

序 言

近年来，由于我国建设事业的飞速发展，全国各地大小城镇，以及广大人民公社都要大建工厂、大建住宅。为了加快施工进度，装配式工业化，是我国建筑业的发展方向，因而预制构件的吊装工作，就显得日益重要。

吊装方法可分洋法吊装和土法吊装两种。机械化施工是我们发展的方向，但目前由于大型复杂的起重机械不能广泛供应，而国家建设又不能因暂时缺乏大型复杂起重机械而等待。因此，在吊装方面，同样也必须贯彻两条腿走路的方针。同时土法吊装的起重机械，也有其优点：

1. 经济，构造制作简单，就地取材；
2. 起重动力设备简单；
3. 装拆方便；
4. 起重量和起重高度，可以根据工程需要而制备。

目前，全国各地都广泛地采用土法吊装，而且各工地和熟练的起重工人，均积累了很多宝贵的土法吊装经验，也有不少介绍土法吊装的文章。但是，比较全面、系统地对比土法吊装加以叙述的书籍还不多见。

我们是清华大学土木系四年级的学生，自从党提出了半工半读，教育为无产阶级政治服务，教育与生产劳动相结合的方针以后，我们即积极地参加了生产劳动。通过在北京市机械化施工公司机床厂工地的培训，我们对吊装工作有了初步的认识，然后又和二年级的同学一起，建造了本校的通用车间工程，采用了几种土机械，部分地用土法吊装了厂房的装

配式构件——双曲壳、12米屋架、6米大型屋面板。根据我們在工作中所获得的生产經驗,在**施工教研組**教师的指导下,以及請教了北京市机械化施工公司、第六建筑工程公司等單位的吊装老师傅,編写成了这本小册子。

由于我們經驗很少,接触面不广,因此只能介紹部分土机械,而对有些也很广泛采用的土机械(如走綫滑子、台架等),就沒有詳細地介紹,同时由于時間有限,对吊裝索具、地錨等問題,也未全面介紹。

由于水平所限,文中定有不当之处,敬希讀者加以推正。

目 录

序 言

- 一、土法吊装机械的制作 (1)
 - (一) 独脚拔杆..... (1)
 - (二) 两木搭一人字拔杆..... (13)
 - (三) 三木搭..... (18)
 - (四) 简易木制龙门架..... (27)
 - (五) 絞磨..... (37)
- 二、土法吊装..... (44)
 - (一) 准备工作..... (44)
 - (二) 各种构件的吊装..... (46)
 - (三) 吊装組織方面的几个問題..... (66)

一、土法吊裝機械的製作

(一) 獨腳拔杆

獨腳拔杆一般是由一根主杆、六根牽纜、底部導向滑輪和起重部分組成的(圖1)。

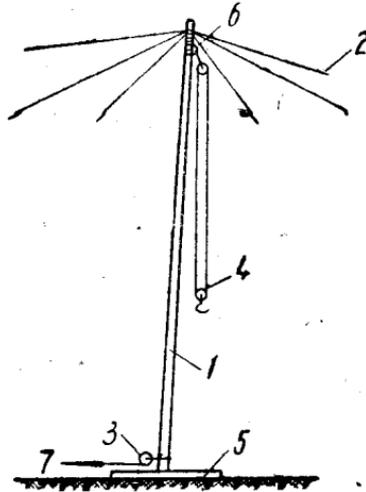


圖 1 獨腳拔杆構造圖

1—主杆；2—牽纜；3—導向滑輪；4—起重滑輪組；5—墊板(船)；6—枕頭木；7—起重索(通向絞盤)

一、選料和製作時所需的工具材料：

根據構件的重量和起吊的高度選擇拔杆的木料。如起重量在2噸左右，可選用一根梢端直徑為20厘米的黃花松(8~10米)。若一根起吊高度不夠，可用兩根或三根圓木拼接，

綁扎成一根拔杆，隨着起重高度和起重量的增加，應該相應地增加拔杆的直徑。根據廣東省的經驗，介紹實際使用的拔杆材料規格如表1所示（摘自“全國地方建築技術會議專刊”，1958年1月出版）。

拔杆使用規格參考表 表 1

起重量(噸)	拔杆高(米)	拔 杆 規 格
0.75	10	φ14×1000厘米杉木
1.00	10	φ16×1000厘米杉木
1.00	15	φ2~14×1000厘米杉木
1.00	18	φ16×1200, φ14×1200厘米杉木
1.50	10	φ2~13×1000厘米杉木
2.00	10	φ16×1000厘米以下用φ14加強杉木
2.50	10	φ3~13×1000厘米杉木
2.80	14	φ14×1400~φ16×1200厘米杉木
3.50	18	φ2~16×1800厘米杉木
4.50	8	φ20硬木
5.00	13	30×30×1300厘米洋松

上表多系指杉木而言，若用黃花松，尺寸可適當減小，具體尺寸應根據計算確定。

制作木拔杆時，還需準備下列材料和工具：

1. 鋼絲繩，數量根據拔杆高度和現場條件而定。主要為6根牽纜和1根起重索，直徑按起重量大小而定，一般為1/2~3/4吋。
2. 短鋼絲繩扣（圖2），用以將滑車組掛到拔杆頂上。



圖 2 短鋼絲繩扣

3. 滑輪。
4. 8 号鉛絲和 $1/4 \sim 3/8$ 吋鋼絲繩（拼裝組合拔杆時使用）。
5. 枕头木一个、木楔若干、一吋棕繩 150 米和細麻繩若干。
6. 卡子（图 3）約 20 个、卡环（图 4）若干。

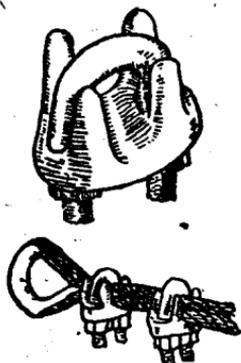


图 3 卡子

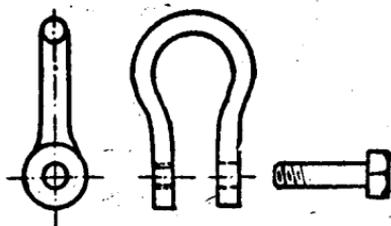


图 4 卡环

7. 鐵鏈一條（組合拔杆時擠緊圓木用）、鉗子兩把和活口搬子兩把。

二、拔杆的制作：

拔杆分獨脚拔杆和組合拔杆兩種：

1. 獨脚拔杆：用一根圓木加工而成。在拔杆底面用斧子砍幾個缺口或砍成漫圓（截頭錐形），以備在移動拔杆時便于撬棍插入。

牽纜的綁扎：

牽纜一般用鋼絲繩，粗細按起重量決定。在起重量很小時，也可用棕繩代之。獨脚拔杆一般用 5~6 根牽纜較為可靠，極少用 4 根牽纜。每根牽纜的長度，視拔杆的高度和場

地情况而定，牵纜愈長，則牵纜本身和拔杆受力愈小，但占地方較大。一般当拔杆立起后，牵纜和地面的夹角为 $30^{\circ} \sim 45^{\circ}$ 。

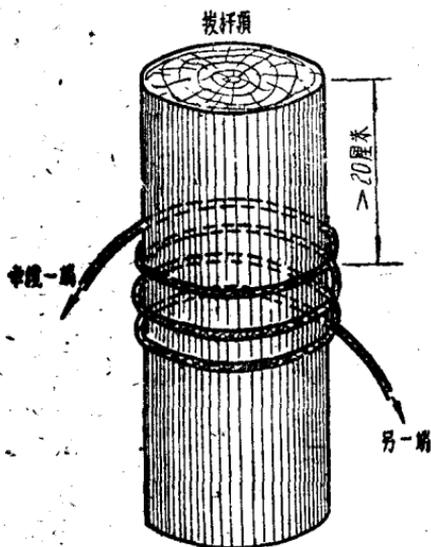


图 5 牵纜綁扎的方法

牵纜常用的綁扎方法如图 5 所示。一根長鋼絲繩可作二根牵纜，图 5 只表示了一根鋼絲繩，要使它愈拉愈紧。各个牵纜的繩扣，不要互相压住，避免损坏鋼絲繩。

牵纜綁扎完后，最后一圈距拔杆端点至少要有 20 厘米，否則需加安全装置（在拔杆頂上釘一块木板），防止牵纜脫出（加安全設備时，牵纜距拔杆頂也不得小于 10 厘米）。

有时，为了使拔杆易于轉动，有用拔杆頂盖者，頂盖一般为生鉄鑄成，上有 8 个左右的孔，以固定牵纜用，牵纜就不用綁扎，卡在頂盖上即可。

枕头木用 8 号鉛絲綁在离拔杆端部約 40 厘米处（图 6），然后将短鋼絲繩扣綁在拔杆上，繩头搭在枕头木上，以备掛滑輪用（图 6）。枕头木不宜过大或过小（一般 $\phi 15 \sim 20$ 厘米），如过大，将增加拔杆的内力，过小，則构件易碰拔杆。

在拔杆上釘上扒釘，以供工人上下之用，然后将起重索穿入起重滑車組。独脚拔杆本身制造即告完毕，然后可着手

准备架立。

2. 组合木拔杆：当起重高度和起重量较大，但无合适的粗大木料时则用之。

可将二根、三根或更多的圆木（具体数目视需要而定）组合成一根拔杆。组合时，应先用铁链将拔杆互相挤紧（图7），随即用1/4吋或3/8吋钢丝绳进行绑扎，并随时用钉子加固。然后用木楔将空隙填满即可（图8）。如钢丝绳数量不够，可用8号铅丝绑扎，但两端一定要用钢丝绳绑扎。绑扎用的钢丝绳不宜太粗，否则不易绑紧。如果拔杆刚度不够，可在空隙中加入数根铁轨或角钢。

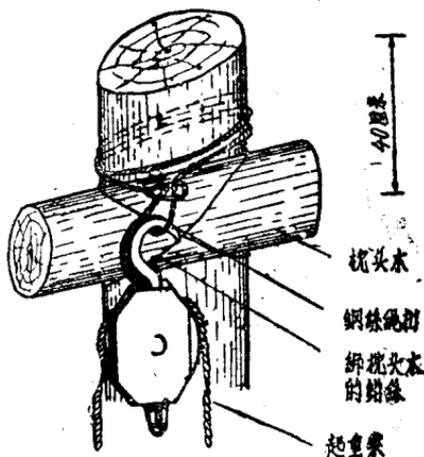


图6 枕头木的绑扎

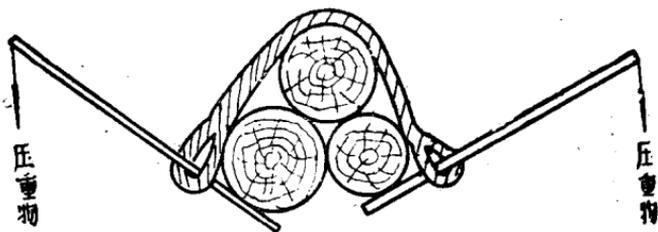


图7 挤紧三根圆木

用许多圆木组合的拔杆，应排成三角形或方形（指其断面），即组合后总的截面，应尽量趋于圆形。组合拔杆的同一截面，不能有两个接头，接头应互相错开，以免造成某一截面最弱。如两根圆木拼装时，其搭接长度不小于总长的1/2

(图8)。

拼装组合拔杆的方法很多，不能一一详述。总之，组合拔杆要绑紧，使绑在一起的几根圆木吃劲要一致，否则在使用时，就会发生其中一根或数根扭动。而且组合拔杆容易破坏。因而在选用组合拔杆的圆木时，应尽量选用直的，绑扎完后的组合拔杆，也要尽量趋于直线。



图8 组合拔杆

三、拔杆的架立：拔杆的架立，有各种不同的方法，这里仅述一种，以供参考。

在拔杆架立前，应有一系列的准备工作。首先应当注意牵绳是否有地方拴住(如电线杆、较大的树木等)，如无现成之物可以利用，就应当先安设地锚。然后再架立起一个小两木搭，或较小的独脚拔杆，其高度约为所要立的拔杆的 $1/2 \sim 3/4$ (立法见本书两木搭)，利用两木搭将拔杆立起。其具体方法如下：首先应在拔杆根部挖一深 $20 \sim 30$ 厘米的坑(图9)，并在拔杆根下放一挡板或在拔杆脚上拴一根钢丝绳连至地锚，以防止其在起立过程中滑动(轻型拔杆只要在地上挖一浅坑即可)。在独脚拔杆重心上部绑一钢丝绳，将它挂在两木搭的起重物上，然后用绞磨或卷扬机起动双木搭的起重索，即可将拔杆立起(也有利用拔杆本身的起重索，作为两

木搭的起重索)。在起立过程中，每个牵纜应有二人随时拉紧，以防止拔杆摆动。同时在拔杆根部应有1~2人扶住擋板，并随时用撬棍将拔杆根部向下撬动，以防滑出。等拔杆立起后，将各牵纜固定即成（图10）。

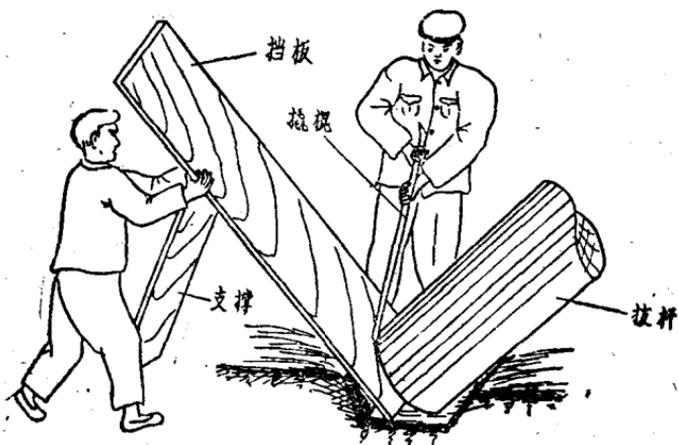


图 9 拔杆架立时的根部細部图

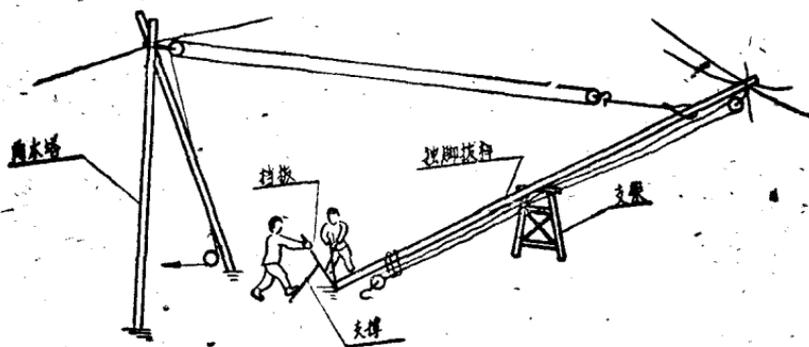


图 10 拔杆架立

四、独脚拔杆的性能和使用范围：

木制独脚拔杆，一般起重量为0.5~10吨，起重高度为10~25米，适于吊装较高的构件。

独脚拔杆可作水平移动，亦可以倾斜一定角度，也可以在吊着重物的情况下进行倾斜。但这种技术较为复杂，须有一定经验，才能保证安全施工。倾斜角度较大时，需要在拔杆底部加以絆子（即一短鋼絲繩連至地錨），防止滑动。

其主要优点为：起重高度高，起重量大。

缺点是：牵纜数目多，移动不甚方便。

独脚拔杆主要用于吊桁架，生产率每天可吊8根，但也能用于吊柱和吊車梁等，利用它吊双曲壳，也是比較方便的。

五、使用时的注意事项：

独脚拔杆立起后，要经常检查牵纜，起重索是否发生断絲，卡子是否松动或脫扣，地錨是否牢固，牵纜和地錨的连接是否可靠。后面三根牵纜受力较大，应着重检查。

在使用拔杆时，尽量不要使拔杆扭动。当拔杆在荷重后发生的变形，在荷重卸下后，不再恢复原状时，此拔杆可能就要破坏，需要加固后才能再用。

拔杆身上不要涂抹防腐油漆之类，以防拔杆开裂时难于发现。

六、拔杆簡單計算实例（摘自“全国地方建筑技术會議專刊”，1958年1月出版）：

根据建筑工程出版社出版的H.A.波洛巴思著“安装工业建筑物用的起重设备”和卡尔生著“木结构”等書的拔杆近似計算如下：

1. 符号說明：

P_1 ——拔杆内力。

M ——拔杆弯曲力矩。

P ——自定滑輪引下的繩端的拉力(此例定滑輪为 4 組,
 $P=500$ 公斤)。

e ——滑輪組的定滑輪的懸掛偏心矩。

J_1 ——两根小头断面对本身中軸的慣矩。

J_2 ——大头断面对 X 軸的慣矩。

F_1 ——小头面积。

F_2 ——大头面积。

F ——桅杆总面积。

W ——断面模数。

i ——迴轉半徑。

2. 計算实例 (图 11) :

