职业技能培训教程

安装起重工

中国石油天然气集团公司人事服务中心　编

中国石油大学出版社

职业技能培训教程
编审委员会

主　任：孙祖岭

副主任：刘志华　孙金瑜　徐新福

委　员：向守源　任一村　职丽枫　朱长根　郭向东
李钟磬　史殿华　马　富　关昱华　郭学柱
李爱民　刘文玉　熊术学　齐爱国　刘振勇
王家夫　刘瑞善　丁传峰　乔庆恩　申　泽
刘晓华　蔡激扬　阿不都·热西提　郭　建
王阳福　郑兴华　赵忠文　刘孝祖　时万兴
王　成　商桂秋　赵　华　杨诗华　刘怀忠
杨静芬　纪安德　杨明亮　刘绍胜　姚　斌
何　明　范积田　胡友彬　多明轩　李　明
蔡新江

前　言

为提高石油工人队伍素质，满足职工培训、鉴定的需要，中国石油天然气集团公司人事服务中心继组织编写了第一批44个石油天然气特有工种的培训教程与鉴定试题集后，又组织编写了第二、三批106个工种的职业技能鉴定试题集，并分别由石油工业出版社和中国石油大学出版社出版。根据企业组织工人进行培训和职工学习技术的需要，我们在第二、三批题库的基础上，又组织编写了第二批32个工种的工人培训教材。

本批教材只编写基础理论知识与相关专业知识部分，内容、范围与题库基本一致，不分级别，与已编写出版的第二、三批试题集配套使用，便于组织工人进行鉴定前培训。由于在公开发行的习题集中，只选取了题库中的部分试题，因此本批教材对工人学习技术、提高知识技能将起到应有的作用。

《安装起重工》由中国石油天然气第一建设公司职业技能鉴定中心组织编写，李景乐任主编。其中第一章、第九章、第十一章、第十二章和第十三章由李景乐编写；第二章、第四章、第七章、第八章由方彪编写；第三章、第五章由粘桂莲编写；第六章、第十章由徐志刚编写。最后经中国石油天然气集团公司职业技能鉴定指导中心组织专家进行了终审，参加审定的专家有中国石油天然气第一建设公司李景乐、徐志刚，胜利油建宋子路，华北油建陈玉忠。在此表示衷心感谢！

由于编者水平有限，书中的错误、疏漏之处在所难免，恳请广大读者提出宝贵意见。

编　者

2007年2月

目　录

第一章　识图基础知识 …… (1)
第一节　投影原理 …… (1)
第二节　建筑安装施工图 …… (4)
第二章　数学基础知识 …… (9)
第三章　力学基础知识 …… (15)
第一节　静力学基础知识 …… (15)
第二节　材料力学基础知识 …… (26)
第四章　起重作业基本操作方法 …… (37)
第五章　起重机械分类及主要参数 …… (43)
第一节　起重机械的分类 …… (43)
第二节　起重机械的主要参数 …… (44)
第三节　起重机械的特性曲线 …… (44)
第四节　计算载荷 …… (46)
第六章　起重索具与吊具 …… (48)
第一节　麻绳 …… (48)
第二节　钢丝绳 …… (51)
第三节　吊索 …… (59)
第四节　绳夹 …… (61)
第五节　卸扣 …… (64)
第六节　吊具 …… (66)
第七节　缆风绳 …… (74)
第八节　锚碇 …… (76)
第七章　起重机械和机具 …… (84)
第一节　卷扬机 …… (84)
第二节　千斤顶 …… (88)
第三节　葫芦 …… (93)
第四节　滑轮与滑轮组 …… (97)
第五节　起重桅杆 …… (105)
第六节　自行式起重机 …… (118)
第七节　塔式起重机 …… (121)
第八节　缆索式起重机 …… (123)
第九节　桥式起重机 …… (127)
第八章　起重吊装工艺 …… (134)
第一节　吊装工艺选择的原则 …… (134)

第二节　桅杆的试验、安装、移动和拆除 …… (135)
第三节　桥式起重机的吊装 …… (141)
第四节　塔类设备的吊装 …… (158)
第五节　立式贮罐类设备的吊装 …… (197)
第九章　设备的运输和装卸 …… (222)
第一节　运输路线的选择 …… (222)
第二节　设备运输 …… (223)
第三节　设备装车与卸车 …… (227)
第四节　设备运输牵引力的计算 …… (229)
第十章　吊装方案的编制与实施 …… (233)
第一节　编制设备吊装方案的原则 …… (233)
第二节　编制设备吊装方案的依据 …… (233)
第三节　设备吊装方案的内容 …… (234)
第四节　设备吊装方案的实施 …… (242)
第十一章　起重吊运指挥信号 …… (245)
第十二章　起重机械操作及起重作业安全技术 …… (250)
第一节　起重机的安全防护装置 …… (250)
第二节　起重机械操作 …… (253)
第三节　安全用电 …… (257)
第十三章　起重吊装相关知识 …… (258)
第一节　电工基本操作技术 …… (258)
第二节　钳工基本操作技术 …… (261)
第三节　班组管理知识 …… (264)
附　录 …… (270)
附录一　数学用表及三角形计算公式 …… (270)
附录二　常用受静载荷梁的计算 …… (279)
附录三　钢材及连接的强度设计值 …… (281)
附录四　钢材的许用应力 …… (283)
附录五　轴心受压钢构件的稳定系数 …… (284)
附录六　桅杆钢管断面常数 …… (288)
附录七　钢管桅杆的中心受压许用压应力折减系数 …… (288)

