



水利造价信息网

2021

全国一级造价工程师职业资格考试  
《建设工程技术与计量》

——（水利工程）考点精讲

主讲老师：吕桂军

# 第四章

## 机电及金属结构

# 第一节 水力机械设备

## 一、水轮机

水轮机是将水的能量通过转轮转换为机械能的一种动力机械，一般由引水室、导叶、转轮和出水室等构成。

### (一)水轮机的分类

按转轮进出口压强是否相等，水轮机可分为冲击式水轮机和反击式水轮机，此外还有可逆式水轮机。常见水轮机有混流式水轮机、轴流式水轮机、贯流式水轮机、斜流式水轮机、冲击式水轮机。各种水轮机的分类如图4-1-1所示。

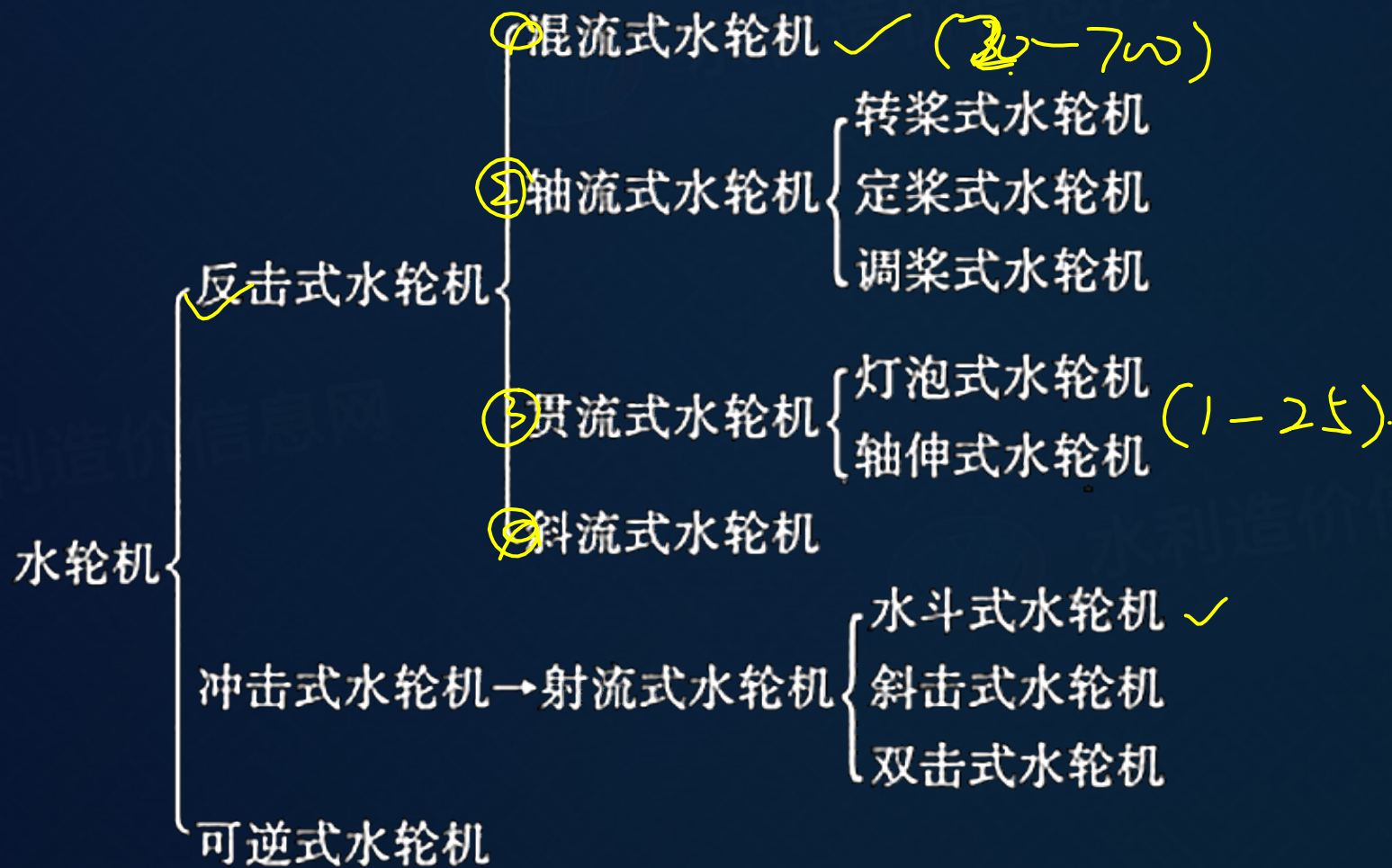


图 4-1-1 水轮机的分类

【多选题】以下属于反击式水轮机的是（ ）。

- A.轴流式水轮机
- B.混流式水轮机
- C.冲击式水轮机
- D.斜流式水轮机
- E.水斗式水轮机

【参考答案】 ABD

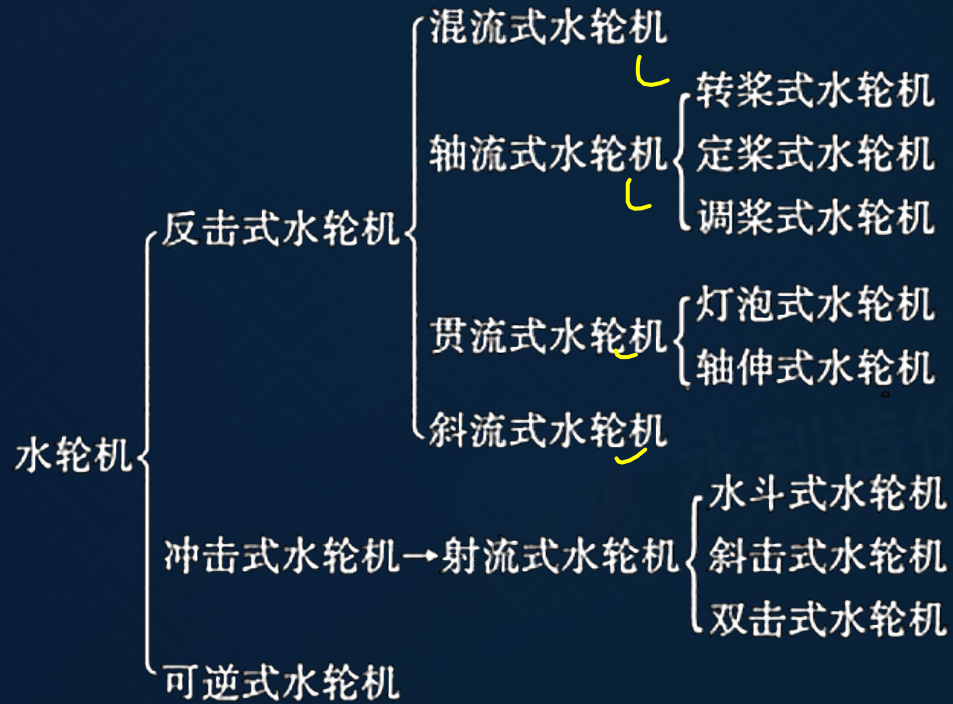


图 4-1-1 水轮机的分类

