

第八章 環境保護設計

屋內型變電所的環境保護設計，有對噪音、振動、排熱、耐震等對策。

對噪音，變電所建築物的設計人員應對變電所的噪音源，噪音傳播路徑、可行的減音對策等有深入的了解。變電所機電的設計人員應對利用建築物的形狀作減低噪音對策，或為減低噪音更改建築物的形狀等，對建築物的構造要有相當的了解。

對振動、排熱、耐震等對策也一樣。

8.1 噪音對策

8.1.1 噪音對策的基本觀念

8.1.1.1 屋內型變電所因四周由混凝土的牆壁、地板、天花板等隔離，不會如屋外型的變電所，自變電機器設備所產生的噪音被空氣傳播至屋外直接影響周邊。即由於建築物的構造遮音的效果相當大。

然而，為機器設備的冷卻或機器室的通風換氣，需設抽入外氣或排氣的開口部份，致自變電機器設備所產生的噪音仍會經風道或洞口傳出屋外。

另，通風用的開口部份，為防止雨水及外物侵入需設百葉窗，而通過百葉窗的空氣也會產生噪音。

歸納屋內型變電所的噪音發生源情況大致如下：

- (1) 會產生噪音的變壓器、並聯電抗器、開關設備等，主要變電機器設備都裝置於以混凝土包圍的機器室。
- (2) 會產生風扇及馬達運轉聲的風冷式冷卻器，有時設置於屋外有時設置於建築物內。
- (3) 會產生風扇運轉聲或水滴落聲的水冷式冷卻塔，則裝置於屋頂等屋外。
- (4) 裝設於屋內的機器設備所產生的噪音，會經過機器設備的冷卻或機器室的通風換氣的風道、風管等傳播至屋外。
- (5) 設於進、排氣口的百葉窗，會產生另一噪音。另，屋內型變電所的噪音對策情況則大致如下：
 - (1) 噪音管制地點，依法規規定是在變電所用地的界境，而不是建築物劃區的界境。然在地下或多目標用途的變電所，最好以變電所建築物的劃區線當為變電所用地的界境作噪音對策。
 - (2) 進、排氣口或風道的設置位置與建築物設計有密接關聯，故應好好了解其機能作調整。

8.1.1.2 設計噪音對策時應考量的事項

對屋內型變電所的噪音對策，設計變電設備及建築物的人員，於事先要做好協調是很重要的。下列係設計時應考量的事項：

1. 變電設計

(1) 風道

- a. 應確認風道的必需斷面積。
- b. 應確認風道的路徑，並確認是否能或是否需要在風道內作減音對策。
- c. 檢討是否需要設置消音裝置，若需要應考慮設置的空間。

2. 建築物設計

(1) 機器

應確認變電設備中會產生噪音的是那些機器。

(2) 風道

- a. 應確認機器冷卻用或建築物通風用風道的必需斷面積。
- b. 檢討風道的路徑(route)。
- c. 為了能在風道內作減音對策，於設計風道時事先與變電設計人員協調。

(3) 開口部份

考量進、排氣口傳出的噪音，設計其位置及開口的面積（此與百葉窗的形狀有關）。

(4) 防音牆

考量於風冷式冷卻器或水冷式冷卻塔四周設置防音牆（需考慮風壓及耐震）。

8.1.2 變電所的噪音管制值

變電所的噪音管制值依地域稍有不同，必須詳查政府的法規規定設法符合其規定。目前環保署已於民國98年9月4日發布「噪音管制區劃定作業準則」，作為各直轄市、縣(市)主管機關之制定原則。

8.1.3 屋內型變電所的噪音發生源

屋內型變電所所裝設的變電機器設備及建築物設備的噪音發生源及其噪音情況如下：

1. 變壓器：由於鐵心，於運轉時產生聲音。
2. 並聯電抗器：由於鐵心，於運轉時產生聲音。
3. 風冷式變壓器的冷卻器：冷卻器的風扇及馬達的運轉聲成為噪音源。
4. 水冷式變壓器的冷卻器：冷卻塔設置於屋頂上，除風扇及馬達的運轉聲外，水的滴落聲音也成為噪音源。
5. 開關設備：斷路器開啟、閉合操作時會產生間歇性的衝擊聲音，因產生的時間短，應可忽視。
6. 送風機：為建築物內各機器室的通風而裝設，除風扇及馬達的運轉聲外，