参考文献 …… (290)

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

第一章　识图基础知识

第一节　投影原理

一、投影

通常把空间物体的形象在平面上表达出来的方法称为投影法。而在平面上所得到的图形称为该物体在此平面上的投影。

要获得物体的投影图，必须具备光源、被投影对象和投影面。调整这3个条件又可得到不同的投影图。

（1）中心投影。投影线从投影中心点发出，投影线互不平行，用这种方法进行投影叫中心投影，如图1-1所示。用中心投影法得到的图形不能反映物体的真实大小，故机械图样不采用中心投影。

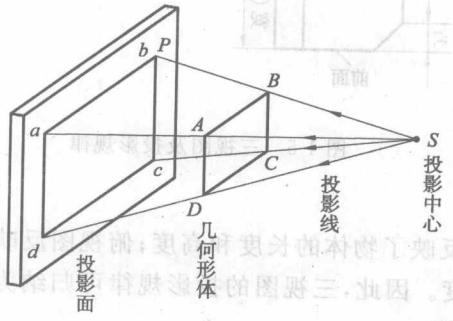


图1-1　中心投影

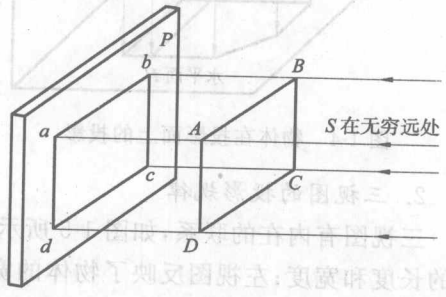


图1-2　正投影

（2）正投影。当投影线采用平行光线，而且投影线与投影面垂直时，得到的投影叫正投影，如图1-2所示。正投影能反映物体的真实形状和大小，图形度量性好，便于尺寸标注，作图方便。因此正投影方法是机械制图国家标准规定采用的基本投影方法。

二、三视图及其投影规律

1. 三视图

物体具有长、宽、高3个方向的尺度，其各面形状又常不相同，只用一个视图一般是不能确定物体形状和大小的。为了确切反映物体的完整形状和大小，必须增加不同方向的视图，常用的是三视图。

如图1-3所示3个相互垂直的投影面，即正投影面V（简称正面）、水平投影面H（简称水平面）、侧投影面W（简称侧面），每两投影面的交线称为投影轴，分别用OX、OY、OZ表示，三轴的交点O称为原点。

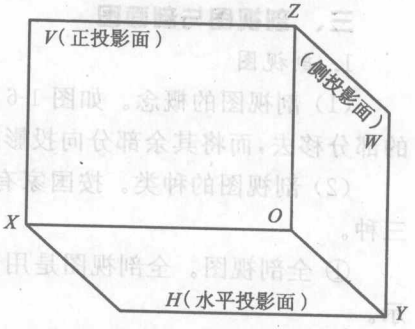


图1-3　三个互相垂直的投影面

将物体放在3个投影面中间，并分别向三个投影面进行投影，得到物体的3个视图，称为物体的三视图（如图1-4所示）。其名称是：

主视图——从物体的前方向后投影，在正投影面上所得到的视图。

俯视图——从物体的上方向下投影，在水平投影面上所得到的视图。

左视图——从物体的左方向右投影，在侧投影面上得到的视图。

为了把 3 个视图画在同一平面上，必须把 3 个投影面展开摊平。其方法是正面保持不动，水平面绕 OX 轴向下旋转 90°，侧面绕 OZ 轴向右旋转 90°，展开后的 3 个投影面就在同一图纸平面上。在实际绘图中，投影轴和投影面的边框线不必画出，3 个视图按图 1-5 的位置配置，一律不标注视图的名称。

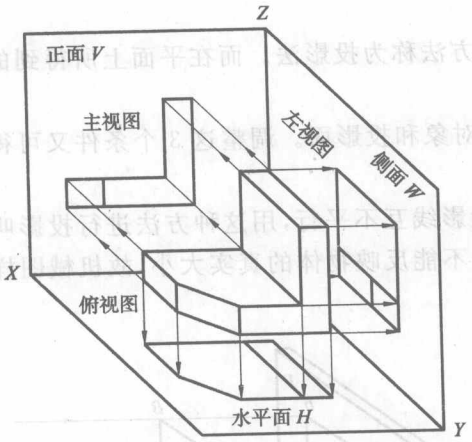


图 1-4　物体在投影面上的投影

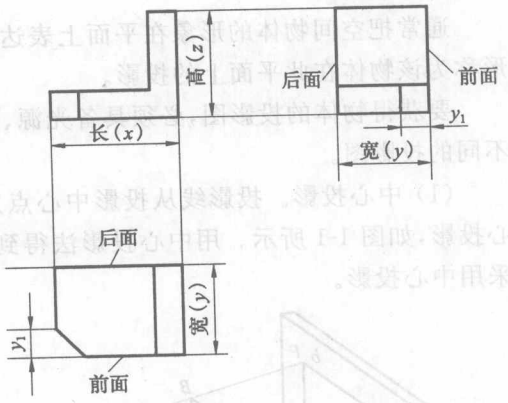


图 1-5　三视图及投影规律

2. 三视图的投影规律

三视图有内在的联系，如图 1-5 所示，主视图反映了物体的长度和高度；俯视图反映了物体的长度和宽度；左视图反映了物体的宽度和高度。因此，三视图的投影规律可归纳为：主、俯视图长对正；主、左视图高平齐；俯、左视图宽相等。

