

2022 年一级建造师《机电实务》口袋书（第一章）

《1H411010 机电工程常用材料》

P4，二、有色金属材料的类型及应用

(一) 有色金属材料的类型

1、**有色金属**又称为非铁金属，是**铁、锰、铬以外**的所有金属的统称。**有色合金的**——强度和硬度一般比纯金属高，电阻比纯金属大、电阻温度系数小，具有良好的综合机械性能。

有色金属可分为重金属、轻金属、贵金属及稀有金属。

【不用反复记忆，建议考前一周看二遍】

轻金属	铝、镁、钾、钠、钙、锶、钡等。
重金属	如铜、 镍 、钴、铅、 锌 、 锡 、铋、铟、汞等。
贵金属	如金、银及铂族金属。
稀有金属	稀有轻金属 ：如锂、铷、铯等； 稀有难熔金属 ：如 钛 、 锆 、 钼 、 钨 等； 稀有分散金属 ：如镓、铟、锗等； 稀土金属 ：如钪、钇、镧系金属； 放射性金属 ：如镭、钋、钋及阿系元素中的铀、钍等。

【注意】**钛**的密度介于重金属和轻金属之间，所以分类上轻金属和重金属都没有它。

P5，(2) * 铜合金的应用

1) 黄铜

黄铜是由**铜和锌**组成的合金，……

黄铜有较强的耐磨性能。由黄铜所拉成的无缝铜管，质软、耐磨性能强。

黄铜无缝管可用于——**热交换器和冷凝器、低温管路、海底运输管**。

【对比记】此外，铜合金还有

青铜——以**锡**为主要添加元素；

除黄铜、白铜外的铜合金均称为青铜。

白铜——以**镍**为主要添加元素。

P5，合金元素对黄铜性能的影响

合金元素	对黄铜性能的影响	适用性
铝	能提高黄铜的——强度、硬度和耐蚀性， 但使塑性降低	适合用作海轮冷凝管及其他耐蚀零件
锡	能提高黄铜的——强度和 对海水的耐腐性 ，故称 海军黄铜	用作船舶热工设备和螺旋桨等
铅	能 改善黄铜的切削性能 ，	易切削黄铜常用作钟表零件

P5,

2) 青铜

青铜是以锡为主要添加元素的铜合金。除黄铜、白铜以外的铜合金均称为青铜，在青铜名字前冠以第一主要添加元素的名称，如锡青铜、铅青铜、铝青铜、铍青铜等。

* **铍青铜**还用来制造煤矿、油库等使用的无火花工具。

3) 白铜以**镍**为主要添加元素；

……制造精密电工仪器、变阻器、精密电阻、应变片、热电偶等用的材料——**锰白铜**

3. 锌的特性及应用

P6, **(2) 锌的应用**

1) 镀锌

2) 锌合金

3) 电池

* **锌**可以用来制作电池。

例如：锌锰电池以及最新研究的锌空气蓄电池。

锌具有良好的抗电磁场性能，

在射频干扰的场合，锌板是一种非常有效的屏蔽材料，

同时由于锌是非磁性的，适合做仪器仪表零件及仪表壳体和钱币，

另外，**锌**自身及与其他金属碰撞不会发生火花，适合做井下防爆器材。

【注意区别】用来制造煤矿、油库等使用的无火花工具——**铍青铜**；

【补充说明】

防爆工具，国际又称“安全工具”，也称“无火花工具”。国内一般称“防爆工具”。

【如果题这么出】通常（ C ）用来制造煤矿、油库等使用的防爆工具。

A. 黄铜

B. 铝青铜

C. 铍青铜

D. 锌

P7, 倒数第4行, 2. 砌筑材料分类。

例如，有色金属火法冶炼炉中，

使用最广泛的一类重要耐火材料是——**镁质耐火材料（碱性）**

P8, 二、高分子材料的类型及应用

高分子材料有——塑料、橡胶、纤维、涂料、粘接剂

(一) 塑料

热塑性塑料	聚乙烯、聚氯乙烯 聚丙烯、聚苯乙烯
热固性塑料	酚醛塑料、环氧塑料【2015单选】

P8-9, **热塑性塑料**

特性：受热后容易软化，可以反复塑制成型

优点：加工程序简便、具有较高的机械性能

缺点：耐热性和刚性比较差

热固性塑料

特性：受热后不再软化，结构强热下发生分解

优点：耐热性高、受压不宜变形；

缺点：机械性能不好

P10, (五) 粘结剂

2. **环氧树脂粘结剂**俗称“万能胶”P12, (1) **阻燃电缆** (Z)

是指残焰或残灼 在限定时间内 能自行熄灭的电缆；

根据电缆阻燃材料的不同，阻燃电缆分为含卤阻燃电缆及无卤低烟阻燃电缆。

无卤低烟阻燃电缆——燃烧时产生的烟尘较少，且不会发出有毒烟雾，

燃烧时的腐蚀性较低，因此对环境产生危害很小。

无卤低烟 WD 的**聚烯烃**材料主要采用**氢氧化物（碱）**作为阻燃剂。聚烯烃容易吸收空气中水分（潮解），潮解结果是——绝缘层的体积电阻系数大幅度下降。【2020 单】

P13, (2) 耐火电缆 (N)

在火焰燃烧情况下能够保持一定时间安全运行的电缆；

耐火电缆在建筑物燃烧时，伴随着水喷淋的情况下，

电缆仍可保持线路完整运行，分 A、B 两种类别，

A 类是在火焰温度 950~1000℃时，能持续供电时间 **90min**；

B 类是在火焰温度 750~800℃时，能持续供电时间 **90min**；

耐火电缆大多作为应急电源的供电回路，【以及作为消防控制的电路】

对于供电线路较长且严格限定允许电压降的回路，应将耐火电缆截面至少放大一档。

P13, (3) **氧化镁电缆**

氧化镁电缆是由**铜芯、铜护套、氧化镁绝缘材料**加工而成的。

氧化镁电缆的**材料是无机物**，防火性能特佳；耐高温（**长期允许工作温度达 250℃**）、

防爆（无缝铜管套、封闭的电缆终端）、载流量大、防水性能好、机械强度高、

寿命长、具有良好的接地性能等优点。但价格贵、工艺复杂、施工难度大。

在油灌区、重要木结构公共建筑、高温场所等耐火要求高

且经济性可以接受的场合，可采用氧化镁电缆。由于氧化镁电缆原材料及工艺的特殊性，

截面为 25mm² 以上的多芯电缆**均由单芯电缆组成**

P14, **分支电缆常用——**YJV 型、YJY 型、WDZN-YJFE 型；【不用铠装的】

P14, 【冲刺阶段再看-案例待定】

订购分支电缆时，应根据建筑电气设计图确定各配电柜位置，提供——

- (1) 主电缆的——①型号②规格③ 总有效长度；
- (2) 各分支电缆的——①型号②规格③ 各段有效长度
- (3) 各分支接头在主电缆上的位置(尺寸)；
- (4) 安装方式(垂直沿墙敷设、水平架空敷设等)；
- (5) 所需分支电缆吊头、横梁吊挂等附件型号、规格和数量。

三、* 母线槽的类型及应用

P15, 1. 母线槽分类

按绝缘方式分为——(1) 空气型母线槽 (2) 紧密型母线槽 (3) 高强度母线槽

按防火能力分为——普通型母线槽和耐火型母线槽

P15, 1. 母线槽的分类

(1) 空气型母线槽

母线之间接头用铜片软接过渡，接头之间体积过大，占用了空气型母线槽不能用于垂直安装，因存在烟囱效应。

(2) 紧密型母线槽 采用插接式连接，在高层建筑中得到……
缺点：散热效果差可能产生较大噪声、防潮性能较差。

(3) 高强度母线槽

外壳为瓦沟形式；相比紧密式，提高了散热和减少了噪声；
但是，产生的杂散电流及感抗比紧密式线槽大很多，
因此，在同规格比较时，导电排截面必须比紧密式母线槽大。

(4) 耐火型母线槽【精准记】

耐火型母线槽是专供消防设备电源的使用，
其外壳采用耐高温不低于 1100℃ 的防火材料，
隔热层采用耐高温不低于 300℃ 的绝缘材料，
耐火时间有 60min、90 min、120 min、180 min，
满负荷运行可达 8 小时以上。
耐火型母线槽除应通过 CCC 认证外，还应有国家认可的检测机构出具的型式检验报告。

P16, 2. 母线槽选用

(1) 高层建筑的垂直输配电应选用——

紧密型母线槽，可防止烟囱效应，其导体应选用长期工作温度不低于 130℃ 的阻燃材料……

(2) 大容量母线槽 可选用 散热好的紧密型母线槽，//

(大容量母线槽) 若选用 空气型母线槽——应采用只有在专用工作场所才能使用的 IP30 的外壳防护等级。

(3) ……对于不同的安装场所，应选用不同外壳防护等级的母线槽。

一般室内正常环境可选用防护等级为 IP40 的母线槽，

消防喷淋区域应选用防护等级为 IP54 或 IP66 的母线槽。

(4) 母线槽不能直接和有显著摇动和冲击振动的设备连接，应采用软接头加以连接。

《1H411020 机电工程常用工程设备》

P17, (一) 泵的分类

1. 按《建设工程分类标准》，包括……

效率高，结构简单，适用范围最广——**离心泵**

P17, 2.按泵的工作原理和结构形式分类		
容积式	根据运动部件运动方式	
	往复泵	活塞泵、柱塞泵、隔膜泵等
	回转泵	齿轮泵、螺杆泵、叶片泵等
叶轮式	根据泵的叶轮和流道结构特点的不同， 叶轮式泵分为： 离心泵、轴流泵、混流泵和旋涡泵等。	

(二) 泵的性能

1. 泵的性能参数

(1) **流量是指**——单位时间内通过泵出口输出的液体量，一般采用体积流量。

(2) **扬程是**——单位重量输送液体从泵入口至出口的能量增量；

对于容积式泵，能量增量主要体现在压力能增加上，通常以**压力增量**代替扬程来表示。

例如，**一幢 30 层的高层建筑，其消防水泵的扬程应在 130m 以上**

(3) 泵的效率不是一个独立性能参数，它可以由别的性能参数，
如，**流量、扬程和轴功率按公式计算求得。**

泵 P17	泵的主要参数有—— 流量和扬程 ， 此外还有轴功率、转速、效率和必需汽蚀余量。 【2015年案例】
风机 P18	流量、 压力 、功率、效率和转速， 另外，噪声和振动的大小也是风机的指标。 全压效率可达90%
压缩机 P19	容积、流量、吸气压力、排气压力、 工作效率、输入功率、输出功率、性能系数、噪声等。

P20, 1. 锅炉

锅炉的基本特性通常用下述指标来表示

①锅炉容量 (蒸汽锅炉用**蒸发量**表明)

(热水锅炉用**额定热功率**表明)

②压力

③温度

④受热面蒸发率 (蒸汽锅炉)

受热面发热率 (热水锅炉)

反映锅炉
工作强度指标

⑤**锅炉热效率** (锅炉热经济性的指标)

二、石油化工设备的分类和性能

(一) 静置设备的分类和性能

1. 静置设备分类

P24 最后 1 行, (3) 按设备在生产工艺过程中的作用原理分

容器、反应器、塔设备、换热器、储罐

P25, 1) 容器

按特种设备目录分为——

固定式压力容器 (如, 球形储罐)、移动式压力容器、气瓶、氧舱。

类别	品种
固定式压力容器	超高压容器、第一、二、三类压力容器、
移动式压力容器	铁路罐车、汽车罐车、长管拖车、罐式集装箱、管束式集装箱
气瓶	无缝气瓶、焊接气瓶、特种气瓶
氧舱	医用氧舱、高压氧舱

P25, 4) 换热器

在化工生产中换热器可作为加热器、冷却器、冷凝器、蒸发器和再沸器等, 根据冷、热流体热量交换的原理和方式不同可分为——间壁式、混合式、蓄热式, 工业制造最为广泛应用的一类换热器是——间壁式换热器。

间壁式换热器按照传热形状与结构特点可分为——

管式换热器、板面式换热器、扩展表面式换热器。

P29, (二) *电动机的性能

1. 直流电动机: 较大的启动转矩和良好的启、制动性能,

在较宽范围内实现平滑调速的优越性能, 以及较强的过载性能

2. 同步电动机具有: 转速和电源频率保持严格同步的特性, 即只要电源频率保持恒定, 同步电动机的转速就绝对不变。

3. 异步电动机:

是现代生产和生活中使用最广泛的一种电动机。它具有结构简单、制造容易、价格低廉、运行可靠、使用维护方便、坚固耐用、重量轻等优点。

P30, 二、变压器的分类和性能

(一) *变压器的分类

4. 按冷却介质分类:

油浸式变压器、干式变压器、充气式变压器等。

5. 按冷却方式分类:

自冷 (含干式、油浸式) 变压器、
蒸发冷却 (氟化物)

P30, (一)* 电器的分类

开关电器	断路器、隔离开关、负荷开关、接地开关等
保护电器	熔断器、断路器、避雷器等
控制电器	主令电器、接触器、继电器、启动器、控制器等
限流电器	电抗器、电阻器等
测量电器	电压、电流、电容 互感器等

P31, (二) 高压电器及成套装置的性能

1. 高压断路器的性能（属于开关和保护电器）

(1) 具有**控制、保护和安全隔离**作用。

当系统正常运行时，它能切断和接通线路及各种电气设备的空载和负载电流；

当系统发生故障时，它和**继电保护**配合，能迅速切断故障电流，以防止扩大事故范围。

(2) 具有**灭弧**特性。

六氟化硫断路器是利用 SF6 气体作为**灭弧和绝缘介质**。

4. 接触器、继电器的性能（属于控制电器）

继电器具有根据电流、电压、温度、压力等输入信号的变化进行**自动调节、安全保护、转换电路**等性能。

《1H412011 工程测量的方法》

一、机电工程测量的作用和内容

P31, (一) 机电工程测量的作用

1. 安装定位：将设计图纸上的钢结构、设备或管线测设到实地。

2. 变形监测：已完工程实体的变形监测，包括**沉降观测和倾斜观测**。

P32, 三、机电工程测量的原则和要求

1. 机电工程测量的原则

工程测量应遵循“**由整体到局部，先控制后细部**”的原则，即先依据建设单位提供的永久基准点、线为基准，然后测设出设备的准确位置。

2. 工程测量要求

(1) 保证测设精度，满足设计要求，减少误差累积。

(2) **检核**是测量工作的灵魂。

对测量工作的全过程进行全面复核及确认，保证测量结果的准确性。

检核分为—— ①仪器检核②资料检核③计算检核④放样检核⑤验收检核

P33,

(二) 基准线测量

原理：利用 经纬仪 和 检定钢尺，【2020 年案例】根据两点成一直线原理测定基准线。

* 测定待定位点的方法有——①水平角测量②竖直角测量

每两个点位都可连成一条直线（或基准线）。平面安装基准线不少于纵横两条。

1. 保证量距精度的方法【案例阅读】

返测丈量：当全段距离测量完之后，尺端调头，读数员互换，按同样的方法进行返测。

往返丈量一次为一测回，一般应测量两测回以上。量距精度以两测回的差数与距离之比表示。

3. 安装标高基准点的设置【案例阅读】

根据设备基础附近水准点，用水准仪测出标志的具体数值。

相邻安装基准点高差应在 0.5mm 以内。

P33-34

4. 沉降观测点的设置

沉降观测采用二等水准测量方法。

每隔适当距离选定一个基准点与起算基准点组成水准环线。

对于埋设在基础上的基准点，在埋设后就开始第一次观测，随后的观测在设备安装期间连续进行。

P34, 五、机电工程测量的程序

确认永久基准点、线→设置基础纵横中心线→设置基础标高基准点→设置沉降观测点→安装过程测量控制→实测记录等。

P34, (二) 连续生产设备安装的测量

1. 安装基准线的测设【2013 单选】

中心标板应在浇灌基础时，配合土建埋设，也可待基础养护期满后再埋设。

放线 就是根据施工图，按建筑物的定位轴线来测定机械设备的纵、横中心线并标注在中心标板上，作为设备安装的基准线。

平面安装基准线不少于纵、横两条。

2. 安装标高基准点的测设

安装标高基准点一般埋设在——基础边缘 且 便于观测的位置。

安装标高基准点一般有两种：一种是简单的标高基准点；另一种是预埋标高基准点。

采用钢制标高基准点时，应设置在靠近设备基础边缘便于测量处，不允许埋设在设备底板下面的基础表面。简单的标高基准点一般作为独立设备安装的基准点；

预埋标高基准点主要用于连续生产线上设备安装的标高基准点。【2017 单选】

3. 连续生产设备

只能有一条纵向基准线和一个预埋标高基准点。

P34, (三) 管线工程的测量

3. 测量方法

(1) 管线中心定位的测量方法

(管线) 定位的依据——

根据地面上①**已有建筑物**进行管线定位, 也可根据②控制点进行管线定位。

管道的主点: **起点、终点、转折点**【2020 年单选】

(2) 为引测高程及管线纵横断面测量, 应沿管线敷设**临时水准点**;

水准点一般都选在——旧建筑物墙角、台阶、基岩等处

(3) 地下管线工程测量必须在**回填前**, 测量出 **起点、止点, 窨井的坐标和管顶标高**; 再根据测量资料编绘竣工平面图和纵断面图。

P35, (四) 长距离输电线路钢塔基础施工测量

1. 长距离输电线路定位并经检查后,

可根据**起、止点和转折点及沿途障碍物的实际情况**, 测设钢塔架基础中心桩。

中心桩的控制采用 ①十字线法②平行基线法进行;

控制桩应根据**中心桩测定**, 其允许偏差应符合规定。

2. 钢尺量距, 不宜大于80m, 且不宜小于20m;

3. 一段架空送电线路, 其测量视距长度, 不宜超过400m。

4. **大跨越档距采用电磁波测距法或解析法。**

P35, **一、水准测量法的主要技术要求**

一个测区及其周围至少应有 3 个 水准点。【形成闭合测量线路】

水准观测应在标石埋设稳定后进行。两次观测高差较差超限时应重测。二等水准应选取两次异向合格的结果。当重测结果与原测结果分别比较, 其较差均不超过限值时, 应取三次结果的平均数。

设备安装过程中, 测量时应注意: **最好使用一个水准点作为高程起算点**。【=共用一个高程基准点】当厂房较大时, 可以增设水准点, 但其观测精度应提高。

测量仪器	应用
水准仪 P36	主要功能——测量标高和高程。 ①标高基准点测设 ②基础沉降观测 ③安装标高的控制测量
经纬仪 P36	主要功能——水平角、竖直角测量 (测已知角度) 其它用途: ①测量纵横轴线 (中心线)、施工放样【2019年案例】 ②厂房、车间柱安装垂直度 (铅垂度) 的控制测量 ③建立 安装测量控制网

P36-37; 全站仪

全站仪是一种随着现代科学技术发展和计算机广泛应用而诞生的集——测距装置、测角装置和微处理器为一体的测量仪器。全站仪有数据处理的功能。

全站仪具有**角度测量、距离（斜距、平距、高差）测量、**

三维坐标测量、导线测量、交会定点测量和放样测量等多种用途。

内置专用软件后，功能还可进一步拓展。

全站仪的测距模式有——精测模式、跟踪模式、粗测模式

P37, (三) 全自动全站仪（测量机器人）的应用

1. **海底管道检测——水下机器人**

2. **机电系统多、管线错综复杂、空间结构多变——BIM 放样机器人**

3. **管道检测机器人——**广泛应用于各种管道的施工检测、管网检查、新管验收、管道检修、养护检测、修复验收等。**同时还拓展应用于矿井检测勘探、隧道验收、地震搜救、消防救援、灾害援助、电力巡查等。**

四、其它测量仪器

(一) 电磁波测距仪

P38, **电磁波测距仪载波——微波无线电、激光、红外光【称为光电测距仪】**

(二) **激光测量仪器**

仪器种类很多，其共同点是将其**氦氖激光器**与望远镜连接，把激光束导入望远镜筒，并使其与视准轴重合。

激光准直仪 激光指向仪	◆主要应用于大直径、长距离、回转型设备 同心度的找正测量以及高塔体、高塔架安装过程中同心度的测量控制。如水泥回转窑同心度的找正测量。 【水平方向、竖直方向、斜向 的同心度找正都可以】
激光垂准仪 (激光铅垂仪、 天顶仪) 【竖向准直】	用于高层建筑、烟囱、电梯等施工过程中 平面控制点的竖向引测 和垂直度的测量。
【激光垂准仪】 是一种以重力线为基准，给出铅垂直线的专用的铅直定位仪器。 激光垂准仪主要由发射、接收、附件三大部分组成。	

激光经纬仪	设备安装中的定线、定位、测已知角
激光水准仪	除了测高程，还可以作——准直导向
激光平面仪	抄平，如网型屋架的水平控制 可用于大型储罐倒装法施工时罐体提升时的水平控制。

1H412020 起重技术

P39, (一) 起重机械的分类

1. 轻小型起重设备分类

千斤顶、滑车（滑轮组）、起重葫芦、卷扬机、多种叉车

2. 起重机分类

桥架型	梁式、桥式、门式、半门式
臂架型	门座式、半门座式、塔式、流动式起重机 铁路起重机、桅杆起重机、悬臂起重机
缆索型	缆索起重机、门式缆索起重机

P39, 常用起重机的特点及适用范围

流动式起重机

属于常规作业方法；重型吊装【8-1200t】；

对场地（地基）要求较高（水平坚硬）；台板费用高、机械化作业进度快。

汽车吊，作业范围受限（不能 360°）；P41，

履带吊，一定程度上可以带载行走；P41，

桅杆起重机

非标准起重机、属于非常规作业；

也能用于重型吊装；对场地要求不高；作业范围不受限；成本低、进度慢。

塔吊

特点：吊装速度快、台班费用低。起重量一般不大，并需要安装和拆卸。

适用范围：某一范围内数量多、每一件重量较小的设备（构件）吊装，作业周期长。

P40, (三) 起重机选用的基本参数

起重机选用的基本参数【2009 年多选题，2017 案例】

①吊装载荷②额定起重量

③最大幅度④最大起升高度

这些参数是制定吊装技术方案的重要依据

P40, 2. 吊装计算载荷

(1) 动载荷系数 $k_1 = 1.1$

(2) 不平衡载荷系数 $k_2 = 1.1 \sim 1.25$

(3) 吊装计算载荷，计算目的：在进行吊装作业时，要将计算载荷和起重机的额定载荷进行比较，看是否能够进行吊装作业。

◆ 单台起重机起吊： $Q_j = k_1 \times Q$

【说明】 k_2 只是在多台起重机械共同作业时才需要考虑，单台作业不需要考虑。

◆ 多台起重机起吊： Q_j （计算载荷） $= k_1 \times k_2 \times Q$

Q ——分配到一台起重机的吊装载荷，包括设备及索吊具重量。

P40, **3. 额定起重量**

(1) 在确定回转半径和起升高度后, 起重机能安全起吊的重量。

额定起重量应大于计算载荷。

(2) 采用多台起重机抬吊时, 多台起重机抬吊所受合力不应超过各台起重机单独操作的额定载荷;

(3) 采用双机抬吊时, 宜选用同类型或性能相近的起重机, 负载分配应合理, 通常单机载荷**不得超过额定起重量的 80%**。

4. 最大幅度

最大幅度即起重机的最大吊装回转半径, 即额定起重量条件下的吊装最大回转半径。

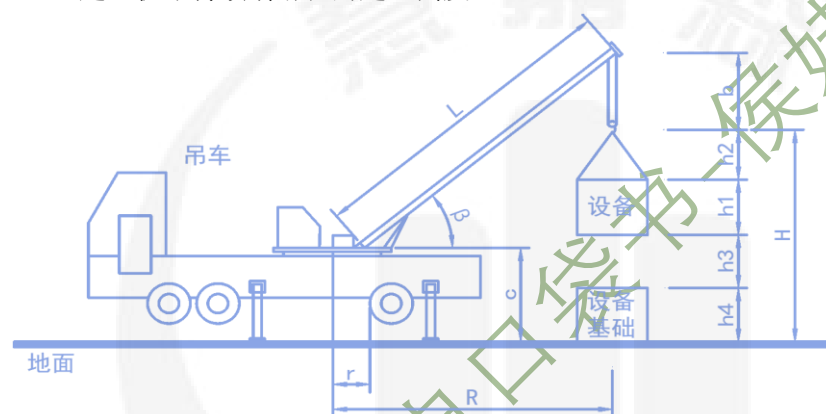
P40-41, **5. 最大起重高度**

以汽车起重机为例

最大起重高度应满足下式要求:

$$H > h_1 + h_2 + h_3 + h_4$$

H——起重机吊臂顶端滑轮的起重高度



图中

b——**吊钩至臂杆顶端滑轮的安全距离 (m)**;

R——吊车作业半径 (m);

H ——一起重机吊臂顶端滑轮的起重高度 (m)

h1 ——设备高度 (m)

h2 ——索具高度(包括钢丝绳、平衡梁、卸扣等的高度) (m)

h3 ——设备吊装到位后底部高出地脚螺栓高的高度 (m)

h4 ——基础和地脚螺栓高 (m)

【实操补充《二级 P33》】

起重机提升的最小高度应使设备底部与基础或地脚螺栓顶部

h3——**至少保持 200mm 的安全距离。**

吊臂与设备外部附件的安全距离不应小于 500mm;

起重机、设备与周围设施的安全距离不应小于 500mm;

P41, **(二) 流动式起重机的特性曲线**

反映流动式起重机的起重能力随**臂长、幅度**的变化而变化的规律

反映流动式起重机的最大起升高度随**臂长、幅度**变化而变化的规律的曲线称为起重机的特性曲线。

P42, (三) 流动式起重机的选用步骤

第一步：定幅度：

根据被吊设备就位位置、现场的具体条件→站车位置→作业半径

第二步：定臂长：【2013 年多选】

根据就位高度、设备尺寸+吊索高度+站车位置和作业半径→查特性曲线→臂长

第三步：定载荷（额定起重量）：

根据已确定的作业半径+臂长→查特性曲线→额定起重量

第四步：计算载荷与额定起重量的比较

第五步：计算吊臂与设备（平衡梁）之间的安全距离，

若符合规范要求，则选择合格，否则重选。

P42, (四) 流动式起重机的基础处理【案例阅读】

1. 流动式起重机必须在水平坚硬地面上进行吊装作业。

吊车的工作位置（包括吊装站位置和行走路线）的地基应进行处理。

2. 根据其地质情况或测定的地面耐压力为依据，

采用合适的方法（一般施工场地的土质地面可采用开挖回填夯实的方法）进行处理。

3. 处理后的地面应做耐压力测试，地面耐压力应满足吊车对地基的要求，

在复杂地基上吊装重型设备，应请专业人员对基础进行专门设计。

4. 吊装前必须进行基础验收，并作好记录。

P42-43,

钢丝绳的主要技术参数有——【案例阅读】

①钢丝绳钢丝的强度极限

②钢丝绳的规格

③钢丝绳的直径

④吊索绳股结构

⑤安全系数

P43, (四) 吊索（千斤绳或绳扣）

在大型吊装中使用最为普遍的钢丝绳——

6X37S + FC (IWR) 钢丝绳为点线接触型的 1+6+15+15 结构，

直径范围 20-60mm 性能较好，

附：FC：纤维绳芯；IWR：钢丝绳芯；

若采用两个以上吊点起吊时，

每点的吊索与水平距离的夹角不宜小于 60°

P43, (五) (钢丝绳) 安全系数【2020年案例, 课堂听过即可】
钢丝绳安全系数为标准规定的钢丝绳在使用中允许承受拉力的储备拉力, 即钢丝绳在 使用中破断的安全裕度。

用途	安全系数取值
拖拉绳 (如, 缆风绳)	≥ 3.5
卷扬机走绳	≥ 5
作系挂绳扣时	≥ 5
捆绑绳扣时	≥ 6
作载人吊篮时	≥ 14



P43, 二、滑轮组【课堂听过即可】

2. 跑绳拉力的计算

滑轮组在工作时因摩擦和钢丝绳的刚性的原因, 使每一分支跑绳的拉力不同,

最小在固定端, 最大在拉出端。

跑绳拉力的计算, 必须按拉力最大的拉出端按公式或查表进行。

3. 滑轮组的穿绕方法

根据滑轮组的门数确定其穿绕方法, 常用的穿绕方法有: 顺穿、花穿和双跑头顺穿。

(未完)

≤ 3 门	宜顺穿
4-6 门	花穿
> 7 门	双跑头顺穿

4. 滑轮组的选用步骤

- (1) 根据受力分析与计算确定的滑轮组载荷选择滑轮组的额定载荷和门数。
- (2) 计算滑轮组跑绳拉力并选择跑绳直径。
- (3) 注意所选跑绳直径必须与滑轮组相配。
- (4) 根据跑绳的最大拉力和导向角度计算导向轮的载荷并选择导向轮。
- (5) **滑轮组动、定 (静) 滑轮之间的最小距离不得小于 1.5m。**

跑绳进入滑轮的偏角不宜大于 5° 。

P43-44, **2. 卷扬机的基本参数** 【2017 多选、2018 单选】

- 1) **额定牵引拉力**, 从 0.5t 到 50t。
- 2) **工作速度**, 卷筒卷入钢丝绳的速度。
- 3) **容绳量**, 卷扬机的卷筒允许容纳的钢丝绳工作长度的最大值。

每台卷扬机的铭牌上都标有对某种直径钢丝绳的容绳量, 选择时必须注意, 如果实际使用的钢丝绳的直径与铭牌上标明的直径不同, 还必须进行**容绳量校核**。

P44, **(一) 平衡梁的作用**【2020 年多选】(平衡梁又称铁扁担)

- ①保持被吊设备的平衡, 避免吊索损坏设备
- ②缩短吊索高度, 减小**动滑轮**的起吊高度
- ③减少对设备的水平压力, 避免设备损坏
- ④多机抬吊时, 合理分配或平衡各吊点的荷载。

P44, (二) 平衡梁的形式

1. 管式平衡梁
2. 钢板平衡梁：可在现场就地加工；
3. 槽钢型平衡梁：**特点是：分部板提吊点可以前后移动**
4. 桁架式平衡梁：当吊点伸开的距离较大时，一般采用桁架式平衡梁以增加其刚度；如，汽轮机转子的吊装
5. 其他平衡梁：如滑轮式平衡梁、支撑式平衡梁等。

(三) 平衡梁的选用

选择平衡梁的形式，根据——①设备的重量②规格尺寸③结构特点④现场环境要求
平衡梁的具体尺寸，经过——设计计算

P44-45, 五、* 液压提升装置

在大型设备和结构的吊装作业中，

常用的液压装置组成——液压泵站、穿心式液压提升器(液压千斤顶)、钢绞线和控制器
其中**提升器由——上锚具、下锚具、地锚和主油缸**组成及选用

液压泵站工作压力、流量应根据泵站

①配置提升油缸的数量②载荷③提升速度来确定；

一、常用吊装方法

(一) 采用起重机械的常用吊装方法

P45, 8. 液压提升

目前多采用“钢绞线悬挂承重、液压提升千斤顶集群、智能化监视与控制”方法整体提升（滑移）大型设备与构件，其中有上拔式和爬升式两种方式。

(1) 上拔式（提升式）——将液压提升千斤顶设置在承重结构的永久柱上，悬挂钢绞线的上端与液压提升千斤顶穿心固定，下端与提升构件用锚具连固在一起，液压提升千斤顶夹着钢绞线往上提（类似“井台提水”），从而将构件提升到安装高度。**多适用于**屋盖、网架、钢天桥（廊）等**投影面积大、重量重，提升高度相对较低**场合构件的整体提升。

2) 爬升式（爬杆式）——

悬挂钢绞线的上端固定在永久性结构（或基础或与永久物相联系的临时加固设施）上，将液压提升千斤顶设置在钢绞线下端（液压提升千斤顶通过锚具与提升构件连固），液压提升千斤顶夹着钢绞线往上爬（类似“猴子爬杆”），从而将构件提升到安装高度。

多适用于如电视塔钢桅杆天线等**提升高度高，投影面积一般，重量相对较轻**场合的直立构件。

P46, 利用构筑物吊装法作业时做到

- (1) 编制专门吊装方案，应对承载的结构在受力条件下的**强度和稳定性**进行校核。
- (2) 选择的受力点和方案应征得设计人员的同意。
- (3) 对于通过锚固点或直接捆绑的承载部位，还应对局部采取补强措施；
如，采用大块钢板、枕木等进行局部补强，
采用角钢或木方对梁或柱角进行保护。【2018 年案例】
- (4) 施工时，应设专人对受力点的结构进行监视。

(二) 结构件、设备和管件的吊装

P46,

钢筋混凝土结构吊装

当构件无设计吊钩(点)时,应通过计算确定绑扎点的位置,绑扎方法应考虑可靠和摘钩简便安全;

装配式大板结构吊装顺序——【案例阅读】

宜从中间向两端进行,并按先横墙后纵墙,先内墙后外墙,最后隔断墙的顺序逐间封闭。

P46, (2) 特种钢结构吊装

- 1) 采用高空组装法吊装塔架时,其爬行桅杆必须经过设计确定;
- 2) 大跨度屋盖整体提升前,应矫正所有吊索铅直线垂直度、进行载重调试**各吊点水平高差不超过 2mm**、进行试提升;
- 3) 网架采用提升或顶升时,验算载荷应包括

吊装阶段结构自重和各种施工载荷,并乘以动力系数 1.1,

如采用拔杆——**动力系数取 1.2,**

采用履带式起重机或汽车起重机——动力系数取 1.3。【K1=1.3】

P47, (2) 工业设备和管件吊装

1) 卧式设备吊装时,

吊点间距宜大于设备长度的 1/3,宜使用吊梁【平衡梁】吊装;

2) 采用兜捆方式吊装时,应对索具与设备的边缘棱角接触部位进行保护,并对设备进行保护。

P47, **二、吊装方案选择**

- (一) 技术可行性论证 (若方案都可行,则比先进性)
- (二) 安全性分析
- (三) 进度分析
- (四) 成本分析
- (五) 综合选择

P47-48, 三、吊装方案的主要内容	
(一) 编制说明及依据 (略)	
(二) 工程概况	1. 工程特点 2. 设备参数表 包括: 设备名称、数量、设备位号、主体材质 3. 施工平面布置 4. 吊装前状态
(三) 吊装工艺设计	1. 施工工艺 2. 吊装参数表 (见下一页) 【2019多选】 3. 机具 4. 吊点及加固 5. 工艺图①吊装平、立面布置图 (见后续页) ②地锚施工图 ③吊装作业区域地基处理措施

