

高等学校試用教科書

鋼 結 構

下 冊

“工程結構”教材選編小組選編



中國工業出版社

高等学校試用教科书



鋼 結 构

下 册

“工程結構”教材选編小組选編

中国工业出版社

本教材系根据高等学校五年制工业与民用建筑专业1959年指导性教学计划，参照国内各院校目前教学实际情况编写而成。

全书分上、下两册。上册包括绪论、材料、计算原理、联结、梁及梁格、中心受压柱及压杆、桁架、预应力钢构件、钢结构制造等章；下册包括厂房钢结构、大跨度房屋钢结构、塔桅钢结构、钢板结构、钢结构经济问题、铝合金结构等章。

本教材适合于高等学校工业与民用建筑专业应用。

● 钢 结 构

下 册

“工程结构”教材选编小组选编

*

中国工业出版社出版（北京修门内大街10号）

（北京市书刊出版事业许可证出字第110号）

中国工业出版社第一印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店经售

*

开本 787 × 1092¹/₁₆ · 印张 15 · 字数 345,000

1961年8月北京第一版·1961年8月北京第一次印刷

印数 0001—4033 · 定价（10-6）1.80元

统一书号：15165-822（建工80）

下 冊 目 录

第九章 厂房鋼結構 4	第十一章 塔桅鋼結構 143
第一节 厂房結構的組成和规划原則..... 4	第一节 概述..... 143
第二节 柱网和伸縮縫的布置..... 9	第二节 作用在塔桅結構上的荷載..... 145
第三节 橫向框架的型式和主要輪廓尺寸..... 12	第三节 桅杆結構..... 147
第四节 屋蓋結構..... 18	第四节 无綫电塔..... 159
第五节 支撐体系..... 24	第五节 輸电綫路铁塔..... 163
第六节 牆架构件..... 31	第十二章 鋼板結構 16 ⁸
第七节 橫向框架的計算簡图和荷載..... 35	第一节 一般特性..... 168
第八节 橫向框架的靜力計算..... 42	第二节 儲液庫..... 172
第九节 柱身的构造和計算..... 51	第三节 气柜..... 181
第十节 柱脚..... 69	第四节 高炉鋼結構..... 186
第十一节 大型厂房边列柱計算例題..... 76	第十三章 鋼結構技术經濟問題 197
第十二节 屋架的构造和計算特点..... 82	第一节 概述..... 197
第十三节 吊車梁的型式及工作特点..... 85	第二节 鋼結構造价的組成..... 197
第十四节 吊車梁的构造及計算特点..... 88	第三节 節約鋼材和降低材料費的方法..... 199
第十五节 制動梁（制動桁架）及吊車梁的其他問題..... 95	第四节 降低結構制造、运输、安装及使用費用的方法..... 201
第十六节 焊接吊車梁的計算例題..... 105	第十四章 鋁合金結構 204
第十章 大跨度房屋鋼結構 113	第一节 概述..... 204
第一节 大跨鋼結構的应用范围及基本特点..... 113	第二节 鋁与鋁合金的化学成分和机械性能..... 206
第二节 梁式大跨結構..... 114	第三节 鋁合金結構設計的若干特点..... 207
第三节 拱式大跨結構..... 118	第四节 鋁合金結構的联結..... 213
第四节 肋形及肋环形圓屋頂結構..... 123	附录一 材料和联結的計算强度及其他計算資料..... 214
第五节 网架結構..... 123	附录二 鋼板、型鋼規格及截面特性..... 219
第六节 悬式大跨結構..... 131	附录三 梁整体稳定及剛設驗算資料..... 230
	附录四 中心受压及偏心受压杆件計算資料..... 232
	参考文献 240

第九章 厂房钢结构

第一节 厂房结构的组成和规划原则

1. 厂房钢结构的组成

厂房结构是整个建筑物的骨干，它是由柱、桁架、梁等构件组合而成的刚强的空间骨架，担负着作用在厂房上的各种荷载，它的组成部分有（图9-1）：

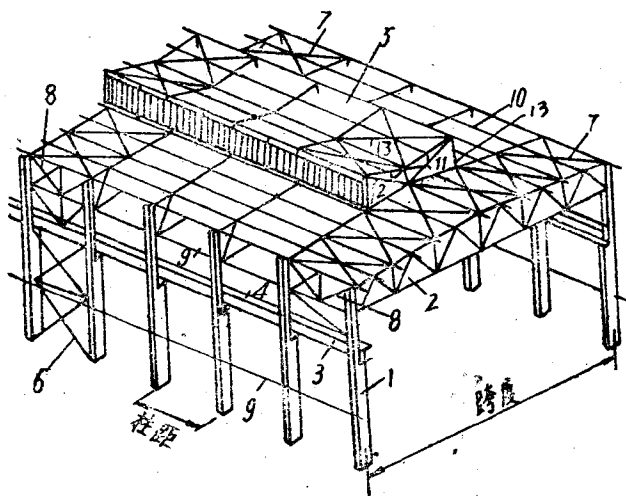


图 9-1 厂房钢结构的组成

1—钢骨架柱；2—屋架；3—吊车梁；4—制动梁；5—天窗；6—柱间垂直支撑；7—屋盖上弦水平横向支撑；8—屋盖垂直支撑；9—墙架梁（墙壁骨架）；10—檩条；11—天窗架；12—天窗架垂直支撑；12—天窗上弦水平支撑

（1）**横向框架**，由柱和它所支承的屋架组成，是厂房的主要承重体系，支持着结构的自重、风、雪荷载和吊车的竖向和横向荷载；

（2）**屋盖构件**，是承受屋盖荷载的结构体系，除了横向框架的横梁同时也是屋盖构件之外，还包括有托架和中间屋架、天窗架，个别情况下还有檩条；

（3）**支撑体系**，包括屋盖部分的支撑和柱间支撑等，它一方面和柱、吊车梁等组成厂房的纵向构架，承受水平纵向荷载，另一方面又把主要承重体系由个别的平面结构联成空间的整体，从而保证了结构的刚度和稳定；