不仅整个物体的三视图符合上述规律，而且物体上每一组成部分的 3 个投影也要符合投影规律。同时，3 个视图还反映了物体上、下、左、右、前、后六个方位：

主视图反映了物体上、下、左、右的方位；

俯视图反映了物体前、后、左、右的方位；

左视图反映了物体上、下、前、后的方位。

三、剖视图与剖面图

1. 剖视图

(1) 剖视图的概念。如图 1-6 所示，假想用剖切平面剖开机件，将观察者与剖切平面之间的部分移去，而将其余部分向投影面投影，所得到的图形称为剖视图。

(2) 剖视图的种类。按国家有关标准规定，剖视图有全剖视图、半剖视图和局部剖视图三种。

① 全剖视图。全剖视图是用剖切平面完全地剖开机件后所得到的剖视图，如图 1-6 所示。

② 半剖视图。半剖视图是用剖切平面沿前后对称面将机件剖切，以中心线为界，一半画剖视图，另一半画外形视图，这样在一个视图中就将机件一个方向上的内外形状都表示出来了(此视图适用于对称平面机件)，如图 1-7 所示。

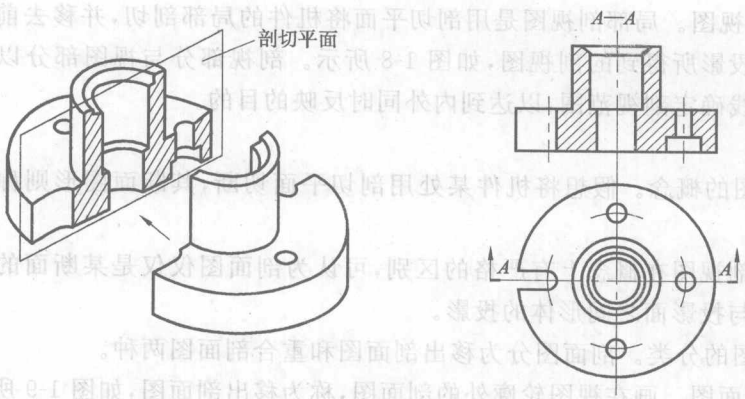


图 1-6　剖视图的形成

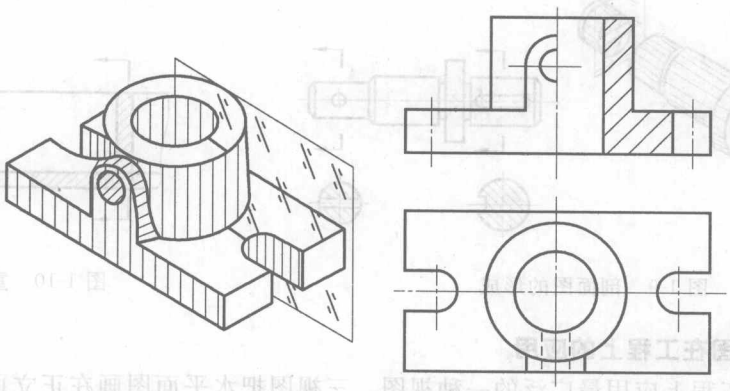


图 1-7　半剖视图

画半剖视图时，应注意两点：半剖视图上外形视图和剖视图的分界线应是中心线，不可画成粗实线；由于机件对称，半剖视图的另一半外形图只需表示外形，不能有内部虚线。

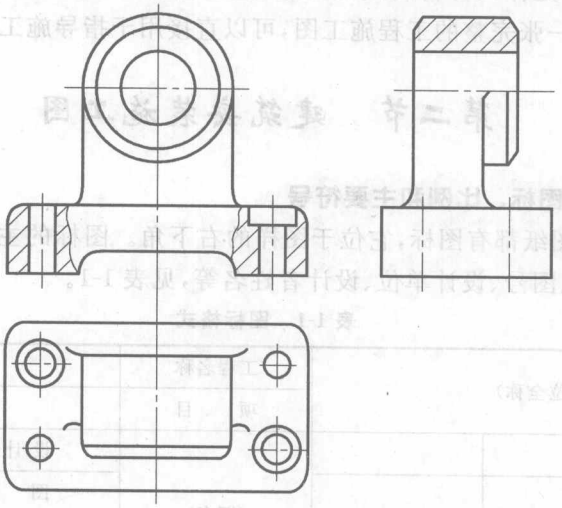


图 1-8　局部剖视图

③ 局部剖视图。局部剖视图是用剖切平面将机件的局部剖切，并移去前面部分，留下部分向正面进行投影所得到的剖视图，如图 1-8 所示。剖视部分与视图部分以波浪线为界，可灵活使用波浪线确定剖视范围，以达到内外同时反映的目的。