風道內空氣流動的聲音也成為噪音源。

7. 進、排氣口的百葉窗：設於通風道的進、排氣口，空氣通過百葉窗孔隙時產生的聲音成為噪音源。

8.1.4 噪音傳播的路徑

8.1.4.1 風冷式變壓器時

圖 8-1 表示，由風冷式變壓器（冷卻器裝於屋內）所產生的噪音經過進、排氣口、風道傳播至屋外的狀況。

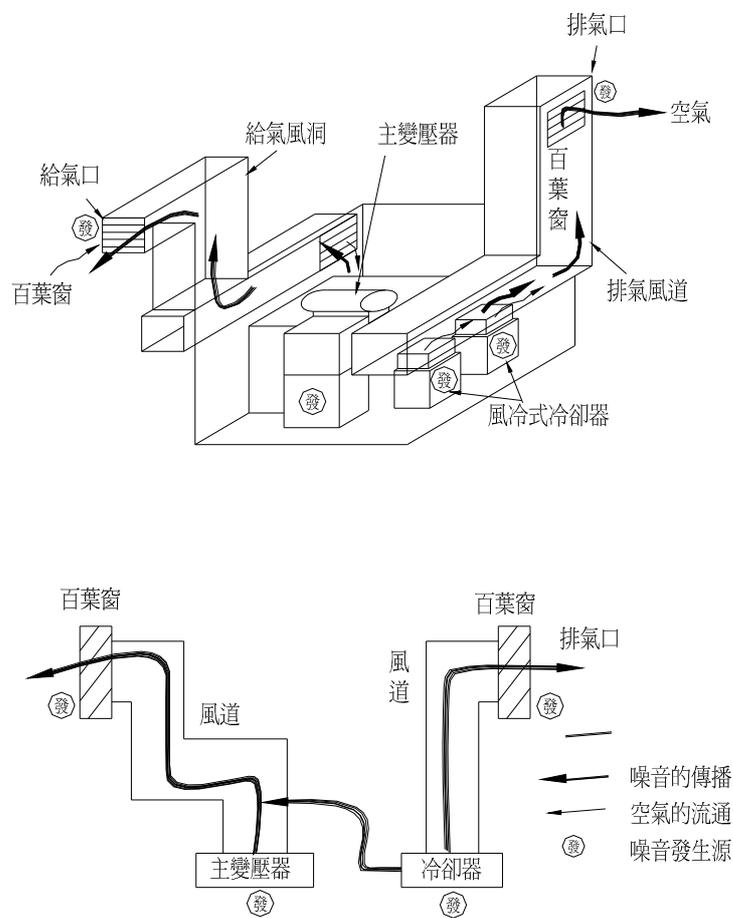


圖 8-1 風冷式變壓器的噪音傳播路徑

8.1.4.2 水冷式變壓器時

圖 8-2 表示，由水冷式變壓器和裝設於屋頂的冷卻塔所產生的噪音傳播至外面的狀況。

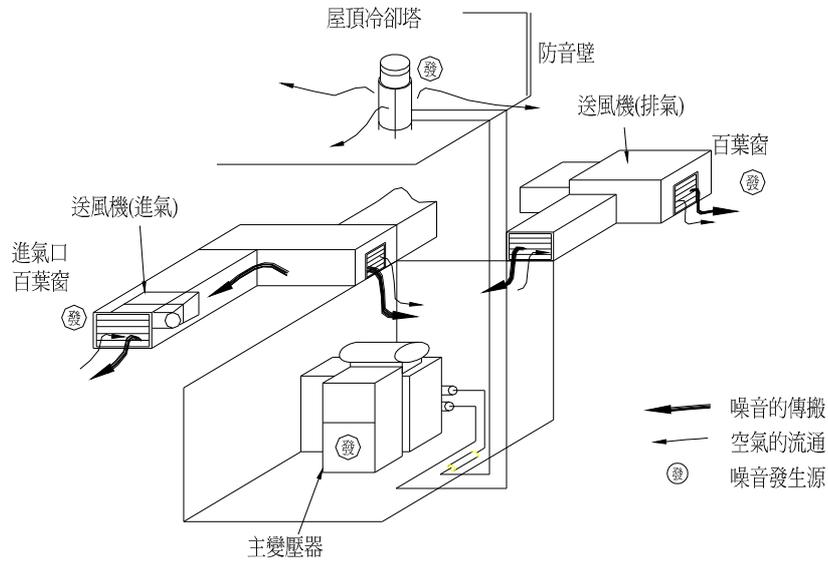


圖 8-2 水冷式變壓器的噪音傳播路徑

8.1.5 屋內型變電所的噪音對策

8.1.5.1 降低噪音的方法

表 8-1 係要降低屋內型變電所的機器所產生噪音的方法例。

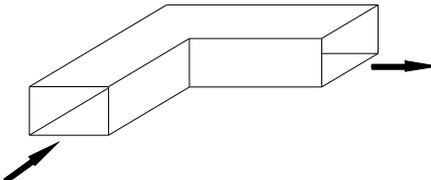
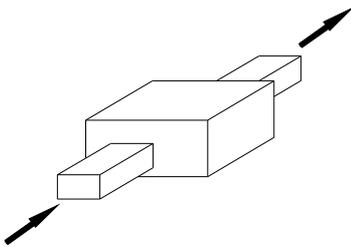
表 8-1 降低噪音的方法的例

