



11.3

钢筋混凝土排架结构单层工业厂房结构安装方案

11.3 钢筋混凝土排架结构单层



工业厂房结构安装方案 钢筋混凝土排架结构 (bent conformation of reinforced concrete) 单层工业厂房一般除基础在施工现场就地灌注外，其他构件均为预制构件。根据预制构件制作工艺的不同，一般分为普通钢筋混凝土构件 (constructional element of reinforced concrete) 和预应力钢筋混凝土构件 (constructional element of prestressed reinforced concrete) 两大类。钢筋混凝土排架结构单层工业厂房预制构件主要有柱、吊车梁、连系梁、屋架、天窗架和屋面板等。一般尺寸大、构件重的大型构件 (如屋架、柱) 由于运输困难多在现场就地预制；而其他重量轻、数量较多的构件 (如屋面板、吊车梁、连系梁等) 宜在预制工厂预制，然后运至现场进行安装。

11.3.1准备工作



结构安装前准备工作的好坏，直接影响整个安装工程施工进度及安装质量。为了实现工程开工后，能安全、文明、有序地组织结构安装施工，在结构安装之前，必须先做好各项准备工作。主要包括场地的清理，道路的铺设，水电管线的铺设，基础的准备，构件的运输、堆放、拼装和临时加固，构件的检查、清理以及构件的弹线、编号等。

1. 场地清理与铺设道路、水电管线

工程开工前，按照现场平面布置图，标出起重机械的开行路线，清理道路上的杂物，并进行平整压实。在回填土或松软地基上，要用枕木或厚钢板铺垫，以确保起重机械的开行要求。在雨季施工，还要做好施工排水工作。在施工过程中可能使用水电的工序、位置要提前做好水电管线铺设工作。

11.3.1准备工作

2. 基础准备

(1) 杯底抄平

为便于调整柱子牛腿面的标高，一般杯底浇筑后的标高应较设计标高低50 mm。柱吊装前，需要对杯底标高进行抄平。在杯底抄平时，首先测量出杯底原有标高，对中小型预制柱测中间一点，对大型预制柱测四个角点；再测量出吊入该杯形基础柱的柱脚至牛腿面的实际长度，然后根据安装后柱牛腿面的设计标高计算出杯底标高调整值，并在杯口内标出。最后用水泥砂浆或细石混凝土将杯底找平至所需的标高处，如图11.21所示。

(2) 杯口弹线

根据厂房柱网轴线，在基础杯口顶面弹出建筑物的纵、横十字交叉的定位轴线及柱的吊装中心线，以作为柱吊装时对位和校正的依据，吊装中心线对定位轴线的允许偏差为 ± 10 mm。



11.3.1准备工作

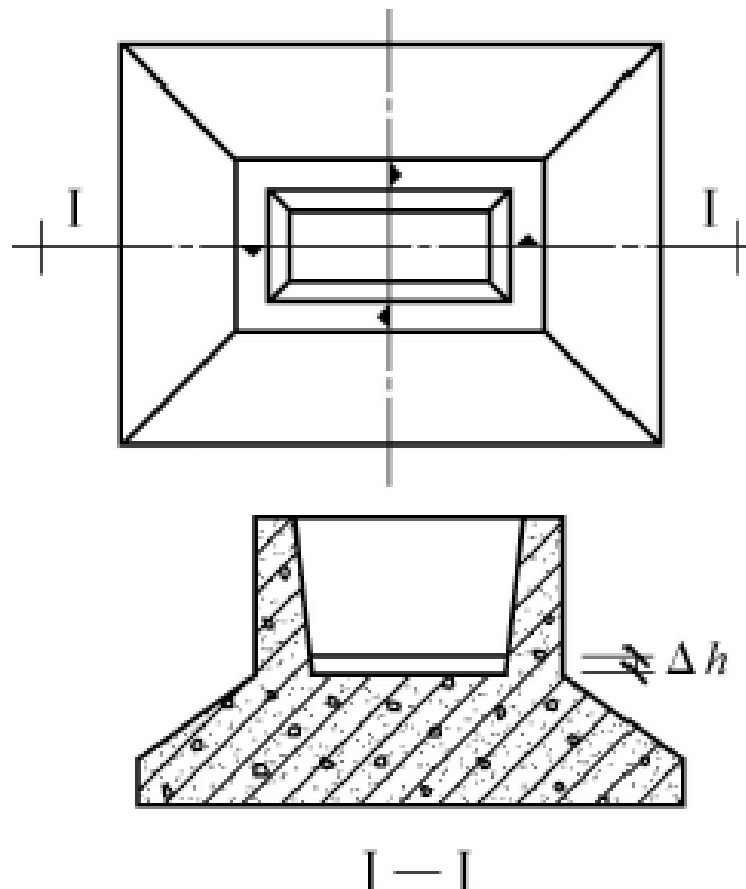


图 11.21 基础准备

11.3.1准备工作



3 . 构件的运输、堆放、拼装和加固

钢筋混凝土排架单层工业厂房在预制工厂制作或施工现场集中制作的构件，吊装前应选用合适的运输方式运送至吊装地点进行就位。通常采用载重汽车和平板拖车运输，构件运输过程中，必须保证构件不损坏、不变形、不倾覆。因此，在构件运输时应符合下列规定。

(1) 构件的运输

①运输时的构件混凝土强度应符合设计要求，当设计无具体规定时，不应小于设计混凝土强度标准值的75%；对于屋架、薄腹梁等构件不应小于设计混凝土强度标准值的100%。

②预制构件支撑的位置和方法，应符合设计要求或根据其受力情况确定，不得引起混凝土的超应力或损伤构件。

11.3.1准备工作



③构件装运时应绑扎牢固，以防在运输过程中移动或倾倒。对构件边部、端部或与链索接触处的混凝土，应采用衬垫加以保护，以防止其损坏。

④运输细长构件时，行车应平稳，并可根据需要对构件设置临时水平支撑；在装运屋架等重心较高、支撑面较窄的构件时，应用支架固定牢固，以提高其平面外稳定性，防止倾倒损坏。

11.3.1准备工作



(2) 构件的堆放

构件的堆放尽量避免二次搬运，并应符合下列规定。

- ①场地应平整坚实，并有排水措施，堆放构件应与地面之间有一定空隙，以防构件因地面不均匀下沉而造成倾斜或倾倒损坏。
- ②应根据构件的刚度及受力情况，确定构件平放或立放，并应保持其稳定，按设计的受力情况搁置在垫木或支架上。
- ③重叠堆放的构件，吊环应向上，标志应向外。其堆垛高度及层数应根据构件与垫木的承载能力及堆垛的稳定性确定，一般梁可堆叠2~3层，大型屋面板不超过6块，空心板不宜超过8块；并且各层之间应铺设垫木，垫木的位置应在同一条垂直线上。

11.3.1准备工作



(3) 构件的拼装

钢筋混凝土预制构件中，一些大型或侧向刚度较差的构件，如天窗架、大跨度桁架等，为便于运输和防止在扶直和运输中损坏，常把它们分为若干部分预制，然后将各部分运至吊装现场组合成一个整体，即称为构件的拼装。预制构件拼装有平拼和立拼两种，前者是将构件各部分平卧于操作台或地面上进行拼装，拼装完毕后用起重机械吊至施工平面布置图中所指定的位置上堆放；后者是将构件各部分立着拼装，并直接拼装在施工平面布置图中所指定的位置上。

一般情况下，中小型构件采用平拼，如6 m跨度的天窗架和跨度在18 m以内的桁架；而大型构件采用立拼，如跨度为9 m的天窗架和跨度在18 m以上的桁架。但需注意的是立拼必须有可靠的稳定措施，否则，很容易出现安全质量事故。

11.3.1准备工作



(4) 构件的临时加固

预制构件在翻身扶直和吊装时所受荷载，一般均小于设计的使用荷载，然而荷载的位置大多与设计时的计算图式不同，而构件扶直和吊装时可能产生变形或损坏。因此，当构件扶直和吊装时吊点与设计规定不同时，在吊装前需进行吊装应力验算，并采取适当的临时加固措施，以防止构件的损坏。

11.3.1准备工作



4 . 构件的检查、清理

①构件安装前，应对各类构件的数量是否与设计的件数相符进行检查，以防在施工中发现某型号构件数量不足出现停工呆料的情况而影响施工进度。

②构件安装前，应对各类构件的强度进行全面检查，确保符合设计要求：一般预制构件吊装时混凝土的强度不低于设计强度的75%；对于一些大跨度或重要构件，如屋架等，其强度达到100%的设计强度等级；对于预应力混凝土屋架，孔道灌浆强度应不低于15 N/mm²。

③外观质量。

构件的外观质量检查涉及构件的外形尺寸、外表面质量、预埋件的位置和尺寸、吊环的位置和规格及钢筋的接头长度等，规定均要符合设计要求。

构件检查应做好记录，对不合格的预制构件，应会同有关单位研究，并采取有效措施，否则，严禁进行安装。

11.3.1准备工作



5. 构件的弹线、编号

(1) 柱子

要在三个面上弹出安装中心线，矩形截面可按几何中心线弹线；工字形截面柱，除在矩形截面弹出中心线外，为便于观察及避免视差，要求还应在工字形截面的翼缘部位弹出一条与中心线平行的线。所弹中心线位置应与基础杯口顶面上的安装中心线相吻合。此外，在牛腿面和柱顶弹出吊车梁和屋架的吊装中心线，如图11.22所示。

11.3.1准备工作

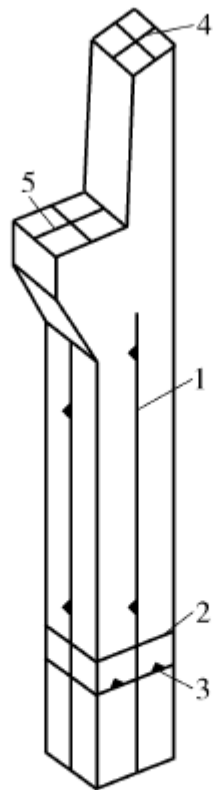


图 11.22 柱弹线图

1—柱子中心线；2—地面标高线；3—基础顶面线；
4—屋架定位线；5—吊车梁定位线

11.3.1准备工作



(2) 屋架

屋架上弦顶面应弹出几何中心线，并延伸至屋架两端下部，再从屋架跨度中央向两端弹出天窗架、屋面板的吊装位置线。

(3) 吊车梁

吊车梁应在梁两端及顶面弹出安装中心线。

在对柱子、屋架及吊车梁弹线的同时，应按照设计图纸要求对构件进行编号，编号应写在明显的位置。对不易辨别上下、左右的构件，还应在构件上注明方向，以免安装时将方向搞错。

11.3.2 构件吊升方法、技术要求及起重机械的选择



1. 构件吊升方法

(1) 柱的安装

① 柱的绑扎。

柱的绑扎方法、绑扎位置和绑扎点数，要根据柱的形状、断面、长度、配筋、起吊方法和起重机性能等因素确定，要保证柱在吊装过程中受力合理，不发生变形或裂缝而折断。绑扎柱的吊具主要有吊索、卡环和横吊梁等。绑扎时要在吊具与构件之间垫麻袋或木板以免磨损吊具和构件损坏。

一般对于中、小型柱(自重 ≤ 13 t)，多采用一点绑扎，绑扎点位置可选在牛腿以下200 mm处；对于重型柱和配筋少而细长的柱，为减少吊装弯矩，防止起吊过程中柱身断裂，则需要两点甚至三点绑扎，绑扎点位置应使两根吊索的合力作用线高于柱的重心以使柱在起吊后呈自行回转直立状态。必要时，需经吊装应力和裂缝控制计算后确定。