（4）**吊车梁和制动梁（制动桁架）**，直接支承车间所使用的各类吊车，并把吊车荷载传到横向框架和纵向构架上；

(5) 墙架构件, 支承墙面上的风荷载和填充墙的荷载。

2. 厂房结构规划的基本原则

规划一个厂房结构, 就是确定需要那些构件, 安排在什么位置以及采用什么型式。这个问题牵涉的因素很多, 需要全面考虑各种条件, 创造性地加以解决。厂房结构布置方案有多种多样的变化, 必须针对具体情况找出最合理的方案。图9-2表示黑色冶金工厂几个车间的剖面图, 它们之间就有着很大差别: 平炉车间混铁炉工段的特点是单跨且很高, 而车间长度不大(图9-2a); 平炉车间主厂房是三跨建筑物(图9-2b), 它的特点是吊车很重(起重量可达350t), 并且柱距很大(中列柱距可达36m); 整模车间则是两跨的, 高度不大, 吊车起重量也较小(图9-2c)。

规划厂房的基本原则, 就是在党的“鼓足干劲, 力争上游, 多快好省地建设社会主义”总路线的指导下, 贯彻“适用、经济、在可能条件下注意美观”的建筑方针, 贯彻坚固适用、经济合理、技术先进的原则。

适用性首先表现在满足车间内生产活动所需要的空间, 即要求在布置柱网和支撑时注意留出必要的净空; 其次要求厂房结构具有足够的纵向和横向刚度, 使桥式吊车能够正常运行而不致造成钢轨很快磨损或墙和屋面破坏。适合生产需要, 不仅应该考虑建厂初期的条件, 还要照顾生产工艺发展的远景。例如, 在吊车起重量可能增大的情况下, 要使主要结构能够承受生产发展以后的荷载。同时, 根据生产的特点, 必须满足安全技术条件, 在重工作制的吊车旁设置安全过道; 在炼钢车间内禁止采用内排水屋顶等等。不言而喻, 厂房结构本身应该是安全坚固的, 除了保证在结构自重、工艺荷载、大气荷载下正常工作外, 地震区的厂房应该加强结构的整体性。在软弱地基的条件下, 应该预见沉陷的可能性及其影响(特别是对沉陷性大孔土地区)。此外, 建筑上的通风、采光、排水等方面的要求也会对建筑结构布置有所影响。

规划厂房, 应按照勤俭建国的方针来全面考虑经济问题: 既要少用材料, 又要降低制造及安装费用; 不仅争取造价便宜, 也要争取折旧费低; 同时, 还要注意缩短工期, 提高质量。

在我国伟大的社会主义建设中, 大力节约钢材具有突出重大的意义。节约钢材的途径, 首先是将钢材只用在非用不可的情况下; 其次是在必须采用钢结构时, 千方百计减少材料的消耗量。近年来, 我们在这两方面都已经取得极其显著的成就。根据当前的技术水平, 冶金工业部在1959年6月发布的“关于冶金工厂承重结构形式及材料选择的若干规定”^①中, 指出了钢结构在厂房中采用的条件, 根据这项规定, 跨度大于36m的屋架可以用钢屋架; 跨度在27~36m之间时如果采用钢筋混凝土或预应力钢筋混凝土屋架不能确保工程质量, 也可以采用钢屋架。当厂房甚高, 吊车起重量又大, 且属于重级工作制时, 可采用钢柱; 大型企业的主要高温车间受高温部分的柱子, 亦可根据具体情况采用钢柱。当柱距为6m时, 钢吊车梁可用于起重量大于125t的重工作制吊车和起重量大于150t的中、轻工作制吊车; 当柱距为12m时, 起重量大于30t的重工作制吊车就可考虑采用钢吊车梁。