## 1.反击式水轮机

水轮机的转轮在工作时全部浸没在有压的水流中，水流经轮叶流道时受叶片的作用，流速的大小和方向都发生了变化，水流对转轮有反作用力，驱动转轮旋转，因此称为反击式水轮机。反击式水轮机同时利用了水流的动能和压力势能。由于结构型式和适用条件不同，反击式水轮机又分为混流式水轮机、轴流式水轮机、贯流式水轮机和斜流式水轮机。

1) 混流式水轮机。混流式水轮机运行可靠、结构简单、效率高，适用于大、中、小型水力发电工程，是目前世界各国广泛采用的水轮机型式之一。适用水头范围一般为30 ~ 700m。

2)轴流式水轮机。分为轴流转桨式水轮机、轴流定桨式水轮机、轴流调桨式水轮机。适用水头范围一般为3~80m。

3)贯流式水轮机。适用水头范围一般为2~30m。✓

4)斜流式水轮机。它适用水头范围较宽广，一般为40~200m。该型式水轮机性能稳定，高效率区宽，常做成可逆式水力机械，用于抽水蓄能电站中。

2.冲击式水轮机。按结构型式可分为水斗式水轮机、斜击式水轮机和双击式水轮机。水斗式水轮机运行性能稳定，效率较反击式水轮机低一些，但其结构较简单，是冲击式水轮机中应用最广泛的一种水轮机。斜击式水轮机过水能力较水斗式大一些。双击式水轮机，一般用于小型水力发电工程。