拔杆起重量 $Q=8$ 吨, 拔杆長 19 米, 計算图形見图 11

甲。

拔杆由三根圓木組成 (图 11 丙)。

圓木小圓直徑 = 20 厘米, $F_1=314$ 平方厘米

圓木大圓直徑 = $20 \times 1.9 = 38$ 厘米

$F_2=962$ 平方厘米

$$\theta = 20^\circ \quad \beta = 90 + \theta = 110^\circ$$

$$\alpha = 10^\circ \quad \gamma = 180^\circ - \alpha - \beta = 180^\circ - 10^\circ$$

$$- 110^\circ = 60^\circ$$

3. 計算过程:

$$P_1 = Q \frac{\sin \beta}{\sin \gamma} = 8000 \times \frac{\sin 110^\circ}{\sin 60^\circ} = 8000 \times \frac{0.9397}{0.8660}$$

$$= 8660 \text{ 公斤}$$

拔杆弯曲力矩的計算:

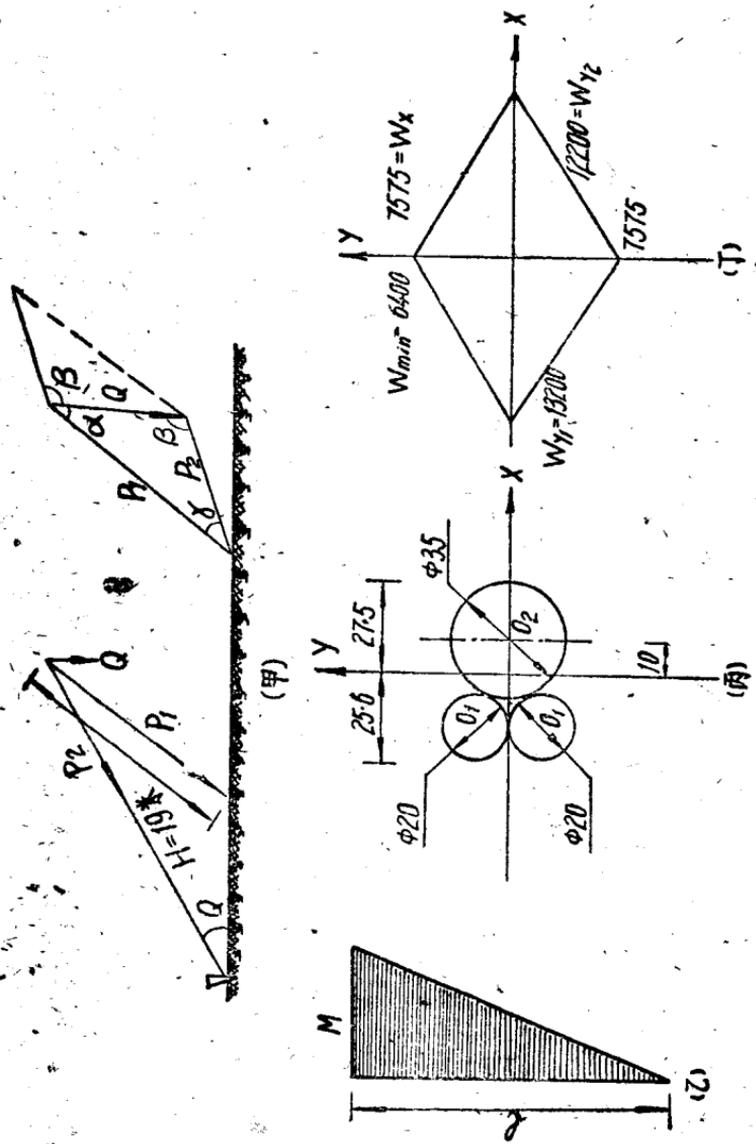


图 11 拔杆计算简图

$$M = (Q + P) e = (8000 + 500) \times 30 = 255000$$

公斤/厘米

彎曲力矩最大系在杆頂，在拔杆底力矩等于零，变化如图11乙，拔杆断面系由三根圓木組成。

$$F_1 = 314 \text{ 平方厘米} \quad F_2 = 962 \text{ 平方厘米}$$

$$J_1 = \frac{\pi d^4}{64} = 0.049 d_1^4 = 0.049 \times 20^4 = 7850 \text{ 平方厘米}$$

$$J_2 = 0.049 d_2^4 = 0.049 \times 35^4 = 73000 \text{ 平方厘米}$$

对 X 軸慣矩:

$$\begin{aligned} J_x &= J_2 + 2(J_1 + F_1 \times \gamma^2 Y) \\ &= 73000 + 2(7850 + 314 \times 10^2) \\ &= 151500 \text{ 厘米}^4 \end{aligned}$$

对 Y 軸慣矩:

$$\begin{aligned} J_y &= 2(J_1 + F_1 \times \gamma_{x1}^2) + (J_2 + F_2 \times \gamma_x^2) \\ &= 2(7850 + 314 \times 15.6^2) + (73000 + 962 \times 10^2) \\ &= 337300 \text{ 厘米}^4 \end{aligned}$$

断面模数計算如下:

$$W_x = \bar{J}_x / d_1 = 151500 / 20 = 7575 \text{ 立方厘米}$$

$$W_y = J_y / 25.6 = 337300 / 25.6 = 13200 \text{ 立方厘米}$$

$$W_{y2} = J_y / 27.5 = 337300 / 27.5 = 12200 \text{ 立方厘米}$$

(上面求 W 所用的 d ，是从弯矩公式出发，拔杆的最外边缘算起的)

由图解法求出最小的断面模数:

$$W_{\min} = 6400 \text{ 立方厘米}$$

$$\text{迴轉半徑 } i = \sqrt{J/F}$$

相应于最小断面模数的慣矩，用直綫图解得出。

$$J = 139500 \text{ 厘米}^4$$

$$i = \sqrt{139500 / (962 + 314)} = \sqrt{87} = 9.3$$

$$\lambda = \frac{l_0}{i} = 1900 / 9.3 = 205$$

除了考虑最小的断面模数 W_{\min} 外，尚须考虑拼装不是整体，而在接合中有松弛的现象，故在核算时，须乘系数 $KW = 0.85$ 。

强度核算：在桅杆顶部

$$\begin{aligned} \sigma &= \frac{N}{F} + \frac{M}{W} & N &= P_1 \\ &= \frac{8660}{1590} + \frac{255000}{6400} = 5.4 + 40 = 45.4 \text{ 公斤/平方} \end{aligned}$$

厘米

在桅杆中部（面积和断面模数，仍用顶部数字）

$$\sigma = \frac{N'}{F} + \frac{M'}{\xi W_{KW}}$$

$$\begin{aligned} N' &= 8660 + 0.5G \quad (G = \text{拔杆本身重} = 1500 \text{ 公斤}) \\ &= 8660 + 0.5 \times 1500 = 9410 \text{ 公斤} \end{aligned}$$

$$M' = 1/2 M = 1/2 \times 255000 = 128000 \text{ 公斤/平方厘米}$$

$$\begin{aligned} \xi &= 1 - \frac{\lambda^2}{3100} \cdot \frac{\sigma_c}{[\sigma_c]} = 1 - \frac{205^2}{3100} \times \frac{5.4}{100} \\ &= 0.27 \end{aligned}$$

$$\sigma = \frac{9410}{1590} + \frac{128000}{0.27 \times 6400 \times 0.85} = 5.9 + 88 = 94$$

公斤/平方厘米 < 100 公斤/平方厘米所以安全。

(二) 两木搭一人字拔杆

两木搭，一般由两根搭成人字形的圆木、四根牵缆和起重部分組成（图12）。

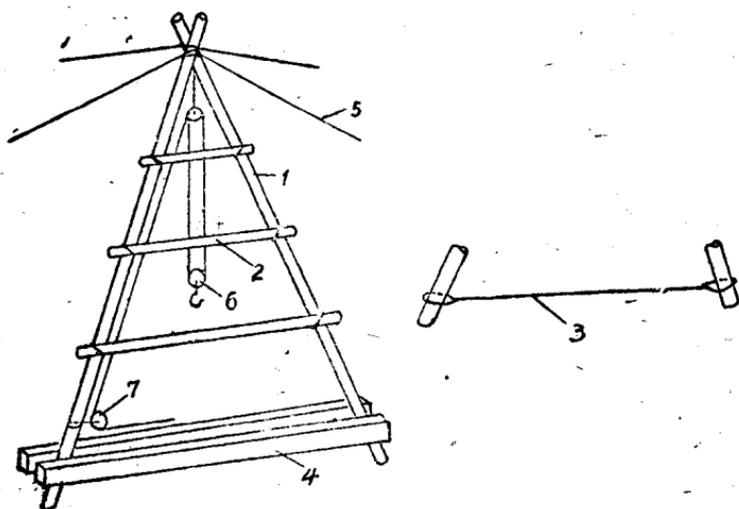


图 12 两木搭的构造图

1—主杆；2—排木；3—絆子；4—夹板；5—牵纜；6—起重滑輪組；7—导向滑輪

各部功用如下：

1. 主杆：承受所吊重物引起压力的主要杆件。
2. 排木：间距約1.2~1.5米，起拉杆作用，防止主杆受力后，因剛度不够而弯断。也可当梯子供人上下（掛倒鏈、檢查牵纜、給滑輪加油等）。

3. 絆子或夹板：为防止主杆受力后两腿向外滑动，使用絆子或夹板将两木搭的两腿固定，一般两木搭用于地面时采用絆子，用于高空时使用夹板，固定式的二木搭，也可在地

上挖二个浅坑固定即可。

4. 牵纜：稳定主杆用。

一、选料和制作时所需的工具：

1. 木材的选择：根据起重量和起重高度选料——杉木或黄花松。选材要直而且粗细均匀，若一根圆木强度不够，可用两根圆木组成（图13）。

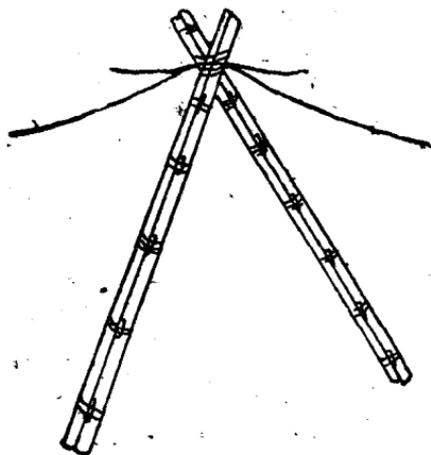


图 13 组合杆的两木搭

2. 牵纜：常用1/2~5/8吋鋼絲繩，当起重量不大时，可用1吋棕繩代替。鋼索受力与起重高度和索長有关，一般与地面成 $30^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 。

3. 导向滑輪一个，起重滑輪一套。

4. 鋼繩卡子，8号鉛絲若干，1/4吋細鋼繩7~8米（綁主杆用）。

5. 架子工用的工具：釵子、鉗子、活搬子等。

二、制作：

1. 綁扎准备：

1) 量好两腿高度，确定綁扎部位（使两腿等高），划上記号。

2) 将二圆木于綁扎处交叉：

(1) 为使綁扎紧密，两腿叉开角度，应略小于使用角度，綁好后再支开，这样可使綁扎点更紧。

(2) 若圓木有弯曲，应如图14綁扎。

3) 用細鋼絲繩綁扎(一般用1/4吋軟鋼索)。起重量較小时(1吨左右)，可用麻繩，但注意經常檢查磨損情况。

2. 綁扎方法:

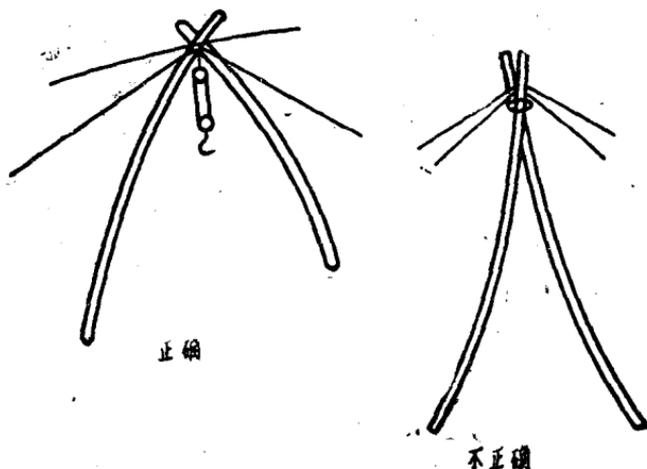


图 14 弯曲主杆的綁扎

首先在一根圓木上，用半边扣繞三圈，然后在两根圓木上繞10~15匝，最后固定在一根圓木上(图15)。

3. 綁扎时注意:

- 1) 纏繞时各圈靠紧，但勿重叠，以保証受力均匀。
- 2) 牽纜应順纏繞方向遠向地錨(图16)。
- 3) 綁扎后在空隙打入木楔。
- 4) 为防止松动，开头和末尾均用扒釘釘紧。

三、架立:

1. 准备工作:

- 1) 首先应选择場地，并应注意牽纜勿妨碍交通。
- 2) 若两木搭过大，要預先另立小两木搭或独脚拔杆来

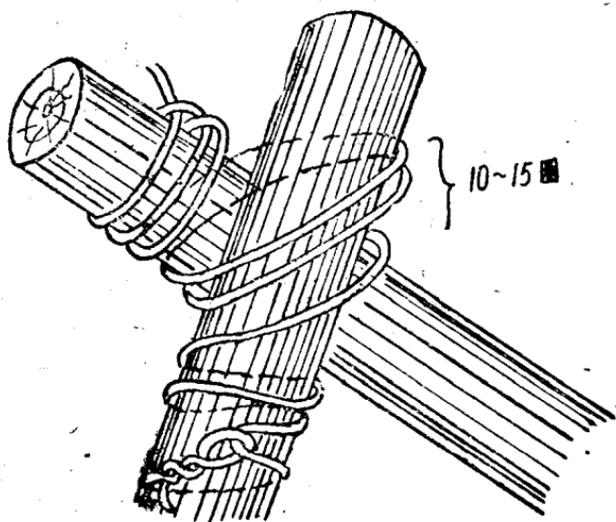


图 15 两木搭绑扎方法

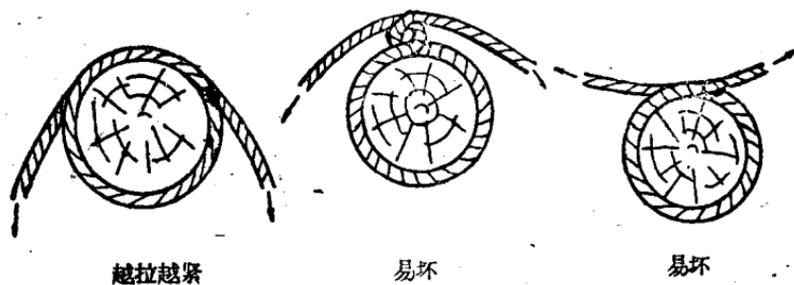


图 16 牵纜的綁扎和引出方向

架立。两木搭最好靠在墙上，或其它高处绑扎，这样易于架立。

3) 架立时的人力分配：每根牵纜 2 人；每个脚 1 人；推起 2 ~ 4 人；指挥 1 人；共约 15 人。

2. 架立过程：

較小的两木搭，可以用人推起。

預先在兩腳下挖坑，並有一人在腳下用撬棍抵住，以防立起時根部滑動。後方牽纜應事先連于地錨，隨主杆升高而逐漸收緊。當推起高度超過人高時，用杉槁支撐（圖17）。

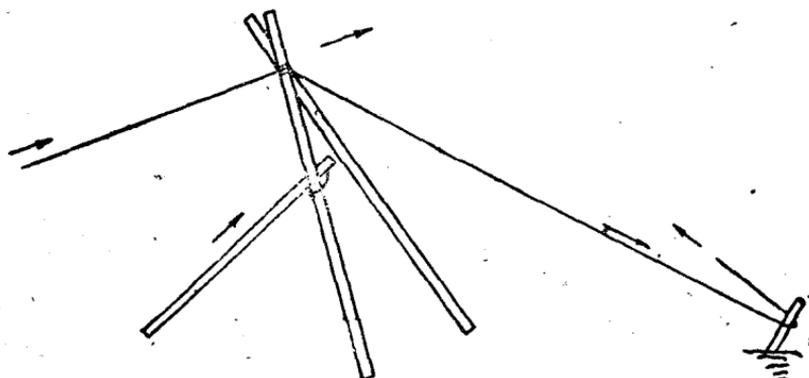


圖 17 人工架立兩木搭

若兩木搭較大，則要運用輔助機械，方法與獨腳拔杆的架立相同。

在架立過程中，應保證統一指揮，並事先對不熟悉工作的人員進行安全教育，在兩木搭起來時，前後牽纜應分理清楚，不得錯亂交叉。

四、性能和使用範圍：

1. 起重量和起重高度：按杉槁的長度和粗細決定。通常起重量由1.5~30噸，起重高度5~20米。

2. 生產率（參考江西柴油機廠鑄工車間資料）：

吊裝柱（12噸）：9~12根/台班。

吊裝吊車梁（3.6噸）：12~24根/台班。

吊裝薄腹梁（4.5噸）：8~10根/台班。

3. 主要優缺點：

两木搭的优缺点是：

比独脚拔杆稳定性好，架立方便，而且起重量很大。但是它摆动范围小，只能前后稍俯仰，而且本身占地大，要用四根牵纜，影响现场交通。

4. 两木搭应用实例：

1) 清华大学建筑工程公司通用車間工地：用两木搭吊大型屋面板。主杆为二根 $\phi 12 \sim 18$ 厘米的杉槁，長7米，跨在間距为6米的屋架上，1/2吋牵纜四根，起重量1.5吨。