① “冶金建设”1959年17期。

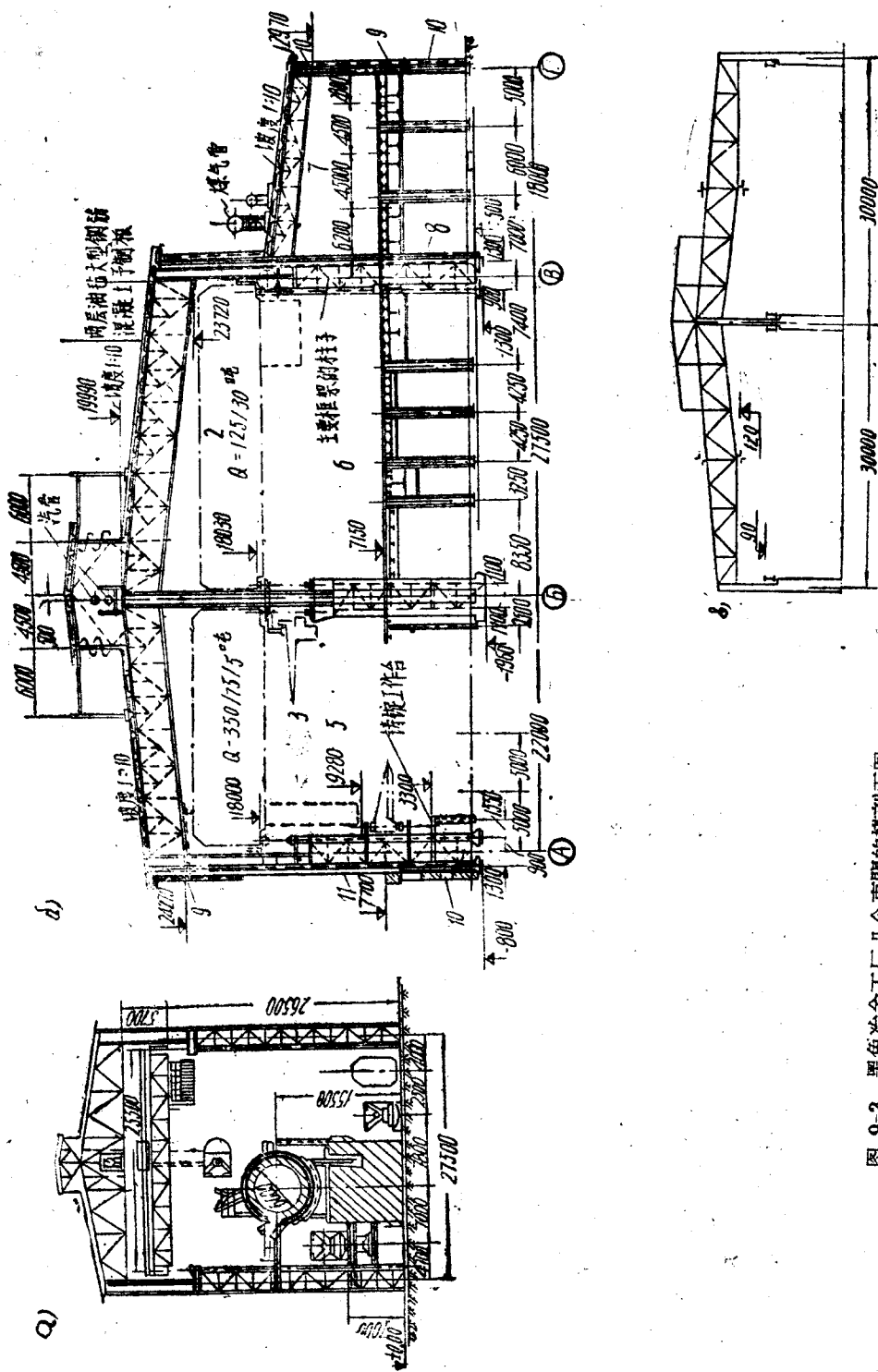


图 9-2 黑色冶金工厂几个车辆的横剖面图

a—平炉车间混铁炉工段; b—平炉车间主厂房; c—平炉车间

1960年3月建筑工程部頒发的“关于1960年房屋結構設計若干技術問題的規定”^①，也就鋼結構在厂房中的使用範圍做了指示。如采用鋼柱的條件是：

- 1) 設有三層吊車（包括壁行吊車）；
- 2) 設有雙層吊車（不包括壁行吊車），其中有一層吊車起重能力 ≥ 100 t者；
- 3) 厂房內設有5 t以上的動力鍛錘，而鍛錘基礎無特殊隔振設備者；
- 4) 柱距超過12 m者。

這些規定並不限制設計者在可以採用鋼結構的範圍內有根據地使用其他材料。

根據盡量少用鋼材的原則，在工程實踐中時常會遇到一部分構件用鋼另一部分構件用鋼筋混凝土的混合結構形式的車間，甚至同一構件也用鋼和鋼筋混凝土組合而成。圖9-3a中除屋架吊車梁用鋼外，其餘構件都用鋼筋混凝土；圖9-3b則是上部用鋼，下部用鋼筋混凝土混合式柱子。

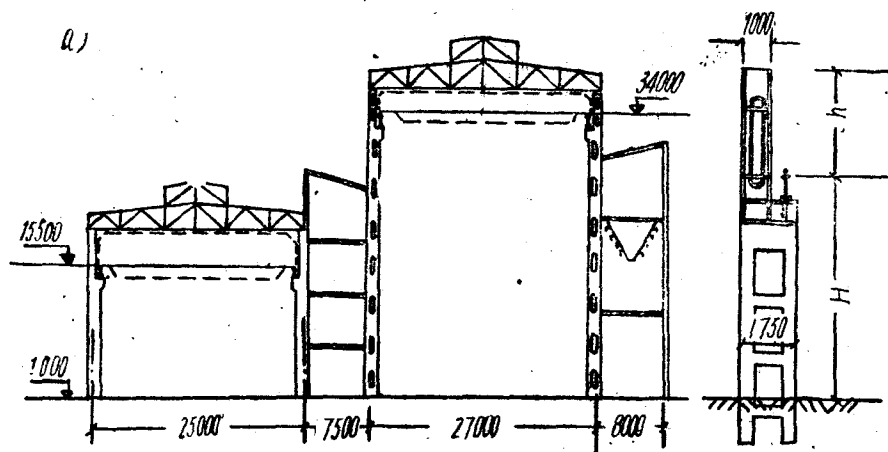


圖 9-3 混合結構

在必須使用鋼結構時，可以通過下列措施來節約鋼材：

(1) 不斷改進結構形式和布置方案，如採用預應力鋼結構代替普通鋼結構，採用連續梁代替簡支梁等；

(2) 採用高強度鋼材代替普通鋼材。重型柱子和大跨吊車梁如果用低合金鋼（如16錳），可以獲得很大的經濟效果。隨着冶煉技術的發展，節約鋼材有着無限的潛力；

(3) 採用先進的計算方法，繼續改進按計算極限狀態計算結構的方法，使結構簡圖更加符合實際情況；

(4) 正確控制結構安裝程序，調整它的應力；

(5) 採用輕質屋面材料，降低結構所承負的荷載，正確確定計算荷載的數值。

千方百計降低鋼材消耗量，不僅要從結構本身來挖潛力，還要結合生產工藝來想辦法。工藝對建築結構的要求不是一成不變的，從事結構設計的工作者應該主動想辦法，提方案，和工藝、建築設計工作者密切合作來找出最經濟合理的方案。因此，就要求結構設

① “建築設計” 1960年3期。

計工作者到生产中去調查研究，深入实际发现問題，虛心向工人和技术人員学习。在平炉車間中将纵向运行的单軌吊車改成横向运行，每 m^2 建筑面积节省了 $10kg$ 以上的鋼材，仍然滿足使用上的要求，就是一个具体的例子。

表 9-1 重型厂房单位面积鋼材消耗

吊 車 起 重 量 (t)	吊 車 軌 面 標 高 (m)	鋼 結 構 重 量 (kg/m^2)
125—175	10—20	200—300
175—350	16—25	300—400

重型厂房单位面积的鋼材消耗量，大約如表9-1所示。如果按 $300kg/m^2$ 計算，一个建筑面积为两万 m^2 的車間，就需要用鋼6000t，数量很大。在全部鋼材中，吊車梁所消耗的可能达到40%，柱則占35%，兩項合計占75%，即可达到4500t。如果把重型起重运输設備从桥式吊車改为在地上行走的門架式吊車，建筑结构的重量会大大減輕，这一問題目前还正在研究中。苏联建筑科学研究院的研究資料表明：設有重型門架吊車的大跨度通用車間的設計方案，当跨度为60m时，鋼材的消耗量不超过 $65—70kg/m^2$ ；当跨度为96m时，不超过 $85—100kg/m^2$ 。虽然跨度增大，鋼材的消耗量却比目前的重型厂房降低很多。

