

# 飛彈發射箱蓋衝破分析

陳柏維, 林志謙, 李政錡

國家中山科學研究院 航空研究所 結構與材料系統組

## 摘要

飛彈發射時，飛彈會衝破發射箱的複材前端蓋，在飛彈離箱之衝破過程時，彈體鼻錐罩與尾翼不能受到損傷，而同時飛彈發射產生的外壓也會影響到鄰箱，在外壓的影響下鄰箱的複材端蓋結構不能因致於受損。

本研究使用 Abaqus explicit 模組執行複材前端蓋衝破分析，在飛彈出箱時飛彈的尾翼不能受到碰撞，同時於幾何中建立鄰箱模型，同時分析鄰箱複材前端蓋應力分析，滿足上述發射箱複材前端蓋之設計條件，完成飛彈發射箱之前端蓋設計。

**關鍵字：**飛彈、飛彈發射箱、Abaqus、Explicit、Evolution

## ABSTRACT

When missile launch, it will collide to the top cover of launch box. During the impact process, the nose of the missile and the empennages can't be damaged, and the near launch box can't be broken.

In this study, the Abaqus explicit is used to calculate the impact analysis of launch boxes, and reach the design specification.

**Keywords:** Missile、launch box、Abaqus、Explicit、Evolution

## 一、緒論

本研究藉由 Abaqus Explicit 來輔助飛彈發射箱蓋的設計，由於實際的飛彈與箱蓋模型目前還屬於機密，因此本研究使用之幾何形狀與尺寸為自行繪圖設計，並非真實之箱蓋幾何；本研究利用分析輔助設計，使箱蓋的結構強度可以滿足設計條件，分析結果必須滿足以下：

1. 箱蓋可以順利出箱，並出箱時尾翼不能受到碰撞。
2. 衝破時鄰箱不會損壞。
3. 找到這樣的模型下最薄的結構，因為結構越薄飛彈在衝破時對彈頭之鼻錐罩的損傷會最小。

## 二、結構幾何與材料

### 2.1 結構幾何

本研究所使用之飛彈發射箱蓋上視圖如圖 1 所示，模型外框為長度為 113 公分，厚 5 公分的，高 1.1 公分的方框。箱蓋中間

結構為四片複材的三角板拼而成，而厚度為結構設計的變數，在兩片附材板之間有一寬度 0.2 公分的複材預裂縫，預裂縫的厚度也是結構設計的變數。在距離飛彈發射箱蓋幾何中心 50 公分處，複材結構會增厚，根據厚度不同，將強箱蓋分為 A、B 二區，如圖 2 所示，其中 B 區為固定 1.1cm 厚度。

飛彈幾何為圖 3，設定為剛體，在本次分析中不考慮飛彈衝破箱蓋所受到的應力大小，但複材層板越薄，飛彈衝出箱的組力會越小。

本次分析使用的模型上下左右對稱，因此使用 1/4 模型，並於發射箱旁邊加入鄰箱模型，分析使用之幾何模形如圖 4 所示。

### 2.2 材料參數

飛彈發射箱蓋主要由三種材料組成，外框是鋁材，箱蓋為複材，採用之複材為正交性(Orthotropic)材料 1581-E 型玻璃纖維布，每層厚度 0.2mm，疊層角度均為 0 度；整個框架與箱蓋外面會用橡膠包覆，預裂縫

內同樣會填入橡膠材料，但裂隙的地方會以橡膠填滿密封，由於橡膠相對於其他材料楊氏係數較小，對結構強度而言可以忽略，因此在分析幾何中不加入橡膠外膜，僅在預裂縫中加入橡膠。材料參數如表 1-表 3。

### 三、結構分析設定與分析結果

#### 3.1 幾何前處理

使用 CATIA 繪製完飛彈發射箱蓋與飛彈的 1/4 幾何模型後，將幾何匯入 HyperMesh 中將複材層板與預裂縫抽成面，以方便調整層數與厚度，並切割網格；再將 HyperMesh 繪製完之網格檔匯入 Abaqus 中執行動態分析。

