

「核一廠控制室包封適居性方案」
安全審查報告

行政院原子能委員會核能管制處

中華民國 109 年 7 月 15 日

目錄

摘 要	2
第一章 定義控制室包封與控制室包封邊界	5
第二章 CRE 邊界完整性控制	7
第三章 設計控制	8
第四章 維護控制	9
第五章 安全分析控制	11
第六章 有害化學物質評估	12
第七章 煙霧控制	13
第八章 CRE 示蹤氣體內漏率測試	14
第九章 建立 CRE 空氣漏入之量化限值	16
第十章 CRE 差壓測試	17
第十一章 CRE 適居性評估	19
第十二章 CRE 適居性評估結果不符合要求之處理	21
第十三章 訓練	22
第十四章 審查總結	23

摘 要

國內核電廠主控制室設計，除提供空調以維持適當之操作環境，並需依法規規定，於事故時能提供過濾與氣密性，例如以維持控制室適當正壓方式，抑低事故時進入控制室之放射性物質量，俾使控制室內操作人員於發生事故時所接受之輻射劑量低於法規限值要求及免於有害化學物質危害。各核電廠並需依運轉技術規範定期執行正壓測試，以確認其氣密性符合要求，目前測試結果均能符合要求。

由國外經驗顯示，控制室包封邊界(Control Room Envelope, 簡稱 CRE)可能因邊界設備組件密封不良內漏，而有未經過濾之空氣進入控制室，致無法維持適當氣密。原能會遂要求台電公司參考國外經驗，研訂建立控制室包封適居性方案，訂定控制室包封內漏率允許限值，並執行內漏率測試，確認內漏率符合現值要求，以及強化系統設備之維護，以進一步強化控制室邊界之氣密性與運轉人員之防護。在完成允許限值訂定及測試驗證前，除例行之正壓測試外，原能會亦要求各核電廠執行控制室包封邊界之設備組件的檢查與維護，確認其氣密性，本項檢查維護作業已於 106 年底完成。

台電公司依上述要求提送「核一廠控制室包封適居性方案」專題報告，內容包含前言及 13 個章節，前言說明建立核一廠控制室包封適居性方案的緣由，第 1 章定義控制室包封與控制室包封邊界；第 2 章說明 CRE 邊界完整性控制，針對第 1 章定義之 CRE 邊界，建立管制程序以確保邊界的完整性；第 3 章為設計控制，用以確保 CRE 系統設備及結構物之新增或相關設計修改完成後，CRE 的適居性繼續維持，並確認核一廠具有適當的程序書，管制 CRE 設計改變及伴隨之安全分析；第 4 章為維護控制，確保 CRE 及 CRE 邊界有關之系統設備與組件在設計條件下，若發現洩漏，在完成洩漏

改善後，評估確認 CRE 符合適居性要求；第 5 章為安全分析控制，確認 CRE 適居性相關安全分析會經過審查，以確保 CRE 適居性能被維持；第 6 章為有害化學物質評估，確認有害化學物質現況是否影響控制室適居性內漏率容許限值；第 7 章為煙霧控制，當 CRE 內/外發生煙霧事件時，能維持運轉員執行機組之停機能力；第 8 章為 CRE 示蹤氣體內漏率測試，訂定 CRE 示蹤氣體內漏率測試的方法與執行測試的頻率；第 9 章為建立 CRE 空氣漏入之量化限值，建立未經過濾之空氣進入 CRE 的內漏率容許限值，並據以訂定 CRE 示蹤氣體內漏率測試的接受標準；第 10 章為 CRE 差壓測試，CRE 與其鄰接區域應定期執行差壓測試，確保事故下可維持正壓條件；第 11 章為 CRE 適居性評估，說明 CRE 適居性評估之時機、頻率，並整合 1~10 章 CRE 適居性評估項目之結果；第 12 章為 CRE 適居性評估結果不符合要求之處理，確保不符合事項或缺陷可依循改正行動來改正，並與運轉技術規範需採行的行動一致；第 13 章為訓練，核一廠與 CRE 適居性方案有關的人員應定期接受接受訓練，以熟悉 CRE 適居性方案。