2) 北京第二通用机械厂工地：两木搭高18米，腿間距5米，吊高22米，重33吨混凝土柱，用2吋鋼索作索具，起重索用3/4吋穿5+5滑輪。牵纜4根，每根1吋，用两个絞磨同时起重。

3) 江西柴油机厂鑄工車間：吊12吨柱，高16.3米，腿間隔5米，用尾徑 $\phi 22$ 厘米圓杉木，5/8吋牵纜四根（見江西省建筑工程局資料）。

五、使用时注意事項：

1. 每次工作前应檢查：各牵纜的牢固程度，接头是否松动，排木是否結实，滑輪是否轉动，鋼索是否磨損等。

2. 两木搭底部要挖坑或加絆子，防止两腿向外滑动。

3. 悬挂滑輪或倒鏈的鋼絲繩，并尽量繞在交叉处，并应垫麻袋、木块，防止压坏圓木。

(三) 三木搭

三木搭系由三根杉槁綁成。掛上倒鏈（或滑輪組）即可起重。其构造如图18。

一、选料和制作时所需的工具：

1. 杉槁三根，其尺寸按起重量、高度，以及三木搭的張

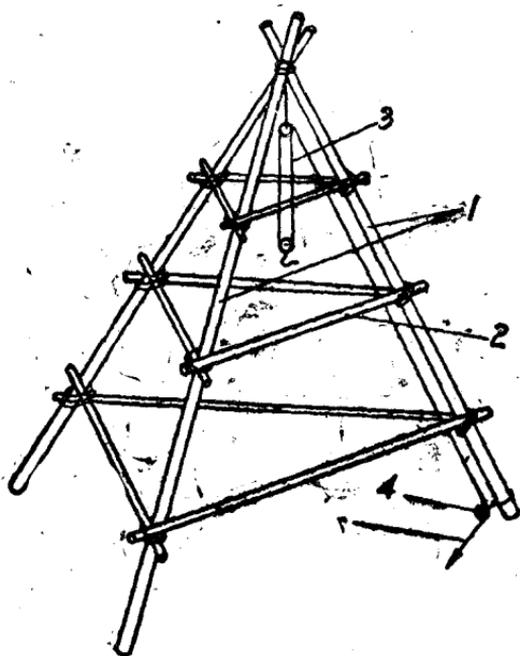


图 18 三木搭的构造图

1—主杆；2—排木；3—起重滑輪組；4—导向滑輪；5—起重索，引至絞磨

开角度而定。为了防止纵向弯曲使杉槁折断，要求杉槁很直，稍弯的也可用，但应该向里弯，这样受力较好。其具体选择详见表 2。

2. 排木：一般用 $\phi 10$ 厘米，长度由三木搭大小而定。它的作用有二：

- 1) 防止大杉槁受力时底部向外扩张；
- 2) 增加主杆的稳定性。

3. 麻繩。

表 2

P	$d = d_{小} + 0.8 \frac{l}{2}$ $= d_{小} + 2.8$	$\lambda = \frac{4l}{d} = \frac{2800}{d}$	$\varphi = \frac{3100}{\lambda^2}$	$\sigma = \frac{N}{\varphi F} = \frac{0.36P \times 4}{\varphi \cdot \pi d^2} = 0.458 \frac{P}{\varphi d^2}$
6吨	$\phi_{小14} 14 + 2.8 = 16.8$	$\frac{2800}{16.8} = 167$	$\frac{3100}{167^2} = 0.112$	$0.458 \times \frac{6000}{0.112 \times 16.8^2}$ = 87公斤/平方厘米 < 100公斤/平方厘米
4吨	$\phi_{小12} 12 + 2.8 = 14.8$	$\frac{2800}{14.8} = 189$	$\frac{3100}{189^2} = 0.0866$	$\frac{0.36 \times 4000 \times 4}{0.0866 \times \pi \times 14.8}$ = 96公斤/平方厘米 < 100公斤/平方厘米
2吨	$\phi_{小10} 10 + 2.8 = 12.8$	$\frac{2800}{12.8} = 219$	$\frac{3100}{219^2} = 0.0645$	$0.458 \times \frac{2000}{0.0645 \times 12.8^2}$ = 86.5公斤/平方厘米 < 100公斤/平方厘米
1吨	$\phi_{小8} 8 + 2.8 = 10.8$	$\frac{2800}{10.8} = 259$	$\frac{3100}{259^2} = 0.0463$	$0.458 \times \frac{1000}{0.0463 \times 10.8^2}$ = 85公斤/平方厘米 < 100公斤/平方厘米

4. 鋼絲繩扣一个（掛倒鏈或滑輪組用）。

5. 倒鏈一个或一套滑輪組和絞磨。

二、簡單計算（图19）：

$$P = 3N \sin \alpha$$

$$N = \frac{P}{3 \sin \alpha} = \frac{P}{3h/l} = \frac{Pl}{\sqrt[3]{l^2 - CD^2}}$$

$$= \frac{Pl}{\sqrt[3]{l^2 - \left(\frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \frac{a}{2}\right)^2}} = \frac{P}{\sqrt[3]{1 - \frac{1}{3}\left(\frac{a}{l}\right)^2}}$$

当 $\frac{l}{a} = 1 \sim 3$ 时， $N = \frac{P}{2.5} \sim \frac{P}{3} = 0.4P \sim 0.33P$ 。

杉槁破坏，都是压杆失去稳定而弯曲破坏，故在使用情况下 $\frac{l}{a} \approx 1.5$ ，当三木搭扩张时，压力 N 增加不大。但杉槁底

端对地面水平推力 $N_x = N \cos \alpha = \frac{P}{3} \cos \alpha$ 增加较快，腿要向外跑，横撑用力拉住，大杉槁产生弯矩。同时杉槁受压，由于弯曲变形，使纵向弯曲增加很快，合成的结果是弯矩很大，容易折断，所以固定三条腿底端很重要。

外跑，横撑用力拉住，大杉槁产生弯矩。同时杉槁受压，由于弯曲变形，使纵向弯曲增加很快，合成的结果是弯矩很大，容易折断，所以固定三条腿底端很重要。

杉槁的选择：

一般经验采用如下：

起重量为4吨，杉槁有效长度为7米时，小圆直径12厘米。

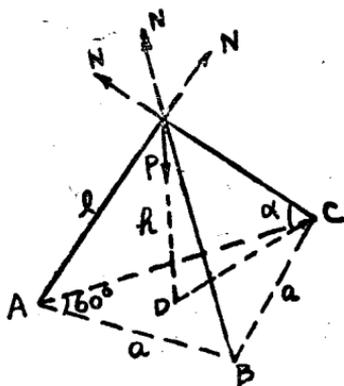


图 19 三木搭的计算简图

起重量为 2 吨，杉槁有效长度为 7 米时，小圆直径 9 ~ 10 厘米。

根据压杆计算：

$$\sigma = \frac{N}{\varphi F} \quad \varphi = \frac{3100}{\lambda^2} \quad \lambda = \frac{l}{i}$$

$$i = \frac{d}{4} \quad d = d_1 + 0.8 \frac{l}{Z} \quad (\text{此式中 } l \text{ 的单位是米})$$

一般有效长度 $l = 7$ 米，三木搭扩张的程度 $\frac{l}{a} = 1.5$

相应于 $\frac{l}{a} = 1.5$ 时。

$$N = \frac{P}{\sqrt[3]{1 - \frac{1}{3} \left(\frac{a}{l} \right)^2}} = 0.36P$$

$$l = 7 \text{ 米} \quad \frac{l}{a} = 1.5 \quad (\text{通常使用}) \quad N = 0.36P$$

清华大学建筑工程公司在通用车间使用 4 吨以下的三木搭的经验，与计算相符，当工地上找不到大杉槁时，可用两根小杉槁组合成大杉槁，但要用麻绳或铅丝把二根紧绑在一起。

三、三木搭的绑扎与架立：

1. 绑三木搭：为了使架立方便，三木搭的绑扎，最好靠在墙上或其它较高的地方进行（如图 20）。

杉槁由绑扎点到下端的长度应相等。先把 1、2 杉槁预先张开 30° 左右，绑成一个两木搭，绑扎方法要使此两杉槁能相对转动，然后把 3 与 1（或 2）绑在一起，而且也要使 3 能稍有转动的可能。将绑好的三角架立起，张开到要求的

角度，底端三点成等边三角形。在保證起重时重物不碰杉槁的条件下，尽量使底边宽度为杉槁长度的 $1/2 \sim 2/3$ ，然后綁扎排木，并应由下而上进行綁扎，排木数量与大杉槁长度和三木搭起重量有关，一般用 $\phi 10 \sim 15$ 厘米杉木，每隔 $1.2 \sim 1.5$ 米綁一根。排木中若有妨碍起重，可待全部綁完后再拆去。

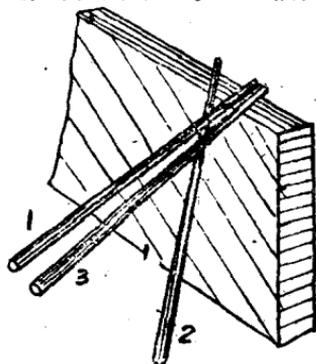


图 20 三木搭的架空綁扎

若附近没有墙，或其它高处可以利用时，三木搭亦能在地面綁扎（图 21）。先在地面綁好1与2，

而3与1（或2）則較松地綁在一起，并保證了能活动，然后如图21所示方向将它推起。人力分配如图21所示，其它步骤同前，只是最后要把3与1或2重新綁紧。

此时架立起来需要較多的人力，故应尽量利用当地条件靠在高处綁扎。

2. 綁扎时的注意事项:

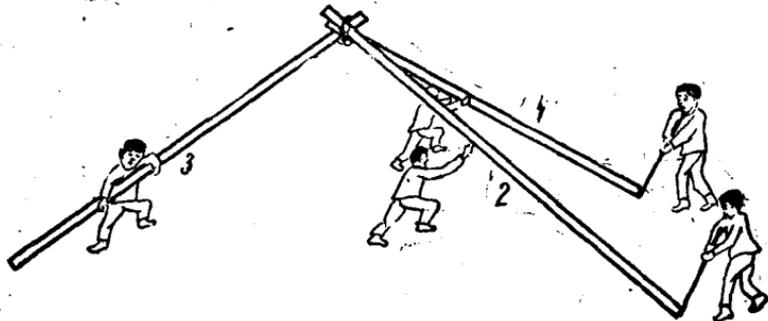


图 21 三木搭的地面綁扎

1) 三根大杉槁的交点处, 不应形成大空洞, 空洞无法避免时, 以木楔塞满, 以免起吊时掛上鋼絲繩, 会使杉槁受弯折断;

2) 为了使整个三木搭更牢固, 在整个三木搭綁好后, 用繩子再把三根杉槁綁在一起;

3) 当起重量在3吨以上, 且長期使用者, 必須用直徑2/8~3/8吋鋼絲繩綁扎。

3. 起重設備 (一般用倒鏈或滑車組):

1) 装鋼絲繩扣、墊麻袋或木块。

— 纏繞鋼絲繩扣的原則:

(1) 把三根杉槁都“鎖”住;

(2) 使鋼絲繩与杉槁的交点, 尽量靠近三根大杉槁的交点处, 以免大杉槁受弯。

图22甲所示为不正确的方法, 因为没有把三根杉槁“鎖”在一起, 杉槁3受的力, 完全由麻繩傳給它, 若麻繩折断, 杉槁3就会不起作用, 三木搭就会垮; 而图22乙所示, 就可以避免上述缺点, 因为三根杉槁都給“鎖”住了, 三根大杉槁, 其受力由鋼絲繩扣傳給, 麻繩受力小, 即使麻繩断了, 三木搭也不会垮。

2) 掛倒鏈或滑輪組: 把倒鏈或滑輪組掛在鋼絲繩扣上后, 需用麻繩綁住掛鈎的开口处, 以免脫鈎。

在三木搭底部要装导向滑輪时, 为避免絞磨拉力将杉槁3拉向外跑, 杉槁3下面必須挖一淺坑。这种三木搭移动不便, 而且推絞磨需人較多, 但适宜固定起重用。

四、性能和使用:

1. 性能: 起重高度一般为6~8米; 起重量在6吨以下。

2. 起重設備: 倒鏈或絞磨, 移动时用六人抬走。

3. 适用范围：一般小型预制厂成品堆放，或现场装车卸车均可采用。如清华大学构件预制厂预制壳体脱模、大板翻身、屋架起模、大板和壳体的装卸车等，均采用三木搭来进行。有时构件要作不大的水平移动时，甚至预制构件的吊装（将三木搭或四木搭设在已建成的结构上）也可采用。

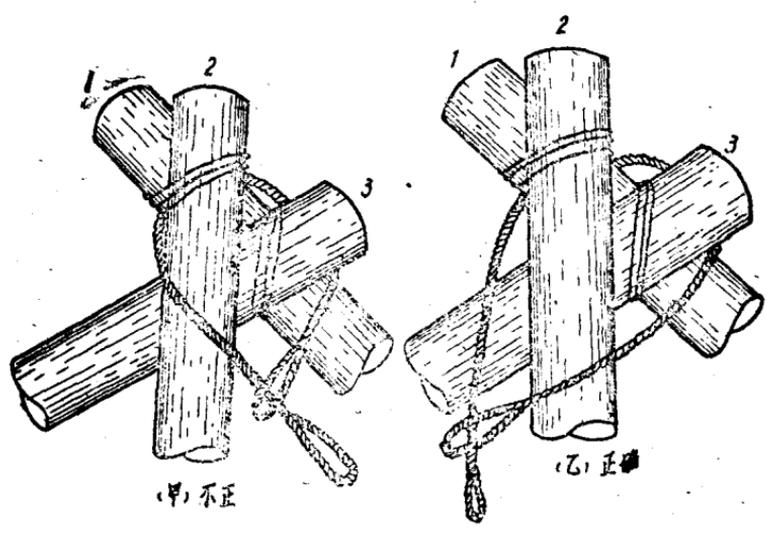


图 22 鋼絲繩扣的綁法

4. 使用方法：垂直起重时，1~2人拉倒鏈，1~2人扶住重物。

水平移动重物时，如图23所示。一边拉倒鏈，一边用人撬动重物。

5. 使用时注意事项：

- 1) 拉倒鏈的人，絕不可站在重物吊起时的运动方向；
- 2) 起重鉤不能超出三木搭形成的三棱錐空間，否則由于水平分力 F 的作用，会使三木搭傾倒（图24）。

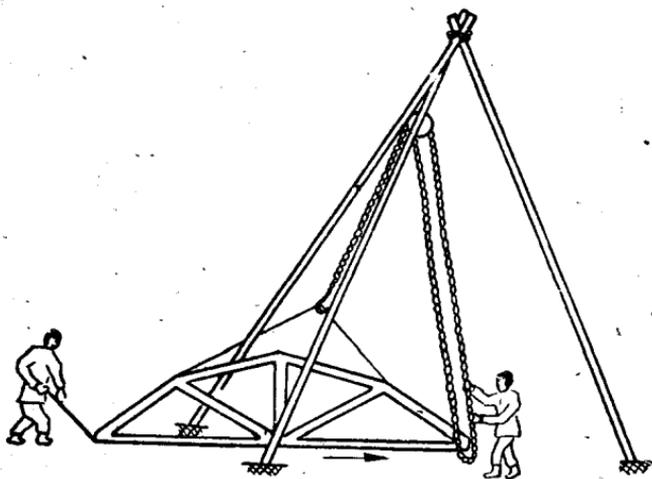


图 23 水平移动重物

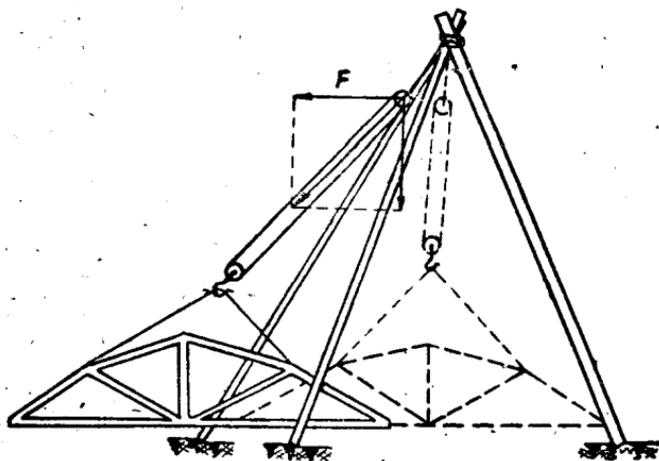


图 24 三木搭傾倒

6. 加固与維修:

1) 長期使用的三木搭, 每天要檢查: 三條腿是否張開了, 如果張得太開, 就會使起重時因受力過大而折斷, 這時應當將三腿收攏, 重新綁扎。

2) 綁扎的繩索是否鬆動, 鬆了要重新綁扎結實。

3) 當發現起重時腿彎曲較大, 可再重疊地綁一根圓木加固, 若略有小彎曲, 只需加排木即可。

4) 起重時若聽見三木搭發出嘎嘎聲, 應立即停止起重, 檢查主杆是否受彎曲過大, 或麻繩是否磨斷。

7. 优缺点:

優點: 制作方便, 一般半小時就可綁好一個, 15分鐘就可拆一個。

缺點: 吊起的重物不能作水平移動, 移動三木搭需用人力抬運, 用人較多(一般為6人), 不甚方便, 而且起重量和起重高度均不大。

(四) 簡易木制龍門架

龍門架是一種可以起吊重物, 並作為短距離運輸的機械, 用途頗廣, 形式與構造不一。在露天預制構件廠中的構件堆放和裝卸, 以及土法吊裝中, 均被廣泛採用。它有金屬制成的和木制成的。下面僅介紹幾種簡易木制龍門架, 主要用於露天預制構件廠中。

一、龍門架的構造和設計:

龍門架由門架和行走部分組成, 門架應作成不易變形的剛架, 否則會導致龍門架的脫軌和破壞。

簡易木制龍門架, 常見的有三種形式:

1. 用一個橫梁、兩個立柱和斜撐組成門架; 用夾板和輪

子組成行走部分（图25）。

2. 由一个横梁、两个二木搭、斜撑和輪子組成(图26)。

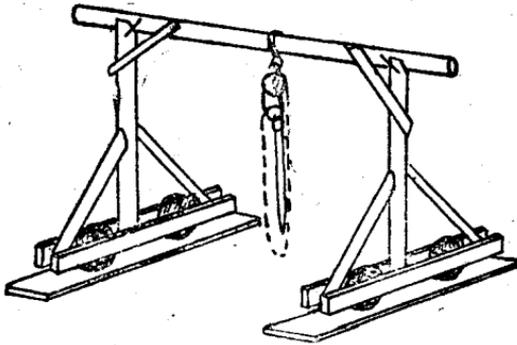


图 25 横梁立柱式龙门架

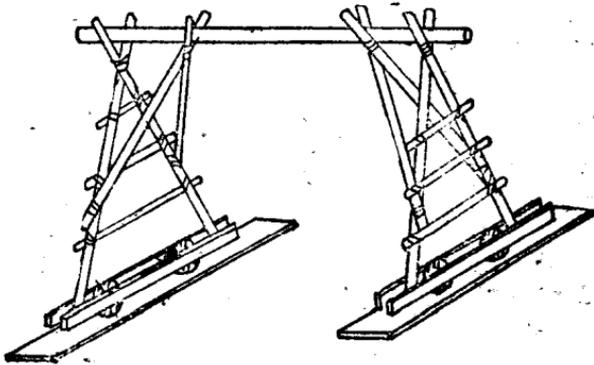


图 26 横梁两木搭式龙门架

3. 用两个木制刚架连接成門架，用夹板和輪子組成行走部分（图27）。在二夹板上鋪有軌道，上放一小車，車輪要有凸緣，以防脫軌（图28），行車上掛有倒鏈。人站在龙门架下平推起吊的重物，小車即可行走。在铁軌两端綁有二方木，以防小車越出軌道。一般較大的龙门架，才采用这种形式。

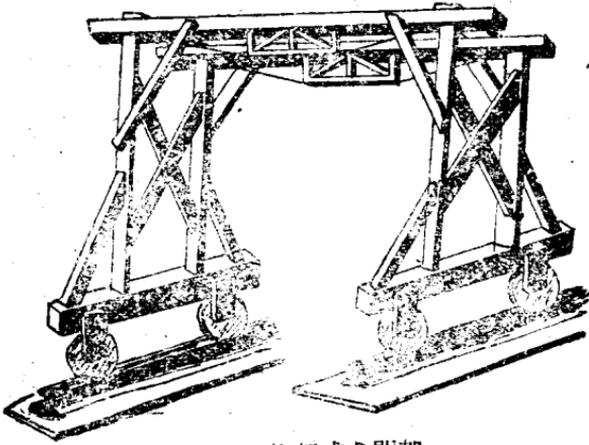


图 27 桁架式龙门架

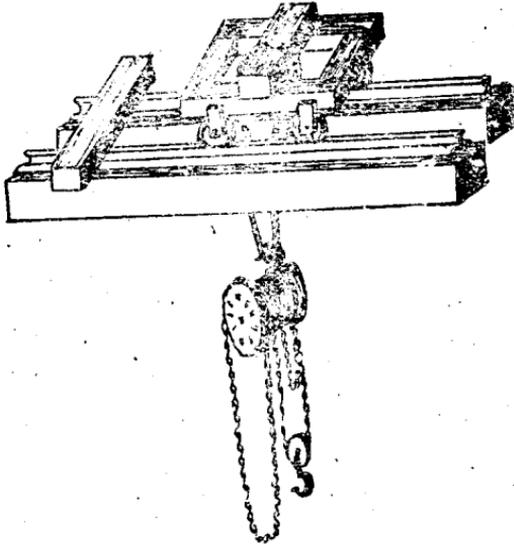


图 28 上部行車

下面介紹常用龍門架的一些具體構造和尺寸：

第一類龍門架如圖29。

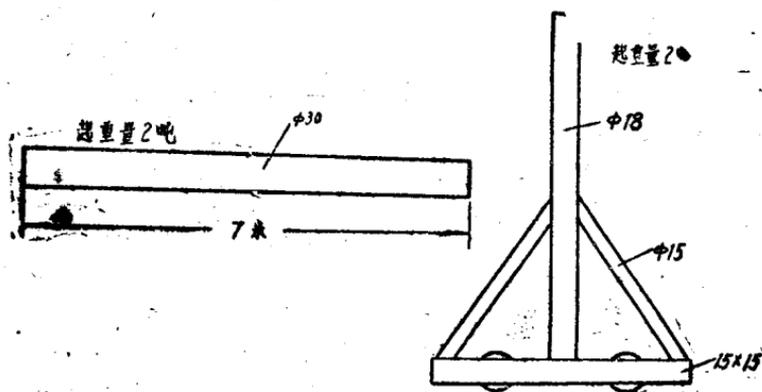


圖 29 橫梁立柱式龍門架部件圖

第二類龍門架如圖30。

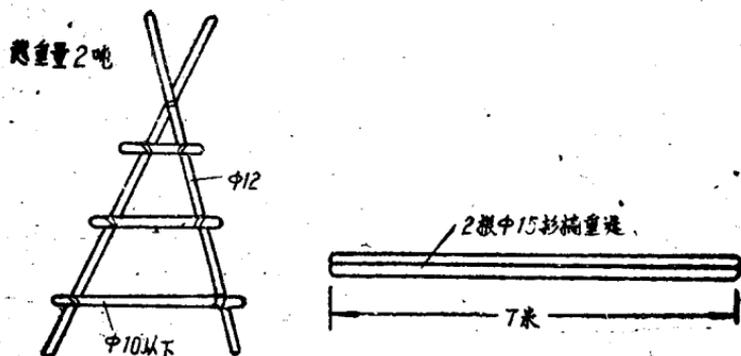


圖 30 橫梁兩木搭式龍門架部件圖

第三類龍門架的橫梁見圖31。

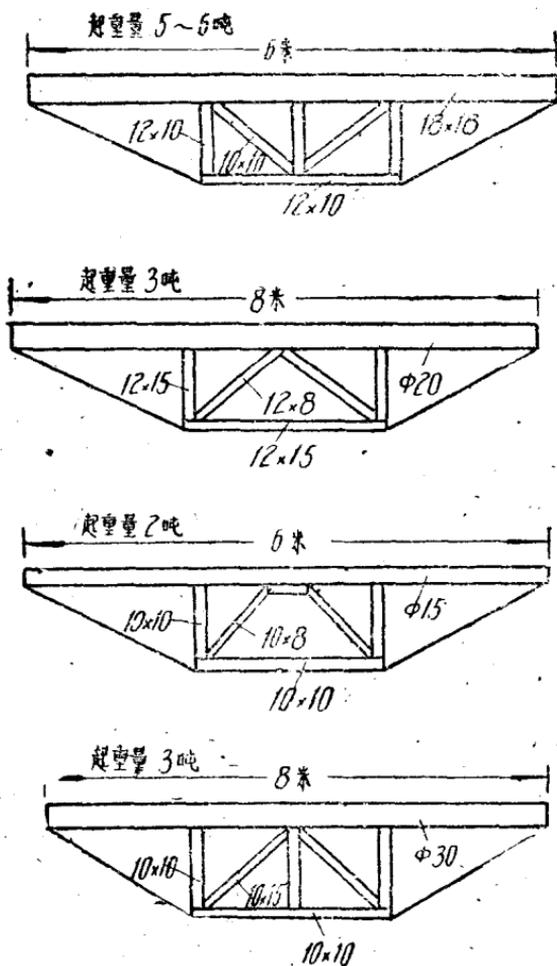


图 31 桁架式横梁

第四类龙门架的支柱见图32。

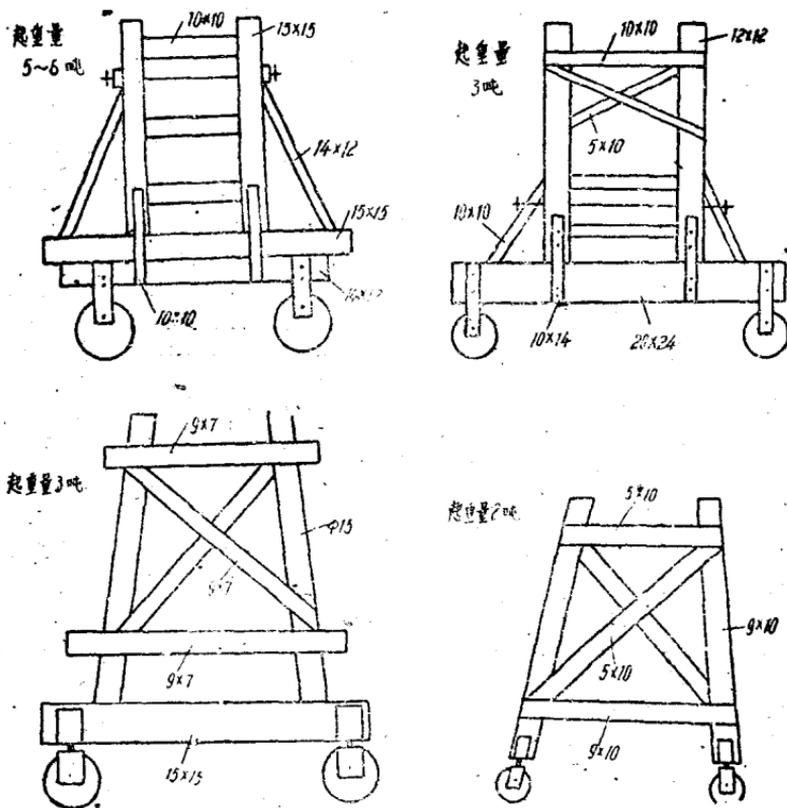


图 32 桁架式支柱

龙门架的行走装置，有下列两种：

1. 铁轮在轻便轨道上行走。
2. 铁轮或胶皮轮在木板上行走。如果场地比较坚实，也可不用木板。

龙门架的设计，包括确定龙门架的跨度、高度、结构形式，以及各杆件的断面尺寸。龙门架的跨度，应等于起吊的

預制構件的長度（寬度），加一米左右（圖33）。長度由要求的最大起重高度和索具的最小長度決定。結構形式根據生產的需要考慮。龍門架的立柱和橫梁由計算決定。

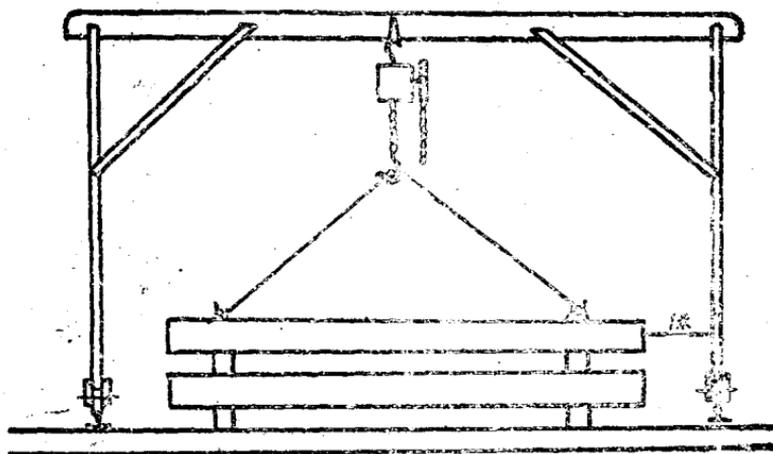


圖 33 龍門架吊構件的情形

二、龍門架的製造和架立：

1. 在製造龍門架時，應注意下列幾點：

1) 樁頭應牢固，不能太薄。

2) 鐵拉杆穿過橫梁的孔眼 A（圖34），離橫梁的底面應有足夠的厚度，以免橫梁木材被拉裂。

3) 在使用前，有些木材裂縫較大，應該用粗鉛絲加以綁扎，防止使用時裂縫擴大。

4) 連接橫梁、立柱的斜撐，應該結實牢固，要使得整個龍門架不發生變形。

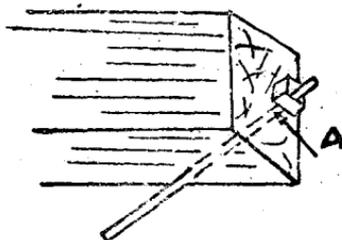


圖 34 孔眼 A

2. 龍門架的架立可依下列步驟進行：

- 1) 在安裝前，把各部件拼裝好（圖35甲）。
- 2) 在地上定出龍門架腿的位置，并把腿和梁就位（圖35乙）。

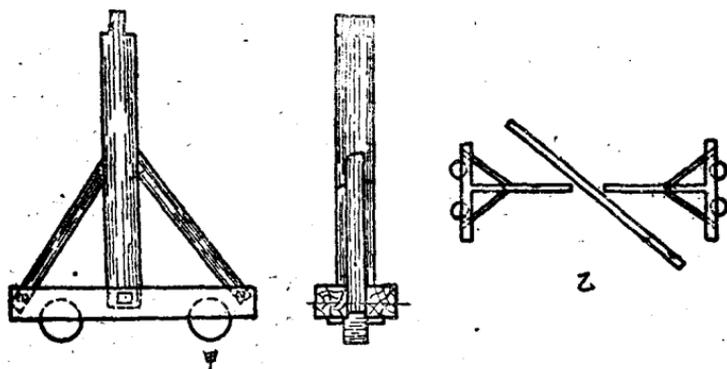


圖 35 龍門架拼成部件

3) 用三木搭把腿垂直立起，并用杉篙支住，再用三木搭把橫梁吊起就位（圖36）。

三、龍門架的性能和使用：

木製龍門架的起重量，一般為 5 噸以下，起重高度在 4 米以下，跨度 7 米左右。

龍門架移動要平穩，一般用人推，四人即可推動，兩腿移動速度要相同，防止扭壞。

龍門架在預制廠中，被廣泛採用，進行一些中小型構件的脫模、堆放和裝卸。

龍門架還可以和其他土機械配合進行吊裝工作，如和獨腳拔杆配合在屋頂安裝天窗架，或在樓層上安裝空心樓板等。

龍門架的生產率，在用倒鏈裝馬車時，每台班可裝普通

屋面板40块。但有时如忽略了下列問題，将会影响生产率：

1. 軌道要鋪得平直，并量准軌距。
2. 构件要安放集中整齐，以減少龙门架的移动時間。

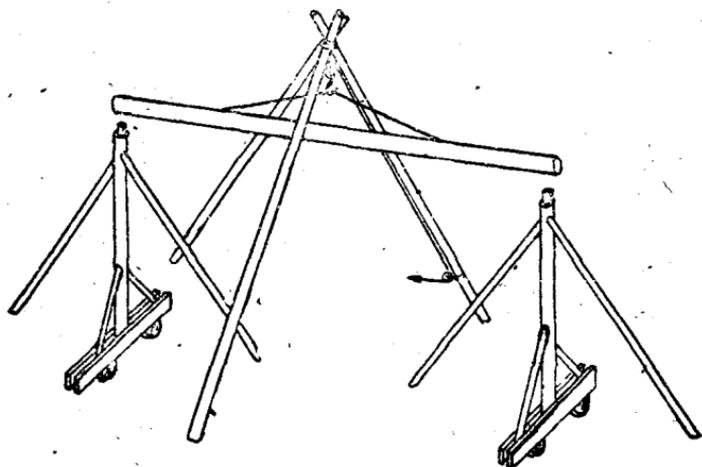


图 36 龙门架装配图

3. 避免經常把龙门架，从一軌道移到另一軌道。
4. 使用过程中，要經常檢查樺头和夹板是否松动。横梁上的裂縫有无开展，否則应进行加固。
5. 在軸承处，应經常加油潤滑。遇下雨和下雪天气，应将倒鏈盖好。

