**第二十章 自備緊急電源**

壹、柴油發電機

柴油發電機是廠內最重要的交流電源，它提供反應器緊急冷卻系統所需的後備電源。當電廠突然發生全黑時，唯一可以在10秒內提供緊急交流電力的就是柴油發電機。柴油發電機每部機共三台，分成DIV I、DIVⅡ及DIVⅢ。DIVⅠ及DIVⅡ被稱作備用柴油發電機，DIVⅢ則被稱作HPCS柴油發電機。當上述緊要匯流排停電時，相對應的柴油發電機立刻自動起動，並在10秒內達到額定轉速及電壓並自動送上其斷路器以供應匯流排的電源。當反應爐發生爐水流失事故時，該機組的三部柴油發電機同時自動起動，在10秒內達到額定轉速及電壓，保持備用狀態。本廠現已增設第五台柴油機，可機動支援#1/#2 DIV I/DIVⅡ。

每一部柴油發電機各有一個日用槽及儲存槽之獨立燃油供應系統。供LOCA發生後柴油機運轉於最大負載需求時用。

柴油發電機及所屬斷路器之直流控制電流，均由特殊安全設施第一區、第二區及第三區之相關直流系統所供給。

**一、核能法規對柴油發電機性能之規定**

依USNRC Regulatory Guide 1.9 Rev.3的規定，柴油發電機之性能須符合下列規定：

1.需能夠依規定加載時序將相關之安全有關及緊急停機設備起動並加速至額定轉速。

2.依規定加載時序加載時，電壓/頻率不得低於公稱值的75％/ 95％；但對於僅有單一大負載之DG，加載時電壓與頻率可容許較大幅度之變動。

3.每次加載後，在加載間隔時間的60％時間以內，電壓及頻率之偏差須分別恢復至其公稱值的10％及2％以內。

4.依序加載後失去一個最大單一負載，其轉速高於公稱轉速部分不得超出超速跳脫設定轉速(或公稱轉速之115％，取其中較小者)與公稱轉速兩者之差的75％，且需在加載間隔時間的80％時間以內恢復至2％以內。

5.滿載卸載時，不能因超速而跳脫。

貳、備用柴油發電機引擎之基本構造及其附屬系統：

備用柴油發電機之引擎是八缸並列式。引擎之飛輪上方有一個BarringDevice，該裝置是以氣動方式推動活塞，活塞則推動飛輪，使引擎可以小角度轉動，以供引擎維護調整之用。引擎工作的基本原理，每一作功週期分成進氣(空氣)，壓縮，爆炸，排氣四個衝程。為了增加進氣量，

利用引擎排氣之壓力推動渦輪增壓器用以加壓自進氣管吸入之空

氣，再以中間冷卻器將受壓縮而發熱的空氣冷卻，以提高空氣密

度，進而提高在進氣衝程的進氣量而達到提高引擎出力與效率的目

的。

**一、引擎各附屬系統簡介如下：**

**(一)潤滑油系統**

1.潤滑油系統之油源來自一長方體型的潤滑油槽，潤滑油經一濾網後，靠引擎驅動的齒輪式潤滑油泵打出，經溫度控制閥之控制(依溫度之高低)，使潤滑油流經潤滑油冷卻器，或旁通潤滑油冷卻器而直接流入雙組全流量之過濾器，再經雙組濾網至引擎潤滑油集管。回流之潤滑油靠本身重力由引擎底部直接流回潤滑油槽。潤滑油由集管經由各分歧管對引擎的活動的機件，提供潤滑與冷卻。

2.壓力調節閥裝置於潤滑油泵出口，以潤滑油集管的壓力信號，來調節油泵出口的旁通油量(即直接流回潤滑油槽的油量)，以保持集管的潤滑油壓力於設定值。除了調節集管壓力之作用外，若於低潤滑油溫度下起動油泵時，產生過高的壓力，或因集管至壓力調節閥間堵塞(或中斷)引起的過高壓力，也由壓力調節閥來調節。