為確保「核一廠控制室包封適居性方案」的正確性，本會成立專案審查小組，經 4 回合審查，共計提出 7 項審查意見。本報告敘述本會對台電公司「核一廠控制室包封適居性方案」之審查結果，根據台電公司所提供之適居性方案與各次回覆意見撰寫此安全審查報告，內容分為：第一章定義控制室包封與控制室包封邊界；第二章 CRE 邊界完整性控制；第三章設計控制；第四章維護控制；第五章安全分析控制；第六章有害化學物質評估；第七章為煙霧控制；第八章 CRE 示蹤氣體內漏率測試；第九章建立 CRE 空氣漏入之量化限值；第十章 CRE 差壓測試；第十一章 CRE 適居性評估；第十二章 CRE 適居性評估結果不符合要求之處理；第十三章訓練；第十四

章審查總結，除第十四章審查總結外，各章均包含概述、審查發現，以及結論與建議三部分。

經就台電公司所提方案內容及對審查意見之答覆內容進行審查，審查結果認為可以接受，詳見本報告第十四章審查總結。

第一章 定義控制室包封與控制室包封邊界

一、概述

送審報告中定義控制室包封(Control Room Envelope, CRE)與控制室包封邊界(Control Room Envelope Boundary)，以利 CRE 適居性方案之建立。CRE 是定義在電廠執照安全分析基礎中，CRE 涵蓋的範圍參照現行 FSAR 9.4.1“CONTROL ROOM”的敘述。核一廠樓層高度計算以海平面為基準點，EL.39.83 呎為聯合廠房地面一樓。一、二號機的 CRE 包含位於聯合廠房高度 73.83 呎(三樓)之控制室(Control Room)、電腦室(Computer Room)、走廊(Corridors)、值班經理室、廚房與廁所，以及聯合廠房 95.0 呎(四樓)控制室通風設備間等區域。CRE 邊界是指將 CRE 與鄰接區域分隔的「實體組件」，包括 CRE 邊界牆面、地板、天花板、CRE 邊界防火門、控制室通風系統之管路與設備，以及穿越 CRE 之其他通風系統。

二、審查發現

審查小組提出審查提問 I-A-01 請台電公司就國外電廠控制室包封適居性方案報告案例，與核一、二、三廠報告提出比對說明。

台電公司列表說明國外電廠控制室包封(Control Room Envelope, CRE)適居性方案案例與核一、二、三廠 CRE 適居性方案之章節，其內容及內涵相同。審查小組再提出審查提問，在 CRE 適居性方案第 6~9 項及第 12 項各項測試方法、頻率及評估部分，國外電廠與核一、二、三廠仍有差異。台電公司說明參考 RG 1.78 (Rev. 1)、RG 1.196 (Rev. 1)、RG 1.197、NEI 99-03 (Rev. 0 及 Rev. 1)及國外電廠 CRE 適居性方案案例，建立核一、二、三廠

CRE 適居性方案，在建立 CRE 適居性方案過程中主要是參考 NEI 99-03 Rev. 0 文件，另亦考慮 NEI 99-03 Rev. 1 已反映 NRC 審查意見且為較新的版次，故「核一、二、三廠 CRE 適居性方案」將 NEI 99-03 Rev.1 列為參考文件，並非完全依據 NEI 99-03 Rev. 1 所述內容制定核一、二、三廠 CRE 適居性方案。因「核一、二、三廠 CRE 適居性方案」的內容及內涵與國外案例相同，因此與 NEI 99-03 (Rev. 0)的要求符合；並列表說明「核一、二、三廠 CRE 適居性方案」在第 6~9 項及第 12 項之測試方法、頻率及評估的基礎，答覆內容經審查可以接受。

因本案多項議題係屬各廠共同議題，審查小組因此提出審查提問 I-A-02，請台電公司針對審查小組所提之各廠審查提問，一併提出核一、二、三廠報告之交叉比對回覆說明。

台電公司列表說明核一、二、三廠 CRE 適居性方案審查意見之交叉比對結果，答覆內容經審查可以接受。

三、結論與建議

送審報告本章主要就有關核一廠控制室包封(Control Room Envelope, CRE)與控制室包封邊界(Control Room Envelope Boundary) 進行定義，其中包含各管路穿越位置論述，經就台電公司送審報告本章內容及台電公司對審查小組提問之答覆內容進行審查，審查結果可以接受。

