

## 工艺设计培训内容（一）——分段划分

首先概括介绍一下船舶建造的工艺流程：合同的签定→基本设计→详细设计→工艺设计（主要包括分段划分、建造方案的确定、原则工艺、余量和补偿量确定）→生产设计→放样→号料（号料前需要对板材进行抛丸除锈以及辊平之后进行车间底漆）→加工→配套→零、部件制造→平面子分段的组立→半立体子分段的组立→立体分段的组立→组立后的焊接→分段焊后自检→分段无余量划线→对内交验→对外交验→安装下胎、翻身、合拢吊环→分段下胎→分段涂装→进行分段中组以及总组→分段预舾装→船台或坞内合拢→船体成型→下水→下水后码头舾装→整体对外交验→航海试验→交船。下面介绍一下工艺设计的相关内容，主要包括三个方面内容：分段划分、分段建造（分段制作）和分段吊装设计，今天介绍分段划分基本原则及注意事项和分段划分的方法：

### 一、 分段划分的基本原则：

在分段划分前，首先应了解该船所属船级社以及该船级社的相关规范要求，在了解之后，需要对该船的总布置图和基本结构图（包括外板展开图、型线图、典型横剖面图、纵舱壁平面图、横舱壁平面图、甲板平面图、各层平台的平面图等）进行翻阅，基本上达到熟悉和了解该船的主要结构特点和设计要求之后，才能够进行分段划分工作，在分段划分时除了应满足规范要求和设计要求外，还应考虑以下问题

#### 1、从船舶的结构特点和结构强度考虑：

- 1.1、环型接缝应尽可能避免布置在船体总强度或局部强度的受力位置，如船舫、船梁剖面突变处，以及每一个肋骨间距的中点位置（半号肋位）。
- 1.2、在结构应力集中的区域应避免布置分段合拢缝，如甲板的大开口或者货舱舱口的角隅处，上层建筑分段的末端，主机基座纵桁的末端，双层底结构向单层底结构过渡的部位等。
- 1.3、对于纵骨架式结构的船体，尽可能减少横向分段接缝的数量，必要时可以作纵向划分；对于横骨架式结构的船体，一般不宜做纵向划分以减

少横向接头。

1.4、对于相同类型的结构，如横向封闭结构（双层底、边舱等）、甲板或者舷侧的平板架结构，尽可能采用相同的划分方法。

1.5、分段接缝尽可能布置在原结构设计的自然板缝或节点的连接部位，从而形成所谓的“自然分段”。

1.6、分段应具有足够的刚性，确保分段因为焊接、火工矫正以及吊运、翻身而引起较大的变形。

## **2、从工艺和施工条件考虑：**

2.1、分段划分时，首先应当考虑相应位置分段的建造方法，是正造、反造、侧造、卧造，同时考虑相关分段的胎架形式，以便于分段制作时零、部件安装的可操作性。

2.2、一般情况下，底部分段的划分，大型船舶主要考虑分段的重量，中、小型船舶考虑尺寸和形状；舷侧曲面分段主要考虑尺寸和形状，同时也要考虑分段吊运加强和吊运翻身的方便性；首、尾分段主要考虑分段的重量，同时也要考虑分段吊运加强和吊运翻身的方便性；

2.3、分段划分时尽可能根据国内或者国外钢厂板材的规格尺寸（长度和宽度，主要考虑长度）来划分，减少对接缝，降低焊接工作量，提高板材利用率。

2.4、底部分段、舷侧分段、甲板分段的合拢缝，尽可能布置在同一横剖面内，形成整齐的环缝，这样可以简化安装工艺，便于分段合拢、装配，保证焊接质量。

2.5、分段划分时应尽可能考虑合拢缝位置的结构安装、焊接的可操作性和方便性，确保合拢缝处有良好的通风、透气和透光。

2.6、尽可能提高自动、半自动焊的应用范围，换句话说就是平行舳体部位以及平直部分的分段尺寸尽可能划分的大一些，首、尾立体以及其它曲型较大的分段尽可能划分的小一些，同时曲型较大的不能采用自动焊的部分尽可能不与平直部分划分在同一个分段内。