11.3.2 构件吊升方法、技术要求及起重机械的选择



按柱吊起后柱身是否保持垂直状态，分为斜吊法和直吊法，相应的绑扎方法如下。

a.斜吊绑扎法：如图11.23（a）所示，斜吊绑扎法起吊时，无须将柱翻身，吊起后柱呈倾斜状态，起重吊钩可低于柱顶，但因起吊后柱身与杯底不垂直，对线就位比较困难。

b.直吊绑扎法：如图11.23（b）所示，直吊绑扎法起吊时，吊具分别在柱身两侧，吊钩位于柱顶之上，吊起后柱呈垂直状态，可垂直插入杯口。

11.3.2 构件吊升方法、技术要求及起重机械的选择

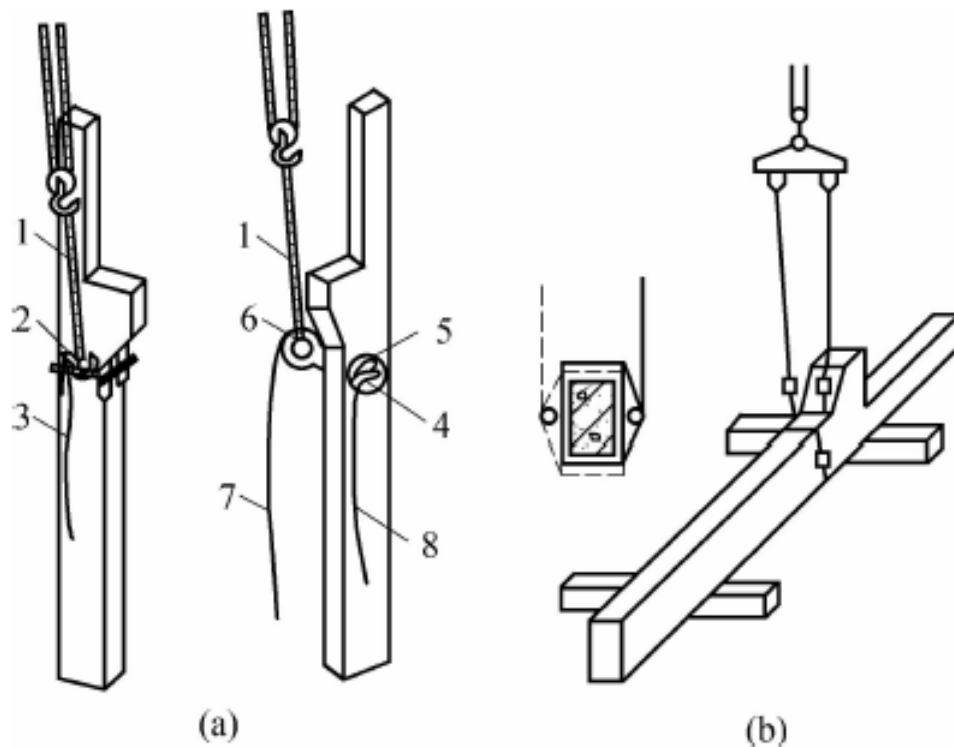


图 11.23 柱吊装绑扎法

1—吊索；2—活络卡环；3—活络卡环插销拉绳；4—插销；
5—垫圈；6—柱销；7—柱销拉绳；8—插销拉绳

11.3.2 构件吊升方法、技术要求及起重机械的选择



② 柱的吊起。

柱的吊起方法，可由柱的重量、长度、起重机械的性能和现场施工条件确定。根据柱在吊起过程中柱身运动的特点，柱的吊起分为滑行法和旋转法两种。

a. 滑行法: 柱吊起时，起重机械不旋转，仅起重吊钩上升，柱脚沿地面滑行，柱顶也随之上升，直至柱身呈直立状态，然后将柱吊离地面，再旋转起重机械至基础杯口上方，将柱脚插入杯口。该吊起方法的操作关键在于柱的吊绑扎点位于基础杯口附近，并使柱的绑扎点和基础杯口中心共圆，其圆心为起重机械回转中心，半径为起重机械到绑扎点的距离，如图11.24所示。

11.3.2 构件吊升方法、技术要求及起重机械的选择

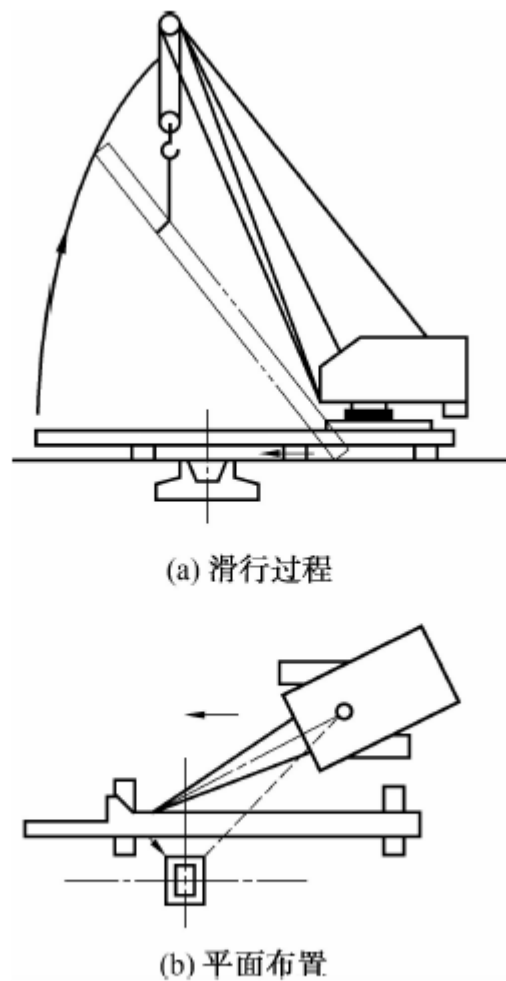
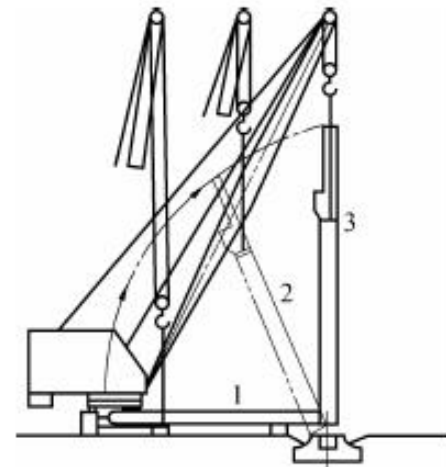


图 11.24 滑行法

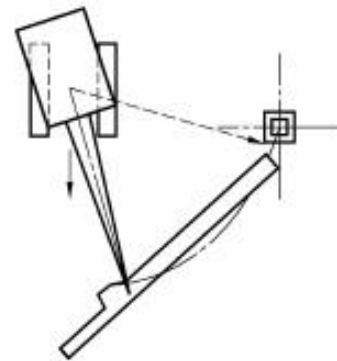
11.3.2 构件吊升方法、技术要求及起重机械的选择



b.旋转法:柱吊起时,起重机边起钩,边旋转,使柱身绕柱脚旋转成直立状态,然后将柱吊离地面,再旋转至杯口上方,将柱脚插入杯口。该吊起方法的操作关键在于柱脚位于基础杯口附近,保持柱脚位置不变,并使柱的绑扎点、柱脚中心和基础杯口中心三点共圆,其圆心为起重机械的回转中心,半径为起重机械到绑扎点的距离,如图11.25所示。



(a) 旋转过程



(b) 平面布置

图 11.25 旋转法

1—柱吊起前;2—吊起中间;3—柱吊起后

11.3.2 构件吊升方法、技术要求及起重机械的选择



③ 柱的对位和临时固定。

柱脚插入杯口后，并非立即插入杯底，而是悬在距杯底30~50 mm处进行对位，即使柱的安装中心线与杯口的定位轴线对齐。对位时，用8块钢楔或木楔从柱的四周插入杯口，并用撬棍撬动柱脚，使柱身中心线对准杯口定位轴线，并保持柱的垂直，即可落钩将柱脚放入杯底，并复查中线。柱脚就位后，将柱身四周的8块楔子对称打紧，使柱身临时固定，然后起重机械脱钩，拆除绑扎吊具，如图11.26所示。吊装重型柱或细长柱时，除采用楔块临时固定外，必要时，应增设缆风绳或加设斜撑，以保证柱的稳定。

11.3.2 构件吊升方法、技术要求及起重机械的选择

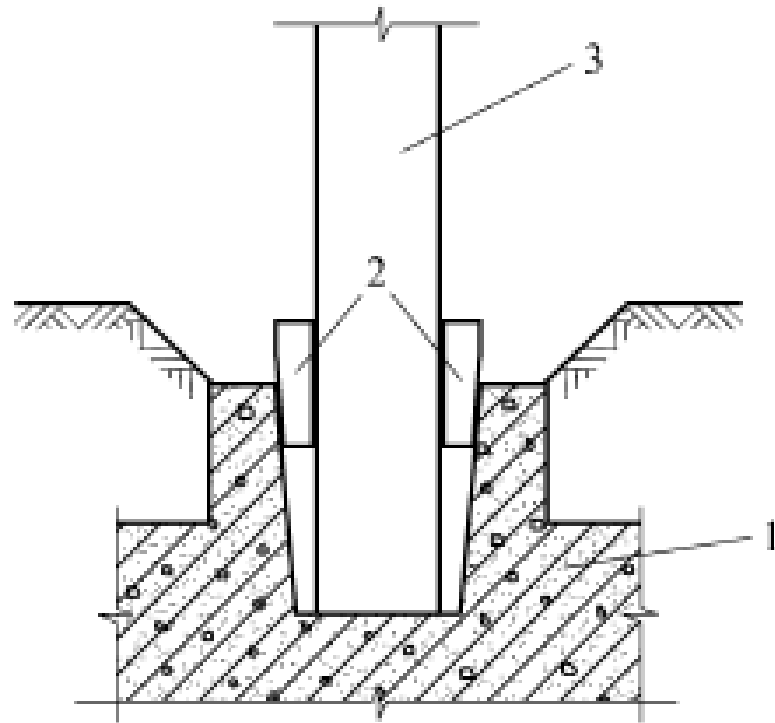


图 11.26 柱临时固定

1—基础；2—楔块；3—柱

11.3.2 构件吊升方法、技术要求及起重机械的选择

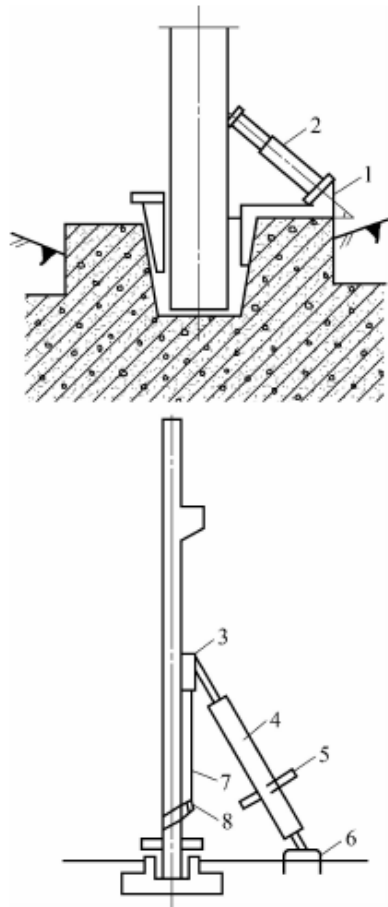


④ 柱的校正。

柱的校正包括平面轴线位置、标高和垂直度三个方面。柱的平面轴线位置和标高的校正已在柱的对位和基础杯底抄平时完成。因此，柱吊装后主要是指校正柱身的垂直度。

柱垂直度的校正是用两台经纬仪从柱相邻两个互相垂直的方向同时观测柱正面和侧面的吊装中心线垂直度偏差，其允许偏差值为：当柱高小于或等于5 m时，允许偏差为5 mm；当柱高大于5 m且小于10 m时，允许偏差为10 mm；当柱高大于或等于10 m时，允许偏差为柱高的1/1000且不大于20 mm。

11.3.2 构件吊升方法、技术要求及起重机械的选择



柱垂直度常用的校正方法为：当柱的垂直度偏差较小时，可用打紧或放松楔块的方法或用钢钎校正；当柱的垂直度偏差较大时，可用螺旋千斤顶斜顶或平顶、钢管撑杆等方法进行校正，如图11.27所示。

图 11.27 柱垂直度校正

1—千斤顶支座；2—螺旋千斤顶；3—头部摩擦板；
4—钢管；5—转动手柄；6—底板；7—钢丝绳；8—卡环

11.3.2 构件吊升方法、技术要求及起重机械的选择



⑤ 柱的最后固定。

柱校正后，应立即进行最后固定。即在柱脚与杯口的空隙之间浇筑细石混凝土，要求细石混凝土强度比构件混凝土强度提高一个等级，并振捣密实，使柱脚完全嵌固在基础内。所浇筑的细石混凝土宜采取微膨胀措施和快硬措施。细石混凝土的浇筑工作应分两次进行：第一次浇至楔块底面，待混凝土强度达到25%设计强度后，拔去楔块，再浇筑第二次混凝土至杯口顶面，并及时进行养护，待第二次浇筑的混凝土强度达到设计强度后，方可允许安装上部构件。当设计无具体要求时，应在混凝土强度不少于 $10 \text{ N} / \text{mm}^2$ 方能安装上部构件。

11.3.2 构件吊升方法、技术要求及起重机械的选择



(2) 吊车梁的安装

吊车梁的类型一般有鱼腹式、T形和组合式等。通常其长度为6 m、12 m，重量一般为3~5 t。吊车梁的吊装，必须在基础杯口第二次浇筑的细石混凝土强度达到设计强度等级的75%以上才能进行。

① 吊车梁的绑扎、吊升、对位和临时固定。

吊车梁吊装时应采用两点绑扎，绑扎点对称地设置在吊车梁的两端，以保证吊钩对准吊车梁重心，吊起后使构件基本保持水平。在梁的两端设拉绳控制梁的转动，以免与柱碰撞。吊车梁对位时应缓慢降钩，将梁端的安装中心线与柱牛腿上表面的安装定位线对准，并使两端搁置长度相等，严禁用撬棍顺纵轴方向撬动吊车梁，吊车梁的吊装如图11.28所示。

