖然隔離病室前的準備室不能當作取代室內的負壓,但是可以減少隔離病室的門開關時空氣粒子漏出的情形。有些準備室有自己的空氣供給管道,但是有些沒有。結核病隔離病室對其準備室應該是負壓的,但是準備室的壓力與走廊的壓力可能是不同的,視醫院的建築設計而定。

如果現有的空調系統因為不能將室內的空調分開,或是室內的系統不能提供合適的空氣流動方向時,應該採用階梯式的方法來排出室內的空氣,至於排出空氣量的多少將與前面的討論相同。

固定式的室內空氣重覆循環系統(此系統也就是重覆循環準備室內的空氣)可能會被設計為負壓,以將空氣排出門外。有些可手提式的室內空氣重覆循環機是設計將空氣排出戶外以達到負壓。空氣清淨機要能夠達到負壓,必須經過特殊的設計。

小型的離心吹風機(即排風扇)能夠被使用於將空氣經由窗戶或外牆排出,這個方法可以暫時的達到負壓,但無法提供新鮮的空氣及稀釋污染空氣的效果。

另外一種可以達到不同壓力要求的方法是對走廊加壓,走廊的一般空調系統所產生的壓力比隔離病室的高;這種型式的壓力對稱需求將依空調系統的物理結構而定。理論上,走廊的空氣供給速度應該增加,而排氣的速度是不增加。如果無法做到的話,排氣的速度就應該降低,以重新設定合適的排氣風門,但必須注意排氣的速度不能降到可接受的範圍之下。這種方法需要所有能達到維持壓力對稱的設備,包括門。這種方法可能不是令人滿意的,

如果有負壓室，走廊的加壓就不需要了。在許多情況，這種方法是不易達到的，而且應該只在空調人員小心評估之後才考慮使用。

c、負壓的監測

室內的負壓可經由目視觀察空氣流動的方向來監測（使用煙管），或經由室內與其周圍地區之間不同的壓力來監測。

可以從煙管所產生的煙來觀察兩個不同地區之間空氣的流動，或地區內空氣流動的型態。為了要核對室內使用煙管後的負壓，煙管應該放在靠近門的底部，而且距離門前約2呎。如果門有格子窗或其他出口的設置，亦可面對門的格子窗或其他出口，同時徐緩的擠壓球以產生少量的煙。煙管放置的位置應與門平行，使煙確實地由煙管以緩慢的速度射出，以確保煙管所產生的煙速度不高過空氣流動的速度。煙會隨著空氣流動的方向移動，如果室內是負壓，煙將會經過門下吹入室內（即由高壓到低壓），如果室內不是負壓，煙將會向外吹或是停留不動。此項測試必須在是密閉的情況下進行，如果室內使用空氣清淨機，煙應該會流動。使用煙管時必須小心，避免吸入會有刺激性的煙。但是，當煙管所產生的煙量太少，而且煙管的距離太短時，就無法進行測試。

不同的壓力感受器也能用來監測負壓；它們能提供間歇性的（非連續性的）與連續性的壓力監測。連續性的壓力監測器在壓力降低時會有可看得見或可聽得到的警告訊號，除此之外，它還能提供壓力的可讀訊號，以便能夠紀錄存查，或是使用於自動調整醫院的空調控制系統。