2.7、不能够成系列的单一产品的分段，尽可能利用其结构特点，减少或简化分段制作所使用的工装设施，如胎架和加强材等。

2.8、分段合拢缝的位置，应为预舾装工作创造有利条件，要充分考虑相临分段舾装件的布置，尽量减少接缝处管子接头等嵌补工作，从而保证分段具有单独进行密性试验的条件。

2.9、分段合拢缝位置板材与结构的错位量，应考虑装配和焊接的可操作性和方便性，目前普遍采用的两种方式是：“阶梯形”和“一刀齐”。但是采用“阶梯形”时，阶梯结构应在同一肋骨间距内，以便于装配、焊接操作的方便性和焊接变形的可控制性。

2.10、分段划分时还应考虑分段完工后涂装时需要进涂装厂房，因此分段的外形尺寸要确保顺畅通过涂装厂房的大门。

### **3、从板材订货和工厂加工能力考虑：**

3.1、分段划分时尽可能根据国内或者国外钢厂板材现有的规格尺寸（长度和宽度以及厚度，主要考虑长度和宽度）来划分，尽可能不采用特殊规格尺寸的板材，否则将增加订货成本，还可能造成焊接工作量的增加。

3.2、上面提到的尽可能根据国内或者国外钢厂板材的规格尺寸（主要考虑长度）来划分，减少对接缝，降低焊接工作量，提高板材利用率，但同时应考虑工厂板材的加工能力，如板材的预处理能力（包括抛丸除锈、辊平）和数控或等离子切割机的切割加工能力，如果板材规格尺寸超出预处理能力或切割加工能力，则必然需要增加焊接工作量，增加成本。

### **4、从设计计划和劳动量考虑：**

4.1、分段的划分应考虑工厂的劳动组织和施工场地面积。如果工厂的装配场地面积较大，而船台或船坞较紧张，则可以划分成较多的平面分段，如散货船的舷顶边舱，可划分为甲板、舷侧、内斜侧三个平面分段，然后将三个平面分段合成立体、半立体分段或总段，即所谓的“组合分段”，然后进行船台或坞内吊装合拢，以利于劳动力的展开，从而缩短船台或坞内建造周期。

4.2、分段的划分应考虑对生产条件变化的适应性。除了采用上面的“组合分段”方法外，还可以借助板缝的布置，使分段的外形尺寸扩大或缩小，以满足产品在不同地区、不同设备条件下的建造需要，并且不必为改动图纸而增加准备工作量。

4.3、分段的划分应考虑船台或船坞工作量的平衡。如尾部分段一般不宜划分的太大；在采用“岛式”建造法时，应使各“岛”的工作量大致相近；对于尾机型船舶，“尾岛”的尺寸应比“首岛”较小，以便于“尾岛”提前进行机舱内座子和设备以及轴系的安装、找正工作。在平衡分段和总段的工作量时，还应考虑预制、预装的程度。

4.4、当采用“岛式”建造法时，应尽量减少船台或船坞安装工作的相互牵制，尽可能创造封闭的安装空间，如上层建筑分段不应跨及两个“岛”区，避免受“岛”区连接缝的限制和影响；机舱尽可能划分在同一个“岛”区，以便于机舱内轴系、管系和主、辅机的安装或预装工作顺利进行。

## **5、从起重能力和运输能力考虑：**

工厂的起重和运输能力是决定分段划分时分段的尺寸和重量的主要因素。起重能力包括分段装配、焊接车间或者场地周边的起重能力和分段翻身条件和能力，单个分段或总组后分段船台或坞内合拢的吊运和翻身能力；运输能力包括分段在装配、焊接车间或者场地完工后，运出车间或从装配场地下胎后运往专门的分段堆放场地或者分段涂装厂房时的运输条件和方法，如轨道电平车、万向平板车的负载能力和分段组装场地周边的场地面积等。

以上是介绍分段划分的基本原则和进行分段划分时的注意事项，下面介绍部分典型的分段划分方法。

## **二、 分段划分的方法：**

### **1、底部分段：**

#### **1.1、分段长度：**

根据船舶类型和目前普遍使用的钢板规格，小型船舶可以取 10~12

米，中型船舶可以取 12~18 米。在起重能力受到限制时，型船舶可以取~9 米左右。大型船舶可以取 6~9 米左右，当采取纵向划分时可以取 12~18 米，但是不宜超过 24 米。

### 1.2、分段的纵向划分：

中、小型船舶一般不作纵向划分。大型船舶的底部为纵骨架式结构时，可采取纵向划分，以减少纵向对接接头数量，同时有利于船台或坞内装配时调节分段的高度和半宽；但是，对于横骨架式结构时，尽可能避免纵向划分，以减少对接接头数量。