11.3.2 构件吊升方法、技术要求及起重机械的选择

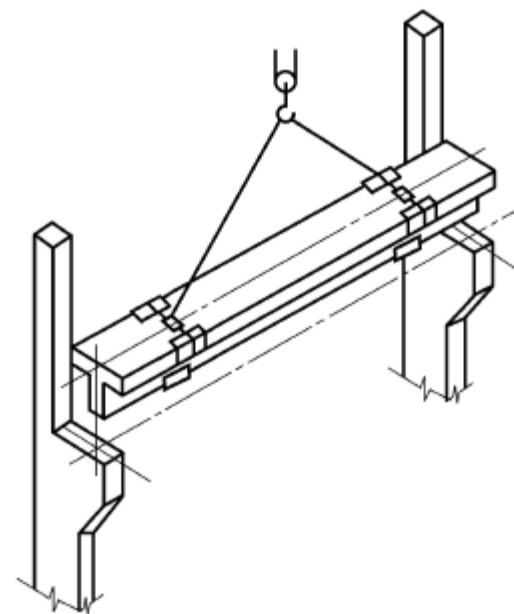


图 11.28 吊车梁安装

11.3.2 构件吊升方法、技术要求及起重机械的选择



② 吊车梁的校正。

吊车梁的校正可在屋盖吊装前进行，也可以在屋盖吊装后进行。一般对中小型吊车梁，校正工作应在车间或一个伸缩缝区段内全部结构安装完毕并经最后固定后进行。对于重型吊车梁由于脱钩后移动校正困难，宜在屋盖吊装前进行，边安装吊车梁边校正，但屋架等固定后，需再复核一次。校正内容包括标高、垂直度和平面位置。

a. 标高: 吊车梁标高主要取决于柱牛腿的标高，而柱的标高已经在柱吊装前通过基础杯底抄平进行了校正，一般偏差不大，如存在少许偏差，可在安装吊车轨道时，在吊车梁表面涂抹砂浆找平层进行调整。

11.3.2 构件吊升方法、技术要求及起重机械的选择



b.垂直度:吊车梁垂直度一般用锤球检查,偏差值应在规范规定的允许值(5 mm)以内,如超过允许偏差,可在梁的两端与牛腿面之间垫斜垫铁予以纠正,每叠垫铁不得超过三块。

c.平面位置:吊车梁平面位置校正主要包括检查梁的纵轴线的直线度和跨距是否符合要求。常用的校正方法有通线法和平移轴线法。

通线法。亦称拉钢丝法,该法是根据柱的定位轴线,在厂房两端的地面定出吊车梁定位轴线的位置,打下木桩,并安设经纬仪,用经纬仪先将厂房两端的四个吊车梁位置校正准确,并用钢尺检查两列吊车梁之间的跨距并校正,确保符合设计要求。然后在四根已校正的吊车梁端设置高约200 mm的支架,并根据吊车梁的定位轴线拉设钢丝通线。根据通线检查各吊车梁位置,如发现有吊车梁的安装纵轴线与通线不一致,则根据通线来逐根用撬棍拨正吊车梁即可,如图11.29所示。

11.3.2 构件吊升方法、技术要求及起重机械的选择

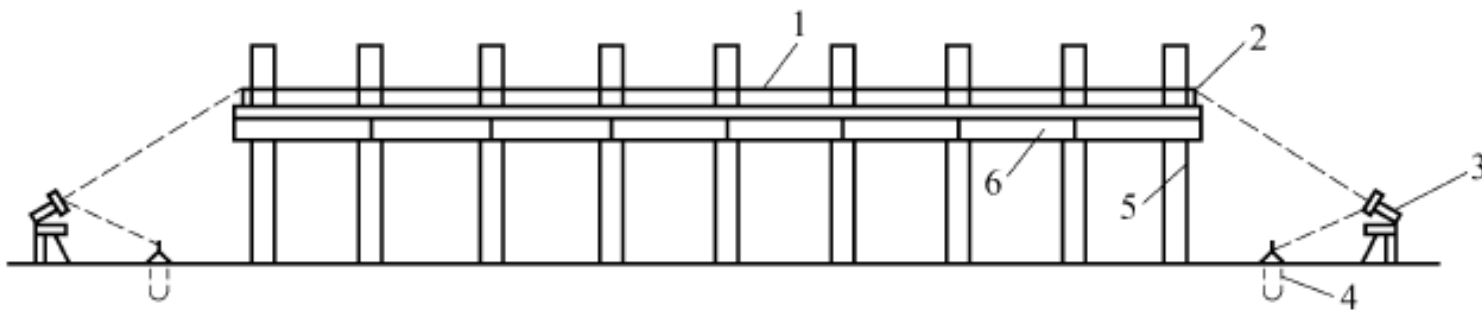


图 11.29 通线法校正吊车梁

1—钢丝；2—支架；3—经纬仪；4—木桩；5—柱；6—吊车梁

11.3.2 构件吊升方法、技术要求及起重机械的选择



平移轴线法。亦称仪器放线法，该法是在柱列外侧设置经纬仪，并将各柱杯口上的吊装准线逐根投影到吊车梁顶面处的柱身上，亦可在各柱上测设出一条与吊车梁轴线等距离的校正基准线，并做出标志；若标志线至柱定位轴线的距离为 a ，柱定位轴线距吊车梁定位轴线的距离为 λ ，则标志线到吊车梁定位轴线的距离为 $\lambda - a$ ，据此可逐根拨正吊车梁，并检查两列吊车梁的跨距是否符合设计要求，如图11.30所示。

③ 吊车梁的最后固定。

吊车梁的最后固定一般在校正后进行。吊车梁经校正完毕后，应立即将预埋件焊牢，并在吊车梁与柱接头的空隙处浇筑细石混凝土进行最后固定。

11.3.2 构件吊升方法、技术要求及起重机械的选择

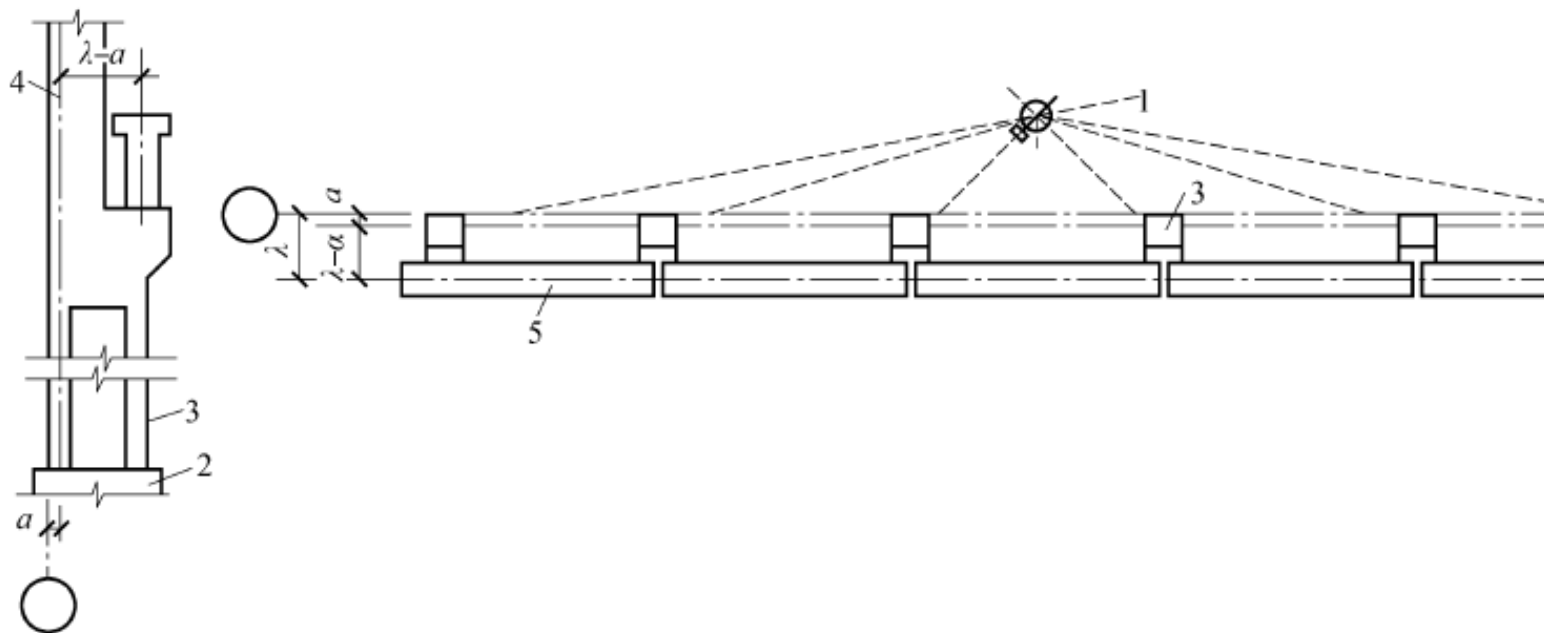


图 11.30 平移轴线法校正吊车梁

1—经纬仪；2—柱基础；3—柱；4—标志线；5—吊车梁

11.3.2 构件吊升方法、技术要求及起重机械的选择



(3) 屋架的安装

钢筋混凝土排架结构单层工业厂房的屋架由于尺寸大、重量大，一般多在施工现场平卧预制。屋架安装的施工顺序为：绑扎、扶直与就位、吊升、对位、临时固定、校正和最后固定。

① 屋架的绑扎。

屋架的绑扎点要求选在上弦节点处，左右对称，并高于屋架重心，同时在屋架两端加设拉绳，以确保屋架起吊后不晃动和倾翻。绑扎时，吊具与水平线的夹角，扶直时不宜小于 60° ，吊升时不宜小于 45° [提示7]，以免屋架承受过大的横向压力。必要时，为了减少绑扎高度及所受的横向压力，可采用横吊梁。屋架的绑扎点、绑扎方式与屋架的形式和跨度有关，其绑扎的位置与吊点的数目一般应经吊装设计确定，如吊点与设计不符，应进行吊装验算。一般屋架跨度小于或等于18 m时，可采用两点绑扎；屋架跨

11.3.2 构件吊升方法、技术要求及起重机械的选择



度大于18 m时，可采用四点绑扎；屋架的跨度大于或等于30 m时，应考虑采用横吊梁，以减小起重高度；对三角形组合屋架等刚性较差的屋架，因其下弦不能承受压力，故绑扎时也应采用横吊梁。屋架常用的绑扎方法如图11.31所示。

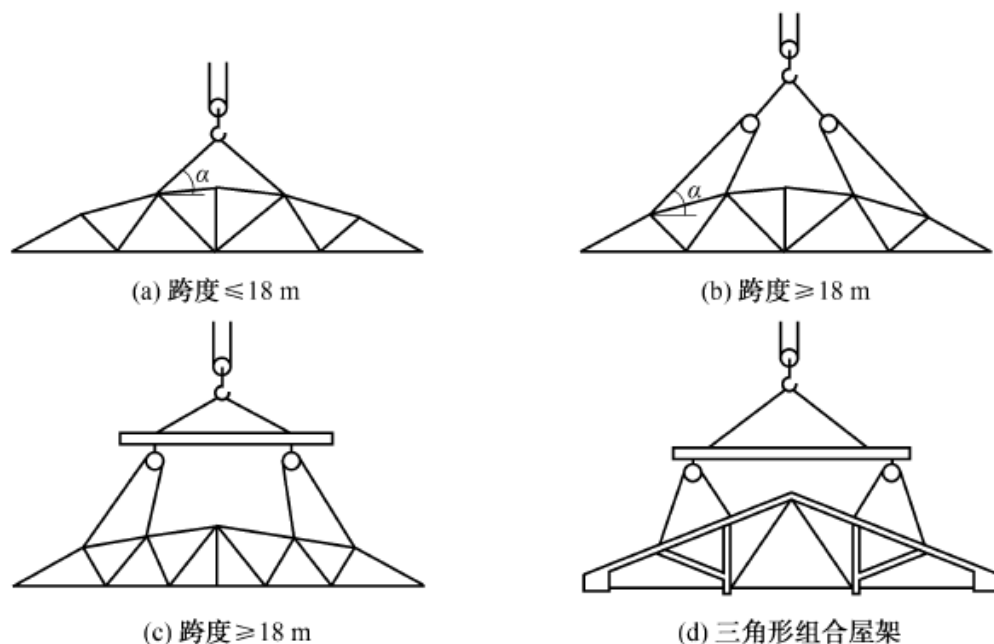


图 11.31 屋架的绑扎

11.3.2 构件吊升方法、技术要求及起重机械的选择



②屋架的扶直与就位。

单层工业厂房的屋架一般均在施工现场预制，因此，在吊装前须将屋架扶直，并吊放到设计规定的位置就位。按起重机与屋架的相对位置不同，屋架扶直可分正向扶直和反向扶直两种。

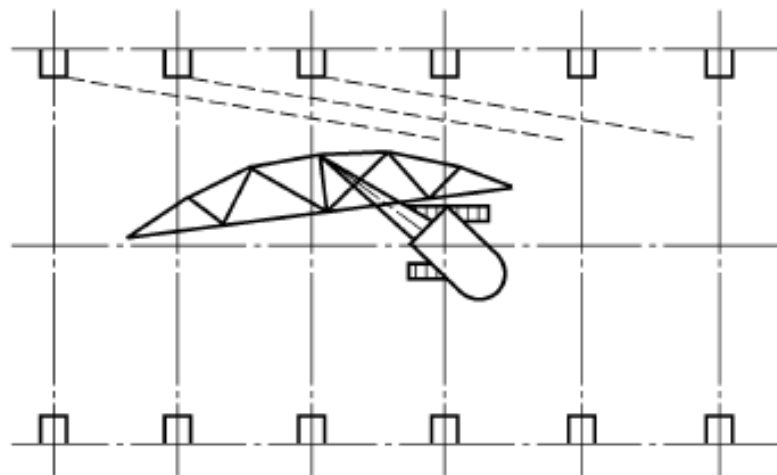
a.正向扶直(forward stack)。

起重机位于屋架下弦杆一侧，以吊钩对准屋架上弦中央，收紧吊钩后，略升起机臂使屋架脱模，然后起重机升钩并起臂使屋架绕下弦缓慢转为直立状态，如图11.32 (a) 所示。