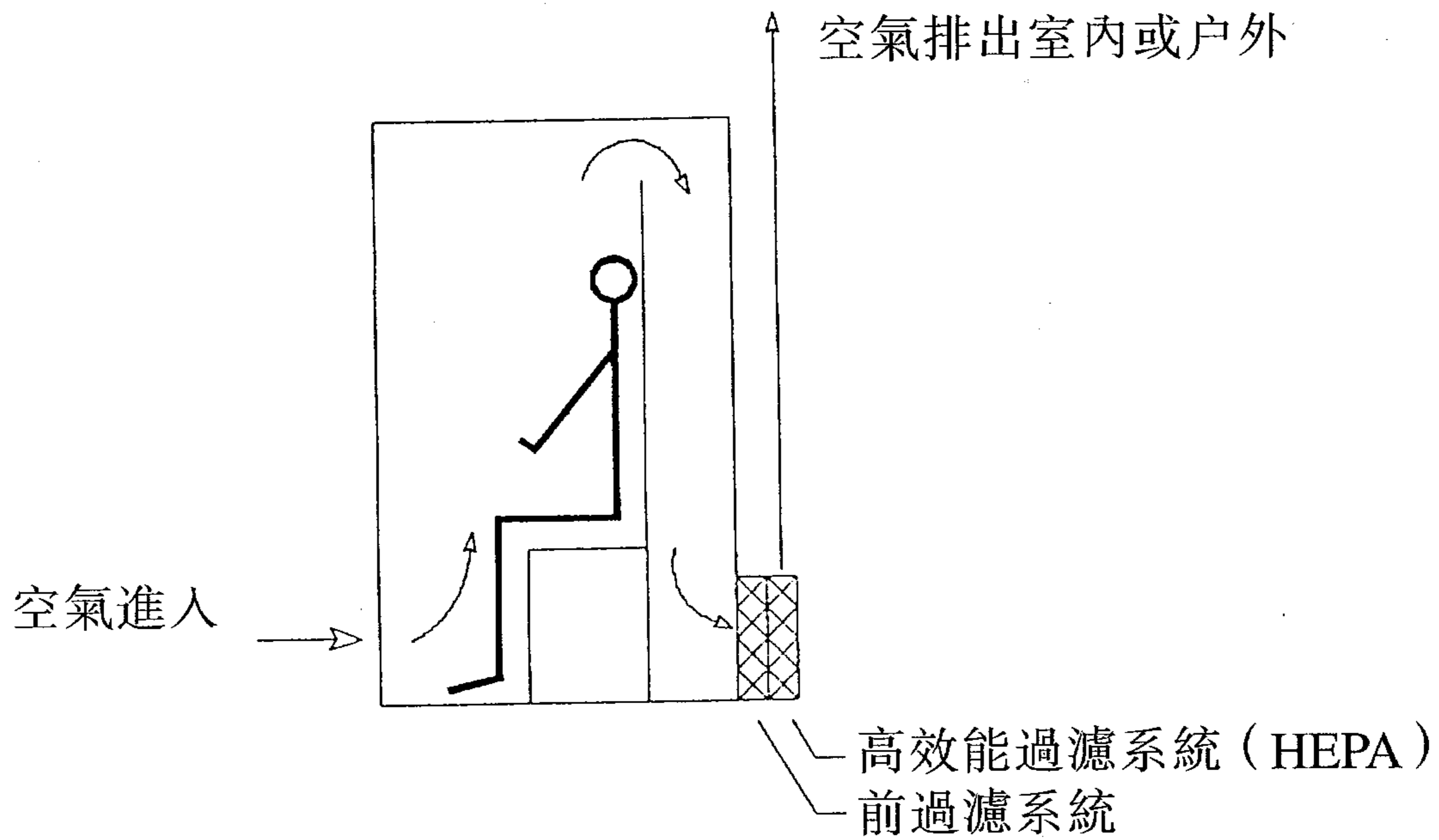
壓力監測器應該可以監測到空氣剛吹入室內的壓力（即門底部的壓力），室內不尋常的氣流型態會引起壓力的變化，譬如在門中央的空氣可能是負壓，而在同一個門的底部卻是正壓。如果壓力的感受點無法直接放置在空氣流過的路徑上，就需要去確認感受點是負壓，而且要使空氣在流過時維持相同的負壓。

壓力感受器應加裝可聽得見的警告訊號，警告門打開的時間太久了。因為當房間的門打開時，室內的負壓會降低。門打開時間的限制應設定在醫療人員有足夠的時間進出房間，而不會使警告器作響。

使用壓力感受器所潛在的問題是使用不同的壓力以達到較低的負壓，需要用到非常敏感的機械裝備、電子裝備或壓力錶等，以準確的測量數值。使用的裝備不能測量這些低壓時（即壓力低至0.001吋的水壓），將要求它們設定較高的壓力可能是有困難的，而且在某些情況即使去完成，反而會不切實際。