纵向接缝的位置，当划分为左、右两个分段时，接缝应当布置在中纵桁附近；当划分为左、中、右三个分段时，接缝应当布置在旁纵桁附近；同时，接缝处的结构划分为“阶梯状”。

### 1.3、分段的横向划分：

双层底一般划分为环形分段，两端尽可能带有实肋板或者水密肋板。对于纵骨架式船底结构，其纵骨可以在水密肋板位置断开。

对于单底分段的接缝，对横骨架式一般不作限制，但是，对于纵骨架式接缝最好布置在横舱壁等强框架结构附近，防止吊运或者焊接时发生变形。

分段接缝处外板、内底板及骨架结构，通常采用““一刀齐”的断面接头形式，尽可能不采用“阶梯状”的断面接头形式，如果采用，则必须按照分段吊装、合拢顺序对接缝处作出相应处理，以便分段合拢、安装和焊接工作顺利进行。

对于首、尾部双层底高度变化的分段，其接缝处的纵桁应从便于分段对接时插入该楔形空间的一端伸出。

### 1.4、分段高度的划分：

正造或反造的双层底分段，与上面舷侧分段的接缝位置，可以高出内底板约 150~200mm 左右；若双层底以上有平台或甲板，则应避免将双层底分段缝划在平台或甲板以上，避免装配和焊接时操作困难。

单底分段的高度，一般不宜超过肋板上缘 200~300mm。

## **2、舷侧分段：**

### **2.1、分段长度：**

接近首、尾区域由于线形变化较大，一般不宜超过 9~12 米；平行舢舨体区域，可以根据钢板规格，一般取 12~18 米，但不宜超过 24 米。

### **2.2、分段的横向划分：**

分段的端接缝应尽量布置在曲率变化较小的部位。

当采用总段或半立体分段建造时，分段接缝应与甲板分段缝在同一位置。

对于中、小型船舶，分段尽量避免跨在两个底部分段上，防止底部分段在接缝处由于肋距的调整和焊接收缩而造成底部分段的框架与舷侧分段的框架的对位相差较大。

### **2.3、分段的纵向划分：**

上甲板以下的舷侧分段，一般情况下不作纵向分割。当具有两层或以上的甲板或平台时而又必须将舷侧分为上、下两个分段时，其纵向接缝位置位于中间甲板或平台以上 100~200mm，并且最好带有中间甲板或平台的边板，便于安装操作。

### **2.4、分段的高度划分：**

除分段的边水舱、边油舱等立体分段外，一般的舷侧分段包括肋骨、肋板框架和舷侧水平桁等；对于纵骨架式舷侧结构还带有部分横舱壁和边甲板结构，以增强分段的刚性。

## **3、甲板分段：**

### **3.1 分段长度：**

根据钢板的规格，一般取 12~18 米，最大不超过 24 米。

### **3.2、分段的横向划分：**

分段的端缝尽量避免位于舱口角隅或者将舱口断开，但是当分段重量或外形尺寸受到限制时，才可以将舱口断开。

对于舱口宽度尺寸大于船宽的  $1/2$  或者舱口长度较大且舱口与舱口之间间隔距离很近时，也可以将舱口断开，但是由于舱口断开，造成分段刚性很差，在分段下胎、吊运、合拢时需要根据实际情况增设工装设施，确保吊装安全。

由于需要，必须将舱口断开时，尽量将分段缝布置在舱口的前、后靠近横向舱壁附近，以便于分段定位、合拢。

### 3.3、分段的纵向划分：

横骨架式结构一般不作纵向划分，避免将横梁断开；但对于纵骨架式结构，可以根据需要，将其划分为左、右两块或者左、中、右三块，其中划分为左、中、右三块时，可以将左、右部分的边甲板分别带在舷侧分段上，利于分段的定位、找正工作。

### 3.4、分段的高度划分：

一般的甲板分段包括甲板骨架——横梁、强横梁和甲板纵桁等。当纵骨架式结构的甲板纵桁和纵骨穿越横舱壁或者甲板分段的长度跨越两道横舱壁时，可以将横舱壁面部分带在甲板分段上。

## 4、舱壁分段：

多层甲板的结构中，一般将舱壁在甲板处断开，保证甲板的连续。甲板间的舱壁，原则上形成独立的分段，不再分割。对于油船的纵、横舱壁带上、下壁子墩结构，原则上将上、下壁子墩带在纵、横舱壁上。

