

鋼結構廠房規劃設計準則研擬

陳正平 技師

一、前言

工業廠房構造物之建造材料一般均採用鋼材作為建造材料，除有因製造過程或產製之產品會導致鋼結構廠房產生腐蝕現象或為其他考量才會採用其他材料建造。以鋼材建造廠房因其具有強度高、韌性佳、材質均勻、重量輕等材質的優點，又可在工廠內預製構件，故構件接合品質較易控制，且現場以栓接方式可迅速組裝、擴建或補強亦甚容易等因素，因此多數廠房考量整體經濟效益，為大多均以鋼材建造的主因。

鋼結構廠房與房屋結構相同，均須選用適當之結構系統及施工方法，並規劃適用的層高、樓層數、天車容量及跨度、構架間距、防火需求等，才能符合最佳的使用需求，與經濟效益。

二、廠房規劃與佈置

廠房之規劃與佈置影響廠房之使用功能及生產效率至巨，因此事前必須經過周詳之規劃與配置，其內容至少須考慮下列項目：

(1) 天車之吊重能力及淨空：

廠房於生產過程中常須搬運原料及運輸產品，或維修生產設備時須拆解設備之零件，因此天車為廠房常用之主要配備之一，選用天車規格時須考慮常用之吊重範圍，亦可除主鉤外，另配備副鉤，以方便吊運較輕物品時可利用副鉤操作較方便省電(但主、副鉤不合併使用)。另一考量重點為須規劃物品吊運時所需之揚程及天車行走等所需之操作淨空，以便配置最經濟之廠房空間及選用有效之天車規格。太高之淨高除會增加地震彎外亦會增加受風面積，結構工程造價會增加。天車之吊重能力及淨空規劃參見圖 1。

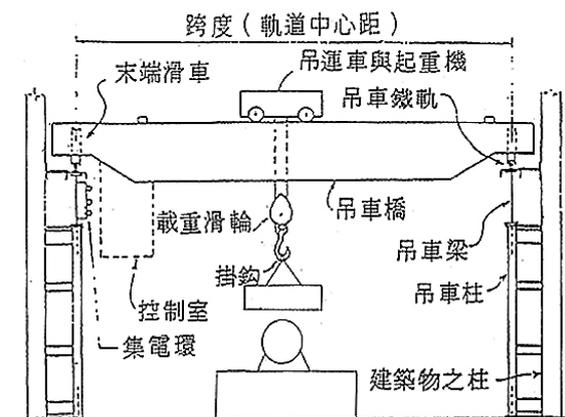


圖 1：天車之吊重能力及淨空規劃

(2) 作業空間需求：

廠房之基地面積大小、生產線作業流程及空間需求等均會影響廠房之規劃及配置，如果基地面積不足而需以規劃興建多層配置時，應以較輕之設備置於上層，較重

之設備置於下層，或較可能產生振動的設備，尤其是往復式振動機械配置於下層，這樣可使廠房之使用性較佳，且結構體較安全，造價較經濟。

(3) 使用年限：

各類產品之製程均有其生命週期，故廠房可配合產品之種類來決定廠房預計之使用年限，以決定廠房之結構構件應採用重型構件或輕型構件，以及所需防蝕、防火等所需之處理等級。

(4) 建築外觀與結構系統：

廠房可依其所在位置或美化需求來決定建築外觀之型式及材料，並依使用空間之條件來決定最經濟安全之結構系統。亦可利用結構系統之特性來表現結構「力」與「美」，惟考量美化工程通常會提高工程造價。較複雜的廠房結構系統型式見圖 2 及圖 3 所示。