续上页，**吊装参数表**【2019 年多选】

主要包括设备规格尺寸、金属总重量、吊装总重量、重心标高、吊点方位及标高等。若采用分段吊装，应注明设备分段尺寸、分段重量。

P48，工艺图

(1) 吊装平、立面布置图

设备运输路线及摆放位置；

设备组装、吊装位置；

吊装过程中吊装机械、设备、吊索、吊具及障碍物之间的相对距离；

桅杆安装（竖立、拆除）位置及其拖拉绳、主后背绳、夺绳的平面分布；

起重机械的组车、拆车、吊装站立位置及移动路线；

滑移尾排及牵引和后溜滑车的设置位置；

吊装工程所用的卷扬机摆放位置及主跑绳的走向；

吊装工程所用的各个地锚位置或平面坐标；

需要做特殊处理的吊装场地范围；

吊装警戒区。

(2) 地锚施工图

P49， 二、起重吊装作业失稳的原因及预防措施

起重机械失稳主要原因

- ①超载
- ②支腿不稳定
- ③起重臂杆仰角超限
- ④机械故障等。

起重机械失稳预防措施

- 严禁超载；
- 打好支腿并用道木和钢板垫实基础，确保支腿稳定。
- **起重臂杆仰角最大不超过78°，最小不低于45°**
- 严格机械检查；

P49， (二) 吊装系统稳定性

1. 失稳原因

不同起重能力的多机吊装荷载分配不均；

多机吊装的不同步；多动作、多岗位指挥协调失误；

桅杆系统缆风绳、地锚失稳（注意：属于桅杆作业的吊装系统失稳）

(三) 吊装设备或构件的失稳

1. 主要原因：

由于设计与吊装时受力不一致、设备或构件的刚度偏小。

2. 预防措施：

对于细长、大面积设备或构件采用多吊点吊装；

薄壁设备进行加固加强；

对型钢结构、网架结构的薄弱部位或杆件进行加固或加大截面，提高刚度。

三、桅杆的稳定性

P49, (一) 缆风绳的设置要求

(1) 直立单桅杆顶部缆风绳的设置宜为 6 根至 8 根，

对倾斜吊装的桅杆应加设后背主缆风绳，

后背主缆风绳的设置数量不应少于 2 根。

(2) 缆风绳与地面的夹角宜为 30° ，最大不得超过 45° 。

(3) 直立单桅杆各相邻缆风绳之间的水平夹角不得大于 60°

(4) 缆风绳应设置防止滑车受力后产生扭转的设施。

(5) 需要移动的桅杆应设置备用缆风绳。

P50, 2. 地锚设置和使用要求

(1) 地锚结构形式应根据——

①受力条件②施工地区的地质条件 设计和选用。

地锚的制作和设置应按吊装专项施工方案的规定进行计算校核。

(2) 埋入式地锚基坑的前方，缆风绳受力方向坑深 2.5 倍的范围内不应有地沟、线缆、地下管道等。

(3) 埋入式地锚在回填时，应用净土分层夯实或压实，回填的高度应高于基坑周围地面 400mm 以上，且不得浸水。地锚设置完成后应做好隐蔽工程记录。

(4) 埋入式地锚设置完成后，受力绳扣应进行预拉紧。

P50, (三) 桅杆使用的要求

1. 桅杆的使用应执行桅杆使用说明书的规定，不得超载使用；

2. 桅杆组装应执行使用说明书的规定，

桅杆组装的直线度应小于其长度的 $1/1000$ 【就是直线度偏差】，

且总偏差不应超过 20mm；

3. 桅杆基础应根据

桅杆载荷及桅杆竖立位置的地质条件及周围地下情况设计；

(4) 采用倾斜桅杆吊装设备时，其倾斜度不得超过 15° ；

(5) 当两套起吊索、吊具共同作用于一个吊点时，应加平衡装置并进行平衡监测；

(6) 吊装过程中，应对桅杆结构的直线度进行监测。

1H412030 焊接技术

P51, 酸性焊条、碱性焊条工艺性对比

记忆方法

记“酸性焊条”（碱性和它相反）——

【好】对水、锈产生气孔不敏感；脱渣性好；

焊接烟尘少；全位置焊接；耐大电流；焊缝成形好；

【差】含扩散氢高

其他项目	酸性焊条	碱性焊条
药皮氧化还原性	氧化性强	还原性强
电弧稳定性	短弧、长弧都可以	应采用短弧操作
电源极性	交直流都可	直流、反极性
熔渣结构	玻璃状	呈结晶状

P51, 2. 焊条选用

设计有规定时，应按设计文件要求选用焊条。

设计无规定时考虑以下因素——

钢材化学成分及力学性能，焊缝金属性能，
 钢结构特点（板厚、接头形式）和受力状态，工艺性，
 焊接位置和施焊条件（室内、野外、空间大小），
 焊接工作量（焊缝长度、焊缝当量）。

需要考虑的因素	焊条选择
非合金和低合金钢 均要求焊缝金属与母材等强度	熔敷金属抗拉强度 等于或稍高于母材的焊条
合金钢	焊缝金属成分 与母材相同或相近
焊接结构刚性大、 接头应力高、 焊缝易产生裂纹的不利情况	比母材强度低的焊条
母材中碳、硫、磷含量偏高	低氢型焊条（碱性焊条）

需要考虑的因素	焊条选择
承受动载荷和冲击载荷的焊接，除满足强度要求 主要要保证焊缝金属 具有较高的塑性和韧性	塑性、韧性指标较高的 低氢型焊条（碱性）
接触腐蚀介质	不锈钢或其它耐腐蚀焊条
高温、低温、耐磨 或其它条件下工作	相应的耐热钢、低温钢、 堆焊或其它特殊用途焊条

需要考虑的因素	焊条选择
结构形状复杂、 刚性大的厚大焊件 焊接过程中，冷却速度快、 收缩应力大易产生裂纹	抗裂性好、韧性好、塑性高、 氢裂纹倾向低的焊条

需要考虑的因素	焊条选择
焊接部位不能翻转	适合全位置焊接的焊条 (酸性焊条，全位置)
受力不大 焊接部位难以清理的焊件	对铁锈、氧化皮、 油污不敏感的酸性焊条
没有直流焊机	必须选 可交、直流两用的焊条【酸性】
狭小或通风条件差的场合	在满足使用性能条件下 选酸性焊条或低尘焊条

提高生产率和降低成本原则——

酸性、碱性都能满足，选酸性焊条；

工作量大，**选高效率焊条**。【选酸性焊条→按错误表述判定（不选）】

（如，铁粉焊条有酸性也有碱性的）

高效率焊条，如：铁粉焊条、重力焊条、底层焊条、立向下焊条和高效不锈钢焊条等

P53，（四）焊剂分类及使用要求

1. * 焊剂的分类

根据生产工艺的不同分类	熔炼焊剂
	粘结焊剂
按照焊剂中添加 脱氧剂、合金剂分类	①中性焊剂
	②活性焊剂
	③合金焊剂

P53，3. 埋弧焊剂的使用要求 【案例阅读】

埋弧焊用的焊剂是一种重要的焊接材料



- （1）妥善运输焊剂，防止包装破损，应存放在干燥的库房内，防止受潮。
- （2）使用前，按说明书规定的参数进行烘焙。
- （3）使用回收的焊剂，应清除里面的渣壳及其他杂物，与新焊剂混合后可使用。

P53，（五）焊接材料复验

1. 钢结构的焊接材料复验

下列钢结构所用焊接材料应按到货批次进行复验，合格后方可使用

- （1）**建筑结构安全等级为一级的一、二级焊缝。**
- （2）建筑结构安全等级为**二级的一级焊缝。**
- （3）**大跨度的一级焊缝。**
- （4）**重级工作制**吊车梁结构中的一级焊缝。

【吊车梁的工作制等级：轻级、中级、重级（A6-A7）】

2. 特种设备的焊接材料复验

- （1）球罐用的焊条和药芯焊丝应按批号进行**扩散氢**复验。
- （2）工业管道用的焊条、焊丝、焊剂**库存超过期限，应经复验合格后方可使用。**

P55, 一、常用焊接方法及特点

(一) 焊条电弧焊(手弧焊)的特点

1. 机动性和灵活性好(各种位置)
2. 焊缝金属性能好
 - (1) 焊缝金属结晶较致密,
 其力学性能比其他熔焊高, 特别是缺口冲击韧性高得多。
 - (各种厚度、结构形状)
 - (2) 通过焊条药皮配方的调整, 容易控制焊缝金属的性能,
 - (可以) 满足各种不同焊接工程提出的严格技术要求
2. 工艺适用性强(各种金属)

(二) 钨极惰性气体保护焊(特点) 【2020 多选选项】

1. 具有焊条电弧焊的特点
 2. 特点
 - (1) 电弧热量集中, 可精确控制焊接热输入, 焊接热影响区窄。
 - (2) 焊接过程不产生熔渣、无飞溅, 焊缝表面光洁。
 - (3) 焊接过程无烟尘, 熔池容易控制, 焊缝质量高。
 - (4) 焊接工艺适用性强, 几乎可以焊接所有的金属材料。
- P54, 但是低熔点、易挥发的金属材料(如, **铅、锌等**) **不采用**钨极惰性气体保护焊
- (5) 焊接参数可精确控制, 易于实现焊接过程全自动化。

3. 典型焊接产品【即: 焊接产品对封底焊的要求】

典型焊接产品	封底焊工艺
非合金钢、耐热钢、不锈钢管道	应采用钨极氩弧焊
*铝、镁及其合金管道	应采用 钨极氩弧焊或熔化极氩弧焊, 不得采用气焊或焊条电弧焊焊接。

P55, 二、焊接工艺评定

(一) 焊接工艺评定的定义及作用【2017 多选选项】

- (1) 验证施焊单位拟定焊接工艺的正确性, 并评定施焊单位在限制条件下, 焊接成合格接头的能力。
- (2) 依据焊接工艺评定报告编制焊接作业指导书, 用于指导焊工施焊和焊后热处理工作, 一个焊接工艺评定报告可用于编制多个焊接作业指导书;
一个焊接作业指导书可以依据一个或多个焊接工艺评定报告编制。

P56, (二) 焊接工艺评定要求

1. 施工单位自行组织完成焊接工艺评定工作, 任何施焊单位不允许将焊接工艺评定的关键工作委托另一个单位来完成。**试件和试样的加工、无损检测和理化性能试验等可委托分包。**
2. 焊评试件应由本单位技能熟练的焊工, 使用本单位的焊接设备施焊, 所用设备、仪表应处于正常工作状态, 金属材料、焊接材料应符合相应标准, **既可证明施焊单位的焊接技术能力和工装水平, 又能排除焊工技能因素的影响。**

3. 焊评试件检验项目至少应包括——

外观检查、无损检测、力学性能试验和弯曲试验。

4. 焊接工艺评定过程中应做好记录，焊评完成后应提出焊接工艺评定报告，并经企业焊接技术负责人审核批准。

四、焊接工艺技术

(一) 焊接作业人员要求

1. 焊工应在焊工资质证件有效期内从事合格项目覆盖范围内的焊接作业。

2. 【* 案例，考前抄写二遍】

【题型】从事钢结构焊接的焊工，应从哪些方面重点进行技术培训？

【答】从事钢结构焊接的焊工，应按所从事钢结构的——

钢材种类、焊接节点形式、焊接方法、焊接位置等要求进行技术培训。

P56, (二) 焊接场所要求 【案例，考前一周加强阅读熟记】

1. 自然环境

焊接场所的风速；焊接电弧 1m 范围的相对湿度；雨、雪天气

(这些) 不符合现行国家有关标准且无有效安全可靠的防护措施时，禁止焊接。

2. 作业场地

不锈钢、有色金属焊接应设置专用场地，并保持清洁、干燥、无污染，不得与黑色金属等其他产品混杂；配置专用组焊工装。

(三) 特殊材料焊接工艺措施

1. 有延迟裂纹倾向的材料

P56, (1) 产生延迟裂纹的原因

①焊接接头的扩散氢含量

②钢的淬硬倾向

③接头承受的拘束应力(主要发生在低合金高强钢的焊接)。

P57, (2) 防止产生延迟裂纹的措施 【案例待定】

1) 采取焊条烘干，正确选择焊接工艺参数；

采取焊前预热、焊后热处理措施，减少应力、改善接头组织性能；

尽量严格执行焊后后热(消氢处理)的工艺；

必要时打磨焊缝余高，减少应力集中。

2) 对容易产生焊接延迟裂纹的钢材，焊后应及时进行焊后热处理。当不能及时进行焊后热处理时，应在焊后立即进行后热工艺，将焊接接头均匀加热至 200~350℃，并保温缓冷。

P57, 2. 有再热裂纹倾向的材料

(1) 产生再热裂纹与钢中所含碳化物形成元素(Cr、Mo、Ti、B 等)有关，

(2) 防止产生再热裂纹的方法【案例待定】

1) 预热：预热温度为 200~450℃。

2) 应用低强度焊缝，使焊缝强度低于母材，以增高其塑性变形能力。

3) 减少焊接应力：合理地安排焊接顺序、减少余高、避免咬边及根部未焊透等缺陷以减少焊接应力。

P57, 一、降低焊接应力的措施【2015 年多选】

1. 设计措施

(1) **减少焊接量**

减少焊缝的数量和尺寸, 可减小变形量, 同时降低焊接应力

(2) **改变焊缝分布**【即, 合理安排焊缝位置】

避免焊缝过于集中, 从而避免焊接应力峰值叠加。

(3) **优化接头形式**【即, 合理选择焊缝的形状】

优化设计结构, 如将容器的接管口设计成翻边式, 少用承插式。

2. 工艺措施 (9 条, 略)

P58, (一) **焊接变形的分类**

焊接变形可分为

①在焊接热过程中发生的瞬态热变形

②室温条件下的残余变形

残余变形可分为焊件的面内变形和面外变形。

1. 面内变形可分为——①焊缝纵向收缩变形②焊缝横向收缩变形③焊缝回转变形。

2. 面外变形可分为——角变形、弯曲变形、扭曲变形、失稳波浪变形

P58, (二) **焊接变形的危害** 【或考案例, 阅读熟悉】

(1) 降低装配质量

(2) 影响外观质量

(3) 降低承载力

(4) 增加矫正工序

(5) 提高制造成本

P59, 一、焊接检验方法分类

焊接检验方法分类		检验方式
(一) 破坏检验	力学性能试验 【2018年单选】	拉伸试验、冲击试验、 硬度试验、 断裂性试验、疲劳试验
	弯曲试验 【2018年单选】	
	化学分析试验	化学成分分析、 不锈钢晶间腐蚀试验、 焊条扩散氢含量测试
	金相试验	宏观组织、微观组织
	焊接性试验、焊缝电镜	

焊接检验方法分类		检验方式
(二) 非破坏性试验	外观检验	
	无损检测 2020年案例	渗透检测PT、磁粉检测MT 超声检测UT、射线检测 RT 等
	耐压试验 和泄漏试验	见管道、容器试验

二、焊接过程质量检验

P59-60, (一) 焊接前检验 【案例（小标题阅读）】

1. 母材和焊材
2. 零部件主要结构尺寸
4. 坡口清理检查
3. 组对质量
5. 焊接前确认

上面 5 点中，**组对后、焊接前确认**为质量控制点。

P60, (二) 施焊过程检验

施焊过程检验就是检查：是否执行了焊接工艺，以及——

1. 定位焊缝
应清除定位焊缝渣皮后进行检查定位焊缝表面质量。

2. 焊接线能量

线能量计算公式=（电流 x 电弧电压）/焊接速度 【2019 多选】

3. 多层焊道

每层焊道完成后，应立即进行清理并进行外观检查，合格后才能进行下一层的焊接。

4. 后热

对规定进行后热的焊缝，应检查**①加热范围②后热温度③后热时间**，并形成记录。

P61, 表 1H412034

常用焊接接头无损检测方法及其适用范围【考前一周再看二遍】

检测方法 代号	适用范围		
	材料	焊接接头形式	透照厚度 (mm)
RT (射线)	金属材料	对接接头、角接头、管板角焊缝等	钢: < 38
UT (超声波)	金属材料	对接接头、T型焊接接头、角接头、堆焊层等	容器: 6-500 管道: 6-150
MT (磁粉)	铁磁性材料	对接接头、T型焊接接头、角接头等	
PT (渗透)	非多孔金属材料	不限制	

P61, (5) 焊缝内部无损检测

- 1) 立式圆筒形钢制焊接储罐壁钢板

最低标准屈服强度大于 390MPa 时，焊接完毕后至少经过 24h 后再进行无损检测；

- 2) 有延迟裂纹倾向的材料

应当至少在焊接完成 24h 后进行无损检测，

有延迟裂纹倾向的材料制造的球罐，

应当在焊接结束至少 **36 h** 后进行无损检测；

- 3) **对有再热裂纹倾向的材料**

应在热处理后增加一次无损检测。

1H413000 工业机电工程安装技术

1H413010 机械设备安装技术

P62,

3. 工业安装工程中设备基础可根据**施工质量控制**和**专业验收**需要,按**设备基础、楼层、施工段或变形缝**进行划分。【可以考 2 个选择题】

P63, **三、设备基础施工质量验收要求**

2. 设备基础混凝土强度的验收要求

(1)基础施工单位【通常是土建单位】应提供设备基础质量合格证明文件,

主要检查验收**①混凝土配合比②混凝土养护③混凝土强度**是否符合设计要求;**如果对设备基础强度有怀疑时,可请有检测资质的工程检测单位对基础的强度进行复测**

(2)重要的设备基础应做预压强度试验,应预压合格并有预压沉降详细记录。如大型锻压设备、汽轮发电机组、大型油罐。

P63, **3. *设备基础位置、标高、几何尺寸的验收要求**(1)基础的**位置、标高、几何**尺寸应符合设计图和现行国家标准《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB 50204—2015 的规定,并有验收资料或记录。

(2)设备基础位置和尺寸的主要检查项目 【以下均匀测量】

基础的坐标位置;不同平面的标高;平面外形尺寸;凸台上平面外形尺寸;凹槽尺寸;平面的水平度;基础的垂直度;

预埋地脚螺栓**①标高②中心距③露出基础的长度**;预埋地脚螺栓孔的**中心位置、深度和孔壁垂直度**;【2014 年案例】

预埋活动地脚螺栓锚板的标高、中心线位置、带槽锚板和带螺纹锚板的水平度等。

(3)检查基础坐标、中心线位置时,应沿纵、横两个方向测量,并取其其中的最大值。

P64, **5. 预埋地脚螺栓检查验收**

(5)安装胀锚地脚螺栓的基础混凝土强度不得小于 10MPa,基础混凝土或钢筋混凝土有裂缝的部位不得使用胀锚地脚螺栓。

6. 设备基础常见的质量通病【案例阅读,记熟悉】

- (1)基础上平面标高超差;
- (2)预埋地脚螺栓的位置、标高超差;
- (3)预留地脚螺栓孔深度超差。

P64, **一、机械设备安装的一般程序**

施工准备→设备开箱检查→基础测量放线→基础检查验收→
垫铁设置→设备吊装就位→设备安装调整→设备固定与灌浆→
设备零部件清洗与装配→润滑与设备加油→设备试运转→工程验收。

P65, (三) 设备基础测量放线

2. 机械设备就位前, 应按**工艺布置图**并依据——**相关建筑物轴线、边缘线、标高线**, 划定设备安装的基准线和基准点【2010 年多选】
3. 生产线的纵、横向中心线 以及主要设备的中心线应埋设永久性中心线标板, 主要设备旁应埋设永久性标高基准点, 使安装过程和生产维修均有可靠的依据;
例如: 烧结机的主轴线 (纵向中心线) 头部大星轮轴线 (横向中心线)

P65-66, (七) 设备安装调整

设备调整应根据设备技术文件或规范要求的精度等级,

调整——设备**自身和相互位置**状态,

【详见 P72 第 2-6 行】**形状误差与位置误差**【2015 年多选】

“**形状误差**”是指被测实际要素对其理想要素的变动量。

(≈自身的) 主要形状误差有直线度、平面度、圆度、圆柱度等。

“**位置误差**”是指关联实际要素的位置对基准的变动全量。

(≈相对概念) 主要位置误差有平行度、垂直度、倾斜度、同轴度、对称度

2. * **精度检测**, 是检测设备、零部件之间的**相对位置误差**,
如, **垂直度、平行度、同轴度**等。

3. 所有位置精度项和部分形状精度项, 涉及——**误差分析、尺寸链原理及精密测量**技术。

随着激光对中技术和计算机自动检测技术在**安装技术**上的应用, 安装精度得以大幅度提高。

P66, 2. 设备灌浆 (1) 设备灌浆分为一次灌浆和二次灌浆。

一次灌浆是——设备粗找正后, 对地脚螺栓预留孔进行的灌浆。

二次灌浆是——设备精找正、地脚螺栓紧固、检测项目合格后对设备底座和基础间进行的灌浆。

P66, **机械设备润滑**的主要作用有**(降低温度、减少摩擦、延长寿命)**。【2020 多选】

P68, 1. 螺纹连接件装配

(2) * **有预紧力要求的螺纹连接常用紧固方法——**

定力矩法、测量伸长法、液压拉伸法、加热伸长法。

2. 过盈配合件装配

过盈配合件的装配方法, 一般采用——**压入装配、低温冷装配和加热装配法,**

而在安装现场, 主要采用加热装配法【2021 年案例】。

3. 齿轮装配

(3) 用压铅法检查齿轮啮合间隙时，铅丝直径不宜超过顶间隙的 3 倍，铅丝的长度不应小于 5 个齿距，沿齿宽方向应均匀放置至少 2 根铅丝。

(4) 用着色法检查传动齿轮啮合的接触斑点，应符合下列要求：

- 1) 应将颜色涂在小齿轮上，在轻微制动下，用小齿轮驱动大齿轮，使大齿轮转动 3-4 转。
- 2) 圆柱齿轮和蜗轮的接触斑点，应趋于齿侧面中部；
圆锥齿轮的接触斑点，应趋于齿侧面的中部并接近小端；
齿顶和齿端棱边不应有接触。【2018 年单选题】
- 3) 略；4) 略；

P69 第 3 行，【案例阅读】

机械设备联轴器装配时，需要测量的项目有哪些内容？

答：需要测量①两轴心径向位移②两轴线倾斜③端面间隙

P69-70

1. * 地脚螺栓		
地脚螺栓类型	适用场合	如，
固定地脚螺栓 (短地脚螺栓)	与设备基础浇筑在一起， 用来固定没有强烈振动和冲击的设备	直钩螺栓 锚板螺栓等
活动地脚螺栓 (长地脚螺栓)	可拆卸的地脚螺栓 用来固定有强烈振动和冲击的设备	T形头螺栓 拧入式 对拧式
胀锚地脚螺栓	静置的简单设备、辅助设备	
粘接地脚螺栓	要求和胀锚地脚螺栓相同	

P70，胀锚地脚螺栓安装应满足下列要求

- 1) 胀锚地脚螺栓中心到基础边缘的距离不小于 7 倍的胀锚地脚螺栓直径。
- 2) 安装胀锚地脚螺栓的基础强度不得小于 10MPa。
- 3) 钻孔处不得有裂缝，钻孔时应防止钻头与基础中的钢筋、埋管等相碰。
- 4) 钻孔直径和深度应与胀锚地脚螺栓相匹配。

P70，一、机械设备安装精度

机械设备安装精度是指——安装过程中为保证整套装置正确联动所需的各独立设备之间的①位置精度；单台设备通过合理的安装工艺和调整方法能够重视的②制造精度；整台（套）设备在使用中的③运行精度等三个方面的精度。

P71-72，二、影响设备安装精度的因素有——

设备基础、垫铁、设备灌浆、地脚螺栓、设备制造、测量误差、环境等因素

设备基础因素	强度不够、 沉降不均匀、抗振性能不足
垫铁	承载面积、接触情况
设备灌浆	强度、密实度
地脚螺栓因素	紧固力、垂直度
设备制造	加工精度和装配精度
测量误差【2014年多选】	仪器精度、基准精度、测量人员误差
环境因素	略

P71, (五) 设备制造

* 解体设备的装配精度将直接影响设备的运行质量包括——

①各运动部件之间的相对运动精度②配合面之间的配合精度③接触质量
现场组装大型设备各运动部件之间的相对运动精度包括——

① 直线运动精度②圆周运动精度③传动精度等，

P71-72, (六) 测量误差

测量过程包括的要素—— 测量对象、计量单位、测量方法、测量精度【案例阅读】

P72, 4. 设备检测基准的选择【案例阅读】

设备检测基准的选择直接关系到整台设备安装、找正、找平的质量。

(1) 应选择在正确的部位。通常在加工面或轴线上检测，

如设备底座、机身、壳体、机座、床身、台板、基础板、机械轴等加工面。

(2) 当设备有多个加工面和轴线时，应选择在主要工作面或主要工作轴线上。

检测应减少中间环节，避免积累偏差。

检测应注意环境的影响，例如：日照温度、风力等因素的影响。

P72, (七) 环境因素

◆气温升高时，上部温度比下部温度高，设备基础中间上拱；

◆气温下降时，上部温度比下部温度低，设备基础中间下陷。

三、安装精度的控制方法 (一) 提高安装精度的方法

P73, 4. 必要时选用修配法，对补偿件进行补充加工，抵消过大的安装累积误差。

【2010 年单选】

5. 设备安装允许有一定的偏差，有些偏差有方向性……

……当设备技术文件中无规定时，可按下列原则进行——

(1) 有利于抵消设备附属件安装后重量的影响；

(2) 有利于抵消设备运转时产生的作用力的影响；

(3) 有利于抵消零部件磨损的影响；

(4) 有利于抵消摩擦面间油膜的影响

P73, (二) 提高安装偏差方向的控制

1. 补偿温度变化所引起的偏差

例如：汽轮机、干燥机、发电机、鼓风机、电动机这类机组的联轴器装配定心时，应考虑温差的影响，控制安装偏差的方向。

调整两轴心径向位移时——汽轮机、干燥机（运行中温度高）应低于发电机、鼓风机、电动机（运行温度低的）；

调整两轴线倾斜时——上部间隙小于下部间隙；

调整两端面间隙时——选择较大值，

1H413020 电气工程安装技术

P74, 二、配电装置柜体的安装要求

1. 基础型钢的安装垂直度、水平度允许偏差，位置偏差及不平行度，基础型钢顶部平面，应符合规定。基础型钢的接地应不少于两处，且连接牢固，导通良好。

2. 柜体的接地应牢固、可靠，以确保安全。

装有电器的柜门应以截面积 $\geq 4\text{mm}^2$ 裸铜软线与金属柜体可靠连接。

【注意】，此处二级和一级考点不同，一级考试要按一级教材】

3. 将柜体按编号顺序分别安装在基础型钢上，再找平找正。

柜体安装垂直度允许偏差不应大于 1.5%（千分之 1.5）、

相互间接缝不应大于 2mm、成列盘面偏差不应大于 5mm。

4. 柜体安装完毕后，每台柜体均应单独与基础型钢做接地保护连接，

5. 安装完毕后，还应全面复测一次，并做好柜体的安装记录。

P75, 四、配电装置送电运行验收

(一) 送电前准备工作

1. 送电验收前需要准备的工器具——【案例阅读】

备齐合格的验电器、绝缘靴、绝缘手套、临时接地编织铜线、绝缘胶垫、灭火器材等。……

(三) 送电验收【受电步骤——】

合高压进线开关，检查高压电压是否正常；→合变压器柜开关，检查变压器是否有电，→合低压柜进线开关，查看低压电压是否正常。→分别合其他柜的开关。

3. 空载运行 24h，无异常现象，办理验收手续，交建设单位使用。【可以提前交工】

【结合第二章】进度安排上：配电房宜优先安排。

配电装置验收，施工单位需提交以下技术资料【案例阅读】——

①施工图纸②施工记录③产品合格证说明书④试验报告单

P 76-77, (六) 变压器的交接试验, 【2012、2017、2020 案例，选择题继续】

1. 绝缘油试验或 SF6 气体试验 2. 测量绕组连同套管的直流电阻

3. 检查所有分接的电压比 4. 检查变压器的三相联接组别

5. 测量铁芯及夹件的绝缘电阻 6. 测量绕组连同套管的绝缘电阻、吸收比

7. 绕组连同套管的交流耐压试验 8. 额定电压下的冲击合闸试验

9. 检查相位 10. 【补充】局部放电测试

P78-79, 3. 电动机的干燥

(1) 下列情形需要干燥:

≤1KV 电机使用 500~1000V 摇表, 绝缘电阻值小于 $1\text{M}\Omega/\text{KV}$ 。

还要注意【对于 380V 的异步电动机, 绝缘电阻不低于 $0.5\text{M}\Omega$ 】

>1KV 电机使用 2500V 摇表——定子绕组绝缘电阻小于 $1\text{M}\Omega/\text{KV}$;

转子绕组绝缘电阻小于 $0.5\text{M}\Omega/\text{KV}$;

转子绕组吸收比 (R_{60}/R_{15}) 试验, 吸收比不小于 1.3。

(2) 干燥方法①外部加热如, 灯泡加热法②电流加热

P79, **(3) 电机干燥时注意事项**

1) 在干燥前应根据电机受潮情况制定烘干方法及有关技术措施。

2) 烘干温度缓慢上升, 一般每小时的温升控制在 $5\sim 8^{\circ}\text{C}$ 。

3) 干燥最高允许温度应按绝缘材料的等级来确定,

一般铁芯和绕组的最高温度应控制在 $70\sim 80^{\circ}\text{C}$ 。

4) 干燥时不允许用水银温度计测量温度, 应用酒精温度计、电阻温度计或温差热电偶。

5) 定时测定并记录 绕组的绝缘电阻、绕组温度、干燥电源的电压和电流、环境的温度。

测定时一定要断开电源, 以免发生危险。

6) 当电动机绝缘电阻达到规范要求, 在同一温度下经 5h 稳定不变后认定干燥完毕。

P79, **(四) 电动机试运行**

1. 试运行前检查

(1) 应用 500V 兆欧表测量电动机绕组的绝缘电阻。380V 的异步电动机应不低于 $0.5\text{M}\Omega$ 。

(2) 检查电动机安装是否牢固, 地脚螺栓是否全部拧紧。

(3) 电动机的保护接地线必须连接可靠,

接地线(铜芯)的截面不小于 4mm^2 , 有防松弹簧垫圈。【2019 案例】

(6) 通电检查电动机的转向是否正确。【严格讲, 这部分属于运行中的检查内容】
不正确时, 在电源侧或电动机接线盒侧任意对调两根电源线即可。【2021 年案例】

(7) 对于绕线型电动机还应检查滑环和电刷。

P80, **2. 试运行中的检查【2021 案例, 2022 选择题继续】**

(1) 电动机的旋转方向应符合要求, 无杂声;

(2) 换向器、滑环及电刷的工作情况正常;

(3) 检查电动机温度, 不应有过热现象;

(4) 振动(双振幅值)不应大于标准规定值;

(5) 滑动轴承温升和滚动轴承温升不应超过规定值;

(6) 电动机第一次启动一般在空载情况下进行, 空载运行时间为 2h 并记录电动机空载电流。

P80, (二)基础施工要求

1. 电杆基础坑深度允许偏差应符合设计要求。
2. 双杆基坑根开的中心偏差不应超过 30mm，两杆坑深度偏差不应大于 20mm。
3. 电杆基坑采用**底盘**时，底盘的圆槽面应与电杆中心线垂直，找正后应填土夯实至底盘表面。
4. 电杆基础采用**卡盘**时，安装前应将其下部土壤分层夯实。安装位置、方向、深度应符合设计要求。

电杆三盘——**底盘、卡盘、拉线盘**

【比对一起看】

架空线路施工一般程序

施工测量→基础施工→杆塔组立→放线施工→导线连接→线路试验→竣工验收检查

混凝土杆整体组立的步骤

电杆焊接【或，内、外法兰连接】→组装横担和绝缘子→立杆准备→整体立杆

P80-81, 2. (输电线路) 铁塔组立

铁塔的组立方法分为两大类：整体组立法和分解组立法。

整体组立法包括——倒落式人字抱杆法、座腿式人字抱杆法等。

分解组立法包括——内、外拉线抱杆分解组塔、倒装组塔等。

根据**现场地形及确定的立塔方法**来确定地面组装方法

内拉线抱杆分解组塔法特点——**【案例阅读】**

- 不受铁塔周围地形的影响，
- 减少了因设置锚桩所需要的工具及工作量。
- 其次可以同时进行双吊，提高了施工效率。

P81, (五) 导线连接要求 **【2010 多选、2013 多选、2016 案例】**

1. 每根导线在**每一个档距内只准有一个接头**，但在跨越公路、河流、铁路、重要建筑物、电力线和通信线等处，导线和避雷线均**不得有接头**。
2. 不同材料、不同截面或不同捻回方向的导线连接，**只能在杆上跳线内连接**。
3. 接头处的机械强度**不低于导线自身强度的 90%**。**【二级考生注意】**
电阻不超过 同长度 导线电阻的 1.2 倍。
4. 耐张杆、分支杆等处的**跳线连接**，可以采用**T 形线架和并沟线夹连接**。
5. 架空线的压接方法，可分为——**钳压连接、液压连接和爆压连接**

(六) 线路试验

P81-82, 线路试验内容【6 个小标题, 2016 年案例, 2022 案例继续】

1. 测量绝缘子和线路的**绝缘电阻**
2. 测量 35kV 以上线路的工频参数【35Kv 以下不选】
3. 检查线路各相两侧的**相位**
4. 冲击合闸试验 (验收检查时, 冲击 3 次无问题, P82,)
5. 测量杆塔的**接地电阻值**
6. 导线接头(质量)测试

【补充】7. 高压线路的局部放电测试

8. 线路耐压试验(直流耐压试验)

【选择题的题型考法举例】

下列试验项目中, 橡塑(三芯)电力电缆可不试验的项目是(D)。

- A. 局部放电测量 B. 交流耐压试验 C. 两端相位检查 D. 交叉互联试验

P82, **6. 导线接头**(质量)测试【案例阅读】

(1) **电压降法**

正常的导线接头两端的电压降, 一般不超过同样长度导线的电压降的 1.2 倍。

(2) **温度法**(红外线测温仪测)

可距被测点一定距离外进行测温, 通过导线接头温度的测量, 来检验接头的连接质量。

(一) 室外电缆线路敷设的要求

P82, **1. 直埋电缆敷设要求**

(1) 直埋电缆的**埋深应不小于 0.7m, 穿越农田时应不小于 1m。**

在引入建筑物、与地下建筑物交叉及绕过地下建筑物处可浅埋, 但应采取保护措施。

(2) **直埋电缆**一般(应)使用铠装电缆。

在铠装电缆的金属外皮两端要可靠接地, 接地电阻**不得大于 10Ω。**

(3) 电缆敷设后, 上面要铺 100mm 厚的**软土或细沙**, 再盖上混凝土保护板, 覆盖宽度应超过电缆两侧以外各 50mm, 或用砖代替混凝土保护板。

(4) **直线段每隔 50—100m 处、电缆接头处、转弯处、进入建筑物等处,**
应设置明显的方位标志或标桩。【案例阅读】

(5) 电缆中间接头盒外面要有铸铁或混凝土保护盒。

接头下面应垫以混凝土基础板, **长度要伸出接头保护盒两端 600—700mm。**

(6) 电缆引入建筑物、隧道时, 要穿在管中, 并将管口堵塞, 防止渗水。

(7) 电缆互相交叉, 与非热力管和管道交叉, 穿越公路时,
都要穿在保护管中, 保护管长度超出交叉点 1m, 交叉净距不应小于 250mm,
保护管内径不应小于电缆外径的 1.5 倍。

(8) 严禁将(直埋)电缆平行敷设于 管道的上方或下方。

P82-83, 2. 电缆排管敷设要求

(1) 电缆排管的敷设

1) 电缆排管可用钢管、塑料管、陶瓷管、石棉水泥管或混凝土管，

但管内必须光滑。【所以——钢管不能采用对口焊接】

2) 按需要的孔数将管子排成一定形式，管子接头要错开，并用混凝土浇成一个整体，

3) 孔径一般应不小于电缆外径的 1.5 倍

敷设 电力电缆的排管孔径应不小于 100mm

控制电缆排管孔径应不小于 75mm。

4) 埋入地下排管顶部至地面的距离，人行道上应不小于 500mm；一般地区应不小于 700mm。

5) 在直线距离超过 100m、排管转弯和分支处都要设置排管电缆井；

排管通向井坑应有不小于 0.1% 的坡度，以便管内的水流入井坑内。

6) 敷设在排管内的电缆，应采用铠装电缆。

P83, 3. 电缆沟或隧道内电缆敷设的要求

电力电缆和控制电缆不应配置在同一层支架上。分层敷设时，高压在上，低压在下；

控制电缆，在普通支架上，不宜超过 1 层；

桥架上不宜超过三层。

交流三芯电力电缆，在普通支架上不宜超过一层；

桥架上不宜超过二层。

交流单芯电力电缆，应布置在同侧支架上；

当按紧贴的正三角形排列时，应每隔 1 米用绑带扎牢。

【考点补充-课程没讲】P83 倒数第 6 行

(7) 电缆封端应严密，并根据要求做绝缘试验。

6kV 以上的电缆，应做交流耐压和直流泄漏试验；

1kV 以下的电缆用兆欧表测试绝缘电阻，并做好记录。

P84, (三) 电缆线路绝缘电阻测量和耐压试验

1. 电缆线路绝缘电阻测量 【案例阅读】

(1) 1kV 及以上的电缆可用 2500V 的兆欧表测量其绝缘电阻。

不同电压等级电缆的最低绝缘电阻值应符合规定。

(2) 电缆线路绝缘电阻测量前，用导线将电缆对地短路放电。

当接地线路较长或绝缘性能良好时，放电时间不得少于 1min。

(3) 测量完毕或需要再测量时，应将电缆再次接地放电。

(4) 每次测量都需记录环境温度、湿度、绝缘电阻表电压等级及其他可能影响测量结果的因素，对测量结果进行分析、比较，正确判断电缆绝缘性能的优劣。

2. (电力电缆) 耐压试验

(1) 耐压试验用直流电压进行试验，试验电压标准应符合要求。

(2) 在进行直流耐压试验的同时，用接在高压侧的微安表测量泄漏电流。……

P84-85, (一) 输电线路的防雷措施

1. 架设接闪线	使雷直接击在接闪线上, 保护输电导线不受雷击,
2. 增加绝缘子串的片数 加强绝缘	当雷电落在线路上, 绝缘子串 不会有闪络
3. 减低杆塔的接地电阻	减低杆塔的接地电阻可快速将雷电流泄入地下, 不使杆塔电压升太高, 避免绝缘子被反击而闪络 (~有分流作用)
4. 装设管型接闪器 或 放电间隙	以限制雷击形成过电压
5. 装设自动重合闸	预防由雷击造成输电线路停电【2014单选】
6. 消弧圈接地	使单相雷击的接地故障电流能被消弧圈所熄弧, 从而故障被自动消除。