龙门架由于装有車輪，水平移动方便，而且由于它自身穩定，不需牽纜，故能吊着构件行走。

龙门架由一条軌道移到另一条軌道，通常有以下两种方法：

1. 与夹板垂直方向安一对胶皮輪。它可以装卸，在龙门架起重运输时，将其拿下放在夹板上（图37甲）。若要将龙

門架从这一軌道移到另一軌道时，用撬棍撬起夹板，安上胶皮輪即能移动（图37乙）。

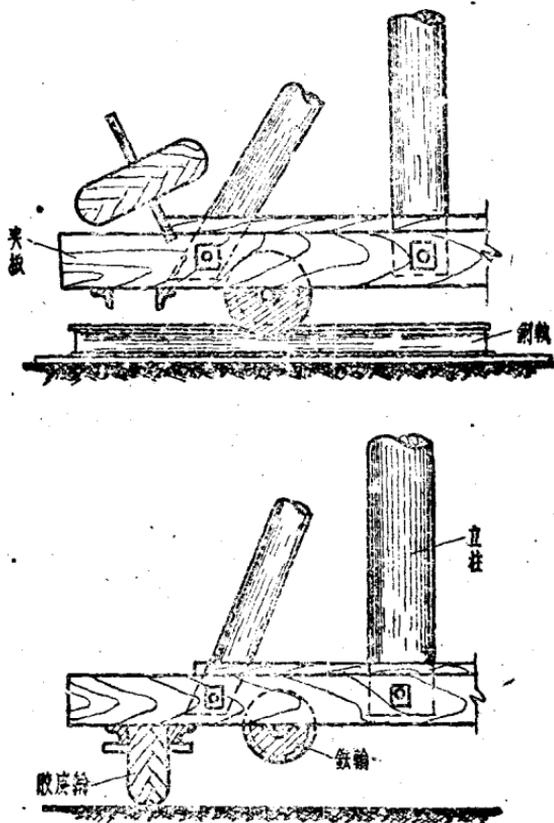
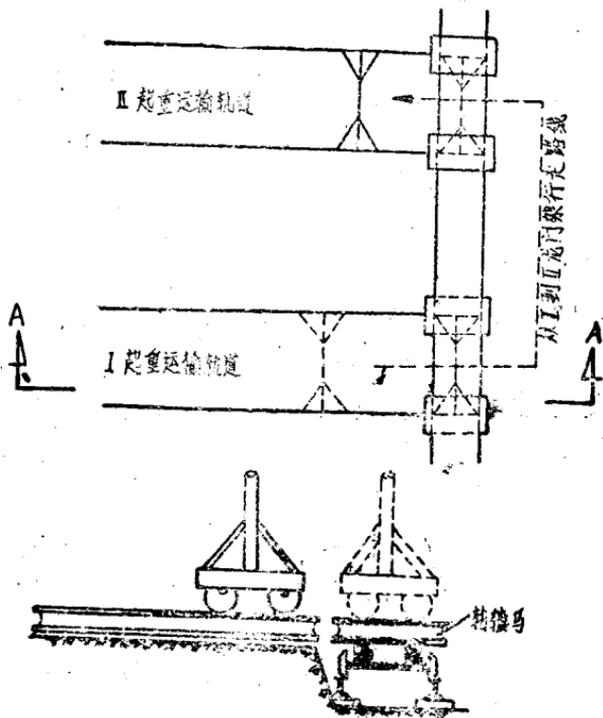


图 37 龍門架腿部

2. 与起重运输軌道垂直方向安粘轆馬軌道，后者比前者低一个粘轆馬高，在粘轆馬上亦有軌道。若需要将龍門架从起重运输軌道Ⅰ移到軌道Ⅱ去，則先将龍門架推到粘轆馬上，再由粘轆馬將龍門架运送到Ⅱ去（图38）。



A-A
图 33 龙门架用粘轮马转移轨道

(五) 绞 磨

绞磨（图39）是一种最简单的人工推动的动力设备，由于它具有起重量大、装拆和搬运方便、造价低廉等优点，在土法吊装中是一种常用的起重工具。在重型构件作短距离运输时，也常采用。它的缺点是速度慢，推磨的人多。绞磨的类型很多，制造和费用的差别很大。下面仅对几种绞磨作一简单的介绍：

一、鉄絞磨:

絞磨的磨架，一般用角鉄焊成，中間自由放置一錐形或圓筒形鑄鉄鼓軸，鼓軸上部插有4根長手柄。

使用时，磨架用地錨錨固在地上（見圖39），或將磨架固定在其它堅固不動的結構物上。錨固的程度，由牽引力的決定，牽引索一般在鼓筒上繞3~6圈（視索的牽引力大小而定），再引向后方，用1~2人拉住索尾（圖39）。

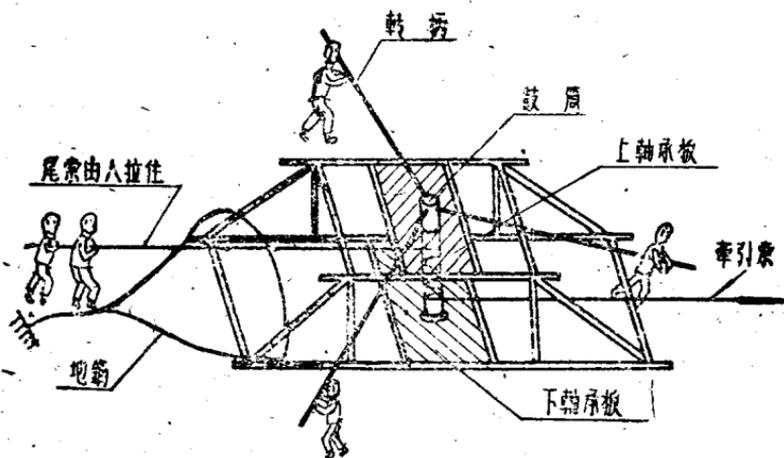


圖 39 絞磨

當牽引力很大時，可以用兩個絞磨聯合使用，其方法有串聯和并聯兩種（圖40）。并聯要用兩套滑車和繩索，（不甚經濟，因此最好採用串聯，工作時由一人指揮，使推磨的人前進后退的步調一致。

推絞磨的人數，由牽引力的決定，一般為3~6人，但亦有達12人的。

二、木絞磨:

全部装置由木材做成，其形状和铁绞磨相似（图41甲），由磨架、鼓筒、转柄三部分组成。

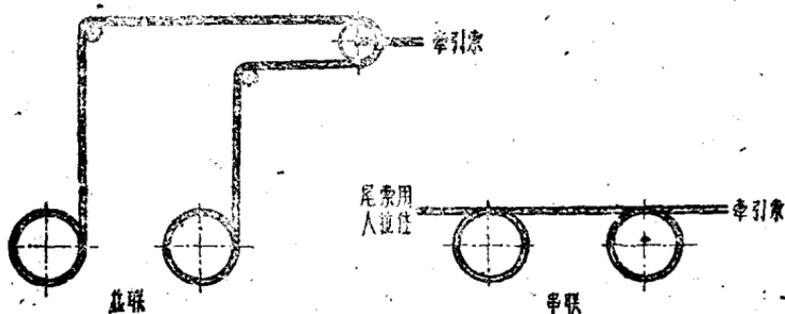


图 40 绞磨的串联和并联

1.磨架：高1.2米、宽1.2米；上梁长1.3米，下梁长2.5米（图41甲），采用 14×16 平方厘米的方木做成，其他支撑的大小，可相应选用。各部分用榫连接，再加扒钉。上轴承板放在上梁的槽内（图41乙），宽50厘米左右，厚8厘米。下轴承板的厚度与下梁高度相同，宽与上轴承板相同，用榫和下梁连接。轴承孔的大小，由鼓筒的直径决定。

2.鼓筒：形状分两种（图41丙），曲线形和圆柱形。曲线形的用法和金属绞磨相同，圆柱形鼓筒的牵引索，象卷扬机一样，分层全部绕在鼓筒上，一般可绕30~40米。鼓筒由直径15~20厘米的圆木制成，曲线形的要更粗些，轴的直径适当减小，外包铁皮，其长度与上下轴承板的厚度相同。鼓筒长度等于上下轴承板之间的距离，上端要伸出30厘米的长度，最上端做成方形，以便和转柄固定。

在圆柱形鼓筒上，钢索的缠绕易乱，要有一人看管，曲线形的制造较复杂，但无上述缺点。

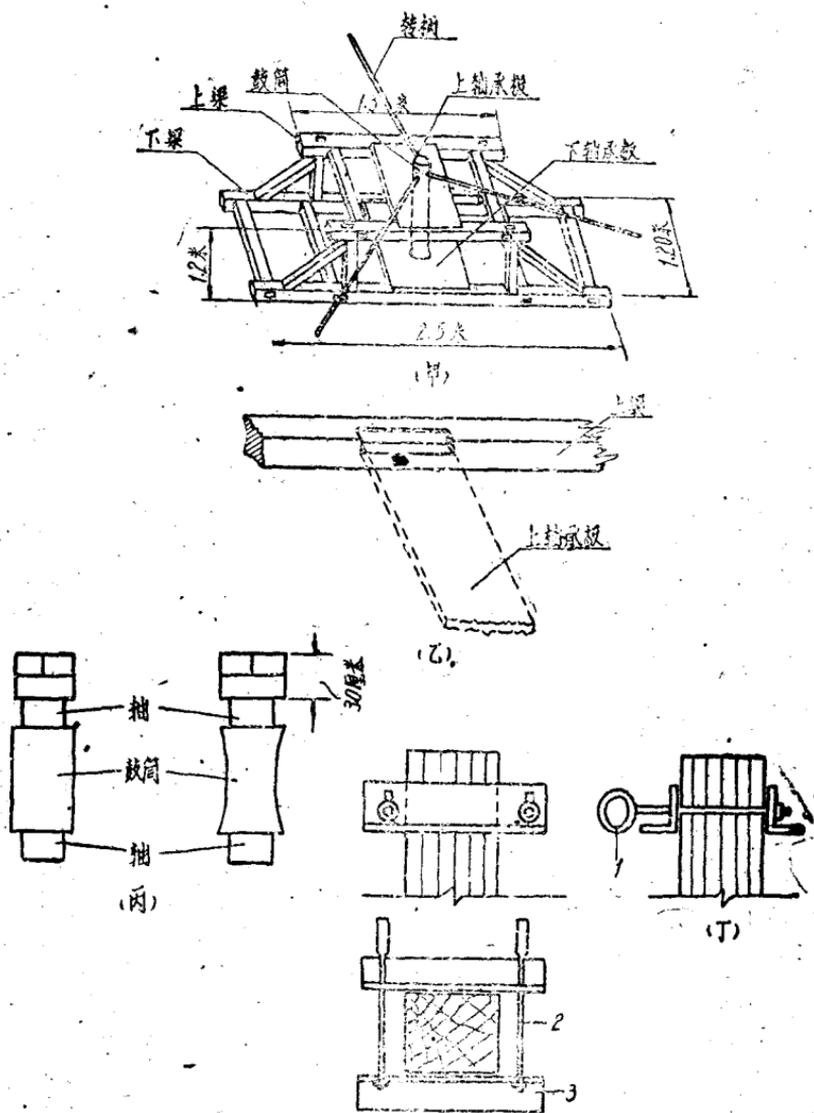


图 41 木较磨

3. 轉柄：用細杉槁作成，長度3米左右，和鼓筒的連接，可用不同方法，圖41丁是其一種，裝卸方便，但製造較為複雜。

木絞磨是臨時性的，用的次數多，則連接處會鬆動，而且不能承受較大引力，所以起重量較小。

使用人數3~6人，對於曲線形鼓筒，要有1~2人拉索，對圓柱形的，還要有一人整理鼓筒上索的纏繞。

三、土絞磨：

土絞磨的製造極為簡單，材料僅用杉槁、麻繩、釘子。在起重量不大時可採用。下面介紹幾種作法：

1. 用兩根直徑12厘米，長5米左右的杉槁，綁成人字形。上面再綁一橫木，使成一三角形（圖42甲）。橫木上綁一杉槁，並將其立起成一三角架，杉槁與地面的夾角約成40度，在三角孔下地面上挖一深50厘米的坑。下鋪木板，四周用圓木或木板圍成一個直徑15~20厘米的圓柱形孔，再用一根 ϕ 15~20厘米的杉槁，上端插在三角形孔中，下端插在柱形孔中。在1.3米的高度，綁一橫杉槁作轉柄，至此製做全部完成（圖42乙）。

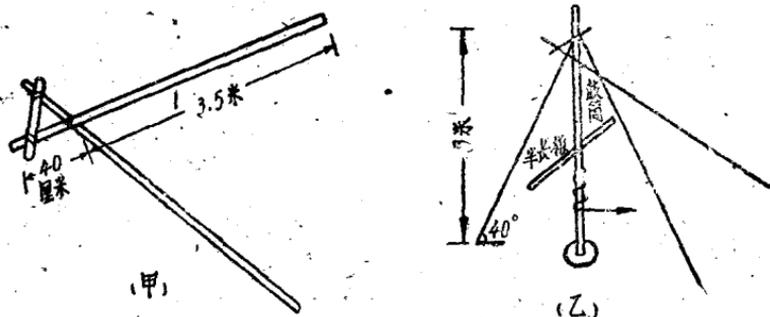


圖 42 土絞磨

使用时，牵引索通过人字形的两根杉槁中間，引向鼓筒。

2. 在地面上立两根 $\phi 12$ 厘米的杉槁，中間相距1.5米，使牵引索垂直于两根杉槁所成的平面，并大致通过中央，在1.3米的高度处，各釘一橫木，上面放一个 $\phi 15 \sim 20$ 厘米的圓木作鼓筒，長度由立柱的間距来决定，靠近鼓筒两端綁上長約1米的細圓木作轉柄（图43甲）。

如果牵引力較大时，立柱下可做支撐，或在后面拉一牽纜（图43乙），操作情况如图43丙。

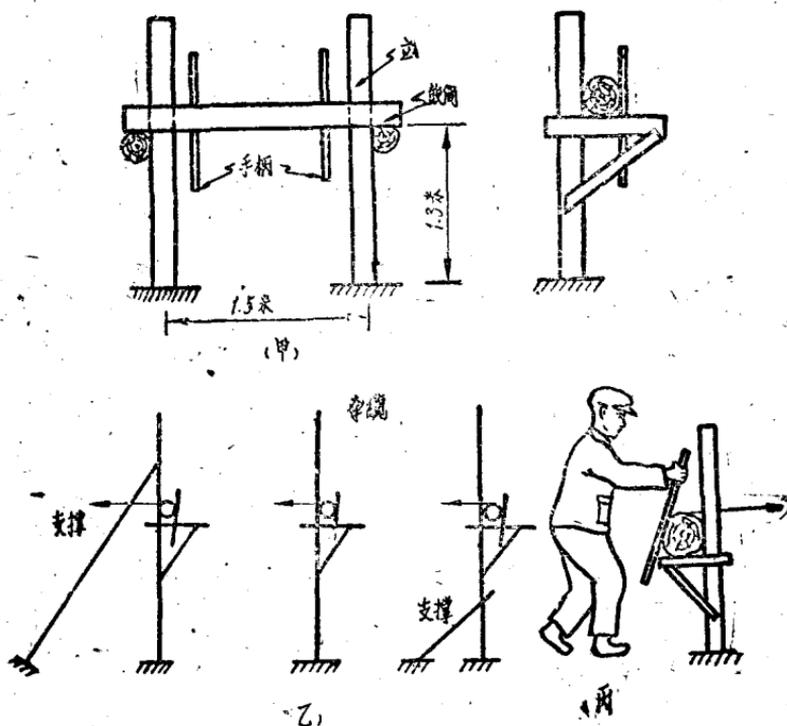


图 43 土紋磨

3. 主要部分是鼓筒，由5~6根、每根長約1米左右的方木和四个直徑不同的圓板做成。各板中間具有直徑13厘米的圓孔，边上有槽，將方木鉗在中間，用釘固定即成。

板厚約15厘米，其直徑由鼓筒的直徑和板所占的上下位置决定。鼓筒高1.2米，上直徑35厘米，下直徑45厘米。

使用时，地上立一根 $\phi 12$ 厘米的圓木作軸，將鼓筒插上，軸下面有一个隔木，不使鼓筒着地，轉柄固定在鼓筒上面一格中（图44）。

当牽引力較大时，軸上可加支撐或纜索。

这种土絞磨制造較复杂，但移动方便，操作簡單，因牽引力不大，2~3人即可工作。

使用注意事項：

一般絞磨由于沒有制動裝置，所以需要分配足夠的人力推力，不可勉强，防止用力不足或不勻时，鼓筒反轉打人。絞磨必須鉗固結实，以免发生事故。

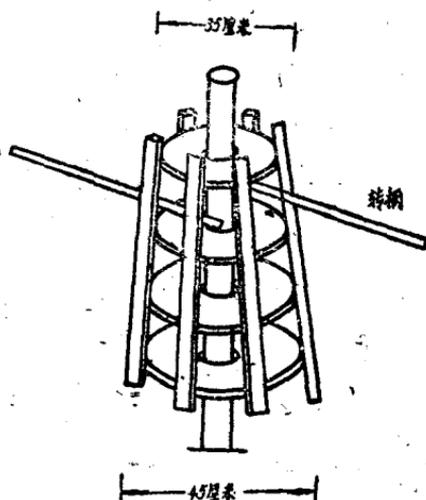


图 44 土絞磨

二、土法吊裝

(一) 准备工作

一、准备工作在吊裝中的重要性:

准备工作在吊裝工作中，是一个最重要的环节，它对保
証吊裝工程的順利进行，起着决定性的作用。准备工作做完了，就等于吊裝工程进行了一大半。而且这又是一件煩瑣、复杂、費时的工作。因此必須很好重視，充分估計。准备工作沒有做好，就会在正式吊裝中，浪費不必要的時間，甚至窩工。

二、一般工具的准备:

1. 动力选择:

原則：根据构件的重量和現有設備进行选择。一般有絞磨或卷揚机。其优缺点分別叙述如下:

1) 絞磨(有鉄制和木制两种):

优点: 构造簡單，起落平穩，起重量大，移动安装簡單灵活，操作簡易。

缺点: 劳动力多，劳动强度大，速度太慢，生产效率低。适用于无电源設備、无卷揚机，以及要求构件平穩上升的地方。

2.) 卷揚机:

优点: 施工速度快，节省劳动力。

缺点: 因速度不易控制，操作时要求較高的技术水平。适用于起重高度大，或速度較大的地方。

2. 起重工具及其它用具:

- 1) 索具(随构件尺寸而异);
- 2) 撬棍、大小铁锤各若干;
- 3) 开口与闭口滑车若干;
- 4) 卡子、卡环各若干;
- 5) 经纬仪、吊锤、钢尺;
- 6) 溜绳(棕绳或麻绳);
- 7) 其它: 木楔(临时固定柱子用)、小方木(临时固定吊車梁用)、灰浆、垫铁等。

3. 吊装前现场的准备工作:

- 1) 电源设备: 备电焊、动力和照明用。
- 2) 对构件的检查和修补:
 - (1) 拆模和质量检查;
 - (2) 划线和凿去构件焊板处的混凝土灰皮, 清理柱基杯底;
 - (3) 加固杆件(如用杉槁加固桁架等)。
- 3) 清理现场: 现场打扫清洁。
- 4) 准备土机械的转动道路, 以及其它等等。

三、试吊:

在吊装工作正式开始前, 必须进行试吊, 决不能急于求成, 而把试吊工序忽略掉。试吊的目的, 是在于对构件索具和机械能否使用的一个考验。因此, 必须对试吊工作给予充分的重视, 必须仔细研究分析可能发生的情况, 不可大意, 否则将会造成严重的事故。

对于不同机械的试吊, 方法相仿。即选取与该机械起重构件相应的配重, 如称好的铁块(没有此项配重时, 直接用构件亦可), 缓慢地吊起离地面约半米左右, 然后由人力拉住

試吊重物上下微微幌動，此時檢查機械是否有過大的變形，或不正常的声响；在用構件試吊時，則要檢查構件和索具是否正當，尤其索具的卡子有否鬆動，或其它牽纜、地錨等是否都正當。

這樣歷時幾分鐘，放下試吊重物以後，檢查機械的變形能否恢復。否則，即說明機械強度還不足夠，應當加固或更換。

茲以獨腳拔杆的試吊為例，試吊時拔杆可能變形；以及發出“嘎啣、嘎啣……”的聲音，拔杆上端也可能顫動。如果拔杆變形顯著，声响過大，即說明有問題。如果重物卸下後，拔杆不能恢復變形，也是有問題的，這時必須設法加固或更換拔杆。

(二) 各種構件的吊裝

一、柱子的吊裝：

土機械的設置：吊裝柱子一般常用兩木搭，當構件重量較小時，也可用獨木拔杆。

兩木搭的架立位置有兩種：圖45表示的為縱向架立，這樣架立便於移動，但由於它在杯口一側，並距杯口有一定距離，因而在吊裝前，兩木搭須略傾斜，使吊鉤對準側面，以便柱子對中杯口。這樣，在吊裝時穩定性較差，若牽纜調節鬆緊不一致，則有蹺腿傾倒的危險，要特別注意。圖46表示的為橫向架立，兩腿橫跨在杯口上，吊裝前不必傾斜，吊裝時也較穩定。但為了不妨礙兩木搭的移動，在構件布置方面應當注意，通常吊車梁很難布置在吊裝位置，吊裝時還要就位。當兩木搭高度大時，兩腿間距離也大，這時就有可能使吊車梁布置在吊裝位置。

两木搭的固定，还借助于三根或四根牵纜，后面的两根，在吊装时受力很大，所用的鋼絲繩要粗一些。

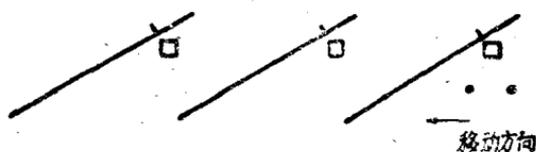


图 45 两木搭的縱向架立

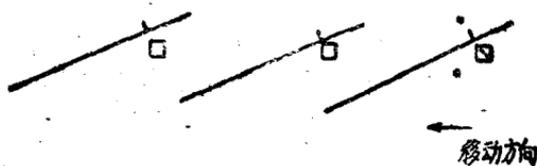


图 46 两木搭的橫向架立

1. 綁扎:

● 綁扎是很重要的，不合理的綁扎，往往会使构件由于自重作用而破坏，或因索具的長短不当影响吊装，乃至索具受力过大而折断。

柱子的綁扎點，應在牛腿之下，緊挨牛腿處，但必須在寬面或稜角上引出，以免起吊時索扣被牛腿勒住。綁扎方法如圖47所示，這種方法在柱子安裝好後，可利用溜繩脫索。

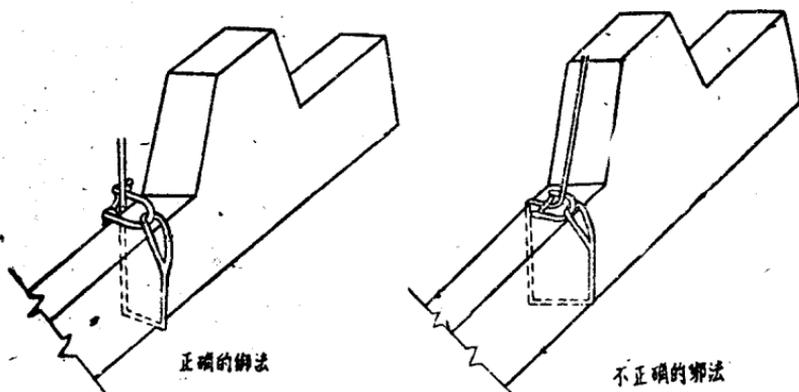


圖 47 柱子綁扎的方法

2. 吊裝:

土法吊裝速度緩慢，構件的自重作用影響很大，在吊柱時尤應注意。一般均須先把柱子翻轉，使牛腿面朝上，沿着柱的小面起吊。若按原來平放，沿着柱子大面起吊，則常因受彎 截面 慣性 矩較小，而使柱破壞。

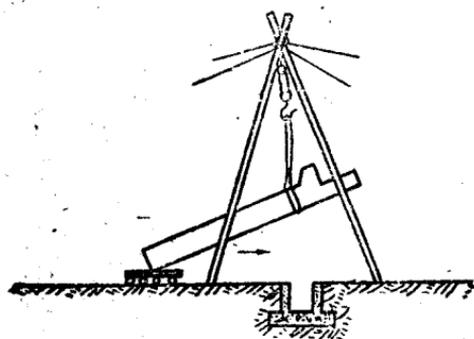


圖 48 柱子下端的滑行

在翻轉柱時，就將柱的末端墊在脚手板上，脚手板下墊有粗細合適的圓木或鐵管（圖48），以便在起吊時，減少柱子末端在地面滑行的摩擦

力。

吊装前，要清理基础底面和柱子末端的髒物，否則要影响它們与混凝土浆的粘結。

当柱子末端离基础底面 5 厘米左右时，应停止落鈎。在四周插入木楔，以作柱子的初步校正对中，然后繼續落鈎，使柱降至与柱基杯底接触为止，再打紧木楔临时固定。

3. 校正与固定:

柱子固定以前，要精确校正，这项工作靠两架經緯仪来完成，經緯仪应对准校正面，最大偏角不应大于 15° （图 49）。



图 49 柱子的校正

这次校正，可用杉槁或鉛絲来調整柱子。

校正完毕后，馬上固定柱子。

在基础杯口中灌入混凝土浆来固定柱子。原来是用木楔临时固定，木楔不能夹在混凝土浆中，所以必須分两次来灌浆。第一次先灌一半左右，最高不使混凝土浆碰到木楔底。一、二天后，达到一定强度时，再取下木楔，进行第二次灌浆，直到灌滿为止（图50）。

4. 两木搭的移动:

較輕的两木搭，可直接由人抬着移动，如果太重，則在两木搭的下端，分別綁上滑車，利用起重索，由卷揚机或絞磨拖动。

图51甲所示为横向移动。为防止水平分力的作用，两腿不往里收，因此在两木搭下端绑有杉槁。

图51丙为纵向移动。两木搭的两腿放在脚手板上，板下垫有圆木或铁管，移动很方便。

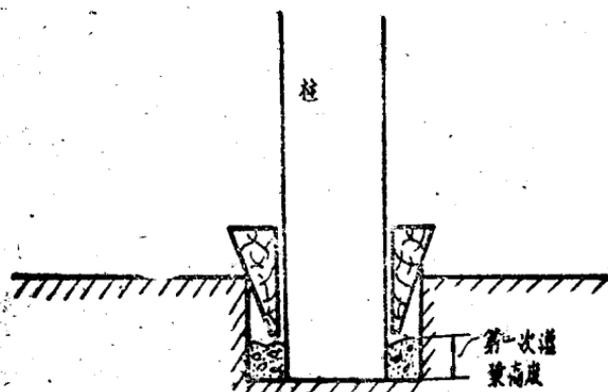


图 50 柱杯灌漿

二、吊車梁的吊裝：

吊車梁的吊裝方法較多，現分別敘述如下：

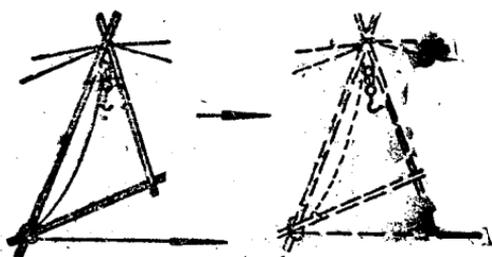
1. 在屋面板上立兩木搭或四木搭：

此法用于吊車梁在屋架、屋面板吊裝完畢后安裝。

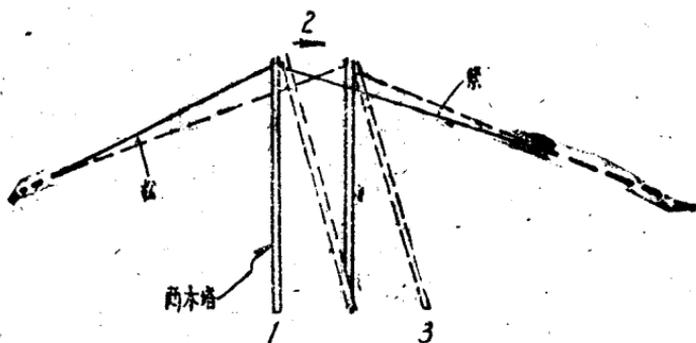
吊法：把兩木搭立在最邊上一塊屋面板的外緣上，构件应放置于柱子的內側。吊裝次序如图52的箭头所示。要特別注意构件吊至牛腿底部时，两根溜繩把构件拉出60厘米的水平距离，以便越过牛腿的障碍繼續上升，构件安放完畢后，綁上一道8号鉛絲，外緣并用 5×5 平方厘米的方木支上，以作临时固定用。

若吊車梁不在本節間的內側，就要預先就位。

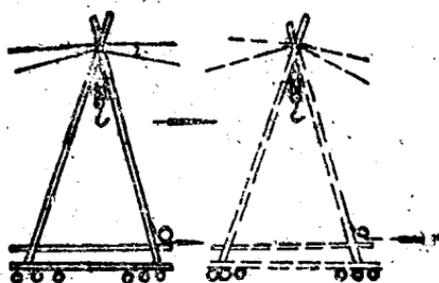
这种方法的兩木搭簡單輕便，易于架立，成本低，两根



甲 横向移动



乙 两木塔侧视



丙 纵向移动

图 51 两木塔的转动

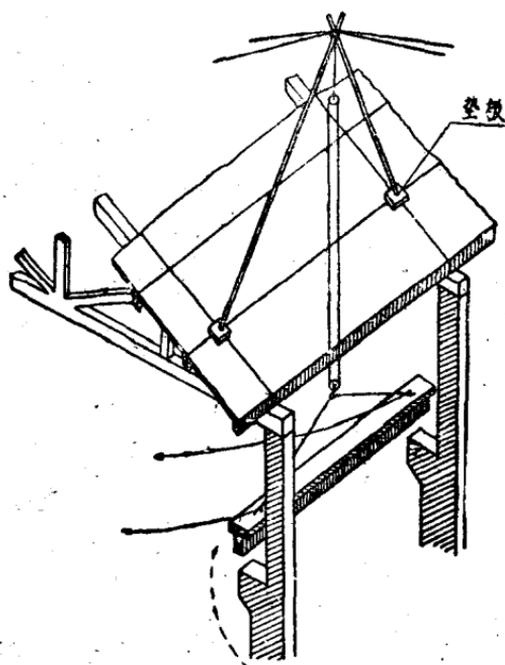


图 52 屋面两木搭吊吊車梁

主牽纜短，移动灵活，用四人抬或縱向推即可。

如吊車梁預制在柱外还要就位，但現場預制可能妨碍其他构件的吊装，天沟处的吊車梁，則可用四木搭代替两木搭吊装，不用牽纜，使搬移更加方便（图53）。

用两木搭或四木搭在屋面上进行吊装时，必須先对屋架和屋面板进行强度驗算。

2. 在地面上立两木搭：

此法与前者不同处，在于吊装順序与之恰好相反，吊車梁的吊装，在屋架和屋面板吊装前进行。所以两木搭架立在地面上，吊装时，两木搭架立在柱的外側，头部向里探（即

交叉处的定滑車向里探)。吊車梁的布置有两种:

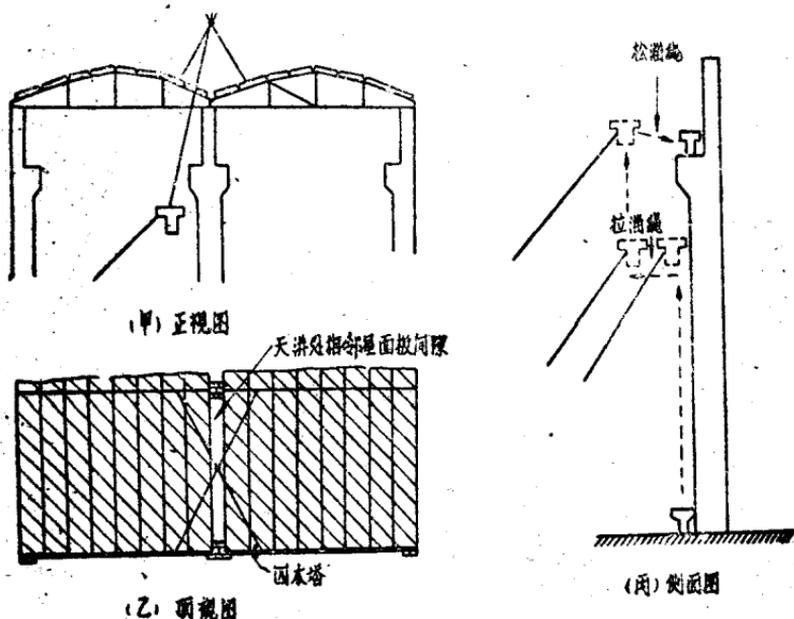


图 53 屋面四木搭吊吊車梁

1) 吊車梁和柱子在現場預制时, 起吊前吊車梁要就位(图54)。若吊車梁先就位, 以后再進行吊裝, 則可以採用較小的兩木搭或三木搭。

但也可使就位與吊裝緊接進行, 這時就位可用吊裝所用的兩木搭進行, 可以減少工序和兩木搭的移動路程。

2) 吊車梁由預制場運來时, 如沒有屋架的妨礙(因屋架常與柱同時預制), 運來后就卸在相應節間的柱子的內側(图55), 這樣能免去就位, 一般現場不是那麼理想, 則也可如上述將其卸到柱子外側。