2. 剖面图

(1) 剖面图的概念。假想将机件某处用剖切平面切断，其断面图形则称为剖面图，如图 1-9 所示。

剖面图与剖视图在概念上有严格的区别，可认为剖面图仅仅是某断面的投影，而剖视图则是剖切平面与投影面之间形体的投影。

(2) 剖面图的分类。剖面图分为移出剖面图和重合剖面图两种。

① 移出剖面图。画在视图轮廓外的剖面图，称为移出剖面图，如图 1-9 所示。

② 重合剖面图。画在视图轮廓之内的剖面图，称为重合剖面图，如图 1-10 所示。

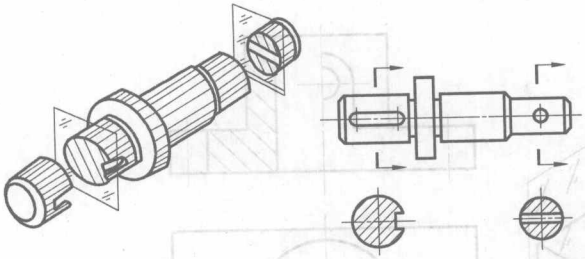


图 1-9　剖面图的形成

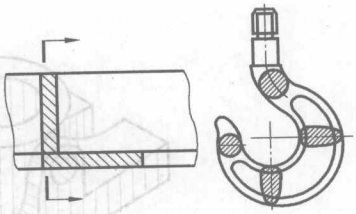


图 1-10　重合剖面图

四、三视图在工程上的应用

三视图是工程上应用最广泛的一种视图。三视图把水平面图画在正立面图的下面，把侧立面图画在正立面图的旁边，这种排列方法是为了制图的方便。工程图上将建筑物或设备、零部件的平面及外形画在一张图纸上时，都是按照三视图的画法和固定位置安排的。这样的工程图，既表达了物体的确切形状，也标示出它的有关尺寸，若再按规定的材料图例配上材料符号，便可以确定物体是什么材料制成的；或画上设备材料表，明确其中的设备型号、材质及数量等。这样便成了一张完整的工程施工图，可以直接用于指导施工。

第二节　建筑安装施工图

一、施工图中的图标、比例和主要符号

(1) 图标。每张图纸都有图标，它位于图样的右下角。图标的主要内容有：工程名称、项目、图样名称、设计号、图号、设计单位、设计者姓名等，见表 1-1。

表 1-1　图标格式

<table>
<tr><td colspan="3" rowspan="2">(设计单位全称)</td><td>工程名称</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>项　目</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>审　定</td><td></td><td></td><td rowspan="4">(图名)</td><td>设计号</td><td></td></tr>
<tr><td>审　核</td><td></td><td></td><td>图　别</td><td></td></tr>
<tr><td>设　计</td><td></td><td></td><td>图　号</td><td></td></tr>
<tr><td>制　图</td><td></td><td></td><td>日　期</td><td></td></tr>
</table>

当需要查阅某张图时，可以从图样目录中查到该图的工程图号，然后根据图号查对图标，就可查找到所要的图样。

(2) 比例。比例就是图样上标的尺寸与物体原来的实际尺寸之比。在图样上，一般是不可能按物体的实际尺寸来绘制的，需要缩小或放大一定的倍数。如某图的比例是 1∶5，即表示图上的尺寸是实物尺寸的 1/5，例如图上量出的尺寸是 4 cm，则实物的尺寸是 20 cm。

基本图样常用的缩小比例有：1∶50，1∶100，1∶200；详图常用的缩小比例有：1∶1，1∶2，1∶5，1∶10，1∶20，1∶50 等。

(3) 轴线。轴线常用在建筑图上，是设备安装中依靠建筑物定位、放线的重要依据。轴线用点划线表示，端部带 1 个圆圈，圈内注有编号。水平方向的轴线用阿拉伯数字由左至右依次编号；垂直方向的用英文字母由下而上依次编号，如图 1-11 所示。

