

# 水电站机电设计手册

## 金属结构 (一)

水电站机电设计手册编写组

水利电力出版社

# 水电站机电设计手册

金属结构(一)

水电站机电设计手册编写组

水利电力出版社

**水电站机电设计手册**

**金属结构(一)**

**《水电站机电设计手册》编写组**

\*

**水利电力出版社出版、发行**

**(北京三里河路6号)**

**各地新华书店经售**

**丰台印刷厂印刷**

\*

**787×1092毫米 16开本 38.75印张 907千字**

**1988年5月第一版 1988年5月北京第一次印刷**

**印数 0001—8840册 定价 10.40元**

**ISBN7-120-00077-2/TV·59**

## 内 容 提 要

本手册根据水利水电工程的特点，系统地介绍了水工金属结构专业设计的内容、方法和技术资料，分两集编写。主要内容，第一集为水工金属结构的总体布置和型式，各种闸门的结构布置和计算、机械零部件和埋设件等；第二集为启闭机、压力钢管、拦污栅及其清理设备等的布置选型和设计方法。

手册给出了设计常用的计算数据、图表和曲线，并列举了工程实例或算例，可供查用或参考。

本手册是水利水电工程金属结构专业设计人员必备的工具书，也可供从事水工金属结构安装、运行、检修人员和大专院校有关专业的师生参考。

# 前 言

为适应我国水利水电建设事业发展的需要，我们组织有关设计单位，在总结经验并吸收新技术的基础上共同编写了一套《水电站机电设计手册》，可供从事大中型水电站设计人员使用。

这套手册分为水力机械、电气一次、电气二次、金属结构、采暖通风、通信和常用材料共七册，主要介绍水电站机电方面各有关专业的设计原则和方法，设计方案的比较和选择，设备和构件的选择与计算，设计所需技术资料，以及一些典型示例等，基本上可满足初步设计和技术设计的需要。由于篇幅有限，文字力求简明，手册中对产品原理一般不作介绍，计算公式不作推导。

本书为金属结构手册，共二十一章，分一、二两集。第一集主要内容为水工金属结构的总体布置，闸门分类，水力设计和计算，平面闸门，弧形闸门，人字闸门，其他闸阀，机械零部件及闸门埋设件等；第二集主要内容为水电站压力钢管的布置和计算，拦污栅及其清理设备，启闭机设计概述及其零部件，固定卷扬式启闭机，弧形闸门启闭机，门式、台车式启闭机，油压启闭机，螺杆式及其他类型启闭机等。

本书由水电部中南勘测设计院编写第一章第一、三节，第七、九章和第十章第一节；水电部西北勘测设计院编写第一章第二节，第二、三、四章、第八章第一节和第十章第二节；水电部华东勘测设计院编写第五、六章，第八章第二节，第十一、十二、十三、十四、十五章，第十八章第二节；水电部昆明勘测设计院编写第十六章；水电部天津勘测设计院编写第十七、十九章，第十八章第一节和第二十一章第一节；水电部上海勘测设计院编写第二十章；水电部北京勘测设计院编写第二十一章第二节，水电部长江流域规划办公室编写第二十一章第三节。各单位的主要执笔人有：李毓芬、郑登有、赵凤祥、华岩、喻云安、庄文中、沈德民、金泰来、关文仁、杨国虎、平静、沈得胜、胡辛酉、余耀坤、韩长民、蒋正鸿、张培德、吴超、蒋正杰、徐文炎、张志宏、田泳源等同志。

本书初稿完成后，由李毓芬、庄文中、沈德民、郑登有、赵凤祥、喻云安、胡辛酉、韩长民、张敏德、李宗唐、诸成福、张培德、吴超、蒋正杰、张志宏等同志组成编审组，负责有关章节的审查、整编和修改等工作，梁其铮、赵果明、曹阜南、诸葛睿鉴等同志参加了部分章节的编审讨论。最后经李毓芬、沈德民、胡辛酉、诸成福、李宗唐五同志主审定稿，并由沈德民同志统稿。

在本书编写修改过程中，曾得到各单位的大力支持，并对书稿提出了许多宝贵意见，对此我们表示衷心的感谢。由于我们调查研究不够深入，经验不足，手册中缺点、错误之处在所难免，望广大读者批评指正，以利再版时修订。