## 5、首部和尾部分段：

对于首部分段，分段的横向合拢缝应设在首尖舱尾部约 200mm 左右的位置；对于尾部分段，分段的横向合拢缝应设在尾尖舱首部约 200mm 左右的位置。

当首、尾分段由于重量或外形尺寸超过起重或者运输能力时，可以将总段沿着分段的高度方向将分段划分为上、下几个小的立体分段，接缝设在每层平台向上约 150~300 的位置上，同时可以将肋骨设计在平台位置断开的形式。

球鼻首部分可以单独划分带有舱壁和平台结构的立体分段。

## 6、上层建筑分段：

上层建筑分段（包含甲板室结构）的高度均按照甲板层高度划分。由于其结构单薄，刚性较弱，当长度较大时，可以横向划分成若干小的分段。

上层建筑分段通常不作纵向划分。但是，上层建筑分段的各层的横向合拢缝尽可能设计在同一横剖面上，便于单独组立后进行分段预舾装后的整体吊装。

以上简单介绍了分段划分的基本原则及注意事项和分段划分的一些基本方法。但是，随着造船技术的不断发展，特别是随着日、韩等造船大国的“分段成品化”的理念提出后，分段划分有原来的“大而整”逐渐向“小而散”发展。这样，在分段划分时完全可以将一条船平行舳体区域相同结构的不同位置划分成相同的若干“块”，这些“块”可以安装在平行舳体的任何位置，从而形成类似于流水线作业的批量生产的规模，然后将这些“小而散”的“块”进行中组，中组后再进行总组，最后形成“大而整”的立体分段进行船台或坞内吊装合拢，从而大大缩短分段建造周期船台或坞内建造的周期。



### 三、分段建造——分段制作

分段建造工艺流程：

熟悉图纸、资料→胎架制作→胎架交验→胎上接板 →结构划线→划线交验→纵、横结构装配（根据分段结构图的装配顺序）→中间测量→分段结构焊接→焊后测量→无余量划线→安装吊环→分段下胎。

#### 1、胎架制作

- 1.1 按照技术部门提供的《胎架图》、《胎架数据》制作胎架。
- 1.2 作出胎心线（十字线），并打出洋冲标记。
- 1.3 检查胎心线是否为  $90^\circ$ ，若超差应及时修正。
- 1.4 作出胎架模板及支柱位置线。
- 1.5 安装支柱和模板（线型较大的分段要划地样线切割模板）。
- 1.6 在模板及支柱上作出水平基准线并打出洋冲标记。
- 1.7 以胎心线为基准在模板上作出格子线。
- 1.8 以胎架上水平基准线为基准，在模板及支柱上划出高度点。
- 1.9 对有线型的部位，用样杆将各高度点连线，并要与平直部位光顺。

#### 2、胎架精度

2.1 胎心线允差	1
2.2 支柱、模板位置线允差	$\pm 1$
2.3 水平基准线允差	$\pm 1$
2.4 支柱、模板垂直度允差	2
2.5 最大对角允差	$\pm 2$
2.6 支柱、模板线型与数据允差	$-1 \sim 0$

#### 3、胎架交验

胎架制作完工后，向检查及船东、船检交验(报验)。若超差应修复，直至报验合格后，方允许上板。

#### 4、胎上接板

接板后将地面上的胎心线返到拼接后的外板上。

- 4.1 检查板与模板的间隙，线型较大的部位要加密“死胎板”（如板线型相差较大，需重新加工）。
- 4.2 要控制好研配后的板缝间隙和坡口角度。
- 4.3 要防止板缝错牙，检查板的平整度。
- 4.4 焊前检查板边四周线型是否光顺，如不光顺增设支撑等，防止板缝（边）和安装结构焊接产生波浪弯曲。

## 5、结构划线

- 5.1 重新校核外板上的胎心线（十字线）。
- 5.2 以横向十字线为基准，分别沿纵向十字线量取每道肋骨的实长。
- 5.3 用样杆将各个肋骨点连线，即得肋骨线。
- 5.4 以纵向十字线为基准，分别沿横向十字线量取每道纵骨的实长。
- 5.5 用样杆将各个纵骨点连线，即得纵骨线。
- 5.6 对立体分段实行无余量的分段，找线应采用仪器或有关测量工具在外板、平台、甲板、侧纵壁等上划出十字线及四周荒料线。
- 5.7 划线公差：结构位置线  $\pm 1$  对角线  $\pm 2$