(4) 标高。建筑物各部分的高度及设备工艺管道上各部分的高度都用标高表示，标高的符号是“▽”，标高注明在符号的横线上。标高单位为米，精确到厘米或毫米。

(5) 详图索引号。如图 1-12 所示，索引号是反映基本图样与详图、详图与详图以及有关工种图样之间关系的符号。通过索引号可以方便地查到相关联的图样。

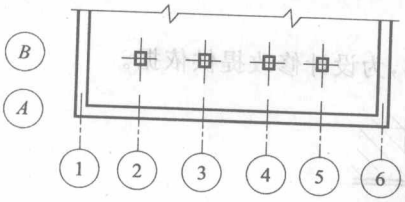


图 1-11　轴线的画法

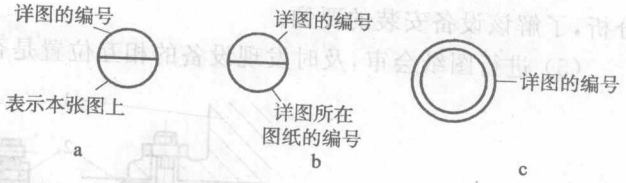


图 1-12　索引号

(6) 图线。图样上的图形是由各种图线构成的。各种图线的名称及应用如下：

① 粗实线。用于可见轮廓线。

② 细实线。用于剖面线、投影线、尺寸线、分界线、引出线等。

③ 虚线。用于不可见轮廓线。

④ 点划线。用于轮廓线、对称中心线等。

⑤ 双点划线。用于中断线、轮廓线等。

⑥ 波浪线。用于断裂处的边界线、视图和剖视分界线。

⑦ 双折线。用于断裂处的边界线。

二、工程图的编排顺序及作用

工程施工图样的编排顺序是：总平面图、建筑图、非标结构、水暖、电、仪表、设备图等。

工程施工图样的作用是：

(1) 图样目录。说明该工程由哪些专业工种的图样组成，将其编号，一目了然。

(2) 总说明。主要说明该工程的概貌和总的技术要求等，其中包括设计依据、设计标准和施工要求。

(3) 建筑施工图。即土建图，用于安装时了解建筑物的内部布置、基础结构、预埋件等情况。

(4) 给排水施工图。展示给排水管道的布置、走向以及支架的制法等加工要求。

(5) 采暖通风施工图。表示采暖、通风工程的布置；通风设备和零部件的选型及安装方法；支吊架的制作安装要求及系统调试要求等。

(6) 设备及非标安装施工图。主要表示工艺设备布置和安装要求；非标容器或结构的制作安装要求(包括总装配图、剖视图、零部件图及向视图等)。

(7) 电气施工图。主要表示电气线路的走向和具体安装要求等。

三、设备安装图与平面布置图

1. 设备安装图

制造厂或设计单位根据设备工作要求画出设备安装图。在设备安装施工时，必须按图样要求进行安装和验收。看图时应注意如下几项：

(1) 看说明书、图例、图样总目录，了解设备的总体情况和各设备在工艺流程中的作用。

(2) 看基础平面图，了解设备基础的尺寸和地脚螺栓的位置、数量以及尺寸距离；还应看土建图，了解设备基础结构、标高等情况。

(3) 看设备安装图(包括剖面图及剖视图)，图中标明了安装的总体要求及各零部件的装配技术要求、尺寸要求和最后的试运转要求。这些都是设备安装工作中的主要依据。

(4) 对于较复杂的设备安装图，要从整体到各零部件，按安装顺序逐一仔细读图，边看边分析，了解该设备安装的要领。

(5) 进行图纸会审，及时发现设备的相互位置是否影响，为设计修改提供依据。

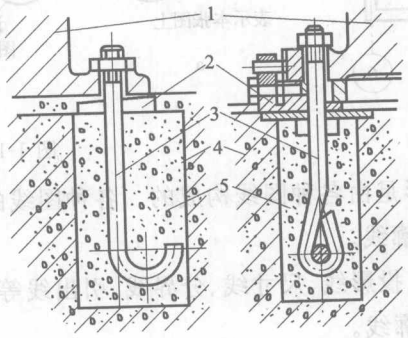


图 1-13　用地脚螺栓紧固设备安装图

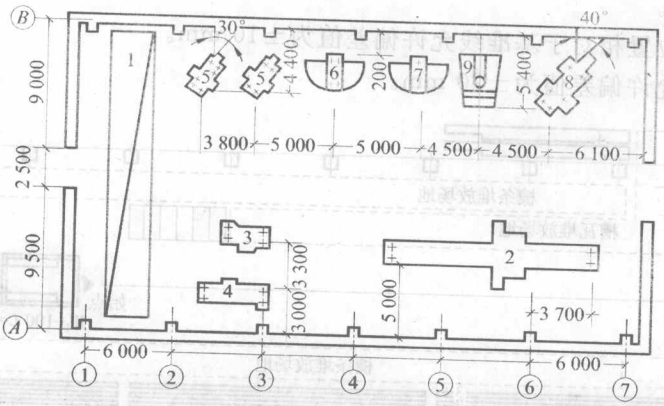
1—设备底座；2—垫铁；3—地脚螺栓；4—基础；5—预留孔

2. 平面布置图

平面布置图是施工图中最基本的一种图样。它通常由设计单位提供，一般包括总平面布置图、分部分项平面图以及设备安装平面布置图等。这些图样主要表示工程的坐标位置、水平标高、总体布置情况、总体施工要求以及建筑物和设备等布置的相对位置、尺寸等。施工时，施工单位为了科学、合理地组织施工，需在施工组织设计中绘制施工平面布置图，以统筹、指导整个施工过程。下面介绍两个平面布置图的例子。

(1) 设备安装平面布置图。图 1-14 为某机修车间设备安装平面布置图。由图样名称可知，该车间的设备系统是用来完成切削加工任务的。明细表列出了 9 种设备共计 10 台，设备的名称、型号、规格在表中均有明确反映，对照图样上的尺寸可确定每台设备的摆放位置，其中未注定位尺寸的 1 号设备为桥式起重机，其余布置在地面的设备均按规定给出了地脚定位尺寸。技术要求规定了机床在布置过程中自身位置相对于基准线的允许偏差为±10 mm，相邻机床间距允许偏差为±20 mm。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com