水电部水利水电规划设计院

1986年12月

# 目 录

## 前 言

第一章 金属结构设计的内容和通用规程	1
第一节 设计内容	1
第二节 设计制图	3
第三节 钢材的防锈蚀与运输车辆	19
第二章 闸门的种类	27
第一节 闸门分类	27
第二节 各种闸门概述	30
第三章 闸门的总体布置	56
第一节 闸门总体布置的一般要求	56
第二节 表孔溢洪道闸门布置	71
第三节 深式泄水孔闸门布置	94
第四节 引水发电系统闸门的布置	118
第五节 水闸系统闸门的布置	140
第四章 水力设计与计算	145
第一节 水压力计算	145
第二节 门槽、底缘型式的选择和胸墙门楣的相关尺寸	155
第三节 通气孔面积计算	168
第四节 闸门的振动与减振措施	174
第五章 平面闸门	183
第一节 闸门结构设计和计算	183
第二节 闸门结构布置和荷载分配	190
第三节 闸门结构的部件计算	199
第四节 计算实例	217
第五节 启闭力计算	235
附录一 面板折算应力曲线	242
附录二 梁的整体稳定系数	244
第六章 弧形闸门	248
第一节 结构布置	248
第二节 主横梁框架结构计算	250
第三节 主纵梁框架结构计算	289
第四节 启闭力计算	315
第七章 人字闸门	317
第一节 结构布置和基本尺寸的选定	317
第二节 荷载及其组合	320
第三节 横梁式门叶结构的设计与计算	324
第四节 底枢和顶枢	350
第五节 支、枕垫和导卡	369

第六节	抗撞能力的验算 .....	373
第七节	启闭力计算 .....	378
第八节	算例 .....	379
第八章	其他闸阀 .....	422
第一节	拱形闸门 .....	422
第二节	锥形阀 .....	438
第九章	机械零部件 .....	462
第一节	平面闸门的支承行走部分 .....	462
第二节	弧形闸门的支铰 .....	507
第三节	吊耳、吊杆、锁锭 .....	520
第四节	充水阀 .....	535
第五节	止水装置 .....	540
第六节	焊接和螺栓连接 .....	551
第十章	埋设件和自动挂钩梁 .....	565
第一节	埋设件 .....	565
第二节	自动挂钩梁(自动抓梁) .....	592



# 第一章

## 金属结构设计的内容和通用规程

### 第一节 设计内容

在水利水电工程中，金属结构种类很多，水电站(包括抽水蓄能水电站)机电设计中的金属结构只是其中一部分。这些结构在近代工程中，大多数采用钢铁材料制造，它们的制造和加工，常有机械制造业的性质，如精度要求、公差配合等。所以它们也被称作水工钢结构或水工机械设备。本手册仍按一般习惯采用金属结构这一名称。

一般来说，金属结构包括以下五种钢质设施：闸门、钢管、拦污栅、清理机和启闭机。它们是大中型水电站中常有的设施，与水电站运行的安全和检修的方便关系极大，因此，金属结构专业在进行设计和考虑这些设施的总体布置、选型、制造、安装等技术措施时，必须与其它有关专业密切配合，进行全面分析，作出优质的设计。

按照国家计委、国家建委、财政部1978年234号文，关于试行加强基本建设管理的几个规定的通知，大中型建设项目，一般采用两阶段设计。今抄录该文中对“设计文件”要求如下：

“设计文件是安排建设项目和组织工程施工的主要依据。建设项目计划任务书和选点报告批准后，主管部门应按指定或委托设计单位，按计划任务书规定的内容，认真编制设计文件。设计单位对设计质量要负责到底，要坚持‘三结合’设计，要力争提前完成设计。

“一个建设项目由两个设计单位配合时，应指定或委托其中一个单位全面负责，组织设计的协调、汇总，使设计保持完整性。

“大中型建设项目，一般采用两阶段设计，即初步设计和施工图，重大项目和特殊项目，可根据各个行业的特点，经主管部门指定，增加技术设计阶段。

“工业项目初步设计的主要内容应包括：设计指导思想，建设规模，产品方案或纲领，总体布置，工艺流程，设备选型，主要设备清单和材料用量，劳动定员，主要技术经济指标，主要建筑物、构筑物公用辅助设施，综合利用，三废处理，生活区建设，占地面积和征地数量，建设工期，总概算等的文字说明和图纸。

“建设项目的的设计，要积极采用先进合理的技术经济指标，积极采用成熟的新技术。新技术的采用，要坚持一切经过试验的原则，在产品定型或有了工厂试验的技术鉴定后才能进行设计。