降低制造、安装費用和縮短工期的有效办法有：

- (1) 减少结构制造时装配零件的标号和数量；
- (2) 减少安装单元的标号和数量；
- (3) 在运输条件允許范围内把运送单元尽量做得大一些；
- (4) 簡化结构的安装联结，并注意减少联结螺栓、焊縫等数量；
- (5) 构件便于运输，在运输及安装过程中有足够的剛度。

当然最根本的方法是充分运用高生产率的设备，实行机械化、自动化的大批制造和快速安装。机械化、自动化必須以构件和结构的标准化为前提，而标准化又需要通过模数化（结构布置中的主要尺寸服从于一定的基本模数）、定型化（同类构件和结构采用相同的典型型式）和統一化（不仅模数和型式統一，构件和联结的某些主要尺寸也統一）来逐步实现。为此，前国家建設委员会曾批准“厂房結構統一化基本規則”（标准-105-56），从1956年12月1日起試行。1958年国务院科学规划委员会建筑組又推荐新的“建筑統一模数制”，其特点是具有較大的灵活性。考虑到当前鋼结构只用于少数类型的重要車間，它們的生产工艺条件差別很大，因此，最好是先对每类車間做出广泛适用的定型設計。

十分明显，設計工作本身也应该做到快速优质，才能保証国家建設大跃进的需要。

厂房結構规划的具体内容和步驟如下：

- (1) 布置柱网；
- (2) 确定伸縮縫位置及做法；
- (3) 选择主要承重結構的形式；
- (4) 規定結構的主要輪廓尺寸；
- (5) 选择屋盖結構体系；

(6) 布置支撑;

(7) 布置墙架。

这些步骤密切地互相关联着。

在选择构件简图的同时, 必须考虑到它们之间彼此联结的方式。设计者对构造问题心中有数, 所选定的简图才是实际可行的。

正确地选用构件和联结的材料, 以及安装联结的方法, 也是结构规划的重要问题, 要求根据材料供应情况和施工条件, 做到经济合理。

通常在布置结构阶段不进行静力计算。不过在对方案进行深入比较时, 或是估计截面尺寸缺乏经验时, 需要做一些计算来进行分析。

第二节 柱网和伸缩缝的布置

1. 柱网布置

不同类型车间的柱网布置有很大差别: 有些车间各列柱的柱距做成完全相等, 另外一些车间则各列柱互成倍数 (图9-4), 车间跨度大小也不相同。柱在平面上的位置, 首先取决于车间的工艺要求, 其次还应满足结构上的要求, 并符合经济原则。

满足工艺要求包括以下三方面:

(1) 柱的地位和地上设备能够协调。地上设备包括机械、工业炉、起重运输设备 (如地行吊车、铁路叉道) 等。图9-4中B列柱轴线上有炼钢平炉, 柱距采用33~36m, 其它各列柱的柱距只有它的1/3或1/6;

(2) 柱基础位置和地下设备能够协调。地下设备包括机械基础、地下管道、烟道等。图9-4中的Γ列柱采用了两种不同柱距, 其中等于 $2a$ 的柱距是为了让出烟道通过的地位;

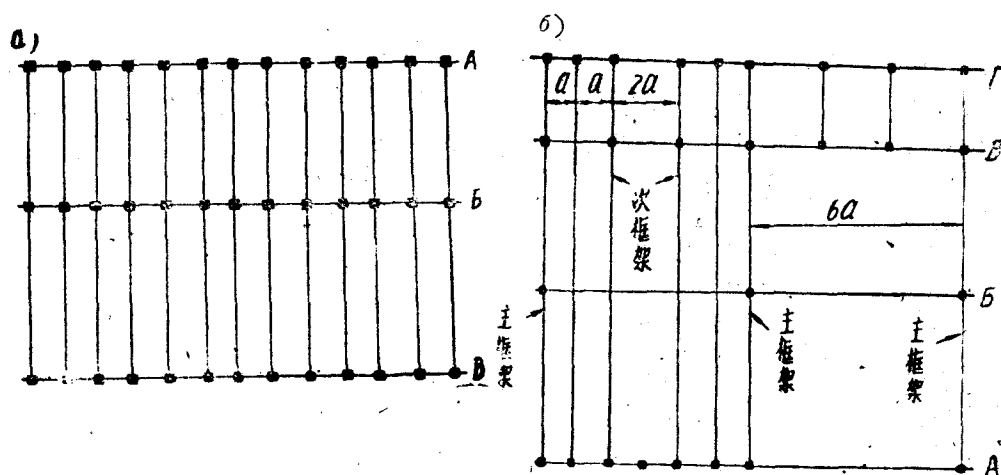


图 9-4 柱网布置

a —柱距相等; b —柱距互成倍数

(3) 适应工艺过程可能发生的改变。

从结构观点看,为了获得必要的横向刚度,柱子应该安排在共同的横向轴线上,以便和屋架组成横向框架。这些相同的轴线按模数来排列。为了纵向构件标准化,横向定位轴线间的距离应采用6m的扩大模数,纵向定位轴线间的距离(框架跨度)则采用3m或6m的扩大模数,仅在少数特殊情况下才不用这些模数。如在平炉车间当炉子容量不很大时,柱纵向间距用5.5m的扩大模数。

在服从工艺和结构要求的同时,还应注意经济问题,求得三方面统一。柱纵向间距同时是纵向构件(吊车梁、托架等)的跨度,它的大小对结构重量影响很大。柱距愈大,则屋顶结构和吊车梁消耗的材料愈多,同时,由于柱数目减少,柱所消耗的钢材总量则随着减少,柱基础工程量亦降低。柱间距的最适宜尺寸和柱上的荷载及柱高度有密切关系。吊车起重重量很大的车间,增大柱间距必将使钢材消耗量增多,因为吊车梁的重量随它的跨度增大而急剧上升,柱所消耗材料虽然减少,还是得不偿失。当柱的高度较大时,它所消耗的材料在全部结构中的比重增大,放大柱距就可能收到经济效果。找出最经济柱距的有效方法是通过方案比较和参考过去所积累的經驗。当吊车特别重时,跨度长6m的吊车梁截面由剪力决定,材料消耗较多,12m柱距就可能更合理些。

