

軍事結構之防護設計介紹

國防大學中正理工學院軍工所副教授 成曉琳博士
陸軍中尉 宋明倫

提 要

- 一、隨著國防科技的日新月異，現代武器對於軍事結構的攻擊，無論是準確性或是破壞性都對結構設計者的思維產生重大影響。
- 二、六項防護設計考量因素之介紹：作戰需求、武器威脅、場址特性、結構型式、場址規劃及設施配置。
- 三、介紹及探討偽裝、隱藏及欺敵(CCD)等之設計方法流程，以提高結構之存活能力。
- 四、提供從事防護設計者一個最新的初步完整概念及明確方向，並進而提高國軍軍事結構之防護品質。

關鍵字：防護設計、偽裝、隱藏、欺敵

壹、前 言

隨著現代武器之威力及精準度的大幅提升，其對軍事結構的破壞、人員的傷亡及內部設備的損壞等威脅亦隨之增加，由近年來國際間的幾場戰爭可知，軍事設施往往成為首波攻擊的目標。而如何藉由平時的防禦工事及構築堅固的結構物，來確保戰時人員、武器、裝備物資與重要設施的安全，藉以減少戰時損傷來保持戰力之完整，實為目前國軍所應重視的課題。尤其中共近期致力於發展高科技武器，將徹底改變以往作戰方式，利用先期空襲火力癱瘓軍事重要

設施為其必然使用之手段。因此，如何針對軍事結構採用防護設計之概念將成為現今軍事結構設計時必須考慮的重點之一。目前，國軍所採用之防護設計規範主要依據陸軍總部於民國81年參考美軍1965年版陸軍技術手冊TM5-855-1(1965)^{註一}，編定《軍事工程教範》一書並作為國軍準則^{註二}，然由於現代武器威力及精準度的大幅提升，美軍已大幅修正其防護設計規範TM5-855-1(1998)^{註三}，因此，本文以美軍防護設計規範發展的歷程為基礎，藉由分析與歸納的方式，介紹及探討軍事防護結構設計時所必須考慮的基本因素，同時加

註一 US Department of the Army, "Fundamentals of Protective Design for Conventional Weapons," TM 5-855-1 (1965).

註二 陸軍總司令部，「軍事工程教範」，國軍準則—陸軍—005-15(1992)。

註三 US Department of the Army, "Design and Analysis of Hardened Structures to Conventional Weapons Effects," TM 5-855-1 (1998).

入偽裝、隱藏和欺敵等設計觀念，以強化軍事結構之防護能力，並提供從事防護結構設計者一個完整概念及明確方向，進而提高軍事結構之防護品質。

貳、防護設計之基本考量因素

一個適當的軍事結構(或稱堅固結構Hardened Structures)是指當結構遭受攻擊時能減少武器對結構之影響，或是攻擊後結構能迅速恢復其原有功能，而設計目的乃為保護內部人員及設備安全。堅固結構一般可區分為三種類型：地上結構、地下結構及隧道結構。

由於武器的用途及特性不同，其對結構之主要影響包括空爆效應、貫入效應、破片效應、地表震動效應及生化劑(毒氣)釋放效應等。為抵抗上述影響，防護結構需具強化的牆、地板及屋頂、利用土壤或岩石來覆蓋結構、具偽裝、隱蔽及欺敵的特性、具分散及額外之輔助系統、具生化戰劑的防護，以及具有保全設施。因此，一個適當的軍事結構在防護設計上應考慮下列六大基本因素，以使該結構具有抵抗傳統武器攻擊之防護能力，並能快速恢復其原有作戰

功能。六大基本因素分述於后^{註四}：

一、作戰需求(Operational Requirements)

一個堅固防護結構其目的在確保當結構遭受攻擊時或攻擊後仍能完成所設定的作戰任務，而作戰需求乃是指結構設施系統之性能要求，且必須於設計階段中定義及確認。一般在制定作戰需求時採三步驟進行，也就是定義任務功能、定義被防護的設施系統及定義設施性能標準。而(如表一)制定作戰需求之步驟，首先定義作戰需求中之任務功能，然後考慮所需人員及設備，最後為達成此項任務功能所需最低標準。