	噪音對策的基本原則	降低噪音的方法
對付機器本身	使產生的噪音小	對產生噪音的機器設備，裝消音覆蓋物或調整風扇的大小、迴轉數等，謀求低噪音化。
對付裝設場所	增加距離	離開噪音源距離愈大聲音會愈小，但在風道風管等隧道狀的構造物很難以增加距離降低音量，故應特別注意。
隔音	裝設遮蔽物	於噪音發生源的前面設置防音壁，音量會減小。在屋內型變電所，以混凝土牆、地板、天花板包圍噪音發生源，故隔音效果大。裝設於屋外的風冷式冷卻器或屋頂的水冷式冷卻塔，可裝置防音壁作遮音之用。
	施設遮音材料	以混凝土壁包圍的機器室，雖產生的噪音不會滲透至屋外，為降低滲透音必要時於牆壁、天花板等加裝遮（吸）音材料。
吸音	於噪音傳播路經，設彎曲部分或增加斷面積	對通過隧道狀構造物的聲音，於適當的地方設彎曲（轉彎）部分或增加斷面積，可降低聲音的強度。
	施設吸音材料	為減少音波的力量及反射音變小，可施設吸音材。應確認變電機器所發生噪音的頻率特性，施行有效的施設。（吸音材料的吸音效果以聲音的頻率而異）。
	消音裝置	係使用多孔質吸音材料，由吸音、反射、干擾等降低音量者，依裝設的場所有許多不同的種類。

8.1.5.2 個別的噪音對策

屋內型變電所的噪音對策，應依產生噪音的機器、設備的種類、裝設場所、進、排氣、風道、風管等作個別的檢討。表 8-2 表示，於屋內型變電所需要個別檢討噪音對策的處所及其噪音對策。當設計時應綜合採用這些對策。

表 8-2 個別檢討噪音對策的例

處 所	應 考 量 事 項
主變壓器	<ol style="list-style-type: none"> 1. 變壓器、冷卻器等採用低噪音設備。 2. 於牆壁、天花板施設吸音材。 3. 以混凝土等的牆壁予以隔音。
開關設備室	<ol style="list-style-type: none"> 1. 於開關設備室內的牆壁及天花板施設吸音材。
屋外冷卻器、冷卻塔	<ol style="list-style-type: none"> 1. 冷卻器、冷卻塔等採用低噪音設備。 2. 加設防音壁。防音壁應注意其設計及強度。
送風機室	<ol style="list-style-type: none"> 1. 送風機室內的牆壁施設吸音材。
進、排氣口的百葉窗	<ol style="list-style-type: none"> 1. 百葉窗的形狀以風量、風速及避雨等的需要設計。 2. 百葉窗所產生的聲音意外地大，故應充分考慮開口率、方向及其大小。 3. 百葉窗因直接裝於建築物的外牆，故應綜合建築物的設計而設計。
風 道	<ol style="list-style-type: none"> 1. 不拘變壓器冷卻用或建築物的通風用，風道或風管的長度降低噪音效果不大，故應以改變道、管形狀等謀求噪音的降低。 2. 如下面的圖，設彎曲（曲折）部分。  <ol style="list-style-type: none"> 3. 設消防音箱如下面的圖。  <ol style="list-style-type: none"> 4. 於風道內側加裝吸音材。

8.2 振動對策

裝設於屋內型變電所的機器設備有不少會產生振動。若變電所的建築物係多目標用途的綜合建築物，則因建築物內施設的設備的用途，需要設法防止這些傳至建築物構體的機器的振動。

8.2.1 振動對策的基本觀念

8.2.1.1 屋內型變電所的振動的特徵

因屋內型變電所的各项機器設備都被固定於建築物構體，機器設備的振動會直接沿建築物構體，再傳到變電所外的地方。

屋內型變電所的主要振動發生源為主變壓器運轉時的振動及開關設備的斷路器於開閉操作時的衝擊振動。另，通風、空調用的金屬管或送風機等也會產生振動。

又油配管或水配管等也會因安裝不當成為二次振動發生源，故需要施行綜合的振動對策。

8.2.1.2 建築物及變電的設計人員應注意的事項

對振動的對策，建築物設計人員與變電設計人員應於事先做協調。請參照下述的振動對策的例。

8.2.2 振動的發生源

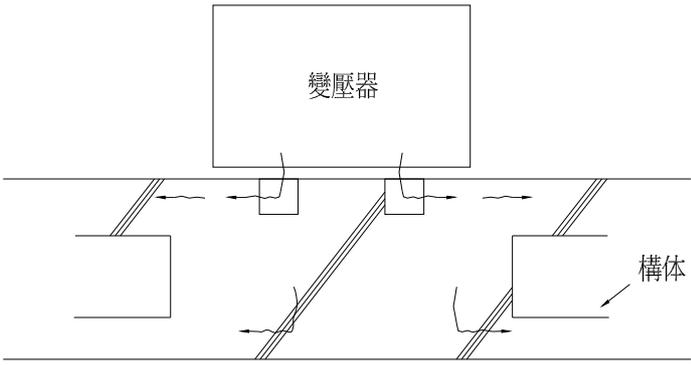
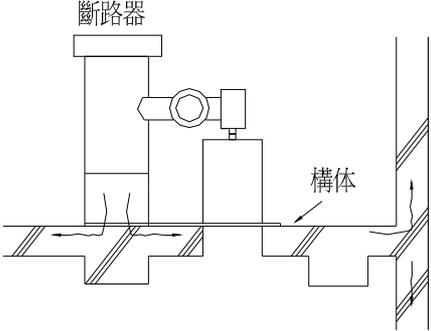
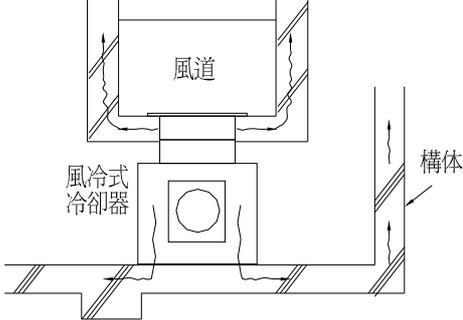
屋內型變電所的主要振動發生源如表 8-3 所示。