3.另有一台輔助潤滑油泵，與引擎驅動的潤滑油泵並排安裝，引擎驅動的油泵故障時，即靠此輔助潤滑油泵維持潤滑油之循環。

4.柴油發電機待機時，靠潤滑油槽之電熱器，升高潤滑油油溫，並經前後潤滑油泵經預潤滑油過濾器後，進入引擎潤滑油集管，分流至引擎內部各主要機件，使機件保持在"溫暖"與"潤滑"的情況下，適合於緊急快速起動。

**(二)護套水系統**

1.護套水系統除了在引擎運轉中提供冷卻作用外，引擎於待機時，尚可維持引擎在"暖機"的狀態，以利引擎緊急起動運轉。

2.來自立管的淡水，經引擎驅動的護套水泵，藉溫度控制閥之控制，流經護套冷卻器，或旁通護套水冷卻器而直接流入潤滑油冷卻器，然後進入引擎。流經護套後之冷卻水直接流回立管。另有一台備用護套水泵與引擎驅動的護套水泵並排安裝。當引擎處於待機狀態時，靠護套水加熱器循環泵將來自護套水加熱器的熱水，泵經潤滑油冷卻器、中間冷卻器及引擎，然後流回立管。

3.護套水冷卻器利用海水冷卻，海水來自緊急循環水系統。

4.中間冷卻器裝置在渦輪機增壓器空氣出口與引擎燃燒室空氣入口之間。以護套水作為冷卻媒介，降低進入引擎燃燒室的空氣溫度，藉以提高空氣之密度，增加進入引擎燃燒室的氧氣量。

**(三)燃油系統**

1.燃油系統包括下列設備：

1. 一組燃油濾網。
2. 一台引擎驅動的燃油加壓泵。
3. 一雙組吸收型過濾器。
4. 燃油供給集管及回油管路。
5. 一只壓力調節閥。
6. 每一氣缸所屬的燃油噴射泵及噴嘴。
7. 洩油及滴油管路。

2.燃油來自燃油日用槽，經燃油濾網後，靠引擎驅動的燃油加壓泵送至燃油集管，再由各燃油噴射泵，送燃油至各氣缸。另有一台直流馬達帶動的燃油加壓泵與引擎驅動燃油加壓泵並排安裝，作為引擎驅動燃油加壓泵故障時之備用。有關的燃油回流管路均回日用槽，另有廢油回收泵，將廢油槽內的廢油送回日用槽。

**(四)渦輪增壓器**

1.渦輪增壓器係由同軸的單級氣渦輪及單級離心式風扇所組成，利用引擎氣缸排出之部分廢熱，以驅動氣渦輪之輪葉，藉以帶動同轉軸上的風扇，以吸入空氣並加壓後，供給引擎燃燒所需的空氣。

2.渦輪機增壓器裝置的目的係用來將空氣加壓，並作為引擎排氣之用。渦輪增壓器所提供的壓縮空氣有二個用途，其一為驅除排氣行程後殘存在氣缸燃燒室內的廢氣，並充入較冷的新鮮空氣，其二為在氣缸完成進氣行程時，使燃燒室內充滿高密度的壓縮空氣，與適量的燃油混合燃燒後，才能發生巨大的出力。

**(五)空氣起動系統**

1.柴油引擎賴壓縮空氣以起動，壓縮空氣來自二台空氣壓縮機，一台為交流馬達驅動，另一台為柴油引擎驅動。空氣壓縮機出口的壓縮空氣，經空氣冷卻器冷卻及空氣乾燥器乾燥後，儲存於空氣儲存槽。在儲存槽通至引擎二端的起動空氣集管之管路上，各裝置有一只電磁閥，起動引擎的信號開啟此二只電磁閥，壓縮空氣經一止回閥進入空氣起動集管，以起動引擎。兩台空氣壓縮機之壓縮空氣管路，於進入儲氣槽前設有一連通閥，使四只儲氣槽連通。交流馬達驅動之空氣壓縮機之起動選擇開關平時置於"自動 "位置，柴油引擎驅動空氣壓縮機之起動控制開關平時置於"手動"位置。即由交流馬達驅動之空氣縮壓機承擔供氣任務，而柴油引擎驅動空氣壓縮機僅作為備用。

