

核能電廠防範海水進口被雜物堵塞之安全管制

核能管制處

九十年九月六日

一、背景說明

大多數之核能電廠建造於海邊，其主要原因是利用取之不盡、用之不竭的海水，來冷卻吸收核能電廠所排除之廢熱；這些被海水冷卻之設備約略可分成三類，分別為第一類：發電設備，例如汽輪機排出蒸氣之冷卻；第二類：發電輔助設備或與核能電廠安全不相關之設備，例如汽機廠房設備冷卻或一般空調系統之排熱冷卻；第三類：與核能電廠安全相關之設備，例如緊急柴油發電機之冷卻水熱交換器。若以安全分類，第一類及第二類為「發電相關但與安全無關」之設備，第三類為「安全相關」設備。

國內各核能電廠之冷卻海水水源，均分成兩個進水口。核一、二廠之設計，係安排發電相關但與安全無關設備之冷卻海水，使用一個進水口，稱之為「循環水系統」，進水口處之設施統稱為「海水泵室」；安全相關設備之冷卻海水，則單獨使用另一個進水口，核一稱之為「緊急海水系統」，核二稱之為「緊急循環水系統」，如圖一之說明。而核三廠之設計則略有差異，將發電設備之冷卻海水，單獨使用一個進水口，系統、設施名稱與核一、二廠相同；第二類及第三類設備之冷卻海水，共同使用另一個進水口，稱之為「廠用海水系統」，當發生事

故時，第二類之設備會被隔離，此時海水進口僅供應第三類之安全相關設備，如圖二說明。在此兩個海水進口處，海水泵室設有攔污柵、刺網、細網等過濾雜物設施；安全相關海水之進口處也有攔污柵設施，以防止異物堵塞。

歷年來各核能電廠之海水進口，所發生的堵塞事故分述如下：核二廠在民國 89 年 10 月 31 日象神颱風其間，因大量海草及雜物堵塞海水泵室入口（如圖三、圖四）；民國 86 年 2 月 19 日因大量小魚及蚶湧入，造成海水泵室入口堵塞；民國 87 年 4 月 25 日 1 號機及民國 83 年 10 月 11 日 2 號機，同樣因海草及雜物堵塞海水泵室入口。相較於核二廠，核一廠也發生兩次類似事件，於民國 74 年 8 月 23 日之 1 號機及民國 85 年 9 月 21 日之 2 號機，發生雜物堵塞海水泵室入口。而最近的桃芝颱風（民國 90 年 7 月 30 日）侵襲本島，在花蓮地區沖刷大量之樹木及雜物入海，數日之後（民國 90 年 8 月 6 日），這些沖刷物回流至金山及萬里海域，造成核一、二廠之海水泵室入口均受影響。至於核三廠，由於海域水流及生態較佳，而從未曾發生過類似事件。

二、造成影響

每當海水進口發生堵塞事故時，其相關之海水水泵，因吸入海水之水量不足，造成水泵出口之海水流量降低，無法提供設備足夠之冷

卻；對於前述之兩個不同之進水口，若發生堵塞現象時，其影響分別闡述如後。

(一)「海水泵室」進口堵塞之影響

由於海水泵室主要係提供發電相關設備之冷卻，當冷卻不足時，必須手動緊急降載(降低發電量)，以減少對海水之水量需求，若仍然無法平衡，則可能發生自動跳脫或必須手動緊急跳脫汽機/發電機及急停反應爐事件。國內各核能電廠歷次之堵塞事件，所產生之影響均屬此類。

(二)「安全相關海水」進口堵塞之影響

安全相關之海水系統被嚴格要求設計為：即使在惡劣環境下(例如海嘯、地震)，仍能夠提供足夠之冷卻海水至反應爐安全停機必要運轉之各個設備。如果喪失該系統且又發生事故，使得安全停機之必要設備無法正常運作，核能電廠就會有安全上之顧慮，但是其影響並不是立即效應；核能電廠在事故救援的設計上，可約略分成初期(或稱早期)及長期兩個階段，事故初期核一、二廠只要爐心燃料被水淹蓋，核三廠只要維持冷卻爐心之蒸氣產生器於正常水位或爐心燃料被水淹蓋，就能保證爐心暫時不會熔損，因此，各廠只需要緊急補水系統正常運轉，初期救援即可成功，而這些補水系統有的是以電來驅動、