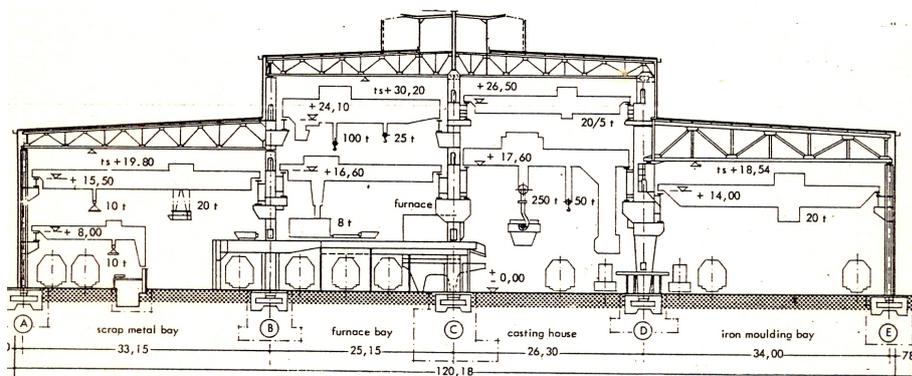


圖 2-1：廠房結構系統型式案例

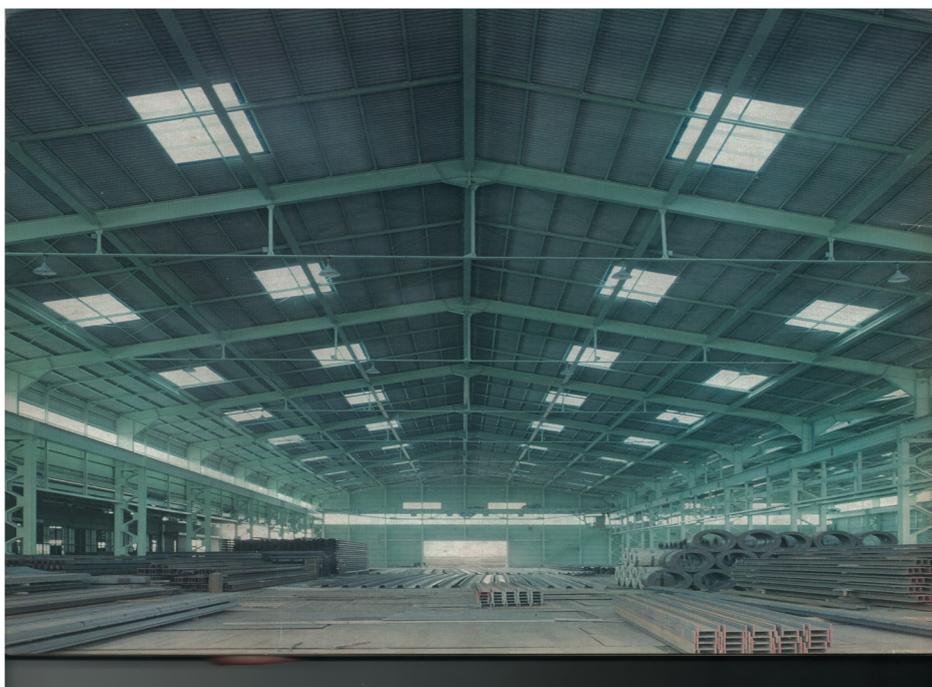


圖 2-1：廠房結構系統型式案例

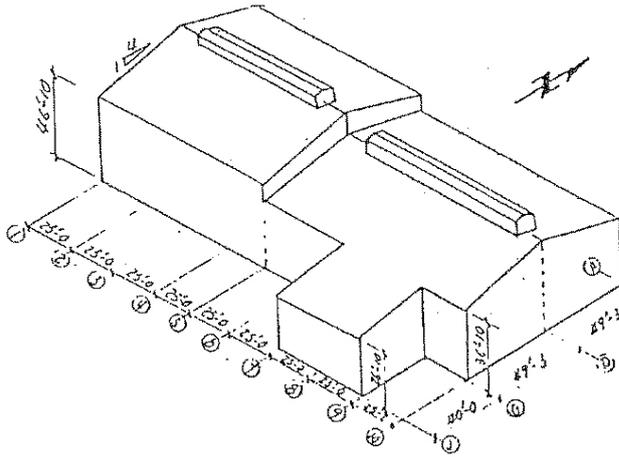


圖 3：廠房結構系統型式案例之二

(5) 採光、空調容量：

廠房屋頂如將部份屋面板採用透明之浪板，並設置自然通風之透氣樓，或機械抽風系統，則可節省能源並可維護作業人員心身健康。惟採用透明之屋面浪板，通常結構安全性不佳，因此須配合增設維修走道等設施。

(6) 雨水、粉塵等之排除能力：

適當之屋頂坡度及屋面材料可加強雨水及粉塵之排除能力，以免屋頂產生滲漏而損及機具設備或倉儲物品，並可避免粉塵堆積過多而導致屋頂崩塌，國內亦曾發生鋼廠因屋頂粉塵堆積過多而坍塌之案例(見圖 3)。屋頂坡度則依據氣候(雨量)、使用空間及屋面材料等來決定。若為使用彩色金屬鋼浪板，其長向可做到無接縫，因此其排水坡度、可小至 2%。若為鋼結構平屋頂則須有適當之預拱度，以防因為撓度積水而產生積水效應(Ponding)。

(7) 擴建之可能性：

廠房之規模往往須配合產品之行銷量而分期擴廠，以減少資金需求，並降低初期生產成本，提高競爭力。因此有分期興建需求時應預留後續接合面及接頭，並予妥善保護以防銹蝕。

三、結構系統與結構分類

工廠廠房與一般的建築物不同，通常均附設天車以便吊運物品；或附設維修走道、平台、樓梯、爬梯以提供設備維護之用。維修走道之配置位置亦須妥善規劃，才能以最少量的維修走道，提供最大的維修效益。廠房建築物之設計者對廠房之結構設計常引用美國鋼鐵工程師協會 (Association of Iron and Steel Engineers, AISE) 出版的第 13 號報告“廠房建築之設計與施工指引”(Guide for the Design and Construction of Mill Buildings) 來設計，但所作之設計仍應符合國內之有關法規及規範。

3.1 結構系統

鋼構造廠房因重量較混凝土構造為輕，故大部份情況均為抗風設計控制。一般採用之 H 型鋼為單向強軸，因此山型構架方向可採用剛構架，長向則採用斜撐構架，鋼結構廠房各構件之細部及水平力抵抗系統如圖 4 所示，圖 4 之廠房結構系統為最常用之廠房結構系統之一。若容許二向均採用斜撐構架，則造價將可大幅降低。惟採用斜撐構架會造成斜撐系統抵抗較多之水平力，致力量集中在少數基礎上，造成基處之上舉及下壓力太大而設計困難。