## 6、划线交验

划线完工后，交检查人员及船东、船检验收。

## 7、纵、横结构的装配

- 7.1 依据“分段组装要领图”的顺序装配各零、部件。
  - 7.1.1 先安装纵骨。
  - 7.1.2 安装横向肋板、横舱壁等。
  - 7.1.3 安装侧纵舱或中心纵壁。
  - 7.1.4 安装甲板。
  - 7.1.5 穿越孔处靠实。
  - 7.1.6 用管梭子等顶、拉将纵、横结构靠严。
  - 7.1.7 钉焊
- 7.2 装配精度

- 结构压线偏差 1
- 结构安装垂直度 2
- 结构装配间隙  $\leq 2\text{mm}$
- （十字头）结构错开量  $\leq 2\text{mm}$

## 8、中间测量

待结构装配完工后，焊前要进行测量、检查各件装配位置是否正确。

## 9、分段结构的焊接

按照工艺要求进行结构的焊接，先平焊、后立焊，并尽可能由中心向四周呈“对称性”进行焊接。

## 10、焊后测量

焊后测量即分段下胎前交验，包括交检查、船东以及船检验收。

平面与曲面分段装配精度：

项 目		标准范围	允许极限	备 注
分段宽度	平面	$\pm 4$	$\pm 6$	
	曲面		$\pm 8$	
分段长度	平面	$\pm 4$	$\pm 6$	
	曲面		$\pm 8$	
分段正方度	平面	4	8	指最终划线的对角线
	曲面	10	15	
分段扭曲度		10	20	在横梁或桁材面板上测量

立体分段装配精度：

项 目		标准范围	允许极限	备 注
上、下平面的 中心线差	平面立体	$\leq 5$	$\leq 8$	
	曲面立体	$\leq 7$	$\leq 10$	
上、下平面的 肋位线差	平面立体	$\leq 5$	$\leq 10$	
	曲面立体	$\leq 7$	$\leq 12$	
分段扭曲度 (指大型刚性立体分段)	平面立体	10	20	测量方法： 在主要平面上，以三点作成平面，然后测量另一点对该平面的偏差
	曲面立体	15	20	
同一水平结构的高度		$\pm 4$	$\pm 6$	
两个水平面结构间的高度		5	10	
其他项目同平面、曲面分段， 按上表		—	—	

## 11、无余量划线

### 11.1 准备工作。

无余量划线前，应准备好划线工具（包括经纬仪、样杆、弯尺、石笔、粉线、粉笔、水平软管、线锤、盘尺等）。

### 11.2 分段无余量划线方法和步骤

11.2.1 无余量划线前根据分段测量项目检测分段形位尺寸及精度状况。

11.2.2 将经纬架设在分段外侧地面上，距分段中心线和分段合拢横缝各约 200~300mm 范围内。

11.2.3 将经纬仪支架固定后调平。

11.2.4 调整经纬仪竖轴，使视准轴（望远镜）扫出的一竖直面与分段中

心线平行，然后固定照准部制动手轮。

11.2.5 通过读数显微镜目镜读盘，将水平度盘调整成  $0^{\circ}$ 。

11.2.6 旋转竖轴，将水平度盘的读数转成  $90^{\circ}$ ，固定照准部制动手轮。

11.2.7 对分段大合拢横缝进行无余量划线（包括外板、纵壁、纵骨、甲板等），同时划出距余量切割线 200mm 的检查线。

11.2.8 该横缝划线结束后，检查经纬仪是否移动（包括水平、读数），若移动应重新划线。

11.2.9 在分段的甲板中心线和甲板边线处，按分段理论长度（并根据《余量与补偿量发放规定》增加补偿量）从已划好的一端为基准，用盘尺量取另一端横缝划线基准点。

11.2.10 将经纬仪架设到分段另一端距横缝约 200~300mm 处，通过量取的划线基准点，对该横缝进行无余量划线。

11.2.11 分段宽度划线以中心线为基准，用盘尺直接量取划线。

11.2.12 分段无余量划线工作全部结束后，检查划线与实际分段上零部件精度情况，并根据实际情况可进行优化调整，无法调整的，通知施工单位修整（包括垫板长肉和修割），超差情况反馈技术部门。