7. 各电压等级输电线路, 接闪线线的设置

电压等级	防雷方式
500kV及以上	装设双接闪线, 且输电线路愈高, 保护角愈小
220~330kV	装设双接闪线, 保护角为20~30°
110kV	①一般沿全线装设接闪线 ②在雷电特别强烈地区采用——双接闪线 ③在少雷区, 可不设接闪线, 【2013年单选】 但杆塔仍应随基础接地

(三) 工业建筑物和构筑物防直接雷的要求

- 有爆炸危险气体、蒸汽或粉尘的放散管、呼吸阀、排风管等, 管顶上或其附件的接闪针针尖**应高出管顶 3m 以上**
- 装设均压环, 可利用电气设备的接地干线, 与建筑物和构筑物内的金属结构和金属设备相连。

P85, (二) 接闪器的试验

【2020 年多选, 2022 继续; 本课件按知识点作了重新排版】

FS 型阀式接闪器的试验——【变电站——通常采用阀型接闪器】

①测绝缘电阻②测泄漏电流③测工频放电电压

金属氧化物接闪器的试验——【发电厂发电机——采用金属氧化物接闪器】

①测绝缘电阻②测泄漏电流③测持续电流④测工频参考电压或直流参考电压。

磁吹接闪器测量——交流电导电流

【单选题-题型考法了解】

* 金属氧化物接闪器安装后, 续测量金属氧化物接闪器的 (A)。

A. 测量持续电流 B. 测量交流电导电流 C. 测量泄漏电流 D. 放电电流

三、接地装置的安装要求

P85-86, (一) 接地极的安装要求

1. 金属接地极的安装

(1) 金属接地极采用——**镀锌角钢、镀锌钢管、铜棒或铜排等金属材料**，按照一定的技术要求，通过现场加工制作而成。

(2) 接地极分垂直接地极和水平接地极二种。制作安装应符合设计要求。

(3) 挖接地沟时应根据设计要求进行。

接地沟的中心线与建筑物的基础或构筑物的基础距离**不小于 2 米**，

独立避雷针的接地装置与重复接地之间距离**不小于 3m**。

P86, 2. 接地模块

(1) 接地模块是**导电能力优越的非金属材料**，经复合加工而成。

(2) 接地模块的安装除满足有关规范的规定外，还应参阅制造厂商提供的有关技术说明。

通常接地模块顶面埋深**不应小于 0.6m**。接地模块间距不应小于模块长度的 3-5 倍。

(详见建安 P182, 接地模块知识点工业建安通用)

四、爆炸和火危险环境的接地要求

P86, (一) 在有爆炸性气体的环境中电气设备接地的要求

1. 电气设备的金属外壳应可靠接地。

2. 1 区内的所有电气设备（包括照明灯具）、2 区内除照明灯具外，应采用专门的接地线。

3. 接地干线应在爆炸危险区域内不同的方向不少于二处与接地体连接。

4. 电气设备的接地装置**与独立的避雷针的接地装置应分开设置；**
与建筑物上的避雷针接地装置可合并设置。

(三) 在有火灾危险的环境中电气设备接地要求

1. 电气设备的金属外壳应可靠接地。

2. 接地干线应有不少于两处与接地体相连。

P86-87, 五、防静电接地装置的要求

1. 防静电的接地装置**可与**防感应雷和电气设备的接地装置**共同设置**。

2. **设备、机组、储罐、管道等的防静电接地线，应单独与接地体或接地干线相连**，除并列管道外不得互相串联接地（=**并列管道可串联接地**✓）。

2. 防静电接地线的安装，应与设备、机组、储罐等固定接地端子或螺栓连接，**连接螺栓不应小于 M10**，并有防松装置和**涂以电力复合脂**。

4. 容量为 50m³ 及以上的储罐，**其接地点不应少于两处，且接地点的间距不应大于 30m**，并应在罐体底部周围对称与接地体相连，**接地体应连接成环形的闭合回路**。

1H413030 管道工程安装技术

P87,

一、工业管道的分类

按管道设计压力分类（压力参数新增）【按数轴记】

压力容器（P24）就高，管道就低



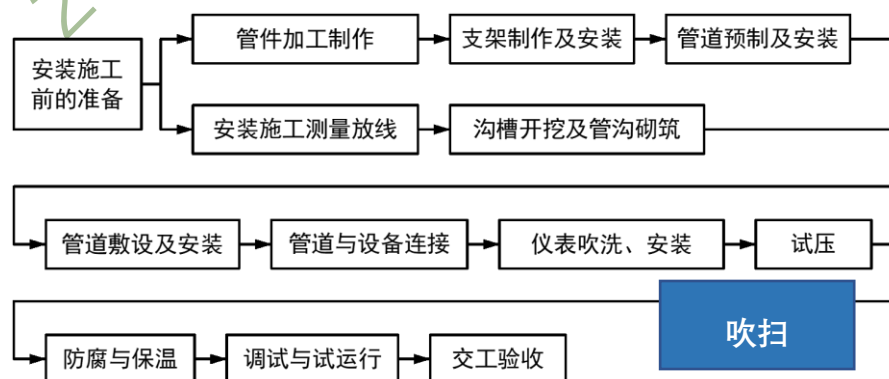
P24, 常压设备 (0-0.1MPa)

P88, 4. 按管道输送介质的性质分类

按管道输送介质的性质如腐蚀性、化学危险性、凝固性的不同, 共分为五类

	介质种类	对管道的要求 (新增)
汽水介质管道	过热水蒸气、饱和水蒸气和冷热水。	根据工作压力和温度进行选材, 保证管道有足够的——机械强度和耐热的稳定性
腐蚀性介质管道	硝酸、硫酸、盐酸、磷酸、苛性碱、氯化物、硫化物等	所用管材必须具有——耐腐蚀的化学稳定性
化学危险品介质管道	毒性介质, 可燃与易燃易爆介质 及 窒息性、刺激性、腐蚀性介质	足够的机械强度, 密封性好, 安全性好, 放空与排泄快
易凝固、沉淀介质管道	重油、沥青、苯、尿素溶液	用管外保温的方法来保持介质温度; 【目的】使液体粘性变小, 提高输送效率。
含有粒状物料介质的管道	一些粒状物料的水固混合物或气固混合物介质	管道受阻部件和转弯处应做成便于介质流动的形状

P88-89, (一) 工业管道安装的施工程序



P88-89, (二) 工业金属管道安装要求

7. 无损检测和焊后热处理的管道, 在管道轴测图上准确标明焊接工艺信息——焊缝位置、焊缝编号、焊工代号、无损检测方法、无损检测焊缝位置、焊缝补焊位置、热处理和硬度检验的焊缝位置、检测时间等。

(一) 工业管道的基本识别色、识别符号和安全标识

P89, 1. 基本识别色(8类)

例如: 水是艳绿色, 水蒸气是大红色, 可燃液体是棕色, 其他液体是黑色, 空气是淡灰色, 气体是中黄色, 氧是淡蓝色, 酸或碱是紫色,

2. 工业管道的识别符号组成——物质名称、流向、主要工艺参数等

3. 危险标识 凡属危险化学品应设置危险标识

标识方法是在管道基本标识色的标识上或附近涂 150mm 宽黄色, 在黄色两侧各涂 25mm 宽黑色的色环或色带。

工业消防专用管道标识“消防专用”

(二) 工业金属管道安装前的检验【高频考点】

P90, 1. 管道元件及材料的检验

(1) 管道元件及材料应有取得制造许可的制造厂的产品质量证明文件。

3) 对管道元件或材料性能数据有异议, 异议未解决前不得使用【2018 年单选】

(3) 以下管道组成件安装前应采用光谱分析对材质进行复查

①铬钼合金钢②含镍合金钢③镍及镍合金④不锈钢⑤钛及钛合金并做好标记
材质为不锈钢、有色金属的管道组成件及管道支承件, 在运输和储存期间不得与碳素钢、低合金钢接触。

P90-91, 2、阀门检验 【2017 案例】

阀门应进行①壳体压力试验②密封试验 以洁净水为试验介质;

不锈钢阀门试验时, 水中的氯离子含量不得超过 25ppm (25×10^{-6}); 【不超过百万分之 25】

阀门的壳体试验压力为阀门在 20℃时最大允许工作压力的 1.5 倍;

阀门的密封试验为阀门在 20℃时最大允许工作压力的 1.1 倍;

试验时间不得少于 5min,

无特殊规定时, 试验温度为 5-40℃; 低于 5℃, 应采取升温措施。

安全阀——进行整定压力调整和密封试验,

委托有资质的检验机构完成安全阀校验应做好记录、铅封, 并出具校验报告。

(三) 管道安装技术要点P91, 2. 管道敷设与连接 **【案例阅读】**

(1) 管道的坡度、坡向及管道组成件的安装方向符合设计规定。

(2) 埋地管道安装应在支承地基或基础检验合格后进行,

埋地管道防腐层的施工应在管道安装前进行。**在管道焊接连接处需预留 100-200mm 左右长度,**待管道安装完毕且试压合格(如焊口的焊接质量需要进行探伤检测的,还必须完成此项工作)后再进行局部防腐处理。(3) 管道连接时, **不得**强力对口,端面的间隙、偏差、错口或不同心等缺陷**不得采用**加热管子、加偏垫等方法消除。

(4) 管道采用法兰连接时, 法兰密封面及密封垫片不得有划痕、斑点等缺陷;

法兰连接应与钢制管道同心, 螺栓应能自由穿入, 法兰接头的歪斜不得用强紧螺栓的方法消除; 法兰连接应使用同一规格螺栓, **安装方向应一致, 螺栓应对称紧固。****【2020 年多选】**

管道试运行, 热态紧固或冷态紧固应符合下列规定:

1) 钢制管道热态紧固、冷态紧固温度应符合规范要求,

如工作温度**大于 350℃时,**

一次热态紧固温度为 350℃, 二次热态紧固温度为工作温度;

如工作温度**低于-70℃时,**

一次冷态紧固温度为-70℃, 二次冷态紧固温度为工作温度。

2) 热态紧固或冷态紧固应在**达到工作温度 2h 后**进行。

3) 紧固螺栓时, 钢制管道最大内压应根据设计压力确定。

当设计压力小于或等于 6.0MPa 时, 热态紧固最大内压应为 0.3MPa;

当设计压力大于 6.0MPa 时, 热态紧固最大内压应为 0.5MPa。

冷态紧固应在卸压后进行。

4) 紧固时, 应有保护操作人员安全的技术措施。

(6)

管道与机械设备连接前, 应在 自由状态下 检验法兰的 平行度和同轴度 偏差应符合规定要求。

P92, **(8) 伴热管与夹套管安装应符合下列规定**

1) 伴热管与主管平行安装, 并应能自行排液。

当一根主管需多根伴热管伴热时, 伴热管之间的相对位置应固定。

2) **不得将伴热管直接点焊在主管上;****对**不允许与主管直接接触的伴热管, 在伴热管与主管间应设置隔离垫;**【即, 伴热管可以与主管直接接触】**伴热管经过主管法兰、阀门时, 应设置可拆卸的连接件。

3) 夹套管外管剖切后安装时, 纵向焊缝应设置于易检修部位

4) 夹套管支承块的材质应与主管内管材质相同,支承块不得妨碍管内介质流动。

P92-93, 3. 管道保护套管安装

套管安装时的要求:

- (1) 管道焊缝不应设置在套管内;
- (2) 穿越墙体的套管长度不得小于墙体厚度;
- (3) 穿越楼板的套管应高出楼面【30--50mm】; (建安: 20mm; 卫生间和厨房 50mm)

【实务操作补充】穿越楼板设阻火圈

- (4) 穿越屋面的套管应设置防水肩和防水帽;
- (5) 管道与套管之间应填塞对管道无害的不燃材料。
- (6) 一般刚性套管管壁厚度不得小于 1.6mm。
- (7) 套管安装完成后, 需对其安装位置、标高进行复核并办理隐蔽验收。
- (8) 需对套管两端口做临时封堵措施, 避免混凝土浇筑时进入套管内。

P93, 5. 支吊架安装

- (1) 固定支架应在补偿器预拉伸之前固定。
- (2) 无热位移的管道, 其吊杆应垂直安装。
有热位移的管道——吊点 (不是生根点) 应设在位移的相反方向, 按位移值的 1/2 偏位安装。
- (3) 导向支架或滑动支架其安装位置应从支承面中心向位移反方向偏移, 偏移量应为位移值的 1/2 或符合设计文件规定。
- (4) 弹簧应调整至冷态值, 定位销 (块) 应待 系统安装、试压、绝热完毕后 方可拆除。
- (5) 吊架的固定点如果设置在混凝土梁上时,
在小梁上的固定点位置, 其距离梁底部的距离应大于 100mm;
在大梁上的固定点位置, 应设置在梁垂直中心线上部。
【实务操作注意】吊架不得焊接在结构混凝土内的钢筋上, 这是强制规定。

P93, 6. 静电接地安装

静电接地安装应符合规定

- (1) 有静电接地要求的管道, 各段管子间应导电。
例如: 每对法兰或螺纹接头间电阻值超过 $0.03\ \Omega$ 时, 应设导线跨接。
管道系统的对地电阻值超过 $100\ \Omega$ 时, 应设两处接地引线。静电接地引线宜采用焊接形式。
- (2) 有静电接地要求的钛管道及不锈钢管道,
导线跨接或接地引线不得与钛管道及不锈钢管道直接连接, 应采用同材质连接板过渡。
- (3) 静电接地安装完毕后, 必须进行测试, 电阻值超过规定时, 应进行检查与调整。

(四) 热力管道安装

P94, 1. 热力管道通常采用 —— ①架空敷设②地沟敷设
坡度要求为了避免噪声, 蒸汽管道的坡度与介质的流向应该相同;
室内管道的坡度为 0.002; // 室外管道的坡度为 0.003。

常年供气的可不设坡度, 但要设疏水器, 安装在以下位置 【2021 年单选】

- ①管道的最低点可能集结冷凝水的地方
- ②流量孔板的前侧 (=孔板流量计的进水一侧)
- ③其他容易积水处。

P94, 2. (热力管道) 补偿装置安装要求

(2) 补偿器竖直安装要求。

(当) 补偿器竖直安装时——

如管道输送的介质是热水, 应在补偿器的最高点安装放气阀, 在最低点安装放水阀。

如果输送的介质是蒸汽, 应在补偿器的最低点安装疏水器或放水阀。

(3) 【热力管道的补偿器与支架】

●两个补偿器之间 (一般为 20—40m) 应设置固定支架, 【2012 年单选】

每一个补偿器两侧 (指远的一端) 应设置固定支架。固定支架受力很大, 安装时必须牢固。

●两个固定支架的中间应设**导向支架**, 导向支架应保证使管子**沿着规定的方向**作自由伸缩。【位移的反方向】

●补偿器两侧的**第一个支架应为活动支架**,

设置在距补偿器弯头弯曲起点 0.5—1m 处, **此处不得设置导向支架或固定支架**。

P94, **3. (热力管道) 支架、托架安装**

(1) 管道的底部应用点焊的形式装上高滑动托架, 托架高度稍大于保温层的厚度, 安装托架两侧的导向支架时, 要使**滑槽与托架之间有 3—5mm 的间隙**。

(2) 安装导向支架和活动支架的托架时

应考虑支架中心与托架中心一致, 不能使活动支架热胀后偏移, 【?】

【师说】正确表述应该是——**安装活动支架时**应考虑支架中心与托架中心一致,

不能使活动支架热胀后偏移; 导向支架需要有偏移量的;

安装导向支架时, 支架中心与托架中心有偏移量的。

靠近补偿器两侧的几个 (导向) 支架安装时应装偏心, 其偏心的长度应是该点距固定点的管道热伸量的一半。

偏心的方向都应以补偿器的中心为基准。

(3) **弹簧支架**一般安装在垂直膨胀伸缩而无横向膨胀伸缩之处。

弹簧吊架一般安装在垂直膨胀的横向、纵向均有伸缩处。

P95, **3. * 管道工厂化预制技术的适用范围【案例阅读】**

管道工厂化预制技术, 其通常应用于——

管径 **DN100~DN600** 的碳钢、不锈钢以及合金钢等的材质的管道预制,

在完成预制后, 要确保其**长度不超过 15m, 并保证吊装的回转半径不超过 7m**。

如果是超过 DN600 的管道,

若进行预制, 会使运输成本变高, 还会在一定程度上提升吊装的成本。

P95 倒数第 4 行， 2. 制定预制工艺

(1) 制定流水预制操作工艺。根据管道不同的**连接方式**，确定预制工艺。

管道预制有以下主要工序——【可以考案例补缺】

管道下料（机械、火焰切割）；

煨弯；

管道加工（套丝、滚槽、坡口）；

连接（螺纹、粘接、焊接）；

焊接、热处理；检验（尺寸复测、试压等）；

清理、涂装防护、标识编号、仓储。

三、长输管道施工程序

长输管道是指产地、储存库、用户间的长距离输送油、气介质的管道。

（按特种设备安全法中的分类，为 GA 类）

（一）长输管道**施工前的准备工作**

1. 技术准备

2. 人力物质准备

3. 机具设备准备

4. 物质准备（施工材料）

5. 现场准备

通用

P96， （二）* 长输管道施工程序【案例思考：有哪些关键工序】

长输管道一般采用**埋地弹性**敷设方式。

其主要施工程序是——

线路交桩→测量放线→施工作业带清理及施工便道修筑→管道运输→

管沟开挖→布管→清理管口（坡口质量）→**组装焊接**→焊接质量检查与返修→

补口检漏补伤【补的是防腐层】→**吊管下沟**→**管沟回填**→**三桩埋设**→阴极保护→

通球试压测径→**管线吹扫、干燥**→**连头（碰死口）**→地貌恢复→**水工保护**→竣工验收。

P97， （一）**管道系统试验的主要类型**【案例阅读】

压力试验、泄漏性试验、真空度试验。

1. **压力试验** 以液体或气体为介质，以检查管道系统的**强度和严密性**。

2. **泄漏性试验** 以气体为介质，检查管道系统中的泄漏点。

3. **真空度试验** 对管道抽真空，使管道系统内部成为负压，以检验管道系统在规定时间内**的增压率，检验管道系统的严密性**。

二、管道压力试验的规定（要求）及实施要点

P97， （一）**管道压力试验的一般要求**【阅读了解】

1. 试验介质的要求

压力试验**宜以液体为试验介质**，

当管道的设计压力小于或等于 0.6MPa 时，**可采用气体为试验介质**，但应采取可靠、有效的安全措施。

当管道材质为不锈钢管、镍及镍合金管道，或对连有不锈钢管、镍及镍合金管道或设备的管道——**液体中氯离子含量不得超过 25ppm (25×10^{-6})**。

4. 试验过程发现泄漏的处理要求

试验过程发现世漏时，**不得带压处理**。消除缺陷后应重新进行试验。【2019 案例】

P98, (二) 管道压力试验的替代形式及规定

1. 气压试验代替液压试验

当管道的设计压力大于 0.6MPa 时, **设计和建设单位认为** 液压试验不切实际时, 可按规定的气压试验代替液压试验。

2. 液压试验代替气压试验的规定

用液压试验代替气压试验时应经过 **设计和建设单位同意并符合规定**。

3. 代替现场压力试验的方法

现场条件不允许进行液压试验的情况——

- ① 水压试验会损害衬里或内部保温;
- ② 会使生产过程污染、造成腐蚀;
- ③ 设计未考虑充水负荷;
- ④ 生产不允许痕迹水存在;

经 **建设单位** 批准后, 方得以 **按规定的气压试验代替液压试验**。

现场条件不允许进行气压试验的情况——

受潮无法操作, 环境温度低招致脆裂, **且** 由于低温又不能进行气压试验时, **经过设计和建设单位同意**, 可同时采用下列方法代替现场压力试验:

- (1) 所有环向、纵向对接焊缝和螺旋缝焊缝应进行 100% 射线检测 **和** 100% 超声检测。
- (2) 除环向、纵向对接焊缝和螺旋缝焊缝以外的所有焊缝应进行 100% 渗透检测 **或** 100% 磁粉检测。
- (3) *由设计单位进行管道系统的 **柔性分析**。【2020 年案例, 选择题继续】
- (4) 管道系统采用敏感气体或浸入液体的方法进行泄漏试验, 试验要求 **应在设计文件中明确规定**。
- (5) 未经液压和气压试验的管道焊缝和法兰密封部位, 可在生产车间配备相应的 **预保压密封夹具** 进行车间试压。

P98-99, **1. 管道系统液压试验的实施要点** **【阅读了解】**

- (2) 实验前, 注入液体时应排尽空气。
 - (3) 试验时环境温度不得低于 5℃,
 - (4) 承受内压的地上钢管及有色金属管道试验压力为设计压力的 1.5 倍;
埋地钢管的试验压力为 **设计压力的 1.5 倍, 且不得低于 0.4MPa** 【2021 年案例】
 - (5) 管道和设备试验压力不同, 作为一个系统进行压力试验 **【系统试验压力以“小”的为准。】** **【当设备试验压力大于管道试验压力的 77%, 经设计或建设单位同意后, 按设备试验压力进行。】**
 - (6) 试验应缓慢升压, 待达到试验压力, 稳压 10min, 再将试验压力降至设计压力稳压 30min, 检查压力表有无压降、管道所有部位有无渗漏。
- 2) 当液压试验环境温度低于 5℃ 时, 应采取防冻措施。
对位差较大的管道, 应计入试验介质的静压力,
液体管道的试验压力以最高点的压力为准, 但最低点的压力不得超管道组成件的承受能力。
【所以, 要二块压力表】

P99, 2. 管道气压试验的实施要点 【案例阅读】

采用的气体为——干燥洁净的空气、氮气或其他不易燃和无毒的气体；

- (1) 承受内压钢管及有色金属管试验压力应为——**设计压力的 1.15 倍**，

【2020 年案例，计算试验压力】

真空管道的试验压力应为 0.2 MPa

- (2) 试验时应装有压力泄放装置，**其设定压力不得高于试验压力的 1.1 倍**；

- (3) 试验前，应用试压气体介质进行预试验，试验压力宜为 0.2MPa。

- (4) 试验时，应逐步缓慢增加压力。

当压力升至试验压力的 50%时，如未发现异常或泄漏现象，

继续按试验压力的 10%逐级升压，每级稳压 3min，直至试验压力。

在**试验压力下稳压 10min**，再将压力降至设计压力进行检查，

采用发泡剂、显色剂、气体分子感测仪或其他手段检验无泄漏为合格

P99, 3. 管道泄漏性试验的实施要点

输送**①极度危害②高度危害介质③可燃介质的管道**应进行泄漏试验；

泄漏性试验应在**压力试验合格后进行**；

试验介质宜采用**空气、氮气或其他不易燃和无毒**的气体。

泄露性试验压力为设计压力；**可结合试车一并进行**；达到试验压力，稳压 10 分钟；

泄露试验重点检查的部位——

阀门填料函、法兰或者螺纹连接处、放空阀、排气阀、排水阀

【注意：没有——焊缝】

4. 管道真空度试验的实施要点 【阅读了解】

- (1) 真空系统在压力试验合格后，还应按设计文件要求进行 **24h** 的真空度试验。

- (2) 真空度试验按设计文件要求，对管道系统抽真空，

达到设计要求的真空度后，关闭系统，24h 后系统增压率不应大于 5%。

P100, 2. 管道吹扫与清洗方法

管道吹扫与清洗方法应根据对管道的——

使用要求、工作介质、系统回路、现场条件及管道内表面的脏污程度确定。

吹洗方法的选用应符合施工规范的要求。例如：

- (1) 公称直径大于或等于 600mm 的液体或气体管道，宜采用人工清理；

- (2) 公称直径小于 600mm 的液体管道宜采用水冲洗；

- (3) 公称直径小于 600mm 的气体管道宜采用压缩空气吹扫；

- (4) 蒸汽管道应采用蒸汽吹扫；

- (5) 非热力管道不得采用蒸汽吹扫。

P100, 3. 吹洗的顺序及清洗排放的要求 【阅读了解】

- (1) 管道吹洗前应仔细检验管道支、吊架的牢固程度，对有异议的部位应进行加固，

对不允许吹洗的设备及管道应进行隔离。

- (2) 吹洗的顺序应按**主管、支管、疏排管**依次进行。

P101, (二) 管道吹洗实施要点

冲洗方法	流速及其他要求	
水冲洗 【2019年多选】	连续进行，流速不低于 1.5m/s	冲洗排管的截面积不应小于被冲洗管截面积的60%；排水时不得形成负压。
空气吹洗	间断进行，流速不低于 20 m/s	
蒸汽吹扫	大流量进行，每次吹扫一根，轮流吹扫 流速不小于 30 m/s	蒸汽管道吹扫前，管道系统的保温隔热工程应已完成。 蒸汽吹扫应按 加热—冷却—再加热的顺序循环进行 。
油清洗	以油循环的方式进行	油清洗合格后的管道，采取 封闭或充氮 保护措施。 【2021年案例】

P102, 2. 冲洗工艺的确定

(1) 依据管网的设计图纸和各种技术参数、管线沿程的条件、现场条件及施工条件，**通过冲洗压力、冲洗流量的计算，确定最大的冲洗长度**，合理划分冲洗段和选择冲洗设备。

(2) 严格计算选择

杂质的**悬浮力、启动速度、移动速度**，以最终确定闭式循环水的冲洗速度。

.....

P102, 3. 系统选择原则

(1) **冲洗水池和水泵应设在管网的起点或中间段**，便于系统的选择和分配。

(2) 根据干管和支管的长度，分干管系统和支管系统；

干管过长，可以分两个系统，但中间部件加连通管，安装连通阀门；

也可以分干管和支管为一个系统。

4. 冲洗位置的选择

(1) 水泵**尽可能用正式水泵**，.....

(3) **尽量用永久性设施及总供水泵站**，可以大量节约资金。

P103, 6. 管网冲洗

将供水管道、回水管道的最终端连通，并安装连通阀门，

先冲远处，后冲近处，**先冲支管，再冲干管。**

先脏水循环冲洗，再换清水循环冲洗，最后换净水循环冲洗。

1H413040 静置设备及金属结构安装技术

一、安装准备工作

P103, (一) 设备随机资料和施工技术

1. 设备随机资料 【工厂给的】

设计文件；

产品质量证明文件（特性数据符合设计文件及相应制造技术标准的要求）；

有复检要求的材料应有复验报告；

具有《特种设备制造监督检验证书》。

2. 施工技术文件 【建设过程中形成的】

设计交底和图纸会审记录；相应的技术标准规范；施工图；设计变更；

施工组织设计；专项施工方案；《特种设备安装维修改造告知单》。

P103, (二) 开箱检验

2. 塔体外观质量检查

(1) 外观检查。

- 无表面损伤、变形及锈蚀；
- 塔体采用**不锈钢或复合钢板材料的腐蚀介质接触面、低温设备表面——不应有刻痕和各类钢印标记；**
- 奥氏体不锈钢、钛、锆、铝材料的塔体表面，**应无铁离子污染；**
- 塔体方位线标记、重心标记及吊挂点等标记清晰。

(2) 分段到货验收。

塔体分段处的圆度、外圆周长偏差、端口不平度、坡口质量符合相关规定；
筒体直线度、筒体长度以及筒体上接管中心方位和标高的偏差**符合相关规定**；
组装标记清晰；

裙座底板上的地脚螺栓孔中心圆直径允许偏差

相邻两孔弦长允许偏差

任意两孔弦长允许偏差

均为 2mm。

(四) 到货设备保护【阅读了解】

1. 封闭。

设备人孔、管口和开口应临时封闭，氮气保护的设备应定期检查氮气压力。

2. 隔离。

不锈钢、钛、镍、锆、铝制设备应采取与碳钢隔离措施；

铝设备、钛设备、低温设备不得有表面擦伤（不锈钢也不能有）。

二、塔器安装技术

P104, (一) 整体安装程序【阅读了解】

塔器现场检查验收→基准线标识→运放至吊装要求位置→

基础验收、设置垫铁→整体吊装、找正、紧固地脚螺栓、垫铁点固→二次灌浆

(二) 现场分段组焊

P104, 2. 立式组焊

(1) 组焊顺序:

采用正装法, 即在基础上先安装下段, 由下至上逐段组对焊接的立式安装程序。(2) **一般常见塔器安装组焊顺序** 【阅读熟悉】

分段筒体、部件检查验收→基础验收、安放垫铁→

塔体的最下段(带裙座段)吊装就位、找正→吊装第二段(由下至上排序)、找正→组焊段间环焊缝、无损检测→重复上述过程:

逐段吊装直至吊装最上段(带顶封头段)、找正、组焊段间环焊缝、无损检测

→**整体找正、紧固地脚螺栓、垫铁点固及二次灌浆**→**内固定件和其他配件安装焊接→耐压试验、气密性试验。**P104, **3. (塔器) 产品焊接试件**塔器**现场组焊必须制备产品焊接试板**(以下称试板)。**由施焊塔器的焊工**, 在**与施焊相同的条件**下采用与施焊塔器相同的焊接工艺焊接试板;塔器焊后需热处理时, **试件应随焊缝一起进行热处理。**

试板的试验项目至少包括——拉伸试验, 弯曲试验, 冲击试验; 不合格项目应复验。
--

P105-106, **1. (塔器) 耐压试验前应确认的条件**(1) 设备本体及与本体相焊的内件、附件**焊接和检验工作全部完成**(2) 开孔补强圈用 0.4—0.5MPa 的压缩空气检查, **焊接接头质量合格。**(3) **需要焊后热处理的设备, 热处理工作已经完成。**(4) 在基础上进行耐压试验的设备, **基础二次灌浆达到强度要求。**(5) 试验方案已经批准, **施工质量资料完整。**P105, **(2) 塔器水压试验压力表的要求**在塔器**最高与最低点且便于观察的位置**, 各设置一块压力表。

两块压力表的量程应相同, 且校验合格并在校验有效期内。

压力表量程——**不低于 1.5 倍且不高于 3 倍试验压力。****(3) 试验充液前应先打开放空阀门。**

充液后缓慢升至设计压力, 确认无泄漏后继续升压至试验压力,

保压时间不少于 30min, 然后将压力降至试验压力的 80% ,

对所有焊接接头和连接部位进行检查。

P 105	合格标准
水压试验	无渗漏；无可见变形；试验过程中无异常的响声。 对标准抗拉强度 下限值大于或等于540MPa的钢制塔器，放水后进行表面无损检测抽查未发现裂纹。
气压试验	试验过程中无异常的响声，经过肥皂液或者其他检漏液检验无漏气，无可见变形。 对标准抗拉强度下限值大于或等于540MPa的塔器，泄压后进行表面无损检测抽查未发现裂纹。
气密性试验	无泄漏。

P106, (一) 金属储罐的分类

1. 根据储罐顶部结构形式分：①固定拱顶储罐②浮顶储罐。

浮顶储罐——外浮顶储罐、内浮顶储罐

浮顶储罐——优点：可以减少或防止罐内液体蒸发损失

P106, 4. LNG 储罐（常压低温）

按储罐的结构分类，有单容罐、双容罐和全容罐几种类型。

(1) 储罐内筒一般采用 Ni9 合金钢（镍 9 钢），

也可全铝、不锈钢薄膜或预应力混凝土，

外壁为碳钢或预应力混凝土。

壁顶的悬挂式绝热支撑平台为——铝制，

罐顶则由碳钢或混凝土制成。

(2) 罐内绝热材料主要为——膨胀珍珠岩、弹性玻璃纤维毡及泡沫玻璃

(二) 金属储罐安装方法

正装法有——水浮正装法、架设正装法（包括外搭脚手架正装法、内挂脚手架正装法）

倒装法有——中心柱组合法、边柱倒装法（有液压顶升、葫芦提升等）、
充气顶升法和水浮顶升法等。

外搭脚手架正装法

- (1) 脚手架随罐壁板升高而逐层搭设；
- (2) 当纵向焊缝采用气电立焊、环向焊缝采用自动焊时，脚手架不得影响焊接操作；
- (3) 采用在壁板内侧挂设移动小车进行内侧施工；
- (4) 采用吊车吊装壁板。

内挂脚手架正装法

- (1) 每组对一圈壁板，就在壁板内侧沿圆周挂上一圈三脚架，在三脚架上铺设跳板，组成环形脚手架，
- (2) 跳板搭头处捆绑牢固，安装护栏。
- (4) 一台储罐施工宜用 2 层至 3 层脚手架，【2014 单选】1 个或 2 个楼梯间，脚手架从下至上交替使用。
- (5) 在罐壁外侧挂设移动小车进行罐壁外侧施工。
- (6) 采用吊车吊装壁板。

2. 金属储罐倒装法

P107, (2) 边柱倒装法

利用均布在罐壁内侧带有提（顶）升机构的边柱提升与罐壁板下部临时胀紧固定的胀圈，使上节壁板随胀圈一起上升到预定高度，组焊第二圈罐壁板。

然后松开胀圈，降至第二圈罐壁板下部胀紧、固定后再次起升。

如此往复，直至组焊完。

P107, 【知识点暨题型】金属储罐常用的焊接方法有哪些？

答：金属储罐常用的焊接方法有——

①焊条电弧焊

②埋弧焊

③熔化极气体保护焊

④气电立焊

⑤双面氩弧焊

(三) 金属储罐的焊接工艺

P107 倒数第 6 行 (2) 以倒装法拱顶储罐的焊接顺序为例 【分⑤段记】

【①底→②顶→③中间→④底和罐壁连接→⑤底部剩余的 2 部分焊缝】

①中幅板焊缝→罐底边缘板对接焊缝靠边缘的 300mm 部位→

②顶层壁板纵缝→包边角钢与顶层壁板角缝→罐顶板焊缝→罐顶板与包边角钢角缝→

③其他各圈壁板的纵缝和环缝→

④罐底与罐壁板连接的大角缝（在底圈壁板纵焊缝焊完后施焊）→

⑤边缘板剩余对接焊缝→边缘板与中幅板之间的收缩缝。

P108, 4. 罐顶焊接工艺 【案例】

(1) 焊接工艺原则：先短后长，先内后外。

(2) 焊接顺序

1) 径向的长焊缝采用——隔缝对称施焊方法，由中心向外分段跳焊。

2) 顶板与包边抗拉环、抗压环焊接时，焊工应对称分布，并沿同一方向分段跳焊。

二、金属气柜

P108, 2. 气柜组装方法

金属气柜——有湿式气柜和干式气柜；湿式气柜，水槽密封

P108-109, 1. (预防焊接变形的) 组装技术措施

- (1) 储罐排版(板) 焊缝要分散、对称布置。
- (2) 底板边缘板对接接头采用不等间隙, 间隙要外小内大; 采用反变形措施, 在边缘板下安装楔铁, 补偿焊缝的角向收缩。
- (3) 壁板卷制中要用弧形样板检查边缘的弧度, 避免壁板纵缝组对时形成尖角。可用弧形护板定位控制纵缝的角变形。

P109 第 4 行, 2. (预防焊接变形的) 焊接技术措施 【2011 单选, 2017 案例】

在储罐焊接前应根据焊接工艺评定报告, 编制合理的焊接作业指导书, 采取对称焊、分段焊、跳焊等方法减少焊接变形。

(1) 底板控制焊接变形的措施

- 1) 边缘板采用隔缝焊接, 边缘板先焊接外侧 300mm 左右的焊缝, 内侧待边缘板与壁板的角缝焊接后再施焊。
- 2) 中幅板焊接先焊短焊缝、后焊长焊缝, 焊前要将长焊缝的定位焊点全部铲开, 用定位板固定。遵循由罐中心向四周 并隔缝对称焊接的原则, 分段退焊或跳焊。