在实际设计中,边列柱一般用6m柱距,因为放大到12m虽然柱的总重量和安装劳动量减少,但除了吊车梁加重外,还需要添设托架和墙架柱。中列柱的情况却有所不同:采用6m柱距能够增加车间的有效面积,更容易适应车间工艺过程的改变,例如:四跨24m的车间,各中列柱距从6m放大到12m,可增加有效面积10%,而每 m^2 材料消耗只增多6—7%。(参看表9-2),这样看来,还是采用12m有利。至于18m和更大的柱距,只是工艺上有特殊要求时才用,具体的问题要通过具体条件分析求得合理解决。此外,吊车梁翼缘所需厚钢板供应情况、构件运输条件及施工技术条件等也可能影响柱距的大小。

表 9-2 中列柱距6m及12m时钢材消耗表

吊车起重重量 (t)	軌頂标高 (m)	鋼 材 消 耗 量			
		6 m 柱 距		中柱12m, 边柱6m柱距	
		kg/m ²	%	kg/m ²	%
75	12	103.1	100	111.1	107
100	14	121.7	100	127.5	105
150	14	134.4	100	148.4	105

2. 伸 縮 縫

车间的平面尺寸在纵横两个方向都可能很大(纵长500—600m, 横宽100—200m)。纵向很长的厂房在温度变化时,纵向构件随之涨缩,引起整个结构的变形,变形的后果是柱内产生弯曲应力,并可能导致墙和屋面破坏。温度应力的的大小取决于柱的刚度、吊车梁距地面的高度和侧移量 $\Delta l = \alpha l t$ (图9-5),此处 α 是钢的线膨胀系数, t 是温度差。●为了避免上述不利后果,用横向伸缩缝将厂房分成膨胀互不影响的温度区段。根据钢结构设计规范,当伸缩缝之间的距离不超过下列数据时,可以不考虑温度的影响:

采暖房屋的結構

150m

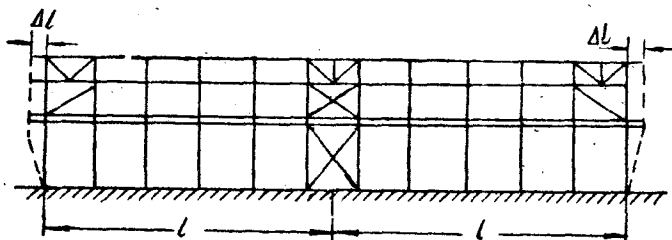


图 9-5 温度涨缩影响变形

通常在設計时就按这些数字来划分温度区段。近年来苏联在平炉車間設計中經驗表明，温度区段的长度可以放大到200~260m，并在1955年平炉車間定型設計中采用了216m。根据苏联最新建議，由建筑物的温度区段端部至最近垂直支撑的距离未超过下列数值时，可以不考虑温度的影响：

采暖房屋的結構

90m

不采暖房屋內和高溫車間內

75m

在建筑物的温度区段範圍內有两个垂直支撑时，它們之間的距离（中心距离）不得超过48m。

做成伸縮縫的具体办法是在縫旁設置两个邻近框架，其間沒有纵向构件来联系。根据結構統一化的要求，伸縮縫的中綫和定位軸綫相重合（图9-6a），只是在設備布置条件不允許的情况下在伸縮縫外加上插入距（图9-6b）。伸縮縫旁两柱安置在同一基础上，其軸綫間距离應該使柱脚不致冲突。为了統一化，通常两柱間距C用1m，对于特別重型的厂房，C值可能要放大到2m甚至3m（平炉車間当单軌吊車放在伸縮縫內时），当C>1m时，常采用插入距的办法。

在伸縮縫处設置两排相邻框架，势必多消耗材料，因此放大区段的长度有很大的意义，橫寬很大的厂房，消耗材料更多，尤其要避免。在鋼柱和鋼筋混凝土柱合用的厂房中，由于两种材料要求的温度区段长度不同，常設計成两排柱并列的方案（图9-7），这种做法用料很多，应加以改变。

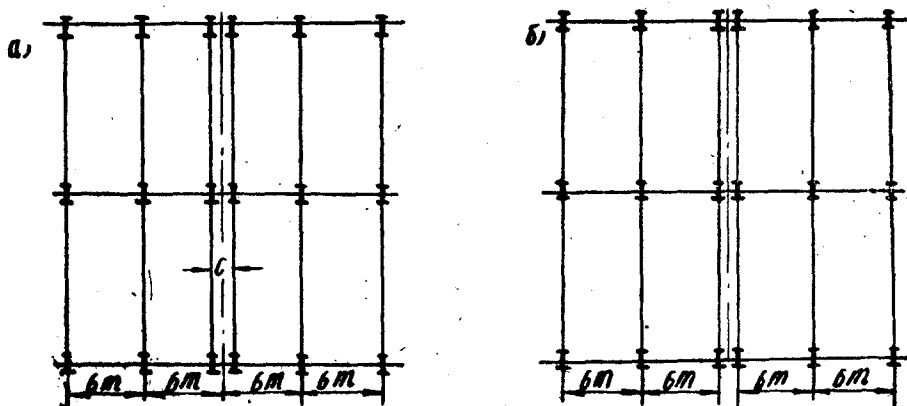


图 9-6 伸縮縫旁框架布置

車間端部和伸縮縫旁的框架，可以和其他框架做成相同截面以便于制造和安装，也可以根据它所受荷载較小的条件把截面另行設計，以节约材料。目前由于鋼結構厂房都屬於重型的，鋼材消耗量較大，設計成不同截面比較合理。