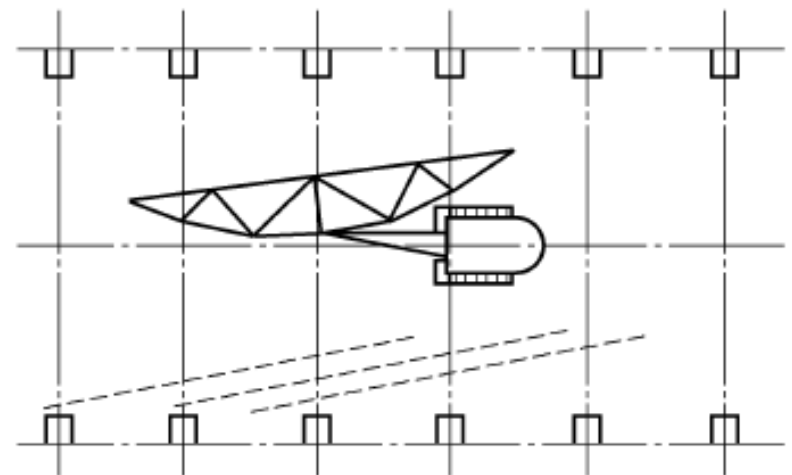
b.反向扶直(inverse stack)。

起重机位于屋架上弦杆一边，以吊钩对准上弦中央，收紧吊钩，然后升钩并降臂，使屋架绕下弦缓慢旋转为直立状态，如图11.36 (b) 所示。

11.3.2 构件吊升方法、技术要求及起重机械的选择



(a) 正向扶直



(b) 反向扶直

图 11.32 屋架的扶直与就位

11.3.2 构件吊升方法、技术要求及起重机械的选择



③ 屋架的吊升、对位和临时固定。

屋架吊升是先将屋架吊离地面300~500 mm，然后吊至安装位置下方，再升钩将屋架吊至超过柱顶300 mm，随后将屋架缓慢降至柱顶，进行对位。屋架对位应以建筑物的定位轴线为准，对位前，应事先将建筑物轴线用经纬仪投放至柱顶。对位后，立即进行临时固定，然后脱掉起重机械吊钩。

第一榀屋架的临时固定一般用四根缆风绳从两侧拉牢，如抗风柱已经设立并牢固可靠，亦可将屋架与抗风柱连接牢固；第二榀屋架及以后的屋架用工具式支撑（如屋架校正器）临时固定在前一榀屋架上，每榀屋架至少需要两个工具式支撑进行临时固定，如图11.33所示。当屋架经校正，最后固定并安装了若干块大型屋面板后，才可将支撑取下。

11.3.2 构件吊升方法、技术要求及起重机械的选择

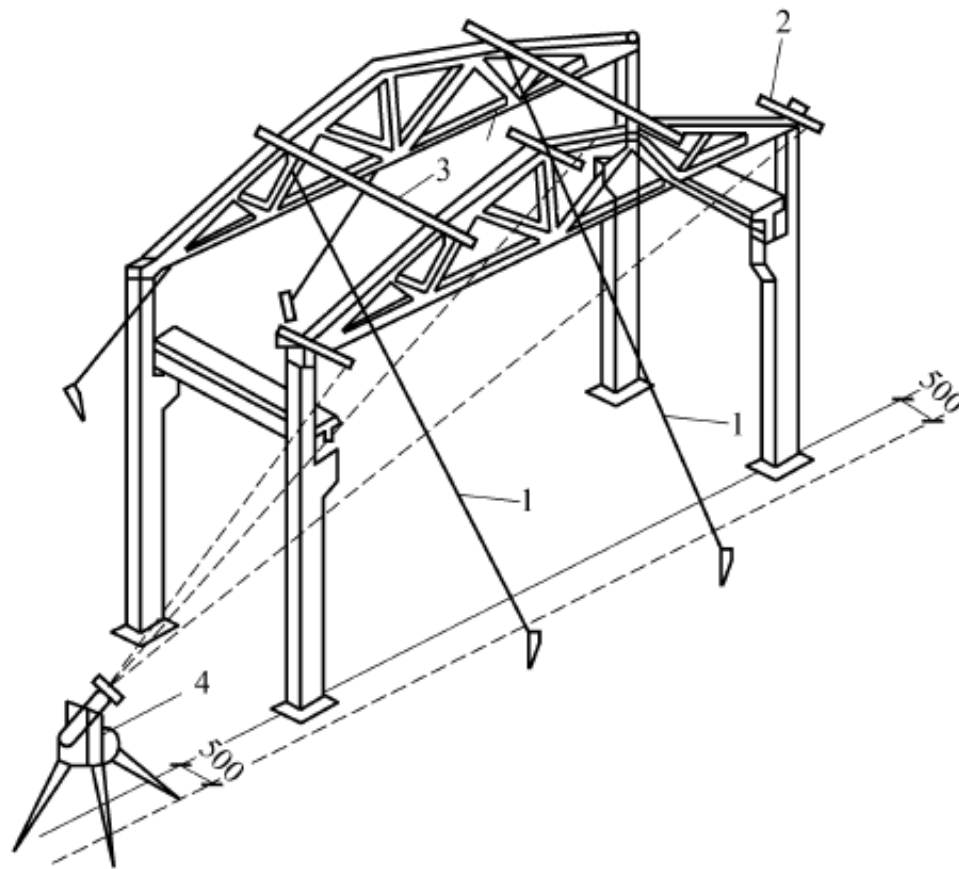


图 11.33 屋架校正与临时固定

1—缆风绳；2—卡尺；3—屋架校正器；4—经纬仪

11.3.2 构件吊升方法、技术要求及起重机械的选择



④ 屋架的校正和最后固定。

屋架经过对位和临时固定后，即可对屋架进行校正，主要校正屋架的垂直度。施工验收规范规定：屋架上弦在跨中对通过两支座中心垂直面的偏差不得大于 $h/250$ (h 为屋架高度)。可采用经纬仪或垂球进行检查，工程中常采用卡尺配合经纬仪或垂球的方法进行检查、校正。采用经纬仪检查、校正时，首先在屋架上弦安装3个卡尺，一个安装在上弦中点附近，另两个分别安装在屋架的两端。然后自屋架几何中心向外量出500 mm，并在卡尺上做出标志。再在距屋架横向定位轴线同样距离(500 mm)处设置经纬仪，用其检查3个卡尺上的标志是否在同一垂直面上，如图11.33所示。用垂球检查屋架垂直度偏差时，亦是首先在屋架上弦安置3个卡尺，但卡尺上标志至屋架几何中心线的距离取300 mm。然后在屋架两端的卡尺的标志间拉一通线，自位于屋架上弦中心卡尺的标志处向下挂一垂球，

11.3.2 构件吊升方法、技术要求及起重机械的选择



检查3个卡尺标志是否在同一垂直面上。如若屋架垂直度偏差超出规定数值，可通过转动工具式支撑上的螺栓加以校正。经校正无误后，立即用电焊焊牢以最后固定，施焊时要求在屋架两侧同时对角施焊，以免焊缝收缩导致屋架倾斜。

(4) 屋面板的安装

屋面板一般四角预埋有吊环，用吊钩钩住吊环，即可进行吊装。为充分发挥起重机械的起重能力，屋面板可采用叠吊的方法，即数块板同时起吊，如图11.34所示。屋面板吊装时，应使四根吊索长度相等，确保屋面板保持水平起吊。屋面板的安装顺序为自檐口两边左右对称地逐块铺向屋脊，以避免屋架承受半边荷载造成受力不均，以利于屋架的稳定。屋面板对位、校正后，应立即用电焊与屋架固定，要求至少有三个角与屋架预埋铁件焊牢。

11.3.2 构件吊升方法、技术要求及起重机械的选择



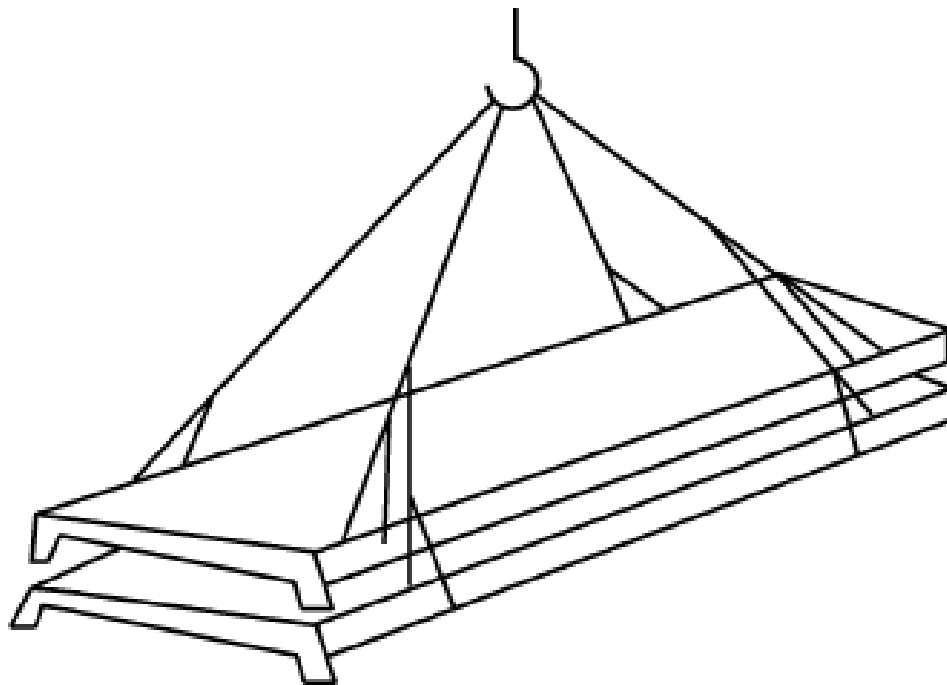
检查3个卡尺标志是否在同一垂直面上。如若屋架垂直度偏差超出规定数值，可通过转动工具式支撑上的螺栓加以校正。经校正无误后，立即用电焊焊牢以最后固定，施焊时要求在屋架两侧同时对角施焊，以免焊缝收缩导致屋架倾斜。

11.3.2 构件吊升方法、技术要求及起重机械的选择



(4) 屋面板的安装

屋面板一般采用起重机械吊升，如图11.34所示。为充分发挥起重机械吊，如图11.34所示，屋面板保持水平起吊，以避免屋面板对位、校正后与屋架预埋铁件焊牢。



为充分发挥起重机械吊，如图11.34所示，屋面板保持水平起吊，以避免屋面板对位、校正后与屋架预埋铁件焊牢。

图 11.34 屋面板叠吊

11.3.2 构件吊升方法、技术要求及起重机械的选择



(5) 天窗架的安装

天窗架可与屋架拼装成整体一起吊装，也可单独吊装。天窗架单独吊装时应在其两侧的屋面板吊装完成后进行，其吊装方法与屋架基本相同。

11.3.2 构件吊升方法、技术要求及起重机械的选择



3. 起重机械的选择

(1) 起重机械类型的选择

结构安装使用的起重机械类型，主要根据厂房的跨度、构件重量、安装高度以及施工现场条件和当地现有（或施工单位自有）起重设备等因素确定。对一般中小型厂房，通常选用自行式起重机(如履带式起重机)，在缺少自行式起重机械的地方，也可选用独脚拔杆、悬臂拔杆等桅杆式起重机械；对于大跨度重型工业厂房，一般应选用大型自行式起重机以及塔式起重机与其他起重机械配合使用；当选用一台起重机无法完成吊装工作时，可选用两台起重机抬吊。

11.3.2 构件吊升方法、技术要求及起重机械的选择



(2) 起重机械型号的选择

起重机械的类型确定以后，还要进一步确定起重机械的型号。起重机械的型号要根据构件尺寸、重量和安装高度等确定。所选起重机的三个工作参数：起重量 Q 、起重高度 H 和起重回转半径 R 均应满足结构吊装的要求。