第二章 CRE 邊界完整性控制

一、概述

送審報告本章有關 CRE 邊界完整性控制，係針對第 1 章定義之 CRE 邊界，進行(1) CRE 管路穿越孔檢查，(2) CRE 邊界之門板新增或是移除，(3) CRE 通風系統的阻塞或是破裂，(4) CRE 範圍內隔間、結構組件之修改或是移除，(5)火災、高能管路破裂、淹水、輻射屏障的 CRE 邊界移除，(6)任何通過 CRE 之管路破損，以及(7) CRE 邊界之設備或地板洩水塞子之替換或移除，建立相關管制程序以確保邊界之完整性。CRE 完整性之管制須依據表 2-1「CRE 邊界完整性管制表」逐項執行。

二、審查發現

審查小組針對送審報告本章 CRE 邊界完整性控制相關管制程序之建立進行審查，經審查報告內容可以接受。

三、結論與建議

送審報告本章主要針對 CRE 邊界，建立相關管制程序以確保邊界之完整性。管制程序包含 CRE 管路穿越孔檢查；CRE 邊界之門板新增或是移除；CRE 通風系統的阻塞或是破裂；CRE 範圍內隔間、結構組件之修改或是移除；作為火災；高能管路破裂、淹水、輻射屏障的 CRE 邊界移除；任何通過 CRE 之管路破損；CRE 邊界之設備或地板洩水塞子之替換或移除等。經就台電公司送審報告本章內容進行審查，審查結果可以接受。

第三章 設計控制

一、概述

送審報告本章設計控制為確保 CRE 系統設備及結構物之新增或相關設計修改完成後，CRE 的適居性能符合設計基準要求。核一廠為符合前述要求，已依據台電公司核能電廠改善工程構型管理執行方案，制訂各項設計修改的管制程序書，因此 CRE 相關的設計修改均需遵循這些程序書進行，以確保 CRE 系統邊界之完整性。

二、審查發現

審查小組針對送審報告本章 CRE 系統設計修改案的整體流程管制進行審查，經審查報告內容可以接受。

三、結論與建議

送審報告本章主要係確保 CRE 之相關設計修改完成後，CRE 的適居性仍可維持，並確認電廠具有適當的程序書，以管制 CRE 設計改變及伴隨之安全分析。設計控制程序適用於 CRE 之系統設備及結構物之新增、設計修改、臨時設計變更、現場變更等之申請、評估、設計、審查、核准、工作執行、測試、資料文件、圖面修訂與建檔等作業流程管制。經就台電公司送審報告本章內容進行審查，審查結果可以接受。

第四章 維護控制

一、概述

送審報告本章維護控制為確保 CRE 及 CRE 邊界有關之系統設備與組件在設計條件下，若發現 CRE 及 CRE 邊界相關穿越孔、進出門、洩水孔、風門、通風管、CRE HVAC（控制室通風及空調系統）設備及 CRE 邊界結構體有洩漏的狀況時，電廠在完成洩漏改善後，需評估確認 CRE 系統是否仍符合適居性及設計基準要求。

二、審查發現

審查小組針對送審報告本章 CRE 系統適居性方案之維護項目進行審查，審查小組提出審查提問 I-CS-05，請台電公司就陳報之方案未依據 NEI 99-03 Rev.1 之附錄內容說明維護項目與要求（例如 Appendix K CONTROL ROOM ENVELOPE SEALING PROGRAM）說明，因此請其依據 NEI 99-03 之附錄進行補充。

台電公司說明核一廠未來 CRE 適居性方案之維護項目，主要是藉由執行相關程序書來維持控制室適居性可用性，因此已依據 NEI 99-03 (Rev. 0) Appendix H “System Assessment”及 Appendix J “Control Room Envelope Sealing Program”所述之指引，將 CRE 邊界與組件之查漏與補漏等程序，整合到電廠程序書 D611.1.11「控制室包封適居性評估作業」及目前既有之程序書，並依據程序書之要求據以施行，答覆內容經審查可以接受。