【单选题】某水电站规划装机容量为1200W,运行水头范围为16米,电站拟选用4台相同容量的水轮发电机组,最合适的水轮机型式是( )。

- A.混流式
- B.轴流转浆式
- C.灯泡贯流式
- D.轴伸贯流式

【参考答案】C

【解析】灯泡贯流水轮机适用水头范围为<sup>1-25m</sup>2-30m,单机容量一般不超过100MW。适用于低水头大流量的水力发电工程。

### 3.可逆式水轮机

可逆式水轮机又称水泵水轮机，是抽水蓄能电站的动力设备。电能富余时将下库的水抽到上库，电能缺乏时用抽到上库的水来发电。在发电时作水轮机使用，抽水时作水泵运行。水泵水轮机常用的为可逆混流式水泵水轮机。

#### (二)水轮机型号与类别

HL220-LJ-200

#### 1.水轮机型号

表 4-1-1 水轮机型号与类别

类别	第一部分			第二部分				第三部分
	水轮机型号		转轮型号	主轴布置形式		引水室特征		转轮标称直径 $D_1$
	代号	含义	比转速代号:数字	代号	含义	代号	含义	
反击式	HL	混流式		L	立轴	J	金属蜗壳	
	ZZ	轴流转桨式		W	卧轴	H	混凝土蜗壳	
	ZD	轴流定桨式				M	明槽式引水	
	XL	斜流式				P	灯泡式	
	GZ	贯流转桨式				G	罐式	
	GD	贯流定桨式				Z	轴身式	
冲击式	CJ	水斗式				S	竖井式	
	XJ	斜击式				X	虹吸式	
	SJ	双击式						

注:可逆式水轮机在机型代号后加“N”。

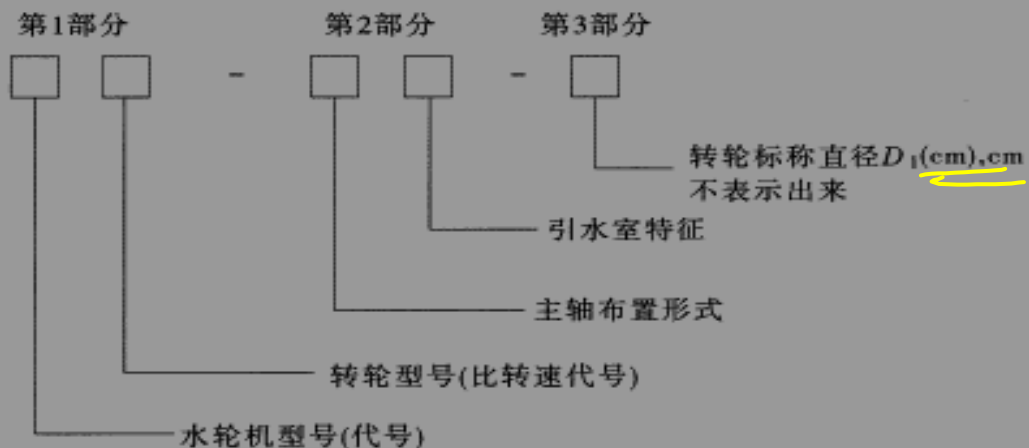


图 4-1-2 反击式水轮机表示方法

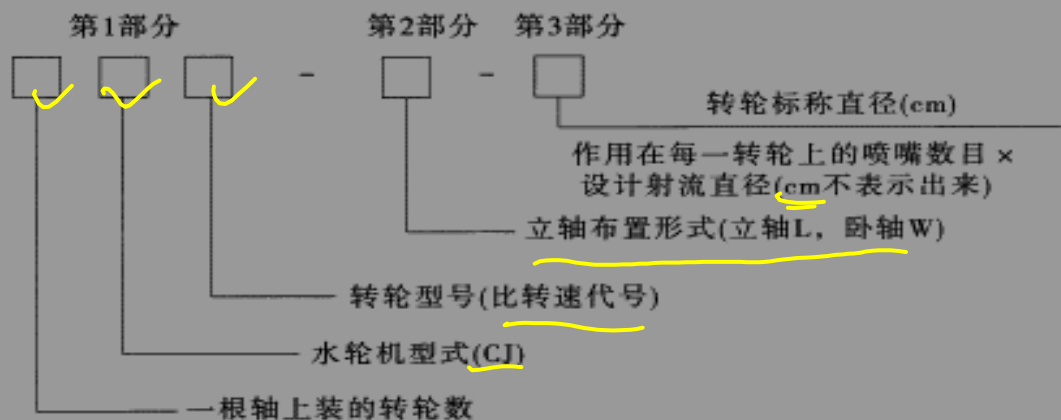


图 4-1-3 冲击式水轮机表示方法

【单选题】某水电站规划装量为1200MW，运行水头范围在90~120m之间，电站的拟选用4台相同容量的水轮发电机组，最合适的水轮机型式是( )