①起重量：所选起重机的起重量（hoisting capacity）必须大于或等于所吊装构件的重量与索具重量之和，即

$$Q \geq Q_1 + Q_2$$

式中 Q ——起重机的起重量（kN）；

Q_1 ——所吊构件的重量（kN）；

Q_2 ——索具的重量（kN）。

11.3.2 构件吊升方法、技术要求及起重机械的选择



②起重高度：所选起重机的起重高度（hoisting height）必须满足所吊装构件安装高

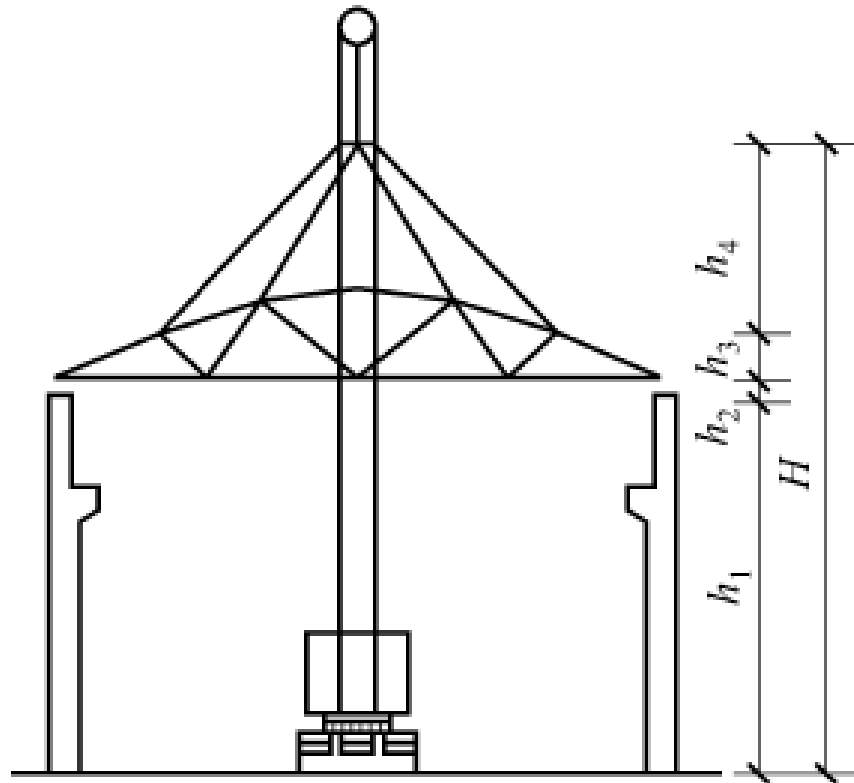
式中 H ——

h_1 ——安装

h_2 ——安装

h_3 ——绑

h_4 ——索具



m) ;

图 11.35 起重高度计算图

11.3.2 构件吊升方法、技术要求及起重机械的选择



③起重半径 (swinging radius of crane) : 起重半径的确定可分为两种情况。

a.一般情况下,当起重机可以不受限制地开到构件吊装位置附近进行吊装构件时,则对起重半径没有特殊要求,不需验算起重半径 R ,只需根据计算的起重量 Q 及起重高度 H ,查阅起重机工作性能表或性能曲线来选择起重机型号及起重臂长度 L ,并可查得在一定起重量 Q 及起重高度 H 下的起重半径 R ,作为确定起重机开行路线及停机点的依据。

b.某种特殊情况下,当起重机停机位置受到限制而不能直接开到构件吊装位置附近去吊装构件时,则需根据实际情况确定起吊时的最小起重半径 R 。然后根据起重量 Q 、起重高度 H 及起重半径 R 三个参数,查阅起重机工作性能表或性能曲线,以选择确定起重机的型号及起重臂长 L 。所选择确定的起重机型号需同时满足计算要求的起重量 Q 、起重高度 H 及起重半径 R 的要求。

11.3.2 构件吊升方法、技术要求及起重机械的选择



一般应根据所需的 Q_{min} 、 H_{min} 值，初步选定起重机型号，再按式(11.14)计算，如图11.36所示。

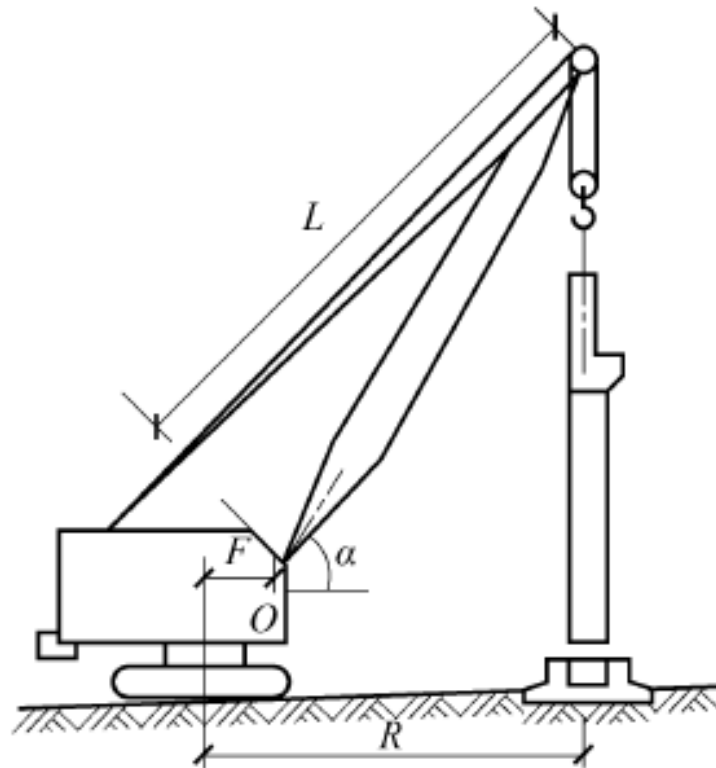


图 11.36 起重半径计算图

11.3.2 构件吊升方法、技术要求及起重机械的选择



$$R = F + L \cos \alpha$$

式中R——起重机的起重半径（m）；

F——起重臂枢轴中心至回转中心的距离，该值可由起重机技术参数表查知（m）；

L——起重机臂长度（m）；

α ——起重机臂的中心线与水平线之间的夹角（锐角）。

一般同一种型号的起重机有几种不同长度的起重臂，应选择能同时满足三个吊装工作参数的起重臂。当各种构件吊装工作参数相差较大时，可以选择几种不同的起重臂。如柱可选用较短的起重臂，而屋面结构则选用较长的起重臂。

11.3.2 构件吊升方法、技术要求及起重机械的选择



(3) 起重臂长度的确定

当起重机的起重臂需跨过已安装的结构吊装其他构件时，如跨过柱和屋架安装屋面板，为了不与屋架等构件碰撞，必须求出起重臂的最小长度，并依此及起重量 Q 和起重高度 H 查阅起重机性能表或性能曲线来选择起重机型号和起重臂长度 L 。

11.3.2 构件吊升方法、技术要求及起重机械的选择



求解起重臂最小长度的方法有数解法和图解法两种。

①数解法 (algebraic method)

图11.37 (a) 所示为求起重臂长度示意图 , 根据图示可知 :

$$L=l_1+l_2=h_1 \sin \alpha + (a+g) / \cos \alpha$$

式中 L ——起重臂长度 (m) ;

h ——起重臂底铰至构件支座顶面的距离 ($h=h_1-E$) (m) ;

h_1 ——支座高度 (m) ;

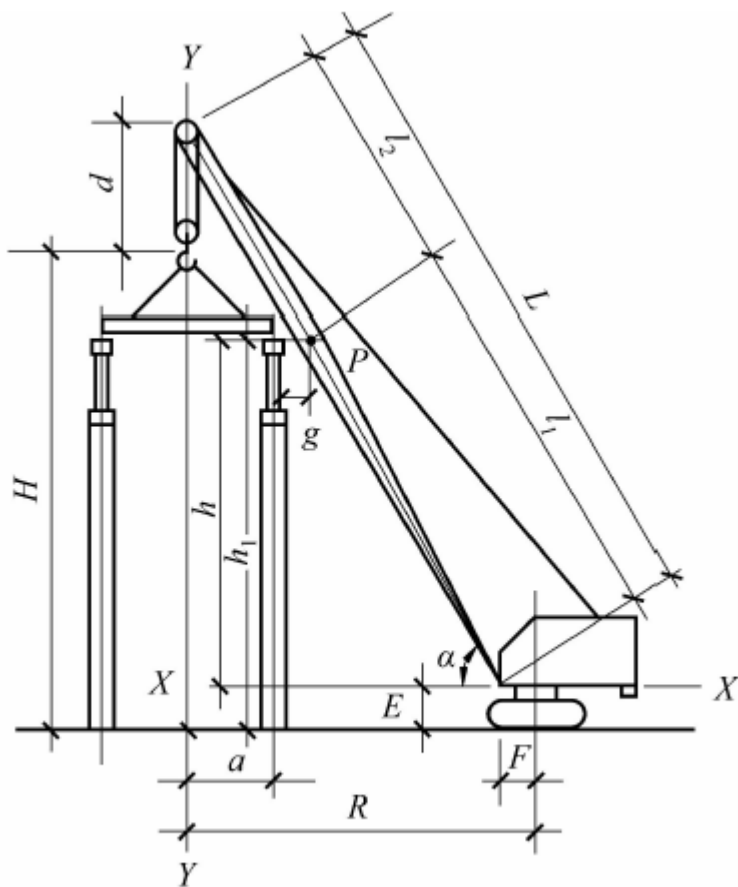
E ——起重臂底铰距停机面的垂直距离 (m) ;

a ——起重臂吊钩需跨过已装构件的水平距离 (m) ;

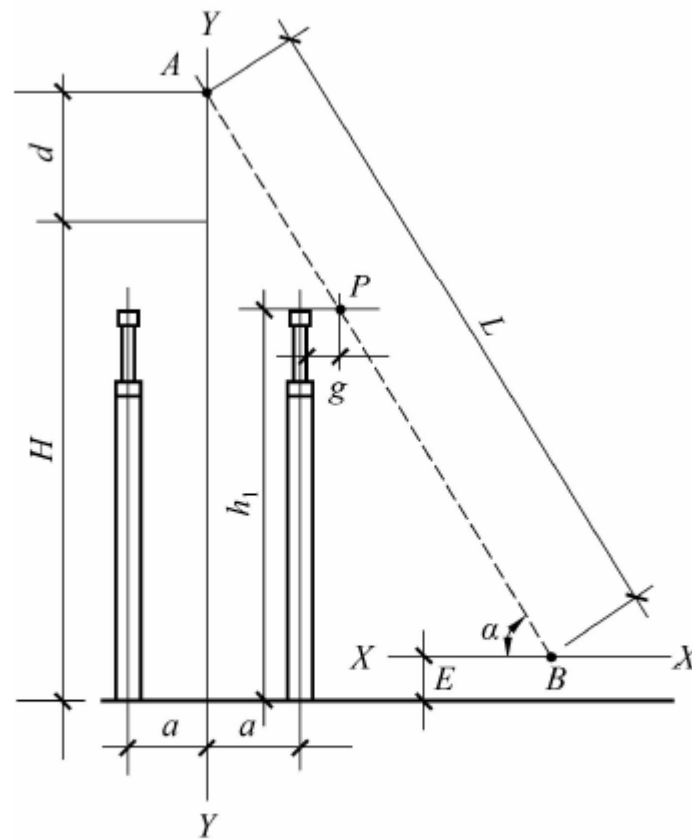
g ——起重臂轴线与已装构件间的水平距离 , 一般不小于1 m (m) ;

α ——起重臂的仰角。

11.3.2 构件吊升方法、技术要求及起重机械的选择



(a) 数解法



(b) 图解法

图 11.37 起重臂最小臂长计算图

11.3.2 构件吊升方法、技术要求及起重机械的选择



为了求得起重机臂最小臂长，可对式(11.15)进行微分，并使 $dLd\alpha = 0$ ，可得：

$$\alpha = \arctan \sqrt[3]{\frac{h}{a + g}}$$

将求得的 α 值代入式(11.15)，即可得到所需起重机臂的最小臂长 L_{\min} 。

11.3.2 构件吊升方法、技术要求及起重机械的选择



②图解法 (graphical method) 。

即用几何作图的方法求解起重机臂的最小臂长。如图11.37 (b) 所示，可按以下步骤进行。

a.按一定比例绘出所吊装厂房一个节间的纵剖面图，并画出起重机吊装屋面板时起重机吊钩所在位置的垂线Y-Y。

b.初步选定起重机型号，根据起重机底铰距停机面的垂直距离的E值，画出平行于停机面的水平线X-X。

c.从屋架顶面向起重机方向水平量出一距离 g ($g \geq 1 \text{ m}$)，可得P点。

d.按满足吊装要求的起重臂上定滑轮中心点的最小高度，在垂线Y-Y上定出A点(A点距停机面的距离为 $H+d$ ， H 为起重机吊装高度， d 为起重机上定滑轮距吊装高度顶点之间的最小距离)。

11.3.2 构件吊升方法、技术要求及起重机械的选择



e. 连接A、P两点并延长，其延长线与X-X相交于B点，线段AB即为起重臂的轴线长度。

f. 以P点为圆心，按顺时针旋转线段AB，则可得到若干条与Y-Y、X-X相交的线段（A₁B₁、A₂B₂、A₃B₃...），其中所得最小线段A'B'即为起重臂最小臂长L_{min}，与此同时可得相应线段A'B'与水平线夹角，即起重臂的仰角 α 。

根据数解法或图解法所求得的最小起重臂长度L_{min}为理论值，查阅起重机的性能表或性能曲线，从提供的几种臂长中选择一种臂长L，并满足 $L \geq L_{min}$ ，即为吊装屋面板时所选的起重机臂长度。

