

90-2824-2

建筑结构按新规范设计资料

工业厂房结构按新规范设计要点

(TJ—5)

武汉工业大学建筑系资料室

武汉市汉南建筑高新技术研究所

一九九三年十月

目 录

(TJ-6)

第一篇 钢筋混凝土单层厂房

第一章 排架内力分析.....	1
§ 1-1 排架的作用和内力分析的目的.....	1
§ 1-2 排架的设计假定和计算简图.....	3
§ 1-3 排架的荷载.....	5
§ 1-4 等高排架的内力计算.....	16
§ 1-5 不等高排架的内力计算.....	32
§ 1-6 排架的矩阵分析.....	33
§ 1-7 排架的内力组合.....	43
§ 1-8 排架计算中的几个问题.....	51
1-8-1 排架的横向刚度.....	51
1-8-2 纵向各列柱距不等时的排架计算.....	55
第二章 单层厂房柱设计.....	60
§ 2-1 柱截面几何尺寸的确定.....	60
§ 2-2 柱的计算长度及配筋计算.....	63
§ 2-3 牛腿的设计.....	73
§ 2-4 柱的吊钩验算.....	79
第三章 抗风柱及柱间支撑设计.....	83

§ 3 - 1	抗风柱的尺寸要求	8 3
§ 3 - 2	抗风柱的内力计算	8 4
§ 3 - 3	柱间支撑设计	8 5

第四章 基础设计..... 9 1

§ 4 - 1	轴心受压单独基础设计	9 2
§ 4 - 2	偏心受压单独基础设计	9 8
§ 4 - 3	柱下单独基础的构造要求	1 0 3

第五章 构造及连接设计..... 1 0 7

§ 5 - 1	矩形和工形截面钢筋混凝土柱的构造	1 0 7
§ 5 - 2	预埋件的构造要求	1 1 1
§ 5 - 3	预埋件的计算	1 1 5
§ 5 - 4	单层厂房各构件间的连接	1 2 4

第二篇 钢筋混凝土多层框架厂房

第六章 多层框架工业厂房设计..... 1 3 0

§ 6 - 1	框架板、梁、柱截面尺寸及砼强度等级的选定	1 3 0
§ 6 - 2	结构布置和型式	1 3 4
§ 6 - 3	框架结构的计算简图和计算方法	1 3 7
§ 6 - 4	框架梁、柱的最不利内力组合与结构设计要点	1 5 2
§ 6 - 5	框架梁、柱连接及结构构造	1 6 1

附表：

排架柱顶内力与位移计算表.....	167
电动桥式吊车数据表.....	171

第一章 排架内力分析

(T J - 8)

§ 1 - 1 排架的作用和内力分析的目的

单层工业厂房是由各种构件：屋架、柱子、吊车梁等组成的复杂的空间骨架。这个结构骨架，作为一个整体抵抗各种外力，一般为了使计算工作简化，从抵抗外力的方向来看，这个结构骨架可以横向和纵向二个方向来分析。横向的称为横向排架，纵向的称为纵向排架。

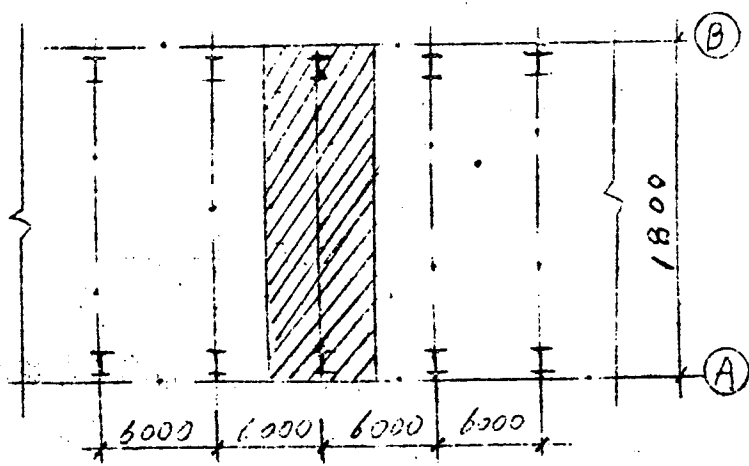
横向排架：

取厂房的横剖面看，是由屋架、柱子、基础所组成的一个平面承重骨架，如图 1 - 1 (b) 所示，它承担着厂房的主要荷载，包括屋盖荷载、吊车垂直和水平荷载、横向风载、外墙荷载等。