各個層面之水平力傳遞系統在各交界面須有良好的轉接，應儘量使各力交會於一點，避免產生偏心，如有偏心彎矩及剪力產生，均需予以妥善設計處理二次偏心彎矩的影響，以免造成傳力路徑產生中斷或弱點。

架空之天車道梁須有良好的側向支撐，以保持穩定性，天車道梁視天車之輕重型可選用支架、梯狀柱或分離支柱等系統(如圖 5 及 6 所示)。廠房之基本型式見圖 7。

3.2 結構物之分類

廠房結構物之分類係基於預期發生於結構物上的特定載重情況之反覆作用的次數作為分類的基準。因之，預計的使用期限及反覆載重重複率，可決定一棟工廠建築物的全部或任何部份的分類等級，通常使用的年限建議為 50 年，並引用（Association of Iron and Steel Engineers, AISE）載重情況的規定時，其等級（class）分類如下：

載重情況	載重反覆次數	建築物等級
1	20,000~100,000	C
2	100,000~500,000	B
3	500,000~2,000,000	A
4	超過 2,000,000	A
5	其他情況之建築物	D

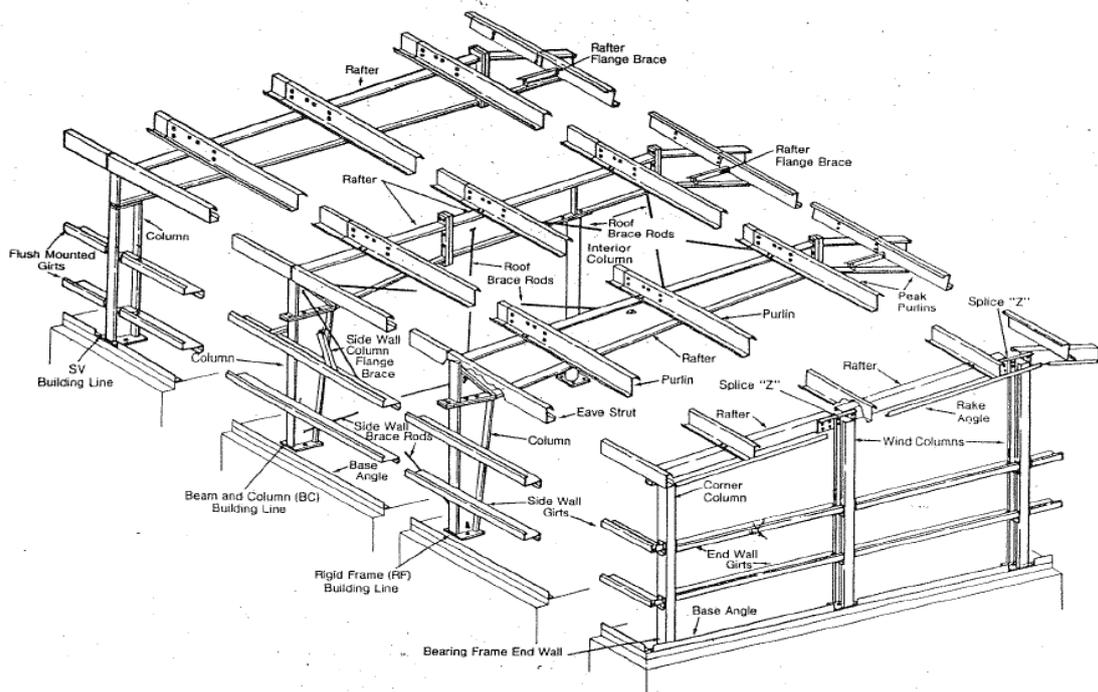


圖 4： 鋼結構廠房各構件之細部及水平力抵抗系統示意圖

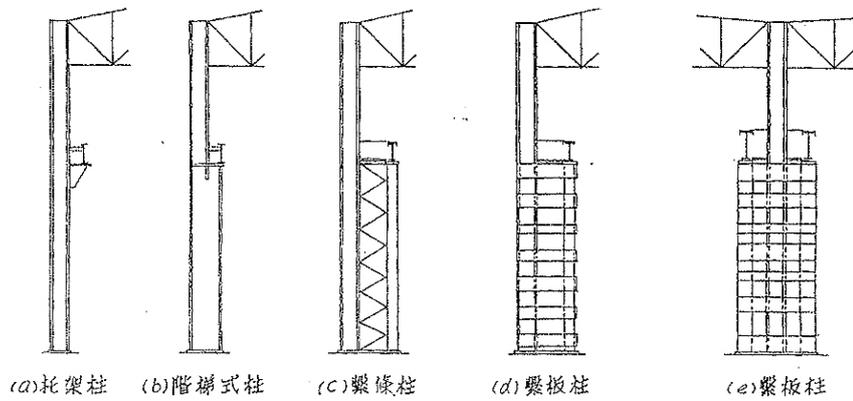


圖 5：天車道梁支柱系統之一

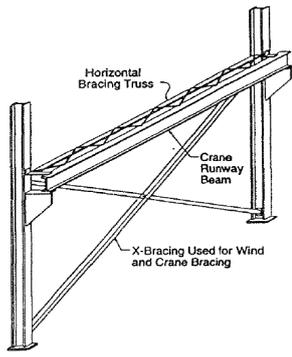


Fig. 17.2.1 Wall Bracing for Cranes