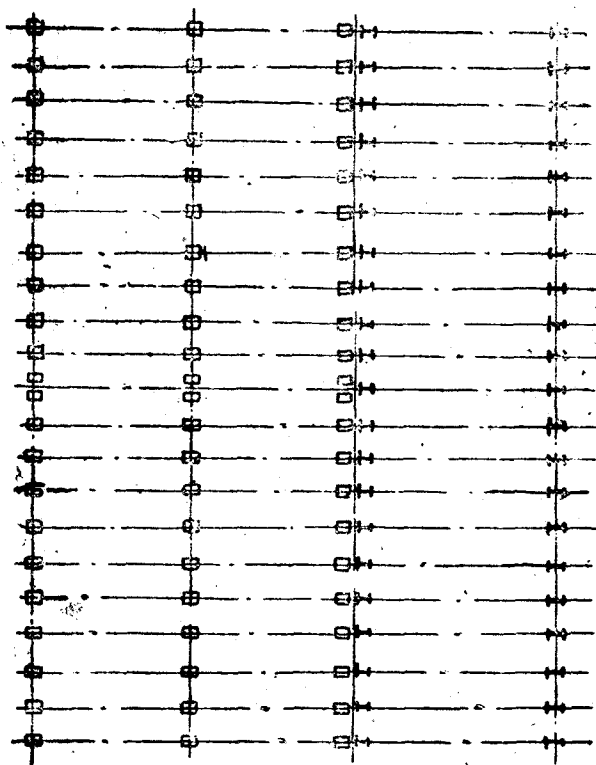


图 9-7 混合結構厂房的柱网和伸縮縫

第三节 橫向框架的型式和主要輪廓尺寸

1. 框架及其构件的型式

厂房基本承重結構 所以采用框架，是由于矩形淨空 图形合乎使用上的要求，并且屋架和柱組成框架能够保證需要的橫向剛度。

屋架和柱的联結可以做成剛接或鉸接。在早期兴建的厂房中，屋架和柱是鉸接的（图 9-8），后来由于吊車起重量的不断增大，发现有些車間剛度不足，不能适合吊車使用上的要求，所以框架的上部节点都改用剛接（图 9-2a.6）。剛接框架使車間結構的橫向剛度大大提高，但也有它的缺点，多跨剛接框架中橫梁的端弯矩很大，使屋架和柱的联結構造复杂。同时，剛接还使框架对于不均匀沉降很敏感，溫度应力也大。多跨框架如果高度很大，吊車屬於中等工作制而又不特別重，做成鉸接也能保證足够剛度。端部鉸接使屋架安装簡單，并且能够和放在鋼筋混凝土柱上的屋架統一起来。基于以上原因，近年来又有一部分厂房采用鉸接的做法（图 9-26 的整模車間即屬於这种类型）。两种型式框架的鋼材消耗量孰多孰少，不能简单的下論断，它决定于跨間的多寡，車間高度和跨长的比值，以

及作用在框架上荷载作用的大小。一般说来,单跨車間都做成剛接的;双跨車間高度大而吊車起重量亦大且刚度要求严格者,也做成剛接的;多跨車間当高度不大,吊車起重量亦不大者可做成鉸接的,在軟弱地基上这样做尤其有利。在工程實踐中,往往有部分剛接,部分鉸接的框架,即主要部分做成剛接来保証刚度,次要部分做成鉸接以資簡化,图9-25中的BΓ跨度可以做成两端鉸接的屋架。

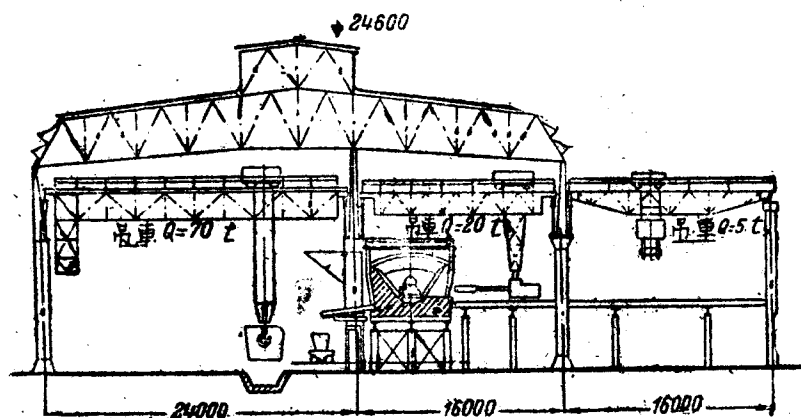


图 9-8 屋架和柱鉸接的旧式厂房

介于剛接和鉸接之間,还有通过減輕刚性联結而形成塑性鉸的办法,将在本章第七节中論述。

横向框架的柱脚通常都做成刚性嵌固的。

框架横梁以梯形屋架用得最多,这在第六章中已有論述。在特殊情况下,也用多边形屋架,如图9-9所示的跨度較大的带天窗的屋架,或是用平行弦屋架,如图9-26所示不能采用內排水的多跨車間屋架。屋架的腹杆体系、节間划分也已經在第六章中論述过。厂房中用得最多的是带附

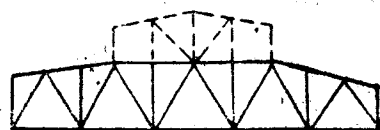


图 9-9 带天窗的多边形屋架

加竖杆的三角形腹杆体系,为了配合1.5m宽的钢筋混凝土屋面板,也时常用再分式体系。跨度較大的鋼屋架用預加应力鋼结构可以節約材料,它的主要形式曾在第七章中論述。最近設計的某发电厂27m屋架,即准备用下撑式的装配式預应力鋼屋架。