三、結論與建議

送審報告本章主要就電廠執行 CRE 及其邊界有關之系統設備與組件維護改善後，論述相關管制程序之建立，係確保 CRE 及其邊界有關之系統設備與組件在設計條件下，若發現洩漏，在完成洩漏改善後，以評估確認 CRE 符合適居性要求。其中就 NEI 99-03 Rev.1 之附錄內容說明維護項目與要求，台電公司未來進行相關維護工作是否符合部份，經台電公司說明已參考最新 NEI 99-03 版次制訂方案，修改其維護程序書。經就台電公司送審報告本章內容及台電公司對審查小組提問之答覆內容與報告修訂內容進行審查，審查結果可以接受。

第五章 安全分析控制

一、概述

送審報告本章針對可能影響 CRE 適居性安全分析的變更進行探討，包括(1)內漏值改變，(2)控制室通風與空調系統流量改變，(3)釋放點、量及型態的改變，(4)系統隔離特性的改變，(5)運轉員採行措施及採行時機的改變等，確認 CRE 適居性相關安全分析會經過必要之審查程序，且相關安全分析的修訂亦會被視為設計變更一環並進行管制與審查，以確保 CRE 適居性能持續維持。

二、審查發現

審查小組針對送審報告本章 CRE 適居性相關安全分析的新增及修訂，其管制與審查適切性進行審查，經審查報告內容可以接受。

三、結論與建議

送審報告本章係確認 CRE 適居性相關安全分析經過審查，且相關安全分析的修訂被視為設計變更一環，以確保 CRE 適居性能被維持。CRE 適居性相關安全分析包括 CRE 區域內部人員輻射劑量分析、有害化學物質危害評估、未經過濾漏入 CRE 之限值分析及煙霧評估等。經就台電公司送審報告本章內容進行審查，審查結果可以接受。

第六章 有害化學物質評估

一、概述

送審報告本章主要係依據 NEI 99-03 每三年定期評估要求辦理有害化學物質評估，核一廠相關程序書 D815「核一廠有害化學物質管理」，電廠均依規定定期執行，以確認有害化學物質現況是否影響控制室適居性內漏率容許限值。

二、審查發現

審查小組針對送審報告本章有害化學物質管理，定期執行之方式進行審查，經審查報告內容可以接受。

三、結論與建議

送審報告本章主要就電廠執行控制室包封有害化學物質定期評估作業，論述相關管制程序之建立，以確認有害化學物質現況符合控制室適居性內漏率容許限值要求。經就台電公司送審報告本章內容進行審查，審查結果可以接受。

第七章 煙霧控制

一、概述

送審報告本章煙霧控制之主要目的為當 CRE 內/外發生煙霧事件時，必須能維持運轉員執行機組之停機能力。若控制室因煙霧/火災事件，無法執行機組停機冷卻(Shutdown Cooling)時，依據控制程序，需確保運轉員能安全的抵達替代停機盤並執行機組的停機冷卻。

二、審查發現

審查小組針對送審報告本章控制室因煙霧/火災事件，無法執行機組停機冷卻時相關控制程序之建立進行審查，經審查報告內容可以接受。

三、結論與建議

送審報告本章係說明當 CRE 內/外發生煙霧事件時，能維持運轉員執行機組之停機能力。若主控制室因煙霧/火災事件時，無法執行機組停機冷卻(Shutdown Cooling)時，依據本管制程序，以確保運轉員能安全的抵達遙控停機盤並且能執行停機冷卻。經就台電公司送審報告本章內容進行審查，審查結果可以接受。

第八章 CRE 示蹤氣體內漏率測試

一、概述

送審報告本章主要係針對未來 CRE 示蹤氣體內漏率測試，訂定符合法規之測試方法與執行 CRE 測試的頻率，以確保正常運轉及事故期間的 CRE 適居性符合設計基準。

二、審查發現

審查小組針對送審報告本章 CRE 示蹤氣體內漏測試的方法與執行測試的頻率之訂定進行審查，審查小組提出審查提問 I-CS-01，請台電公司需依 RG 1.197 要求電廠依據 ASTM E741 執行示蹤氣體（TGT）相關測試，但本次陳報之方案未見相關內容，因此核一廠未來將執行之 TGT 測試，將採何種方式執行亦或採 ASTM E741 附件方式執行，請澄清說明。

台電公司說明「核一、二、三廠主控制室包封洩漏測試」案，承攬廠商將依據合約工作內容，負責訂定「控制室包封內漏率測試」程序書，再經電廠審查通過後，據以執行 CRE 內漏率測試。因此，核一廠未來執行 CRE 示蹤氣體內漏率測試，將以程序書方式執行，相關內容將完全比照 ASTM E741，答覆內容經審查可以接受。