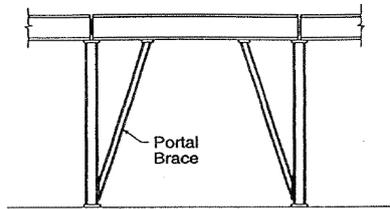


Fig. 17.2.4 Portal Crane Runway Bracing

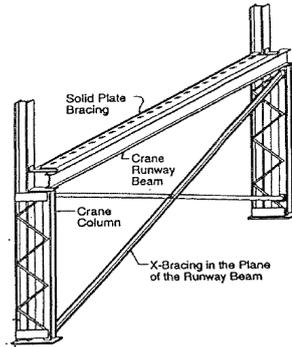
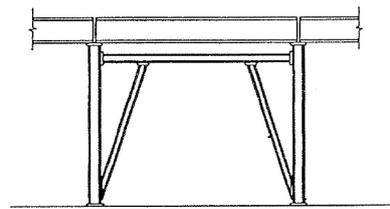


Fig. 17.2.2 Vertical Bracing for Heavy Cranes



Modified Portal Crane Runway Bracing

圖 6：天車道梁支柱系統之二

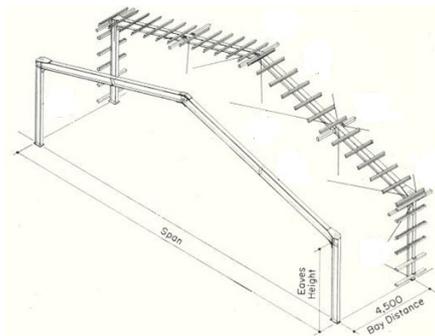


圖 7-1：標準型山形廠房[8]

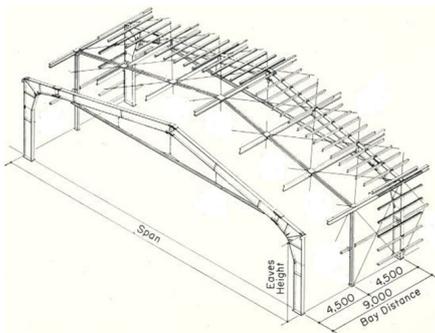


圖 7-2：拉桿型山形廠房[8]

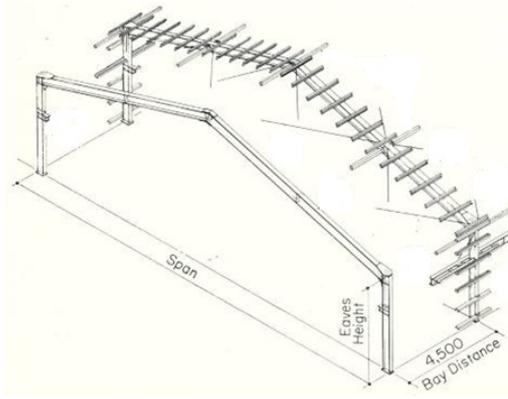


圖 7-3：天車 3t 及 5t 型山形廠房[8]

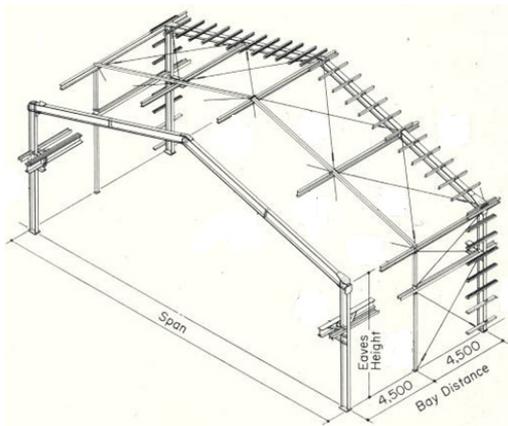


圖 7-4：天車 5t 及 10t 型山形廠房[8]

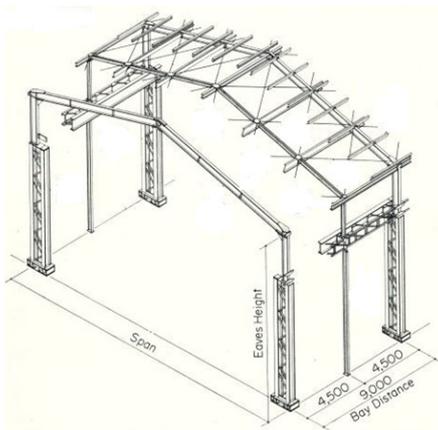


圖 7-5：天車 20t 型山形廠房[8]

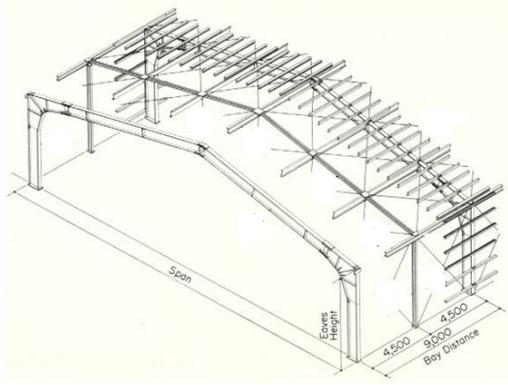


圖 7-6：大跨型山形廠房[8]