有的則是蒸氣驅動(不需海水系統冷卻),其中電驅動部份,假如發生的是喪失外電事故,三座核電廠緊急供電設備均有緊急柴油發電機(需海水系統冷卻)及第五台柴油發電機(氣冷式,不需海水系統冷卻),所以,事故初期,即使海水系統故障,尚不至於影響安全;至於事故之長期救援,係執行爐心降溫降壓,將機組帶至冷爐之安全狀態,則必須海水系統之冷卻方能達成。

海水進水口之堵塞問題,有可能會造成安全相關海水系統之功能喪失,惟就目前國內三座核能電廠之設計,堵塞造成該系統功能喪失之機會不大。在核三廠部份,廠用海水水泵之進水口池,約低於海平面 10 英尺,即使進水口堵塞,仍具有足夠之海水水源;在核一、二廠部份,海水泵室提供海水冷卻設備之後,再經由排水渠道排出大海,而兩個電廠安全相關海水之進水口,即位於海水泵室排水渠道之大海出口處,此處由於水流方向及外有防波堤可以阻隔雜物,再加上相關海水水泵可取水口之範圍大,最低點又低於海平面,因此,不易造成堵塞;但鑑於類似桃芝颱風聚集大量飄流物的情形,為保守起見,原能會仍要求核一、二廠作進一步之改善評估。

三、核一廠因應措施

自從象神颱風之後,有鑑於颱風期間,常常發生大量垃圾及雜物

堵塞海水之進水口，為防範導致安全上之問題，急需立即處理，台電公司提出「颱風期間，預先召進值班人員及彈性運用機動班等措施，以緊急處理堵塞問題」，核一廠已將此項措施加入程序書中，付諸實行。

另有鑑於核三廠 318 事件之發生，核一、二廠亦進一步檢討喪失外電事故之預防及處理，其中颱風是造成喪失外電的原因之一，如果一併發生安全相關海水進口堵塞的狀況，勢必造成安全上之問題；核一廠正評估其可能性及研擬發生後之因應措施。

四、核二廠因應措施

核二廠之海域水流環境不佳，是該廠海水進口堵塞之主要原因，因此，核二廠除了執行上述和核一廠同樣的兩項因應措施之外，並針對海水泵室，訂出短中長期改善方案：短期是將歷年來之經驗，回饋運轉及維護人員，以增進堵塞問題之應變能力。中期是從設計上去增進攔污柵之過濾功能。長期則是研究改善外防波堤，以期改變水流方向，使異物無法進入海水泵室。