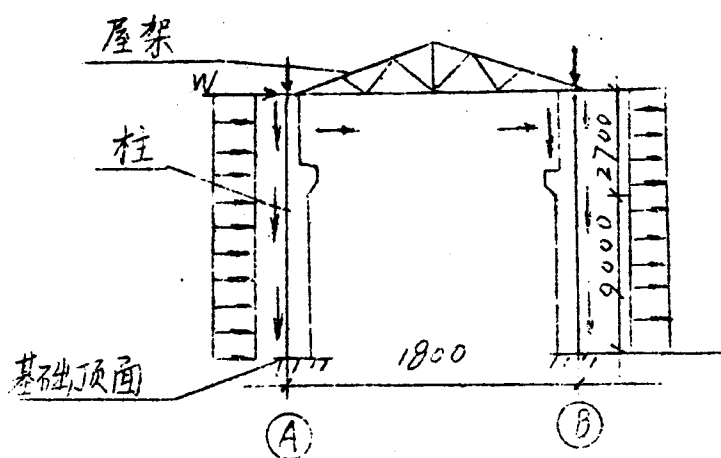
纵向排架：

取厂房的纵剖面看，是由一系列等距离排列的柱，通过吊车梁和连系梁联结起来的一个平面骨架，如图 1 - 1 (c) 所示。纵向骨架主要承担由山墙传来的风荷载、吊车纵向刹车力，以及动力管道的胀缩力等。

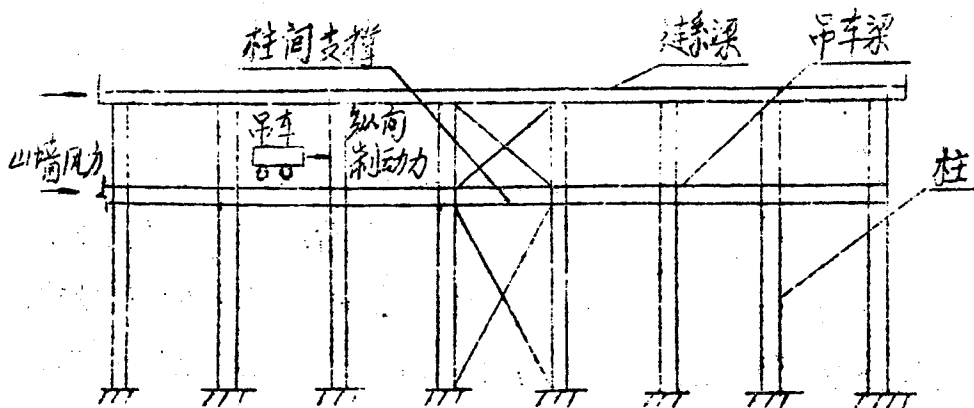
一般厂房平面布置，总是长度方向尺寸大于宽度（跨度）方向。所以纵向排架柱子多，刚度好。纵向水平荷载分配到每根柱子上就小了，而横向排架柱子少，间距大，而且承担了作用于厂房的主要荷载。所以，一般横向排架与荷载之间的矛盾是起主要作用的。厂房结构是否安全，主要取决于横向排架是否具有足够的承载能力。因此，厂房设计时一定要进行横向排架的内力分析。然而，如果厂