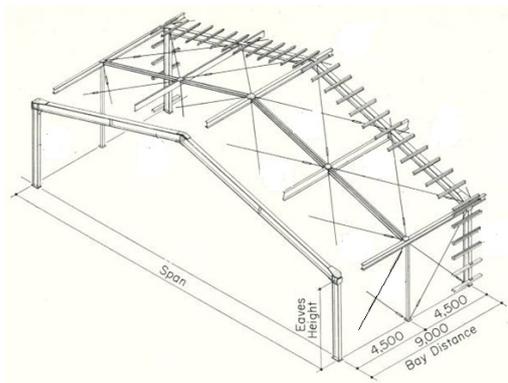


圖 7-7：間梁間柱型山形廠房[8]

四、載重

4.1 風力係數

各種結構型式承受風力產生之作用力均不同，而現行「建築物耐風設計規範及解說」，對風力計算之規定過於繁複，尤其是 2.10 節(橫風向之風力)，及 2.11 節(作用在建築物上之扭矩)，等二節更不適用於無剛性橫隔樓版之低矮型廠房結構，故建議參酌日本建築基準法規範，或美國“美國土木工程師協會(American Society of Civil Engineers ASCE)”“建築結構物最低設計載重(Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures)”第 6 章(風載重)之規定設計。

國內耐風設計規範對風載重之形狀系數亦缺少看台或懸臂雨庇結構之形狀系數，常有發生形狀系數考量不足發生破壞之現象，設計者可參考下列規範之規定設計：

- 1、UNIFORM BUILDING CODE (UBC) Chapter 16, Division III Table 16-H：對於斜率小於 16.7%之建築物進出口處之雨棚之風壓係數取 2.8。
- 2、中國大陸「建築結構荷載規範 GBJ 9-87，迎風坡面之廠房屋簷懸臂雨篷之風壓係數取 1.4 向上。
- 3、日本構造計算便覽，水原 旭、井田 平、甲野繁夫、栗原憲吉等著：看台形建築物之屋頂設計風壓係數為外半跨取 1.7 向上，內半跨取 1.6 向上。

4、美國土木工程師學會(AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (ASCE)

『WIND FORCES ON STRUCTURES』：看台形建築物之屋頂設計風壓係數為外半跨取 1.9 向上，內半跨取 1.6 向上。

4.2 天車走道與支承結構載重組合

廠房之桿件及接頭必須根據下列三種載重情況加以設計，每一種載重形式（例如：靜載重、活載重、吊重偏心、吊車橫力、風力等）之彎矩與剪力等先作載重組合再設計之。

1. 第一種情況：

用於反復載重下之構材設計，其應力範圍（**Stress Range**）之決定係根據一部天車（連棟時只處理一棟即可）之垂直衝擊力、吊重偏心效應與 50% 的側向衝擊力等校核之，此情況不適用於 D 級廠房建築物。

2. 第二種情況：

所有的靜載重與活載重，包括屋頂活載重加一部天車（或在特別情形下具一部以上的天車）之最大側向衝擊力、一部天車之縱向拖曳(或剎車)力，加上所有的偏心效應，及下列的垂直天車載重之一：

(1) 一部天車的垂直載重包括全部的衝擊力。

(2) 由儘可能之多部所設置天車之垂直載重，加以排列，以使欲設計之桿件產生最大應力者，惟可不考慮衝擊力。此情況可提高容許應力，不考慮疲勞之折減（此情況可用於所有等級之廠房建築物）。

3. 第三種情況：

所有的靜載重與活載重及一部天車的衝擊力與下列所述載重之一：

(1) 全部的風力，無側向衝擊力，但有一部天車排列使其產生最大的垂直載重效應。

(2) 50% 的風力，加上由一輛天車所產生的最大側向衝擊力與垂直載重效應。

(3) 全部的風力而無活載重或天車載重。

(4) 在天車走道之一端由一部天車產生之緩衝撞擊（**Bumper Impact**）效應。

(5) 將所有天車之靜載重停放於每一列廠房（**aisle**）使其產生最大的地震效應。

本情況可適用於各級工廠建築物，容許應力允許增加 1/3。

五、設計重點

5.1 結構型式

鋼結構廠房之構架型式可分為力霸式桁架構架、桁架構架、輕量型鋼構架及 H 型鋼構架等。鋼料使用量視結構系統、材料強度及跨度而定，由型鋼構架至重型 H 型鋼構架，其用量約為 30 kg/m² 至 250kg/m² 之間。鋼結構廠房施工快速，且可拆遷或擴建，相當方便，惟須視需要做防蝕、防火等措施。故維護費用較高，尤其

臨近海邊等腐蝕性較高地區，須做防蝕處理，不易維修保養之部份宜以密封或鍍鋅等方式處理。構架選擇取決於跨度、機械設備或倉儲物等之使用空間、天車操作所需空間、載重大小、業主需求等因素而定。