五、核三廠因應措施

相較於核一、二廠，核三廠之水流及生態環境，算是得天獨厚的了，雖然如此，核三廠仍處於颱風頻繁區域，因此，颱風期間之預召

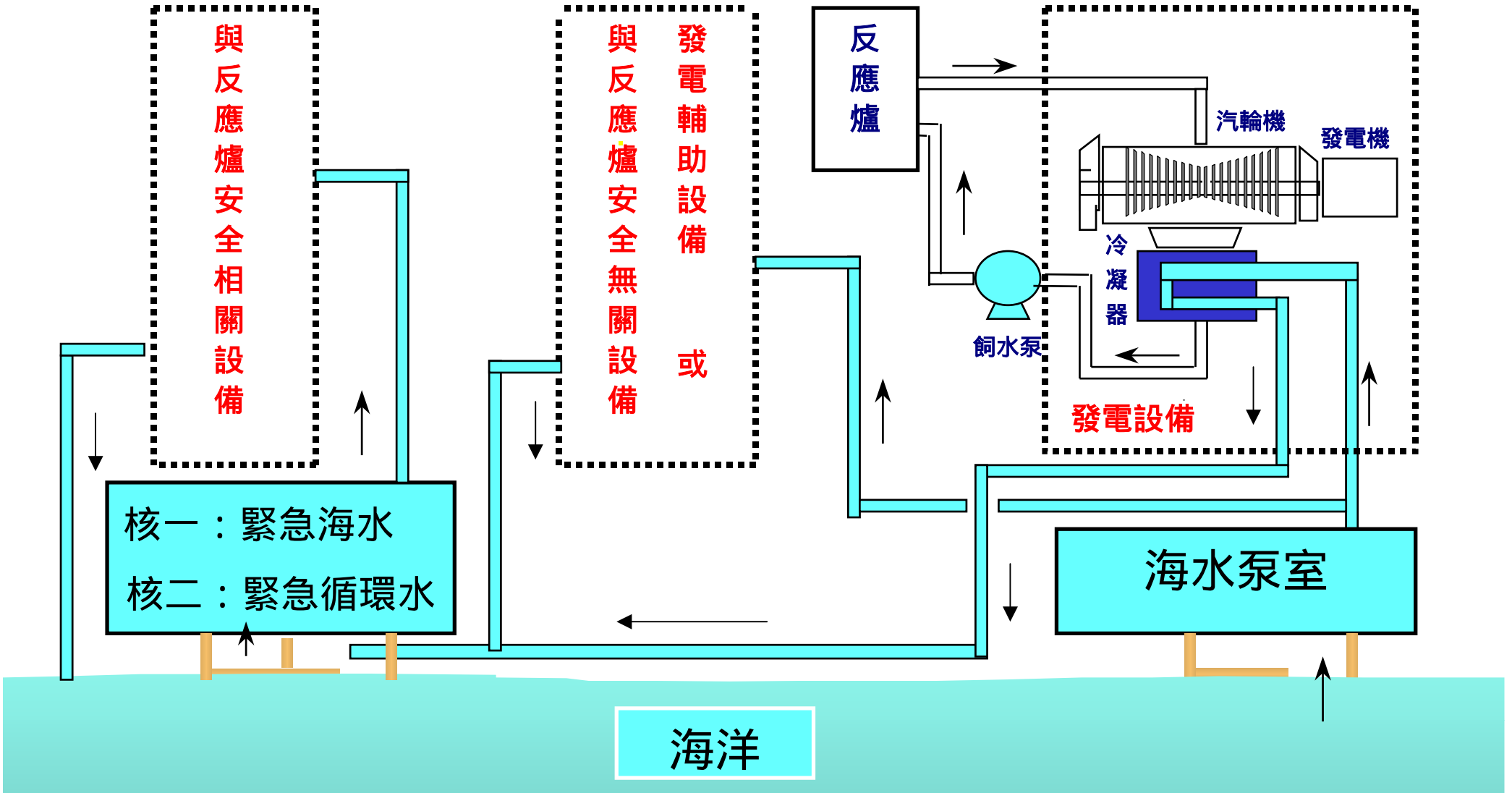
及機動調度留守人力等措施，核三廠已將之列入程序書中執行，以增進緊急處理之應變能力。