(a) 计算单元



(b) 横向排架



(c) 纵向排架

房平面接近于正方形，纵向柱又很小，则纵向排架的分析也就不能忽略了。一般所说的排架分析，通常是指横向排架的分析。

排架内力分析的目的主要解决两个问题：

(1) 求出排架柱子在各种荷载作用下，起控制作用截面的最不利内力（弯矩 M 及轴向力 N ）。作为柱子配筋计算以及验算刚度的依据。

(2) 求出柱子传给基础的最不利的内力（弯矩 M ，轴向力 N 及剪力 V ），作为设计基础的依据。

§ 1 - 2 排架的设计假定和计算简图

1 - 2 - 1：排架计算单元的确定

厂房沿垂直长度方向，每一列柱就是一个横向排架，有多少列柱就有多少个排架。在分析排架内力时，一般可按平面排架计算。

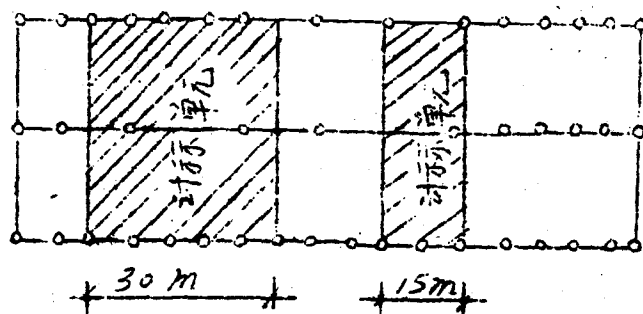


图 1 - 2

这是偏于安全的。如 6 m 柱距，一般取 6 m 为计算单元，如图 1 - 1 (a) 所示。遇抽柱情况时，则按柱受力最不利情况划取计算单元，如图 1 - 2 所示。但计算单元长度不得超过 30 m。

根据承受荷载的情况有两种排架，一种是中间排架，荷载范围为6 m（不抽柱的情况）。另一种是厂房端墙处或温度伸缩缝处的排架。其受荷载范围只有3 m。一般为了简化和施工方便，对吊车吨位不大的中小型厂房。这两种排架的配筋相差不多，故端部排架按中间排架处理，也就是只要计算一个排架就行了。

我们对厂房结构进行计算时，不可能也没有必要将错综复杂的原结构原原本本地进行分析，而应对结构进行处理，略去次要的影响不大的因素，而反映本质的东西，从而绘出计算过程中所需要的计算简图，使其既能接近工程实际，又能计算简便。下面来谈谈在排架分析时的一些假定。

1 - 2 - 2：排架计算的简化和计算简图

为了简化计算，在排架内力分析时，我们作以下几点假定：

(1) 由于柱子插入基础杯口有一定的深度，并且混凝土紧紧浇灌在一起，二者之间通常认为可以传递水平力、垂直力及弯矩；也就是可以作为固定端考虑。柱顶处构造上做法是将屋架搁在柱顶上，并用预埋钢板焊住，通常认为只考虑传递水平力、垂直力，柱顶与屋架的连接视为铰接，在计算时略去了由于焊接而产生抵抗转动的能力。柱下端与基础顶面固结，柱上端与屋架（或屋面大梁）铰接。这种排架称为铰接排架。若柱顶与屋梁之间的联结能可靠地传递弯矩，则可以作为刚接即为刚接排架。对于钢筋混凝土结构，一般是铰接排架我们所要讨论的也就是铰接排架。

(2) 对于一般钢筋混凝土屋架，预应力钢筋混凝土屋架和薄腹梁，通常认为它们的刚度很大，受力后的长度变化很小，可以忽略不计，视为不变形的刚性杆件处理，即排架受力后大梁两端的两个柱子的顶柱水平位移是相等的，但对于下弦由圆钢或小角钢，上弦为钢筋混凝土组成的组合屋架，由于它的刚度很小，计算时应根据

厂房荷载的大小考虑屋架下弦变形对排架的影响，即作为可以变形的弹性杆件考虑，不宜作为刚性杆件处理，排架横梁的跨度以轴线为准，两轴线距离多少，排架跨度也就是多少。

(3) 屋架下弦没有可靠的下弦支撑则计算时可不考虑排架的整体空间作用。

(4) 牛腿仅作为传递荷载的结构，忽略它对柱子在该截面处的加强作用。

根据以上假定，图 1-1 (b) 的横向单跨排架的计算简图如图 1-3 所示。因为排架计算主要是计算柱的内力，此时横梁（或屋架）只起将两柱连在一起的作用，因此画计算简图时，可用一条线来代替。柱的总高度一般由基础顶面（杯形基础的杯口面）算至柱顶。

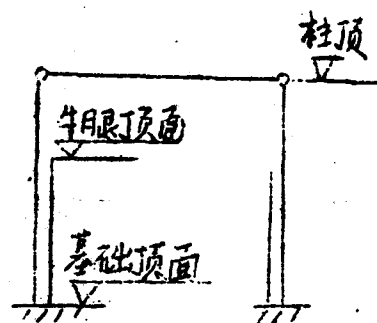


图 1-3

应该指出的是，计算排架时要事先知道柱型及柱的几何尺寸等。设计时，柱型已经选定，柱的几何尺寸可以参考已建的类似车间的柱估算（柱型及几何尺寸的确定见第二章）。应该注意，假定的截面惯性矩和设计柱最后的惯性矩的差值不超过 30%。