技术说明

1. 各台设备位置相对于基准线允许偏差值为±10 mm。
2. 设备间距允许偏差值为±20 mm。

序号	设备名称	型号及规格	单位	数量	备注
9	台式铣床	工作面宽 320，长 1 050，X52k	台	1	
8	镗床	主轴 ϕ80 T68	台	1	
7	摇臂钻床	ϕ25×900 3 025	台	1	
6	摇臂钻床	ϕ50×1 600 135	台	1	
5	牛头刨床	行程 900 B690	台	2	
4	车床	ϕ615×2 800 C630	台	1	
3	车床	ϕ410×1 500 C620	台	1	
2	龙门刨床	2 000×6 000 B2020	台	1	
1	电动桥吊	LK=19.5 m Q=20/5 t	台	1	

车间设备安装平面布置图	图号		制图	
	比例		校核	

图 1-14　设备安装平面布置图

(2) 屋面构件施工平面布置图。图 1-15 所示为建筑屋面构件施工平面布置图。此图由施工单位在编制施工组织设计(或施工方案)时一同绘制。绘制施工平面布置图时，必须考虑到工程总体安排和各分部分项工程的施工顺序、施工机械的作业空间等。如图 1-15 中屋架、檩条、槽瓦等预制构件的堆放位置，都被考虑进总体安排、施工顺序和吊装方案，包括履带吊的行走路线、构件吊装的先后顺序等。如图 1-15 所示屋架三榀一组堆放于 A 轴线柱子旁；檩条五根一组堆放于各柱间内，以便进行一钩多吊或直接吊起就能安装；槽瓦堆放于 B 轴线一侧，退后三个柱间就可安装就位(这样履带吊只要做一次回转动作就能将槽瓦吊起安装)。履带吊采取后退逐柱间吊装的方法，直到吊完全部屋面构件。履带吊的行走路线位于跨度的正中间，其吊臂回转有足够的空间。

(3) 技术说明。

① 各台设备位置相对于基准线允许偏差值为±10 mm。

② 设备间距允许偏差值为±20 mm。

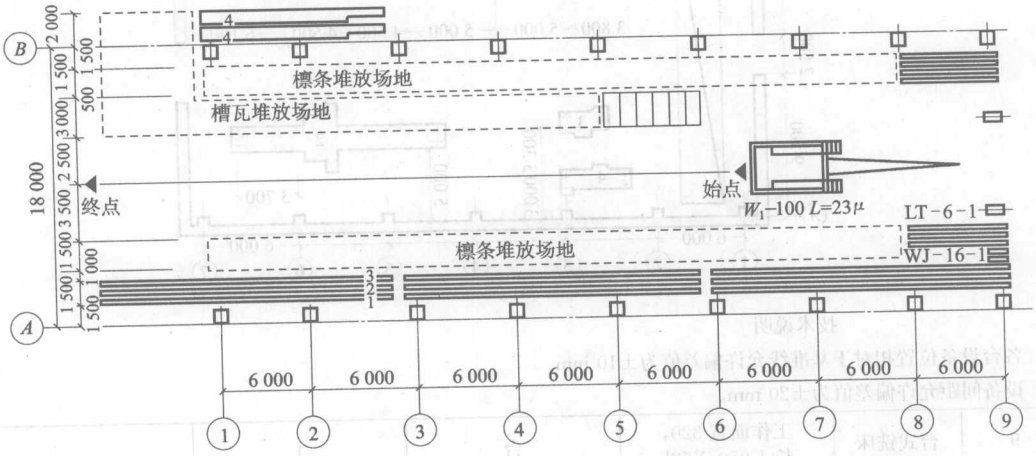


图 1-15　屋面构件施工平面布置图

四、施工图样的识读

1. 施工图样的识读

要正确地识读施工图样，应注意以下事项：

(1) 施工图是根据投影原理绘制的，安装起重工要能看懂施工图，应首先掌握投影原理，熟悉建筑结构、设备及非标的基本结构。

(2) 施工图采用了一些习惯图例以及必要的文字说明，以共同把设计内容表现在图纸上。因此，要看懂施工图，还必须记住常用的图例符号。

(3) 要注意看图方法，一般是从粗到细，从大到小。先粗看一遍，了解该项目的概貌，然后再细看。细看时应先看总说明和基本图纸，然后看部件图或系统图，最后再看详图或安装大样图。

(4) 一套施工图是由多工种图样组成的，图样大体可按各专业划分，因此要有联系地、综合地看图，这样才可能发现图纸中彼此衔接和相关方面有无矛盾，以避免安装时造成困难。

(5) 看完安装施工图后，还应看与安装密切相关的建筑施工图，如核实预留孔洞、预留钢板、吊点等是否与安装施工图相符。

2. 识读与安装起重工有关的设备安装图

安装起重工主要看与起重吊装有关的施工图。这类图是设备安装图中的一部分，一般这类图比较复杂，内容较多，看图要细心，一一理清，主要从以下几个方面进行分析：

(1) 看标题栏和技术说明，了解起重吊装的设备和构件的质量、尺寸，对技术要求中所提出的问题做到心中有数，如起重吊装作业到某一位置时，松哪根绳，有哪些配合动作，设备如何翻身，如何偏转等。

(2) 设备进场路线、放置的位置、基础的位置、标高、设备绑扎点等。

(3) 起重机的位置、行走方向、回转半径(或桅杆的位置、移动方向及方法)，卷扬机的位置、起重量数据以及挂滑轮、地锚等位置的选择。

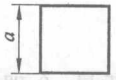
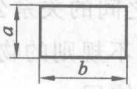
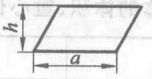
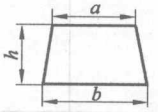
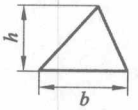
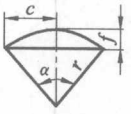
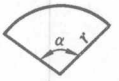
(4) 运输道路、缆风绳布置及周围建筑物情况等。