“设计概算，是控制建设项目总投资的主要依据，初步设计阶段，应当根据实际情况



编制总概算，有技术设计阶段的，还应编制修正总概算。

“设计单位必须严格保证设计质量，每项设计要做多方案比较，合理地确定设计方案；设计必须有充分的基础资料，基础资料要准确；设计采用的各种数据和技术条件要正确可靠；设计所采用的设备、材料和所要求的施工条件要切合实际；设计文件的深度要符合建设和生产的要求。

……

“初步设计和总概算未经批准的项目，不能分配设备和材料，不能发施工图。

“在施工过程中，设计部门应经常派人到现场，配合施工，了解设计文件的执行情况。”

水利电力部水力发电建设总局组织所属单位编制了《水力发电工程初步设计编制规程》(DLJS-1-80)，并已颁发试行。

根据以上要求，结合金属结构专业的过去设计情况，两阶段设计须提供的的设计文件，可参照表 1-1 所列要求进行编制。

在编制设计文件之前，金属结构各专业都须了解所设计工程的任务、运用条件与要求，水位控制精度要求，弃水和漏水的影响，工程总体布置、施工进度与安排，特别是对水工建筑物的布置与施工安排，并搜集以下资料：

(1) 有关法规、规程或规范及环境保护等对工程运行的要求或规定；

(2) 水文气象方面的资料：

1) 金属结构所在位置或地段的河流上下游水位、涨落数量与涨落速度；

2) 水中杂质如泥沙、悬物质、推移质、漂浮物的性质、形状大小、数量，洪水期与非洪水期的差别及历时；

3) 水的化学性质及水生物对结构所用材料、运行的危害程度，及对其防护的方法；

4) 在有冰凌的地段，冰凌的数量、种类与时期；

5) 水温及其变化；

6) 气温及其变化；

7) 雨雷、冰雹、风沙、日照等的情况。

(3) 地质及地理方面的资料：地震烈度，所在地段有无山崩、塌方，在设备运输、维护运行检修中，对外交通有无中断情况，特别是风雨暴烈时；

冻土与冻土深度及其对设备的作用力与升沉的影响、防护方法；

(4) 对制造金属结构所需材料（包括标准零部件及维护材料）的供应订货期和交货期、价格等；可能的制造厂的设备与工艺水平、造价等；可能安装的单位的施工设备和水平；设备的可能运输线路、界限尺寸与界限重量及运输时所需工具与辅助设施；

(5) 对已建成国内外工程中的类似结构的资料搜集；

(6) 航运情况，过木、过鱼问题。

根据这些资料进行分析，与其他专业共同研究，作出总体布置，制订设计原则，规定结构设计的荷载，提出运行安装建议，规定运行要求。在总体布置研究中若采用非钢质材料的设施更为经济有效，且便于运行维护，则宜建议采用非钢质材料，不一定要用钢质设备。

在设计过程中必须与有关方面密切联系，注意资料情况的变化，注意有关专业拟定条件的变化，以便及时地适应新的情况，修改设计。

表 1-1

各设计阶段文件内容

阶段 内容	初 步 设 计	施 工 图
文 字 部 分	1. 设计条件的确定。如使用条件、运行方式及荷载等； 2. 设计方案的比较。列出比较的内容、论据及结论； 3. 设计推荐方案中，主要部分的材料、结构计算； 4. 有关试验或调查的资料，和需要进行试验或调查的资料	1. 补充计算和设计（初步设计中没有论证计算的、或需要补充修改的部分及采纳试验成果）； 2. 对制造安装方面的要求或说明； 3. 对设施运行条件的规定
图 纸	1. 各比较方案的总图与特征数据、材料、重量等； 2. 设计推荐方案的主要结构图、重要部分的详图	1. 总装配图及分部装配图； 2. 结构总图及分部详图； 3. 部件或零件图。尽量将制造精度与安装精度注在有关图纸上。材料规格、数量、分件重、总重须列在有关图纸上
概 算	推荐方案的主要材料规格数量、总重量。提出主要材料的订货清单和主要机械设备订货单（或技术协议书草稿）	材料或设备的详细规格、数量与重量。主要机械设备与厂家签订制造供货合同