2.在空氣起動集管內，壓縮空氣再進入二只起動空氣分配器，藉分配器之時序導引信號，使引擎氣缸上空氣閥依照時序開啟，起動空氣在爆發衝程進入氣缸的燃燒室，讓曲軸產生足夠的力矩，使引擎加速。只要任一端的起動空氣集管有壓縮空氣供給，柴油引擎即能順利起動。每台備用柴油發電機均具備二組引擎起動電路，只要任一組起動電路發生作用，即能成功地起動柴油引擎。

**(六)進排氣系統及曲軸箱抽氣系統**

1.進氣系統之進氣由空氣濾清器吸入空氣，經進氣消音器後接入引擎之渦輪增壓器加壓，再經中間冷卻器冷卻後進入引擎各汽缸。

2.各汽缸之排氣經排氣集管後進入渦輪增壓器之渦輪機後經排氣消音器排入大氣。

3.為防止曲軸箱內累積太多油氣，安裝一台電動之曲軸箱真空扇，在引擎運轉中將曲軸箱內之油氣抽出，使曲軸箱隨時保持輕微負壓。

**參、HPCS柴油發電機引擎之構造及其附屬系統**

HPCS柴油發電機引擎有十六個氣缸。發電機係雙軸承獨立式。

**一、HPCS柴油發電機各附屬系統簡介如下：**

**(一)潤滑油系統**

1. 柴油引擎之潤滑油系統，當柴油引擎運轉中，潤滑油靠排油泵從油槽中抽出，再經主潤滑油過濾器、潤滑油冷卻器，再進入主潤滑油濾網。供給潤滑油至軸承、齒輪及渦輪增壓器。

2.潤滑油系統有下列監測設備：

（1）溫度指示計

（2）溫度開關

（3）壓力指示計

（4）壓力開關

**(二)冷卻水系統**

擎冷卻水系統，包括二台引擎驅動的離心式水泵，兩台離心式水泵安裝在附屬驅動室裡，並由引擎驅動齒輪所驅動。引擎冷卻水亦流經後冷卻器，後冷卻器安裝於渦輪增壓器空氣出口道上，以冷卻尚未進入引擎空氣箱的燃燒用空氣。

**(三)燃油系統**

引擎之燃油系統共有兩路，各有進口濾網、油泵及過濾器。燃油自日用槽經進口濾網進入引擎驅動油泵或直流馬達驅動油泵，再經過雙組過濾器後，進入注油器的濾網。

**(四)渦輪增壓器**

裝置渦輪增壓器之目的，在於有效提供引擎燃燒與排氣所需的空氣。當引擎起動，低負載運轉時，利用引擎所排出的廢熱及引擎帶動凸輪轉軸齒輪組，驅動渦輪增壓器的渦輪輪葉。渦輪即繼續靠廢熱來帶動離心式的風扇轉動，供給引擎燃燒用空氣。

**(五)空氣起動系統**

空氣起動系統，包括有二台空氣壓縮機(一台為馬達驅動，另一台由柴油引擎驅動)、一組空氣乾燥器及二個空氣儲存槽。

**肆、備用柴油發電機之控制及保護**

**一、引擎上之保護裝置**

1.Barring Device

利用氣體壓力帶動之裝置，可將引擎一次轉動一個小角度，以便作各種調整。

2.Sensor

各種溫度、壓力等感測器，當溫度或壓力等超過設定點時相對應之閥打開，將銅管內之空氣洩掉而引動控制盤之保護邏輯。

3.Vibration Lockout

Vibration Trip與High Crankcase Pressure Trip之Sensor多一個閉鎖功能，引擎起動之頭60秒內暫時閉鎖，使引擎不致因起動時之高振動而跳脫。