根据实际采用的L及相应的 α 值，代入式(11.14)即可计算起重半径R。

根据起重半径R和起重杆长L，复核起重量Q及起重高度H，即可确定起重机吊装屋面板时的停机位置。

11.3.2 构件吊升方法、技术要求及起重机械的选择



(4) 起重机数量的确定

起重机的数量根据厂房的安装工程量、工期要求和起重机的台班产量定额，按下式计算：

$$N = \frac{1}{TCK} \cdot \sum \frac{Q_i}{P_i}$$

式中N——起重机臂台数；

T——工期（d）；

C——每天工作班数；

K——时间利用系数，一般取0.8~0.9；

Q_i ——每种构件的吊装工程量（件或t）；

P_i ——起重机相应产量定额（件/台班或kN/台班）。

11.3.3 结构吊装方案



1. 分件吊装法

分件吊装法 (unpackaged lifting) 是指起重机在车间内每开行一次仅安装一种或两种构件。一般起重机分三次开行完成全部安装工作，其吊装顺序如图11.38所示。

第一次开行：吊装全部柱，并逐一进行校正和最后固定；

第二次开行：吊装全部吊车梁、连系梁和柱间支撑等；

第三次开行：分节间吊装屋架、天窗架、屋面板及屋面支撑等。

此外，在第三次开行前，即在屋架吊装前，须进行屋架的扶直就位、屋面板的运输堆放及起重杆接长等工作。

11.3.3 结构吊装方案

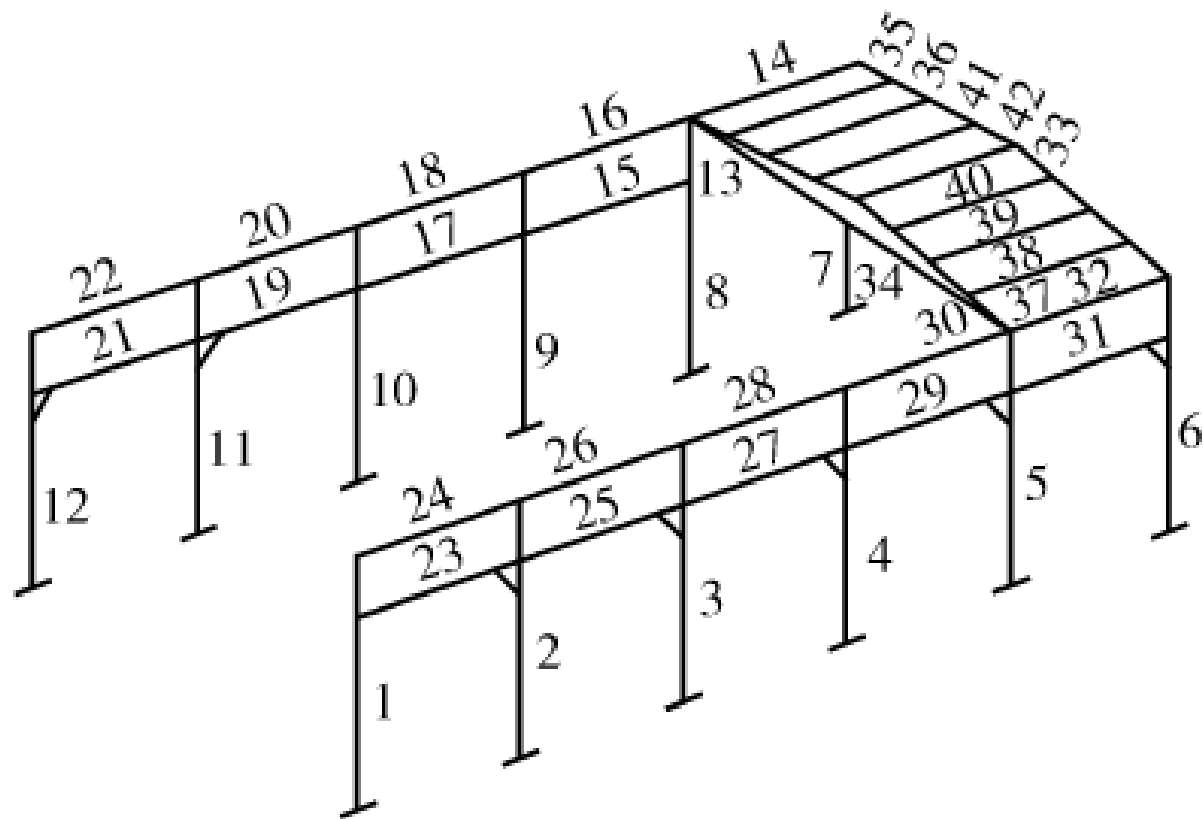


图 11.38 分件吊装法构件吊装顺序

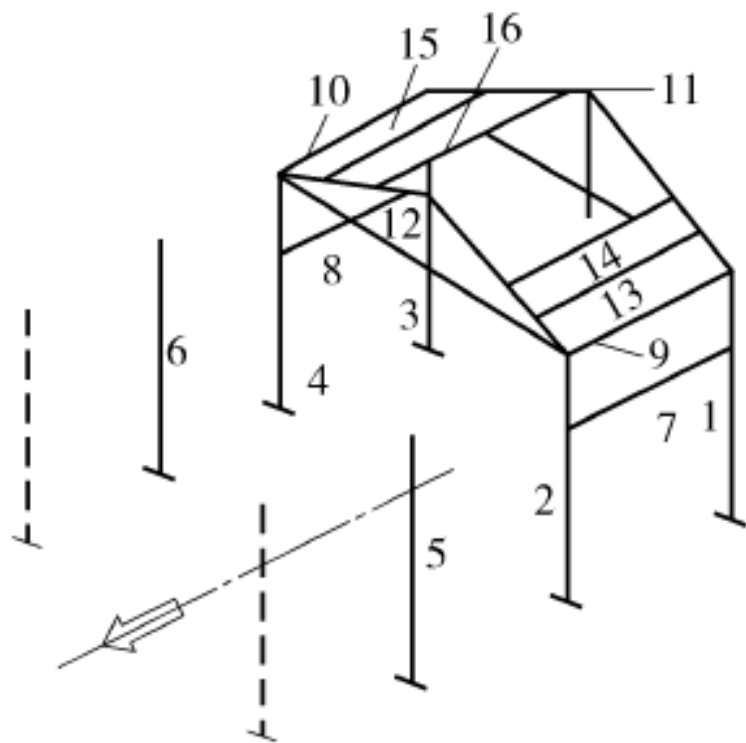
1、2、3…—构件依次吊装顺序

11.3.3结构吊装方案



2.综合吊装法

综合吊装法以节间为单位—其具体做法是：该节间的吊车梁在每一个停机位起重机移至下一



节一次开行中，图11.39所示。定，然后吊装件。即起重机件吊装完毕后，完毕。

图 11.39 综合吊装法构件吊装顺序

1、2、3...—构件依次吊装顺序

11.3.3 结构吊装方案



综合吊装法具有开行路线短、停机点少的优点，并且吊装完一个节间，其后续工种即可进入该节间进行工作，能使各个工种进行交叉平行流水作业，有利于缩短安装工期。该吊装方法的缺点是需同时吊装各种类型的构件，操作程序复杂，吊装速度较慢，构件供应紧张和平面布置较复杂，构件校正比较困难，不能充分发挥起重机的能力，吊装效率低，不利于施工组织。

分件吊装法和综合吊装法各有优缺点，目前在结构吊装中，多采用分件吊装法吊装柱、柱间支撑，而采用综合吊装法吊装吊车梁、连系梁、屋架、屋面板等构件。起重机在吊装过程中，分两次开行吊装完毕全部各类构件。

11.3.4构件平面布置



1. 构件平面布置的原则

构件的平面布置应遵循以下布置原则。

- ①各类构件应尽可能布置在本跨内，如因场地狭窄，布置困难时，亦可考虑将中小型构件布置在跨外便于吊装的部位。
- ②各类现场预制构件的布置应便于模板的支设以及混凝土的浇筑、振捣，对预应力混凝土构件还应考虑抽管、穿筋、灌浆等操作所需的空間。
- ③各类构件的布置方式应满足吊装工艺的要求，尽可能布置在起重机的起重半径内，以避免二次搬运及减少起重机负荷行走的距离以及起重臂的起伏次数，尤其对重型构件的布置。
- ④各种构件的布置均应尽可能少占空间，条件允许时，可考虑叠浇布置，要保证起重机械、运输车辆的道路畅通以及起重机械回转时机尾不得碰撞构件。
- ⑤各类构件的布置要考虑吊装时的朝向，避免在吊装时空中掉向，而影响吊

11.3.4 构件平面布置



装进度和施工安全。

⑥各类构件均应布置在坚实的地基上，以确保构件预制质量，在新填土上布置构件时，新填土必须夯实，并采取有效措施防止地基下沉而影响构件质量。

11.3.4构件平面布置



2. 构件预制阶段的平面布置

(1) 柱的平面布置

柱的平面布置取决于场地大小、安装方法等因素。一般柱的重量较大，搬动困难，所以柱预制阶段的平面布置即为吊装阶段的平面布置。因此，柱在预制时的平面布置应按吊装阶段的排放要求进行布置。一般有斜向布置和纵向布置两种布置方式。

①柱的斜向布置。

当柱采用旋转法吊装，且施工场地不受限制时，可按绑扎点、柱脚中心、柱基中心三点共弧进行斜向布置，其预制位置可采用作图法按下列步骤确定，如图11.40所示。

11.3.4 构件平面布置

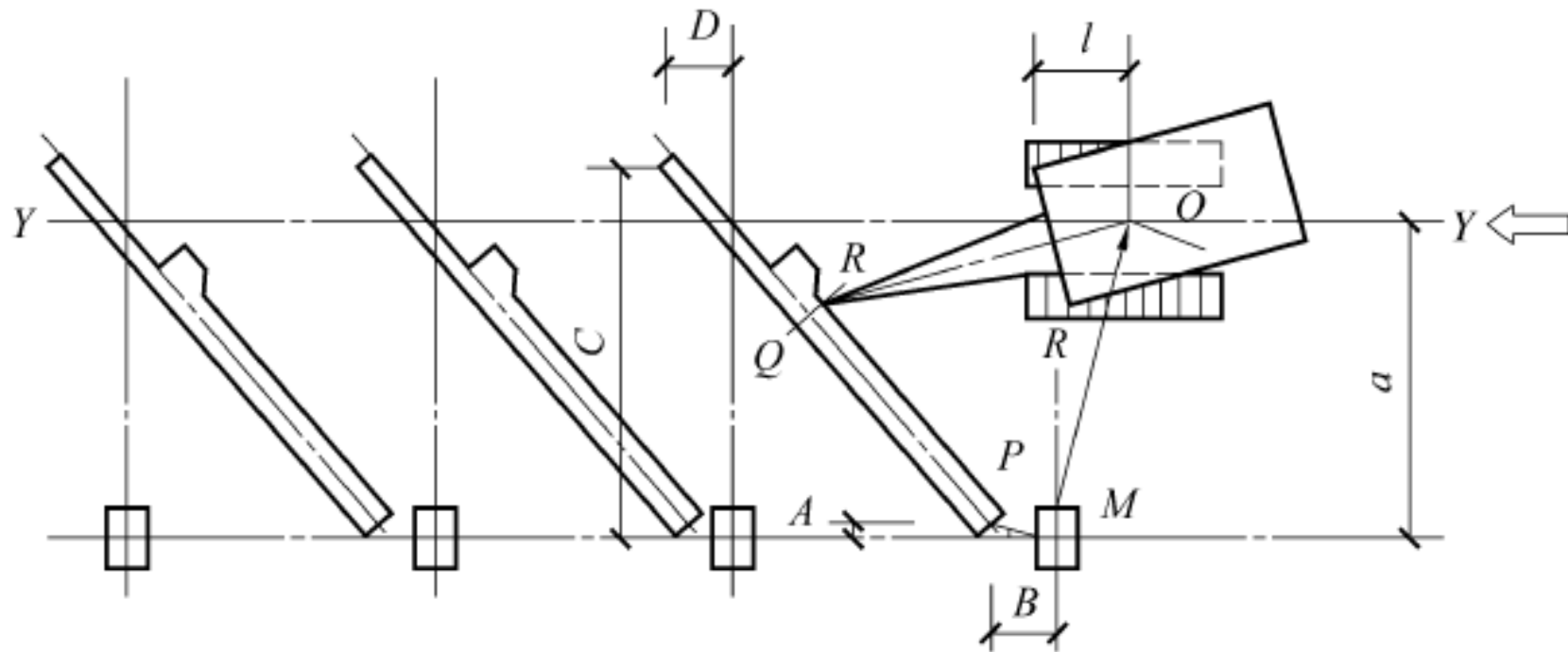


图 11.40 柱三点共弧斜向布置

11.3.4构件平面布置



a.确定起重机开行路线。

从厂房两端柱基杯口中心分别向起重机拟定行驶位置量出距离 a （使 $R_{\min} < a \leq R$ ，其中 R 为起重机吊装该柱时的相应的起重半径， R_{\min} 为所选型号起重机最小起重半径）并连线，可得平行于柱列纵向定位轴线的起重机开行路线Y-Y。

b.确定起重机的停机位置。

以基础杯口中心 M 为圆心，以 R 为半径画弧交于起重机开行路线Y-Y上一点 O ， O 点即为起重机吊装该柱的停机位置。

11.3.4构件平面布置



c.确定柱的预制平面位置。

按照三点共弧的原则，确定柱平面布置的步骤如下：首先，以停机位置O为圆心、以OM为半径画弧，在靠近柱基的弧上取一点P作为柱脚中心；其次，以P为圆心，以柱脚到绑扎点的距离为半径画弧，与以停机位置O为圆心、以OM为半径所画弧相交于点Q，点Q即为柱吊装时的绑扎位置；再次，连接点P、点Q并向两边延长，即得柱的预制位置中心线；最后，以直线PQ为基准画出柱预制时的模板位置图，并标出柱顶、柱脚与柱列纵横轴线的距离(A、B、C、D)，以作为模板支设的依据。

