

論文摘要

在原子能的眾多和平用途之中，核能發電可說是與我們的生活有著最密切關係、卻也最具爭議性的一種利用方式。長期以來，核能發電之安全性始終是反核及擁核人士爭論之焦點。儘管採行西方設計的商用核能反應器不可能發生類似蘇聯車諾比災變的意外事故，然而類似三哩島事故的爐心熔毀情況，仍然有發生的機會。因此，針對此等嚴重事故發生時，爐心及圍阻體內所發生的現象進行瞭解，有其絕對的必要性。

由於核能電廠本身之系統十分龐雜，嚴重事故發生時之各種物理、化學現象亦不單純，因此若欲對嚴重事故下電廠反應進行深入之分析、瞭解，勢必需要藉助適當之電腦模擬程式。本論文之目的，即希望利用於西方核能工業界已有多數使用實績之 MAAP 程式，對龍門電廠所選用之進步型沸水式反應器進行模擬，以瞭解該等設計在嚴重事故下之反應，以及相關抑緩措施是否確能發揮預期之功效。

同時由於進步型沸水式反應器製造廠商奇異公司於龍門電廠之初期安全分析報告中所使用之模擬程式為經改寫之 MAAP 3.0B-ABWR 版本，該版本與目前 MAAP 最新之 4.0.4 版之間差異，是否會對模擬結果產生重大影響，亦是本論文之研究重點。同時本論文之研究成果，亦可提升對於進步型沸水式反應器嚴重事故現象之瞭解，以作為未來台電公司審查龍門電廠終期安全分析報告中相關章節時之參考。

目錄

論文摘要	
目錄	
表目錄	
圖目錄	
第一章 緒論	1-1
1.1 研究動機	1-1
1.2 核電廠嚴重事故現象介紹	1-2
1.2.1 冷卻水系統的反應	1-3
1.2.2 圍阻體的反應	1-5
1.2.3 分裂產物的外釋	1-6
1.3 龍門電廠簡介	1-6
1.4 MAAP 程式介紹	1-8
1.4.1 概述	1-8
1.4.2 MAAP 程式輸入與輸出	1-10
1.5 輸入檔案準備	1-13
第二章 穩態(Steady State)運轉模擬	2-1
2.1 前言	2-1
2.2 輸入檔案設定	2-1
2.3 模擬結果	2-2
2.4 結果分析	2-3
第三章 SBRC 事故序列模擬	3-1
3.1 前言	3-1
3.2 輸入檔案設定	3-1
3.3 模擬結果	3-2
3.4 結果分析	3-4

第四章 LBLC 事故序列模擬	4-1
4.1 前言	4-1
4.2 輸入檔案設定	4-2
4.3 模擬結果	4-2
4.4 結果分析	4-4
 第五章 LCHP 事故序列模擬	5-1
5.1 前言	5-1
5.2 輸入檔案設定	5-2
5.3 模擬結果	5-3
5.4 結果分析	5-4
 第六章 LCLP 事故序列模擬	6-1
6.1 前言	6-1
6.2 輸入檔案設定	6-2
6.3 模擬結果	6-2
6.4 結果分析	6-3
 第七章 結論與未來展望	7-1
7.1 與初期安全分析報告間之重大差異	7-1
7.2 放射性分裂產物分佈情形	7-4
7.3 被動淹覆器與圍阻體過壓保護系統對事故序列之影響 ..	7-9
7.4 反應器壓力槽失效模式	7-12
7.5 自動洩壓系統對高壓事故序列之影響	7-15
7.6 各事故序列中之氫氣產生量	7-16
7.7 未來工作建議	7-17
 第八章 參考文獻	8-1

表目錄

表 1-1 圍阻體各區間簡要說明	1-16
表 1-2 圍阻體區間重要參數	1-16
表 1-3 圍阻體內各流徑簡要說明	1-17
表 3-1 SBRC 事故序列中發生之重要事件及其發生時間	3-9
表 3-2 SBRC 事故序列中之放射性分裂產物外釋量	3-9
表 4-1 LBLC 事故序列中發生之重要事件及其發生時間	4-7
表 4-2 LBLC 事故序列中之放射性分裂產物外釋量	4-7
表 5-1 LCHP 事故序列中發生之重要事件及其發生時間	5-6
表 5-2 LCHP 事故序列中之放射性分裂產物外釋量	5-7
表 6-1 LCLP 事故序列中發生之重要事件及其發生時間	6-7
表 6-2 LCLP 事故序列中之放射性分裂產物外釋量	6-7
表 7-1 LCHP 事故序列中被動淹覆器與圍阻體過壓保護系統有無時 之最終外釋量比較	7-12
表 7-2 LCHP 事故序列中被動淹覆器與圍阻體過壓保護系統有無時 之圍阻體失效時間比較	7-12
表 7-3 LCHP 事故序列下，有無自動洩壓系統時之重要事件發生時間	7-16
表 7-4 各事故序列中之氫氣產生量及燃料組件鋁合金氧化比率	7-17