1. 桁架 (Truss) 之使用條件：

- (1) 用料較輕，但細料較多維護保養不易，製作安裝亦較不方便。
- (2) 可使用空間較小。
- (3) 適用於較大跨度較經濟。

2. H 型鋼構架之使用條件：

- (1) 用料較重，但製作及安裝較方便，維護簡易。
- (2) 能充分發揮使用空間較美觀。
- (3) 適用於較小跨度較經濟。

5.2 廠房跨度與構架間距之配合

跨度與構架間距之配合決定於荷重、屋頂型式、跨徑、有無中間小梁及小柱、桁條尺寸及間距、天車道梁，以及基礎支承狀況等來決定，構架間距一般取 3.5m ~ 10m 之間，其相關尺寸配合建議如下：

桁架構架		型鋼梁剛性構架	
跨 度	構架間距	跨 度	間 距
15m~28m	3.5m~6m	9m~12m	5m
18m~27m	4.2m~6.6m	12m~18m	5.5m
27m~30m	4.5m~7.5m	18m~30m	6m
		30m 以上	1/4~1/6 跨度

5.3 伸縮縫

廠房內如有煉鋼、或產生高熱之焗、爐或操作溫度變化範圍較大時，每隔 120m 至少需有橫向伸縮縫一處。如溫度變化不大之一般廠房可達 150m 一處伸縮縫。伸縮縫處可以設置二獨立相鄰柱或以長槽孔接合柱二側連接之桿件，惟須考慮偏心接合對支承柱之影響。

5.4 鋼結構廠房之設計步驟

廠房中常附設有天車以便吊運物品，或附設維修走道、平台、樓梯和爬梯等以供維修之用；附設天車之廠房須考慮天車之外加載重、衝擊力以及反復載重產生之疲勞效應，天車道梁及其支承架須檢核疲勞效應。

一般廠房之設計步驟包括：

- (1) 規劃廠房之平面佈置，生產設備及天車等操作所需空間等，以決定廠房之尺寸。
- (2) 決定各種載重及組合情況。
- (3) 選擇結構系統及假設各桿件之斷面尺寸及重量。

- (4) 設計天車道梁並決定道梁作用於構架支承架之力量。
- (5) 設計桁條、圍梁及抗風柱。
- (6) 分析構架及檢核位移量是否符合需求。
- (7) 設計梁柱桿件。
- (8) 設計水平和垂直斜撐。
- (9) 天車道梁檢核疲勞效應。
- (10) 核算構架之重量是否與假設重量相近。若否，則必須重複前述工作。
- (11) 基礎設計，若用偏心基礎須檢核傾倒穩定性及最大地反力。
- (12) 作成設計圖說和工程預算並繪製製造圖。
- (13) 其他有關避雷接地等機電設施應另配合辦理。

5.5 屋面和牆面系統

屋面或牆面之材料一般習用之石棉浪板因石棉粉塵有礙健康，目前已漸廢棄不用而採用金屬浪板，亦有為保溫節省能源而採用雙層金屬板（中間填充絕緣材料），或將其於工廠做成片狀運往工地組合；至於面板之安裝一般以自攻螺絲或扣壓式沿疊接處密接裝設。

桁條及圍梁之間距及其接合螺絲數量等，在屋面或牆面之角隅或轉折等受風力集中處應較密集，以防屋面或牆面板破裂或脫落。而屋面板之選用另須考慮採光問題。

桁條（purlin）與圍梁（girt）之設置間距取決於載重之大小及面板材料之強度及規格以及施工安全性而定，一般中、小浪之屋面板約在 0.6M 至 1.8M 之間；對於使用大浪之屋面板有使用至 3.2m 之案例。桁條構材一般採用 C 型鋼、槽鋼、H 型鋼、Z 型鋼或空腹桁梁等。其設計亦得採用單跨施作或多跨連續跨度計算之。

5.6 防垂桿（sag rod）之設置

1. 依屋面載重、桁條跨度、及屋頂桁架之高跨比來決定是否設置防垂桿。
2. 當屋面斜度大於 1：4 時，宜設置防垂桿。
3. 屋面防垂桿設置之位置如下：
 - (1) 輕型屋面於構架間距 $L > 6M$ @1/3 L 處。
 $L \leq 6M$ @1/2 L 處。
 - (2) 重型屋面於構架間距 $L > 4.5 M$ @1/3 L 處。
 $L \leq 4.5 M$ @1/2 L 處。

屋面防垂桿一般最小使用 13mm ϕ 防垂桿，設置時應依使用之目的來決定，儘量靠近桁條之上緣，續接處以左右錯開為原則，以便承載屋面板沿屋面方向之分力載重。防垂桿有效受力面積以車牙後所剩之有效面積（大約為全斷面之 75%）為準。

5.7 圍梁

- 1、圍梁之安排配置另需考慮配合門、窗等開口條件。
- 2、為減小圍梁之斷面尺寸，建議牆面圍梁宜設置防垂桿。
- 3、牆面防垂桿設置之位置如下：

- (1) 輕型牆面於構架間距 $L > 5M$ @1/3 L 處。
 $L \leq 5M$ @1/2 L 處。
- (2) 重型牆面於構架間距 $L > 4M$ @1/3 L 處。
 $L \leq 4M$ @1/2 L 處。