#### 3.2 分析設定

幾何處理完後，將其匯入 Abaqus Explicit 模組執行飛彈發射箱衝破分析。

##### 邊界條件設定：

在鋁製外框的外側設定 X、Y、Z 三個方向拘束，並於結構中設定對稱條件。邊界設定如圖 6。

##### 複材層板與預裂縫厚度設定：

調整複材與預裂縫厚度來控制結構強度，複材每層厚度為 0.2mm 使飛彈在衝破飛彈發射箱蓋時鄰箱蓋不會損壞；在複材與橡膠上設定 Evolution 來判斷結構損壞與否，複材 Evolution 判斷需要設定拉力強度、壓力強度與剪力強度；橡膠則需要設定應變值與應力值，還有位移量，若值超過設定，則網格會消失；箱蓋版本如表 5。

##### 負載條件設定：

設定飛彈出箱的加速度為 20G，彈體設定為剛體，並將其運動行為設定到一參考點之上，在參考點上施加 20G 向上的加速度值。負載設定如圖 7。

##### Step 設定：

由於本研究彈體使用剛體，且複材層板使用殼元素，網格數量不多，因此不必使用 mass scaling 來加快分析速度；分析時間設定為 0.15 秒，僅分析到飛彈尾翼穿過發射箱蓋。

### 四、飛彈發射箱蓋強度評估

根據衝破分析結果為表 5，可以看出若複材厚度越薄，則飛彈出箱壓力越不會傳遞給鄰箱；而同樣複材層板越薄彈頭鼻錐照所受到的阻力會越小，因此本研究分析結果可以提供一個厚度範圍，若未來加入其他設計條件時可以將分析版本控制在這個厚度範圍中。

在箱蓋複材層板厚度與預裂縫厚度的設定範圍內，飛彈皆可以順利出箱，且如圖 9 所示，飛彈出箱時尾翼不會碰到發射箱端蓋；而飛彈發射時，複材層板厚度降至 2.6mm 時開始鄰箱不會破裂；圖 10 為蓋厚度為 2.6mm 時飛彈衝破複材層板圖，圖 11 為衝破發射箱蓋時，鄰箱壓力分佈圖。

### 五結論與未來展望

由於目前箱蓋的預裂縫僅由橡膠填滿，結構強度很弱，僅有密封防水的功能，未來設計可以換成較強的材料，裂縫就不會那麼容易裂開，複材層板的厚度選擇就有較大的範圍。

而分析使用的材料目前都是以最簡化的方法設定，未來若有實驗數據可參考，即可得到更準確的答案。

隨著國防科技發展迅速，分析計算的能量也越來越被重視，分析計算可以幫助減少武器研發設計時不必要的錯誤、加速研發的推進時程，希望本研究之分析流程與方法可以應用在未來飛彈發射箱研發，或各種撞擊分析上。

### 六、參考文獻

[1]複材前端蓋承受鄰箱發射壓力之動態結構分析報告, 2015, 中科院飛彈所

[2]發射箱端蓋結構分析, 2015, 中科院飛彈所

七、表格

表 1 鋁 7075-T6 之材料參數

Material	Density	Young's modulus (Pa)	Poisson's ratio	Tensile Ultimate Strength(Pa)
鋁	2770Kg/m <sup>3</sup>	7.1×10 <sup>10</sup>	0.33	503×10 <sup>6</sup>

表 2 複材板材料參數

Composite	(Mpa)
E1	21400
E2	21400
Poisson's ratio	0.14
G12	3930
G13	1965
G23	1965
S <sub>1t</sub>	358.53
S <sub>1c</sub>	410.76
S <sub>2t</sub>	344.99
S <sub>2c</sub>	380.45
S <sub>12</sub>	88.99
S <sub>13</sub>	88.99