## 第二节 设计制图

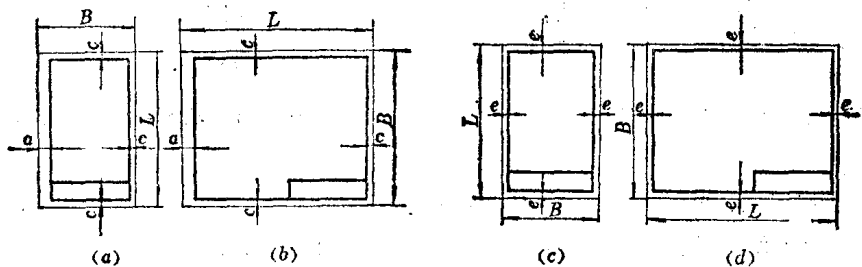
关于金属结构的设计制图可按以下所列画法编制。这些内容摘自原建筑工业部《建筑制图标准》(GBJ1-73)，原四机部标准 SJ1019-75 及化工部编写的《机械设计手册》。并根据最新颁布的国家标准《机械制图》(GB4457-84~GB4459-84)有关部分订正。

### 一、图样幅面和比例

表 1-2

图 样 幅 面 (mm)

幅面代号	A 0	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5
$B \times L$	841 × 1189	594 × 841	420 × 594	297 × 420	210 × 297	148 × 210
$a$				25		
$c$	10			5		
$e$	20		10			



比例与实物相同	1 : 1
缩小的比例	1 : 1.5, 1 : 2, 1 : 2.5, 1 : 3, 1 : 4, 1 : 5, 1 : 10 <sup>n</sup> , 1 : 1.5 × 10 <sup>n</sup> , 1 : 2 × 10 <sup>n</sup> , 1 : 2.5 × 10 <sup>n</sup> , 1 : 5 × 10 <sup>n</sup>
放大的比例	2 : 1, 2.5 : 1, 4 : 1, 5 : 1, (10 × n) : 1

注 (1) 表中  $n$  为正整数；(2) 制图时，优先采用表中规定的幅面尺寸，必要时可沿长边加长。对 A 0、A 2、A 4 幅面的加长量应按 A 0 幅面长边的八分之一的倍数增加；对 A 1、A 3 幅面的加长量应按 A 0 幅面短边的四分之一的倍数增加，见图 1-1 中的细实线部分。对 A 0 及 A 1 幅面，也允许同时加长两边，见图 1-1 中的虚线部分。(3) 需要装订的图样，其图框格式见表 1-2 中图 (a)、图 (b)，不留装订边的见图 (c)、图 (d)；图框尺寸均按表 1-2 中的规定。(4) 绘制同一部件的各个视图应采用相同的比例，并在标题栏中填写，例如 1 : 2。当某些视图需要采用不同的比例时，必须另行标注。