表 8-3 屋內型變電所的振動發生源

設備名稱	振動的狀況
主變壓器 並聯電抗器	由變壓器、並聯電抗器內部鐵心產生，自變壓器、並聯電抗器本體傳至地板，再傳至建築物的構體。
風冷式變壓器的冷卻器	因有風扇、馬達等迴轉部份，振動經本體傳至地板。
開關設備	斷路器於開閉操作時產生瞬間的衝擊振動傳至地板。
空氣壓縮機	馬達的振動傳至地板。
送風機、空調機、緊急發電機等	由送風機、空調機、緊急發電機等運轉產生振動傳至地板。
泵類	泵所產生的振動傳至地板。
配管	1. 將油、水的配管裝配於牆壁或天花板時，會因安裝的方法不當而產生振動。 2. 自裝於地板的油管，變壓器的振動傳至地板。
風道、風管	由於流通風道或風管內的空氣，風道或風管產生振動。

8.2.3 振動傳達的路徑

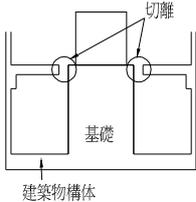
屋內型變電所的變電機器設備所產生振動的傳達路徑如下圖：

設備名稱	振動傳達
主變壓器	
斷路器	
風冷式變壓器的冷卻器	

8.2.4 振動對策的方法

使變電所機器設備的振動傳播降低的主要方法有如表 8-4。

表 8-4 降低振動的方法

振動對策的基本原則	對策的方法
機器設備基礎與地板分離	<p>將機器的基礎和地板切離，使機器的振動不會傳到建築物的地板及構體。</p> 
以防振橡皮等遮斷振動	<p>以彈簧支持產生振動的機器的質量，減少振動的傳達。防振可用金屬彈簧、空氣等，一般多採用防振橡皮，如下述之例。</p>
設備的安裝要作的完全無瑕的	<p>風道或配管的安裝，若有作的不完全的地方，會成二次的振動發生源。安裝工作應確確實實地作好。</p>

8.2.5 振動對策的實例

圖 8-4 及圖 8-5 表示主變壓器及氣體絕緣開關設備的振動對策例。

第 8.2.5.1 及 8.2.5.2 節的○內數字係圖 8-4 及圖 8-5 的號碼。

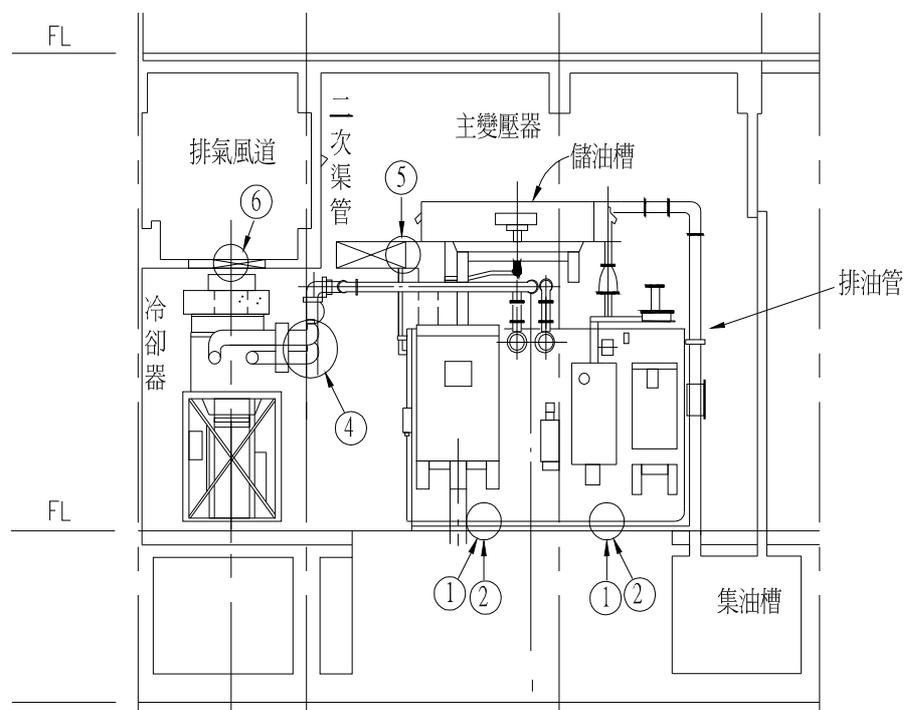
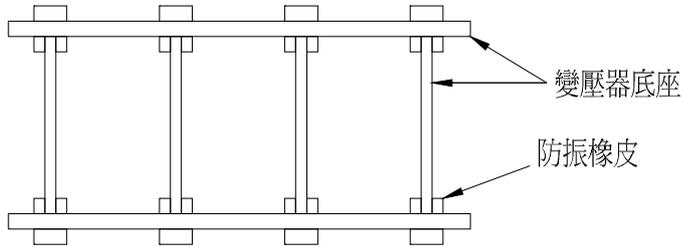