框架柱的最簡單型式是等截面柱(图9-10a),吊車梁支承在柱的牛腿上。这种柱只

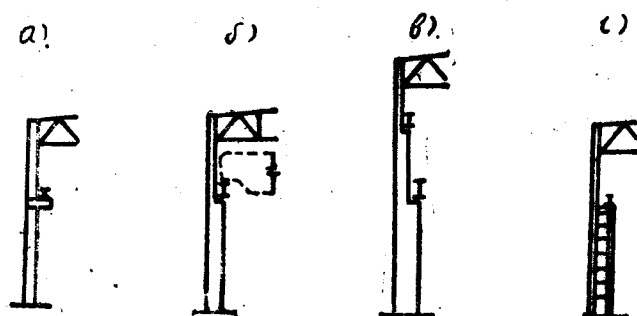


图 9-10 柱的型式

适用于吊车荷载小的车间（如吊车起重量小于 $15t$ ），目前我国这种柱多采用钢筋混凝土的。在适合于采用钢结构的车間中，截面宽度变化的台阶形柱（图9-106）比较经济合理。吊车梁安置在柱宽度变化处，构造既方便，荷载的偏心又小。同时，上部柱的内力比下部柱小，采用较小的宽度也较经济。图9-11和9-12分别给出几种边列柱和中列柱的图形。无论上部柱或下部柱，都可以做成格子式或是实腹式的。下部柱宽度大，多用格子式的、以节省价格较高的钢板，仅在刚度要求严格而宽度受限制时才用实腹柱（图9-11a）。上部柱恰好相反，由于宽度不大而常用实腹式的工字形截面，在个别情况下也用格子式的（图9-126）。

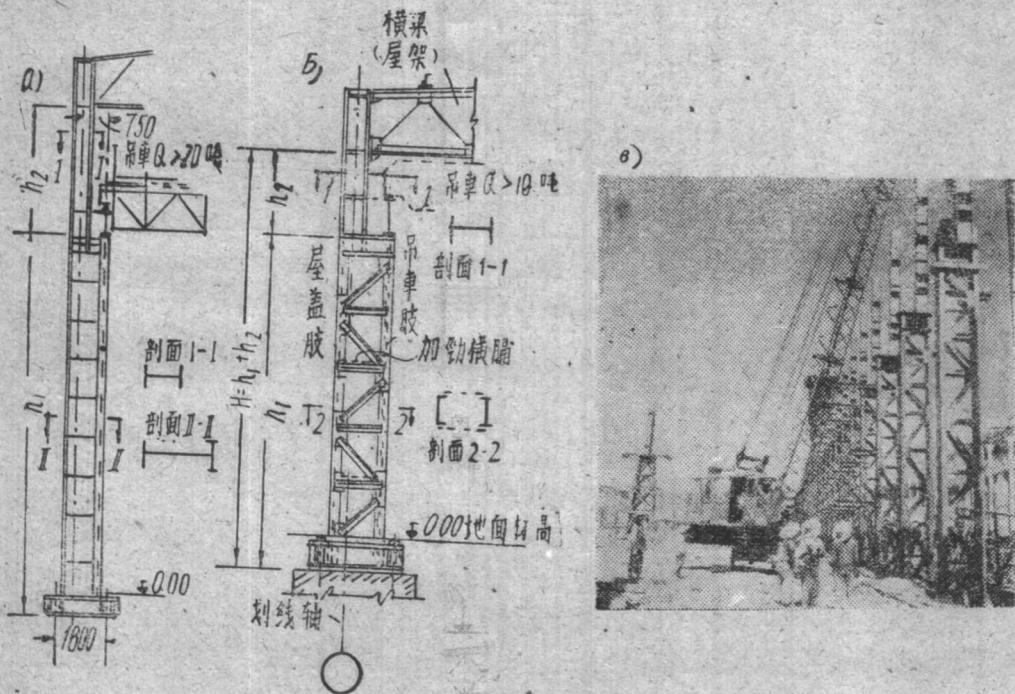


图 9-11 变截面的边列柱

a) 实腹式变截面边列柱；b) 格子式变截面边列柱；c) 重型厂房边列柱安装情况

截面宽度变化两次的台阶形柱（图9-10b），用于有双层吊车的高车间中。

框架柱有时采用分离式柱（图9-10r），它包括两根小柱，分别支承屋架和吊车梁，并用水平板联在一起。

在各列柱距不相等的车间中，除了主要横向框架之外，还有次要横向框架（图9-46），次要框架的柱（中间柱）可以做成刚性的，即承受竖向荷载，又承受水平荷载；也可做成柔性的，仅承受竖向荷载，而把水平荷载通过纵向构件传到主框架上。采用柔性方案时，次要框架的柱可以分成两个小柱——屋盖柱和吊车柱——分别承受屋盖结构的荷载和吊车荷载。柔性方案的优点是材料集中到主框架上，用料节省，分离的小柱构造简单，同时，屋盖柱和吊车柱可以采用不同的对各自最合理的柱距，使材料更加节省。图9-13所示的次要框架是和图9-26同属于平炉车间的（苏联1955年定型设计）。在这一设计中，屋盖柱和吊车柱的间距分别用了 $6m$ 和 $12m$ ，我国平炉车间也有这种类型。

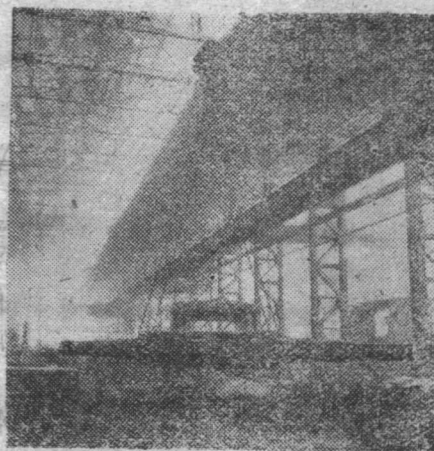
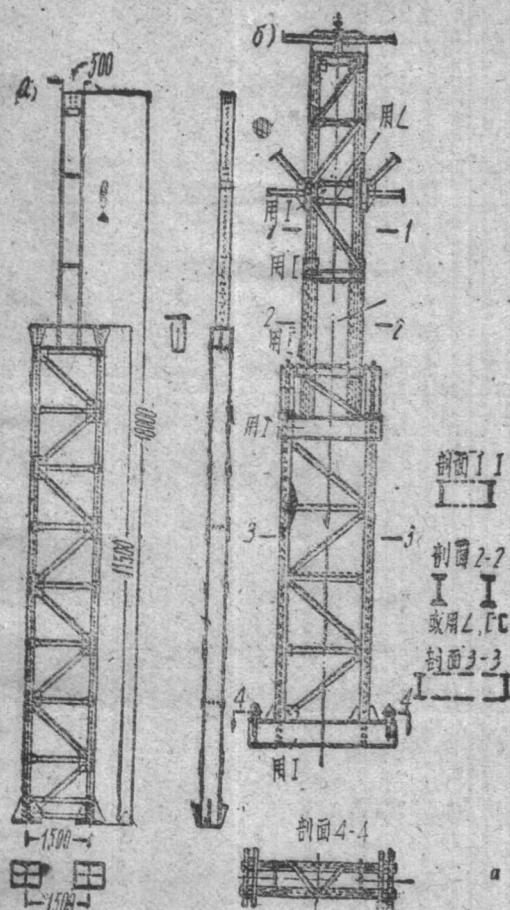