六、原能會之安全管制

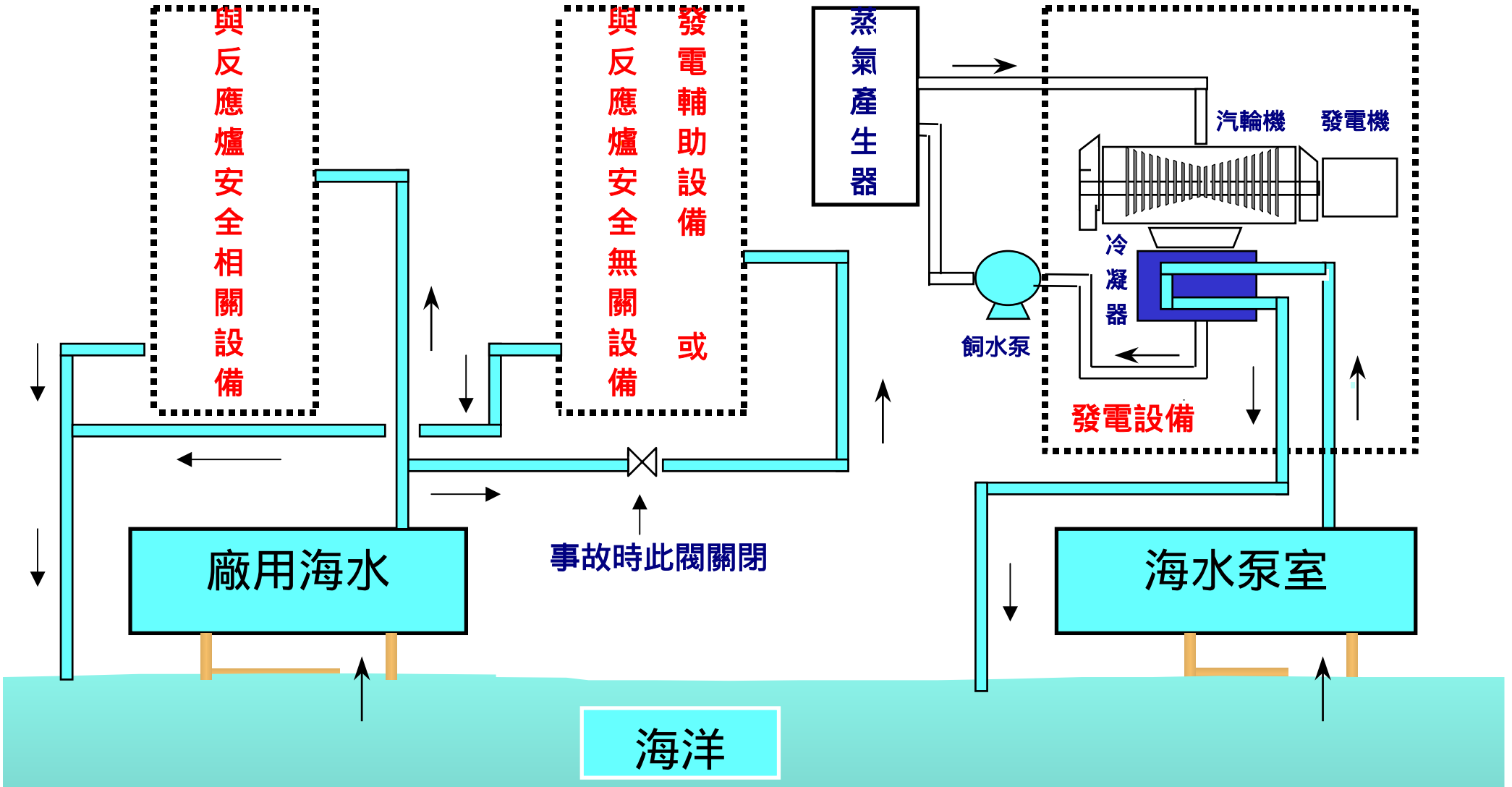
在現行安全管制措施中，將颱風及海水進口堵塞分成兩個不同之管制項目。颱風安全管制措施係依據運轉規範之「颱風期間運轉方案」，核能電廠在有颱風來臨時，必須按風速大小，事先降載或停機；目前規定，在平均風速達十級風(核三廠為九級風)時，機組必須降載至 30%以下，平均風速達十三級風時，必須降載至 20%以下，當平均風速達十六級風時，機組均需停機，此項亦可以當作是萬一發生海水進口堵塞事前之防範措施。在海水進口堵塞之安全管制措施部份，對於兩個不同之海水進口，其所受到之重視程度是不一樣的；「海水泵室」部份，在運轉規範中並無規定；而「安全相關海水」部份，進口堵塞會造成安全相關海水系統全部不可用，依據現行的運轉規範之規定，必須在一定期限（核一、二廠是 12 小時、核三廠是 6 小時）內恢復，否則必須手動停機，預先將機組帶入安全狀態；而為了確認安全相關海水進水口是處於「正常可用狀態」，運轉規範中規定每月定期對於海水流經管路、海平面高度進行確認。

經歷數次大颱風之侵襲，雖然只是偶爾造成「海水泵室」進水口之堵塞，然而為防範「安全相關海水」之進水口發生類似的情形，原

能會依據各核能電廠針對堵塞問題所需重視之程度(核二廠較高、核一廠次之、核三廠輕微),就各廠分別提出安全管制追蹤案。目前已完成之追蹤案為「核一、二、三廠颱風期間預先召進值班人員及彈性運用機動班等措施」,各廠是以修訂程序書方式處理,以增進海水進口堵塞之應變能力。正在進行的追蹤案有「核一、二廠就喪失廠外電源並同時發生喪失緊要系統最終熱沉(安全相關海水系統)的情況,評估其可能性及因應措施」,此案係颱風期間所造成最壞狀況(喪失廠外電源加上海水進口堵塞)之安全防範及處理評估。此外,另針對核二廠海水泵室相關之短、中、長期改善案之成效,也進行長期之追蹤檢討。



圖一、核一/二廠(沸水式)海水冷卻系統示意圖



圖二、核三廠(壓水式)海水冷卻系統示意圖



圖三、核二廠海水進水口清理垃圾及海草情形



圖四、核二廠海水泵室清理迴轉攔污柵情形