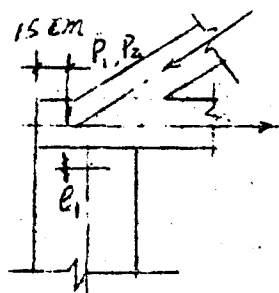
§ 1-3 排架的荷载

1-3-1：排架的基本荷载

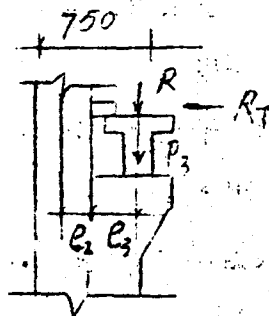
在排架计算时，必须弄清作用在上面的荷载有多大，作用在什么地方，然后才可能进行排架内力计算，作用在厂房排架上的基本荷载有（图 1-4 (c) 所示）：

一、结构的静荷载

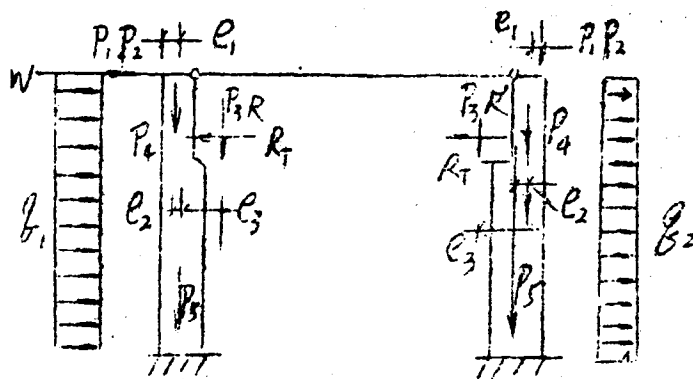
1、屋盖荷载：包括屋面、屋架、天窗架及支撑等自重，屋盖荷载通过屋架作用于柱顶，如图 1-4 (a)、(c) 之 P ，所示



(a) P 对上柱的偏心距



(b) P, R 对下柱的偏心距



(c) 排架上的基本荷载

图 1-4

2、柱自重：上柱自重 P ，及下柱自重 P ，。

3、吊车梁及轨道等的自重：作用在柱的牛腿上，如 P ，。

二、吊车荷载

1、吊车的垂直荷载：吊车的轮压由吊车梁传到牛腿上，如 R 或 R' (R 或 R' 为吊车梁在牛腿上的最大或最小反力)，如图 1-4 (c) 所示。

2、吊车的水平荷载：吊车小车刹车产生的水平制动力，通过

吊车梁传到柱上，如图 1-4 (b)、(c) 的 R_T 所示。

三、雪载及其它屋面活荷载

作用于屋面上，通过屋架作用于柱顶，如图 1-4 (a)、(c) 之 p_s 所示。雪荷载与屋面施工活荷载，二者不得同时考虑，应取较大值设计。

四、风荷载

风荷载作用在厂房的外表面。柱顶以上屋盖部分的风力，通过屋架以集中力的形式作用于柱顶，如图 1-4 (c) 之 w 所示，外墙上的风力以均布荷载的形式作用于排架边柱上，如图 1-4 (c) 之 q_1 及 q_2 所示。

除了这些基本荷载外，有时还要考虑一些特殊的荷载，如地震荷载（设计烈度为 8 度以上时考虑），温度荷载（温度较大，车间伸缩区段长度又大大超过规范允许的伸缩缝最大间距的厂房）等。

荷载考虑过大，造成浪费，考虑过小，则安全度不够，设计时应当通过调查研究，根据生产工艺和施工现场的实际情况，参照荷载规范具体确定。

对排架内力影响较大的是屋盖荷载，吊车荷载及风荷载三项。排架屋盖静载的计算与一般混合结构没有多大区别，吊车荷载及风荷载的计算都有其特殊性，所以下面仅对风荷载与吊车荷载的计算加以具体说明。