- A.冲击式                      B.混流式 ✓  
C.轴流转浆式                D.轴流定浆式

【参考答案】B

【解析】混流式水轮机。混流式水轮机运行可靠、结构简单、效率高，适用于大、中、小型水力发电工程，是目前世界各国广泛采用的水轮机型式之一。适用水头范围一般为30~700m。

### 3.水轮机的主要过流部件

水轮机一般由引水机构(引水室)、导水机构(导水叶)、转动机构(转轮)和泄水机构(尾水管)4大机构组成。

其他构件包括大轴、轴承、底环、座环、顶盖、基础环、机坑里衬、接力器里衬及转轮室等。

## 二、水轮发电机

由水轮机驱动，将机械能转换成电能的交流同步电机称为水轮发电机。它发出的电能通过变压器升压输送到电力系统中去。水轮机和水轮发电机合称为水轮发电机组(或主机组)。与常规水轮发电机相同，发电电动机按主轴位置可分为卧式（一般适用于小型混流及冲击式机组和贯流式机组）和立式（适用于大中型混流及冲击式机组和轴流式机组）。立式电机按推力轴承的位置可分为悬式和伞式两大类。

(1)悬式水轮发电机结构的特点是推力轴承位于转子上方，把整个转动部分悬吊起来，通常用于较高转速机组。

(2)伞式水轮发电机的结构特点是推力轴承位于转子下方，通常用于较低转速机组。

## (二)水轮发电机的型号

水轮发电机的型号，由代号、功率、磁极个数及定子铁芯外径等数据组成。其中，SF代表水轮发电机，SFS代表水冷水轮发电机，L代表立式竖轴，W代表卧式横轴。

如：SF190-40/10800水轮发电机，表示功率为190MW，有40个磁极，定子铁芯外径为10.8m(定子机座号为10800)。

SF190—40/10800为例，那么这台发电机的额定转速(以分钟计)为 $n = 3000 \times \frac{2}{40} = 150 \text{r/min}$ 。

注：我们现在用的电是交流380伏或者是交流220V，频率都是50Hz的。50赫兹，即是50Hz，是指发电机的转子每秒钟转过50圈，则电流每秒钟来回变化50次，方向改变100次。50赫兹的两极发电机的同步转速是3000r/min。

$$\frac{60 \times 50}{3000}$$



【单选题】水轮发电机的型号SF190-40/10800中，190表示( )。

- A.功率
- B.磁极
- C.定子外径
- D.转速

【参考答案】 A

【解析】 SF190-40/10800水轮发电机，表示功率为190 MW，有40个磁极，定子铁芯外径为10.8m(定子机座号为10800)。

【单选题】水轮发电机型号SF190-40/10800中，发电机的额定转速为( )。

A.100

B. 200

C.150

D.300

【参考答案】 C

【解析】 转速= (我国电网频率 $50\text{Hz} \times 60$ ) / (磁极个数 $40/2$ ) =  $150(\text{r}/\text{min})$ 。

### (三)水轮发电机的基本部件

立式水轮发电机一般由转子、定子、上机架与下机架、推力轴承、导轴承、空气冷却器、励磁机(或励磁装置)及永磁发电机等部件组成。而大型水轮发电机一般没有励磁机、永磁机。

转子和定子是水轮发电机的主要部件，其他部件仅起支持或辅助作用。发电机转动部分的主轴，一般用法兰盘与水轮机轴直接连接，由水轮机带动发电机的转子旋转。

转子的磁极绕组通入励磁电流产生磁场，由于转子的旋转，使定子绕组的导体因切割磁力线产生感应而发出电流。

#### (四)水轮发电机的安装

在一般施工组织设计中，应尽量考虑到同土建工程及水轮机安装进度的平行交叉作业，尽量做到少占直线工期，充分利用现有场地及施工设备进行大件预组装。把已组装好的大件，按顺序分别吊入机坑进行总装，从而保证质量，加快施工进度。

### 三、调速系统

(一)调速器。第一代调速器采用的是机械液压式调速器，控制调节系统均由机械元件组成，称作机械式调速器。

第二代调速器是以集成电路作为控制调节系统核心，其控制精度及响应速度较机械式调速器有了不少的进步，称作电气液压式调速器。

第三代调速器，其核心控制及调节系统核心部件采用可编程控制器(PLC)或工业计算机，称作微机式调速器。

水轮机调速器的主要功能是检测机组转速偏差，  
并将它按一定的特性转换成接力器的行程差，借以调  
整机组功率，使机组在给定的负荷下以给定的转速稳  
定运行。给定的转速范围与额定转速的差为 $\pm 0.2\% \sim$   
 $\pm 0.3\%$ 。