二、武器威脅(Threat Considerations)

進行結構防護設計時，相關武器資訊為重要考慮因素之一，而武器之特性(例如彈頭種類及尺寸)，將影響結構承受不同類型之衝擊效應，(如表二)列出武器特性與對結構造成影響之關係。同時考慮結構具有偽裝、隱蔽及欺敵(CCD)之特性，將直接減少武器對結構威脅，並進而提高結構防護能力。

三、場址特性(Site Characterization)

場址特性將直接影響到場址之設計、結構之型式及設施之規劃，同時氣

表一 作戰需求定義說明

作戰需求		
任務功能	防護的設施系統	設施性能標準
1.維持與指揮中心之通訊系統正常	人員8員	人員6員存活且可操作設備(攻擊後5分鐘)
	電腦及通訊設備	功能正常(攻擊後5分鐘)
	電力系統	無中斷(攻擊時及攻擊後)
	空調系統	功能正常(攻擊後5分鐘)
2.●●●●	●●●●	●●●●

資料來源：同註三。

註四 同註三。

表二 武器特性與對結構造成影響之關係

威脅資訊	空中爆炸	貫入	破片	地面震動
武器數量	●	●	●	●
炸藥量	●		●	●
彈殼質量	●		●	
彈頭質量		●		
炸藥類型	●		●	●
彈頭尺寸		●	●	
武器速度		●		
角度／方向		●	●	
武器與結構間距離	●		●	●
貫入深度(土壤)				●

資料來源：同註三。

候、地質、地形及當地建物特性也是必須獲得的重要因素，因為這些因素將影響到防護結構的可識別度，以及受到空中爆炸或地表震動時能量傳遞的程度。擅用地形上的特徵例如：河流、沼澤地、小山丘及樹林，可以幫助結構達到隱藏或至少能阻擋敵人視線的效果。因此，在設計時對於場址特性的描述是十分重要的事。

四、結構型式(Facility Type)

一般而言，堅固結構可分為地上結構、地下結構及隧道結構三種基本型

式，而結構於規劃設計階段，亦可能會因新資訊的獲得或武器威脅層級的提升而改變結構物設計時所選擇的類型。地上結構、地下結構及隧道結構於設計階段時所考量之因素及其優缺點(如表三)。

五、場址規劃(Site Plan)

場址規劃應同時考慮作戰需求、武器威脅及場址特性，以決定防護結構之位置及方向，進而提高結構之存活能力。(如表四)為一個概略的範例，說明進行場址規劃時所需包含的範圍及其設計考量因素，而表四的內容為一般性考量，主要是提供設計者在實際規劃時有初步考慮的方向。

六、設施配置(Facility Layout)

進行結構形狀及內部設施的規劃、配置及其考慮因素(如表五)，表中所列為一個概略的規劃，主要提供設計者在初步考慮時之參考。

表三 結構型式及其優缺點

結構型式	堅固程度	主要優點	主要缺點
地上結構	低到中級	• 低成本。 • 容易建造。	• 隱蔽能力困難。 • 存活能力有限。
地下結構	中到高級	• 增加隱蔽能力。 • 降低熱源特徵。 • 需高成本之貫穿武器始可攻擊本結構。	• 高成本(開挖)。 • 需專用入口或通道。
隧道結構	高級	• 幾乎不受武器效力的損壞。 • 設施位置除了入口，其餘難以被察覺。 • 不需回填覆土。	• 高成本(需要專門開挖隧道設備) • 遭受攻擊後需要有裝備來清除入口。 • 隧道內房間配置受限於岩石強度。

資料來源：同註三。

表四 場址規劃之內容範圍及設計考量因素

內容範圍	設計考量
1.與鄰近設施的關係 (配置)	- 爲了結構的安全和存活力，須提供足夠的間距於建築物之間。 - 避免將主要結構排成一行，最好以交錯方式排列。 - 避免位於空氣不流通處（針對生化攻擊考量）。 - 限制車輛出入和停車以減少汽車炸彈的威脅。
2.與遠處設施的關係 (公共設備)	- 將公共設備線路埋設於地下。 - 提供備分的緊急系統。 - 將重要的設備匯流位置遠離主要攻擊目標區。
3.偽裝、隱蔽及欺敵 (CCD)	- 利用自然的地形特徵來提高隱蔽。 - 重新將外貌美化以及盡可能恢復其原始的情況。
4.●●●	●●●