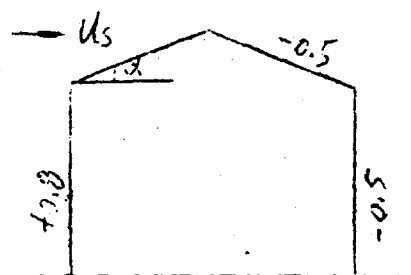
1-3-2 风荷载

作用在排架上的风荷载，与厂房的高低和厂房外表形状有关，其作用方向垂直于建筑物的表面，有压力和吸力两种，沿表面分析当厂房较高又有天窗时，风荷载将是影响排架内力的一项主要因素。作用在建筑物上的标准风载按下式计算：

$$W = \mu_s \mu_z W_0$$

W_0 —— 基本风压值 (KN/M^2)，是离地面 10m 高，30 年一遇的 10 分钟平均最大风速 V_m/s 为标准，并按 $W_0 = V^2 / 16$ 确定的值，它与建筑所在地和环境有关，可按《建筑结构荷载规范》采用，但不得小于 $0.25\text{KN}/\text{M}^2$ 。如排架方向与当地主风向垂直或周围有障碍物挡风时，基本风压值 W_0 可适当降低，山岭峡谷及其他风口地区，基本风压 W_0 应按实际情况提高。

μ_s —— 建筑物风载体型系数。它与建筑物的外形有关，可以参考《建筑结构荷载规范》典型车间体型系数决定。图 1-5 中给出了单跨双坡屋面的风载体型系数，正号表示压力，负号表示吸力。



α	μ_s
$\leq 15^\circ$	-0.6
30°	0
$> 60^\circ$	+0.3

图 1-1 注：中间值按插入法计算

风载体型系数

μ_z —— 风压高度变化系数，可由《建筑结构荷载规范》查得，柱顶以下的风压取一种高度变化系数，为简化计算即取在柱顶离地面的高度选取 μ_z 。柱顶以上作用于屋架及天窗架的集中风荷，可根据屋架及天窗架的平均离地面高度来选取 μ_z 。

计算风荷载时的假定

1. 屋顶部分：作用在屋顶部分的风荷载，为简化计算只考虑风载的水平分力，并且将它的合力以集中力的形式作用在排架的柱顶。

2、高低跨排架，高差不超过3 m时，则高低跨相交处作用于高跨封墙上的均布荷载，可以用作用于高跨屋架下弦的集中风荷载代替。

3、柱子部分风荷载：为简化计算通常以均布荷载代替梯形荷载，风压高度变化系数以柱顶标高为准。

排架上风荷载的计算。现以汉阳预制厂新结构金工车间单跨厂房排架（图1-6）为例说明如下。

例1-1 厂房排架尺寸及建筑物体型系数见图1-6，基本风压 $W_0 = 0.25 \text{ kN/m}^2$ ，排架间距为6 m，求作用于排架上的风荷载。

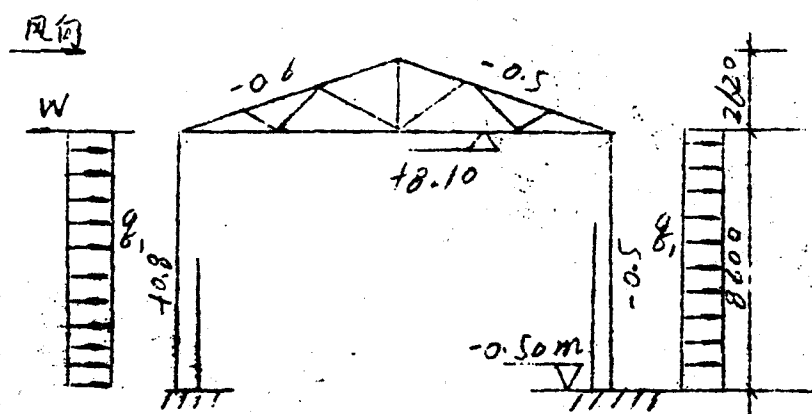


图1-6

解：风压高度变化系数取 $\mu_z = 1.0$ ；

建筑物体型系数 μ_s 如图1-6所示。

故 $W = \mu_s \cdot \mu_z W_0 \cdot h \cdot s$

$$\begin{aligned}
 &= 1.4(0.6 - 0.5) \times 1.0 \times 0.25 \times 2.62 \times 6 \\
 &= 0.55 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