3) 罐底与罐壁连接的角焊缝——

先焊内侧环形角缝, 再焊外侧环形角缝。

由数对焊工对称均匀分布, 同一方向进行分段焊接。

初层焊道采用分段退焊或跳焊法【适合各部位的初层焊】

(2) 壁板控制焊接变形的措施 【案例】

- 1) 壁板焊接要先纵缝、后环缝, 环缝焊工要对称分布, 沿同一方向施焊。
- 2) 打底焊时, 焊工要分段跳焊或分段退焊。

3) 在焊接薄板时——

应采用 $\Phi 3.2$ 的焊条, 采用小电流、快速焊的焊接参数施焊, 用小焊接热输入, 减少焊缝的热输入量, 降低焊接应力, 减少焊接变形。

P109 倒数第 2 行,

2. (储罐) 焊缝无损检测

- (1) 罐壁钢板最低标准屈服强度 $> 390\text{MPa}$ 时, 焊接完毕后应至少经过 24h 后再进行无损检测。
- (4) 当板厚 $> 12\text{mm}$ 时, 方可采用衍射时差法超声检测。

P110, (二) 试验

1. 抽真空试验

罐底焊缝应采用真空箱法进行严密性试验, 试验负压值不得低于 53kPa , 无渗漏为合格。

2. 充水试验

(1) 基本要求

- 1) 充水试验前, 所有附件及其他与罐体焊接的构件全部完工并检验合格。
- 2) 充水试验宜采用洁净淡水, 试验水温不低于 5°C 。
- 3) 充水试验中应进行基础沉降观测;
- 4) 充水和放水过程中, 应打开透光孔, 且不得使基础浸水。

(2) 金属储罐充水试验项目 【案例】

- ①罐底严密性试验
- ②罐壁强度及严密性试验
- ③固定顶强度及严密性试验
- ④固定顶的稳定性试验
- ⑤浮顶、内浮顶升降试验

一、球形罐的构造及形式

P110, (一) 球形罐的构造

1. 球形罐由球罐本体、支座（或支柱）及附件组成。

3. 球形罐的支座常为由多根钢管制成的柱式支座，以赤道正切柱式最普遍。

P111, 三、球形罐组装与焊接

球形罐的组装常用的方法有——

- 散装法（又称分片法组装）
- 分带组装法（又称环带法）【平台上组装成带，再带与带组焊】

球罐施工宜采用散装法，组装采用工具卡调整球壳板组队间隙和错变量，不得强力组装。

(橘瓣式) 5 带球形罐 (散装法) 组装施工程序——

支柱和赤道板组对→赤道带板组装→中心柱安装→下温带板组装→

上温带板组装→中心柱拆除→下极板组装→上极板组装→

内外脚手架搭设→调整及组质量总体检查。（7 带多上、下寒带）

当前现场较多地采用了无中心柱组装施工工艺

P112, (三) 球形罐焊接

1. 一般原则

(3) 每台球形储罐应按施焊位置做——

横焊、立焊、平焊、仰焊位置（全位置）的产品焊接试件各一块。

P111 中间 制造单位提供每台球形罐 6 块焊接试版，尺寸为 600mmx180mm

(球罐) 焊接顺序 (原则) —— 先焊纵缝，后焊环缝；先焊短缝，后焊长缝；先焊坡口深度大 的一侧，后焊坡口深度小的一侧。

P112-113: (二) 【球形罐焊后】热处理工艺实施

国内一般采用——内燃法，保温材料宜采用①岩棉②超细玻璃棉

2. 热处理工艺要求

(1) 热处理过程应控制的参数——①热处理温度②升降温速度③温差(2) 测温点要求——在球壳外表面**均匀布置，相邻测温点间距小于 4.5m。**

测温点总数应符合规定。在距离上、下人孔与球壳板环焊缝边缘 200mm 范围内各设 1 个测温点每个产品焊接试件应设 1 个测温点。

(3) 产品焊接试件应与球形罐一起进行热处理，并应放置在球形储罐热处理过程中**高温区的外侧。**(4) 整体热处理时**应松开拉杆及地脚螺栓，**检查支柱底部与预先在基础上设置的滑板之间的润滑及位移测量装置。热处理过程中应监测柱脚**实际位移值及支柱垂直度，**及时调整支柱使其处于垂直状态。

P113-114, 一、金属结构组成

1. 钢结构组成 由钢构件制成的工程结构。构件通常由型钢、钢板、钢管等制成的梁、柱、桁架、板【平台板】等组成, 构件之间用焊缝、螺栓或铆钉连接。

二、金属结构制作 (一) 金属结构制作内容

1. 零(部)件加工

例如, 各种杆件、节点板、筋板、支座、焊接球、螺栓球等。

2. 金属结构预制

例如, H 型钢、钢柱、钢梁(吊车梁)、钢桁架、墙架、檩条、支撑、钢平台板、钢梯、金属压型板等。

P114, 1. 金属结构安装的主要环节 【案例】

①基础验收与处理

若基础施工与钢结构安装是同一个施工单位, 则应进行工序间的自检、互检、专检。

【不是一个施工单位, 则进行交接检(也属于互检性质)】

②钢构件复查

③钢结构安装

④涂装(防腐涂装和/或防火涂装)

3. 金属结构安装的程序

钢柱安装→支撑安装→梁安装→
平台板(层板、屋面板)、钢梯、防护栏安装→其他构件安装。

P115: * 例如, 某制造厂车间钢结构厂房安装程序为:

构件检查→基础复查及底面处理→钢柱安装→柱间支撑安装→主梁安装→
次梁安装→承台板安装→钢屋架安装→檩条安装→水平、垂直支撑安装→
屋面板安装→墙壁板安装。

P115, (二) 框架和管廊安装

框架——支撑设备或作为操作平台的稳定空间钢结构体系

管廊——支撑管道的稳定空间钢结构体系

P115, 1、分部件散装 【案例】

框架部件散装根据结构特点按照合理顺序进行, 并应形成稳固的空间刚度单元, 必要时可增加临时支撑结构或临时措施。一般可按照柱、支撑、梁等的顺序安装。

(1) 首节钢柱安装后要及时进行——垂直度、标高和轴线位置校正。

(2) 钢梁安装要采用两点起吊,
单根钢梁长度大于 21m, 需计算确定 3-4 个吊点 或采用平衡梁吊装。

(3) 支撑安装要从下到上的顺序组合吊装

P115, (三) 高强度螺栓连接 【2017 年单选；2019 年、2020 年多选】

1. 安装准备

(1) 钢结构制作和安装单位应按规定分别进行高强度螺栓连接摩擦面的抗滑移系数试验和复验，现场处理的构件摩擦面应单独进行抗滑移系数试验。合格后方可进行安装。

(3) 高强度大六角头螺栓连接副施拧可采用扭矩法或转角法。

施工用的扭矩扳手使用前应进行校正，其（扳手）扭矩相对误差不得大于±5%。

(4) 高强度螺栓安装时，穿入方向应一致。高强度螺栓现场安装应能自由穿入螺栓孔，不得强行穿入。螺栓不能自由穿入时可采用铰刀或锉刀修整螺栓孔，不得采用气割扩孔。

扩孔数量应征得设计单位同意。

P116, 2. 扭矩控制

(1) 高强度螺栓连接副施拧分为初拧和终拧。大型节点在初拧和终拧间增加复拧。

初拧扭矩值可取终拧扭矩的 50%，复拧扭矩应等于初拧扭矩。

初拧（复拧）后应对螺母涂刷颜色标记。高强度螺栓的拧紧宜在 24h 内完成。

(2) 高强度螺栓应按照一定顺序施拧，宜由螺栓群中央顺序向外拧紧。

(3) 扭剪型高强度螺栓连接副应采用专业电动扳手施拧。

初拧（复拧）后应对螺母涂刷颜色标记。终拧以拧断螺栓尾部梅花头为合格。

(4) 高强度大六角头螺栓连接副终拧后，应用 0.3kg 重小锤敲击螺母对高强度螺栓进行逐个检查，不得有漏拧。

【实务补充】高强度大六角头螺栓连接副由一个螺栓一个螺母二个垫圈组成。

扭剪型高强度螺栓连接副由一个螺栓一个螺母一个垫圈组成。

(四) 质量检验要求

P116, 1. 高强度螺栓连接检验

(1) 高强度大六角头螺栓连接副终拧扭矩检查：宜在螺栓终拧 1h 后、24h 之前完成检查。检查方法采用扭矩法或转角法，但原则上应与施工方法相同。

检查数量为节点数的 10%，但不应少于 10 个节点，

每个被抽查节点按螺栓数抽查 10%，且不应少于 2 个。

(2) 扭剪型高强度螺栓终拧后，除因构造原因无法使用专用扳手终拧掉梅花卡头者除外，未在终拧中扭断梅花卡头的螺栓数不应大于该节点螺栓数的 5%。

对所有梅花卡头未拧掉的扭剪型高强度螺栓连接副用扭矩法或转角法进行终拧并作标记。

检查数量为节点数的 10%，但不应少于 10 个节点。

(3) 高强度螺栓连接副终拧后，螺栓丝扣外露应为 2~3 扣，

其中允许有 10% 的螺栓丝扣外露 1 扣或 4 扣。

P116, 2. 其他检验

(1) 多节柱安装时，每节柱的定位轴线应从地面控制轴线直接引上，不得从下层柱的轴线引上，避免造成过大的累积误差。

(2) 吊车梁和吊车桁架组装、焊接完成后不允许下挠。

(3) 钢网架结构总拼完成后及屋面工程完成后应分别测量其挠度值，

且所测的挠度（≈变形）值不应超过相应设计值的 1.15 倍。

(5) 薄涂型防火涂料的涂层厚度应符合有关耐火极限的设计要求。

厚涂型防火涂料涂层的厚度，80%及以上面积应符合有关耐火极限的设计要求，且最薄处厚度不应低于设计要求的 85%。

1H413050 发电设备安装技术

P116-117, 1. 电厂锅炉设备的组成

锅炉本体	锅炉钢架、 锅筒或汽水分离器及储水箱【超临界（600MW）、超超临界 直流锅炉本体设备只有汽水分离器及储水箱没有锅筒】、 水冷壁、过热器、再热器、省煤器、燃烧器、空气预热器、 烟道等
锅炉辅助设备	送引风设备、给煤制粉设备、吹灰设备、除灰排渣设备等。

二、电站锅炉主要设备的安装技术要点

电站锅炉容量大、蒸汽参数高。锅炉设备体积和重量庞大，

锅炉钢架、本体受热面、燃烧设备及其本体附属设备——要在现场组合安装

电站锅炉安装的施工单位应具备**相应的锅炉特种设备安装许可资质**；

施工现场应有经审批的施工组织设计、施工方案等技术文件；

并在开工前告知当地(市级)特种设备安全监督管理部门**(书面告知备案)**。

P117, (一) 电厂锅炉安装一般程序

设备清点、检查和验收→基础验收→基础放线→设备搬运及起重吊装
→钢架及梯子平台的安装→汽水分离器及储水箱(或锅筒)安装→
锅炉前炉膛受热面的安装→尾部竖井受热面的安装→燃烧设备的安装→
附属设备安装→热工仪表保护装置安装→单机试运转→报警及联锁试验
→水压试验→锅炉风压试验→锅炉酸洗→锅炉吹管→锅炉热态调试与试运
转。

(二) 锅炉钢架安装 (技术要点)

P117, 2. 锅炉钢架安装程序

基础检查划线→柱底板安装、找正→立柱、垂直支撑、水平梁、水平支撑安装→
整体找正→高强度螺栓终紧→平台、扶梯、栏杆安装→顶板梁安装等。

P117, 3. 锅炉钢架安装工艺和方法

(1) 锅炉钢架组合安装，保证锅炉安装的整体稳定性考虑、锅炉钢结构构件的重且不断加大，

所以**大型锅炉钢架安装趋于组合散装**。

1) 根据**土建移交的中心线**进行基础划线，钢架按从下到上，分层、分区域进行吊装。

2) 每层安装先组成一个刚度单元再进行扩展安装，每层钢架安装时除必须保证**立柱的垂直度和柱间间距外，立柱上、下段接头之间间隙也必须符合规范要求**。

3) **吊装时，各层平台、扶梯、栏杆安排同步进行**，以保证主通道的畅通、安全行走。

4) 采取部分构件缓装或部分构件交叉安装方式

为了便于钢架大板梁、受热面组合件及空气预热器大件等安装，

可采取部分构件缓装或部分构件交叉安装方式，

这样既保证了锅炉大件设备的顺利安装，又将炉架构件缓装区域降低到最低限度，

从而保证了锅炉安装的整体稳定性。

P117 倒数第 2 行， **(2) 钢结构组件吊装【案例】**

1) 钢结构组件吊装主要考虑方形、长圆柱体和三角形等物体。

2) 起吊节点的选定。

即根据组件的结构、强度、刚度，机具起吊高度，起重索具安全要求等选定。

3) 组件绑扎，确保吊装的安全。为了防止组件在吊装时产生滑动、防止梁边锐角对绳索的切割、**避免吊绳夹角过大等**，对组件所进行的**垫衬和捆绑**等，以确保吊装的安全性。

4) 试吊。对重大或重要组件在正式起吊前，先将组件稍稍吊空，然后对机具、索具、夹具和组件有无变形、损坏等异常情况进行全面检查；最后是吊装就位，**应吊装一次到位**。

【题型暨知识点复习巩固】

锅炉钢架钢结构组件吊装需要注意哪几方面？

或，如何保证钢结构吊装一次到位？

答：锅炉钢架钢结构组件吊装需要注意

- (1) 注意组件的不同形状，确定组件重心，选用适宜的吊具；
- (2) 多吊点起吊；
- (3) 对组件进行垫衬和捆绑，注意组件锐角损伤钢丝绳、避免吊绳夹角过大；
- (4) 进行试吊，全面检查吊具、钢架组件稳定性；
- (5) 确保一次吊装到位。

3. 锅炉钢架安装工艺和方法

P117 第 9 行， **(3) 锅炉钢架安装找正的方法**

检查位置	检查仪器
中心位置和大梁间的对角线误差	用 弹簧秤配合钢卷尺
立柱垂直度	用经纬仪
大梁水平度和挠度	用 水准仪 【不是水平仪】检查
板梁挠度 在板梁承重 前 、锅炉水压 前 、锅炉水压试验上水后及放水 后 、锅炉整套启动 前 进行测量。	

(三) 锅炉受热面组合安装施工要求

P118, **锅炉受热面施工程序**

设备及其部件清点检查→**合金设备（部件）光谱复查**→**通球试验与清理**→**联箱找正划线**→管子就位对口焊接→组件地面验收→组件吊装→组件高空对口焊接→组件整体找正等。

P118, (1) 锅炉受热面施工要求

锅炉受热面施工场地是根据①设备组合后体积②组合后的重量③现场施工条件来决定的

锅炉受热面施工形式是根据①设备的结构特征②现场的施工条件来决定的。

组件的组合形式包括直立式和横卧式。

受热面施工形式	优点	缺点
直立式	占用面积少	钢材耗用量大，安全状况较差。
横卧式	钢材消耗少	占用组合场面积多，且在设备竖立时，若操作处理不当则可能造成设备变形或损伤。

横卧式组合图示




户外焊接防风棚




补强措施

用专用起吊工具加固结构

P118 倒数第 4 行 **3) 螺旋水冷壁设备**

采取地面整体预拼装，拼缝留有适当的预收缩量；

螺旋水冷壁安装时分层吊装定位，吊带（垂直搭接板）的基准线定位准确。

螺旋水冷壁安装螺旋角偏差控制在 **0.5° 之内**。

P119 第 4 行，（3）锅炉受热面组件吊装原则和顺序

1) 锅炉受热面组件吊装原则

锅炉顶板梁施工验收合格后，即可进行锅炉受热面组件的吊装。

锅炉受热面组件吊装的一般原则是——

先上后下，先两侧后中间。先中心再逐渐向炉前、炉后、炉左、炉右进行。

2) 锅炉受热面大件吊装的一般程序 **【难记易忘，注意考前三天死记】**

水冷壁上部组件及管排吊装→**水冷壁中部组件及管排吊装**→

炉膛上部过热器组件及管排吊装→**炉膛出口水平段**过热器或再热器组件及管排吊装→

尾部包墙过热器组件及管排吊装→尾部低温再热器、低温过热器、省煤器吊装等

P119，（四）电站锅炉安装 **【6 个小标题可以考案例原文，考前一周再背】**

电站锅炉安装要点有（或，电站锅炉安装质量控制主要有）——

- 1、锅炉钢结构安装
- 2、锅炉受热面安装
- 3、燃烧器安装
- 4、锅炉密封
- 5、锅炉整体水压试验
- 6、回转式空气预器安装

P119 倒数第 6 行， **4. 锅炉密封**

锅炉密封工作结束后——对炉膛进行**气密性试验**并处理缺陷至合格，

风压试验压力**按设备技术文件规定**来选择，

如无规定时，（正压锅炉）试验压力可按**炉膛工作压力+0.5kPa** 进行正压试验，

一般负压锅炉的风压试验值选 **0.5kPa**。

P120, 6. 回转式空气预热器安装

施工中对影响预热器漏风系数的

①径向密封间隙②轴向密封间隙③圆周（环向）密封间隙 进行严格控制，

回转式空气预热器安装后，必须进行冷态调整。

P120, 三、锅炉热态调试与试运行

锅炉热态调试与试运转主要工作内容有——【案例阅读】

1. 严密性水压试验
2. 锅炉化学清洗
3. 蒸汽管路的冲洗与吹洗
4. 锅炉试运行
5. 试运行完毕后，按规定办理移交签证手续

1. 严密性水压试验 【这个考点容易忘记的】

(1) 锅炉首次点火前，
汽包锅炉应进行一次**汽包工作压力下**的严密性水压试验，直流锅炉（没有汽包）宜进行一次**过热器出口工作压力**的严密性水压试验。

(2) 锅炉点火前，上水水质应为合格的**除盐水**。【水处理工也是特种设备作业人员】

(3) (锅炉) 水压试验后利用锅炉内水的压力冲洗——
取样管、排污管、疏水管和仪表管路。【或考选择题，按案例记！】

2. 锅炉化学清洗

(1) 启动前进行化学清洗，**化学清洗由清洗资质的单位**，按照已批准的化学清洗方案及措施进行清洗。

(2) 化学清洗结束至锅炉启动时间**不应超过 20d**。

3. 蒸汽管路的冲洗与吹洗

(1) 锅炉吹管的临时管道系统应由具有设计资质的单位进行设计。

(2) 在排汽口处加装消声器。

(3) **锅炉吹管范围包括——**【2015 年单选，继续！】

减温水管系统和锅炉过热器、再热器及过热蒸汽管道吹洗

(4) 吹洗过程中，至少有一次**停炉冷却(时间 12h 以上)**，以提高吹洗效果。

4. 锅炉试运行

(5) 对于 300MW 级及以上的机组，锅炉应连续完成**168h 满负荷**试运行。

对比记

锅炉吹管范围包括——减温水管系统和锅炉过热器、再热器及过热蒸汽管道吹洗
(锅炉) 水压试验后利用锅炉内水的压力冲洗**取样管、排污管、疏水管和仪表管路。**

P121, 1. 汽轮机的分类

按工作原理划分	①冲动式汽轮机②反动式汽轮机、 ③冲动、反动联合汽轮机
按热力特性划分	凝汽式汽轮机、背压式汽轮机、 抽气式汽轮机、抽气背压式汽轮机 和中间再热式汽轮机
按气流方向划分	轴流式、辐流式、 周流（回流）式汽轮机

P121, 2. 汽轮机设备的组成

(2) 电站汽轮机设备主要组成有——

汽轮机本体设备【由静止部分和转动部分组成】、
蒸汽系统设备、凝结水系统设备、给水系统设备、其他辅助设备。

汽轮机本体静止部分包括——

汽缸、【静叶栅】、喷嘴组、隔板、隔板套、汽封、轴承及紧固件等。

汽轮机本体转动部分包括——

动叶栅、叶轮、主轴、联轴器、盘车器、推力盘、机械危急保安器等。

(二) 发电机分类及设备组成

发电机是根据电磁感应原理，通过磁场和绕组的相对运动，将机械能转变为电能。

【火力发电厂三次能量转换】

锅炉将化学能转为热能；汽轮机将热能转换为机械能；发电机将机械能转换为电能。

【P122 第1行】2. 发电机设备组成

汽轮发电机由定子和转子两部分组成。

(1) 旋转磁极式发电机定子主要由——机座、定子铁芯、定子绕组、端盖等部分组成。

(2) 转子主要由——转子锻件、励磁绕组、护环、中心环和风扇等组成。

P122, 2. 散装到货的低压缸安装顺序—— 【题型-紧前紧后工序】

基础和设备的验收→底座安装→

汽缸和轴承座安装→轴承安装→转子安装→导叶持环或隔板的安装→

汽封及通流间隙的检查与调整→上、下汽缸闭合→联轴器安装→二次灌浆→

汽缸保温→变速齿轮箱和盘车装置安装→调节系统安装→调节系统和保安系统的整定与调试。

(二) 电站汽轮机的安装技术要点

2. 气缸和轴承座安装

轴承座安装是依据轴系中心及各轴瓦间距的要求，

对其中心及标高测量调整，使各轴承座符合厂家技术要求。

P122, (1) 低压缸组合安装

1) 低压外下缸组合包括

.....

组合时汽缸找中心的基准可以用**激光、拉钢丝、假轴、转子等**。

2) 低压外上缸组合包括：先试组合，以**检查水平、垂直结合面间隙**，符合要求后正式组合。

3) 低压内缸组合包括：

当低压内缸就位找正、隔板调整完成后，低压转子吊入汽缸中并定位后，再进行通流间隙调整。

4) 组合好的汽缸，

垂直结合面的螺母应在汽缸就位前确认锁紧并采取防松措施，结合面密封焊接时应做好防焊接变形措施。

汽缸与轴承座的纵横中心线和中分面标高应符合设计要求，

其中汽缸和轴承座中分面的标高允许偏差为 1mm，

与轴承座的横向水平允许偏差为 0.20mm/m，

(气缸) 纵向水平与**转子扬度匹配**。

P123, **(2) 整体到货的高、中压缸安装**

整体到货汽轮机高、中压缸现场不需要组合装配，汽轮机轴通过辅装在缸体端部的运输环对转子和汽缸的轴向、径向定位，但在汽缸就位前要测量**运输环轴向和径向的定位尺寸**，并以**制造厂家的装配记录校核**，以检查缸内的转子在运输过程中是否有移动，确保通流间隙不变。

P123, **3. 转子安装【案例，考前一周默写；选择题可考性不大】**

(1) 转子安装可以分为：转子吊装、转子测量和转子、汽缸找中心。

(2) 转子吊装应使用**由制造厂提供并具备出厂试验证书的专用横梁和吊索**。

(3) **(汽轮机) 转子测量应包括——**

轴颈椭圆度、不柱度的测量，推力盘晃度、瓢偏度，转子弯曲度测量。

(4) 对转子叶片应**按制造厂要求**进行叶片静频率测试。

(5) 转子**中心孔的探伤检查应在制造厂厂内**进行，并提供质量合格证明。

P123, 4. 隔板安装

隔板安装找中心一般有——①假轴找中心 ②拉钢丝找中心 ③激光准直仪找中心

【注意区别】汽缸找中心的基准可以用——**激光、拉钢丝、假轴、转子等**。

采用钢丝找中心时，钢丝的固定装置对钢丝紧力和位置应能微调，

所用钢丝直径不宜超过 0.40mm，钢丝的拉力应为破坏应力的 3 / 4，

测量时应对钢丝垂弧进行修正，制造厂有明确要求时，应按其要求执行。

P123, **5. 汽封及流通间隙的检测与调整**

(1) 汽封径向及轴向间隙应**符合制造厂要求**，

现场安装不得随意改动制造厂提供的有关数据。

(2) **当径向汽封间隙过大时**，**可以修刮汽封块在洼窝中承力的接触部位**，**间隙过小时可修刮或加工汽封片边缘使其尖薄平滑。**

(3) 当通流部分间隙及汽封轴向间隙不合格时，应**由制造厂确定处理方案**。

P123, 6. 上下气缸闭合 【案例】

* 上下气缸闭合（也称扣大盖）工序的注意要点：

扣盖区域应封闭管理；连续进行，不得中断；

正式扣盖前应进行试扣；试扣前用压缩空气吹扫汽缸内各部件及其空隙；

确保汽缸内部清洁 无杂物、结合面光洁，并保证各孔洞通道部分畅通，需堵塞隔绝部分应堵死（封堵）。

低压缸螺栓大都采用冷紧；高压缸采用热紧时，一次性达不到规定值应待螺栓完全冷却后，再重新加热。

P124, 7. 凝汽器安装

(1) 凝汽器壳体的就位和连接鉴于凝汽器结构尺寸相当庞大，其支承方式多采取通过弹簧支座坐落在凝汽器基础上的支承形式。

凝汽器与低压缸排汽口之间的连接，采用具有伸缩性能的中间连接段

(2) 凝汽器内部设备、部件的安装【2020 年案例】

包括管板、隔板冷却管束的安装、连接。

凝汽器组装完毕后，汽侧应进行灌水试验。

灌水高度宜在汽封洼窝以下 100mm，维持 24h 应无渗漏。

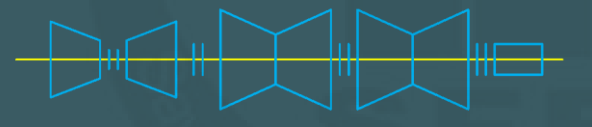
已经就位在弹簧支座上的凝汽器，灌水试验前应加临时支撑。

灌水试验完成后应及时把水放净。

P124, 8. 轴系对轮中心找正【高频考点，2014 单、2016 案例、2017 案例】

(1) 轴系对轮中心找正主要是——

高压转子 中压转子 低压转子 低压转子 发电机转子



对 高中压对轮中心、
中低压对轮中心、
低压对轮中心、
低压转子-发电机转子对轮中心 的找正。

(2) 轴系对轮中心找正时，首先以低压转子为基准。【2014 年单选】

一般在各不同阶段要进行多次对轮中心的复查和找正。

如，【2016 年、2017 年案例】

- 轴系初找；
- 凝汽器灌水至运行重量后的复找；
- 汽缸扣盖前的复找；
- 基础二次灌浆前的复找；基础二次灌浆后的复找；
- 轴系联结时的复找。

P 124 , 三、发电机设备的安装技术要求

(一) 发电机设备安装程序【2015、2020 单选】

定子就位→**定子及转子水压试验**→发电机穿转子→氢冷器安装→端盖、轴承、密封瓦调整安装→励磁机安装→对轮复找中心并连接→整体气密性试验等。

(三) 发电机转子安装技术要求【2017 案例】

1. 发电机转子穿装前进行**单独气密性试验**。

重点检查集电环下导电螺钉、中心孔堵板的密封状况，消除泄漏后应再经漏气量试验，试验压力和允许漏气

P124, (二) 发电机定子安装技术要求 **【案例阅读】**

1、发电机定子的卸车要求

卸车方法——①**液压提升装置**②**液压顶升平移**

2、发电机定子的吊装技术要求

吊装方案——①**液压提升装置吊装**②**专用吊装架吊装**③**行车改装系统吊装**

【实务操作】大型发电厂的发电机定子安装应编制以下**专项施工方案**——

- (1) 起重机械的安装和拆卸的安全专项施工方案；
- (2) 定子卸车及吊装的专项方案；
- (3) 定子安装的专项施工方案。

P125, 2. 发电机转子穿装工作要求 **【2017 案例】**

(1) 必须在完成机务(如支架、千斤顶、吊索等服务准备工作)、电气与热工仪表的各项工作后，会同有关人员定子进行最后清扫检查，确信其内部清洁，无任何杂物并**经签证**后方可进行。

(2) 要转子穿装要求在定子找正完、轴瓦检查结束后进行。

转子穿装工作要求连续完成，用于**转子穿装的专用工具**由**制造厂提供**；

不同的机组有不同的穿转子方法，**穿转子常用的方法有**——

①**滑道式方法**②**接轴的方法**③**用后轴承座作平衡重量的方法**④**用两台跑车的方法**等。

P125, 二、**风力发电设备的安装程序**

施工准备→基础环平台及变频器、电器柜→**塔筒安装**→机舱安装→发电机安装→**叶片与轮毂组合**→**叶轮安装**→其他部件安装→电气设备安装→调试运行→验收。

P126 , 2、**塔筒安装要求**

1) 塔筒结合面法兰清理打磨干净，……

2) 塔筒就位紧固后**塔筒法兰内侧的间隙应小于 0.5mm**，否则要使用**不锈钢片填充**，之后依次安装上部塔筒。

3) 塔筒螺栓分别使用**电动扳手**和**2 次液压扳手**按相应的拧紧力矩分三次进行紧固。

3. 机舱安装要求

P126 , (3) 吊装机舱就位后分别使用**力矩扳手**、**电动扳手**和**2 次液压扳手**按要求的拧紧力矩 **分四次拧紧螺栓**。

P126, 一、光伏发电设备安装技术

(一) 光伏发电设备组成——光伏支架、光伏组件、汇流箱、逆变器、电气设备等组成。

光伏支架包括——跟踪式支架、固定支架和手动可调支架等。

【2018 年单选，不用滑动支架】

(二) 光伏发电设备的安装程序 【2021 年单选】

施工准备→基础检查验收→设备检查→光伏支架安装→

→光伏组件安装→汇流箱安装→逆变器安装→

[P127]5. 设备及系统调试 【选择题可考性不大，要考就是案例，按冲刺课进行】

光伏设备及系统调试主要包括——

- ①光伏组件串测试
- ②跟踪系统调试
- ③逆变器调试
- ③二次系统调试
- ④其他电气设备调试。

P127, 二、光热发电设备安装技术

光热发电设备包括——集热器设备、热交换器（蓄热、冷凝）、汽轮机发电机等

1. 槽式光热发电的集热器由——

集热器支架（驱动塔架、支架）、

集热器（驱动轴、悬臂、反射镜、集热管、集热管支架、管道支架等）、

集热器附件等组成；

2. 塔式光热发电的集热设备包括——定日镜、吸热器钢架、吸热器设备等

P127-128, (二) 光热发电设备安装程序 【考前一周再阅读一下】

槽式、塔式光热发电设备安装程序 合并看

施工准备→基础检查验收→设备检查→

【槽式：集热器支架安装→集热器及附件安装→】

【塔式：定日镜安装→吸热器钢结构安装→吸热器及系统管道安装→】

换热器及系统管道安装→汽轮发电机设备安装→

电气设备安装→调试→验收。

P128, 1. 槽式光热发电设备集热器安装技术要求

(1) 中心架(管)组件的中心轴整体直线度偏差不大于 $\pm 3\text{mm}$,

相邻集热器安装偏差 $\leq \pm 0.5\text{mrad}$ 【毫拉德(毫弧度)】,

所有集热器整体安装偏差不大于 $\pm 1.5\text{mrad}$ 。

(2) 驱动装置旋转角度宜为 $\pm 120^\circ$, 偏差应小于 $\pm 5^\circ$

(3) 集热器应从驱动端到末端进行安装, 随动轴与轴承座的间隙应满足厂家技术文件要求。

【驱动塔架, 一般在中间】

(4) 集热器到 0° 的位置, 使用测斜仪的检测设备
检查抛物线放到水平位置的误差值应小于 5mm 。

(5) 每个单元集热器安装后应进行旋转试验, 试验转动角度应在 $+180^\circ$ 和 -180° 之间, 偏差在 $\pm 10^\circ$

P128, 2. 塔式光热发电设备安装技术要求

1) 定日镜与支架固定牢固, 安装位置、镜面调整角度符合图纸设计要求。

3) 塔式吸热器管屏设备内部应清洁、无杂物、无堵塞;
安装时应对称进行, 单面安装应不多于2组。

1H413060 自动化仪表工程安装技术

一、取源部件安装要求【高频考点】

取源部件安装包括——

温度取源部件、压力取源部件、流量取源部件、物位取源部件、分析取源部件安装等。

[P128-129] 取源部件安装的一般规定【是各种取源部件都要满足的要求】

(1) 取源部件的结构尺寸、材质和安装位置应符合设计要求。

(2) 设备上的取源部件应在设备制造时同时安装。

管道上的取源部件安装应在管道预制或安装的同时进行。

(3) 在设备或管道上进行取源部件的开孔和焊接,

必须在设备或管道的防腐、衬里和压力试验前进行。

在高压、合金钢、有色金属设备和管道上开孔时, 应采用机械加工的方法。

(4) 安装取源部件时, 不应在设备或管道的焊缝及其边缘上开孔及焊接。

取源阀门与设备或管道的连接不宜采用卡套式接头。【2021年案例】

当设备及管道有绝热层时, 安装的取源部件应露出绝热层外。

(5) 在砌体和混凝土浇筑体上安装的取源部件, 应在砌筑或浇筑的同时埋入, 埋设深度、露出长度应符合设计和工艺要求, 当无法同时安装时, 应预留安装孔。安装孔周围应按设计文件规定的材料填充密实, 封堵严密。

(6) 取源部件安装完毕后, 应与设备和管道同时进行压力试验。

P129, **2. 温度取源部件安装**【2021 案例】

(1) 温度取源部件

与管道垂直安装时，取源部件轴线应与管道轴线相垂直；

与管道呈倾斜角度安装时，宜逆着物料流向，取源部件轴线应与管道轴线相交；

在管道的拐弯处安装时，宜逆着物料流向，取源部件轴线应与管道轴线相重合。

【简记】垂直-垂直；转弯-重合；倾斜-相交；

(2) 取源部件安装在扩大管上时，扩大管的安装方式应符合设计文件的规定。

P129, **3. 压力取源部件安装**

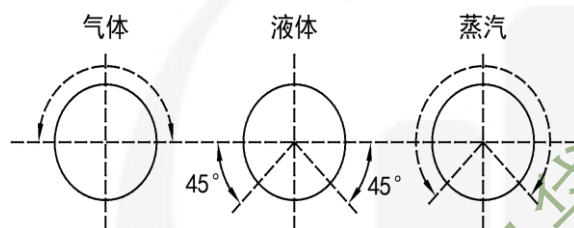
(1) 压力取源部件的安装位置应选在被测物料流束稳定的位置，其端部不应超出设备或管道的内壁。

(2) 压力取源部件与温度取源部件在同一管段上时，**应安装**在温度取源部件的上游侧。

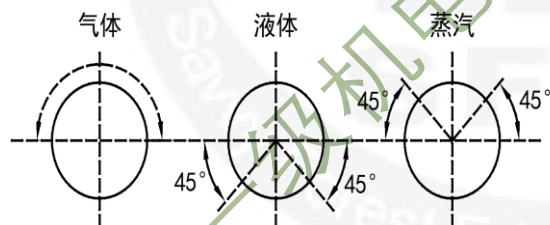
(3) 当检测带有灰尘、固体颗粒或沉淀物等混浊物料的压力时，在垂直和倾斜的设备和管道上，取源部件**应倾斜向上**安装，在水平管道上宜顺物料流束成锐角安装。

(4) 在水平和倾斜的管道上安装**压力取源部件**时，取压点的方位应符合下列要求——

【2021 年案例（测蒸汽）】



【对比记】在水平和倾斜的管道上安装**流量取源部件**时，取压点的方位应符合下列要求——

P129-130: **4. 流量取源部件安装**

(3)

• **在节流件（流量计）的上游安装温度计时**，温度计与节流件间的直管段距离应符合下列规定：**【节流件可以在温度计的上游也可以安装在温度计的下游】**

1) 当温度计插套或套管直径小于或等于 $0.03D$ (D 为管道内径) 时，不应小于 $5D$ ；

2) **当温度计插套或套管直径在 $0.03D$ 和 $0.13D$ 之间时**，不应小于 $20D$ 。

- 在节流件的**下游**安装温度计时，
温度计与节流件间的直管段距离不应小于管道内径的 5 倍

4. 流量取源部件安装

P129, (5) 孔板或喷嘴采用单独钻孔的角接取压时的安装要求——

- 1) 上、下游侧取压孔轴线，分别与孔板或喷嘴上、下游侧端面间的距离，**应等于取压孔直径的 1/2**；
- 2) 取压孔的直径宜为 4~10mm，**上、下游侧取压孔直径应相等**；
- 3) 取压孔轴线应与管道轴线**垂直（？）相交**【法兰取压是垂直，角接取压是相交】。