審查小組提出審查提問 I-CS-03，請台電公司就陳報之方案內容，有關方案內定義部分缺少示蹤氣體及示蹤氣體內漏率測試等項目，請補充。

台電公司說明已於 8.4 節「定義及說明」補充相關說明，答覆內容經審查可以接受。

三、結論與建議

送審報告本章提出 CRE 示蹤氣體內漏率測試的方法與執行 CRE 測試的頻率，其中有關未來執行測試之文件紀錄與內容及示蹤氣體與示蹤氣體內漏率測試定義，審查小組提問應補充相關說明，經台電公司說明後，審查結果可以接受。經就台電公司送審報告本章內容及台電公司對審查小組提問之答覆內容進行審查，審查結果可以接受。

第九章 建立 CRE 空氣漏入之量化限值

一、概述

送審報告本章主要係說明將建立未經過濾之空氣進入 CRE 的內漏率容許限值，並依據法規訂定第 8 章 CRE 示蹤氣體內漏率測試的接受標準，以確保正常運轉及事故期間的 CRE 適居性可被維持。

二、審查發現

審查小組針對送審報告本章建立未經過濾之空氣漏入 CRE 的容許限值進行審查，該容許限值於送審報告第 8 章中據以訂定 CRE 示蹤氣體內漏測試的接受標準，經審查報告內容可以接受。

三、結論與建議

送審報告本章主要就訂定及更新未經過濾之空氣進入 CRE 的內漏率容許限值作業，論述相關管制程序之建立，據以訂定第 8 章 CRE 示蹤氣體內漏率測試的接受標準。經就台電公司送審報告本章內容進行審查，審查結果可以接受。

第十章 CRE 差壓測試

一、概述

由於 CRE 與其鄰接區域之間的差壓會直接影響到 CRE 未過濾氣體之內漏率，為了確保控制室在事故下可維持正壓條件，以及評估 CRE 的氣密性是否有衰退之情形，需對 CRE 與其鄰接區域進行差壓測試(Differential Pressure Test)。送審報告本章說明差壓測試已整合至程序書 D611.1.10「主控制室包封差壓測試」，測試後的資料須與既往測試資料進行比對來確認其差壓衰減趨勢，並作為 CRE 適居性評估之依據。

二、審查發現

審查小組針對送審報告本章確保控制室在事故下可維持正壓條件，以及評估 CRE 的氣密性是否有衰退之情形進行審查，審查小組提出審查提問 I-CS -02，台電公司就陳報之方案內容，顯示核一廠除役後期之控制室差壓測試，將採每三年或六年執行一次，此與國外每次大修執行一次不同，請澄清說明其依據。

台電公司說明於控制室差壓測試係每次定期維護（MSC）時執行，因此未來除役之後仍維持每 18 個月的維護測試週期執行 CRE 差壓測試，並非每三年或六年執行一次差壓測試，另每 3 年或 6 年應執行之 CRE 適居性評估，將會根據 CRE 差壓測試結果來評估 CRE 是否符合適居性要求，答覆內容經審查可以接受。

三、結論與建議

送審報告本章係說明 CRE 系統差壓測試執行方式與頻率，其中有關 CRE 差壓測試頻率，因核一廠已進入除役其與原有運轉中電廠是否有所差異部份，經台電公司說明後，審查結果可以接受。經就台電公司送審報告本章內容及台電公司對審查小組提問之答覆內容與報告修訂內容進行審查，審查結果可以接受。

第十一章 CRE 適居性評估

一、概述

送審報告本章說明 CRE 適居性評估之時機、頻率，並整合各 CRE 適居性評估項目(第 1~10 章)之結果，除了可對 CRE 適居性是否符合接受準則做出判斷外，亦確保不符合事項或缺陷可依循改正行動(第 12 章)來改正。依據 RG 1.197 Section C.1.5，在首次的 CRE 示蹤氣體內漏率測試成功後，CRE 即建立了內漏率的基礎數據，而此後便須依循週期性的頻率來進行再評估與重測試。CRE 適居性之評估項目分為以下幾個主題：(1) CRE 邊界破裂控制(CRE Boundary Breach Control)，(2)程序書控制(Procedure Control)，(3)設計控制(Design Control)，(4)維護控制(Maintenance Control)，(5)安全分析控制(Safety Analysis Control)，(6)有害化學物質評估(Hazardous Chemicals Assessment)，(7)煙霧控制(Smoke Control)，(8)內漏率限值(Air Inleakage Limits)，(9)測試結果(Test Results)，(10)適居性評估結果不符合要求之處理(Disposition for Non-conformance of CRE Habitability Assessment Results)。評估結果記錄於表 11-1「CRE 適居性評估結果彙整表」中。