在确定柱的平面布置时，有时由于场地的限制或柱身较长，无法做到三点共弧，此时亦可按照两点共弧的原则进行布置，具体布置步骤可参照三点共弧，如图11.41所示。布置时使柱脚与柱基杯口中心在起重机半径的圆弧上，绑扎点位于弧外。在吊装柱时，首先采用较大的起重半径R'吊起柱，同

11.3.4 构件平面布置



时升起起重臂，当起重半径由 R' 变为 R 后，停止升臂，再按旋转法起吊。

在布置柱时应注意牛腿的朝向问题，确保柱吊装后，其牛腿的朝向符合设计要求。因此，当柱在跨内预制或就位时，牛腿应朝向起重机械；若柱在跨外预制或就位时，则牛腿应背向起重机。

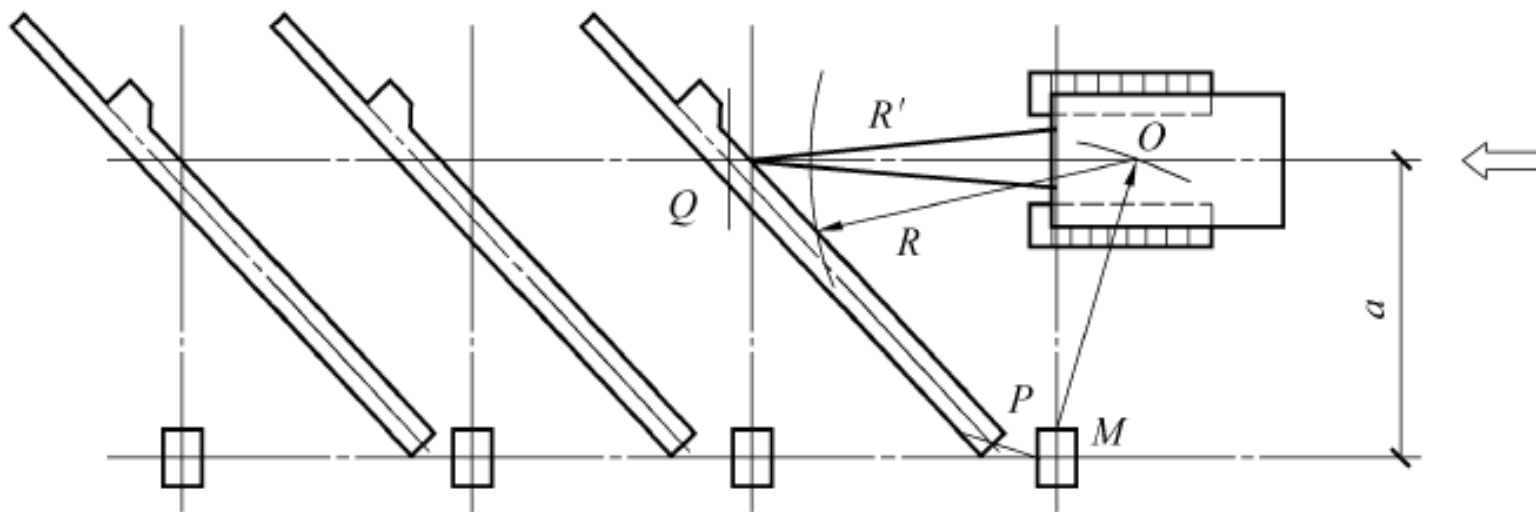


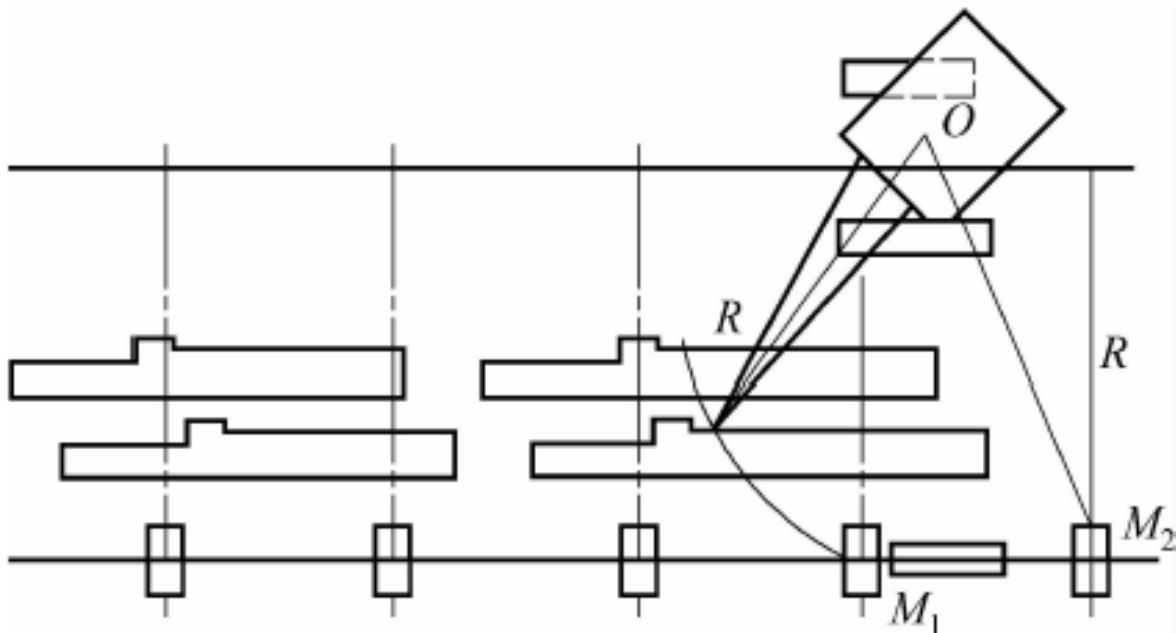
图 11.41 柱两点共弧斜向布置

11.3.4 构件平面布置



② 柱的纵向布置。

当柱采用滑行法吊装时，可以采用绑扎点、柱基中心两点共弧进行纵向布置，具体在场地、构件制作、运输、起吊时穿销、涂刷隔离剂、于起吊时穿销、起重机F、OM1=OM2



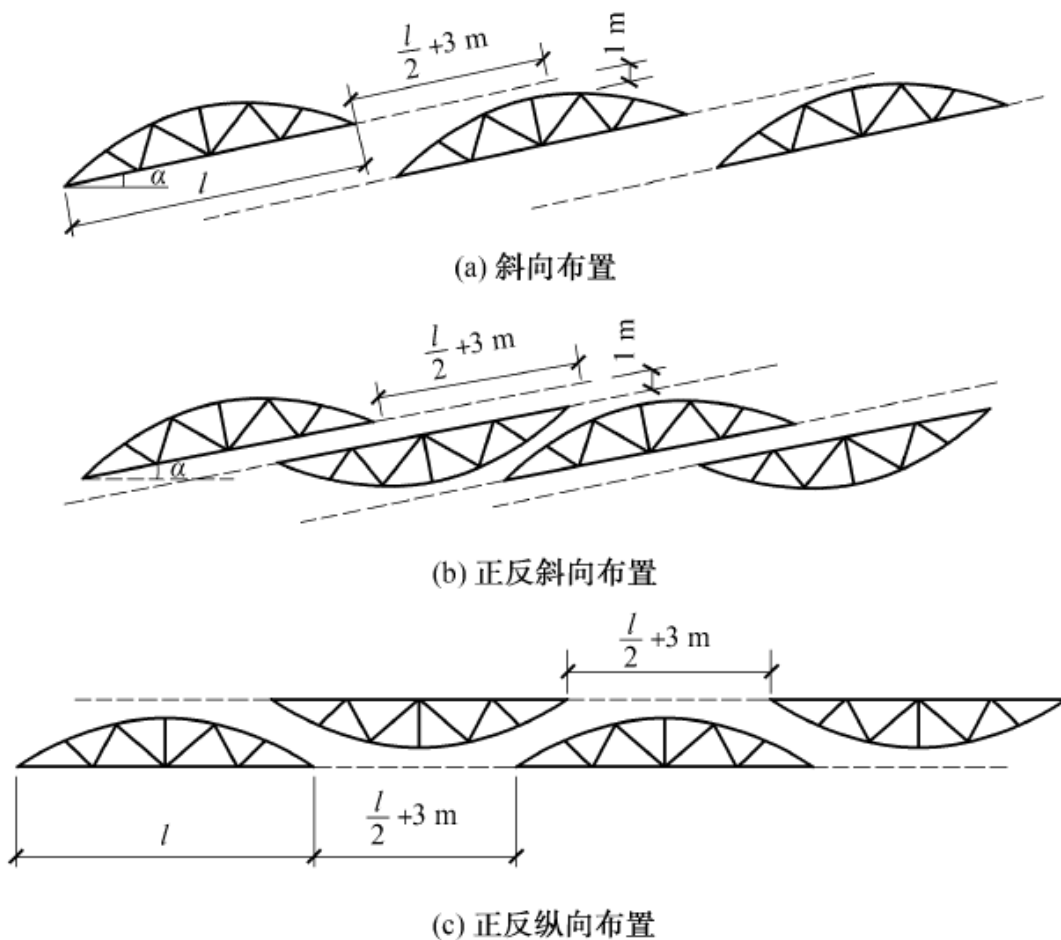
具有节约、排成一列时，层间应砂孔，以便线上，并使

图 11.42 柱两点共弧纵向布置

11.3.4 构件平面布置



(2) 屋架为节间布置方式所示。



用的
..43

图 11.43 屋架的平面布置

11.3.4 构件平面布置



在三种布置方式中，斜向布置便于屋架的扶直排放，应优先考虑采用，当施工场地受限制时，才考虑采用正反斜向布置或正反纵向布置。屋架在预制布置时，每叠屋架之间应留约1 m的间距，以方便屋架模板的支设及混凝土的浇筑。如为预应力混凝土屋架，需在屋架一端或两端留出抽管及穿筋的空间，图11.43中虚线即表示预应力屋架抽管及穿筋所需的长度。屋架斜向布置时，下弦杆与厂房纵轴线的夹角 α 宜为 $10^\circ \sim 20^\circ$ 。

在布置屋架的预制位置时，还应考虑到屋架扶直就位的要求和屋架扶直的先后次序，先扶直的屋架放在上层；对屋架两端朝向及预埋件的位置，亦需检查确定并做标记。

11.3.4构件平面布置



(3)吊车梁的平面布置

当吊车梁放在现场预制时，可布置在柱基附近顺纵向轴线或略作倾斜布置，也可穿插在柱的空当处预制，如运输条件允许，也可在场外集中预制，吊装时再运至现场。

11.3.4 构件平面布置



3. 构件吊装阶段的平面布置

柱在现场预制时已按吊装阶段的就位要求进行布置，因此当柱的混凝土强度达到设计要求后，即可进行吊装。所以，构件吊装阶段的平面布置是指柱吊装完毕后，其他构件的就位位置，主要包括屋架的就位、吊车梁、连系梁、屋面板的运输堆放等。

(1) 屋架的就位

屋架扶直后应立即吊放至预先设计的位置进行就位。屋架的就位方式有两种：一种为靠柱边斜向就位，另一种是靠柱边纵向就位，前者用于跨度及重量较大的屋架，后者用于重量较轻的屋架。