第二章　数学基础知识

一、物体面积

它主要用于施工吊装运输场地的平面布置、确定桅杆的竖立位置以及计算桅杆及起重物体的迎风面受力等，常见几何形状的面积计算见表 2-1。

表 2-1　常见几何形状面积(S)的计算公式

名　称	图　形	计算公式
正方形		$S=a^2$
长方形(矩形)		$S=ab$
平行四边形		$S=ah$
梯　形		$S=\frac{1}{2}(a+b)h$
三角形		$S=\frac{1}{2}bh$
圆		$S=\frac{\pi}{4}d^2=0.785d^2$
弓　形		$S=\frac{\pi r^2\alpha}{360}-c(r-f)$
圆　环		$S=\frac{\pi}{4}(D^2-d^2)$
扇　形		$S=\frac{\pi r^2\alpha}{360}$

当在施工中遇到几何形状不规则的物体时，可以将其分割成多种规则的形状，再按规则

图形的计算公式分别算出面积，然后再将各图形的面积相加(或相减)，即可得出其总面积。

例 2-1：图 2-1 是一构件的外形，虽然看上去不规则，但可将其划分为三个规则的图形(半圆形 1、长方形 2 及三角形 3)。设 $a=1$ m，$L=1.2$ m，$h=0.3$ m，求总面积 S。

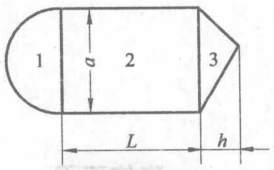


图 2-1 异形件面积计算

解：半圆形面积 $S_1=\frac{1}{2}\left(\frac{\pi a^2}{4}\right)=\frac{1}{8}\times 3.14\times 1^2=0.39\ (\mathrm{m}^2)$

长方形面积 $S_2=aL=1\times 1.2=1.2\ (\mathrm{m}^2)$

三角形面积 $S_3=\frac{1}{2}ah=\frac{1}{2}\times 1\times 0.3=0.15\ (\mathrm{m}^2)$

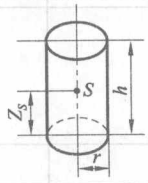
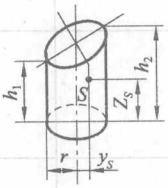
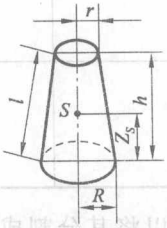
总面积 $S=S_1+S_2+S_3=0.39+1.2+0.15=1.74\ (\mathrm{m}^2)$

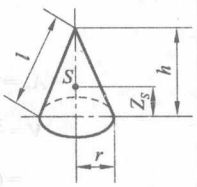
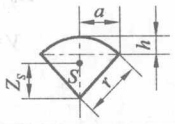
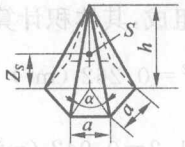
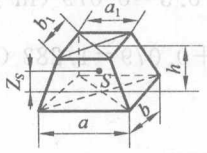
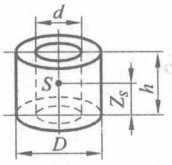
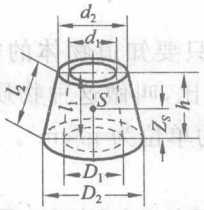
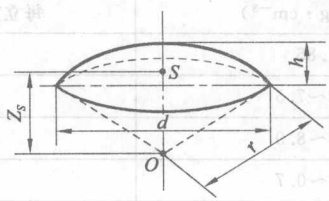
答：总面积 S 为 1.74 m^2。

二、物体体积

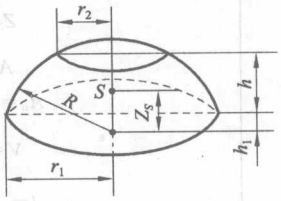
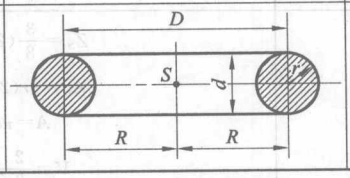
在起重作业中，为了准确确定起重物的质量，合理选用起重机械和选择施工方法，往往需要先确定其体积，再运用质量与体积、密度之间的关系公式，计算出起重物的质量。工程中常见的体积计算公式见表 2-2。计算几何形状不规则的物体的体积，仍可采用分割法，先按规则图形计算，然后再相加(或相减)计算出其总体积。