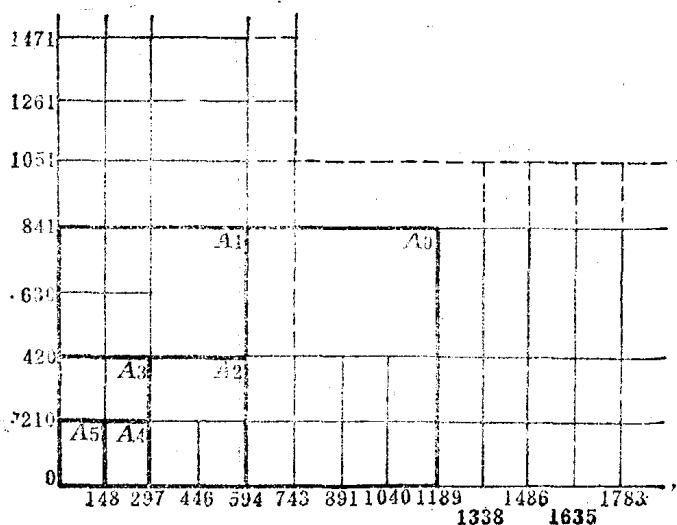


图 1-1 图纸幅面尺寸的加长量

## 二、图样画法

### (一) 投影方法

产品的图形按正投影法绘制（轴测投影除了按正投影法绘制外也可用斜投影法绘制），并采用第一角画法（按被画产品的位置在观察者与对应的投影面之间）。

绘制产品图形时所采用的基本投影面规定为正六面体之六个面，各投影面展开方法如图1-2。

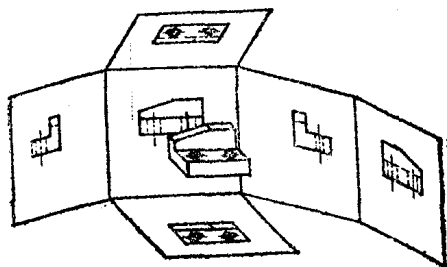


图 1-2 各投影面展开图

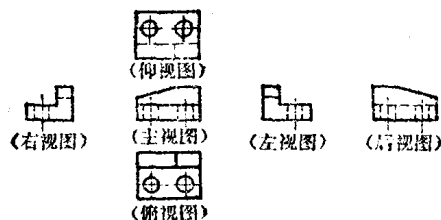


图 1-3 基本视图配置关系

### (二) 视图

视图即为将产品向投影面投影所得的图形。

视图一般只画出产品的可见部分，必要时才画出其不可见部分。

(1) 基本视图。产品向基本投影面投影所得的视图。六个基本视图的名称规定如下：

主视图、俯视图、左视图、右视图、仰视图、后视图。各视图的配置关系如图1-3。

在一张图纸内按上图配置视图时，一律不标注视图的名称。

如不按上图配置或各视图不画在同一张图纸上时，则应将主视图画在第一张上，并在各视图的上方标出基本视图的名称或“×向”，见图1-4中“A向”“B向”等。

当用“×向”标注视图名称时，须在相应视图附近用箭头指明投影方向并注上字母。

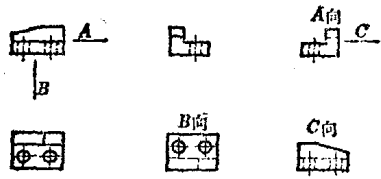


图 1-4 基本视图的视向

(2) 斜视图。产品向不平行于任何基本投影面的平面投影所得的视图。

画斜视图时，必须在视图的上方标出视图的名称“×向”，在相应的视图附近用箭头指明投影方向，并注上同样的字母。见图1-5。

斜视图一般配置在箭头所指的方向，必要时也可配置在其它适当位置。在不致引起误解时，允许将图形旋转，标注形式为“×向旋转”，见图1-6。

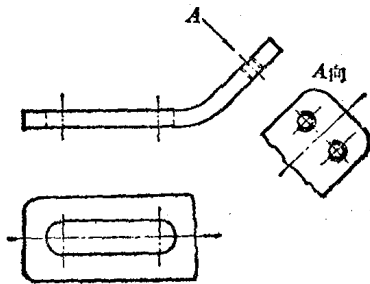


图 1-5 斜视图 (一)

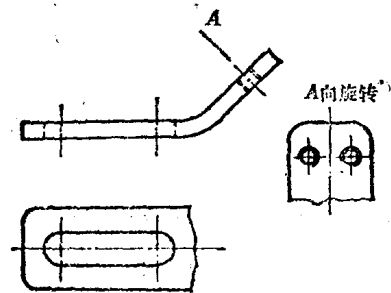


图 1-6 斜视图 (二)