图 9-12 变截面中列柱

a) 上部柱为实腹的; 6) 上部柱为格子式的;

6) 变截面中列柱图片

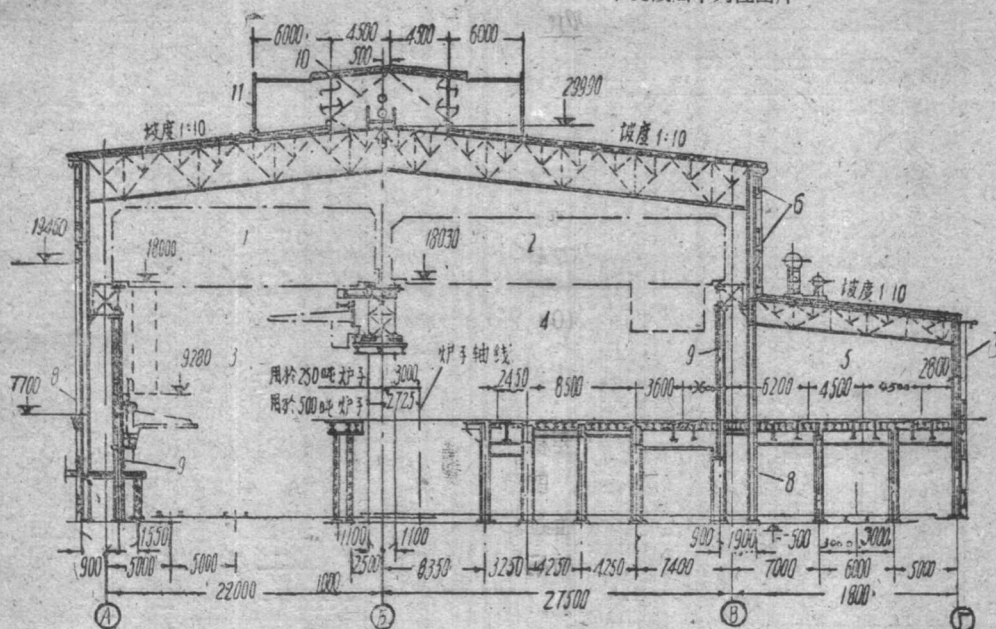


图 9-13 平炉車間主厂房次框架图

1—澆注橋式吊車 $Q=350/15t$; 2—加料橋式吊車 $Q=125/30t$; 3—澆注跨; 4—爐子跨; 5—配料跨;
6—鋼筋混凝土大型板; 7—百叶窗; 8—屋蓋柱; 9—吊車柱; 10—天窗; 11—由石棉水泥板製成之擋風板

2. 框架的主要尺寸

框架的定位軸綫最好和上柱軸綫重合, 这时框架定位軸綫間的距离就是框架的計算跨度, 比較簡便。框架跨度和吊車跨度間的关系是:

$$L_0 = L_K + \lambda_1 + \lambda_2$$

式中 L_0 ——框架計算跨度;

L_K ——吊車跨度;

λ_1 、 λ_2 ——上部柱軸綫至吊車梁軸綫間的距离 (图9-14a), 通常取0.75m或1m, 以使 L_0 等于扩大模数的倍数。这个距离應該不小于 (图9-14b):

$$\lambda = \frac{e}{2} + D + B$$

式中 e ——上部柱截面宽度;

B ——吊車桥的伸臂长度;

D ——吊車桥和上部柱之間的空隙, 在需要設人行过道的車間中, 应至少有400mm; 如果不需要人行过道或是把人行过道放在柱宽度之内 (图9-15), D 可以减小到75~100mm。

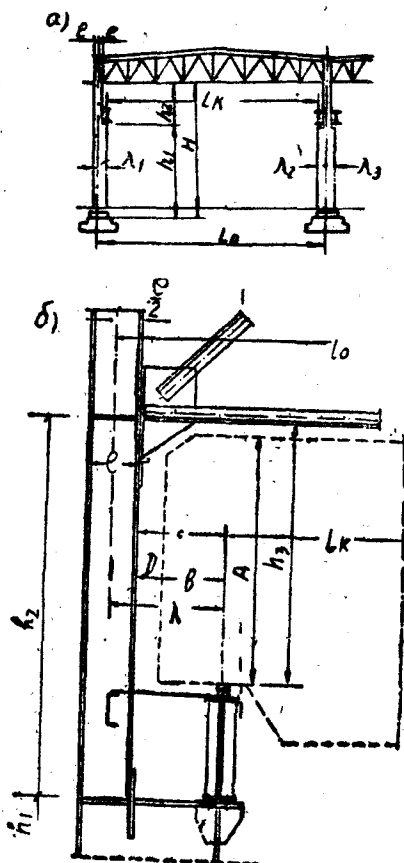


图 9-14 横向框架的主要尺寸

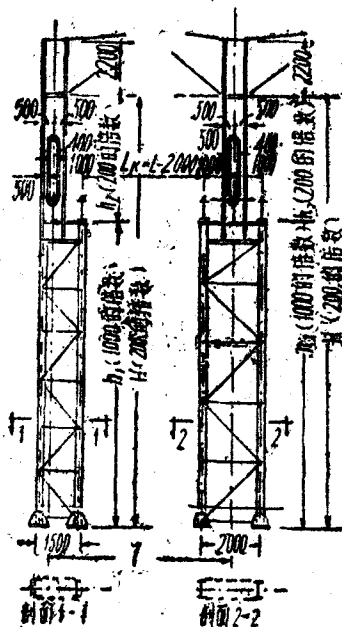


图 9-15 有人孔的柱