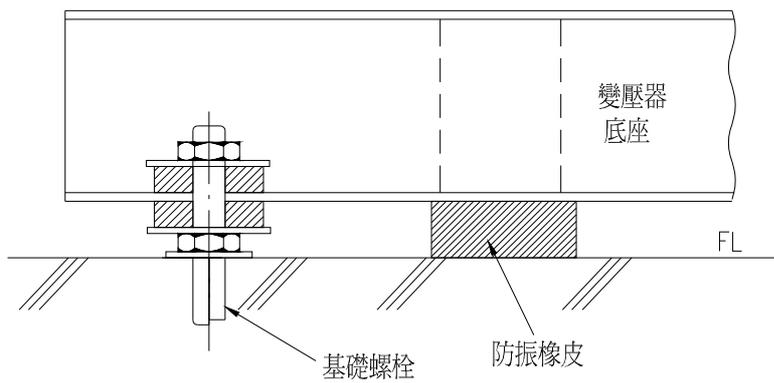
圖 8-4 變壓器的振動對策實例

8.2.5.1 變壓器的振動對策

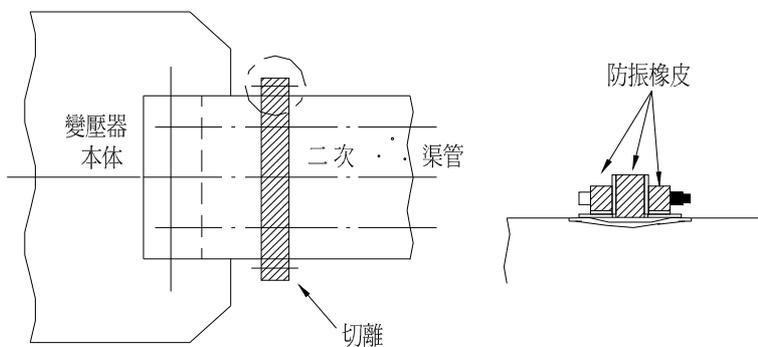
- ① 於變壓器本體（底座的交叉處）與基礎之間裝設防振橡皮，得（-10~-14db）。



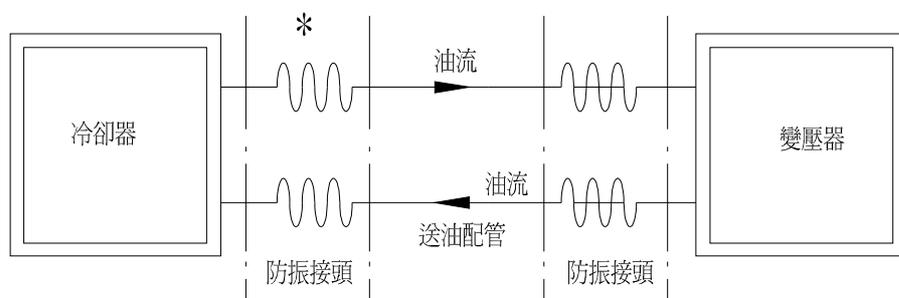
- ② 將變壓器本體基礎螺栓與本體底座（Base）隔離。



- ③ 將變壓器的二次側匯流排渠管（Duct）與變壓器本體切離。

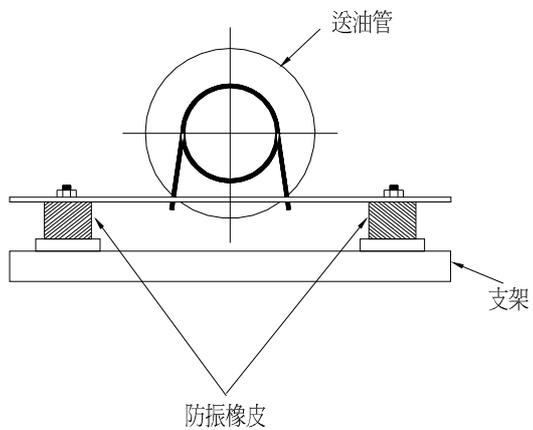


④ 於送油管設置膨脹接頭 (Expansion Joint)，得 (-9~-14db)