(3) 旋转视图。假想将产品的倾斜部分旋转到与某一选定的基本投影面平行后，再向该投影面投影所得的视图，如图1-7。

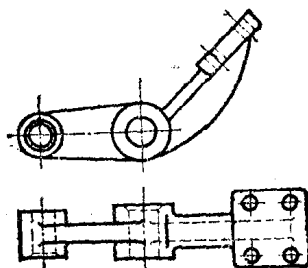


图 1-7 旋转视图

(4) 局部视图。将产品的某一部分向基本投影面投影所得的视图。

画局部视图时，一般在局部视图上方标出视图的名称“×向”，在相应的视图附近用箭头指明投影方向，并注上同样的字母。见图1-8。

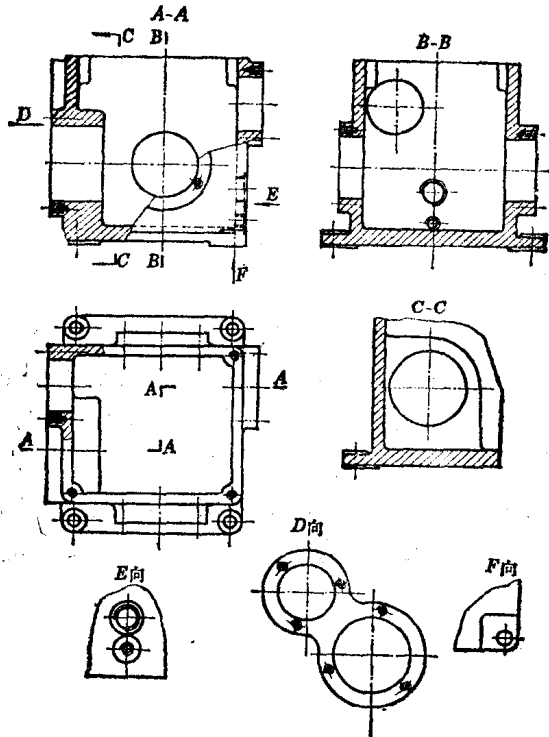


图 1-8 局部视图

局部视图和局部的斜视图的断裂边界应以波浪线表示，见图1-5和图1-6。当所表示的局部结构是完整的，且外轮廓线又成封闭时，波浪线可省略不画（图1-8的D向）。

### (三) 剖视图

剖视图(简称剖视)。假想用剖切面剖开产品，将处在观察者和剖切面之间的部分移去，而将其余部分向投影面投影所得的图形，见图1-9(a)。

一般用平面剖切产品，也可用柱面剖切产品。采用后一种方法时，剖视图应按展开绘制，见图1-9(b)的A-A。

(1) 全剖视。用剖切面完全地剖开产品所得的剖视图，见图1-9的主视图。

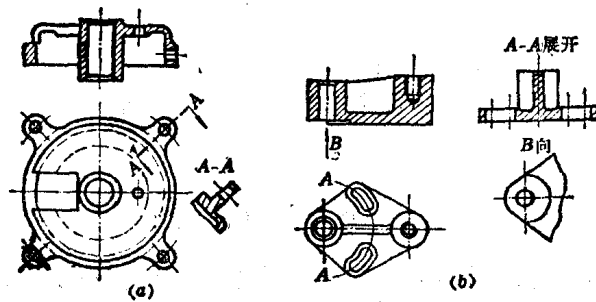


图 1-9 剖视图

(2) 半剖视。当产品具有对称平面时，在垂直于对称平面的投影面上投影所得的图形，可以对称中心线为界，一半画成剖视，另一半画成视图。

产品的形状接近于对称，且不对称部分已另有图形表达清楚时，也可以画成半剖视。如图1-10。

(3) 局部剖视。用剖切面局部地剖开产品所得的剖视图。局部剖视图用波浪线分界，波浪线不应和图样上其它图线重合。当被剖结构为回转体时，允许将该结构的中心线作为局部剖视与视图的分界线。见图1-11。