4.Barring Device Interlock

此裝置之目的：當Barring Device之安全栓被拔出時表示該裝置可能使用，引擎必需停止，以防止人員或設備受到傷害。

5.Barring Device Lockout

當引擎在Operation Mode時，使Barring Device之安全栓拔不出來。此裝置之功能：當引擎在Operation Mode時，以免DG運轉中誤跳脫。

6.Governor Booster

當引擎起動時，利用起動空氣推動Booster之活塞，瞬間建立Governor油壓，使引擎能快速起動。

7.超速保護

**二、氣動邏輯**

1. Operation/Maintenance模式切換

自動跳脫

a.GroupⅠ：

b.GroupⅡ：

c.電氣信號STOP：

d.Shutdown Signal自動復歸：

e.LOCA

**三、起動電路**

1.起動電路共有二套，A或B任一套動作即可起動DG。

2.引擎轉動

柴油發電機在維護位置，按下引擎轉動，引擎只會轉動，不會加速；此一功能專供起動前沖淨之用。

3.正常起動

（1）柴油發電機在運轉位置，可接受下列正常起動信號：

a.負載時序器送來之起動信號，

 b.匯流排低電壓信號，

c.在現場位置時拉啟動鈕

d.在遙控位置時扳啟動開關

**四、電氣保護邏輯**

1.正常停機或保護電驛動作跳脫

2. 柴油發電機緊急停止

**五、引擎的保護信號**

引擎之跳脫信號除超速跳脫外可分成二群：

1.GroupⅠ﹕

2.GroupⅡ﹕

3.超速跳脫

以上保護在LOCA時除超速跳脫外均被閉鎖。

**六、發電機的保護信號**

1. 差動電驛
2. 負相序電驛
3. 失磁電驛
4. 定子線圈接地電驛
5. 逆向功率電驛
6. 過電流且低電壓電驛

伍、HPCS柴油發電機之控制及保護邏輯

**一、引擎控制**

HPCS柴油發電機的控制係採用電氣控制，電氣控制由於沒有如氣動控制易發生漏氣的問題，故可靠性較高。

**三、引擎保護**

1.低潤滑油壓

2.高冷卻水溫

3.超速

4.起動失敗

**四、發電機保護**

1.差動電驛

2.失磁電驛

3.逆向功率電驛

4.過電流且低電壓

陸、柴油發電機調速器

**一、 調速器/驅動器**

調速器實際上分為三大部分，即機械調速器，電氣調速器及動力放大器，調速器之驅動軸由引擎所帶動，以推動內部油泵而建立控制油壓，此軸同時作為機械調速器感測引擎轉速之用。

**二、機械調速器**

利用驅動軸帶動以調整引擎進油量，使引擎維持在設定之速率下運轉。

**三、電氣調速器**

正常時電氣調速器之設定為 100%，故轉速均由電氣調速器控制；機械調速器因係作為後備用，故其設定點必須稍高，以免兩者爭奪引擎控制權。

**四、動力放大器**

動力放大器之作用為將來自電氣調速器或機械調速器之控制信號加以放大後輸出，以調整引擎之進油量。

1. **轉速感測器：**
2. 在發電機末端裝設一只齒輪及一只轉速感測器，其感應電壓之

 頻率與轉速(頻率)成正比，以供轉速回授之用。

 2.負載感測器

 將比壓器和比流器送來的發電機電壓、電流信號轉換成負載信

 號，以供負載回授之用。

（1）Isochronous Mode：

1. 無論負載如何變化，轉速(頻率)均維持於原設定值不變；但仍可經由變更轉速設定點而調整轉速之高低。
2. 在此Mode下，調速器之放大器只接受兩種信號：

⮚轉速設定信號

⮚轉速回授信號

1. Isochronous Mode柴油發電機絕不可與系統併聯運轉，否則不是 逆功率就是超載跳脫。

（2）Droop Mode：

1. 在 Droop Mode時，柴油發電機之頻率(轉速)隨負載之增加而降低。
2. Droop Mode一般於柴油發電機與系統併聯運轉時使用。
3. 就電路上言Droop Mode時放大器接受三個信號：