注：上式 h 为屋架高度， s 为排架间距。

$$q_1 = 1.4 \times 0.8 \times 0.25 \times 0 = 1.53 \text{ KN/N},$$

$$q_2 = 1.4 \times 0.5 \times 0.25 \times 0 = 1.05 \text{ KN/M}$$

1-3-3：吊车垂直荷载

1. 吊车的最大轮压 $P_{\max}$ 及最小轮压 $P_{\min}$

吊车最大轮压系指起重小车开至极限位置时，大车上靠近小车一侧的一只轮子的压力即为最大轮压 $P_{\max}$ ，可从吊车规格中查得，相应靠另一柱的大车轮压为最小轮压 $P_{\min}$ ，如图 1-7 所示。

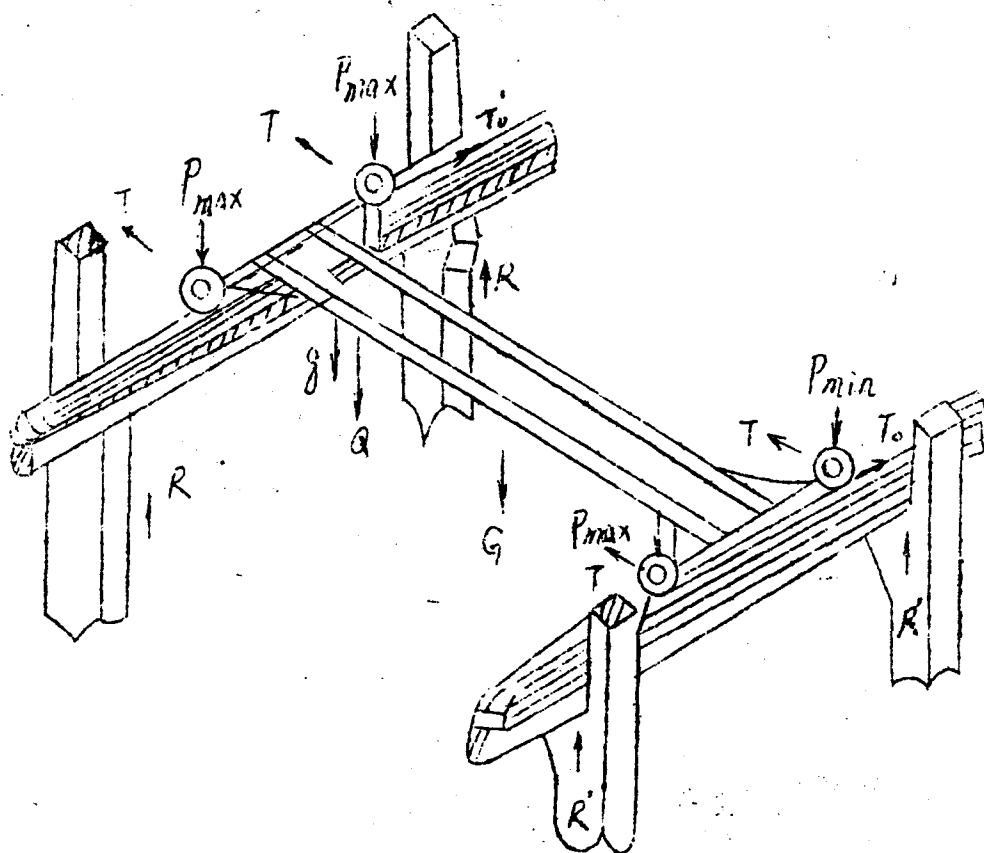


图 1-7

注： P_{max} ——最大轮压；

P_{min} ——最小轮压；

T ——横向制动力；

T_0 ——纵向制动力；

G ——吊车桥架自重；

g ——卷扬机小车自重；

Q ——额定起重量；

R ——吊车梁支座反力。

有时最小轮压也可以从吊车规格上直接查到，有时查不到，要自行计算。

整个吊车重量 = 起重量 Q + 吊车总重

把吊车桥视为简支梁，如图 1-8 所示，支承在两侧吊车梁上，则一侧轮压即为梁的支座反力。

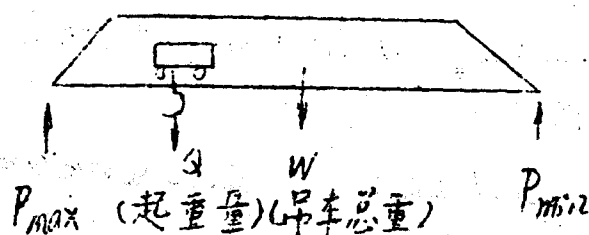


图 1-8

根据静力平衡方程： $\sum Y = 0$ ，得：

$$P_{max} \cdot 2 + P_{min} \cdot 2 = Q + W$$

(2——指吊车一侧轮子的数目)