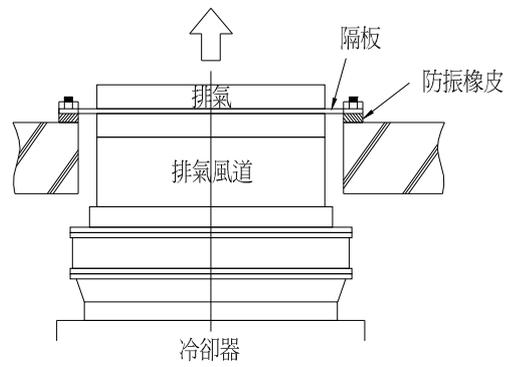


* 同室設置時只裝一處即可

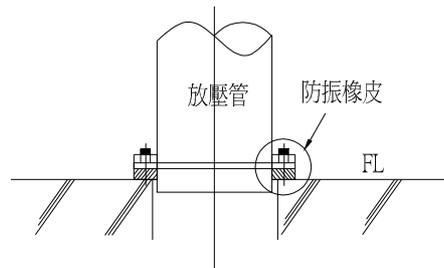
⑤ 於油管支架設置防振橡皮。



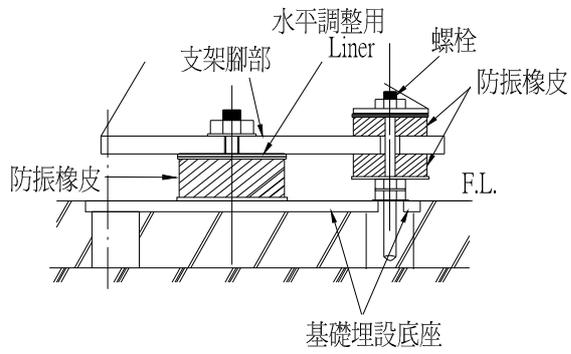
⑥ 以橡皮支持冷卻器排氣管，防振動。



⑦ 於變壓器放壓管與地板間裝設防振橡皮，支持防振動。



⑧ 於 GIS 本體支架的腳部裝設防振橡皮，支持防振動。



8.2.5.2 氣體絕緣開關設備的振動對策

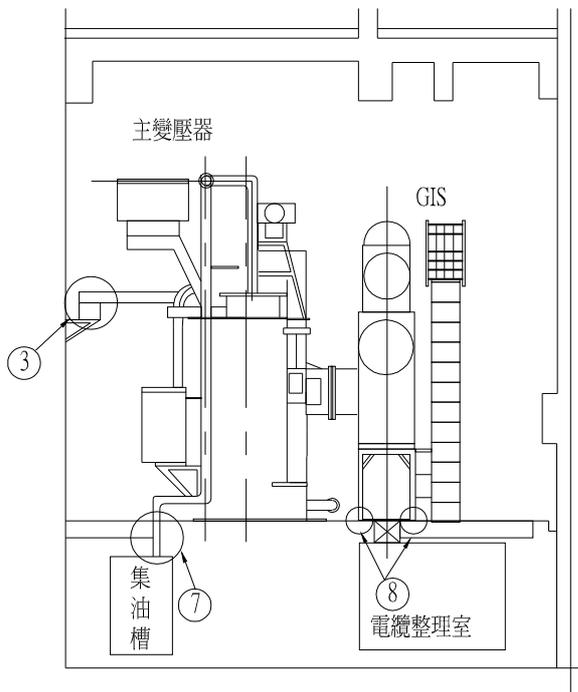


圖 8-5 變壓器 GIS 的振動對策實例

8.3 排風、排熱對策

8.3.1 屋內型變電所的排風、排熱對策

因變電機器設備及變電所內各室的冷卻及通風，需裝設風冷式或水冷式冷卻設備，故應使由冷卻器排出的風或熱，不影響及人或其他設施。

8.3.2 風冷式冷卻器應注意的事項

一般在變電設備全載運轉時其排氣溫度會相當高，故於人或車輛的通路、建築物的窗口或進出口、逃生樓梯（含鄰接建築物的）等近旁都不可設排氣口。

8.3.3 水冷式冷卻器應注意的事項

不可使冷卻塔的排氣、排熱影響及建築物的進氣口、窗或各項的機器設備。圖 8-6 及圖 8-7 表示排氣口設置的位置及冷卻塔的排熱應注意的情況。

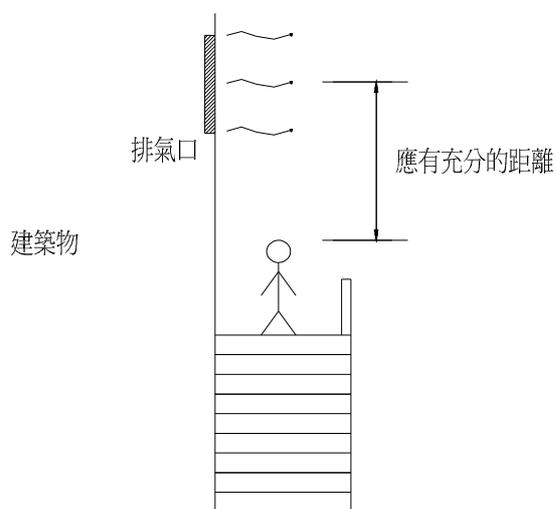


圖 8-6 排氣口設置位置

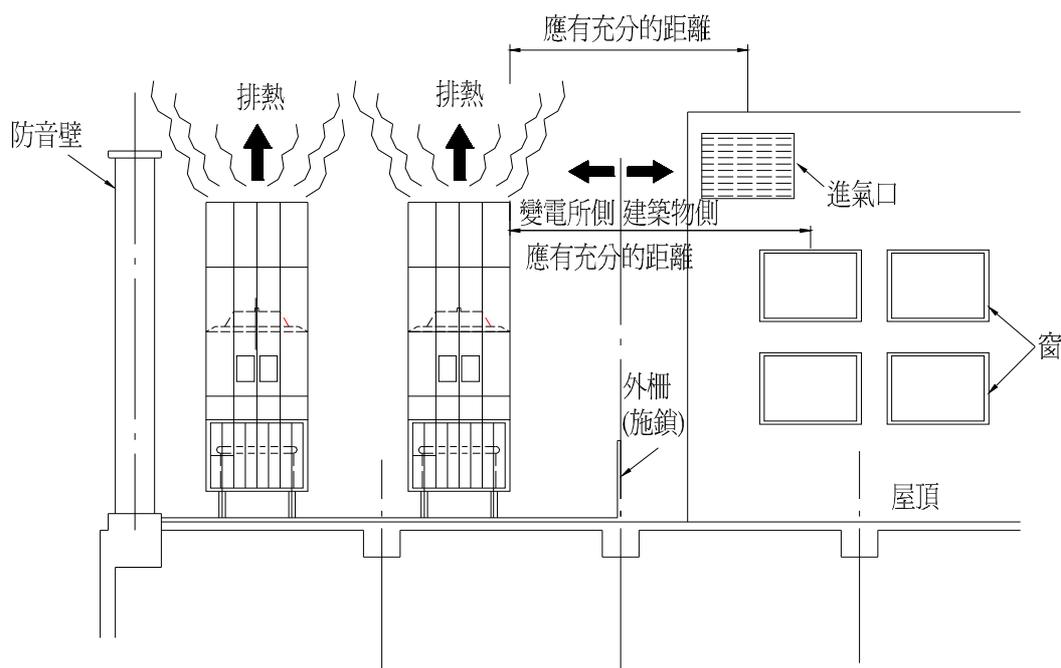


圖 8-7 冷卻塔的排熱

8.4 耐震設計

8.4.1 耐震設計的基本觀念

8.4.1.1 耐震基準

屋內型變電所的耐震設計，可分為建築物（包括機器設備基礎）、變電機器設備及建築物設備檢討其基準，故於設計變電所時應考量這些基準的條件。