⮚轉速設定信號

⮚轉速回授信號

⮚負載回授信號

柒、柴油發電機靜態勵磁機及電壓調整器

柴油發電機之勵磁方式係採用靜態勵磁系統

**一、靜態勵磁系統**

1. 靜態勵磁系統包括：
2. 勵磁變壓器
3. 線性電抗器
4. 電流電壓變壓器
5. 比壓器
6. 比流器
7. 電力整流器
8. 自動電壓調整器等所組成。

**二、自動電壓調整器**

1. 自動電壓調整器主要是由：
2. PT
3. CT
4. 電壓設定電阻器
5. 回授(穩定)電路
6. 差值放大器
7. 同步及激發電路
8. 電力整流器等所組成。

**三、備用柴油發電機與HPCS柴油發電機電壓調整器的比較**

* 1. 備用柴油發電機與HPCS柴油發電機的電壓調整器類似，但有以下二大不同處：

（1）HPCS柴油發電機僅有一組 電力整流器，而備用柴油發電機有二組，不可在運轉中切換，其切換開關在現場控盤內。

（2）HPCS柴油發電機的兩組自動電壓調整器，只能夠在現場手動切換，而備用柴油發電機則可在現場與主控室手動切換。

捌、加載時序器

一、加載時序器的主要功用是當機組遇到緊急狀況時自動將緊急負載依序逐一起動，以免一群負載同時起動時造成：

1. 匯流排壓降太大，或
2. 柴油發電機之電壓或頻率瞬間低於規定限值。

二、目前本廠僅備用柴油發電機配備加載時序器。

三、 HPCS柴油發電機未裝置加載時序器。

四、 5th DG則使用其所替代DG的加載時序器。

五、二種偵測模式：

1.System Mode：

1. 與真正LOCA或U/V相似，可測試所有的輸入、輸出及加載時序器內部電路。
2. 可選擇輸出部分或全部STEP信號。

2.Sequencer Mode：

1. 以測試加載時序器內部電路為主，不能輸出STEP信號。

玖、與柴油發電機相關的運轉規範簡介

一、交流電源

機組在功率運轉，起動及熱停機期間至少要有下列交流電源可用：

1. 兩個獨立的廠外電源
2. DIV I/DIVⅡ二台分離且獨立的柴油機與第五台柴油機，加上分離且獨立的HPCS柴油發電機，每台包括:

(1)分別的日用槽，

 (2)各別的儲油系統，

(3)各別的輸油泵。

拾、第五台柴油發電機

**一、概述：**

1. 第五台柴油機之用途，在於取代一、二號機DIV Ⅰ，DIV Ⅱ柴油機，提供緊急電源至一、二號機ESF BUS，以提高ESF緊急供電可靠性，避免DIV Ⅰ，Ⅱ柴油機故障或隔離檢修時受限於運轉規範要求，導致機組無謂的停機。
2. 一、二號機 DIV Ⅰ，Ⅱ 柴油機功能正常時，第五台柴油機置於備用狀態，且與ESF緊急電源隔離，遇任一DIV Ⅰ，Ⅱ 柴油機故障或計劃性檢修時，將現有之故障柴油機與ESF電力系統隔離，然後再將第五台柴油機與ESF電力系統連結以取代該區之柴油機，此時第五台柴油完全取代該區柴油機之運轉供電功能，被視同該區柴油機。

拾壹、總結

一、柴油發電機有備用柴油發電機，第五台柴油機與HPCS柴油發電機三種。

二、備用與HPCS D/G兩者的勵磁系統和調速器均極類似，但在引擎控制與保護、起動方式、停機時油門關斷方法、發電機構造、電氣跳脫後的復歸方法，和自動加載方面均有顯著差異。

三、此外，備用柴油發電機有二組 電力整流器，此點與HPCS柴油發電機不同。