圖目錄

圖 1-1 圍阻體區間示意圖	1-18
圖 1-2 圍阻體內流徑示意圖	1-19
圖 1-3 冷卻水系統區間示意圖	1-20
圖 2-1 Steady State 冷卻水系統壓力	2-5
圖 2-2 Steady State 冷卻水系統水溫	2-6
圖 2-3 Steady State 爐心水位	2-7
圖 2-4 Steady State 第 33 號節點燃料溫度	2-8
圖 2-5 Steady State 圍阻體內各區間壓力	2-9
圖 2-6 Steady State 圍阻體內各區間氣體溫度	2-10
圖 3-1 SBRC 事故序列反應器爐心功率	3-10
圖 3-2 SBRC 事故序列冷卻水系統壓力	3-11
圖 3-3 SBRC 事故序列爐心水位	3-12
圖 3-4 SBRC 事故序列安全釋壓閥流量	3-13
圖 3-5 SBRC 事故序列第 33 號節點燃料溫度	3-14
圖 3-6 SBRC 事故序列爐心位置熔融物總質量	3-15
圖 3-7 SBRC 事故序列反應器壓力槽底部區間熔融爐心質量	3-16
圖 3-8 SBRC 事故序列燃料棒護套及燃料束結構體鋯合金氧化比例	3-17
圖 3-9 SBRC 事故序列上乾井壓力	3-18
圖 3-10 SBRC 事故序列濕井壓力	3-19
圖 3-11 SBRC 事故序列 CsI 及 CsOH 自圍阻體釋出量	3-20
圖 4-1 LBLC 事故序列反應器爐心功率	4-8
圖 4-2 LBLC 事故序列冷卻水系統壓力	4-9
圖 4-3 LBLC 事故序列爐心水位	4-10
圖 4-4 LBLC 事故序列安全釋壓閥流量	4-11
圖 4-5 LBLC 事故序列第 33 號節點燃料溫度	4-12
圖 4-6 LBLC 事故序列爐心位置熔融物總質量	4-13
圖 4-7 LBLC 事故序列反應器壓力槽底部區間熔融爐心質量	4-14
圖 4-8 LBLC 事故序列燃料棒護套及燃料束結構體鋯合金氧化比例	4-15

圖 4-9 LBLC 事故序列上乾井壓力	4-16
圖 4-10 LBLC 事故序列濕井壓力	4-17
圖 4-11 LBLC 事故序列 CsI 及 CsOH 自圍阻體釋出量	4-18
圖 5-1 LCHP 事故序列反應器爐心功率	5-8
圖 5-2 LCHP 事故序列冷卻水系統壓力	5-9
圖 5-3 LCHP 事故序列爐心水位	5-10
圖 5-4 LCHP 事故序列安全釋壓閥流量	5-11
圖 5-5 LCHP 事故序列第 33 號節點燃料溫度	5-12
圖 5-6 LCHP 事故序列爐心位置熔融物總質量	5-13
圖 5-7 LCHP 事故序列反應器壓力槽底部區間熔融爐心質量	5-14
圖 5-8 LCHP 事故序列燃料棒護套及燃料束結構體鋯合金氧化比 例	5-15
圖 5-9 LCHP 事故序列上乾井壓力	5-16
圖 5-10 LCHP 事故序列濕井壓力	5-17
圖 5-11 LCHP 事故序列 CsI 及 CsOH 自圍阻體釋出量	5-18
圖 6-1 LCLP 事故序列反應器爐心功率	6-8
圖 6-2 LCLP 事故序列冷卻水系統壓力	6-9
圖 6-3 LCLP 事故序列爐心水位	6-10
圖 6-4 LCLP 事故序列安全釋壓閥流量	6-11
圖 6-5 LCLP 事故序列第 33 號節點燃料溫度	6-12
圖 6-6 LCLP 事故序列爐心位置熔融物總質量	6-13
圖 6-7 LCLP 事故序列反應器壓力槽底部區間熔融爐心質量	6-14
圖 6-8 LCLP 事故序列燃料棒護套及燃料束結構體鋯合金氧化比 例	6-15
圖 6-9 LCLP 事故序列上乾井壓力	6-16
圖 6-10 LCLP 事故序列濕井壓力	6-17
圖 6-11 LCLP 事故序列 CsI 及 CsOH 自圍阻體釋出量	6-18
圖 7-1 LCHP 事故序列冷卻水系統中 CsI 之含量變化	7-20
圖 7-2 LCHP 事故序列圍阻體（不含抑壓池）中 CsI 之含量變化	7-21
圖 7-3 LCHP 事故序列抑壓池中 CsI 之含量變化	7-22

圖 7-4 LCHP 事故序列環境中 CsI 之含量變化	7-23
圖 7-5 LCHP 事故序列冷卻水系統中 SrO 之含量變化	7-24
圖 7-6 LCHP 事故序列圍阻體（不含抑壓池）中 SrO 之含量變化	7-25
圖 7-7 LCHP 事故序列抑壓池中 SrO 之含量變化	7-26
圖 7-8 LCHP 事故序列環境中 SrO 之含量變化	7-27
圖 7-9 LCHP 事故序列無被動淹覆器及圍阻體過壓保護系統時之 CsI、CsOH 外釋量	7-28
圖 7-10 LCHP 事故序列僅有被動淹覆器時之 CsI、CsOH 外釋量	7-29
圖 7-11 LCHP 事故序列僅有圍阻體過壓保護系統時之 CsI、CsOH 外釋量	7-30
圖 7-12 LCHP 事故序列有被動淹覆器及圍阻體過壓保護系統時之 CsI、CsOH 外釋量	7-31
圖 7-13 LCHP 事故序列有自動洩壓系統時之 CsI、CsOH 外釋量	7-32
圖 7-14 LCHP 事故序列無自動洩壓系統時之 CsI、CsOH 外釋量	7-33