## 12、安装吊环

按照吊运方案中的要求，安装吊环及其加强。当环境温度在零度以下，焊前预热进行施焊。

## 13、分段下胎

吊装人员根据分段的吊运方案，进行分段的吊装下胎。如分段下胎后仍需焊接，则要均匀垫墩，返好水平，加紧墩木，特殊分段仍要焊后交给有关人员验收。

#### 四、分段吊装设计

在进行分段吊装设计前，对设计人员的一般要求：

- 1、要对本企业相关的吊装设计标准仔细阅读，并要求作到理解；
- 2、需要清楚了解现场的各种起重吊车和运输设备的性能、参数以及使用方法和特殊要求；
- 3、需要清楚了解各类吊索具的规格、参数、使用要求等；
- 4、要清楚明白各种吊杠的使用方法；
- 5、清楚了解各类吊环的使用要求，明白各类吊环的简易画法和规格尺寸；
- 6、清楚各类吊环在何种使用状况下需要补强以及加强形式和规格、尺寸；
- 7、要清楚吊装方案设计时各类吊环的选型和吊环布置的基本要求；
- 8、要会熟练使用理论力学的相关知识；
- 9、要清楚各种吊运符号所表达的意思和用途；

只有清楚了解以上相关要求的设计人员才能够进行分段的吊装设计工作，具体设计方法和步骤如下：

- 1、首先对船舶的分段划分图要有大概的了解，要清楚和理解分段划分图设计者的设计思想和意图；
- 2、要熟悉了解船舶的建造方案和建造原则工艺，清楚船舶不同位置的每个分段的具体的建造方法；
- 2、需要清楚了解船舶的分段吊装合拢顺序，头脑中要有该船的每个分段在船舶中的相对位置；
- 3、头脑中要建立该船每个分段大概的立体形状；
- 4、根据分段结构图提供的分段的装配顺序和装配要领，确定该分段的吊装方式和方法（平吊、翻身），进而确定初步的吊环数量；
- 5、根据分段结构图提供的分段重量以及重量重心（ $X_g$ ,  $Y_g$ ,  $Z_g$ ），可以准确确定的吊环类型和数量以及初步的吊环布置位置（此时还不能完全确定吊环的吨位）；
- 6、根据确定的初步的吊环布置位置，将分段结构图中相关的平面图或者

横剖面图、纵剖面图筛选出来；

7、将筛选后的相关剖面中的多余的东西删除掉，如接板板缝线、尺寸标注、零、部件编号、焊接符号等；

8、根据分段重量重心（ $X_g, Y_g, Z_g$ ）在相关的剖面图中找出分段的重心位置，并作出相关标记；

9、依据吊环布置的基本原则，同时根据重量重心位置和结构特点以及准确确定的吊环类型和初步的吊环布置位置，将吊环布置在相关剖面的对应位置上；

10、依据力学原理（力、力矩、力偶、力偶系的平衡即杠杆原理等），分计算每个吊环的负荷情况，进而确定吊环的规格、尺寸（负荷吨位）；

11、根据吊装标准的要求以及各类吊环的使用要求，确定吊环位置是否需要补强，以及补强材的形式和规格、尺寸等，要在图中标注出；

12、在平面图中每个吊环位置标注出吊环的相对位置尺寸、吊环大小（负荷吨位）、数量以及用途等；

13、根据吊环布置和使用方法，确定吊绳的规格和长度；

14、最后，需要将分段的吊装要领和技术要求提供给吊装操作人员，如分段的吊运（包含下胎、翻身以及合拢方法，使用几台吊车等）、吊绳的规格和长度以及吊环和加强材的安装、焊接技术要求等。

15、分段吊装作业的基本常识：

15.1、单吊作业时所吊物件重量不能超过吊车的最大负荷；

15.2、三台及以上吊车联合作业时，除了要满足单吊作业时所吊物件重量不能超过吊车的最大负荷的要求外，还要求所吊物件重量不能超出所有吊车总的负荷的百分之八十；

15.3、要求吊绳的夹角小于等于 60 度；

15.4、吊环布置基本原则：

单吊吊运时：

以分段重量重心为对称点，尽可能前后对称、左右对称、上下对称，

同时吊点布置在强结构与强结构的交叉位置上；

双吊吊运时：

除了满足单吊吊运的要求外，还必须满足 2 台吊车所使用的吊点距离必须大于 2 台吊车钩头之间的最小距离；