二、審查發現

審查小組針對送審報告本章綜整 CRE 適居性評估之時機、頻率、維護及設計修改控制，並整合各 CRE 適居性評估項目與內容以及測試結果之處理進行審查，審查小組提出審查提問 I-CS-04，請台電公司就國外案例顯示其方案需有 leakage reduction guideline and check list，但核一廠方案則並無相關內容，請澄清說明未來此部分工作如何執行？

台電公司說明未來將依據 NEI 99-03 (Rev. 0) Appendix H “System Assessment”及 Appendix J “Control Room Envelope Sealing Program”執行 CRE 邊界與組件之查漏及補漏工作，再根據執行查漏與補漏之經驗及參考國外電廠適居性方案，並將須檢測的邊界與組件納入程序書 D611.1.11 「控制室包封適居性評估作業」及既有程序書內，此程序書與國外案例的 leakage reduction guideline and check list 功用相同，答覆內容經審查可以接受。

三、結論與建議

送審報告本章綜整 CRE 適居性評估之時機、頻率、維護及設計修改控制，並整合各 CRE 適居性評估項目與內容以及測試結果之處理，其中審查發現有關未來 CRE 系統之洩漏減低管控與查證表，電廠應予以補充，經台電公司說明後，審查結果可以接受。經就台電公司送審報告本章內容及台電公司對審查小組提問之答覆內容進行審查，審查結果可以接受。

第十二章 CRE 適居性評估結果不符合要求之處理

一、概述

送審報告本章說明對於 CRE 適居性評估結果進行處理，作為符合 CRE 適居性之依據。適居性評估結果若不符合接受準則，則應進行鑑定並針對缺陷與區域進行改善，若經研判屬於 NCD 簽發準則者，應依據程序書 D1115.01「不符合品質案件處理管制程序」進行改正行動，並與運轉技術規範需採行的行動一致。若示蹤氣體內漏率測試結果不符合接受準則，造成 CRE 不可用，電廠應即刻採取必要之解決方案。

二、審查發現

審查小組針對送審報告本章 CRE 適居性評估結果不符合要求之處理作業，相關管制程序之建立，以及後續改善程序符合相關品質保證準則要求等管制內容進行審查，經審查報告內容可以接受。

三、結論與建議

送審報告本章主要就 CRE 適居性評估結果不符合要求之處理作業，論述相關管制程序之建立，以確認後續改善程序符合相關品質保證準則要求。經就台電公司送審報告本章內容及台電公司對審查小組提問之答覆內容進行審查，審查結果可以接受。

第十三章 訓練

一、概述

送審報告本章說明定期訓練課程內容，包含(1) CRE 適居性方案，以及(2)與控制室適居性議題有關之運轉技術規範(含基礎)與終期安全分析報告之修訂等，使電廠運轉、維護及相關人員熟悉 CRE 適居性方案。

二、審查發現

審查小組針對送審報告本章本方案人員定期訓練作業，相關管制程序之建立進行審查，確認電廠運轉、維護及相關人員將熟悉 CRE 適居性方案，經審查報告內容可以接受。

三、結論與建議

送審報告本章說明定期課程訓練使電廠運轉、維護及相關人員熟悉 CRE 適居性方案。訓練內容為 CRE 適居性方案，訓練對象為電廠運轉及與 CRE 適居性業務有關之人員。經就台電公司送審報告本章內容進行審查，審查結果可以接受。

第十四章 審查總結

經審查小組對台電公司分析報告內容及台電公司對審查提問之答覆與分析報告修訂內容進行審查，審查結果可以接受，因此依本會審查小組意見修訂後之「核一廠控制室包封適居性方案」報告，可准予備查。