表 3 橡膠材料參數

Yield Stress(Mpa)	Plastic strain
0.0469101486	0
0.1069101486	0.1562
0.1680046169	0.2675
0.2138271919	0.3567
0.2901935536	0.6242
0.3665599154	0.8917
0.4123755956	1.1592
0.473470064	1.4268
0.6109308941	2.051
0.733112936	2.586
0.8553018728	3.0318
1.114944745	3.7898
1.374587617	4.3694
1.618958596	4.8153
1.893880256	5.172
2.138251235	5.4395
2.382622213	5.707
2.642265085	5.9299
2.901907957	6.0637
3.146278936	6.1975
3.405921808	6.3312
3.665571575	6.465
3.925214447	6.5541

表 4 分析版本與結果

複材層板厚度(mm)	預裂縫厚度(mm)	出箱時飛彈尾翼碰撞箱蓋	鄰箱損壞與否
5	5	×	○
4	4	×	○
3	3	×	○
2.8	2.8	×	○
2.6	2.6	×	×
2	2	×	×
1.5	1.5	×	×
1	1	×	×

八、圖片

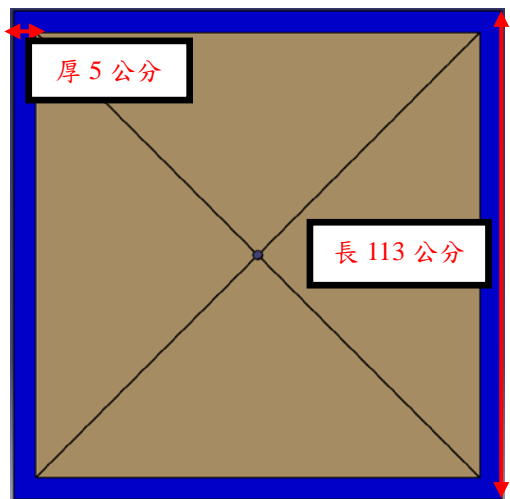


圖 1 飛彈發射箱蓋上視圖

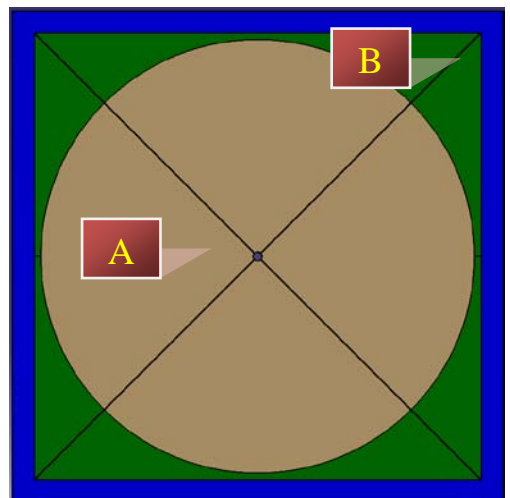


圖 2 飛彈發射箱蓋下視圖



圖 3 飛彈幾何模型

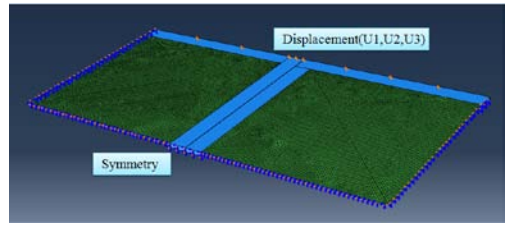


圖 6 飛彈發射箱蓋邊界設定

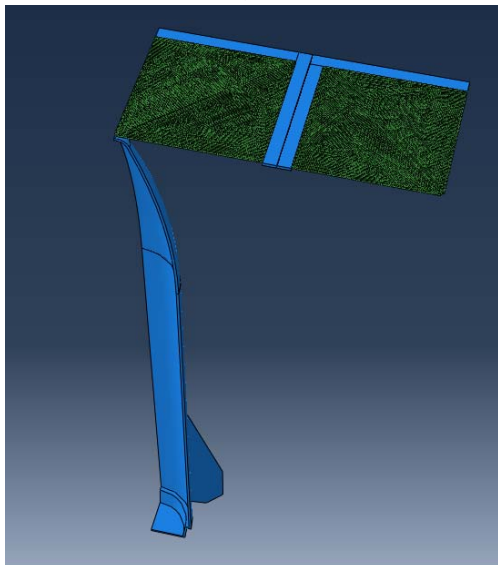


圖 4 分析用幾何模型

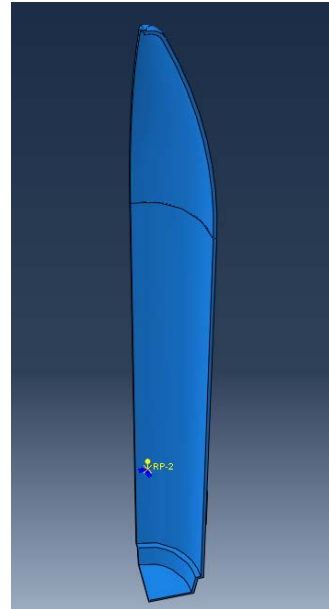


圖 7 負載設定圖

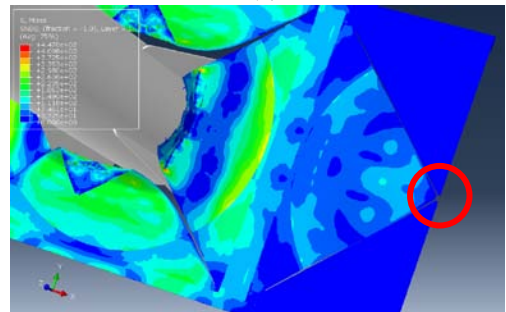


圖 8 飛彈出箱時鄰箱裂開

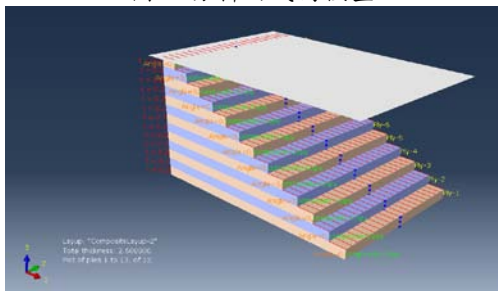


圖 5 複材層板厚度 2.6mm 疊層圖

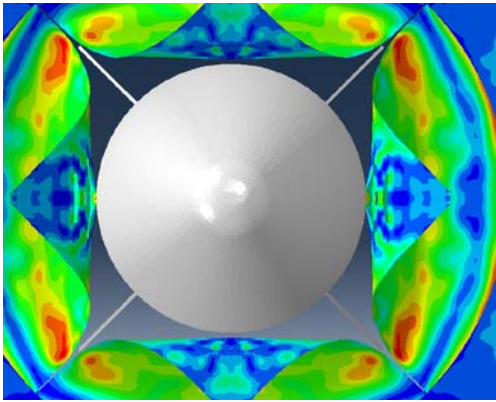


圖 9 飛彈出箱上視圖

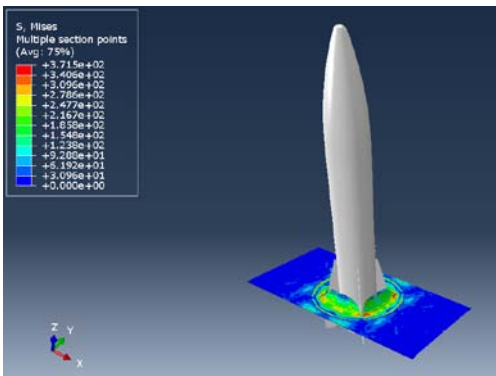


圖 10 飛彈衝破複材層板 2.6mm 之箱蓋

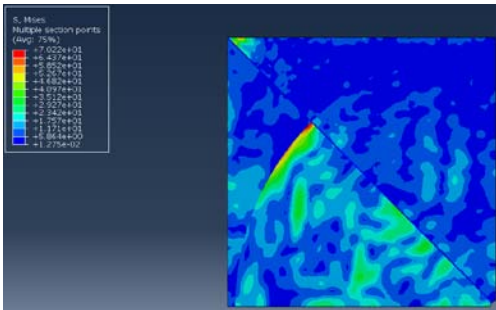


圖 11 飛彈衝破複材層板 2.6mm 之箱蓋時，鄰箱壓力分佈圖