P129 倒数第 2 行, (6) 孔板采用法兰取压时的安装要求:

- 1) 上、下游侧取压孔的轴线分别与上、下游侧端面间的距离，应符合规范规定；
- 2) **取压孔的轴线应与管道的轴线垂直相交**，上、下游侧取压孔的直径应相等。

P130,

(7) 采用**均压环取压**时，

取压孔应在同一截面上均匀设置，且上、下游取压孔的数量应相等。

(8) 皮托管、匀速管等流量检测元件的取源部件轴线，应与管道轴线**垂直相交**。

【题型暨考点，了解即可】

孔板的取压方式一般有哪几种？

答：孔板的取压方式一般有——

①**单独钻孔的角接取压**【角接取压（钻孔角接取压、环室取压）】②**法兰取压**③**均压环取压**④**径距取压**【实操补充】

P130, 5. 物位取源部件安装

(1) 物位取源部件的安装位置，**应选在物位变化灵敏，且检测元件不应受到冲击的部位**；

(8) 静压液位计取源部件的安装位置应远离液体进、出口；

(9) 重锤料位计取源部件的安装位置应在容器中心与侧壁之间，应垂直安装；

(10) 雷达、超声波等的取源部件，

应使检测元件与被测对象区域内无遮挡物，并应远离**物料进出口**。

6. 分析取源部件安装

(1) 分析取源部件应安装在

压力稳定、能灵敏反映真实成分变化，和取得具有代表性的分析样品的位置。

取样点周围不应有层流、涡流、空气渗入、死角、物料堵塞或非生产过程的化学反应。

(2) 被分析的气体内含有固体或液体杂质时，

取源部件的轴线与水平线之间的仰角**应大于 15°**。(3) 在水平和倾斜的管道上安装分析取源部件时，安装方位与安装**压力**取源部件的要求相同。

二、仪表设备安装要求

P131, 3. 温度检测仪表安装

(1) 测温元件安装在易受被测物料强烈冲击的位置时, 应按设计文件规定采取**防弯曲**措施。

(2) 在多粉尘的部位安装测温元件, 应采取防止**磨损**的措施。

(3) 压力式温度计的感温包**必须全部浸入被测对象中**。

【故, **水平管道上安装时, 管径不够深度, 可以按设计要求安装扩大管**】

(4) 表面温度计的感温面与被测对象表面应紧密接触, 并应固定牢固。

3. 温度检测仪表安装

P131, * **汽机轴瓦温度计安装程序** 【默写掌握】

- 1) 开箱检查。
- 2) 温度计安装。
- 3) 钻孔攻丝。
- 4) 引线固定。
- 5) 引出轴承座密封。
- 6) 终检。

P131, 4. 压力检测仪表安装

(1) 测量低压的压力表或变送器的安装高度, 宜与取压点的高度一致。

(2) 测量高压的压力表安装在操作岗位附近时,

安装高度宜在操作平台面 1.8m 以上, 或在仪表正面加保护罩。

(3) 现场安装的压力表, 不应固定在有强烈振动的设备或管道上。

【**实务操作**: 如固定在有强烈振动的设备或管道上, 应**安装弹簧压力表或压力表设表弯**】

P131, 5. 流量检测仪表安装

(1) **节流件安装应符合以下规定**

1) 节流件安装前应进行清洗, 清洗时不应损伤节流件。

2) 节流件必须**在管道吹洗后**确定节流件安装方向, 必须使流体从节流件的上游端面流向节流件的下游端面, 孔板的锐边或喷嘴的曲面侧迎着被测流体的流向。

3) 在水平和倾斜的管道上安装的孔板或喷嘴, 当(有)排泄孔, (管路)**流体为液体时——**排泄孔的位置应在管道的正上方【**排气**】, **流体为气体或蒸汽时——**排泄孔的位置应在管道的正下方【**排水**】。

4) 节流件的端面应垂直于管道轴线, 其允许偏差应为 1° , 节流件应与管件或夹持件同轴, 其轴线与上、下游管道轴线之间的误差应符合规范规定。

P132 第 3 行, (2) 流量计安装要求——

- 1) 涡轮流量计和涡街流量计的信号线应使用屏蔽线【PK】，其上、下游直管段的长度应符合设计文件的规定。
- 2) 质量流量计应安装于被测流体完全充满的水平管道上。
测量气体时，箱体管应置于管道上方；
测量液体时，箱体管应置于管道下方。
- 3) 电磁流量计安装：
流量计外壳、被测流体和管道连接法兰之间应等电位接地连接；
电磁流量计在垂直的管道上安装时，被测流体的流向应自下而上，
在水平的管道上安装时，两个测量电极不应在管道的正上方和正下方位置；
流量计上游直管段长度和安装支撑方式应符合设计文件规定。
- 4) 超声波流量计上、下游直管段长度应符合设计文件规定；
对于水平管道，换能器的位置应在与水平直线成 45° 夹角的范围内；
被测管道内壁不应有影响测量精度的结垢层或涂层。

7. 机械量检测仪表安装

(1) 电阻应变式称重仪表的安装应符合下列要求：

- [P 132] 2) 负荷传感器应安装为垂直状态，
传感器的主轴线应与加荷轴线相重合，各个传感器的受力应均匀。

P132,

8. 成分分析和物性检测仪表安装

- (1) 被分析样品的排放管应直接与排放总管连接，总管应引至室外安全场所，其集液处应有排液装置。
- (2) 可燃气体检测器和有毒气体检测器的安装位置应根据所检测气体的密度确定，
其密度大于空气时，检测器应安装在距地面 200~300mm 处，
其密度小于空气时，检测器应安装在泄漏区域的上方。

P133, 1. 仪表线路安装的一般规定【2012 年单选】

- (1) 电缆电线敷设前，应进行外观检查和导通检查，
并应用兆欧表测量绝缘电阻，其绝缘电阻值不应小于 $5M\Omega$ ；
当设计文件有特殊规定时，应符合设计文件的规定。
- (2) 线路周围环境温度超过 65°C 时应采取隔热措施；线路附近有火源时，应采取防火措施。
- (4) 线路不宜敷设在高温设备和管道上方，
也不宜敷设在具有腐蚀性液体的设备和管道的下方；
线路与绝热的设备及管道绝热层之间的距离应大于或等于 200mm，
与其他设备和管道之间的距离应大于或等于 150mm。
- (5) (仪表线路) 电缆不应有中间接头，当需要中间接头时，应在接线箱或接线盒内接线，接头宜采用压接；当采用焊接时，应采用无腐蚀性焊药。
补偿导线应采用压接。 同轴电缆和高频电缆应采用专用接头。
- (6) 线路敷设完毕，要测量电缆电线的绝缘电阻。【2012 单选】
并进行校线和标号，在线路终端处，应加标志牌。

[P133-134] **3. 电缆、电线及光缆敷设** 【考前再阅读一遍，比较好记的考点】

(1) 敷设塑料绝缘电缆时**环境温度要求不低于 0℃**，

敷设橡皮绝缘电缆时**环境温度要求不低于-15℃**。

(2) **补偿导线应在穿电缆导管或在电缆桥架内敷设，不得直接埋地敷设。**

当补偿导线与测量仪表之间不采用切换开关或冷端温度补偿器时，宜将补偿导线和仪表**直接连接**。

(3) 同轴电缆和高频电缆的连接应采用专用接头。

(4) 在光纤连接前和光纤连接后均应对光纤进行测试；

光缆的弯曲半径不应小于光缆外径的 15 倍【这是静态，动态不小于 20 倍】；

光缆敷设完毕，光缆端头应做密封防潮处理。

(5) 在电缆桥架内，交流电源线路和仪表信号线路

应用金属隔板隔开敷设。（也可设在金属槽盒、槽盘内）

(6) 明敷设的仪表信号线路与具有强磁场和强静电场的电气设备

之间的净距离**宜大于 1.50m**；

当采用屏蔽电缆或穿金属电缆导管以及金属槽式电缆桥架内敷设时，宜大于 0.80m。

(7) 仪表信号线路、仪表供电线路、安全连锁线路、

补偿导线及本质安全型仪表线路和其他特殊仪表线路，**应分别采用各自的电缆导管**。

(8) 信号回路的接地点，应在显示仪表侧，

当采用接地型热电偶和检测元件已接地时，在显示仪表侧不应再接地。

[信号回路只能有一个接地点]

5. 爆炸和火灾危险环境的仪表线路及仪表装置施工

P134, (5) **本质安全型仪表的安装和线路敷设要求**

1) 本质安全电路和非本质安全电路**不得共用一根电缆或穿同一根电缆导管**。

2) 采用芯线无分别屏蔽的电缆或无屏蔽的导线时，

两个及其以上不同回路的本质安全电路，**不得**共用同一根电缆或穿同一根电缆导管。

3) 本质安全电路与非本质安全电路

在同一电缆桥架或同一电缆沟道内敷设时，应采用**接地的**金属隔板或绝缘板隔离，或分开排列敷设，其间距应大于 50mm，并应分别固定牢固。

4) 本质安全电路与非本质安全电路共用一个接线箱时，

本质安全电路与非本质安全电路接线端子之间应采用**接地的**金属板隔开。

5) 仪表盘、柜、箱内的本质安全电路与关联电路或其他电路的

接线端子之间的间距，不得小于 50mm；

当间距不符合要求时，应采用高于端子的绝缘板隔离。

6) 仪表盘、柜、箱内的本质安全电路敷设配线时，应与非本质安全电路分开，

应采用有盖汇线槽或绑扎固定，线束固定点应靠近接线端。

二、自动化仪表管路安装要求

P135, 1. 仪表管路安装的一般要求

(5) 不锈钢管固定时, 不应与碳钢材料直接接触。

不锈钢管与支架、固定卡子之间宜加设隔离垫板。

(6) 仪表管道支架间距——(可以放弃)

管道材质	水平安装间距	垂直安装间距
钢管	宜为 1.00 ~ 1.50m ~不小于1米	宜为 1.50 ~ 2.00m ~不小于1.5米
铜管、铝管、塑料管及管缆	宜为 0.50 ~ 0.70m ~不小于0.5米	宜为 0.70 ~ 1.00m ~不小于0.7米

(7) 高压钢管的弯曲半径宜大于管子外径的 5 倍,

其他金属管的弯曲半径宜大于管子外径的 3.5 倍,

塑料管的弯曲半径宜大于管子外径的 4.5 倍。 【2013 年单选, 继续记】

(8) 直径小于 13mm 的铜管和不锈钢管,

宜采用卡套式接头连接, 也可采用承插法或套管法焊接连接。

【不采用——对口焊接】

承插法焊接时, 其插入方向应顺着流体流向。

(9) 仪表管道与仪表设备连接时, 应连接严密, 且不得使仪表设备承受机械应力。

P135, 2. 测量管道安装

(1) 测量管道水平敷设时, 应根据不同的物料及测量要求, 有 1:10~1:100 的坡度, 其倾斜方向应保证能排除气体或冷凝液,

当不能满足时, 应在管道的集气处安装排气装置,

在集液处安装排液装置。

(2) 测量管道与高温设备、高温管道及低温管道连接时, 应采取热膨胀补偿措施。

(3) 测量压差的正压管和负压管应安装在环境温度相同的位置。

(4) 当测量管道与玻璃管微压计连接时, 应采用软管。

管道与软管的连接处, 应高出仪表接头 150~200mm。

(5) 测量管道

- 与设备、工艺管道或建筑物表面之间的距离不得小于 50mm。
- 测量油类和易燃、易爆物质的测量管道

与热表面的距离不宜小于 150mm, 且不应平行敷设在其上方。

P136, (6) 低温(测量)管道敷设应采取膨胀补偿措施。

(7) 低温管及合金管下料切断后, 必须移植原有标识。

薄壁管、低温管或钛管, 严禁使用钢印作标识。

P136, 3. 气动信号管道安装

(1) 气动信号管道应采用——紫铜管、不锈钢管 或 聚乙烯管、尼龙管。

(2) 气动信号管道安装无法避免中接头时, 应采用卡套式接头连接;

气动信号管道终端应配装可拆卸的活动连接件。

【对比记】P128, 取源阀门与设备或管道的连接不宜采用卡套式接头。【2021 年案例】

7. 仪表管路管道试验

P137,

(7) 当工艺系统规定要求进行真空度或泄漏性试验时, 其内的仪表管道系统应与工艺系统一起进行试验。

(8) 仪表气源管道、气动信号管道

或设计压力小于或等于 0.6MPa 的仪表管道, **宜采用气体作为试验介质。**

P137, 1. 脱脂施工的一般规定

(1) 脱脂溶剂的选用

管材或介质环境	脱脂溶剂选用	脱脂件应干燥、无水分。
金属件	二氯乙烷、四氯乙烯	
黑色金属 有色金属	工业用三氯乙烯	
铝制品	10%的氢氧化钠溶液	
物料为浓硝酸	65%的浓硝酸。	

(2) 脱脂注意事项

- 1) 当采用二氯乙烷、四氯乙烯和三氯乙烯脱脂时, 脱脂件应干燥、无水分。
- 2) 接触脱脂件的工具、量具及仪器应经脱脂合格后再使用。
- 3) 脱脂合格的仪表、控制阀、管子和其他管道组成件应封闭保存, 并应加设标识; 安装时严禁被油污染。

P137, **2. 脱脂方法**

- (1) 有明显锈蚀的管道部位, 应先除锈再脱脂。
- (2) 采用擦洗法脱脂时, 应**使用不易脱落纤维的布或丝绸**, 不得使用棉纱。脱脂后, 脱脂件上严禁附着纤维。
- (3) 当用蒸汽吹洗脱脂件时, 应将颗粒度小于 1mm 的数粒**纯樟脑**放入蒸汽冷凝液内, 樟脑在冷凝液表面应不停旋转;
- (4) 当用浓硝酸脱脂时, 浓硝酸中所含有机物的总量不应超过 0.03%。

3. 脱脂合格要求

- (1) 当用清洁干燥的白滤纸擦洗脱脂件表面时, 纸上应无油迹;
- (2) **当用紫外线灯照射脱脂表面时, 应无紫蓝荧光;**

P137-138,

1. 仪表管路接地一般要求

(1) 供电电压**高于 36V** 的现场仪表的外壳, 仪表盘、柜、箱、支架、底座等正常不带电的金属部分, 均应做保护接地。

(2) 仪表及控制系统应做工作接地,

工作接地应包括——信号回路接地和屏蔽接地, 以及特殊要求的本质安全电路接地,

接地系统的连接方式和接地电阻值应符合设计文件的规定。

(3) **各仪表回路应只有一个信号回路接地点。**

信号回路的接地点应在显示仪表侧,

当采用接地型热电偶和检测元件已接地的仪表时, 在显示仪表侧不应再接地。

(4) 在中间接线箱内, 主电缆分屏蔽层应用端子将对应的二次电缆屏蔽层进行连接, 不同的屏蔽层应分别连接, 不应混接, 并应绝缘。

(5) 仪表盘、柜、箱内各回路的各类接地, 应分别由各自的接地支线引至接地汇流排或接地端子板, 由接地汇流排或接地端子板引出接地干线, 再与接地总干线和接地极相连。

各接地支线、汇流排或端子板之间在非连接处应相互绝缘。

(6) **仪表及控制系统的工作接地、保护接地应共用接地装置。**

(7) 仪表保护接地系统**应接到电气工程低压**电气设备的保护接地网上, 连接应牢固可靠, **不应串联接地。**

(8) 接地系统的连线应采用铜芯绝缘电线或电缆, 并应采用镀锌螺栓紧固。仪表盘、柜、箱内的**接地汇流排应采用铜材**, 并应采用**绝缘支架**固定。

接地总干线与接地体之间(这部分暗埋的) **应采用焊接。**

(9) 当控制室、机柜室内的接地干线采用扁钢时, 应进行绝缘, 并应绝缘到接地装置连接点。

P138, 2. 盘、台、柜接地要求

DCS 系统的接地有三部分——系统电源地、信号屏蔽地、机柜安全地,

在 DCS 机柜内安装有三块接地铜排, 分别与三个地对应。

三根铜排在 DCS 系统内互相绝缘。

每根铜排要求各自独立连接到电气全厂接地网上, 中间无其他系统的地线接入。

DCS 系统的接地具体要求如下——

(1) **单独接地, 不与其他系统共用接地点或接地线。**

(2) 接地点到防雷接地或高压电气设备接地点的距离需大于 10m。

(3) 每个机柜的系统电源地、信号屏蔽地、机柜安全地分别汇总接至电源柜三根铜排上, 分别引至总接地点, 走线尽量短而直, **总接地电阻小于 3Ω 。**

(4) **DCS 机柜要求浮空, 底座与机柜间铺设绝缘材料, 盘柜与底座连接螺栓应带绝缘垫片。**

P138, **前序**

仪表调试程序应先单体设备或部件调试, 后局部、区域调试和回路调试, 最后整体系统联调。

仪表试验包括——

单台仪表的校准和试验、仪表电源设备的试验、

综合控制系统的试验、回路试验和系统试验。

仪表回路试验和系统试验必须全部检验。【2020 单选】

P138-139, 一、自动化仪表调试的一般要求 【2011 年、2015 年单选】

1. 仪表在安装前, 应进行检查、校准和试验。

仪表安装前的校准和试验应在室内进行。

试验室无电磁场干扰; **室内温度保持在 10~35℃。**

2. 仪表试验的电源电压应稳定。

交流电源及 60V 以上的直流电源电压波动不应超过±10%, 60V 以下的直流电源电压波动不应超过±5%。

3. 仪表试验的气源应清洁、干燥、压力稳定, **露点比最低环境温度低 10℃ 以上。**

4. 校准和试验用的标准仪器仪表应具备有效的计量检定合格证明, 其基本误差的绝对值不宜超过被校准仪表基本误差绝对值的 **1/3。**

5. 仪表工程在系统投用前应进行回路试验;

仪表回路试验的电源和气源宜由正式电源和气源供给。

6. 仪表校准和试验的条件、项目、方法应符合设计要求。

对于施工现场不具备校准条件的仪表, 可对检定合格证明的有效性进行验证。

【如, 是否有章, 是否在检定期内。有“合格证明”不代表真的“合格”。】

7. 单台仪表的校准点应在仪表全量程范围内均匀选取, 一般不应少于 5 点;

回路试验时, 仪表校准点不应少于 3 点。【2011 单、2015 选项】

P139, **二、单台仪表的校准和试验**

1. 数字式显示仪表的示值应清晰、稳定, 在测量范围内其示值误差应符合仪表准确度的规定。

2. 浮筒式液位计可采用**干校法或湿校法**校准。

储罐液位计、料面计可在安装完成后**直接模拟物位**进行校准。

3. 称重仪表及其传感器可在安装完成后**直接均匀加载标准重量**进行校准。【2015 年单选】

4. 测量位移、振动、转速等机械量的仪表, 可使用专用试验设备进行校准和试验。

P139, **5. 控制阀和执行机构的试验**

(1) 阀体压力试验和阀座密封试验等项目, 可对制造厂出具的产品合格证明和试验报告进行验证, 对事故切断阀应进行**阀座密封**试验。

(2) 应进行膜头、缸体泄漏性试验以及行程试验。

(3) 事故切断阀和设计**规定了全行程时间的阀门, 应进行全行程时间试验。**

(4) 执行机构在试验时应调整到设计要求的工作状态。

P139, **三、仪表电源设备试验**

1. 电源设备的带电部分与金属外壳之间的绝缘电阻,

当采用 500V 兆欧表测量时, **不应小于 5MΩ。**

2. 电源设备应进行输出特性检查; 不间断电源应进行自动切换性能试验。

【实操知识点补充】三阀组

三阀组是由三个互相沟通的三个阀组成；

左边高压阀（正压阀），右边低压阀（负压阀），中间平衡阀。

三阀组与变送器配套使用，作用是将正、负压测量室与引压点导通或断开，或将正负压测量室断开或导通。

1. 操作仪表三阀组，注意二个原则：

（1）不能让导压管内的凝结水或隔离液流失。

（2）不可使测量元件单向受压或受热。

2. **三阀组启动顺序** 打开正压阀（左），关闭平衡阀（中）、打开负压阀（右）；

3. **三阀组的停运顺序** 关负压阀（右）、打开平衡阀（中）、关正压阀（左）

1H413070 防腐蚀工程施工技术

一、设备及管道腐蚀类型及防腐蚀措施

P140, （一）设备及管道腐蚀类型

1. **按照金属腐蚀机理分类：化学腐蚀、电化学腐蚀。**

例如：不锈钢与非合金钢、低合金钢接触存在铁离子、铬离子电位差而形成微电池，

产生**电化学腐蚀**；【2020 单选】

氯离子对不锈钢发生化学腐蚀溶解其表面钝化膜而产生点蚀（孔蚀），这些小蚀坑便是孔蚀核，在自然条件下，含氯离子的介质中含有氧或阳离子氧或阳离子氧化剂时，电化学腐蚀能促使蚀核长大成蚀孔。

2. **按照腐蚀环境分类——**

大气腐蚀、土壤腐蚀、海水腐蚀、淡水腐蚀、**化学介质腐蚀**、高温腐蚀等。

3. **按照破坏形态分类**：全面腐蚀、局部腐蚀。

P141, （二）设备及管道防腐蚀措施		
防腐措施		适用性举例
1、介质处理		
2、覆盖层 【2019单】	涂料涂层	比较薄，常用于设备、架空管道
	金属涂层	设备或储罐的外壁
	衬里	对于温度较高、压力较高的场合——衬耐腐蚀金属，如不锈钢、钛、铜、铝（铅衬里不行，P143，）
	管道防腐层	常用类型：三层聚乙烯、环氧粉末、环氧煤沥青
3、电化学保护		硫酸设备等化工设备和设施可采用 阳极保护技术 ； 埋地钢质管道、管网以及储罐常采用阴极保护技术。
4、添加缓蚀剂 P142		加入 乌洛托品 等缓蚀剂可减轻炼油装置的腐蚀。

1. **介质处理**手段——①去除介质中促进腐蚀的有害成分

②调节介质的 pH 值

③改变介质的湿度。

如，锅炉给水的除氧；

在管道输送原油前，必须脱出原油中水及其他腐蚀性成分。

P141, **金属涂层**是利用某种热源, 如**电弧、等离子弧、燃烧火焰**等将粉末或丝状的金属涂层材料加热到熔融或半熔融状态, ……。

P142, **(二) 金属涂层**

1. 金属热喷涂类型——燃烧法、电加热法

2. 金属热喷涂工艺(过程)——**表面处理→热喷涂→后处理→精加工**

3. **金属热喷涂采用的金属材料多是——锌、锌铝合金、铝和铝镁合金**, 分为金属丝和金属粉末两种形式

衬里	主要的施工方法 P142-143,
块材衬里	胶泥衬砌法 ; 常用胶泥——水玻璃、树脂胶泥
纤维增强塑料衬里	① 铺贴法 (连续或间断施工) 纤维增强酚醛树脂衬里应采用——间断法施工 ② 喷射法 (胶粘剂为——树脂)
橡胶衬里	粘贴法
塑料衬里	焊接或粘贴 等方法; 常用的塑料衬里工程包括—— ① 软聚氯乙烯板衬里设备 、② 氟塑料衬里设备 、 ③ 塑料衬里管道施工——松衬法, P147, } 【★★】
铅衬里	衬铅、搪铅; 铅——耐硫酸腐蚀。 适用于——常压或压力不高、温度较低、静载荷作用下的设备。 不适用于——真空、受振动、有冲击设备。
氯丁乳水泥砂浆衬里胶	

6. 氯丁乳胶水泥砂浆衬里【2022 版新增内容】氯丁乳胶水泥砂浆衬里采用整体面层涂覆的方式。输水钢管通过**离心机或管道喷涂机**在钢管内壁形成水泥涂层, 主要是延长给水管道的使用寿命, 保护水质, 提高管道输水能力。**考虑到设备、管道内部空间狭窄, 只适用于内部结构简单的设备、管道, 设备、管道内部结构复杂的, 施工困难, 质量难以保证的, 不宜选用水泥砂浆衬里。**

P, 143-144, (四) 阴极保护

1. 强制电流阴极保护系统施工

(1) 强制电流阴极保护系统由 4 部分组成——

电源设备、辅助阳极、被保护管道与附属设施。

P143-144, **(2) (阴极保护) 施工方法——**

1) 电源设备的机壳应接地, 安装环境应与使用环境相匹配。

电源设备所用外部电源应设置**独立的配电箱**。

2) 辅助阳极地床根据埋设深度不同可分为: 浅埋阳极地床和深井阳极地床。

阳极四周宜填充焦炭、石墨等填充料。

3) 被保护的管道、设备与电缆的连接宜采用**铝热焊或铜焊**。

4) 应在地面安装测试桩以检测 阴极保护技术参数。

P 144, 2. 牺牲阳极阴极保护系统施工【还是属于阴极保护】

(1) 系统组成

1) 牺牲阳极阴极保护系统由 3 部分组成——

牺牲阳极、被保护管道与附属设施。【不需要设电源设备】

2) 常用牺牲阳极材料包括——

镁及镁合金阳极、锌及锌合金阳极、铝合金阳极和镁锌复合式阳极；

其中

铝合金阳极主要用于海洋环境中管道或设备的牺牲阳极保护。

牺牲阳极结构形式可选用棒状、带状。

【对比记】常用辅助阳极材料有——

高硅铸铁阳极、石墨阳极、钢铁阳极、导电聚合物阳极、金属氧化物阳极。

2. 牺牲阳极阴极保护系统施工

P144, (2) 施工方法

1) 牺牲阳极的填包料由石膏粉、膨润土、工业硫酸钠组成，

【强制电流阴极保护系统，阳极四周宜填充焦炭、石墨等填充料】

2) 牺牲阳极的电缆应通过测试装置与被保护对象实现电连接。

3) 棒状牺牲阳极可采用单支埋设或多支成组埋设两种方式，

按轴向和径向分为立式和水平式两种。

3) 带状牺牲阳极应根据用途和需要与被保护对象同沟敷设或缠绕敷设。

一、基本要求 (一) 施工条件

P144, 1. 现场条件

(1) 设备及管道外壁附件的焊接，应在防腐蚀工程施工前完成。

(2) 对不可拆卸的密闭设备必须开启全部人孔。

(3) 作业环境要求——当相对湿度大于 85% 时，应停止表面处理作业。

当进行喷射或抛射处理时，基体表面温度应高于露点温度 3℃。

P145, 表1H413072

覆盖层类别	表面处理质量等级
金属热喷涂层	Sa3级
搪铅、涂料涂层、塑料粘板衬里	Sa2.5级
水玻璃胶泥砖板衬里、涂料涂层、聚丁胶乳水泥砂浆衬里	Sa2级 或 St3级
衬铅、塑料板非粘结衬里	Sa1级 或 St2级

P145, 表格下面 2. 粗糙度要求

1) 表面处理时，金属基体粗糙度应符合要求。

2) 喷射或抛射除锈后的基体表面应呈均匀的粗糙面，

除基体原始锈蚀或机械损伤造成的凹坑外，不应产生肉眼明显可见的凹坑和飞刺。

3) 对螺纹、密封面及光洁面应妥善保护，不得误喷。

二、防腐工程施工

P145, (一) 表面处理工艺

目前, 设备及管道表面处理的常用方法有**工具除锈 (St)**、**喷射或抛射除锈 (Sa)**。

◆**喷射除锈**, 常以**石英砂**作为喷射除锈用磨料, 称为喷砂除锈;

喷射除锈广泛用于**施工现场**设备及管道涂覆前的表面处理。【要在专业的非露天场所内进行】

◆**抛射除锈**, 常以铸钢丸作为抛射除锈用磨料, 称为抛丸除锈。

抛射角度 $45^{\circ} \sim 50^{\circ}$ 。抛射除锈主要用于涂覆车间工件的金属表面处理。

(二) 防腐蚀层施工工艺

[P146] 1. 涂料涂层

(1) 施工环境温度宜为 $10^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$,

相对湿度不宜大于 85%, 或被涂覆的基体表面温度应比露点温度高 3°C 。

(6) **氟涂料、富锌涂料**宜采用喷涂法施工。

P146, 2. * 金属热喷涂层

(1) 施工前, 应对热喷涂设备进行检查和试验。

(2) 基体表面处理等级及粗糙度符合规定。

工艺参数应经喷涂试验和涂层的检验优化确定。

(3) 设计厚度等于或大于 0.1mm 的涂层**应分层喷涂**。

分层喷涂时, 喷涂的**每一涂层均应平行搭接**, 搭接尺寸符合要求;

同层涂层的喷涂方向宜一致;

上下两层的喷涂方向应纵横交叉。

(4) 难以施工的部位应先喷涂。

喷涂操作时, 宜降低热源功率, 提高喷枪的移动速度, 并应预留涂层的**阶梯形接头**。

(5) 施工过程中应进行涂层外观、厚度和结合性的中间质量检查。

(6) 应在涂层检查合格后及时进行**涂料封闭**。当涂层受潮时, 不得进行封闭。

不做涂料封闭的喷涂层, 应采用**细铜丝刷进行刷光处理**。

(二) 防腐蚀层施工工艺 3. 衬里

P147, (2) 纤维增强塑料衬里

1) **手工糊制**——封底层和修补层**自然固化时间不宜少于 24h**。

2) **间断法**——上一层固化 24h 后, 应修整表面, 再铺衬以下各层。

3) **连续法**——平面和立面 1 次连续铺衬的层数或厚度, **层数不宜超过 3 层**;

厚度以不产生滑移, 固化后不起壳或脱层进行确定。

4) **喷射法**——

将玻璃纤维无捻粗纱切成 25~30mm 长度, 与树脂一起喷射到金属表面, 喷射厚度

P147, (4) 塑料衬里

1) 从事塑料衬里焊接作业的焊工, **应经培训考试合格持证上岗**。

2) 软聚氯乙烯板采用粘贴法施工,

当粘结剂不能满足耐腐蚀和强度要求时, 应在接缝处采用焊条封焊。

3) 氟塑料板焊接成型可采用**热风焊、挤出焊或热压焊**。

4) **塑料衬里管道的施工**宜采用**松衬法**, 翻边处应进行加热, 并应压平。

P147-148, (6)* **内衬水泥砂浆防腐钢管** 【2022 年改版】

1) 在水泥砂浆衬里施工前应完成清扫、组对、焊接、无损检测、强度试验、严密性试验、外防腐层补口补伤并验收合格。

焊缝和搭接部位应采用**氯丁乳胶泥**找平,

氯丁胶乳水泥砂浆采用的水泥强度**不应小于 32.5MPa**。

2) 氯丁胶乳水泥砂浆边摊铺边压抹, **宜一次抹平, 不宜反复抹压**。

当有气泡时应刺破压紧, 表面应密实。

在立面或仰面施工时, **当压抹面层厚度大于 10mm 时, 应分层施工**,

分层抹面厚度宜为 5mm~10mm。

待前一层干至不粘手时, 再进行下一层施工。

3) 水泥砂浆抹面后, **表面干至不粘手时**, 即可进行喷雾或覆盖塑料薄膜等进行养护。

塑料薄膜四周应封严, 并应**潮湿养护 7d, 再自然养护 21d 后方可使用**。

[注意] 管道内部结构复杂的, 施工困难, 质量难以保证的, **不宜选用水泥砂浆衬里**。

露点温度, 【对比记】

P138,

仪表试验的气源应清洁、干燥, (该气体的) 露点比最低环境温度低 10℃以上;

P144,

相对湿度大于 85%时, 应停止作业;

进行喷射或抛射除锈处理时, 基体表面温度应高于露点温度 3℃;

P146,

涂料施工, 环境温度宜为 10~30℃, 相对湿度不宜大于 85%,

被涂覆的基体表面温度应比(涂料的) 露点温度高 3℃。

P148,

(二) 绝热结构组成 【2019 年单选】

(1) 保温结构——由保温层和保护层组成。【潮湿环境要设防潮层】

(2) 保冷结构——由保冷层、**防潮层**和保护层组成。

(三) 常用的绝热材料及其制品

(1) 保温材料——硅酸钙制品、复合硅酸盐制品、岩棉制品、矿渣棉制品、玻璃棉制品、硅酸铝棉及其制品、硅酸镁纤维毯。

(2) 保冷材料——**柔性泡沫橡塑制品、硬质聚氨酯泡沫塑料制品、泡沫玻璃制品、聚异氰脲酸酯等。**

绝热层的施工方法有——

嵌装层铺法、捆扎法、拼砌法、缠绕法、填充法、粘贴法、浇筑法、喷涂法、涂抹法;

2. (绝热层施工) 捆扎法

(1) **适用于**软质毡、板、管壳, 硬质、半硬质板等**各类绝热材料制品的施工**。

用于大型筒体设备及管道时, 需依托固定件或支承件来捆扎、定位。

(2) 配套的捆扎材料有镀锌铁丝、包装钢带、粘胶带等。

◆**对泡沫玻璃、聚氨酯、酚醛泡沫塑料等脆性材料**

不宜采用——镀锌铁丝、不锈钢丝捆扎,

宜采用——感压丝带捆扎;

◆分层施工的内层可采用**粘胶带捆扎**。

P149, 3. (绝热层施工)拼砌法

(1) 拼砌法是用块状绝热制品紧靠设备及管道外壁砌筑的施工方法，分为干砌和湿砌。

(2) 干砌是将绝热块沿钢结构与构件排列，缝隙可用散棉填实。

(3) 湿砌则将绝热块涂抹绝热灰浆，并整齐砌筑，

拼缝与缺损处应采取措施加强整体强度。

(4) 对某些硬质绝热制品湿砌法保温不但严密性好，结构强度也好。

拼砌法常用于保温结构施工，特别是高温炉墙的保温层砌筑。

P149, 涂抹法可在被绝热对象处于运行状态下进行施工。

P149, 10. 可拆卸式绝热层施工方法——采用螺栓等方法固定

P149, 11. 金属反射绝热层结构施工方法——焊接或铆接

P150, 防潮层施工方法主要有——1. 涂抹法；2. 捆扎法；

P150-151, 1. 【(绝热工程)施工技术要求】一般规定

(1) 保温层厚度 $\geq 100\text{mm}$ ，保冷层厚度 $\geq 80\text{mm}$ 时，

应分为两层或多层逐层施工；

(2) 硬质或半硬质绝热制品的拼缝宽度——

当作为保温层时，不应大于 5mm ，

当作为保冷层时，不应大于 2mm 。

(3) 绝热层施工时，每层及层间接缝应错开，其搭接的长度宜 $\geq 100\text{mm}$ 。

(4) 接缝位置

水平管道的纵向接缝位置，不得布置在管道垂直中心线 45° 范围内；

当采用大管径的多块硬质成型绝热制品时，

绝热层的纵向接缝位置可不受此限制，但应偏离管道垂直中心位置。

(5) 附件要求

1) 保冷设备及管道上的裙座、支座、吊耳、仪表管座、支吊架等附件，必须进行保冷。

2) 其保冷层长度不得小于保冷层厚度的4倍或敷设至垫块处，

保冷层厚度应为邻近保冷层厚度的 $1/2$ ，但不得小于 40mm 。

设备裙座内、外壁均应进行保冷。

P152, 8. 浇筑法施工要求

- (1) 浇注发泡型材料时, 可在模具内带铺衬一层**聚乙烯薄膜**。
- (2) 聚氨酯、酚醛等泡沫塑料浇筑 (略)
- (3) 预制管中管绝热结构及其安装补口。
 - 1) 凡外护层采用非金属结构的预制绝热管道, 其运输、吊装、布管和焊接等施工过程均应采取相应的防护措施。
如运输时应设置橡皮板或其他软质材料衬垫, 吊装时应使用柔性吊管带等。
 - 2) 预留裸管段的绝热层和外护层在**补口前, 应按照规定进行表面处理与防腐。**
 - 3) 施工完毕后, 补口处绝热层必须整体严密。
 - (4) 轻质粒料保温混凝土及浇注料浇注时应一次浇注成型,
当间断浇注时, 施工缝宜留在伸缩缝的位置上。
 - (5) **试块的浇注应在浇注绝热层的同时进行。**