資料來源：同註三。

表五 設施配置之內容範圍及設計考量因素

內容範圍	設計考量
1.空間安排	- 結構外型(基地形狀)以矩形或方形爲主，避免結構外型有凹字型（減少爆炸波效應）。 - 進行空間區分以限制炸彈損害之傳遞。 - 在結構內部周邊設置走道。 - 隔離機械操作場所與無塵(毒)室區。
2.重要任務功能之 空間設置	- 避免設置於地上結構之較高樓層處。 - 避免設置於結構的周邊，設置於結構的中心範圍有較多的存活性。 - 分散具有重要任務功能之空間。
3.公共設備	- 分隔乾淨和髒的機械操作在不同的空間。 - 提供足夠的水和油料儲藏供長期使用。 - 設定設備功能的優先順序，並按此設置於結構內。
4.其他考量	- 提供消除生化(CB)污染的區域。 - 減少設施出入口的數量和尺寸。 - 提供外部出入口的防護(防爆門等)。 - 利用CCD來減少視覺、紅外線、雷達和熱量的訊號或特徵。

資料來源：同註三。

除了上述六大基本設計因素外，設計單位與使用單位之間的協調及合作亦相當重要，尤其在規劃、設計之初期階段，使用單位必須提出作戰需求、武器威脅與戰時作戰力及存活能力的需要，當了解這些需求時，設計者才能據此進行初步的結構設計及估算出初步的建築成本。往往許多設計(結構之存活能力和作戰需求)的失敗，肇因於缺乏足夠的特性描述和成本資料的建立，導致設

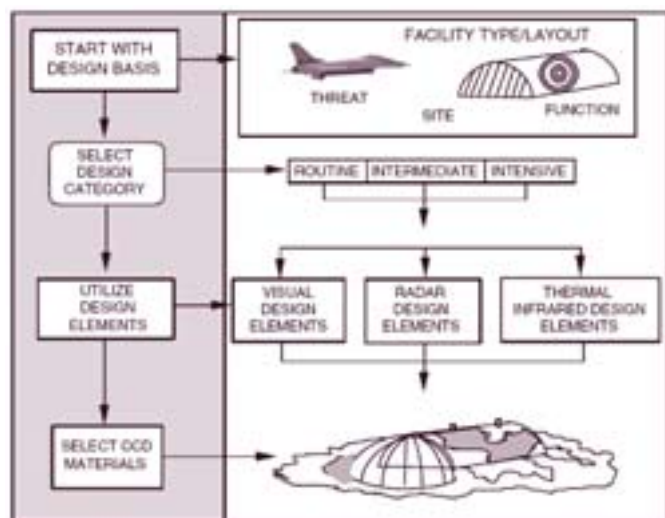
計單位無法確切了解使用單位的需求，造成設計後彼此認知差異過大，所以兩者之間的合作關係就顯得相當重要。

參、偽裝、隱蔽及欺敵(CCD) 之設計^{註五}

偽裝、隱蔽及欺敵的考量由美軍規範(TM5-855-1)於1998年首次提出，其主要目的在於提高結構之存活能力。若在結構之規劃設計階段同時考慮

註五 同註三。

圖一 偽裝、隱蔽及欺敵之設計方法流程



資料來源：同註三。

CCD效應，不論對結構之存活能力及成本的考量，均較事後進行單獨考慮CCD效應來得有效。因此，本節將就偽裝、隱蔽及欺敵之設計方法流程(如圖一)做一簡述，以提供設計者在規劃時之參考。

一、設計基準之決定

進行CCD設計首先必須根據威脅評估、場址位置及設施配置來決定。使用單位須提供設計單位之威脅資訊，而設

計單位則須了解進行有效CCD設計時所需之資訊，威脅資訊一般係針對威脅的載臺(Platform)、感應器與武器來評估，納入評估的項目包含型式、波段、速度、解析度、武器攻擊距離、誤差機率、目標物、攻擊影像、高度、角度、機動情況、人員效率等。場址位置的適當選定及設施配置的適當安排不僅可融入結構本身及其周遭環境之設計，更可有效提高CCD效應。