则最小轮压

$$P_{min} = \frac{Q + W}{2} - P_{max}$$

2、吊车垂直荷载

因为吊车轮压通过吊车梁传到柱的牛腿上，吊车最大轮压在吊车梁上位置不同，通常吊梁传到牛腿的反力也不同，因为，要作出牛腿处的反力影响线，然后确定使其产生最大影响量的轮子位置，求出影响量，即为牛腿处的最大反力，也就是吊车对柱产生的最大垂直荷载。

当厂房设有多台吊车时，各台吊车都满载，小车都处在柱边极限位置，而且多台吊车紧紧在一起并列工作，而使柱牛腿上的吊车垂直荷载达到最大值，这种情况实际是很少可能发生的。因此，计算吊车垂直荷载时，对设有多台吊车的厂房，单跨排架一般考虑不多于两台，多跨排架一般按不多于四台计算。

我们求吊车对柱产生的最大垂直荷载，计算方法通过下面例题说明如下。

例 1 - 2 汉阳××厂新结构金工车间排架，柱距为 8 m，设计考虑有二台起重量 $Q = 50 \text{ KN}$ 的中级工作制吊车，求柱承受最大垂直荷载。

解：由机械工业部起重运输机械专业标准查得起重量 $Q = 50 \text{ KN}$ ，吊车资料如下：

吊 车 资 料

起重量 (KN)	跨度 L_k (m)	B (mm)	K (mm)	H (mm)	B_1 (mm)	小车 总量 (KN)	起重機 总量 (KN)	最大轮 压 P_{max} (KN)	最小轮 压 P_{min} (KN)
50	10.5	4050	3500	1870	230	21	104	76	31

柱子承受的最大(或最小)垂直荷载为(由本取不利位置如图

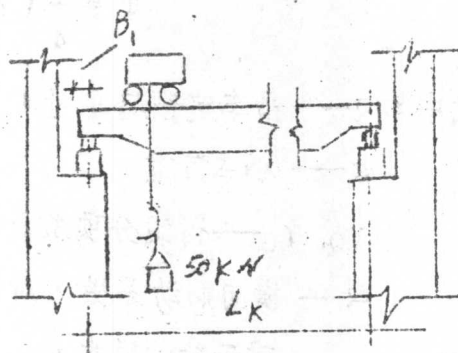
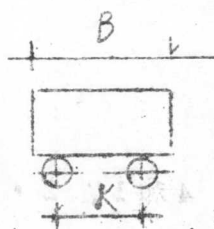
1-9所示)为:

$$R_{\max} = 1.4 \times 70 \times \left(1 + \frac{2.5}{6} + \frac{4.85}{6} + \frac{1.85}{6} \right)$$

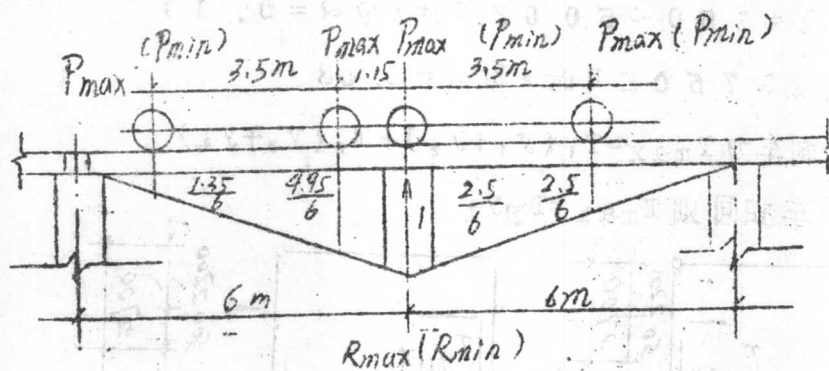
$$= 280.4 \text{ kN}$$

$$R_{\min} = 1.4 \times 31 \times \left(1 + \frac{2.5}{6} + \frac{4.85}{6} + \frac{1.85}{6} \right)$$

$$= 106.4 \text{ kN}$$



(a)



(b)

图 1-9