P152-153, 9. 喷涂法施工工艺

(2) 过程控制

- 1) 喷涂时应均匀连续喷射, **喷涂面上不应出现干料或流淌。**
喷涂方向应垂直于受喷面, 喷枪应不断地进行螺旋式移动。
- 2) 可在伸缩缝嵌条上划出标志或用硬质绝热制品拼砌边框等方法控制喷涂层厚度。
- 3) 喷涂时应**由下而上, 分层进行。**
大面积喷涂时, 应分段分层进行。接槎处必须结合良好, 喷涂层应均匀。
- (3) 环境条件
在风力大于三级、酷暑、雾天或雨天环境下, **不宜进行**室外喷涂施工。

P153, 13. 伸缩缝及膨胀间隙的留设

(1) 伸缩缝留设的规定

- 7) 多层绝热层伸缩缝的留设:
中、低温保温层的各层伸缩缝, 可不错开。
保冷层及高温保温层的**各层伸缩缝, 必须错开**, 错开距离应大于 100mm。
- (2) 伸缩缝留设宽度
[P154 第一行]**设备宜为 25mm, 管道宜为 20mm。**
- (3) 【P154 第 7 行】保冷层的伸缩缝外应再进行保冷。

P154, (二) 防潮层

1. 玻璃纤维布复合胶泥涂抹施工要求【2020 年单选】

- (1) 胶泥应涂抹至规定厚度, 其表面应均匀平整。
- (2) 立式设备和垂直管道的环向接缝, 应为上搭下。
卧式设备和水平管道的纵向接缝位置, 应在两侧搭接, 并应缝口朝下。
【理解记忆】搭接, 顺水搭 (就是搭接后不形成滞水台面)。
- (3) 玻璃纤维布应随第一层胶泥层边涂边贴, 其环向、纵向缝的搭接宽度 $\geq 50\text{mm}$,
搭接处应粘贴密实, 不得出现气泡或空鼓。
- (4) 粘贴的方式, 可采用螺旋形缠绕法或平铺法。
- (5) 待第一层胶泥干燥后, 应在玻璃纤维布表面再涂抹第二层胶泥。

1H413090 炉窑砌筑工程施工技术

P155, 耐火材料的分类

* 按化学特性分类	酸性耐火材料	如：硅砖、锆英砂砖
	碱性耐火材料	如：镁砖、镁铝砖、白云石砖
	中性耐火材料	如：刚玉砖、高铝砖、碳砖
按耐火度分类（略）		
按结构性能分类	致密性耐火材料	如：气孔率低于45%的耐火材料
	隔热耐火材料	如：气孔率大于45%的耐火材料
按耐火材的形状分类	定型耐火材料	如：耐火烧砖
	不定型耐火材料	如：耐火浇注料、耐火泥浆、 喷涂料、可塑料、捣打料 (弥补定型耐火材料砌筑的不足 之处)
	新型耐火材料	如，耐火陶瓷纤维

P156,

1. 膨胀缝填充材料 —— 伸缩性能好，如耐火陶瓷纤维、PVC板、发泡苯乙烯等

一、炉窑砌筑前工序交接的规定

2. * 工序交接证明书应包括的内容

P157,

- (1) 炉子中心线和控制标高的测量记录及必要的沉降观测点的测量记录；
- (2) 隐蔽工程的验收合格证明；
- (3) 炉体冷却装置，管道和炉壳的试压记录及焊接严密性试验合格证明；
- (4) 钢结构和炉内轨道等安装位置的主要尺寸复测记录；
- (5) 动态炉窑或炉子的可动部分试运转合格证明；
- (6) 炉内托砖板和锚固件等的位置、尺寸及焊接质量的检查合格证明；
- (7) 上道工序成果的保护要求。

P157, 二、耐火砖砌筑的施工程序

(一) 动态炉窑的施工程序

- (1) 动态炉窑砌筑必须在炉窑单机无负荷试运转合格并验收后方可进行。
- (2) 砌筑的基本顺序：

从热端向冷端（或从低端向高端）→分段作业划线→选砖→配砖→分段砌筑→分段进行修砖及锁砖→膨胀缝的预留及填充。

2. 静态炉窑的施工程序

P157, (2) 静态炉窑和动态炉窑砌筑程序不同之处在于【2021年单选选项】

- 1) 不必进行无负荷试运行即可进行砌筑；
- 2) 砌筑顺序必须自下而上进行；
- 3) 无论采用哪种砌筑方法，每环砖均可一次完成；
- 4) 起拱部位应从两侧向中间砌筑，
并需采用拱胎压紧固定，锁砖完成后，拆除拱胎。

三、一般工业炉的施工技术要求

P157, 表 1H413092-1,

序号 7 隔热耐火砖【通常用】——(粘土砖、高铝砖、硅砖)

工作层不大于 2mm, 非工作层不大于 3mm;

P158 第 1 个表格下面, 2. *砖缝处理

(1) 湿砌砌体的所有砖缝中泥浆应饱满, 其表面应勾缝;

(2) 干砌立墙的砖缝, 应以干耐火粉填满;

(3) 干砌旋转型炉窑(如回转窑等)、静态炉窑的顶部、拱部

等部位的砖缝应以钢板(片)塞满、塞牢固。

六、耐火浇注料施工技术要求

P160, 2. 施工技术要求

(1) 搅拌耐火浇注料的用水应采用洁净水。

(2) 浇注用的模板应有足够的刚度和强度, 支模尺寸应准确, 并应防止在施工过程中变形。

模板接缝应严密, 不漏浆。

对模板应采取防粘措施。

与浇注料接触的隔热砌体的表面, 应采取防水措施。

(4) 搅拌好的耐火浇注料时间, 应在 30min 内浇注完成,

或根据施工说明要求在规定的时间内浇注完。已初凝的浇注料不得使用。

(6) 耐火浇注料的浇注, 应连续进行。

在前层浇注料初凝前, 应将次层浇注料浇注完毕;

间歇超过初凝时间, 应按施工缝要求进行处理。

施工缝宜留在同一排锚固砖的中心线上。

七、耐火喷涂料施工技术要求

P160 倒数第 10 行, 喷涂完毕后, 应及时开设膨胀缝线,

可用 1~3mm 厚的楔形板压入 30~50mm 而成。【2016 单选】

2. 砌筑工程冬期施工技术要求

(4) 冬期施工耐火浇注料的养护

P162 第 1 行起

1) 水泥耐火浇注料可采用蓄热法和加热法养护。

加热硅酸盐水泥耐火浇注料的温度不得超过 80℃;

加热高铝水泥耐火浇注料的温度不得超过 30℃。

2) 黏土、水玻璃、磷酸盐水泥浇注料的养护应采用干热法。

【P161, 这三种, 施工环境温度不宜低于 10℃】

水玻璃耐火浇注料的温度不得超过 60℃。

P162, 2. 烘炉的技术要点

- (1) 烘炉前应**先烘烟囱及烟道**【2020 单选】
- (2) 耐火浇注料内衬应该按规定养护后, 才可进行烘炉
- (3) 在其生产流程有关的机电设备联合试运转及调整合格后进行
【可以在进度计划找错中考应用】

(4)

1) (略)

2) 烘炉后需降温的炉窑, 在烘炉曲线中应注明降温速度。

- (5) 烘炉**必须按烘炉曲线**进行。烘炉过程中, 应测定和测绘实际烘炉曲线。

(7) 烘炉期间, 应仔细观察

护炉铁件和内衬的膨胀情况以及拱顶的变化情况,

必要时可调节拉杆螺母以控制拱顶的上升数值。

在大跨度拱顶的上面应安装标志, 以便检查拱顶的变化情况。

1H414000 建筑机电工程施工技术

1H414010 建筑管道工程施工技术

P164, **一、* 建筑管道常用的连接方法**

建筑管道根据用途和管材, 常用的连接方法有: 螺纹连接、法兰连接、焊接、沟槽连接(卡箍连接)、卡套式连接、卡压连接、热熔连接、承插连接等。

管道类型	适用的连接方式
明装管道的——钢塑复合管、 管径小于等于80mm镀锌钢管 【规范为100mm, 考试按教材】	螺纹连接 【镀锌钢管预制套丝后, 应二次镀锌】
主干管连接阀门、水表、水泵处、 需要经常拆卸维修的部位	法兰
暗装的管道、直径较大的管道 不镀锌管道	焊接 (在高层中运用较多)
消防水、空调冷热水、给水、雨水等 直径 $\geq 100\text{mm}$ 的镀锌管道、钢塑复合管	沟槽式连接

铝塑复合管	螺纹卡套压接(卡套式)
铜管 【见管道连接第3和5.】	①焊接 ②专用接头 ③螺纹卡套压接 当管径 $< 22\text{mm}$ 时, 宜采用承插或套管焊接, 承口应迎介质流向安装, 当管径 $\geq 22\text{mm}$ 时, 宜采用对口焊接。
水质卫生要求 【2013单选】	不锈钢卡压式管件(取代了其它连接方式) 使用寿命长安装便捷、连接可靠、经济合理
PPR管	热熔器进行热熔连接

承插连接 【2014单选】	用于给水及排水铸铁管及管件的连接。 有柔性连接和刚性连接两类
	柔性连接采用橡胶圈密封
	刚性连接采用石棉水泥或膨胀性填料密封， 重要场合可用铅密封。

P165，二、室内给水管道施工技术要求

1. 预留预埋【案例阅读】

校核土建图纸与安装图纸的一致性（即，图纸会审），
现场检查预埋件、预留孔的位置、样式及尺寸，
配合土建施工及时做好各种孔洞的预留及预埋管、预埋件的埋设，
确保埋设①正确②无遗漏。

【拓展】BIM 在工程建设中的主要作用——

- (1) 施工图深化设计出图；
- (2) 模拟施工，提前发现问题；
避免管线之间出现碰撞、
避免未留检修间距；
- (3) 批量化预制加工和现场装配；
- (4) 作业面等的协调；
- (5) 进度、成本控制；
- (6) 竣工图出图；
- (7) 工程维护；

P165， 3. 管道元件检验

(1) 主要材料、成品、半成品、配件、器具和设备必须具有**中文质量合格证明文件**，规格、型号及性能检测报告应符合**国家技术标准或设计要求**。

材料进场时应做检查验收，并经监理工程师核查确认。

(3) 管道所用流量计及压力表应**进行校验检定**，
设备及管道上的安全阀**应由具备资质的单位进行整定**。

(4) 阀门安装前，应做强度和严密性试验。

试验应在每批(同牌号、同型号、同规格)数量中**抽查 10%**，且不少于一个。

对于安装在**主干管上起切断作用**的闭路阀门，应**逐个(100%)**做**强度**和**严密性**试验。

【2018 年案例，计算要进行试验的阀门数量】

(5) 阀门的强度和严密性试验，应符合以下规定：

阀门的**强度试验压力**为公称压力的 1.5 倍；

阀门的**严密性试验压力**为公称压力的 1.1 倍；

试验压力在试验持续时间内应保持不变，且壳体填料，及**阀瓣密封面**无渗漏。

【未完】

【续上页】

阀门试压的试验持续时间应不少于下表的规定。

公称直径DN (mm)	最短试验持续时间 (s) 【2018案例, 继续】		
	严密性试验		强度试验
	非金属密封	金属密封	
≤50	15	15	15
65-200	15	30	60
250-450	30	60	180

【知识点拓展】阀门的强度试验与严密性试验的区别

1. 试验压力不同。

强度试验压力为公称压力的 1.5 倍；

严密性试验压力应为公称压力的 1.1 倍

2. 目的不同。

强度试验，检验阀门的壳体与填料的强度；

严密性试验，检验阀门关闭的严密性。

3. 试验时，阀门开启关闭状态不同。

强度试验，阀门开启；

严密性试验，阀门关闭。

4. 试验的持续时间不同。【工业阀门，试验时间都是不少于 5 分钟】

工业阀门与建筑阀门检验比较

类别	工业管道阀门		建筑管道阀门	
试验名称	壳体压力试验	密封试验	强度试验	严密性试验
试验介质	洁净水【不锈钢材质，水中的氯离子含量不得超过25PPM (25×10^{-6})】			
试验压力	最大允许工作压力的1.5倍	最大允许工作压力的1.1倍	公称压力1.5倍	公称压力1.1倍
试验时间	持续时间不得少于5min		根据具体要求 (见P165表格)	

P165-166, 4. * 管道支吊架安装 【2020 年多选】

(1) 滑动支架应灵活，滑托与滑槽两侧间应留有 3~5mm 的间隙，纵向移动量应符合设计要求。

(2) 无热伸长管道的吊架、吊杆应垂直安装。

(3) 有热伸长管道的吊架、吊杆应向热膨胀的反方向偏移。

(4) 塑料管及复合管垂直或水平安装的支架间距应符合规范的规定。

采用金属制作的管道支架，应在管道与支架间加衬非金属垫或套管。

(5) 金属管道立管管卡安装应符合下列规定：

楼层高度小于或等于 5m，每层必须安装 1 个；

楼层高度大于 5 m，每层不得少于 2 个；

管卡安装高度，距地面应为 1.5—1.8m，2 个以上管卡应匀称安装，同一房间管卡应安装在同一高度上。

(6) 薄壁不锈钢管道安装时，公称直径不大于 25mm 的管道安装时，可采用塑料管卡。

采用金属管卡或吊架时，金属管卡或吊架与管道之间应采用塑料带或橡胶等软物隔垫。

P166, 5. 管道预制

(1) 预制加工的管段应进行分组编号, 非安装现场预制的管道应考虑运输的方便,

预制阶段应同时进行管道的检验和底漆的涂刷工作。

【注意螺纹连接处的保护及留出焊接距离段】

(2) 【数据容易忘记, 需要反复记忆】

钢管热弯时应不小于管道外径的 3.5 倍 ;

钢管冷弯时应不小于管道外径的 4 倍 ;

焊接弯头应不小于管道外径的 1.5 倍 ;

冲压弯头应不小于管道外径。

P166, 6. 给水设备安装 【案例】

(2) 敞口水箱的满水试验 和 密闭水箱(罐)的水压试验

必须符合设计与验收规范的规定。

满水试验静置 24h 观察, 不渗不漏; 水压试验在试验压力下 10min 压力不降, 不渗不漏。

【实务操作知识点补充】

密闭水箱(罐)的水压试验压力——工作压力的 1.5 倍, 且不小于 0.6MPa。

补充【关于密闭水箱(罐)的水压试验的试验压力】

《GB50242-2002》中条文说明 4.4 给水设备安装

4.4.3 密闭水箱(罐)是与系统连在一起的, 其水压试验应与系统相一致。

P166, 7. (室内给水) 管道及配件安装 【认真阅读熟悉即可】

(1) 管道安装一般应本着先主管后支管、先上部后下部、先里后外的原则进行安装, 对于不同材质的管道应先安装钢质管道, 后安装塑料管道,

当管道穿过地下室侧墙时应在室内管道安装结束后再进行安装, 安装过程应注意成品保护。【实操补充】穿墙出户的管道要在主体结构沉降稳定后再穿墙安装。

(2) 冷热水管道

上下平行安装时热水管道应在冷水管道上方, 垂直安装时热水管道应在冷水管道左侧。

(3) 给水引入管与排水排出管的水平净距不得小于 1m。

室内给水与排水管道平行敷设时, 两管间的最小水平净距不得小于 0.5m;

交叉铺设时, 垂直净距不得小于 0.15m。

给水管应铺在排水管上面, 若给水管必须铺在排水管的下面时,

给水管应加套管, 其长度不得小于排水管的管径的 3 倍。

(4) 给水水平管道应有 2%—5% 的坡度坡向泄水装置。

(5) 水表应安装在便于检修、不受曝晒、污染和冻结的地方。

安装螺翼式水表, 表前与阀门应有不小于 8 倍水表接口直径的直线管段。

(6) 管道穿过墙壁和楼板, 应设置金属或塑料套管。

安装在楼板内的套管, 其顶部应高出装饰地面 20mm;

安装在卫生间及厨房内的套管, 其顶部应高出装饰地面 50mm, 底部应与楼板底面相平;

安装在墙壁内的套管其两端与饰面相平。

穿过楼板的套管与管道之间缝隙应用阻燃密实材料和防水油膏填实, 端面光滑。

穿墙套管与管道之间缝隙宜用阻燃密实材料填实, 且端面应光滑。

管道的接口不得设在套管内。

P166, **8. (室内给水管道)系统水压试验**

(1) 室内给水管道的水压试验必须符合设计要求。

当设计未注明时,

各种材质的给水管道系统试验压力均为**工作压力**的 1.5 倍, 但不得小于 0.6MPa。

对比记忆: 工业埋地管道的液压试验, 试验压力为**设计压力**的 1.5 倍, 且不得小于 0.4MPa

P166-167,

(2) **金属及复合管给水管道系统**在试验压力下观测 10min,

压力降不应大于 0.02MPa, 然后降到工作压力进行检查, 应不渗不漏;

塑料管给水系统应在试验压力下**稳压 1h**, 压力降不得超过 **0.05MPa**,
然后在工作压力的 1.15 倍状态下稳压 2h, 压力降不得超过 **0.03MPa**,
同时检查各连接处不得渗漏。

三、室内排水管道施工技术要求

P167, **1. * 管道支吊架安装**

(1) 金属排水管道上的吊钩或卡箍应固定**在承重结构上**。

【要进行预埋】【但是要请注意】不能固定焊接在结构中的钢筋上

(2) 固定件间距:

横管**不大于 2m**; // 立管不大于 3m。

楼层高度小于或等于 4m, 立管可安装 1 个固定件。

立管底部的弯管处应设支墩或采取固定措施。

2. * 管道及配件安装

(1) 室内生活污水管道应按**铸铁管、塑料管等按不同①材质②管径**设置排水坡度,
铸铁管的坡度应高于塑料管的坡度。

(2) 排水塑料管必须按设计要求及位置**装设伸缩节**。

如设计无要求时, **伸缩节间距不得大于 4m**。

高层建筑中明设排水塑料管道应按设计要求**设置阻火圈或防火套管**。

(3) 排水通气管**不得与**风道或烟道连接,

通气管应高出屋面 **300mm**, **且必须大于最大积雪厚度**。

在通气管出口 4m 以内有门、窗时, 通气管应高出门、窗顶 **600mm** 或引向无门、窗一侧。

在经常有人停留的平屋顶上, 通气管应**高出屋面 2m**, 并应根据防雷要求**设置防雷装置**。

屋顶有隔热层应从**隔热层板面算起**。

(5) 饮食业工艺设备引出的排水管及饮用水水箱的溢流管,

不得与污水管道直接连接, 并应留出不小于 100mm 的隔断空间。

P168, 四、室内供暖管道施工技术要求

1. 管道及配件安装

(1) 管道安装坡度, 当设计未注明时, 【2015 年单选, 继续掌握】

汽、水同向流动的热水供暖管道
和汽、水同向流动的蒸汽管道坡度
及凝结水管道, } 应为 3%, 不得小于 2%

汽、水逆向流动的热水供暖管道
和汽、水逆向流动的蒸汽管道, 坡度不应小于 5%

散热器支管的坡度应为 1% 【百分之 1】, 坡向应利于排气和泄水。

(2) 方形补偿器应水平安装, 并与管道的坡度一致;

如其臂长方向垂直安装必须设 排气及泄水装置。

(3) 上供下回式系统的热水干管变径应顶平偏心连接, 蒸汽干管变径应底平偏心连接。

P168, 2. 辅助设备及散热器安装 【案例】

(1) 散热器进场时, 应对其单位散热量、金属热强度等性能进行复验;
复验应为见证取样检验【监理要在场】。

同厂家、同材质的散热器, 数量在 500 组及以下时, 抽检 2 组;
当数量每增加 1000 组时应增加抽检 1 组。

(2) 散热器组对后, 以及整组出厂的散热器在安装之前应作水压试验。
试验压力如设计无要求时应为工作压力的 1.5 倍; 但不小于 0.6MPa。
试验时间为 2~3min, 压力不降且不渗不漏。

(3) 供暖分汽缸(分水器、集水器)安装前应进行水压试验,
试验压力为工作压力的 1.5 倍, 但不得小于 0.6MPa。

P168, 3. 低温热水地板辐射供暖系统安装

(1) 地面下敷设的盘管埋地部分不应有接头。

(2) 盘管隐蔽前必须进行水压试验, 试验压力为工作压力的 1.5 倍, 但不小于 0.6MPa。
稳压 1h 内压力降不大于 0.05MPa 且不渗不漏。

P168, 4. (供暖管道) 系统水压试验——

(1) 热水供应系统、供暖系统安装完毕, 管道保温之前应进行水压试验。
热水管道、供暖系统, 当设计未注明时【数据不好记且容易忘】

系统	水压试验压力
蒸汽、热水供暖系统	应以系统顶点的工作压力加0.1MPa, 同时在系统顶点的试验压力不小于0.3MPa;
高温热水供暖系统	应以系统最高点工作压力加0.4MPa;
塑料管及铝塑复合管 热水供暖系统	应以系统最高点工作压力加0.2MPa, 同时在系统最高点的 试验压力 不小于0.4MPa。

(2) (供暖管道) 试压过程及合格要求

● 钢管及复合管的采暖系统

应在试验压力下 10min 内压力降不大于 0.02MPa, 降至工作压力后检查, 不渗、不漏;

● 塑料管的采暖系统

应在试验压力下 1h 内压力降不大于 0.05MPa, 然后降压至工作压力的 1.15 倍, 稳压 2h, 压力降不大于 0.03MPa, 同时各连接处不渗、不漏。

[P169]6. (室内供暖管道) 试运行和调试【案例阅读】

(1) 系统冲洗完毕应**充水、加热**, 进行试运行和调试。【2013 单选】

(2) 锅炉应进行 48h 的带负荷连续试运行,

同时应进行安全阀的**定压检验和调整**。

【注意】

安全阀在水压试压合格后安装;

试运行中进行热态状态下的安全阀定压检验, 检查安全阀的开闭是否正常, **如不正常, 送有资质的检定机构重新进行压力整定。安装现场不得随意拆启已检定过的安全阀的铅封。**

六、* 室外排水管网施工技术要求

2. (室外排水管网) 系统灌水、通水试验

(1) 管道埋设前必须做**灌水试验**和通水试验, 【一般先做灌水再做通水】
排水应畅通, 无堵塞, 管接口无渗漏。

(4) 【案例熟记】

按排水检查井分段试验, **试验水头应以试验段上游管顶加 1m**,
时间不少于 30min, 逐段观察。

【实操补充】按 GB50268-2008

排水管网进行的闭水试验, **试验水头应以试验段上游管顶内壁加 2m**。
混凝土排水管要进行闭气试验, 雨天不得进行闭气试验。

P170, 七、室外供暖管网施工技术要求

1. 管道安装 【以下数据考前一周再记, 可放弃】

(1) 架空敷设的供热管道安装高度,

如设计无规定时, 人行地区, 不小于 2.5m;

通行车辆地区, 不小于 4.5m;

跨越铁路, 距轨顶不小于 6m。

(2) 地沟内的管道安装位置, 其净距 (保温层外表面)

与沟壁 100—150mm;

与沟底 100—200mm;

与沟顶 (不通行地沟) 50—100mm;

与沟顶 (半通行和通行地沟) 200—300mm。

2. 系统水压试验

(1) 供热管道的水压试验压力应为工作压力的 1.5 倍, 但不得小于 0.6MPa

在试验压力 10min 内压力降不大于 0.05MPa,

然后降至工作压力检查, 不渗不漏。

(2) 供热管道做水压试验时, **试验管道上的阀门应开启, 并应与非试验管道隔断。**

P171, **十、高层建筑管道安装的技术措施** 【2017 多选】

1. 妥善处理好排水管道的通气、消能问题，保证供排水安全通畅；
 2. 高层建筑层数多、高度大，给水系统及热水系统中的静水压力大，为保证管道及配件不受破坏，设计时必须对给水系统和热水系统进行合理的**竖向分区并加设减压设备**。
 3. 采取可靠措施【如，穿墙穿楼板，封堵】，防止重大火灾事故的发生
 4. 必须考虑管道的防振、降噪措施 ……
- 必须**保证管道安装牢固、坡度合理，并采取必要的减振隔离或加设柔性连接等措施**。
7. 安装给水排水及室内雨水落管道时**应在结构封顶并经初沉后进行施工**
- 高层住宅因高度大，层数多，沉降量大，
安装给水排水及室内雨水落管道时要避免地下室的管道承受沉降的剪力而损坏。
安装给水排水及室内雨水落管道时应在结构封顶并经初沉后进行施工，
如果因赶工需要同步进行安装，则应先安装建筑物内的管道，等结构封顶初沉后再穿外墙做户外管道。

P172,

8. 高层建筑出现管道渗水最多的部位，要有可靠的防水措施
- 【补充】对有严格防水要求的建筑物，必须采用柔性防水套管。

P172, **9. 高层建筑的雨水系统应采用合适的管材**

高层建筑的重力流雨水系统**可用**镀锌焊接钢管，
超高层建筑的重力流雨水系统**可采用**镀锌无缝钢管和球墨铸铁管；
高层和超高层建筑的虹吸式雨水系统的管道，
可采用高密度聚乙烯（HDPE）管、不锈钢管、
涂塑钢管、镀锌钢管、铸铁管等材料，
这些管材**除承受正压外，还应能承受负压**。

P172-173, **十一、建筑管道先进适用技术**

1. 超高层建筑管道工厂化和装配化；
2. 超高层建筑管道计算机三维技术、分段模块预制；
3. 管道防结露措施
4. 无负压给水设备的选用 **【真空消除器是设备核心】**
5. 建筑中水处理技术

1H414020 建筑电气工程施工技术

P173, 表 1H414021

建筑电气分部工程的子分部工程包括——

室外电气、
变配电室、
供电干线、
电气动力、
电气照明、
备用和不间断电源、
防雷及接地。

【案例】结合 P465 验收工作程序
别写成分项验收程序了

P173, 表 1H414021,

成套配电柜安装——除了供电干线与接地, 都有;

电缆头制作——每个子分部都有

母线槽安装为——变配电室、供电干线、不间断电源子分部工程的分项工程;

(一) 母线槽施工技术要求

P174-175, 2. 母线槽支架安装要求

- (1) 母线槽支架安装应牢固、无明显扭曲, 采用金属吊架固定时, 应设有防晃支架。
- (2) 室内配电母线槽的圆钢吊架直径不得小于 8mm, 室内照明母线槽的圆钢吊架直径不得小于 6mm。
- (3) 水平或垂直敷设的母线槽, 每节不得少于一个支架, 其间距应符合产品技术文件的要求, 距拐弯 0.4-0.6m 处应设置支架, 固定点位置不应设置在母线槽的连接处或分接单元处。

P175, 3. 母线槽安装及连接要求 【2020 年多选题】

以下内容没有考过——

- (2) 母线槽跨越建筑物变形缝处时, 应设置补偿装置, 母线槽直线敷设长度超过 80m, 每 50—60m 宜设置伸缩节。
- (3) 母线槽不宜安装在水管的正下方。
- (6) 母线连接的接触电阻——应小于 0.1Ω。
- (7) 每段母线槽的金属外壳间应连接可靠, 且母线槽全长与保护导体可靠连接不应少于 2 处;

P175, 4. 母线槽通电前检查

- (1) 母线槽通电运行前应进行检验【GB 要求, 全数检查】或试验, 高压母线交流工频耐压试验应符合交接试验规定;

低压母线绝缘电阻值不应小于 0.5MΩ。

【即】通电前, 高压母线进行交流工频耐压试验;

通电前, 低压母线测绝缘电阻;

- (2) 分接单元插入时, 接地触头应先于相线触头接触, 退出时, 接地触头应后于相线触头脱开。

【先接后脱, 全程保护】

(二) 梯架、托盘和槽盒施工技术要求

P176, 1. 梯架、托盘和槽盒进场验收要求

- (1) 钢制梯架、托盘和槽盒涂层应完整、无锈蚀；配件应齐全，表面应光滑、不变形。
- (2) 塑料槽盒应无破损、色泽均匀，

对阻燃性能有异议时，应按批抽样送有资质的试验室检测。【通用】

- (3) 铝合金梯架、托盘和槽盒涂层应完整，不应有扭曲变形、压扁或表面划伤等现象。

2. (梯架、托盘、槽盒的) 支架安装要求【看图找错有用】

- (1) 建筑钢结构构件上不得熔焊支架，且不得热加工开孔。
- (2) 水平安装的支架间距宜为 1.5~3.0m，垂直安装的支架间距不应大于 2m。
- (3) 采用金属吊架固定时，圆钢直径不得小于 8mm，并应有防晃支架，
在分支处或端部 0.3~0.5m 处应有固定支架。

【注意】母线槽支吊架固定点位置不应设置在母线槽的连接处或分接单元处。

(三) 导管施工技术要求

[P177] 1. 金属镀锌导管的进场验收要求

- (1) 查验产品质量证明书；
- (2) 镀锌层应覆盖完整、表面无锈斑，金具配件应齐全，无砂眼；
- (3) 埋入土壤中的热浸镀锌钢材，其镀锌层厚度不应小于 63 μm ；
- (4) 对镀锌质量有异议时，应按批抽样送有资质的试验室检测。

2. 支架安装要求

【同母线槽支架安装要求】

P177, 3. 金属导管施工要求

- (1) 钢导管不得采用对口熔焊连接；
镀锌钢导管或壁厚小于或等于 2mm 的钢导管，不得采用套管熔焊连接。
- (2) 镀锌钢导管、可弯曲金属导管和金属柔性导管不得熔焊连接。
- (3) 暗配导管的表面埋设深度与建筑物、构筑物表面的距离不应小于 15mm。
当塑料导管在墙体上剔槽埋设时，
应采用强度等级不小于 M10 的水泥砂浆抹面保护。【2017 年多选选项】
- (4) 导管穿越密闭或防护密闭隔墙时，应设置预埋套管，预埋套管的制作和安装应符合设计要求，套管两端伸出墙面的长度宜为 30~50mm，
导管穿越 密闭穿墙套管【预埋的】的两侧应设置过线盒，并应做好封堵。
- (5) 导管弯曲半径要求
 - 1) 明配导管的弯曲半径不宜小于管外径的 6 倍，
当两个接线盒间只有一个弯曲时，其弯曲半径不宜小于管外径的 4 倍。
 - 2) 埋设于混凝土内的导管【导管外有混凝土浇筑体】的弯曲半径不宜小于管外径的 6 倍，
当直埋于地下时，其弯曲半径不宜小于管外径的 10 倍。
- (8) 室外埋地敷设的钢导管的壁厚应大于 2mm；
导管的管口不应敞口垂直向上，导管的管口应在盒、箱内或导管端部设置防水弯；
【见下页图示】
导管管口在穿入绝缘导线、电缆后应做密封处理。

导管的管口不应敞口垂直向上，导管管口应在盒、箱内或导管端部设置**防水弯**；

【图示】



[P177-178] 4. 金属导管与保护导体连接要求

(1) 当非镀锌钢导管采用螺纹连接时，连接处的两端应熔焊焊接保护连接导体；熔焊焊接的保护连接导体宜为圆钢，

直径不应小于 6mm，其搭接长度应为圆钢直径的 6 倍。

(4) 金属导管与金属梯架、托盘连接时，镀锌材质的连接端**宜用专用接地卡固定保护连接导体**，非镀锌材质的连接处**应熔焊焊接保护连接导体**。

P178, (四) 室内电缆敷设要求

1. 电缆支架安装要求【或看图找错纠正有用】

(3) 电缆支架距其他设备的最小净距**不应小于 300mm**，当无法满足要求时应设置防护板。

2. 电缆本体敷设要求

(1) **交流单芯电缆 或 分相后的每相电缆**不得单根穿于钢导管内，固定用的夹具和支架**不应形成闭合磁路**。

(2) 电缆出入电缆沟，电气竖井，建筑物，配电（控制）柜、台、箱处以及管子管口处等部位**应采取防火或密封措施**。

(3) 电缆出入电缆梯架、托盘、槽盒及配电（控制）柜、台、箱、盘处**应做固定**。

(4) 当电缆通过墙、楼板或室外敷设穿导管保护时，

导管的内径不应小于电缆外径的 **1.5 倍**。

P178-179, (五) 导管内穿线和槽盒内导线敷设要求

1. 导管内穿线要求

(1) 绝缘导线穿管前，应清除管内杂物和积水，绝缘导线穿入金属导管的管口在穿线前应装设护线口。

(2) **绝缘导线接头应设置在专用接线盒（箱）或器具内**，不得设置在导管和槽盒内，接线盒（箱）的设置位置应便于检修。

(3) 同一交流回路的绝缘导线不应敷设于不同的金属槽盒内或穿于不同金属导管内。

(4) **不同回路、不同电压等级和交流与直流线路**的绝缘导线不应穿于同一导管内。

2. 槽盒内敷线要求

(1) 同一槽盒内不宜同时敷设绝缘导线和电缆。

(2) 同一路径无抗干扰要求的线路，可敷设于同一槽盒内。

二、电气照明工程施工技术要求

P179, (一) 照明配电箱安装技术要求

- 1- (1) 照明配电箱的箱体材料**应采用不燃材料**;
- 2- (1) 箱体垂直度允许偏差不应大于 1.5‰;
- 3- (2) 同一电器器件端子上的导线连接不应多于 2 根;
- 3- (3) 汇流排上同一端子不应连接不同回路的 N 线或 PE 线;
- 4- (2) 电涌保护器 SPD 的连接导线应平直、足够短, 且不宜大于 0.5m。

(二) 灯具安装技术要求

P179, 1. 灯具现场检查要求 【2019 年多选】

- (1) **I 类灯具**的外露可导电部分应具有专用的 PE 端子。
- (2) 消防应急灯具应**获得消防产品型式试验合格评定, 且具有认证标志**。
- (3) 水下灯及防水灯具的防护等级应符合设计要求, 当对其密闭和绝缘性能有异议时, **应按批抽样送有资质的试验室检测**。
- (4) 灯具**内部接线**应为铜芯绝缘导线, 其截面应与灯具功率相匹配, **且不应小于 0.5mm^2** 。
- (5) 灯具的绝缘电阻值**不应小于 $2\text{M}\Omega$** , 灯具内绝缘导线的绝缘层厚度**不应小于 0.6mm**。

P180, 3. *灯具固定要求

- (1) 灯具固定应牢固可靠, 在砌体和混凝土结构上**严禁使用**木榫、尼龙塞或塑料塞固定; 检查时按每检验批的灯具数量**抽查 5%, 且不得少于 1 套**。
- (2) 质量大于 10kg 的灯具、固定装置及悬吊装置**应按灯具重量的 5 倍恒定均布载荷做强度试验**, 且持续时间**不得少于 15min**。施工或强度试验时观察检查, 查阅灯具固定装置及悬吊装置的载荷强度试验记录; **应全数检查**。
- (3) **吸顶或墙面上安装的灯具, 其固定螺栓或螺钉**不应少于 2 个, 灯具应紧贴饰面。 **【吊灯不能用螺钉固定】**
- (4) **悬吊式灯具安装要求**
 - 1) 质量大于 0.5kg 的软线吊灯, 灯具的电源线不应受力。
 - 2) 质量大于 3kg 的悬吊灯具, 固定在**螺栓或预埋吊钩上**, 螺栓或预埋吊钩的直径不应小于灯具挂销直径, 且不应小于 6mm。
 - 3) 当采用钢管作灯具吊杆时, 其内径**不应小于 10mm**, 壁厚**不应小于 1.5mm**。
 - 4) 灯具与固定装置及灯具连接件之间采用螺纹连接的螺纹啮合扣数**不应少于 5 扣**。

P180, 4. 灯具的接线要求

- (1) **引向单个灯具的**绝缘导线截面应与灯具功率相匹配, 绝缘铜芯导线的**线芯截面不应小于 1mm^2** 。

【就是从配电柜(箱)接线端子到灯具接线端子之间的绝缘导线】

- (2) 软线吊灯的软线两端应做保护扣, 两端线芯应搪锡。
- (3) 连接灯具的软线应盘扣、搪锡压线,

当采用螺口灯头时, 相线应接于螺口灯头**中间的端子上**。

- (4) 由接线盒引至嵌入式灯具或槽灯的绝缘导线应采用柔性导管保护, 不得裸露, 且不应在灯槽内明敷; 柔性导管与灯具壳体应采用专用接头连接。

P180, **5. 灯具的接地要求** 【2018 多选】

灯具按防触电保护形式分为 I 类、II 类和 III 类。

(1) I 类灯具**外露可导电部分必须采用铜芯软导线与保护导体可靠连接**, 连接处应设置接地标识;