3) 用獨腳拔杆:

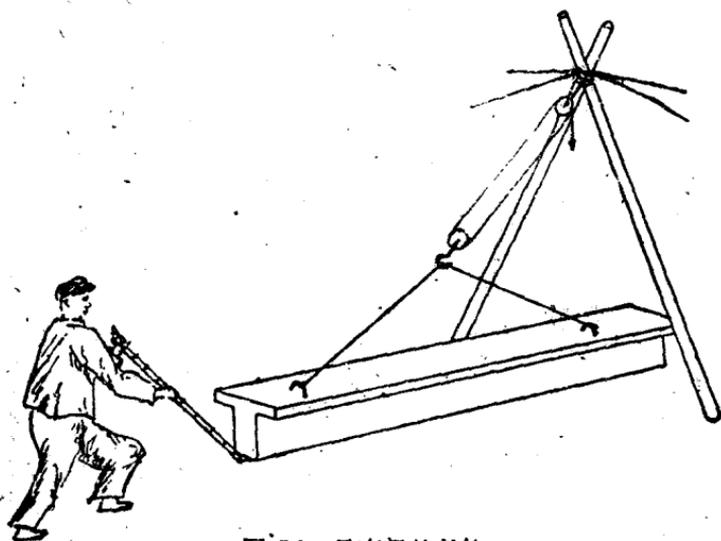


图 54 吊車梁的就位

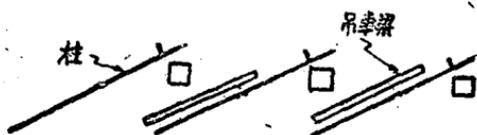


图 55 吊車梁的現場堆放图

把拔杆立在两柱的中央(靠柱的外側), 滑車离吊車梁中綫約10厘米处(图56), 由于拔杆工作范围比两木搭要大, 一般可不必事先进行就位, 就在原地吊装即可(使拔杆或起重索稍傾斜)。拔杆和吊車梁的位置見图57, 起吊方法与前相仿。

此法省去就位, 但由于其他构件(如屋架)未吊起, 故拔杆移动不便, 而且独脚拔杆要用很多牽繩, 既妨碍拔杆移动, 又妨碍現場交通。

三、屋架的吊装:

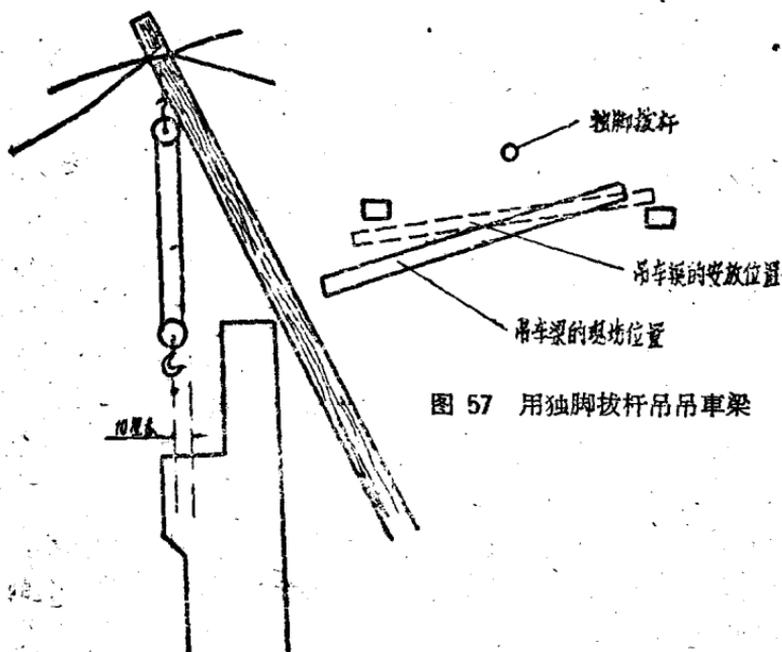


图 57 用独脚拔杆吊吊车梁

图 56 吊钩位置

屋架吊装，一般都只采用独脚拔杆（图58），在厂房高度不大的情况下，有时也可用两木搭，但很少用。

与柱子一样，屋架必须要有正确的绑扎，否则可能引起裂缝，或因索具过长，影响吊装机械的起吊高度。屋架的绑法，随它的跨度大小而异。因为跨度越大，自重作用越显著，需要较多的绑扎点，以使受力均匀。

如图59所示，有两点、四点和五点绑法等三种。后者用于大跨度的屋架，索具上套上滑车，是为了使吊索受力均匀和屋架起吊平稳。

索具的长度，以吊钩和绑扎点间组成等边三角形为宜。

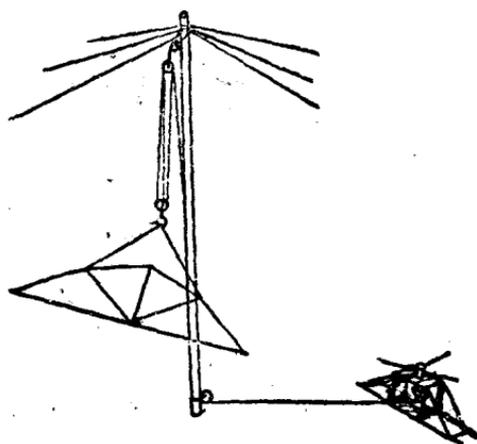


图 58 屋架吊装

如因吊装高度较大，需要缩短索具时，因为索具斜度减小，即受拉力增大，须将钢绳加粗。但无论如何，不能使索具的斜度小于 40° 。

与其它构件一样，当现场布置不当的情况下，吊装前，

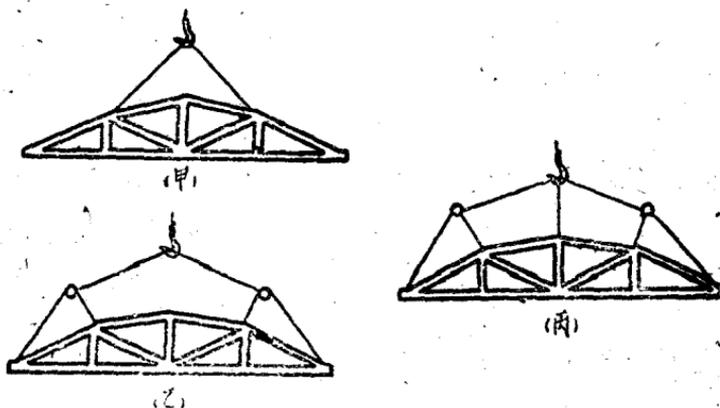


图 59 屋架的绑扎方法

首先必須进行就位。对于屋架，由于构件龐大，其杆件又較細，因而在就位移动过程应特別注意。

如果屋架不在車間之外，而在与它相应的两柱的連綫距离不远时，可直接用独脚拔杆来就位。此时只要将屋架吊到与地面成傾斜状态，在下面垫以脚手板，且在屋架两端各系一根溜繩，然后絞紧起重索，使屋架平稳地沿着脚手板挪动（图60）。

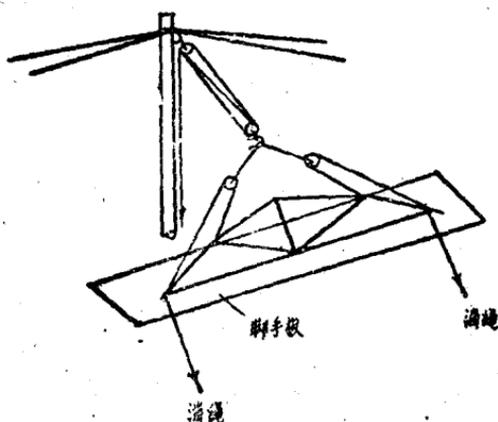


图 60 屋架翻身

开始起吊和将屋架安放到柱上时，速度要緩慢，以免发生猛撞現象。

屋架必須对着划好的中綫位置，安放在柱子上。当屋架安放好以后，可用鉛錘目测校正，屋架位置是否垂直，不垂直时，可用杉槁（屋架不高时）或拉繩調节，然后立即进行焊接固定。如果屋架不是立刻安設屋面板，还必須用杉槁將其撑至地上，或在屋架的縱向綁上几根杉槁，与已固定好的屋架相連接，以防屋架发生微小变位。

吊好一个屋架后，拔杆就要移动。如此，在拔杆底下要

墊木板，或几根連在一起的枕木，并在下面鋪圓滾木或鐵管，用撬棍撬動。如拔杆較大、撬動費力時，也可直接利用起重索，在拔杆底端的導向滑輪處卡住，由起重的動力裝置（如卷揚機或絞磨）拖動。

四、大型屋面板的吊裝：

屋面板的數量，在預制構件中占着很大的比重。因此，它的吊裝，很大程度地影響了工程的進度。現有的屋面板吊裝方法很多，如用兩木搭、台靈架、靈機抱子或走綫滑子、龍門架等。選擇何種方案，須根據工地現有的設備，以及具體施工條件來決定。

以下介紹用兩木搭、靈機抱子和台靈架等三種吊裝屋面板的方法。

1. 用兩木搭：

兩木搭吊裝屋面板，是在屋架上進行的，這時對屋架有集中力的作用，同時由於不對稱加載時，使屋架受到偏心壓力，因此吊裝前，必須在這方面對屋架進行強度校核。

當屋架吊上并予以固定後，便可以在屋架上架立兩木搭。首先是在上面搭兩道由杉篙、腳手板制成的“便橋”（圖

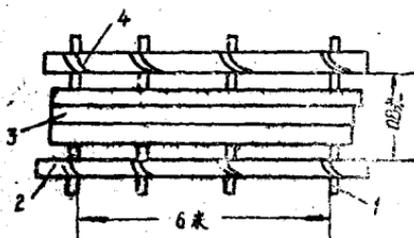


圖 61 “便橋”

1—10×10厘米方木；2—420厘米杉篙；

3—腳手板；4—8號鉛絲

61)，兩木搭就在便橋上綁扎。為使架立輕便，起重滑車也可俟兩木搭立起後，再往上面掛。兩木搭由於水平力的作用，架立或在起重時可能往外滑動，這在高空尤

其危險。因此，必須在兩腿下端之間牢固地綁上排木，立起

后，还可以每隔 1 米左右綁上橫撐，以便加固和上下檢查頂端索具的情況。

兩木搭的牽纜，可以方便地固定于柱子，或已吊好的屋面板的吊環上。

由于屋面板是在本節間內起吊，它必須傾斜地上升，才不致于碰撞屋架。因而屋面板在綁扎時，兩端的索具不应当等長，一般以 4 米、5.5 米；5 米、7 米組合。這樣即可保證屋面板傾斜（圖 62）。當屋面板未埋吊環時，索具綁扎如

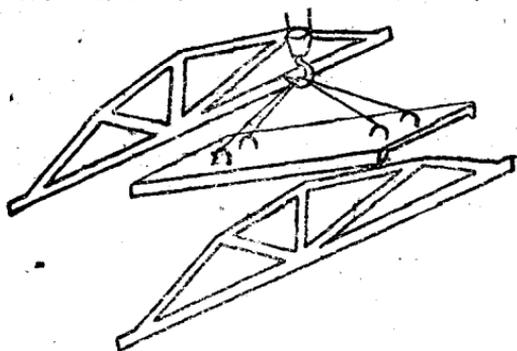


圖 62 斜吊屋面板

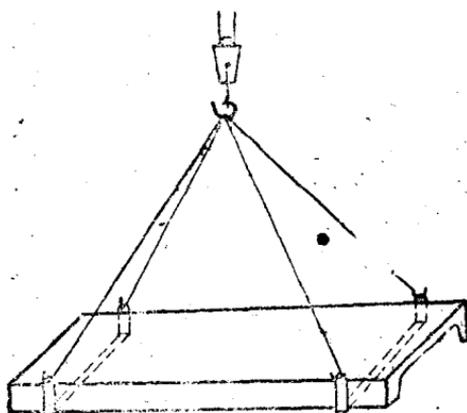
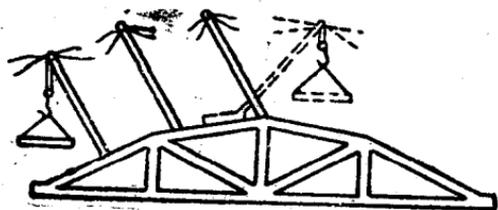


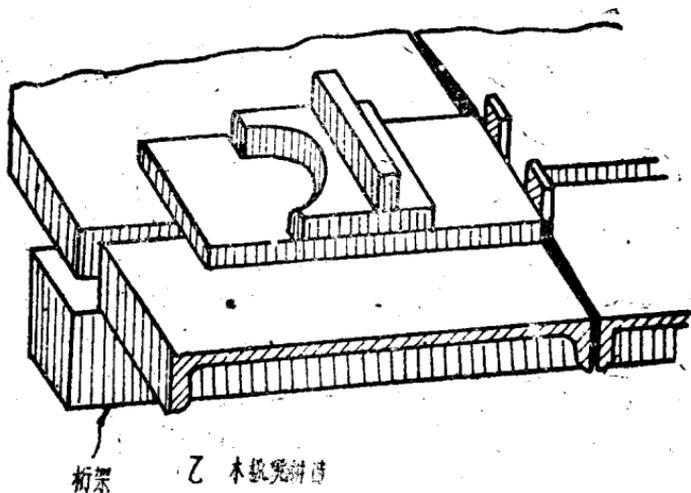
圖 63 屋面板無鈎綁扎

图63所示，两端索具长度同样应该是一长一短。每一节间最后一块屋面板，如果有墙时，需在縱橫向都傾斜。因此四根鋼索不能等長。

在吊屋面板时，两木搭的两腿，可直接放在屋架的弦杆上。两木搭背着屋架坡度方向微微傾斜（图64甲），俟吊到半个节間以后，两木搭可移放到屋面板上起吊。移放的方法，是先用撬棍将两木搭的两“腿”撬起，下垫方木到与



甲 吊前情况



桁架

乙 木搭兜掛時

图 64 两木搭吊屋面板

屋面板达到同一高度时，再用撬杆把它“赶”到屋面板上，或者直接由人抬到屋面板上。

不論两木搭在屋架弦杆上，或屋面板上起吊，都必须将两木搭的两腿作一定固定，以防止滑动。固定的方法，前者用麻繩将两木搭的腿，与屋架上弦杆綁扎牢固即可；后者須在屋面板上另制木板凳（图64乙）。两木搭的腿，即放在該凳的夹子里，而整个的木板凳，是用木楔固定在前面屋面板的縫間。

两木搭在本节間內移动，是将撬棍沿屋架上弦杆“赶”。两木搭要移向另一节間时，首先用人工把便桥从柱間的簡易脚手架上，搬至第二节間。然后，两木搭即沿着便桥“赶”过去。

两木搭制造簡單，吊装速度也快（一般平均一个台班能吊50块屋面板。北京鍋爐厂工地，由于各方面配合好，曾創造每台班82块的纪录），并可与独脚拔杆吊屋架同时进行。

缺点是需要較多的劳动力，劳动强度也比較大，同时若只用一个两木搭时，不便于对称吊装屋面板，对屋架的受力有些不利。

2. 用灵机抱子（图65）：

灵机抱子是用抱子吊屋架，灵机吊屋面板的綜合机械。有时灵机虽然可以随着抱子轉动，但整个灵机抱子只能在空載时迴轉，所以屋面板还是放在本节間內起吊。因此，吊鈎的位置，必須在起吊前空載时旋轉好（比較复杂一些的灵机抱子，則能吊着重物迴轉）。屋面板索具的綁扎和吊装，与前所述相同。

显而易见，由于灵机抱子可以迴轉，所以便于对称吊装

屋面板。同时就机械来说，吊屋架和屋面板，只要用一个灵机抱子，一套牵缆即可。虽然吊屋架和屋面板起重索不同，但如有两个鼓筒的卷扬机，则只要一个动力装置，故现场较简洁，这是它的优点。