牆面防垂桿一般最小使用 16mm ϕ 防垂桿，設置時應依使用之目的來決定，儘量靠近圍梁之外側，續接處以左右錯開為原則，以便承載外側牆面板之載重。防垂桿有效受力面積以車牙後所剩之有效面積(大約為全斷面之 75%)為準。

5.8 屋頂透氣樓

為保持作業場所之空氣清新流暢，按勞工安全衛生設施規則需於屋頂設置自然透氣樓，如換氣量仍不敷時，應設置抽風機。

對於麵粉食品廠、煉鋼廠或易產生粉塵之生產工廠，應經常注意屋頂及透氣樓積塵狀況，並定期清除，以免產生設計外之載重，影響屋頂鋼架之安全。

5.9 主構架系統

廠房主構架系統主要分屋頂、支柱及圍牆等三部份。主要構件名稱如下：

1. 屋頂部份：

- (1) 構架(framing)。
- (2) 抗風縱向構架(sway frame)。
- (3) 上弦斜撐(top chord bracing)。
- (4) 下弦斜撐(bottom chord bracing)。
- (5) 桁條(purlin)。
- (6) 背脊桁(ridge)。
- (7) 簷口桁(eaves)。
- (8) 防垂桿(sag rod)。
- (9) 屋面板(roofing)。

2. 支柱部份：

- (1) 構架柱(building column)。
- (2) 天車柱(crane column)。
- (3) 抗風柱(wind column)。
- (4) 斜撐系統(bracing)。

3. 圍牆部份

- (1) 抗風柱(wind column)。
- (2) 圍梁(girt)。
- (3) 防垂桿(sag rod)。
- (4) 牆面板(siding)。

4. 其他(例如基腳等)。

5.10 柱之類型

廠房之柱一般可分為構架柱及天車柱兩類。構架柱主要承擔主構架之長期載重及短期載重(風力及地震力)，天車柱主要承擔天車載重。在實務上常將構架柱及天車柱兩者組合併置或共構，其形狀分為：

1. 托架柱(bracketed column)。
2. 階梯式柱(steped column)。
3. 繫條柱(laced column)。
4. 繫板柱(battened column)。

柱之最經濟設計之假設條件：

1. 固定柱基底部。惟其基礎亦須檢核傾倒彎矩。
2. 具有水平斜撐桁架，使側向天車載重可分配至鄰近之柱。
3. 當屋頂構架為桁架時，斜撐桁架位置設在下部弦桿 (bottom chord) 之高度上。
4. 立面構架儘可能設置斜撐系統。惟須檢核接頭集中力及基礎之舉及下壓力。

5.11 柱與基腳之連接

依設計分析時假設其為固定或鉸接而有多種不同之接合之方式。鋼柱與混凝土柱墩間之接合宜設置剪力釘。

5.12 屋頂斜撐

屋頂斜撐在具有天車系統之工廠建築物中特別重要。使用較剛勁之屋頂斜撐系統可得較經濟的設計，因屋頂斜撐可使吊車之側向載重分配至鄰近的構架，而減少載重構架之柱的彎矩。當然構架之設計彎矩仍不得少於分擔之風力所產生者，而構架與柱之位移亦得均勻分佈。至於未具屋頂斜撐系統時，天車側力由單一構架承擔。由於屋頂斜撐之勁度在分擔側力時很重要，建議斜撐構材採用角鋼或 T 型鋼。若使用棒鋼 (rods) 時，建議需有足夠的勁度才可使用。

5.13 牆面斜撐

天車縱向衝擊力及風力通常由牆面斜撐來承擔，對於傳遞天車縱向力之斜撐建議採用下列配置：

縱向力	斜撐配置
2tf 以下	使用抗風斜撐
2 tf ~4 tf	使用水平桁架將力傳遞至斜撐平面
4 tf 以上	直接在縱向力立面上設置斜撐

又天車柱斜撐系統通常用 X 型斜撐，若遇通道處可採用門型斜撐，但門型斜撐配置

會使斜撐承受極大之垂直力。

5.14 天車道梁 (crane runway girder) 之設計

1. 載重考慮：

- (1) 最大輪載重與輪間距。
- (2) 多部天車位於同一走道或相鄰走道之影響。
- (3) 垂直向衝擊力。
- (4) 剎車力及縱向衝擊力。
- (5) 橫向衝擊力。
- (6) 疲勞效應。
- (7) 其他

2. 影響天車道梁設計之天車特性：

- (1) 掛鈎容量(包括起重裝置在內之吊起載重)。
- (2) 吊車重量(bridge)。
- (3) 吊機重量(trolley)。
- (4) 吊車淨空間與掛鈎高度。
- (5) 載重之服務類別。
- (6) 移動速度、加速度與剎車速度。
- (7) 跨度(軌道中心距，會受到屋架撓度而變動)。
- (8) 輪子數量與間距。
- (9) 最大輪載重。
- (10) 集電環鐵軌(或其他動力來源)之型式與位置。
- (11) 走道鐵軌尺寸及軌道與道梁間之偏心。
- (12) 緩衝裝置之受壓縮長度。
- (13) 緩衝裝置(止動架)距吊車鐵軌頂之高度。

3. 選擇吊車大梁之原則：

- (1) 輕型吊車及短跨度：用寬翼梁。
- (2) 中型吊車及中跨度：用寬翼梁並以槽鋼蓋板或角鋼補強上翼板。
- (3) 重型吊車及長跨度：用板梁，上翼板以桁架或實體版加強。
- (4) 單軌天車：I 型鋼。