铜芯软导线 (接地线) 的截面应与进入灯具的电源线截面相同,

导线间的连接应采用**导线连接器或缠绕搪锡连接**。

(2) II 类灯具外壳**不需要**与保护导体连接。

(3) III 类灯具的外壳**不容许**与保护导体连接

P181, **(四) 插座安装技术要求**

1. 插座宜由单独的回路配电, 一个房间内的插座宜由同一回路配电。

在潮湿房间应**装设防水插座**。

2. 插座距地面高度一般为 0.3m, 【按用户需要高度为好】

托儿所、幼儿园及小学校的插座距地面高度**不宜小于 1.8m**, **同一场所安装的插座高度应一致**。

3. 当交流、直流或不同电压等级的插座安装在同一场所时, 应有明显的区别, 插座不得互换。

不间断电源插座及应急电源插座应设置标识。

4. 插座接线要求

(1) 单相二孔插座**【左右孔形式一左零右火】【上下孔形式一上火下零】**

(2) 单相三孔插座 (3) 三相四孔或三相五孔相序要一致

(4) **保护接地线 (PE) 在插座之间不得串联连接**。

(5) 相线 (L) 与中性线 (N) 不应利用插座本体的接线端子转接供电。

三、建筑防雷与接地施工技术要求

(一) * 建筑接地工程施工技术要求

P182, **1. 接地装置的敷设要求**

(1) 接地装置顶面埋设深度**不应小于 0.6m**, 且应在冻土层以下。

(2) 圆钢、角钢、钢管、铜棒、铜排等接地极应垂直埋入地下, **间距不应小于 5m**。

(3) 人工接地体与建筑物的外墙或基础之间的水平距离不宜小于 1m。

P182, **2. 接地装置的搭接要求**

(1) 扁钢与扁钢搭接不应小于扁钢宽度的 2 倍, 且应至少三面施焊。

(2) 圆钢与角钢? **(应该是圆钢)** 搭接

不应小于圆钢直径的 6 倍, 且应双面施焊。

【理由】如果是圆钢与角钢搭接, 应有规定是在角钢外侧面还是内侧面。

圆钢与圆钢搭接不应小于圆钢直径的 6 倍, 且应双面施焊。

(3) 圆钢与扁钢搭接不应小于圆钢直径的 6 倍, 且应双面施焊。

(4) 扁钢与钢管、扁钢与角钢焊接,

扁钢与角钢**应紧贴角钢外侧两面**

扁钢**紧贴 3/4 钢管表面** (扁钢弯成圆弧), **上下两侧施焊**。

P182, 3. 当接地电阻达不到设计要求时,
可采用①降阻剂②换土③接地模块来降低接地电阻。【2018 案例, 继续】

(3) 采用接地模块的施工技术要求

- 1) 按设计位置开挖模块坑, 并将地下接地干线引到模块上, 经检查确认, 再相互焊接。
- 2) 接地模块的顶面埋深不应小于 0.6m,
接地模块间距不应小于模块长度的 3~5 倍。
接地模块应垂直或水平就位, 并应保持与原土层接触良好。
- 3) 接地模块应集中引线, 并应采用干线将接地模块并联焊接成一个环路,
干线的材质应与接地模块焊接点的材质相同, 引出线不应少于 2 处。

【接地模块是导电能力优越的非金属材料, 焊接点在模块制作时预埋好的】

P182, 4. 等电位联结要求

- (1) 等电位联结的外露可导电部分或外界可导电部分的连接应可靠。
 - 1) 采用焊接时, 应符合焊接搭接长度的规定。
 - 2) 采用螺栓连接时, 其螺栓、垫圈、螺母等应为热镀锌制品, 且应连接牢固。
- (2) 等电位联结的卫生间内金属部件或零件的外界可导电部分, 应设置专用接线螺栓与等电位联结导体连接, 并应设置标识; 连接处螺帽应紧固、防松零件应齐全。
- (3) 等电位联结导体在地下暗敷时, 其导体间的连接不得采用螺栓连接。

P183, (二) 建筑防雷工程的施工技术要求

1. 接闪器施工要求

(2) 接闪线和接闪带安装要求

- 1) 接闪线和接闪带安装应平正顺直、无急弯。
- 2) 固定支架高度不宜小于 150mm,
固定支架应间距均匀, 支架间距应符合规范的规定。
- 3) 每个固定支架应能承受 49N 的垂直拉力。
- (3) 防雷引下线、接闪线、接闪网、接闪带的焊接连接应符合规范的搭接要求。
- (4) 接闪带或接闪网在过建筑物变形缝处的跨接应有补偿措施。
- (5) 略

2. 引下线施工要求 【2018 案例, 选择题继续】

- (1) 接闪器与防雷引下线必须采用焊接或卡接器连接,
防雷引下线与接地装置必须采用焊接或螺栓【明设时】连接。
- (2) 明敷的引下线应平直、无急弯, 并应设置专用支架固定,
引下线焊接处应刷油漆防腐且无遗漏。
- (3) 要求接地的幕墙金属框架和建筑物的金属门窗,
应就近与防雷引下线连接可靠, 连接处不同金属间应采取防电化学腐蚀措施。

1H414030 通风与空调工程施工技术

P183, (一) 空调系统按空气处理设备的设置分类

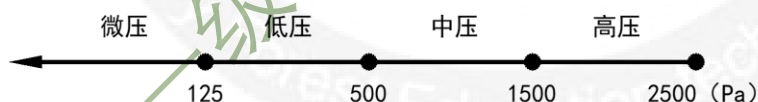
系统	
集中式	空气处理设备集中在机房内，空气经处理后，由风道送入空调区域。 如，组合式空调系统、VAV变风量空调系统、恒温恒湿空调系统。
半集中式 【2017年案例】	除了有集中的空气处理设备外，在各个空调房间内还分别设置处理空气的末端装置。 如，风机盘管与新风系统、多联机与新风系统、诱导器系统等。
全分散	分别由各自的整体式或分体式空调器承担。 如，单元式空调器、多联机系统等。

(二) 空调系统按承担室内空调负荷所用的介质分类

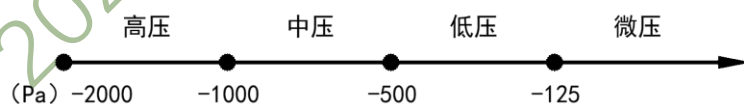
系统	
全空气系统	室内空调负荷全部由空气负担，有一次回风和一、二次回风系统等， 如，VAV变风量空调系统。
空气-水系统	室内空调负荷由经过处理的空气和水共同负担， 如，新风加风机盘管系统。【2017年案例】
全水系统	室内空调负荷全部由水负担， 如无新风送风的风机盘管系统，这种系统不能解决空调房间的通风换气问题，通常情况不单独使用。
制冷剂系统	蒸发器在室内，直接吸收余热余湿； 如，单元式空调器、多联机系统。

按风管系统工作压力分类【数轴记忆（就低，箭头方向）】

正压：



负压：



一、风管及部件制作安装施工技术要求

(一) 风管制作

P186, 1. 一般规定

(1) 金属风管规格以外径或外边长为准,

非金属风管和风道规格以内径或内边长为准。

(2) 镀锌钢板及含有各类复合保护层的钢板

应采用咬口连接或铆接, 不得采用焊接连接。

(3) 风管的密封应以板材连接的密封为主, 也可采用密封胶嵌缝与其他方法。

密封胶的性能应符合使用环境的要求, **密封面宜设在风管的正压侧。**

(4) (5) (6) 略

(7) **矩形内斜线和内弧形弯头应设导流片, 以减少风管局部阻力和噪声。**以及: P189 第 1 行, **矩形消声弯管, 平面边长大于 800mm 时, 应设置吸声导流片。****【实操补充】**导流片间距可等距或渐变距设置,导流片片数可以采用平面边长除 500 的倍数来确定, **导流片不宜操过 4 片。**

P187, 2. * 镀锌钢板风管制作

(1) 镀锌钢板的镀锌层厚度应符合设计及合同的规定,

当设计无规定时, **不应采用低于 80g/m² 板材。**镀锌钢板风管表面**不得有 10% 以上的**花白、锌层粉化等镀锌层严重损坏的现象。

(2) 风管与配件的咬口缝

应紧密、宽度应一致, 折角应平直, 圆弧均匀, 且两端面应平行。

风管表面应平整, 无明显扭曲及翘角, **凹凸不应大于 10mm。****风管板材拼接的接缝应错开, 不得有十字形接缝。【2020 年案例】**

(3) (镀锌钢板) 风管板材采用咬口连接时——

咬口的形式有——单咬口、联合角咬口、转角咬口、按扣式咬口和立咬口。

单咬口、联合角咬口、转角咬口适用于——微压、低压、中压及高压系统;**按扣式咬口适用于——微压、低压及中压系统;***** 【结论】**高压系统, 洁净空调 M1-N5 系统 (P199) **不用**按扣式咬口和立咬口微压、低压、中压 **一般也不用立咬口**

(4) 圆形风管无法兰连接形式包括

承插连接、带加强筋承插、角钢加固承插、

芯管连接、立筋抱箍连接、抱箍连接、内胀芯管连接。

其中——

圆形风管无法兰连接形式	适用	不适用
承插连接、抱箍连接	$\Phi < 700\text{mm}$ 的微压、低压风管;	中压以上系统
芯管连接、立筋抱箍连接 角钢加固承插、带加强筋承插、	微压、低压及中压风管;	高压系统
【简记】心理较强 也强不过 高压政策		
内胀芯管连接	大口径螺旋风管【大内】	

P187, (5) 矩形风管无法兰连接

连接形式有：S 型插条、C 型插条、立咬口、包边立咬口、薄钢板法兰插条、薄钢板法兰弹簧夹、直角形平插条。

其中

S 型插条、直角形平插条适用于微压、低压风管；【=中压及以上不适用】

其他形式适用于微压、低压和中压风管。

矩形风管的弯头可采用直角、弧形或内斜线形，宜采用内外同心圆弧。

【提前看，第二章机电工程新技术与信息化管理】

P306, 4. 金属矩形风管预制安装技术

金属矩形风管薄钢板法兰连接技术

适用于通风空调系统中工作压力小于等于 1500Pa 的系统【中压及以下】、

风管边长尺寸 $\leq 2000\text{mm}$ 的薄钢板法兰矩形风管的制作与安装。

【即】高压的、风管边长大于 2000mm 不适用金属矩形风管薄钢板法兰连接技术

* 【汇总】

1、P187, S 型插条、直角形平插条不适用中压及以上系统

2、P198 最后 1 行，洁净空调系统，矩形风管不得使用 S 形插条、直角形插条连接。

3、P306,

高压的、风管边长大于 2000mm

不适用金属矩形风管薄钢板法兰连接技术

4、【P198-199】边长大于 1000mm 的净化空调系统风管，无相应的加固措施，

不得使用薄钢板法兰弹簧夹连接。

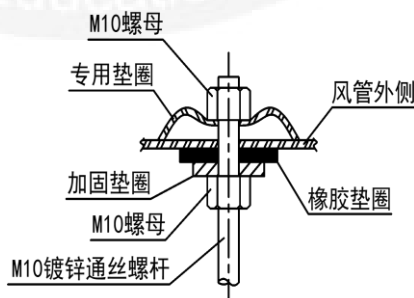
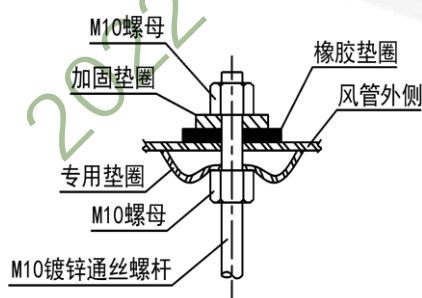
P187, (6) 风管的加固形式有：角钢加固、折角加固、立咬口加固、扁钢内支撑、镀锌螺杆内支撑、钢管内支撑加固。

即，内支撑加固形式——扁钢内支撑、镀锌螺杆内支撑、钢管内支撑加固。

【实务操作】镀锌螺杆内支撑

正压时，密封圈置于风管外侧，

负压时，密封圈置于风管内侧。



风管四个壁面都需要加固，二根交叉成十字状。

P187, (7) 薄钢板法兰风管应采用机械加工,

法兰条应平直, 弯曲度不大于 5%。

薄钢板法兰与风管连接**可采用铆接、焊接或本体压接**等。

当采用弹簧夹时应具有弹性强度且与薄钢板匹配, 长度宜为 120—150mm, 四角均设螺栓孔。

【说明】这是“TDC”组合法兰**【有法兰条】**的连接方法

P190 中间

矩形薄钢板法兰风管可采用**弹性插条、弹簧夹或 U 形紧固螺栓**连接。

【工地还有一种习惯叫法“顶丝卡”连接】

【风管和风管的连接】【说明】这是“TDF”连体法兰**【无法兰】**的连接方法。

P187, 页尾,

4. 不锈钢风管制作

(1) 不锈钢板风管法兰采用不锈钢材质,

法兰与风管采用**内侧满焊、外侧点焊的形式**。

加固法兰采用两侧点焊的形式与风管固定, **点焊的间距不大于 150mm**。

(2) 铆钉连接时铆钉材料与风管材质相同, 防止产生电化学腐蚀。

P188, 5. 复合材料风管制作

(2) 复合材料风管的**覆面材料必须为不燃材料**,

内层的绝热材料应采用不燃或难燃且对人体无害的材料

(3) 双面铝箔复合绝热材料风管的边长大于 1600mm 时,
板材拼接应采用**H 形 PVC 或铝合金加固条**。

内支撑加固的**镀锌螺杆直径不小于 8mm**, 穿管壁处应进行密封处理。

(4) 铝箔玻璃纤维复合风管**可采用承插阶梯接口和外套角钢法兰**两种形式。

(二) 部件制作

P188, **1. 成品风阀**

(2) **手动风量调节阀的手轮或手柄应以顺时针方向转动为关闭。**

(4) 工作压力大于 10000 Pa 的调节阀,

生产厂应提供 **在 1.5 倍工作压力下
能自由开关的强度测试合格的证书或试验报告。**

P188-189, **2. 消声器、消声弯头**

(1) 消声器的类别、消声性能及空气阻力应符合设计要求和产品技术文件的规定。

(2) 消声器制作所选用的材料应符合设计的规定, 如防火、防潮、防腐和卫生性能等要求, 外壳应牢固、严密, 填充的消声材料应**按规定的密度均匀敷设**。

(3) 矩形消声弯管平面边长大于 800mm 时, 应设置吸声导流片。

(4) 消声器内消声材料的织物覆面层应平整, **不应有破损**, 并**应顺气流方向进行搭接**。

(5) 消声器内的织物覆面层应有保护层, 保护层应采用不易锈蚀的材料, 不得使用普通铁丝网。**当使用穿孔板保护层时, 穿孔率应大于 20%。**

(二) 部件制作

P189, 3. 柔性短管 【2021 年案例, 选择题还是要掌握的】

(1) 应采用抗腐、防潮、不透气及不易霉变的柔性材料。

(2) 柔性短管的长度宜为 150—250mm,

接缝的缝制或粘接应牢固、可靠, 不应有开裂; 成型短管应平整, 无扭曲等现象。

(3) 柔性短管不应为异径连接管; 矩形柔性短管与风管连接不得采用抱箍固定的形式。

(4) 柔性短管与法兰组装宜采用压板铆接连接, 铆钉间距宜为 60—80mm。

【提前看《消防部分》P231】

9. 防排烟风机与风管的连接宜采用法兰连接,

10. 当风机仅用于防、排烟时, 不宜采用柔性连接; 【按规范“不应”】

若防、排烟与排风或补风系统兼用时, 风机与风管应采用不燃材料的柔性短管连接。

GB50243-2016 【5.2.7】

本条为强制性条文, 必须严格执行。

防排烟系统作为独立系统时, 风机与风管应采用直接连接, 不应加设柔性短管。

P189, (2) 风管安装必须符合下列规定 【都是 GB 规定】

1) 风管内严禁其他管线穿越。

2) 输送含有易燃、易爆气体

或安装在易燃、易爆环境的风管系统必须设置可靠的防静电接地装置。

3) 输送含有易燃、易爆气体的风管通过生活区或其他辅助生产房间时不得设置接口。

4) 室外风管系统的拉索等金属固定件严禁与避雷针或避雷网连接。

(3) 风管系统安装完毕后, 应按系统类别要求进行施工质量外观检验。

合格后, 应进行风管系统的严密性检验, 漏风量应符合规范允许的数值。

P189, 2. 金属风管安装

(1) 风管支吊架安装

金属风管支吊架安装		支吊架间距
金属风管 水平安装	直径或边长小于等于400mm时	不应大于4m
	大于400mm	不应大于3m
螺旋风管的支、吊架		可为5m与3.75m
* 薄钢板法兰风管		不应大于3m
垂直安装时		应设置至少2个固定点, 支架间距不应大于4m。

2) 支、吊架的设置不应影响阀门、自控机构的正常动作, 且不应设置在风口、检查门处, 离风口和分支管的距离不宜小于 200mm。

3) 悬吊的水平主、干风管直线长度大于 20m 时, 应设置不少于 1 个的防晃支架或防止摆动的固定支架。

4) 风管或空调设备使用的可调节减振支、吊架, 拉伸或压缩量应符合设计要求。

5) 不锈钢板、铝板风管与碳素钢支架的接触处, 应采取隔绝或防腐绝缘措施

P189-190, (2) 风管安装

2) 法兰的连接螺栓应均匀拧紧, 螺母宜在同一侧。

3) 风管接口的连接应严密牢固。

风管法兰的垫片材质应符合系统功能的要求, 厚度不应小于 3mm。

垫片不应凸入管内, 且不宜突出法兰外; 垫片接口交叉长度不应小于 30mm。

4) 风管与砖、混凝土风道的连接接口, 应顺着气流方向插入, 并应采取密封措施。

风管穿出屋面处应设置防雨装置, 且不得渗漏。

5) 外保温风管必须穿越封闭的墙体时, 应加设套管。

6) (略)

P190,

(3) * 金属无法兰连接风管的安装应符合下列规定

1) 风管连接处应完整, 表面应平整。

2) 承插式风管的四周缝隙应一致, 不应有折叠状褶皱。

内涂的密封胶应完整, 外粘的密封胶带应粘贴牢固。

3) 矩形薄钢板法兰风管可采用弹性插条、弹簧夹或 U 形紧固螺栓连接。

连接固定的间隔不应大于 150mm, 净化空调系统风管的间隔不应大于 100mm, 且分布应均匀。

当采用弹簧夹连接时, 宜采用正反交叉固定方式, 且不应松动。

(4) 柔性短管的安装 【应该是“柔性风管”的安装】

【柔性短管的长度宜为 150—250mm, 故此处不是短管】

“柔性风管”的安装

松紧适度, 目测平顺, 不应有强制性的扭曲。

可伸缩金属或非金属柔性风管的长度不宜大于 2m。

柔性风管支、吊架的间距不应大于 1500mm,

承托的座或箍的宽度不应小于 25mm,

两支架间风道的最大允许下垂应为 100mm, 且不应有死弯或塌凹。

P190,

3. 复合材料风管安装

(2) 复合材料风管采用金属法兰连接时, 应采取防冷桥的措施。

P190-191, 4. 阀门、部件安装

(1) 风阀安装

1) 风管部件及操作机构的安装, 应便于操作。

2) 斜插板风阀安装时, 阀板应顺气流方向插入;

水平安装时, 阀板应向上开启。

3) 止回阀、定风量阀的安装方向应正确。

4) 风阀应安装在便于操作及检修的部位。

安装后, 手动或电动操作装置应灵活可靠, 阀板关闭应严密。

5) 直径或长边尺寸大于等于 630mm 的防火阀, 应设独立支、吊架。

P231, 【消防】距防火分区隔墙不应大于 200mm。

6) 除尘系统吸入管段的调节阀, 宜安装在垂直管段上。

P191,

(2) 消声器及静压箱的安装应符合下列规定:

1) 消声器及静压箱安装时, 应设置独立支、吊架, 固定应牢固。

2) 当采用回风箱作为静压箱时, 回风口处应设置过滤网。

P191, (四) 风管制作安装的检验与试验

1. 风管批量制作前, 对风管制作工艺进行检测或检验时, 应进行风管强度与严密性试验。

试验压力 【表格按教材内容进行过综合合并】

风管系统	试验压力
低压风管	1.5倍的工作压力
中压风管【> 500Pa ~ ≤1500 Pa】 排烟、除尘、低温送风及变风空调系统风管 洁净空调N6-N9, 且工作压力小于等于1500Pa	为1.2倍的工作压力, 且不低于750Pa
高压风管、 洁净空调N1-N5	1.2倍的工作压力

2. 风管系统安装完成后,

应对安装后的主、干风管分段进行严密性试验。

风管系统严密性检验, 主要检验——

风管、部件制作加工后的**咬口缝、铆接孔、**
风管的法兰翻边, 风管管段**之间的连接严密性,**

检验合格后方能交付下道工序。

P191, 二、水系统管道安装技术要求

(一) 水管管道安装技术要求

1. 冷冻冷却水管道安装技术要求 【或看图找错有用】

(4) 管道与水泵、制冷机组的**接口应为柔性接管**, 且不得强行对口连接。
管道与其连接的管道应设置独立支架。

(6) 管道与设备连接处**应设置独立支、吊架。**

当设备安装在减振基座上时, **独立支架的固定点应为减振基座。**

(7) 冷(热)媒水、冷却水系统管道机房内总、干管的支、吊架,
应采用承重防晃管架, 与设备连接的管道管架宜采取减振措施。

当水平支管的管架采用单杆吊架时, 应在系统管道的起始点、阀门、三通、弯头处及长度
每隔 15m 处**设置承重防晃支、吊架。**

P192, (二) 水系统阀部件安装技术要求

1. 阀门的安装

(1) 阀门安装前应进行外观检查,

①工作压力大于 1.0MPa 及 ②在主干管上起到切断作用 (的阀门) 和 ③系统冷、热水运行转换调节功能的阀门 和 ④止回阀,

应进行壳体强度和阀瓣密封性能的试验, 且试验合格。

强度试验压力应为常温条件下公称压力的 1.5 倍, 持续时间不应少于 5min,

阀门的壳体、填料应无渗漏。

严密性试验压力应为公称压力的 1.1 倍, 在试验持续的时间内应保持压力不变。

(2) 阀门安装的位置、高度、进、出口方向应正确, 且应便于操作。

连接应牢固紧密, 启闭应灵活。

成排阀门的排列应整齐美观, 在同一平面上的允许偏差不应大于 3mm。

(3) 安装在保温管道上的手动阀门的手柄不得朝向下。【此条通用】

(4) 电动阀门的执行机构应能全程控制阀门的开启与关闭。

P192 页尾,

3. 除污器、自动排气装置安装

(2) 冷 (热) 水和冷却水系统的水过滤器应安装在进入机组、水泵等设备前端的管道上, 安装方向应正确, 安装位置应便于滤网的拆装和清洗, 与管道连接应牢固严密。

(3) 闭式管路系统

应在系统最高处及所有可能积聚空气的管段高点设置排气阀,

在管路最低点应设有排水管及排水阀

(三) (空调) 水系统强度严密性试验及管道冲洗技术要求

1. 冷冻、冷却水管道水压试验

管道系统安装完毕, 外观检查合格后, 应按设计要求进行水压试验。

当设计无要求时, 应符合下列规定【2019 年案例】

名称	工作压力	试验压力	
冷 (热) 水、 冷却水、 蓄能 (冷、热) 系统	$\leq 1.0\text{MPa}$	1.5倍 工作压力	最低不应小于0.6MPa
	$> 1.0\text{MPa}$	工作压力+0.5MPa	
各类耐压塑料管		1.5倍 工作压力	且不应小于0.9MPa
		严密性试验压力为1.15 工作压力	

三、设备安装施工技术要求

P193, 1. 制冷机组及附属设备安装要求

(2) 制冷设备或制冷附属设备基 (机) 座下

减振器的安装位置应与设备重心相匹配,

各个减振器的压缩量应均匀一致, 且偏差不应大于 2mm。【本条通用】

还要记得——

P191, (6) 管道与设备连接处应设置独立支、吊架。

当设备安装在减振基座上时, 【管道的】独立支架的固定点应为减振基座。

P193, **2. 冷却塔安装要求** 【2015 案例】

(1) 基础的位置、标高应符合设计要求, 允许误差应为 $\pm 20\text{mm}$, 进风侧距建筑物应**大于 1m**。

冷却塔部件与基座的连接应采用镀锌或不锈钢螺栓, 固定应牢固。

(2) 冷却塔安装应水平,

单台冷却塔的水平度和垂直度允许偏差应为 2% 。

多台冷却 塔安装时, 排列应整齐,

各台开式冷却塔的水面高度应一致, 高度偏差值**不应大于 30mm**。

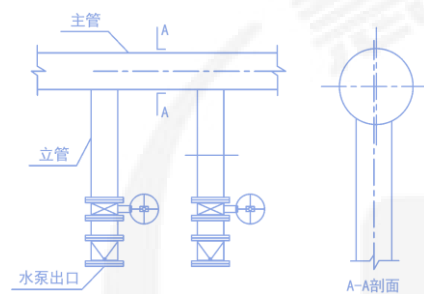
P193 倒数第 2 行, **3. 水泵安装要求**

(1) 水泵减振板可采用——型钢制作 或 采用钢筋混凝土浇筑。

【实务操作补充】

- 安装立式水泵时**不得采取弹簧减震器**。
- 对于空调系统, 多台水泵出水支管接入总管过去常采用 T 形连接的形式。

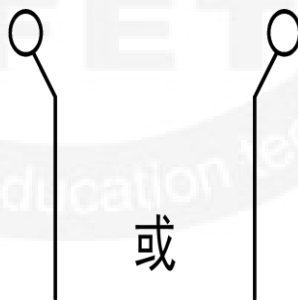
如图所示



【现在不得 T 接】

新版《GB50243-2016》9.2.2 要求采用**以顺水流斜向插入的形式, 且夹角不大于 60°**

如图所示:

P194, **5. 风机盘管安装要求**

(1) 机组安装前宜进行 ①**风机三速试运转**及②**盘管水压试验**

试验压力应为**系统工作压力的 1.5 倍**, 试验观察时间**应为 2min**, 不渗漏为合格。

(2) 机组应设独立支、吊架, 固定应牢固, 高度与坡度应正确。

(3) 风机盘管机组与管道的连接,

应采用耐压值大于或等于 1.5 倍工作压力的 金属 或 非金属 **柔性连接, 连接应牢固**。

P194, **6. 风机安装要求**

(1) 落地安装时，应按设计要求设置减振装置，并应采取防止设备水平位移的措施。悬挂安装时，吊架及减振装置应符合设计及产品技术文件的要求。

【P231（消防）】防排烟风机应设在混凝土或钢架基础上，**且不应设置减振装置。**与通风系统共用系统时，需要设减振装置，**不应使用橡胶减振装置。**【2021 单选】

(2) 减振器的安装位置应正确，各组或各个减振器承受荷载的压缩量应均匀一致，偏差应小于 2mm。

(3) 风机的进、出口不得承受外加的重量，相连接的风管、阀件**应设置独立的支、吊架。**

(4) 风机传动装置的外露部位以及直通大气的进、出风口，**必须装设防护罩、防护网**或采取其他安全防护措施。

四、管道防腐、绝热施工技术要求

P194-195, **2. 风管及管道绝热施工要求** 【2020 多选】

(4) 立管的防潮层环向搭接缝口应顺水流方向设置（上搭下）；水平管的纵向缝**应位于管道的侧面**，并应顺水流方向设置（上搭下）；

【水平管的环向搭接缝口，顺坡搭（顺水搭）】

(5) 橡胶绝热材料

2) 矩形风管绝热层的**纵向接缝宜处于管道上部。**

【注意区别】P151 第 2 行：防腐绝热工程绝热层，水平安装的管道最外层的纵向接缝位置，

不得布置在管道垂直中心线两侧 45° 范围内。

3) 多重绝热层施工时，层间的拼接缝应错开。

(5) * 风管绝热材料采用保温钉固定时，应符合下列规定：

1) 保温钉与风管、部件及设备表面的连接，应采用**粘接或焊接**，结合应牢固，不应脱落；

不得采用抽芯铆钉或自攻螺丝等破坏风管严密性的固定方法。

3) **绝热材料纵向接缝不宜设在风管底面。**

七、系统调试要求

P196-197, **1. 调试准备** 【案例阅读】

(1) 通风与空调工程竣工验收的系统调试，应由**施工单位**负责，监理单位监督，设计单位与建设单位参与和配合。

(2) 系统调试前应编制调试方案，并应报送专业监理工程师审核批准。

系统调试应由专业施工和技术人员实施，调试结束后，应提供完整的调试资料和报告。

(3) 系统调试所使用的测试仪器应在使用合格检定或校准合格有效期内，

精度等级及最小分度值应能满足工程性能测定的要求。

P197 第 3 行， 2. 通风与空调系统调试 【案例阅读】

包括——设备单机试运转及调试、系统非设计满负荷条件下的联合试运转及调试。

(1) 设备单机试运转及调试要求

3) 冷却塔风机与冷却水系统循环试运行不应小于 2h，运行应无异常。……

4) 制冷机组运转应平稳、应无异常振动与声响。……正常运转不应少于 8h。

5) 风机盘管……中档风量的实测值应符合设计要求。

(2) 系统非设计满负荷条件下的联合试运转及调试

1) 应在设备单机试运转合格后进行。

2) 通风系统的连续试运行应不少于 2 h，

空调系统带冷（热）源的连续试运行应不少于 8h。

联合试运行及调试不在制冷期或供暖期时，仅做不带冷（热）源的试运行及调试，并在第一个制冷期或供暖期内补做

P197,

(3) 系统非设计满负荷条件下的联合试运转及调试内容 【案例】

1) 监测与控制系统的检验、调整与联动运行。

2) 系统风量的测定和调整（通风机、风口、系统平衡）。

3) 空调水系统的测定和调整。

4) 室内空气参数的测定和调整。

(4) 系统非设计满负荷条件下的联合试运转及调试应符合下列规定

系统	调试结果 与设计值的允许偏差	平衡调整后测试
风	总风量 -5% - +10%	各风口 不应大于15%
水	冷热水 不应大于10%。	定流量系统15%； 变流量系统10%
制冷机及冷却塔的水流量	不应大于10%	

提前看—P211,

4. 通风空调设备系统调试监测 【案例阅读】

(1) 对风阀的自动调节来控制空调系统的新风量以及送风风量的大小。

(2) 对水阀的自动调节来控制送风温度(回风温度)达到设定值。

(3) 对加湿阀的自动调节来控制送风相对湿度(回风相对湿度)达到设定值。

(4) 对过滤网的压差开关报警信号来判断是否需要清洗或更换过滤网。

(5) 监控风机故障报警及相应的安全连锁控制；

电气连锁以及防冻连锁控制等

【案例阅读】

【2013 年真题】通风空调系统调试中还有哪些考核指标？

【背景资料】某安装公司承担某市博物馆机电安装工程总承包施工……

通风空调工程于 2011 年 6 月进行系统调试，安装公司主要考核了室内空气温度是否达到设计要求，并做了 10 小时带冷源的试运转。

【参考答案】

- (1) 系统调试中的室内空气参数除了考核室内的空气温度，还要考核风量、**相对湿度**，噪声、空气的洁净度能否达到设计要求；
- (2) 系统调试还应包括水系统的测定和调试；
- (3) 系统调试还应包括监测与控制系统的检验、调整与联动运行；
- (4) 安装公司应再第一个供暖期补做带热源的试运行。
- (5) 防排烟系统也应进行测试和调整。

P198, **八、通风与空调节能验收要求**

1. 材料、设备的见证取样复试

(1) **通风空调工程的绝热材料**，要对**导热系数或热阻、密度、吸水率等指标进行复试**，检验方法为现场随机抽样送检，核查复验报告，**要求同一厂家同材质的绝热材料复验不得少于 2 次。**

(2) 风机盘管机组要对供冷量、供热量、风量、水阻力、功率及噪声等参数进行复试，检验方法为随机抽样送检，核查复验报告。

【老考生注意，以下内容 2022 年改版了】

同一厂家的风机盘管机组按**数量复验 2%，不得少于 2 台**；复验合格后再安装。

简记的内容：

洁净空调系统宜采用镀锌钢板，且镀锌层不应小于 $100\text{g}/\text{m}^2$ 。P198

【普通的不得低于 $80\text{g}/\text{m}^2$ 】

N1-N5——按高压要求；

N6-N9——按中压要求；

P199, **高效过滤器**——

精装修结束，吹了至少 12h 后安装；

外包装不能带进洁净室，内包装在安装现场打开；

按规范要求进行现场扫描检漏；

机械密封的，密封垫料厚度宜为 6-8mm；

采用槽液密封的，密封液的熔点宜高于 50°C ；

P200, **三、（洁净空调）系统调试**

4. 净化空调系统运行前，

应在回风、新风的吸入口处和粗、中效**过滤器前设置临时无纺布过滤器。**

净化空调系统的检测和调整，**应在系统正常运行 24h 及以上，达到稳定后进行。**工程竣工洁净室（区）洁净度的检测，应在**空态或静态下进行。**

检测时，**室内人员不宜多于 3 人**，并应穿着与洁净室等级相适应的洁净工作服。

1H414041 建筑智能化工程组成及其功能

P200-201, 【表 1H414041】

智能化工程为分部工程，常见的有9个子分部工程——

用户电话交换系统、信息网路系统、综合布线系统、

有线电视卫星电视接收系统、公共广播系统、建筑设备监控系统、

火灾自动报警系统【不属于安全技术防范系统】、

安全技术防范系统、

机房工程

P203, 八、建筑设备监控系统的组成及其功能

建筑设备自动监控系统主要组成有——中央工作站计算机、外围设备、现场控制器、输入和输出设备、相应的系统软件和应用软件。

建筑设备自动监控系统的主要功能是——

对建筑物内冷热源、空调通风、给水排水、变配电、照明、电梯和自动扶梯等设备进行监控及自动化管理。使设备安全、可靠运行，提供节能及舒适的生活和工作环境。

P203, 2. * 现场控制器

数字量D；模拟量A；输入I；输出O	
数字量 输入接口DI	输入各种开关、继电器及接触开（闭）触点、电动阀门联动触点的开关状态
模拟量 输入接口AI	用来输入被控对象的各种连续变化的物理量（温度、相对湿度、压力、液位、电流、电压等） 输入4~20mA电流信号或0~10V电压信号，
数字量 输出接口DO	用来输出控制电磁阀、继电器、指示灯、声光报警器等开关设备。
模拟量 输出接口AO	输出4~20mA电流信号或0~10V电压信号， 用来控制各种执行机构或角行程执行机构的动作 或各种电动机的转速。 如，电动调节阀

P203, 3. 输入设备

电量传感器	有电压、电流、频率、有功功率、功率因数等
非电流传感器	温度、湿度、压力、液位和流量等

1) 温度传感器常用的有风管型和水管型。

由传感元件和变送器（即转换单元）组成，

以热电阻或热电偶作为传感元件

4) 压差开关是随着空气压差（20~4000Pa）引起开关动作的装置；

压差开关可用于监视过滤网阻力状态的监测。

6) 空气质量传感器可监测空气中的烟雾、CO、CO₂等多种气体含量，
以0~10VDC(电压信号)输出或干接点报警信号输出。

P204, 4.* 主要输出装置

电动执行器分为驱动或控制水管阀门的电磁阀、电动调节阀和驱动或控制风阀的风阀执行器。

(1) 电磁阀, 利用磁力带动阀塞来控制阀门的打开与关闭【**数字量**输出 DO】

(2) 电动调节阀由电动执行机构和阀体组成, 将电信号转换为阀门的开度【**模拟量**输出 AO】

电动执行机构输出方式有直行程、**角行程**和多转式类型, 分别同直线移动的调节阀、旋转的蝶阀、多转的调节阀等配合工作。

(3) 电动风阀由风门驱动器和蝶阀组成, 调节风门以达到调节风管的风量和风压。【**模拟量**输出 AO】

电动风阀技术参数有——①输出力矩②驱动速度③角度调整范围④驱动信号类型

P204, (一) 建筑设备监控工程的实施

P204-205, **3. 建筑设备监控工程实施界面的划分**

【案例阅读】

(1) 设备、材料采购供应界面的划分

(2) 大型设备接口界面的确定

(3) 建筑设备监控工程施工界面的确定

P205, (二) 建筑设备监控系统产品的选择及检查

1. 技术要求

应根据管理对象的特点、监控的要求以及监控点数的分布等, 确定**监控系统的整体结构**, 然后进行产品选择。

设备、材料的型号规格符合设计要求和国家标准, **各系统的设备接口**必须相匹配。

2. 主要考虑的因素

选择建筑设备监控系统产品主要考虑的因素——

【选择题或案例阅读】

产品的品牌和生产地, 应用实践以及供货渠道和供货周期等信息;