#### (四) 剖面图

剖面图（简称剖面）即假想用剖切面将产品的某处切断，仅画出断面的图形。见图1-12。

剖面分为移出剖面 and 重合剖面。

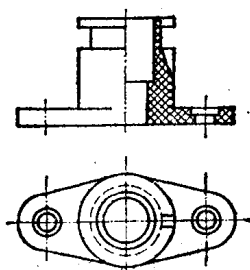


图 1-10 半剖视图

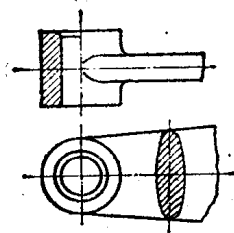


图 1-11 局部剖视

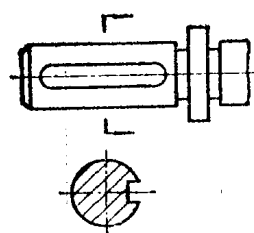


图 1-12 剖面图

### 三、几种常用材料的剖面画法

表 1-3

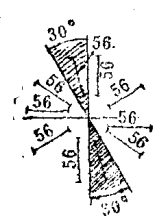
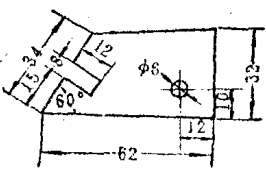
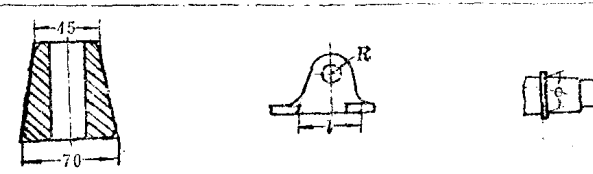
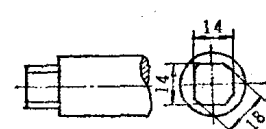
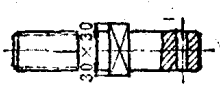
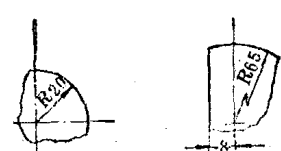
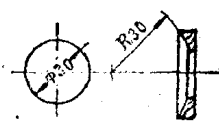
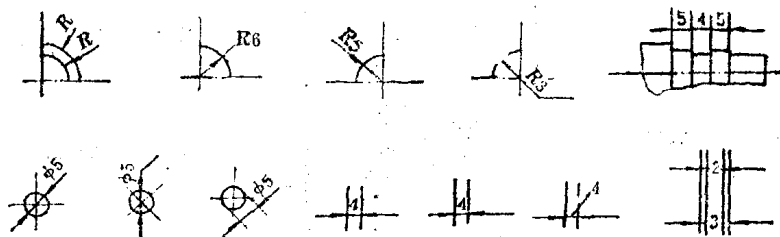
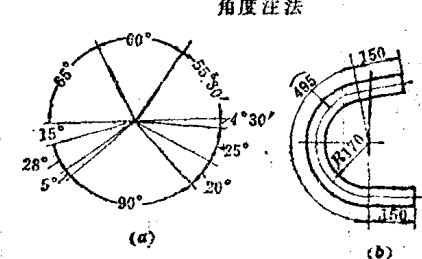
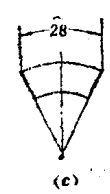
几种常用材料的剖面画法

材料类别	画法	材料类别	画法
钢		玻璃、有机玻璃及其他透明材料	
橡胶、塑料、非金属填充材料		木材顺木纹的剖面	
软金属		木材垂直于木纹的剖面	
混凝土一期		泥石	
混凝土二期		液体	

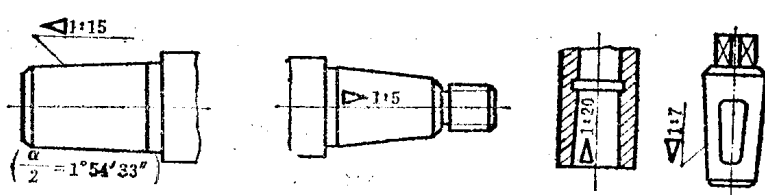
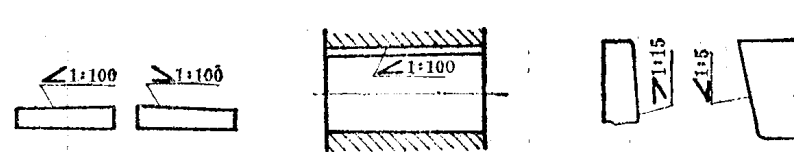
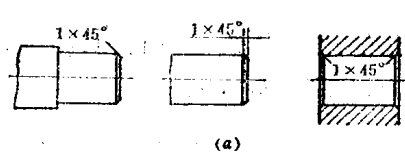
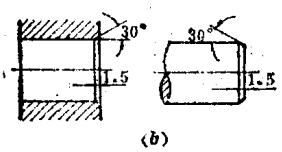
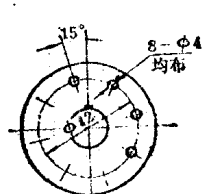
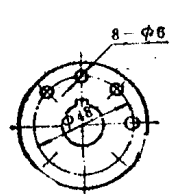
# 四、一般尺寸注法

表 1-4

一般尺寸注法

<p>尺寸填写位置</p>	<p>30°范围内避免标注确无法避免时可引出标注</p> 	<p>尺寸线与所注的线段平行</p> 
<p>圆滑过渡处</p>		
<p>正方形</p>	<p>画出正方形时</p> 	<p>未画出正方形时</p> 
<p>直径、半径</p>	<p>平面半径</p> 	<p>球体</p> 
<p>位置不够时</p>		
<p>角度与弧度</p>	<p>角度注法</p> 	<p>弧度注法</p> 



<p>锥度</p>	<p>用符号标注</p> 	
<p>斜度</p>	<p>用符号标注</p> 	
<p>倒角</p>	<p>尺寸简化注法</p> <p>45°倒角</p>  <p>(a)</p> <p>非45°倒角</p>  <p>(b)</p>	
<p>相同要素均匀分布时</p>	<p>由视图已看出孔的定位和分布时的注法</p>  <p>8-φ4 均布</p> <p>孔的定位与分布尺寸的注法</p>  <p>8-φ6</p>	