表 2-2 常见几何体的体积、重心位置计算公式

名　称	图　形	计 算 公 式
圆 球 体		$A_n=4\pi r^2=\pi d^2$ $V=\frac{4\pi r^3}{3}=\frac{\pi d^3}{6}$
正圆柱体		$Z_S=\frac{h}{2}$ $A_n=2\pi r(h+r)$ $A=2\pi rh$ $V=\pi r^2 h$
斜截圆柱体		$y_S=\frac{r(h_2-h_1)}{4(h_2+h_1)}$ $Z_S=\frac{h_2+h_1}{4}+\frac{(h_2-h_1)^2}{16(h_2+h_1)}$ $A=\pi r(h_2+h_1)$ $A_n=\pi r\left[h_1+h_2+r+\sqrt{r^2+\left(\frac{h_2-h_1}{2}\right)^2}\right]$ $V=\frac{\pi r^2(h_2+h_1)}{2}$
平截正圆锥体		$Z_S=\frac{h(R^2+2Rr+3r^2)}{4(R^2+Rr+r^2)}$ $A=\pi l(R+r)$ $A_n=A+\pi(R^2+r^2)$ $V=\frac{\pi h}{3}(R^2+Rr+r^2)$ $l=\sqrt{(R-r)^2+h^2}$

名　称	图　形	计　算　公　式
正圆锥体		$Z_S=\frac{h}{4}$ $A=\pi rl$ $A_n=\pi r(l+r)$ $V=\frac{\pi r^2 h}{3}$ $l=\sqrt{r^2+h^2}$
球面扇形体		$Z_S=\frac{3}{8}(2r-h)$ $A_n=\pi r(2h+a)$ $A=\pi ar$ $V=\frac{2}{3}\pi r^2 h$
棱锥体		$Z_S=\frac{h}{4}$ $A=\frac{1}{2}nal$ $V=\frac{na^2 h}{12}\cot\frac{\alpha}{2}$ $A_n=\frac{1}{2}na(\frac{a}{2}\cot\frac{\alpha}{2}+l)$ $\alpha=\frac{360^\circ}{n}$
平截长方棱锥体		$Z_S=\frac{h(ab+ab_1+a_1b+3a_1b_1)}{2(2ab+ab_1+a_1b+2a_1b_1)}$ $V=\frac{h}{6}(2ab+ab_1+a_1b+2a_1b_1)$
空心圆柱体		$Z_S=\frac{h}{2}$ $A=\pi h(D+d)$ $V=\frac{\pi h}{4}(D^2-d^2)$
平截空心圆锥体		$Z_S=\frac{h}{4}\times\left[\frac{D_2^2-D_1^2+2(D_2d_2-D_1d_1)+3(d_2^2-d_1^2)}{D_2^2-D_1^2+D_2d_2-D_1d_1+d_2^2-d_1^2}\right]$ $A=\frac{\pi}{2}[l_2(D_2+d_2)+l_1(D_1+d_1)]$ $V=\frac{\pi h}{12}(D_2^2-D_1^2+D_2d_2-D_1d_1+d_2^2-d_1^2)$
球　缺		$Z_S=\frac{3}{4}\cdot\frac{(2r-h)^2}{3r-h}$ $A=2\pi rh=\frac{\pi}{4}(d^2+4h^2)$ $A_n=\pi h(4r-h)$ $V=\pi h^2\left(r-\frac{h}{3}\right)$

续表 2-2

名　称	图　形	计　算　公　式
球　台		$Z_S=h_1+\frac{h}{2}$ $A=2\pi Rh$ $A_n=\pi[2Rh+(r_1^2+r_2^2)]$ $V=\frac{\pi h}{6}(3r_1^2+3r_2^2+h^2)$ $=0.523\ 6h(3r_1^2+3r_2^2+h^2)$
圆　环		$A_n=4\pi^2Rr=39.478Rr$ $V=2\pi^2Rr^2=\frac{\pi^2Dd^2}{4}$ $=19.74Rr^2$

注：表内的图中 S—重心位置；V—体积；A_n—全面积；A—侧面积。

例 2-2：当将图 2-1 中的图形制成一实心铸铁体时，求其体积。

解：此实心铸铁体由半球体、圆柱体和圆锥体组成，其体积计算如下：

半球体体积 $V_1=\frac{1}{2}\times\frac{\pi}{6}a^3=\frac{1}{12}\times3.14\times1^2=0.262\ (m^3)$

圆柱体体积 $V_2=\frac{\pi}{4}a^2L=\frac{1}{4}\times3.14\times1^2\times1.2=0.942\ (m^3)$

圆锥体体积 $V_3=\frac{\pi}{12}a^2h=\frac{1}{12}\times3.14\times1^2\times0.3=0.079\ (m^3)$

总体积 $V=V_1+V_2+V_3=0.262+0.942+0.079=1.283\ (m^3)$

答：体积为 1.283 m^3。

三、物体质量

物体质量的计算式为：

$$m=V\cdot\rho \tag{2-1}$$

式中　m——物体的质量，kg；

V——物体的体积，m^3；

ρ——物体的密度，kg/m^3。

前面已经介绍了物体体积的计算方法，因此只要知道物体的密度即可计算出物体的质量。由一种物质组成的物体的质量与它的体积之比，叫做这种物质的密度。由定义可知，物质的密度在数值上等于它单位体积的质量，密度的单位为 g/cm^3。工程中常用物体的密度及每立方米的质量见表 2-3。

表 2-3　各种常用物质的密度及每立方米的自身质量

物体的材质	密度/($g\cdot cm^{-3}$)	每立方米的自身质量/t
钢、铸钢	7.85	7.85
铸　铁	7.2～7.5	7.2～7.5
铸　铜	8.6～8.9	8.6～8.9
木　料	0.5～0.7	0.5～0.7
铅	11.3	11.3

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com