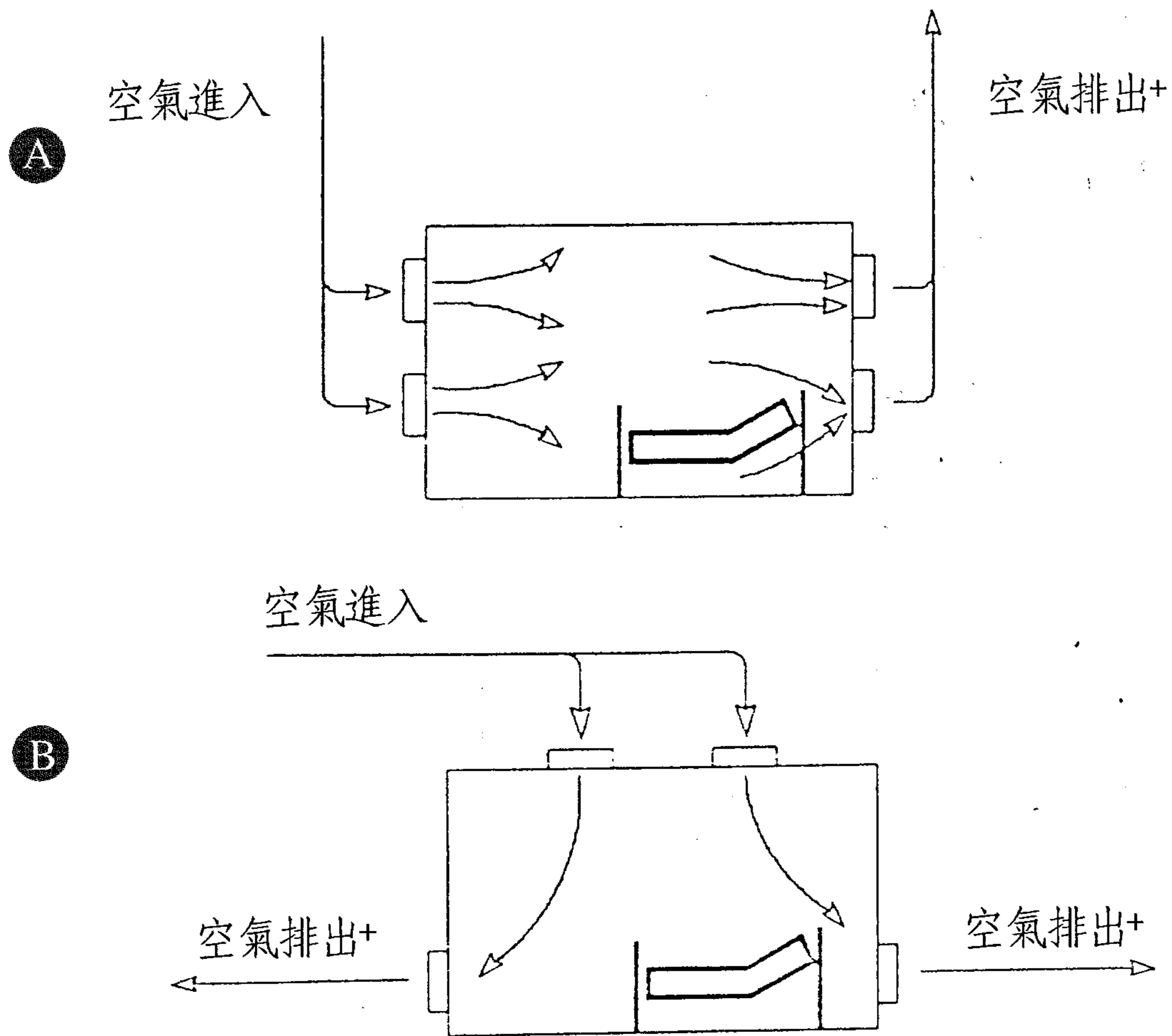
確實執行定期查核需要的負壓值，若使用連續性的壓力監測裝置時，亦需確實查核其操作是否合適。如果有使用煙管或其他可作為查核的試驗品時，應經常查核結核病隔離病室和治療室之負壓。經過改變空調系統的房間應該每天查核。結核病隔離病室當使用於隔離結核病病患時，應每天查核其負壓。如果不是住疑似或確定的結核病患，但有可能是潛伏性危險時，其室內的負壓應每個月查核一次。如果有使用壓力感受器時，應至少每個月一次使用煙管或用壓力監測器來確認其負壓。

圖S3-1 封密式防護帳的設計是將有活動性結核病人的空氣清除，並將感染物質吸入高效能過濾系統（HEPA）。



*預防空氣進入後經過病人所在的位置及其背後牆壁後直接排出（即空氣短暫循環）。

圖S3-2 室內氣流型態的設計是提供混合的空氣，及預防通過的空氣由空氣進入後直接排出*



* 空氣短暫循環

+ 空氣應該排到戶外（或是須重覆循環空氣時應經過高效能過濾系統〔HEPA〕過濾）

表S3-1 每小時空氣交換次數 (ACH) 和排除空氣污染效率達90%、99%及99.9%所需的時數*

每小時空氣交換次數	排除空氣污染效率所需的時數		
	90%	99%	99.9%
1	138	276	414
2	69	138	207
3	46	92	138
4	35	69	104
5	28	55	83
6	23	46	69
7	20	39	59
8	17	35	52
9	15	31	46
10	14	28	41
11	13	25	38
12	12	23	35
13	11	21	32
14	10	20	30
15	9	18	28
16	9	17	26
17	8	16	24
18	8	15	23
19	7	15	22
20	7	14	21
25	6	11	17
30	5	9	14
35	4	8	12
40	3	7	10
45	3	6	9
50	3	6	8

*此表是由排除空氣污染速度的公式計算，數值是由公式 $t_1 = \{ \ln(C_2 \div C_1) \div (Q \div V) \} \times 60$ ，以及 $T_1 = 0$ 和 $C_2 \div C_1$ (排除效率 $\div 100$)

t_1 = 最初的時間 C_1 = 最初的污染濃度 C_2 = 最終的污染濃度

Q = 空氣流出速度 (每小時立方呎) V = 房間體積 (立方呎) $Q \div V$ = 每小時空氣交換次數

此時間可使室內的空氣完全的混合 (即混合因素 = 1)。然而，完全的混合通常是無法做到，如果空氣分佈的情形非常差時，混合因素就有可能高到10。所需的時間是由表中適合的時間乘以室內或防護帳內的混合因素。防護帳製造廠商提供的操作指引中，應包括混合因素與所需的時間，或者應附此資料，而且應遵照此指引執行。