产品支持的系统规模及监控距离;

产品的网络性能及标准化程度。

P205, **4. 进口设备**

进口设备应提供——

质量合格证明、检测报告及安装、使用、维护说明书等文件资料(**中文译文**), 还应提供**原产地证明和商检证明**。

(三) 监控设备的安装要求

P205 倒数第 3 行, 3. 主要输入设备安装要求 【2021 年单选】

(1) 各类传感器的安装位置应装在能正确反映其检测性能的位置, 并远离有强磁场或剧烈振动的场所, 而且便于调试和维护。

(2) 风管型传感器安装应在风管保温层完成后进行。

(3) 水管型传感器开孔与焊接工作, 必须在管道压力试验、清洗、防腐和保温前进行。

(4) 传感器至现场控制器之间的连接应符合设计要求。

例如, 镍温度传感器的接线电阻应小于 3Ω ,

铂温度传感器的接线电阻应小于 1Ω , 并在现场控制器侧接地。

传感器至现场控制器之间的连接应符合设计要求。并在现场控制器侧接地。

(5) 电磁流量计应安装在流量调节阀的上游,

流量计的上游应有 10 倍管径长度的直管段,

下游段应有 4-5 倍管径长度的直管段。

(6) 涡轮式流量传感器应水平安装,

流体的流动方向必须与传感器壳体上所示的流向标志一致。

(7) 空气质量传感器的安装位置, 应选择能正确反映空气质量状况的地方。

P206, 4. * 主要输出设备安装要求

(1) 电磁阀、电动调节阀安装前,

应按说明书规定检查线圈与阀体间的电阻, 进行模拟动作试验和试压试验。

阀门外壳上的箭头指向与水流方向一致。

(2) 电动风阀控制器安装前,

应检查线圈和阀体间的电阻、供电电压、输入信号等是否符合要求, 宜进行模拟动作检查。

P206, 二、安全防范工程施工要求

(一) 安全防范工程的实施程序

安全防范等级确定→方案设计与报审→

工程承包商确定→施工图深化→施工及质量控制→

检验检测→管理人员培训→工程验收→投入运行。

对比记: P204, 建筑设备监控工程的实施程序

建筑设备自动监控需求调研→监控方案设计与评审→

工程承包商的确定→设备供应商的确定→施工图深化设计→工程施工及质量控制→

工程检测→管理人员培训→工程验收开通→投入运行。

P207-208，三、线缆和光缆施工技要求

(一) **线缆的施工要求**

1. 信号线缆和电力电缆平行或交叉敷设时，其间距不得小于 0.3m；

信号线缆与电力电缆交叉敷设时，宜成直角。

线缆敷设时，多芯线缆的最小弯曲半径应大于其外径的 6 倍；

【注意区别】同轴电缆的最小弯曲半径应大于其外径的 15 倍。

塑料绝缘、橡皮绝缘多芯控制电缆的弯曲半径应大于其外径的 10。

2. **当低电压供电时（50V 以下），**

电源线与信号线、控制线可以同管敷设。

3. 线缆在沟内敷设时，应敷设在支架上或线槽内。

例如，在电缆沟支架上敷设时，与建筑电气专业提前规划协商，

高压电缆在最上层支架，低压电缆在中层支架，智能化线缆在最下层支架。

4. 明敷的信号线缆与具有强磁场、强电场的电气设备之间的净距离，

宜大于 1.5m，当采用屏蔽线缆或穿金属保护管或在金属封闭线槽内敷设时，宜大于 0.8m。

5. 信号线缆的屏蔽性能、敷设方式、接头工艺、接地要求等应符合相关标准规定

P207 倒数第 2 行，(三) **光缆的施工要求**【2016 多选，继续】

光缆长距离传输时宜采用单模光纤，距离较短时宜采用多模光纤。

2. 光缆芯线数目应根据**监视点的个数及分布情况**来确定，并留有一定的余量。

4. 光缆敷设前，应对光纤进行检查。

光纤应无断点，其衰耗值应符合设计要求。

核对光缆长度，**并应根据施工图的敷设长度来选配光缆。**

5. 敷设光缆时，其最小动态弯曲半径应大于光缆外径的 20 倍。

光缆的牵引端头应做好技术处理，可采用自动控制牵引力的牵引机进行牵引。

牵引力**应加在加强芯上**，其牵引力**不应超过 150kg**；

牵引速度宜为 10m/min；一次牵引的直线长度**不宜超过 1km**，

光纤接头 的预留长度**不应小于 8m**。

6. **光缆敷设后**，要进行**光缆敷设损耗抽测**，确认没有损伤，再进行接续。

光缆敷设完毕后（指，完成了连接），宜测量**通道的总损耗**，

并用光时域反射计观察光纤通道全程波导衰减特性曲线。

P208，一、建筑智能化系统调试检测的实施

【以题代点--2018-多选】

关于建筑智能化系统调试检测的说法，正确的有（ AE ）。

A．建筑智能化系统调试工作应由项目专业技术负责人主持

B．系统检测程序应是分部工程→子分部工程→分项工程 **【小到大】**

C．系统试运行工作应在智能化系统检测完成后进行 **【系统监测在试运行合格后进行】**

D．系统检测汇总记录应由监理工程师填写并做出检测结论 **【检测小组填写】**

E．系统检测方案经项目监理工程师批准后可以实施

（二）公共广播系统检测 【2015 年多选（相关知识点已删），2019 年多选】

P209,

3. 紧急广播中包括火灾应急广播功能时还应检测的内容包括：

(1) 紧急广播具有最高级别的优先权；

(2) 紧急广播向相关广播区域播放警示信号、警报语声或实时指挥语声的响应时间；

(3) 音量自动调节功能。

4. 检测公共广播系统的**声场不均匀度、漏出声衰减及系统设备信噪比符合设计要求。**

【2019 年多选，继续掌握】在公共广播系统检测时，应重点关注检测参数有（ABD）。

A. 声场不均匀度

B. 漏出声衰减

C. 播放警示信号

D. 设备信噪比

E. 警报的响应时间

（四）安全技术防范系统调试检测要求P209, **2. 安全技术防范系统检测要求**

(1) 子系统功能应按设计要求逐项检测。

(2) 摄像机、探测器、出入口识读设备、电子巡查信息识读器等设备抽检的数量不应低于 20%，且不应少于 3 台，数量少于 3 台时应全部检测。

【注】有小数点的进一位

P209, 4. 安全技术防范系统的调试检测

(1) 报警系统调试检测

3) 检查紧急报警时系统的响应时间，应基本符合设计要求。

例如，检测防范部位和要害部门的设防情况，有无防范盲区。

安全防范设备的运行是否达到设计要求。

探测器的盲区检测，

防拆报警功能检测，

信号线开路 and 短路报警功能检测，

电源线被剪报警功能检测，

各防范子系统之间的报警联动等是否达到安全防范的要求。

（五）建筑设备监控系统调试检测要求P211, **5. 公共照明控制系统调试检测**

(1) 按照照明回路总数的 10%抽检，数量不应少于 10 路，总数少于 10 路时应全部检测。

(2) 不同区域的照明设备分别进行开、关控制；

利用计算机对公共照明开、关进行监视，满足必要的照明要求。

例如，

以光照度、时间等为控制依据对公共照明设备（场景照明、景观照明）进行监控检测。P211, **6. 给水排水系统调试检测**(1) 给水和中水监控系统**应全部检测**。(2) 排水监控系统**应抽检 50%，且不得少于 5 套，总数少于 5 套时应全部检测**。

1H414050 电梯工程施工技术

P212, 一、电梯工程的划分

分部工程	子分部工程	分项工程
电梯工程	电力驱动的曳引式或强制式电梯	设备进场验收, 土建交接检验→ 驱动主机 , 导轨, 门系统, 轿厢, 对重, 安全部件, 悬挂装置, 随行电缆, 补偿装置 , 电气装置, 整机安装验收
	液压电梯	设备进场验收, 土建交接检验, 液压系统 , 导轨, 门系统, 轿厢, 对重, 安全部件, 悬挂装置, 随行电缆, 电气装置, 整机安装验收
	自动扶梯、自动人行道	设备进场验收、土建交接检验、整机安装验收

P213, 四、电梯施工前应履行的手续 【2016 单选选项】 【案例阅读了解】

1. 电梯安装的施工单位应当在施工前将**拟进行的电梯情况**书面告知直辖市或者设区的市的特种设备安全监督管理部门, 告知后方可施工。

2. 办理告知需要的材料一般包括

《特种设备开工告知申请书》一式两份、电梯安装资质证原件、电梯安装资质证复印件加盖公章、组织机构代码证复印件加盖公章等。

3. 安装单位应当在履行告知后、开始施工前(不包括设备开箱、现场勘测等准备工作——这些可以先做), 向规定的检验机构申请监督检验。待检验**机构审查电梯制造资料完毕, 并且获悉检验结论为合格后, 方可实施安装。**

五、电梯安装资料

P213-214, 1. 电梯制造厂提供的资料 【选择题准备即可】

- (1) 制造许可证明文件
- (2) 电梯整机型式检验合格证书或报告书
- (3) 产品质量证明文件、…….
- (4) 安全保护装置和主要部件的型式试验合格证;
限速器和渐进安全钳的调试证书;
- (5) 机房或机器设备间及井道布置图;
- (6) 电气原理图;
- (7) 安装使用维护说明书

P214, 2. 安装单位提供的资料

- (1) 安装许可证和安装告知书, 许可证范围能够覆盖所施工电梯的相应参数;
- (2) 审批手续齐全的施工方案;
- (3) 施工现场作业人员持有的特种设备作业证。

P214, * 六、电梯工程的施工程序

1. 电力驱动的曳引式或强制式电梯施工程序

设备进场验收→土建交接检验→井道照明及电气安装→井道测量放线→
导轨安装→**曳引机安装**→**限速器安装**→机房电气装置安装→
轿厢、安全钳及导靴安装→轿厢电气安装→缓冲器安装→
对重安装→曳引钢丝绳、悬挂装置及补偿装置安装→
开门机、轿门和层门安装→层站电气安装→调试→检验及试验→验收

2. 液压电梯施工程序 【2021 年新增内容】

设备进场验收→土建交接检验→样板架安装、放线→
导轨安装→**千斤顶安装**→液压配管→机房内配件安装→轿厢组装→
井道内部件安装→调试验收→试运转。

P214, 3. 自动扶梯、自动人行道施工程序

设备进场验收→土建交接检验 →
扶梯（人行道）桁架吊装就位→**轨道安装**→**扶手带等构配件安装**→安全装置安装→
机械调整→电气装置安装→调试验收→试运转。

【说明】对于自动扶梯少了二个很重要的工序，安装一般工序是：**梯级链安装**→**安全装置安装**→**机械调整**→**电气装置安装**→**梯级梳齿板安装**

P214, 七、电梯工程施工中的注意事项

1. 曳引式电梯施工中的注意事项

- (1) 对电梯井道、机房土建工程进行检测鉴定，以确定其位置尺寸是否符合电梯所提供的土建布置图和其他要求。
- (2) 电梯安装前，**建设单位、监理单位、土建施工单位、电梯安装单位**应共同对电梯井道和机房进行检查，对电梯安装条件进行确认。
- (3) 机房通向井道的预留孔设置临时盖板。
- 层门的预留门洞设置防护栏杆，防护栏杆一般要设两道，底下一道栏杆距地为 500~600mm，上面一道栏杆距地应不小于 1200mm。**
- (4) 电梯导轨安装时，**首先要确定导轨支架的安装位置**，再安装导轨支架和导轨，最后对导轨进行调整，满足产品技术文件和规范的要求。
- * (5) 通电空载试运行合格后进行负载试运行，**并检测各安全装置动作是否正常准确。【自动扶梯也是】**

P214-215, 八、电梯的准用程序

1. 电梯安装单位自检试运行结束后，整理记录，并向制造单位提供，**由制造单位负责进行校验和调试。**
2. 检验和调试符合要求后，
向经国务院特种设备安全监督管理部门核准的检验检测机构报验要求监督检验。
3. 监督检验合格，电梯可以交付使用。**获得准用许可后**，按规定办理交工验收手续

P215, (电力驱动的曳引式或强制式电梯)1. 电梯设备进场验收

(1) 设备进场验收时, 应检查设备随机文件、设备零部件与装箱单内容相符, 设备外观不存在明显的损坏等。

(2) 随机文件包括【2020 年单选】——土建布置图, 产品出厂合格证(原件),

①门锁装置②限速器③安全钳④缓冲器等保证电梯安全部件的型式检验证书**复印件**, 设备装箱单, 安装、使用维护说明书, 动力电路和安全电路的电气原理图。

P215, 2. 土建交接检验的要求

土建施工单位、(电梯)安装单位、建设(监理)单位共同对土建工程进行交接验收。

(1) 机房内部、井道土建或钢架结构及布置必须符合电梯土建布置图的要求。

井道最小净空尺寸应和土建布置图要求的一致。

(2) 机房内应设有固定的电气照明, 在机房内靠近入口处应设有一个开关控制机房照明电源。机房的电源零线和接地线应分开, **接地装置的接地电阻值不应大于 4Ω** 。

(3) **主电源开关应能切断**电梯正常使用情况下的最大电流, 对有机房电梯, 开关应能从机房入口处方便接近。

对无机房电梯, 该开关应设置在井道外方便接近的地方。

(4) 电梯安装之前, 所有厅门预留孔必须设有高度不小于 1200mm 的安全保护围封(安全防护门), 并应保证有足够的强度, **保护围封下部应有高度不小于 100mm 的踢脚板, 并应采用左右开启方式, 不能上下开启。**

(5) 井道内应设置永久性电气照明, **井道照明电压宜采用 36V 安全电压**, 井道内照度不得小于 50lx, 井道最高点和最低点 0.5m 内应各装一盏灯, 中间灯间距不超过 7m, 并分别在机房和底坑设置控制开关。

(6) **轿厢缓冲器支座下的底坑地面应能承受满载轿厢静载 4 倍的作用力。**

(7) 每层楼面应有最终完成的地面基准标识, 多台并列的电梯应提供厅门口装饰基准线标识。

P217, 10. 电气装置安装要求

(2) 动力和电气安全装置的导体之间的绝缘电阻不得小于 $0.5M\Omega$ 。

导体对地之间的绝缘电阻**不得小于 $0.5M\Omega$** 。

11. 电梯整机安装要求

(1) 当三相电源中任何一相断开或任何两相错接时, **应有断相、错相保护功能**, 使电梯不发生危险故障。

(2) 控制电路、安全电路必须有**与负载匹配的短路保护装置**;

动力电路必须有**与负载匹配的短路保护装置**、必须有**过载保护装置**。

(3) ……**限速器**必须与其型式试验证书相符。

(4) **安全钳、缓冲器、门锁装置**必须与其型式试验证书相符。

(5) 上、下极限开关**必须是安全触点**, ……

(8) 对瞬时式安全钳, 轿厢应载有均匀分布的额定载重量;

对渐进式安全钳, **轿厢应载有均匀分布的 125%额定载重量**。

(11) 电梯安装后应进行运行试验; 轿厢分别在空载、额定载荷工况下, 按产品设计规定的每小时启动次数和负载持续率**各运行 1000 次(每天不少于 8h)**, 电梯应运行平稳、制动可靠、连续运行无故障。

三、自动扶梯、自动人行道施工要求

P218, 2. 土建交接检验的要求

- (1) 自动扶梯的梯级或自动人行道的踏板或胶带上空, 垂直净高度**严禁小于 2.3m**;
- (2) 在安装之前, 井道周围**必须设有保证安全的栏杆或屏障, 其高度严禁小于 1.2m**;
- (3) 根据产品供应商的要求应提供设备进场所需的通道和搬运空间;
- (4) 在安装之前, 土建施工单位应提供明显的水平基准线标识。

P218, 3. 整机安装验收要求 【2021 年单选】

- (2) 自动扶梯、自动人行道在**无控制电压、电路接地的故障、过载**时必须自动停止运行, 以下情况下的开关断开的动作必须通过安全触点或安全电路来完成。
- 2)……8) 【略】

P219,

- (5) 自动扶梯、自动人行道应进行空载制动试验, **制停距离**应符合【表 1H414052-1】的要求。
- (7) 自动扶梯与楼板交叉处及各交叉布置的自动扶梯相交叉的三角形区域, 应设置一个无锐利边缘的垂直防碰保护板, **其高度不应小于 0.3m**, 如用一个无孔的三角形保护板。

1H414060 消防工程施工技术

一、火灾自动报警及消防联动控制系统的组成及功能

P219-220, (一) 火灾自动报警系统的基本模式

1. 区域报警系统
2. 集中报警系统
3. 控制中心报警系统

系统模式	系统组成	适用场合
区域报警系统	火灾探测器、手动火灾报警按钮、火灾声光警报器及火灾报警控制器等	适用于仅需要报警, 不需要 联动自动消防设备的小型建筑等单独使用。
集中报警系统	“区域”+消防应急广播、消防专用电话、消防控制室图形显示装置、消防联动控制器等	适用于不仅 需要报警, 同时需要联动 自动消防设备, 且只设置一台 具有集中控制功能的火灾报警控制器和消防联动控制器的高层宾馆、商务楼、综合楼等建筑使用, 设置一个消防控制室 。
控制中心报警系统	由设置在消防控制室的集中报警控制器、消防控制设备等组成,	适用于 大型建筑群, 超高层建筑 , 可对建筑中的消防设备 实现联动控制和手动控制 , 设置两个及以上消防控制室 。

P220, (二) 火灾自动报警及消防联动控制系统的组成及功能

火灾自动报警及消防联动控制系统的组成	
火灾探测部分【属于报警部分】	消防联动控制部分
(1) 火灾探测器 感烟探测器、感温探测器、感火焰探测器、可燃气体探测器、混合探测器。 (2) 输入模块 (3) 手动报警按钮 (4) 火灾自动报警控制器 (5) 火灾显示盘	(1) 联动控制器 (2) 控制模块 【案例】消防联动控制系统有哪些组成—— 由联动控制器和控制模块组成，涉及 报警、灭火、防排烟、广播和消防通信等系统

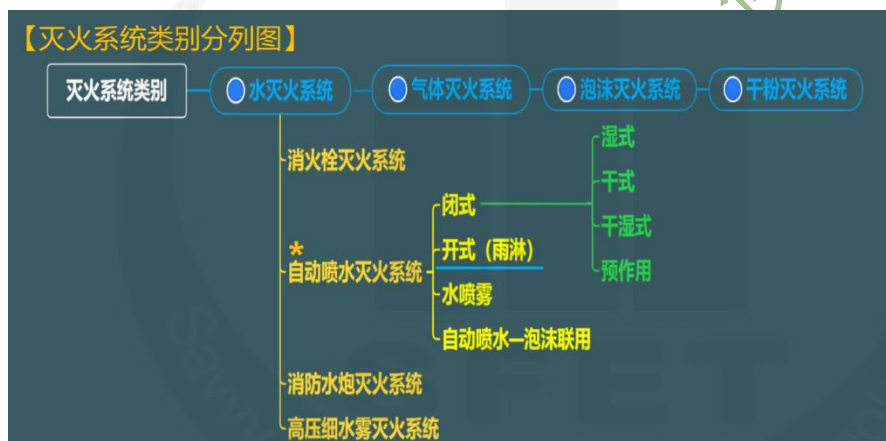
【题型练习-消化知识点】发生火灾报警后，需要消防联动控制的设备有（ ）。

A. 电梯 B. 防火卷帘门 C. 排烟阀

D. 火灾探测器 E. 防排烟风机

【答案】ABCE;

【解析】选项 D，属于报警部分;



P221, 2. 自动喷水灭火系统

(1) 闭式喷水灭火系统		
系统	管路状态	报警装置 最大工作压力
湿式系统	管道内充满压力水，火灾时能立即喷水灭火。	不超过1.2MPa。
干式系统	管网内平时不充水，充入有压气体（或氮气），与报警阀前的供水压力保持平衡，使报警阀处于紧闭状态。..... 其喷头应向上安装。	不超过1.2MPa。
干湿式系统	喷水管网在冬季充满有压气体，而在温暖季节则改为充水， 其喷头应向上安装。	不超过1.6MPa，
预作用系统【2017年案例】		

2. 自动喷水灭火系统

P222, (2) 开式系统（雨淋系统）

1) 开式系统采用开式洒水喷头，由火灾探测器、雨淋阀、管道和开式洒水喷头组成。发生火灾时，由**火灾探测系统**自动开启雨淋阀，**也可人工开启雨淋阀**，由雨淋阀控制其配水管道上所有的开式喷头同时喷水，可以在瞬间喷出大量的水覆盖火区，达到灭火目的。

2) 雨淋灭火系统具有出水量大、灭火控制面积大、灭火及时等优点，但水渍损失【物品被水浸的损失】大于闭式系统。

通常用于燃烧猛烈、蔓延迅速的某些严重危险级场所。

【实务操作知识点补充】闭式喷水灭火系统与开式系统（雨淋系统）主要区别

主要区别在——①喷头形式不同；

②喷水的动作步骤不同；

③水渍损失不同；

④应用场所不同。

闭式喷水灭火系统，火灾时可以自动探测温度，火灾高温使得闭式喷头玻璃泡破裂。

【提前看】P229, (4) 喷头【2015 年单选】

1) 闭式喷头应在安装前进行密封性能试验，且喷头安装应在系统试压、冲洗合格后进行。

2) 安装时不得对喷头进行拆装、改动，**并严禁给喷头附加任何装饰性涂层。**

3) 喷头安装应使用专用扳手，**严禁利用喷头的框架施拧。**

4) 喷头的框架、溅水盘产生变形或释放原件损伤时，应采用规格、型号相同的喷头更换。

P222, (3) 水喷雾灭火系统

* 水喷雾系统的灭火机理【案例】

主要是通过——表面冷却、**窒息**、稀释、**冲击乳化**和覆盖等作用。

水喷雾系统的防护目的有——灭火和防护冷却两种

【注释】水雾（受热后）→蒸汽（体积迅速膨胀）→隔绝空气【窒息作用】

雾滴打到油性液体表面（不溶于水）→发生乳化（乳化层不燃烧）——【覆盖】

P222-223, 4. 高压细水雾灭火系统

(1) * **灭火机理，主要是通过——**

吸收热量（冷却）、降低氧浓度（窒息）、阻隔辐射热等方式达到控火和灭火目的。

适用于扑救A类、B类、C类和电气类火灾。

与一般水雾相比，细水雾的雾滴直径更小，水量也更小，雾粒直径10—100微米。

因此，其灭火有别于水喷雾灭火系统，类似于二氧化碳等气体灭火系统。

(2) 高压细水雾系统由供水装置、过滤装置、控制阀、细水雾喷头等组件和供水管道组成。

(3) 能自动和人工启动并喷放细水雾进行灭火或控火的固定灭火系统，工作压力**大于或等于 3.45MPa**。

(4) 根据供水方式分为泵组系统和瓶组系统，

系统宜选用泵组系统，闭式系统不应采用瓶组系统。

【课外小知识】高压细水雾闭式系统不应采用瓶组系统的原因分析

主要是因为——闭式系统启动时间本身就比开式系统要长，

当闭式系统启动时，火灾严重已比开式要高，所以要求更多的喷水雾时间。

而闭式系统的驱动气体瓶及水瓶容积是固定的。

【考点对比记】

水喷雾系统的灭火机理主要是通过——

表面冷却、窒息、**稀释**、**冲击乳化和覆盖**等作用。

高压细水雾系统灭火机理，主要是通过——

吸收热量（冷却）、降低氧深度（窒息）、**阻隔辐射热**等方式

灭火系统适合场合对比表

环境温度不低于4℃且不高于70℃的建筑物。	湿式系统
装饰要求较高，不允许有水渍损失、灭火要求及时的建筑和场所。	预作用系统
通常用于燃烧猛烈、蔓延迅速的某些严重危险级场所	开式雨淋系统
高层民用建筑内的可燃油浸电力变压器、充可燃油的高压电容器和多油开关室等房间。	水喷雾系统
油类（易燃液体）场所	自动喷水—泡沫联用系统
适用于扑救A类、B类、C类和电气类火灾。	细水雾系统
自动喷水系统难以有效探测、扑灭及控制火灾的大空间场所	消防水炮
易燃、可燃液体、可燃气体和电气设备的火灾（P225）	干粉灭火系统

5. 水灭火系统的其他设施

P223，（4）消防水泵【案例阅读】

消防水泵应设备用泵，

且流量和扬程不应小于消防泵房内的最大一台工作泵的流量和扬程；

应设有两条吸水管，当其中一条检修或损坏时，

其余的吸水管应仍能通过100%的用水总量；

保证水箱的水用完之前（5-10 min），消防泵在5 min内启动供水。

对比一起看

P223，（二）气体灭火系统**气体灭火系统主要包括——**

管道安装、系统组件安装（喷头、选择阀、**储存装置**）、二氧化碳称重检验装置等

【2019 单选，继续】

P224，（三）泡沫灭火系统**1. 泡沫灭火系统包括——**

管道安装、阀门安装、法兰安装及泡沫发生器、**混合储存装置**安装等工程。

P223, 1. 七氟丙烷灭火系统

(1) 七氟丙烷 (HFC-227ea) 自动灭火系统

是一种高效能的灭火设备, 其灭火剂 HFC-227ea 是一种

无色、无味、低毒性、绝缘性好、无二次污染的气体。

(3) 七氟丙烷灭火装置分为有管网和无管网 (柜式) 两种。

1) 有管网系统又分为内贮压系统和外贮压系统,

其主要区别为灭火药剂的传送距离不同,

内储压系统的传送距离一般不超过 60m, 外储压系统的传送距离可达 220m。

2) 无管网系统气体灭火剂储存瓶包装成灭火柜, 外形美观,

平时放在需要保护的防护区内, 在发生火灾时, 不需要经过管路, 直接就在防护区内喷放

灭火, 其灭火效能高, 灭火速度快、毒性低、对设备无污损, 灭火装置性能优良, 其控制部分可与消防控制中心相衔接。

P225, 四、工业项目的消防系统功能

1. 根据工业建筑贮存的物料性质、生产操作条件、火灾危险性、建筑物体积等因素, 设置不同的消防设施和灭火系统。

工业	场合	消防设施与灭火系统
火力发电厂	容量为 $\geq 90\text{MV}\cdot\text{A}$ 的油浸变压器	火灾自动报警系统、 水喷雾灭火系统 或其他灭火系统
	点火油罐区	低倍数泡沫灭火系统
	燃气轮发电机组 (包括燃气轮机、齿轮箱、发电机和控制间)	全淹没气体灭火系统, 并应设置火灾自动报警系统
钢铁企业	单台容量 $\geq 40\text{MV}\cdot\text{A}$ 非总降压变电所的油浸变压器	应设置火灾自动报警系统, 以及水喷雾、细水雾 和气体灭火系统;
	储存锌粉、碳化钙、低亚硫酸钠等 遇水燃烧物品的仓库	不得设置室内、外消防给水。
石油	应设低倍数泡沫灭火系统或中倍数泡沫灭火系统, 以及消防冷却水系统和火灾自动报警系统。	应设低倍数泡沫灭火系统或中倍数泡沫灭火系统, 以及消防冷却水系统和火灾自动报警系统。

P226, 2. 工业项目很多建有消防站,

站内消防车的类型和数量与企业的火灾危险性相适应,

以满足扑救控制初起火灾的需要。

如火电厂单台发电机组容量为 300MW 及以上的,

应设置企业消防站, 站内应配备不少于 2 辆消防车,

其中一辆为水罐或泡沫消防车,

另一辆可为干粉或干粉泡沫联用车。

二、消防工程施工技术要求

P227, 2. 火灾探测器安装要求

(1) 【本条数据不用记，考多选时不选，单选时，用其他选项排除决定】

(2) 在宽度小于 3m 的内走道顶棚上设置探测器时，宜居中布置。

感温探测器的安装间距不应超过 10m；

感烟探测器的安装间距不应超过 15m。

(3) 探测器宜水平安装，当必须倾斜安装时，倾斜角不应大于 45°。

探测器的确认灯，应面向便于人员观察的主要入口方向。

(4) 探测器的底座应固定牢靠，其导线连接必须可靠压接或焊接。

探测器的“+”线应为红色线，“-”线应为蓝色线，……

(5) 缆式线型感温火灾探测器

在电缆桥架、变压器等设备上安装时，宜采用接触式布置；

在各种皮带输送装置上敷设时，宜敷设在装置过热点附近。

(6) 可燃气体探测器安装时，安装位置应根据探测气体密度确定。

(7) 剩余电流式电气火灾监控探测器负载侧的中性线

不应与其他回路共用，且不应重复接地。【信号回路，只能一处接地】

P227, 4. 输入（或控制）模块安装

同一报警区域内的模块宜集中安装在金属箱内，

不应安装在配电柜、箱或控制柜、箱内。

模块（或金属箱）应独立支撑或固定，安装牢固，并应采取防潮、防腐蚀等措施。

(二) 水灭火系统施工技术要求

P228, 1. 消火栓系统施工要求

(1) 室内消火栓系统

1) 管径小于 100mm 的镀锌钢管宜采用螺纹连接，

套丝扣时破坏的镀锌层表面及外露螺纹部分应做防腐处理；

管径大于或等于 100mm 的镀锌钢管应采用法兰或沟槽式专用管件连接，

镀锌钢管与法兰的焊接处应二次镀锌。

2) 消火栓的栓口朝外，栓口中心距地面应为 1.1m；并不应安装在门轴侧。

3) 室内消火栓安装完成后，应取屋顶层（或水箱间内）试验消火栓和首层取两处消火栓做试射试验，达到设计要求为合格。

P229, 2. 自动喷水灭火系统安装要求

(1) 自动喷水灭火系统的管道

横向安装宜设 2%—5% 的坡度，且应坡向排水管；

当局部区域难以利用排水管将水排净时，应采取相应的排水措施。

(2) 消防水泵 【2017 年多选、2018 年案例；继续掌握】

水泵的出口管上应安装止回阀、控制阀和压力表，

或安装控制阀、多功能水泵控制阀和压力表；

系统的总出水管上还应安装压力表和泄压阀。

P229 中间，	(6) 自动喷水灭火系统的调试应包括——	【案例】
	①水源测试；	
	②消防水泵调试；	
	③稳压泵调试；	
	④报警阀调试；	
	⑤排水设施调试；	
	⑥联动试验。	

P229, 4. 高压细水雾灭火系统施工要求

(1) 储水瓶组、储气瓶组安装、固定和支撑应稳固，压力表应朝向操作面，安装高度和方向应一致。

(2) 当系统采用柱塞泵时，泵组安装后**应充装润滑油并检查油位**。

(3) 阀组安装位置应便于观测和操作。阀组上的启闭标志应便于识别，控制阀上应设置标明所控制防护区域的永久性标志牌。

(4) 喷头安装应在管道试压、吹扫合格后进行。

喷头与管道的连接**宜采用端面密封或 O 型圈密封，**
不应采用聚四氟乙烯、麻丝、粘接剂等密封材料。

P231, **(六) 防排烟系统施工技术要求**

防排烟风管采用镀锌钢板时，板材最小厚度应符合设计要求，当板材厚度设计无要求时，可按照国家标准《建筑防排烟系统技术标准》GB 51251-2017 的要求选定。

2. 有耐火极限要求的风管的本体、框架与固定材料、密封垫料**必须为不燃材料**，其耐火极限时间应符合设计要求。

3. * 排烟风管法兰垫片**应为不燃材料**，垫片厚度**不应小于 3mm**；

4. 防排烟系统的柔性短管、密封垫料的制作材料**必须为不燃材料**。

5. 防排烟风道、事故通风风道**应采用抗震支吊架**。

6. 排烟防火阀的安装方向、位置应正确。

排烟防火阀应**顺气流方向关闭**。

防火分区隔墙两侧的防火阀，距墙表面不应大于 200mm。

排烟防火阀应设独立的支、吊架。

7. 排烟阀（口）及手控装置（包括预埋套管）的位置应符合设计要求；

设计无要求时，排烟口距可燃物或可燃构件的距离**不应小于 1.5m**，

手控装置应固定安装在明显可见、距楼地面 1.3m~1.5m 之间便于操作的位置，预埋套管不得有瘪陷。

8. **【2021 年单选，案例继续掌握】**

防排烟风机应设在混凝土或钢架基础上，且不应设置减振装置；

若排烟系统与通风空调系统共用且需要设置减振装置时，**不应使用**橡胶减振装置。

9. 防排烟风机与风管的连接宜采用法兰连接，

当风机仅用于防、排烟时，不宜（不应）**采用柔性连接**；

若防、排烟与排风或补风系统兼用时，风机与风管应采用不燃材料的柔性短管连接。

10. 风管系统安装完成后，应进行严密性检验；

防排烟风管的允许漏风量应按中压系统风管确定。

P231, 11. 防排烟系统调试应包括设备单机调试和系统联动调试,

主要调试内容包括:

排烟防火阀的调试, 常闭送风口、排烟阀或排烟口的调试,
活动挡烟垂壁的调试, 自动排烟窗的调试, 送风机、排烟风机的调试,
机械加压系统风速及余压的调试, 机械排烟系统风速和风量的调试,
以及机械加压送风系统、机械排烟系统、自动排烟窗和活动挡烟垂壁的联动调试等。

P231-232, 一、消防工程验收的规定

范围	规模
体育场馆、公共展览馆、博物馆展厅	大于2万m ²
航站楼、候船厅、候车室	大于1.5万m ²
宾馆、饭店、商场、市场	大于1万m ²
影剧院、公共图书馆阅览室、门诊楼、图书馆、寺庙、教堂、大学教学楼	大于2500m ²
老幼中小学生、员工集体宿舍	大于1000m ²
歌舞厅、网吧、酒吧、咖啡厅	大于500m ²

二、特殊建设工程消防验收所需资料及条件

2. 特殊建设工程消防验收的条件

- (1) 完成工程消防设计和合同约定的消防各项内容。
- (2) 有完整的工程消防技术档案和施工管理资料
(含涉及消防的建筑材料、建筑构配件和设备的进场试验报告)。
- (3) 建设单位对工程涉及消防的各分部分项工程验收合格;
施工、设计、工程监理、技术服务等单位确认工程消防质量符合有关标准。
- (4) 消防设施性能、系统功能联调联试等内容检测合格。

P232, 消防验收程序验收受理、现场评定和出具消防验收意见等阶段。

P233, 现场评定。

消防设计审查验收主管部门受理消防验收申请后, 对特殊建设工程进行现场评定。

现场评定包括——对建筑物防(灭)火设施的外观进行现场抽样查看;

通过专业仪器设备对涉及距离、高度、宽度、长度、面积、厚度等可测量的指标进行现场抽样测量; 对消防设施的功能进行抽样测试、联调联试消防设施的系统功能等内容。

P233, 4. 施工过程中的消防验收

2. 根据工程需要, 消防工程可以按施工程序划分为三种消防验收形式,
即——隐蔽工程消防验收、粗装修消防验收、精装修消防验收。

【补充】粗装修阶段以下部件不安装——探测、报警、显示(疏散指示灯)和喷头

粗装修消防验收属于消防设施的功能性验收。粗装修消防验收合格后, 建筑物尚不具备投入使用的条件。

四、其他建设工程的消防验收与备案

1. 其他建设工程, 建设单位在竣工验收合格之日起 5 个工作日内, 报消防设计审查验收主管部门消防验收备案。