5.15 天車載重下之撓度限制

大梁由於活載重（不包括衝擊載重）產生之垂直允許撓度如下(L 為跨距)：

1. 輕型與中型吊車：L/600。
2. 鋼廠吊車：L/1000。
3. 天車道梁之側向允許撓度：L/400。

5.16 天車道梁設計步驟

1. 計算滿足撓度控制所需之慣性矩 (I_x 與 I_y)，對於輕型及中型吊車，其垂直撓度宜限制在 $L/600$ 以下，重型吊車則宜限制在 $L/1000$ 以下。
2. 將天車之載重置於最臨界之狀況，如產生最大彎矩或最大剪力等。
3. 計算撓曲彎矩（包括衝擊效應） M_x 與 M_y 。
4. 選擇斷面，須考慮無支撐長度及側向挫屈，若疲勞控制時，亦須考慮容許的應力差值(應力幅)範圍。
5. 以下式校核斷面

$$\frac{M_x / S_x}{Fbx} + \frac{M_y / S_{y'}}{Fby} \leq 1.0$$

其中，

M_x, M_y = 分別對鋼梁強軸及弱軸之計算撓曲彎矩（包括衝擊效應） (tf-m)。

Fbx, Fby = 分別對鋼梁強軸及弱軸之容許撓曲應力 (tf / cm^2)

S_x = 對鋼梁強軸之斷面模數 (cm^3)。

$S_{y'}$ = 上半部斷面對 y 軸之斷面模數(cm^3)。

根據 AISE#13 之規定，由於吊車車輪通過大梁之上翼版產生之局部縱向彎曲應力為：

$$f_{bw} = \frac{P \cdot t_f}{8(I_R + I_f)} \left[2(I_R + I_f) \frac{h}{t} \right]^{1/4}$$

其中， f_{bw} = 由於輪載重產生撓曲於上翼板之局部縱向應力(tf/ cm^2)

P = 最大輪載重(tf)

t_f = 上翼板厚度(cm)

I_R = 鐵軌之斷面慣性矩(cm^4)

I_f = 上翼板之慣性矩(cm^4)

h = 翼板間之淨距(cm)

t = 腹板厚度(cm)

f_{bw} 值通常在 $0.07 \sim 0.28t/\text{cm}^2$ 的範圍。

上翼板之頂部應力會增加此局部應力，而上翼板底部應力則會減少此局部應力值。

6. 天車道梁為避免不均勻沈陷產生額外之彎矩，一般不論實際是否為連續梁均以簡支梁設計。
7. 軌道安裝時，常因施工精度及構架側向撓度等因素而無法與梁腹板中心一致而產生偏心彎矩，故天車道梁腹部宜設置加勁板，但考量疲勞效應的影響加勁板不宜銲接於下翼板。

5.17 天車道梁止動架

1. 螺旋彈簧式緩衝器(coil spring bumper)。

$$F = \frac{WV^2}{gC_t}$$

其中，

F = 長向總慣性力，由天車大梁(bridge)及吊機(trolley)之總重量所產生之慣性力，作用於天車系統之重心上，並依此重心位置分配於二側之止動架。

W = 天車總重量（不含吊重）

V = 撞擊時之速度，採用額定載重速度之 50%，m/s

C_t = 撞擊時彈簧之壓縮長度，m。

g = 重力加速度， 9.8m/s^2 。

2. 無充分資料時，每側止動架之作用力採用天車總重量(不含吊重)之 10%。

5.17 天車道梁相關桿件及其接頭須考慮疲勞效應之影響。

六、結語

廠房結構設計與一般建築結構設計最大的差異在載重的差異非常大，尤其是有很多設備或運轉載重(振動、衝擊、溫度等)，設計者常誤將廠房載重比照建築結構之靜態載重處理方式設計而造成結構體損壞或振動過大而影響使用性。另外廠房結構之穩定系統型式會影響施工順序，鑑於經常發生廠房在施工中倒塌，在此特別提醒設計者，將結構穩定系統較特殊者之施工順序註明於設計圖上，讓施工者有所遵循，以防施工者一時疏忽釀成災害。

【參考資料】

- [1] 陳正平 (1997) "鋼結構設計手冊"(容許應力法) CSSE 86-05A 中華民國結構工程學會。
- [2] 鍾善藤 (1987) "鋼造廠房之設計"，第一屆鋼鐵構造技術研討會論文集，台灣營建研究中心，民國 76 年 8 月。
- [3] Fisher, J.M. and Buettner D.R.:(1979) "Light and Heavy Industrial Buildings" AISC。
- [4] Association of Iron and steel Engineers; (1990) "Guide for The Design and Construction of Mill Buildings."。AISE Technical Report No. 13 Aug. 1979
- [5] Edward J.Teal (1975) "Seismic Design Practice for Steel Buildings" AISC Engineering Journal, 4th Quarter, 1975。
- [6] MBMA (1986) "Low Rise Building system Manual"。
- [7] Walter Henn (1975) "Building for Industry"。
- [8] Nippon Steel Corporation, "NIPPON STEEL FRAMES" 型錄。