二、設計種類(等級)之選擇

在設計階段明確說明CCD的效用是使用單位的責任，其內容必須包含採用CCD之明確需求、作戰需求、威脅之感應器相關資訊及CCD設計之等級，其中設計種類(等級)區分(如表六)。

三、設計元素(Design Element)之採用

CCD之概念目前以視覺度、雷達訊號及熱紅外線之防護為主，其設計元素之採用主要根據威脅來源，並參考設計基準與防護種類，進行設計參數之計

表六 設計種類(等級)區分

設計種類	描述
第一類：一般防護	屬一般標準設計，不需要對威脅資訊具專門知識且不會負擔過度的成本或較大的設計改變。
第二類：中級防護	除包含執行第一類設計的所有步驟外，須具有對威脅資訊的一般知識，同時小部分的設計修改是可能的。另外對於在每一種威脅波長(Threat Wavelength)下之地表數據收集是必須的。
第三類：加強防護	除包含執行第一、二類設計的所有步驟外，同時對特定目標資訊蒐集之威脅具有反擊能力。對結構設計可能有較大的影響。另外需要收集在每一種威脅波長下之空中數據。
第四類：特定威脅防護(偵查)	與第三類防護等級相同，另需考慮偵查威脅之防護。
第五類：特定威脅防護(監視)	與第四類防護等級相同，另需考慮監視威脅之防護。

資料來源：同註三。

算，以做為後續偽裝技術與材料評選之基礎。三種主要設計元素概述於后：

(一)視覺度

視覺度設計主要考量目標物與周遭背景的光亮度或反差比的大小，同時，大氣環境性質的改變，亦會影響目標區資訊之獲得。

(二)雷達訊號

結構之雷達訊號主要以其雷達截面積(Radar Cross Section)為最重要的判斷依據，藉由雷達截面積的判讀，可得知目標物的大小、構成成分及被雷達偵測之容易度，因此，設計之目的乃為減少目標物之雷達訊號，也就是降低目標物的雷達截面積，使其無法清楚分辨目標物。

(三)熱紅外線訊號

熱紅外線訊號是指目標物表面所散發的熱能大小，藉由熱能放射量的計算，以減少結構表面塗料所產生的熱能。

四、CCD材料之選擇

偽裝、隱蔽及欺敵設計所採用之材料應確保：

(一)該材料不會與其他波段互相干擾，導致訊號的提高。

(二)該材料必須符合目標區之特定環境需求。

雖然目前明確分類供軍事用途之CCD材料極少，許多CCD材料仍可經由商業用途中獲得，而其材料之選擇主要還是參考防護等級及設計元素中的各項指標來選定適當的材料。

隨著國防科技的日新月異，現代武器對於軍事結構的攻擊，無論是準確性或是破壞性都對結構設計者的思維產生重大影響，由於目前中國大陸正持續發展所謂的陸基巡航導彈，其功能近似於美軍的巡弋飛彈，若再加上精靈炸彈等精確導引武器的嚴重威脅，軍事結構的防護能力正面臨嚴峻的挑戰，因此，如何有效提高軍事結構之防護能力，並進而達成其作戰任務之功能，將是一個嚴肅且值得深入探討的課題。

面對現今臺海情勢詭覺多變，軍事結構之防護能力對國軍未來建軍備戰有著相當大的影響，而目前國軍新一代武器陸續成軍，為避免相關軍事設施因缺乏適當防護而遭受損壞，進而造成國軍戰力減損，因此，本文針對軍事結構之防護設計所必須考慮的六項基本因素進行介紹，也就是作戰需求、武器威脅、場址特性、結構型式、場址規劃及設施配置等基本因素，並且加入偽裝、隱藏和欺敵等設計方法流程，期望提供從事軍事結構防護的設計者在進行規劃設計時一個嶄新的思維，並進而提高未來國軍軍事結構之防護品質及效能。

收件：94年04月04日

修正：94年05月16日

接受：94年06月01日

作者簡介

宋明倫中尉，中正理工學院91年班；現就讀於國防大學中正理工學院軍工所碩士生。

肆、結語