- (1) 建築物：必須依據建築物設計的設計基準、法規。
- (2) 變電設備：必須依據各項機器有關的製造基準。
- (3) 建築物設備：於建築設計基準的法規內有規定有關建築物耐震設計方法，故建築物設備也應依據這些規定設計。

8.4.1.2 耐震程度

當耐震設計時必需擬訂耐震性能等級，一般採用如下的耐震目標。

- (1) 在中程度的地震時：建築物及設備完全未損壞。
- (2) 在大地震時：建築物雖可有若干損傷，但必確保人命保護及變電所最少限度的機能。

8.4.2 變電機器的耐震設計等級

變電機器的耐震設計等級，一般目標如下表：

設備名稱	設置樓層	耐震設計、設計地震力
主變壓器（不裝套管的 Elephant Type）	地上 1 樓以下	靜的設計手法。 靜的水平加速度 0.5G (台灣電力系統為0.33G 共振正弦 2波)
開關設備（GIS）	地上 1 樓以下	依共振法的動的設計法 水平加速度0.3G (台灣電力系統為0.33G) 共振正弦 3波 (共振正弦2波)
	地上 2 樓以上	應考慮建築物應答特性，作個案設計。
所內用電設備	地上 1 樓以下	靜的水平加速度 0.5G
	地上 2~3 樓	靜的水平加速度 1.0G
配電盤等	地上 3 樓以下	靜的水平加速度 1.5G
電力電纜 控制電纜 壓力配管等	任何樓層	不需要對本體的耐震設計。 但為了地震時不被切斷，應在設計、施工面特別注意。

備註：

1. 在屋內型變電所，重大的主變壓器都裝設於地上一樓以下而不裝於 2 樓以上。
2. 在一般變電所的耐震設計，對具備絕緣套管的機器或變壓器用套管作特別的檢討是極為重要的。然在屋內型變電所，變壓器都用電力電纜引接也採用 GIS, 故可以不另外檢討絕緣套管的耐震設計。
3. 所內用電設備及配電盤等若設置於地上 4 樓以上，應考慮建築物的震動增幅需作個別的檢討，但在屋內型變電所實際上很少有過這樣的情況。