11.3.4 构件平面布置



① 屋架的斜向就位。

屋架的斜向就位可按以下步骤确定其就位位置，如图11.44所示。

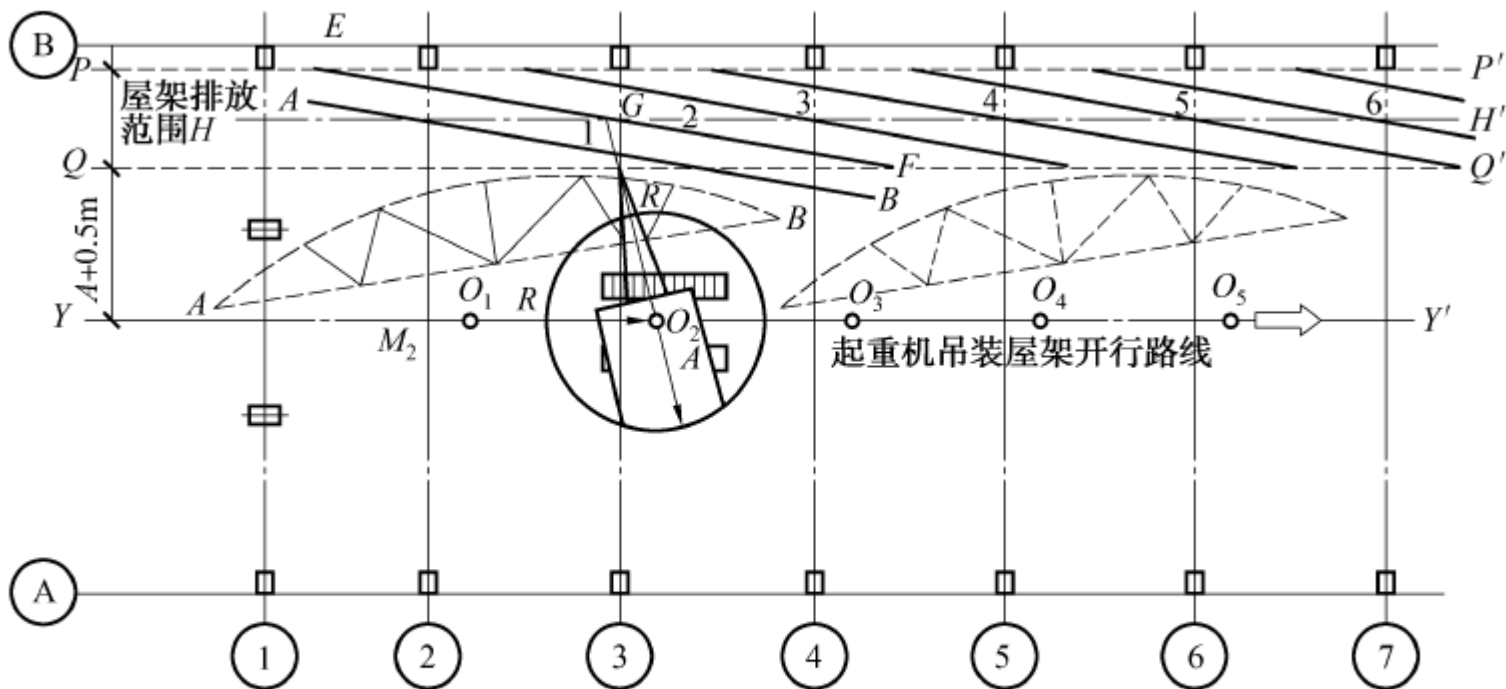


图 11.44 屋架的斜向就位

(虚线为屋架扶直前位置)

11.3.4构件平面布置



a.确定起重机安装屋架时的开行路线及停机位置。

在吊装屋架时，起重机一般沿跨中开行，故在跨中画出开行路线Y-Y'。再以即将吊装的某屋架轴线(如②轴线)的屋架中点M2为圆心，以所选吊装屋架的起重机工作幅度R为半径画弧，可交开行路线Y-Y'于O2，O2即为吊装②轴线屋架的停机位置。

11.3.4 构件平面布置



b. 确定屋架的就位范围。

屋架一般靠柱边就位，但距柱边不应小于0.2 m，为此定出屋架就位范围的外边界P-P'线并使其距柱边净距不小于0.2 m。起重视吊装屋架时，机身需要回转，设起重机尾部至机身回转中心的距离为A，则在距开行路线为(A+0.5)m的范围内，不宜布置屋架和其他构件。据此，可确定屋架就位范围的内边界Q-Q'线，在内外两条边界线P-P'和Q-Q'之间的区域，即为屋架的就位范围。如若厂房跨度较大，此范围过宽时，可根据需要适当缩小。

11.3.4构件平面布置



c.确定屋架就位的位置。

当根据需要确定屋架就位范围后，作内外边界线P-P'和Q-Q'的中心线H-H'。屋架就位后，使其中点均应位于H-H'线上。现以吊装②轴线屋架为例，来确定其就位位置：以停机位置O₂为圆心，以吊装屋架的起重机工作幅度R为半径作弧，交H-H'线于G点，G点即②轴线屋架就位时的中点位置。然后以G为圆心，以屋架跨度的一半为半径作弧，分别交内外边界线P-P'、Q-Q'于E、F两点，连接点E、F，线段E-F即为②轴线屋架的就位位置。其他屋架的就位位置可以此类推。①轴线的屋架由于已安装了抗风柱，可灵活布置，一般需退至②轴线屋架就位位置附近就位。

11.3.4 构件平面布置



② 屋架的纵向就位。

屋架的纵向就位，一般以4~5榀屋架为一组，靠柱边顺纵向定位轴线排列，屋架之间的净距不小于0.2 m，相互之间用铁丝及支撑拉紧撑牢。每组屋架之间需留约3 m的距离作为横向通道。为避免在已装屋架下绑扎和吊装屋架，防止屋架吊起时与安装好的屋架碰撞，每组屋架就位的中心可布置在该组屋架倒数第二榀安装轴线之后约2 m处，如图11.45所示。

11.3.4 构件平面布置

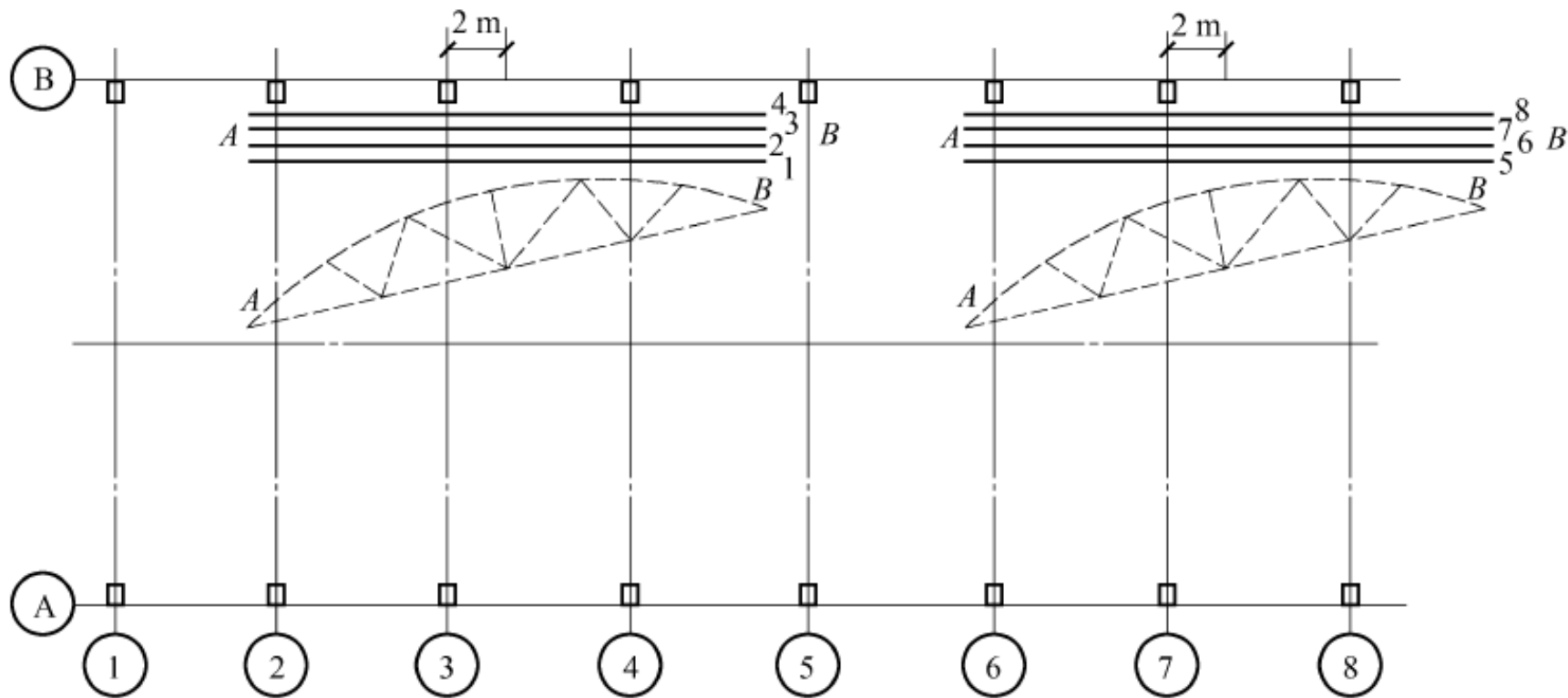


图 11.45 屋架的纵向就位
(虚线为屋架扶直前位置)

11.3.4构件平面布置



(2)吊车梁、连系梁、屋面板的运输堆放

钢筋混凝土排架结构单层厂房除柱、屋架外，其他构件如吊车梁、连系梁、屋面板等均在预制厂或工地附近预制场制作，然后运至现场就位吊装。构件运至现场后，应按施工组织设计所规定的位置，按编号及构件吊装顺序进行集中堆放。梁式构件的叠放不宜超过两层，大型屋面板叠放不宜超过8层。

吊车梁、连系梁的就位位置，一般在其吊装位置的柱列附近，跨内跨外均可；也可以从运输车辆上直接吊装至设计位置，而不需在现场堆放。

屋面板的就位位置，需根据吊装屋面板时所选起重机半径确定，一般靠柱边堆放，跨内跨外均可，当在跨内就位时，应向后退3~4个节间堆放，如在跨外就位时，应向后退1~2个节间堆放。

11.3.5 起重机械开行路线



1. 柱吊装时起重机开行路线

当柱吊装时，根据厂房跨度大小、柱的尺寸及重量和起重机性能，起重机械可以沿着跨中开行，也可以沿着跨边开行。

(1) 当 $R \geq L/2$ ，且 $R < \sqrt{(L/2)^2 + (b/2)^2}$ 时

起重机械宜沿跨中开行，每个停机位置可吊装某跨两根柱，此时停机位置位于以该停机位置所吊装两柱基础中心为圆心、以工作幅度 R 为半径的圆弧与跨中开行路线的交点上，如图11.46 (a) 所示。

(2) 当 $R \geq \sqrt{(L/2)^2 + (b/2)^2}$ 时

起重机械亦宜沿跨中开行，每个停机位置可吊装相邻两跨四根柱，此时停机位置位于该停机位置所吊装四根柱基础对角连线的交点上，如图11.46 (b) 所示。

11.3.5 起重机械开行路线



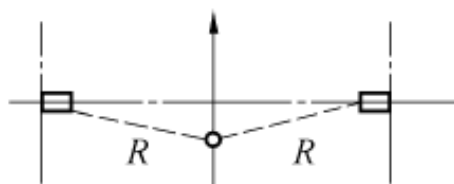
(3) 当 $R < L/2$ ，且 $R < \sqrt{a^2 + (b/2)^2}$ 时

起重机械宜沿跨边开行，每个停机位置可吊装一根柱，此时停机位置比较灵活，可视现场情况确定，如图11.46(c)所示。

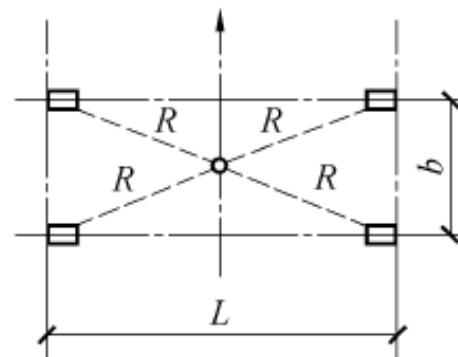
(4) 当 $R < L/2$ ，且 $R \geq \sqrt{a^2 + (b/2)^2}$ 时

起重机械亦宜沿跨边开行，每个停机位置可吊装相邻两根柱，此时停机位置位于以该停机位置所吊装两相邻柱基础中心为圆心、以工作幅度 R 为半径的圆弧与跨边开行路线的交点上，如图11.46(d)所示。

11.3.5 起重机械开行路线



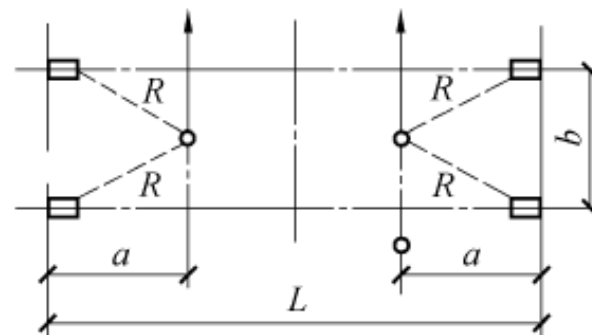
(a) 跨中开行



(b) 跨中开行



(c) 跨边开行



(d) 跨边开行

图 11.46 柱吊装起重机开行路线

11.3.5起重机械开行路线



2. 吊车梁、连系梁吊装时起重机械开行路线

吊车梁、连系梁根据就位位置的不同，起重机械可沿跨内跨边开行或跨外跨边开行。

3. 屋架、屋面板吊装时起重机械开行路线

当吊装屋架、屋面板等屋面构件时，起重机械通常沿跨中开行。

在制定吊装方案时，一方面应尽可能使起重机的开行路线最短，在吊装各类构件的过程中，做到互相衔接，不跑空车；另一方面开行路线尽量能多次重复使用，以减少钢板、枕木等设施的铺设，条件允许时，要充分利用附近的永久性道路作为起重机的开行路线。