### 五、尺寸公差注法

线性尺寸的公差应按下列三种形式之一标注。当采用公差代号标注线性尺寸的公差时，公差带的代号应注在基本尺寸的右边，如图1-13(a)。当采用极限偏差标注线性尺寸的公差时，上偏差应注在基本尺寸的右上方；下偏差应与基本尺寸注在同一底线上，如图1-13(b)。当要求同时标注公差代号和相应的极限偏差时，则后者应加上圆括号，如图1-13(c)。

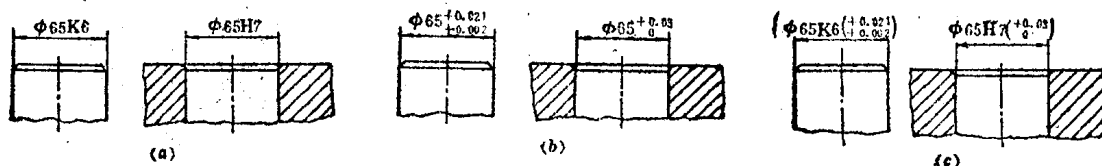


图 1-13 线性尺寸的公差标注

角度公差标注如图1-14。其基本规则与线性尺寸公差标注方法相同。

若上偏差或下偏差等于零，则用数字“0”标出，并与下或上偏差的小数点前的位数对齐，如图1-15。

同一基本尺寸的表面，若具有不同的公差时，应用细实线分开，并分别标注其公差，如图1-16。



图 1-14 角度公差标注

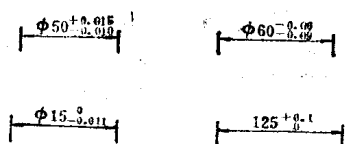


图 1-15 公差偏差标注 (一)

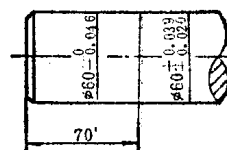


图 1-16 公差偏差标注 (二)

当尺寸仅需要限制单个方向的极限时，应在该极限尺寸的右边加注符号“max”或“min”，见图1-17。

零件中各相同要素和同一基准间的尺寸偏差相同时，可按图1-18(a)标注。相邻两孔间的偏差均相同时，其标注方法如图1-18(b)。

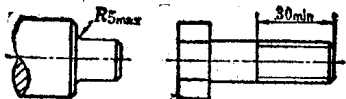


图 1-17 极限尺寸标注法

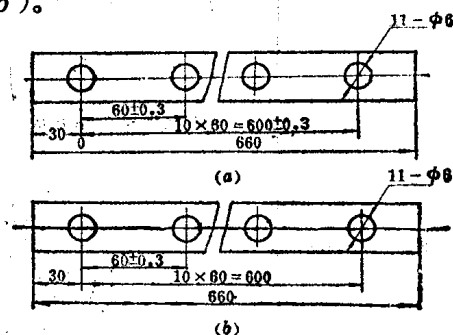


图 1-18 尺寸偏差相同的标注

在装配图中标注线性尺寸的配合代号时，必须在基本尺寸的右边，用分数的形式注出，分子为孔的公差带代号，分母为轴的公差带代号，如图1-19(a)。如需标注相配零件极限偏差时，一般按图1-19(b)形式标注。也可按图1-19(c)形式标注。

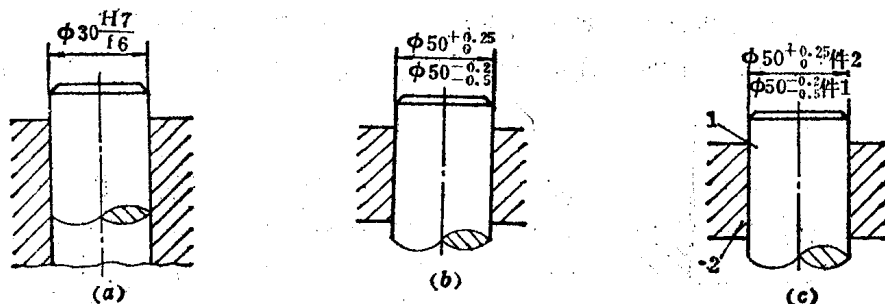


图 1-19 线性尺寸的配合代号标注