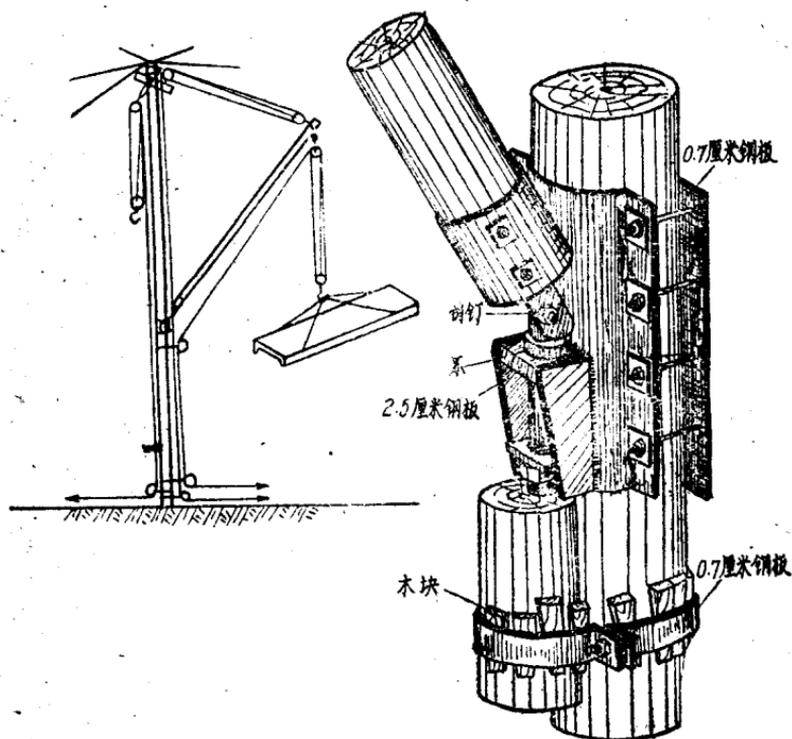


图 65 灵机抱子

用灵机抱子，必须等吊完屋架，并固定后才可吊屋面板，不能进行流水作业，这是它最大的缺点，同时比起独脚拔杆和两木搭来，它制造也较麻烦。

由于灵机的幅度有限，只适用于小跨度（12米）的屋

面板吊装。

3. 用台灵架:

用台灵架吊第一节間的屋面板时，是在屋架上用杉槁搭成牢固的台子，然后在这台上拼装台灵架，俟吊完前面一間的屋面板后，台灵架就可直接架在屋面板上吊第二个节間。由于厂房屋面有一定坡度，必須在台灵架的輪子底下，用脚手板垫成水平面。

五、天窗架及其上屋面板的吊装

1. 天窗架的吊装:

1) 用独脚拔杆:

天窗架先在地面拼装、焊接，并用杉槁加固。当独脚拔杆吊完一楹屋架后，就可吊装天窗架。

索具綁法如图66所示，天窗架先起吊至比屋架略高，再下放到屋架上弦，对中后，以鉛錘校核其偏斜度，并用杉槁校正，使之鉛直，与屋架在同一平面上，最后焊接固定。

用独脚拔杆吊装的优点是，避免高空拼装工作，因其可将天窗架整片一起从桁架外面吊上去；缺点是，屋架和天窗架的重量悬殊过大，用同一种机械，既要满足吊屋架的起重重量，又要满足吊天窗架所必需的高度，所以拔杆要加高加粗。

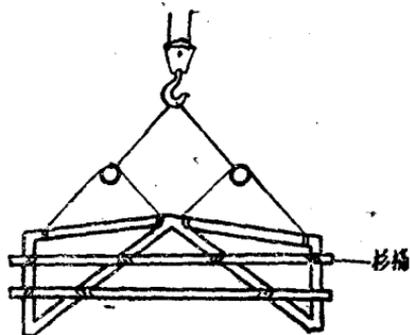


图 66 天窗架的綁扎图

2) 用龙门架:

此法是在屋面板上好以后，进行吊装。龙门架立于屋面

板上，事先对好天窗架应有的部位（图67）。当屋架中间节点有连系梁时，天窗架只能一次吊半块，在高空进行拼装和焊接工作。在吊第一个半块后，马上将天窗架一头绑好，并用杉槁或木板支住，用木楔调节应有的高度，用铅锤校直，然后在两边拉上棕绳（或钢丝绳）临时固定，焊住支点后，再脱钩。吊第二个半块时，可用吊具来进行对中、调直和拼装，最后进行焊接。

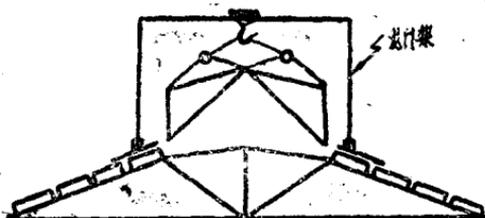


图 67 用龙门架吊天窗架

这种方法可以和天窗架上的屋面板进行混合吊装，并且可以和屋架的吊装并行施工，使工期缩短。但两半个天窗架要在高空进行拼装和焊接，工作比较复杂，不易保证质量和安全。

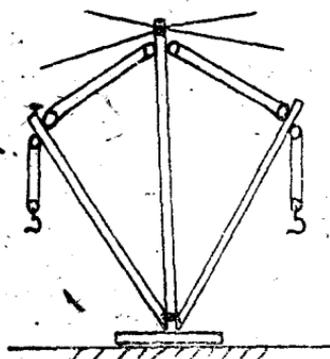


图 68 双臂台灵架

3) 用简易双臂台灵架（图68）：

在吊完一节间的屋面板后，台灵架立在屋架中央，吊装前一节间的天窗架。它的双臂可同时先后起吊，进行对中、拼装和焊接，可省去半块天窗架的临时固定工作，但多一套起重索具和动力装置。另外，

在工作时，两脚底需铺一便桥，移动时，在下一节间要事先铺好另一便桥。这样，台灵架和便桥的移动，都很缓慢不便。

综述以上三种方法，都有一个共同的缺点，就是在高空要将天窗架与屋架拼装和焊接，不能提高效率。在吊装天窗架时，事先把天窗架焊接在屋架上，成为一个组合体再吊装，这样可提高效率，值得推广。

2. 天窗架上屋面板的吊装：

天窗架上屋面板可利用吊装屋架或天窗架所用的龙门架、台灵架、灵机抱子等土机械来吊装。

六、地梁的吊装：

地梁的吊装，有下列几种方法：

1. 预制厂运来卸车就位后，事先将滑车对好地梁应有的位置，用三或四木搭吊起20~30厘米。此时，两根溜绳要慢慢放松，避免与柱相碰，而后落下放好。

2. 预制厂运来卸车就位后，用撬棍撬，使滚到其位置上，此法要求地方平坦或垫木板。

3. 在屋面板上立二木搭吊装地梁。二木搭如单独用来吊地梁，是不合理的，但若利用它同时吊其他构件（吊车梁、柱连系梁），是较好的。

七、柱连系梁的吊装

柱连系梁不在现场预制，但吊前最好在现场堆放好。柱连系梁一般是在吊屋面板的同时起吊。

采用二木搭吊柱连系梁时，二木搭应架立在屋面板上的最外边缘，构件应放在柱的外侧，起吊如图69所示，拉溜绳时应注意不能与柱相碰。

通常是不单独用一个二木搭在屋面上来吊柱连系梁，合

理的吊法是，在一个节間內將屋面板与柱連系梁按順序吊好后，再将二木搭移到另一个节間，这样既充分利用了吊装工具，又減少了二木搭的移动。

(三) 吊装組織方面的几个問題

工业厂房隨結構形式的不同，构件的数量和类型也不相同，相应的就可采用不同的机械来吊装。我們訪問了許多对吊装有經驗的老师傅，老师傅們对同一构件的吊装，也采用不同的机械。他們提出了很多的宝贵意見，我們在建厂劳动的基础上，加以分析和归纳，写成了这部分內容，我們認為这样的吊装順序，比其相应的机械是較合理的。

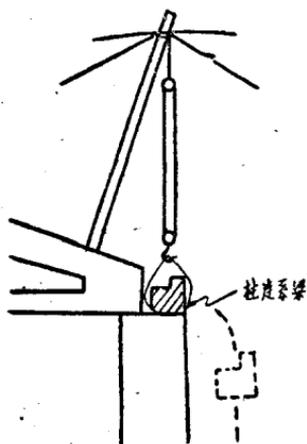


图 69 屋面两木搭吊連系梁

一、吊装順序：決定构件的吊装順序，要考慮以下因素：

- 构件在建筑物中的部位；
- 在保證質量和安全的基础上快速施工；
- 充分發揮机械效能。

当跨度較小时（如12米），因其基本构件較少，一般都沒有天窗、屋架連系梁和柱連系梁，故按下列順序吊装是最合理的。即：柱→吊車梁→屋架→屋面板→地梁。

跨度較大时（如18或24米），各种构件齐全，吊装順序就按下列順序来进行：

1. 柱→吊車梁→屋架→屋架連系梁→天窗架→屋面板、柱連系梁→天窗架上的擋板和屋面板→地梁；

2. 柱→吊車梁→屋架天窗架組合体、屋架連系梁→屋面板、柱連系梁→天窗架上的擋板和屋面板→地梁。

两者所不同的，就是后一种，将天窗架和屋架合并成一个組合体进行吊装。采用这种組合体，是一种切实可行的办法。这样，可以大大省去天窗架与屋架在高空拼装、对中和焊接的时间。在地面拼装和焊接，其工作条件比高空要好得多，安全得多。但由于組合体的高度和重量，比起单独一个屋架来得高和重，因此要求吊装的土机械的起重高度和起重重量較大。

說明：組合吊装时，首先在地面上把天窗架的两半拼成一个，然后用工地現有的机械設備（如两木搭、台灵架等），将其吊到在地面上架成垂直位置的桁架上去拼装和焊好。

組合体起吊前要进行加固（图70）。

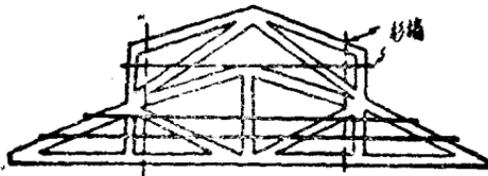


图 70 組合体的加固

其綁扎方法如图71所示。

二、土机械的选择：

經過比較，我們認為吊装一般工业厂房，采用这样一套土机械是比較合适的（見表3）。

1. 选择原則：

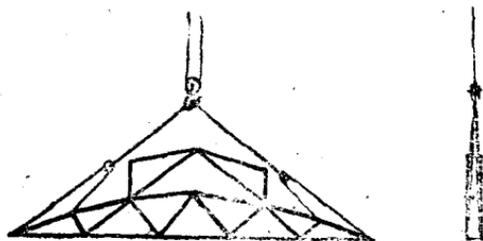


图 71 組合体的綁扎

- 1) 經濟——材料用量少（鋼絲繩、木料、鐵件等），制作簡單。
- 2) 性能好——使用、移动、穩定性等性能良好。
- 3) 安全。
- 4) 生产率高。

表 3

最合理的吊裝順序	柱 子	吊車梁	屋架和天窗架組合體	屋面板	柱連系架
最优机械	两木搭	两木搭	独脚拔杆	屋面上的 两木搭	屋面上的 两木搭
最合理的吊裝順序	天窗上的擋板連系，上下擋板和屋面板				
最优机械	龙门架				

2. 選擇:

1) 柱和吊車梁:

可用两种机械——两木搭、独脚拔杆。

用两木搭比較好，它的优点在于：有两个立足点，穩定性比独脚拔杆好的多，起重量大，縱向移动也比較方便，因为牽纜較少，所以占地面积較小，現場整洁，操作方便而安全，因此吊柱子一般采用两木搭。

2) 組合体：也用两木搭和独脚拔杆，但常用的却是独

脚拔杆。

其优点在于：起重高度大，只有一个立足点。在跨中所占的工作面积较小，且可向空间任何方向倾斜和旋转，工作范围大，便于对中。而当组合体就位时，独脚拔杆的优点就比较突出，由于它占工作面积小，组合体在就位和起吊过程中，就可以无妨碍的绕其转动某一角度。而两木搭由于工作范围小，在屋架就位时极为不便，起吊时组合体容易碰主杆；且因组合体在建筑物的最高位置，根据这样的起重高度，所制作的两木搭，要比独脚拔杆笨重得多，而且两木搭的横向移动是较困难的，所以一般都采用独脚拔杆来吊屋架或屋架与天窗的组合体。

3) 天窗部分和其它构件：

天窗架吊好后，剩下上面的屋面板、擋板、上下擋，一般都采用龙门架吊装。它制造简单、经济，使用也非常方便，移动很快（有胶轮的更好；无胶轮的，下面铺上脚手板，放上钢筋头就可滚动），并且自身稳定，不用牵绳。

4) 屋面板：

在大流水吊装顺序中，只能用走线滑子、台灵架、两木搭。走线滑子生产率高，可同时吊几跨，但架立困难，要求较高的技术，钢索直径要粗，质量要好，数量要多，要移动方便，还须设置铁轨、轱辘马等，所以用得不多。两木搭可以就地取材，架立方便，使用技术要求较低，生产率也很高。某些工地用台灵架吊屋面板，据说：也获得良好的效果。但因我们尚未用过，故无法介绍。

说明：

对于建筑面积较小、跨度也较小，而且人力物力不甚充足的情况下，利用灵机抱子进行屋架和屋面板的综合吊装，

是非常有利的，因其使用方便，灵机便于对称加载。

其它构件，如屋架连系梁，可用人力利用滑車拉上去，地梁可用三木搭安装，此处就不詳述了。

三、吊装的現場布置：装配式預制构件的單层工业厂房，由于构件种类很多（一般有六、七种），有的在現場預制（如柱、屋架），有的在預制場預制（如屋面板、地梁等），运来后再堆放在現場，情况比較复杂。而且采用土机械（如独脚拔杆、两木搭等）来吊时，由于土机械移动不便，故对現場布置的要求，就更加严格。現場必須有条不紊，布置不当，将大大影响吊装速度和容易发生安全事故。現場布置要注意几个問題：

1. 构件的布置，不应影响机械的移动和构件拼装場地。
2. 构件的布置，应尽量靠近安放位置。
3. 現場布置和堆放构件，应考虑吊装順序和速度，尽量作到使机械不窩工。

具体的布置方法和堆放构件的次序，建議这样：柱、屋架、吊車梁在現場預制的布置方法如图71甲。其它构件（天窗架、屋面板、連系柱、地梁），均由預制場运来，运来后堆放的位置和吊装順序，有着密切的关系。

天窗架由預制場运来放在拼装的位置（图71乙）。

屋面板数量最多，且吊装速度很快，因此必須預先在厂房相应的跨度內，堆放好足够的数量。其卸車和堆放工作，可用龙门架来进行，每墩可堆4~6块屋面板。如运输工具数量較多时，也可隨吊隨运，而不預先堆存。

吊車梁吊装完毕，沿柱子的两外侧場地已空出来了，可以同时將連系柱和地梁由預制場运来，用三木搭堆放。

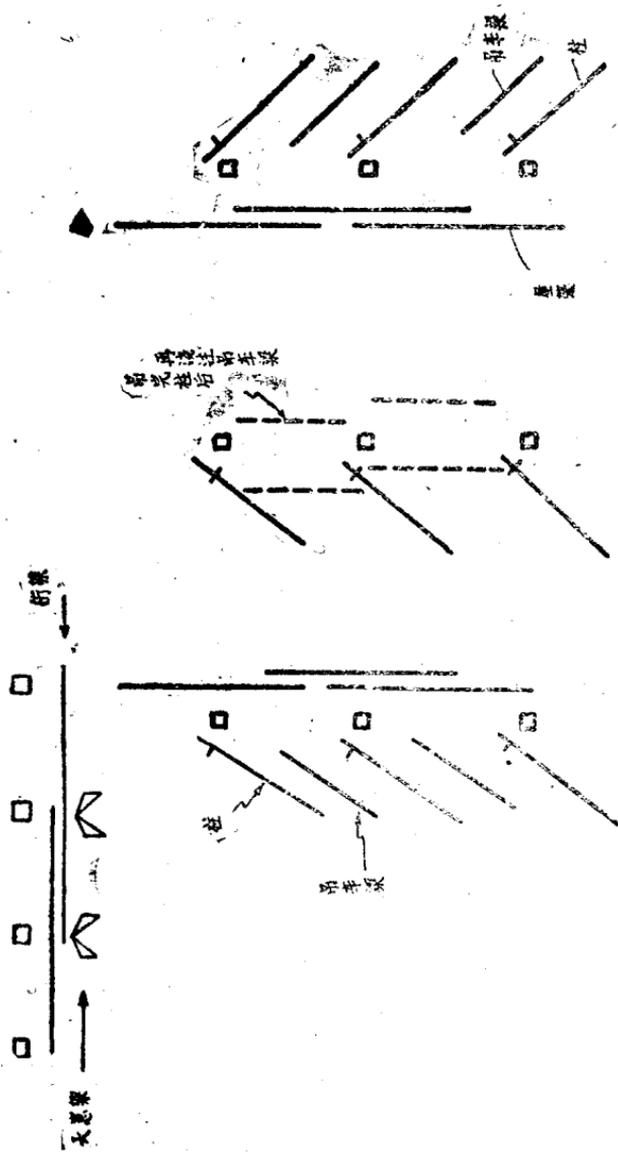


图 72 构件的现场布置

[General Information]

书名=土机械和土法吊装

作者=清华大学土木系工业与民用建筑专业1960班学生集体 清华大学土木系建筑施工教研组编著

页数=71

SS号=11055519

出版日期=1960年01月第1版

前言

目录

一、土法吊装机械的制作

- (一) 独脚拔杆
- (二) 两木搭一人字拔杆
- (三) 三木搭
- (四) 简易木制龙门架
- (五) 绞磨

二、土法吊装

- (一) 准备工作
- (二) 各种构件的吊装
- (三) 吊装组织方面的几个问题