8.4.3 屋內型變電所的機器設備的耐震對策

8.4.3.1 基本的觀念

建築物、機器及建築物設備等雖在其設計或製造過程中已各訂有耐震的基準，而在設計變電所的階段可視為已檢討過耐震，但將這些裝於屋內型變電所時則應需要再檢討其耐震對策。

屋內型變電所內的機器設備有... 變壓器、開關設備等主要機器及電力電纜、配管及各種支架等，其耐震對策則有關於安裝、裝配之方法，與建築構造物切離的基礎等。

裝於屋內型變電所的各项機器的基礎中，與建築物的樓板或樑等主要構造構體成為一體建造者，應依照建築物設計的設計基準由建築物構造設計人員施行設計，然與主要構造構體切離而設的基礎則應需個別的耐震設計。

茲將各項設備耐震設計的基本想法列舉如下：

(1) 機器的安裝、裝設

a. 不產生振動、噪音的機器類：

為防止其橫方向的移動或倒下，應以基礎螺栓等完全地固定於建築物構造體。

b. 需要防震動、噪音的機器的底座 (Base)：

應設置止滑件 (Stopper) 防止因防振、防音而加裝的材料所引起的過大的移動及滑落。

(2) 機器基礎

除主變壓器、並聯電抗器、開關設備等重量較大的設備以外，較小的機器或設備的基礎因與建築物的主要構造構體切離、故應施行個案設計。

(3) 配管

於重要的地點裝設伸縮接頭 (Flexible Joint) 或球體接頭，或考慮以環 (Loop) 狀配管吸收配管系統本身的震動。

(4) 支架

a. 配管的支架：

為防止震動以兩處吊裝的方法完全固定於建築物構造體。

b. 照明器具等支架：

為防止因振動而起的災害，原則上避免用鏈條 (Chain) 吊或用管子吊的裝法，應直接裝於天花板或牆壁的面。

(5) 基礎螺栓 (Anchor Bolt)

a. 應充分檢討基礎螺栓的長度、強度。用於安裝機器的基礎螺栓、防止滑動的止滑件及防止倒下的螺栓等，應確保「2 以上」的安全率。

b. 以 Hole-in Anchor 及 chemical Anchor 等固定機器時，應充分檢討固定機器的場所、施工的方法及 Anchor (錨) 的強度。

8.5 所內佈置

變電所的大門、圍牆、整地鋪裝、停車場及所內植生綠化等所內佈置，應和臨接的道路、變電所建築物，機能的相關聯且意匠的須與周邊環境調和，各項都需充分地檢討後反映於設計。

8.5.1 所內佈置

所內佈置應就下列項目充分地檢討各項器材的搬入及環境調和等，反映於設計。

8.5.1.1 門及圍牆

門及圍牆的種類、形狀、大小尺寸應充分地檢討周邊景觀、經濟性、設備的保安及運轉維護之需求而訂定。

(1) 門應區分為正門、機器搬入門 (依用地情況可和正門合而為一) 及小

門，配合圍牆設計。

- (2) 門的位置應考量面臨有適當寬度及交通量的公路，選搬運器材的車輛能容易地出入的地方。同時也需檢討配合擴充工程等將來計劃。
- (3) 門的大小應充分檢討面臨的公路寬度、進口處的傾斜度及進出的車輛等決定。
- (4) 大門可用電動操作的電動大門，電動大門須具備遙控裝置。小門可用由控制室控制的電鎖。
- (5) 門柱的構造原則上採用鐵筋混凝土，門扇的構造原則上採防銹處理的鋼製。但配合環境需要時應個案檢討決定。
- (6) 圍牆是否需要應充分檢討周邊景觀，配合設計。如採透空式構造應為防銹處理的全屬材質者。

8.5.1.2 所內的整地鋪裝

所內的整地鋪裝，應考量經濟性、將來維護、和周邊環境的調和及重大機器設備的搬入等，充分檢討後決定。

8.5.2. 停車場

原則上，停車場應準據地方政府的停車場法規條例設施，但實際上，變電所依其基地面積比例停車的需求少，故應和有關單位充分協商經准後，決定停車的車輛數、面積及位置。

8.5.2.1 需要的停車台數

應考慮營運後之維護工作及擴充工程等的需要確保必需的停車台數。

8.5.2.2 停車場的位置

停車場的位置應檢討下列因素決定：

- (1) 依據建築有關法規條例，考慮臨接的道路交通情況，選能容易且安全地進出變電所的位置。
- (2) 儘可能靠近變電所的穿堂（玄關）。
- (3) 選不防礙機器搬入搬出的位置。

8.5.3 綠化

8.5.3.1 為給公眾安全感、環境美觀、提高公司的信譽和配合地方有關的規定，應選定適當的樹花做植生綠化。

8.5.3.2 綠覆面積須詳細計算，並須符合地方政府的相關規定。