## (二)油压装置

### 1.油压装置的工作原理

水轮机调速系统的油压装置是为调速系统提供操作作用压力油的装置，利用气体的可压缩性，在压力油罐中油的容积变化时可以保持调节系统所需要的一定压力，让压力波动在较小范围内，使调节系统和控制机构可靠运行。其保持压力的模式可分为两种，一种是以压缩空气作为保压介质的传统型油压装置(YZ型和HYZ型)，另一种是以充氮皮囊作为保压介质的蓄能罐式液压站。

## 四、水泵

水泵机组包括水泵、动力机和传动设备，是泵站工程的主要设备。泵站的辅助设备、电气设备和泵站中的各种建筑物都是为水泵机组的运行和维护服务的。

### (一)水泵类型

水泵按工作原理分主要有叶片泵、容积泵和其他类型泵。

泵站工程中最常用的水泵类型是叶片泵，叶片泵是靠叶轮的旋转进行能量传递的机械，如离心泵、轴流泵及混流泵等。水泵比转数(又称比转速、比速)是反映叶片泵共性的综合性的特征数，比转数常用符号 $n_s$ 表示，单位为r/min。各种类型的水泵有不同的规格，表示规格的参数有口径、转速、流量、扬程、功率、效率及汽蚀余量(或允许吸出真空高度)等。



**【多选题】**水泵机组包括（ ）。

- A.水泵
- B.动力机
- C.辅助设备
- D.传动设备
- E.电气设备

**【参考答案】** ABD

**【解析】**水泵机组包括水泵、动力机和传动设备，是泵站工程的主要设备。

## 1. 离心泵

1) 分类。按叶轮进水方向分为单吸式和双吸式；按叶轮的数目分为单级和多级，单级泵只有一个叶轮，多级泵则有两个以上叶轮；按泵轴安装形式分为立式、卧式和斜式。

2) 性能规格。离心泵的比转数 $n_s$ 的范围为 $30 \sim 300$  r/min，其中 $n_s = 30 \sim 80$  r/min的称为低比转数离心泵， $n_s = 80 \sim 150$  r/min的称为中比转数离心泵， $n_s = 150 \sim 300$  r/min的称为高比转数离心泵。单级双吸卧式离心泵常见的系列为Sh、S、SA型。

例如：20Sh-19表示该泵为进口直径200mm（即500mm）单级双吸卧式离心泵，该泵比转数为 $19 \times 10 = 190$  (r/min)。

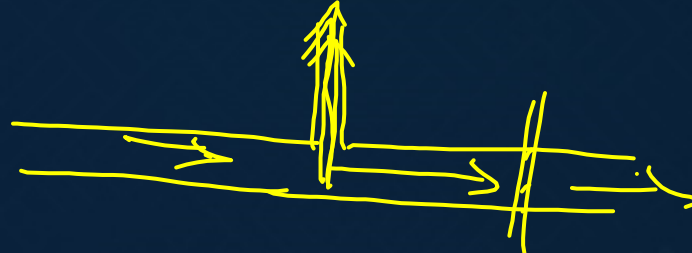
## 2.轴流泵

1)分类。轴流泵通常按泵轴的安装方向和叶片是否可调进行分类。按泵轴的安装方向分为立式、卧式和斜式三种，大型轴流泵以立式较为常见，卧式轴流泵又分轴伸式、猫背式、贯流式和电机泵等;按叶片调节方式分为固定叶片轴流泵、半调节轴流泵和全调节轴流泵三种。

2)性能规格。轴流泵的比转数 $n_s$ 在500r/min以上，属高比转数低扬程水泵，通常用于扬程低于10m的泵站。我国使用的轴流泵型号多ZLB、ZLQ、ZWB、ZWQ等，Z表示轴流泵，L表示立式，W表示卧式，X表示斜式，B表示半调节，Q表示全调节。字母前面的数字表示水泵出口的直径(in或mm)，后面的数字乘以10后表示水泵的比转数 $n_s$ 。

### 3.混流泵

混流泵按泵轴的安装方向分为立式、卧式；按其压水室形式不同分为蜗壳式和导叶式。我国混流泵的扬程范围一般为5 ~ 200m。



### 4.其他类型泵

水锤泵是以流水为动力，利用流动中的水被突然制动时所产生的能量，产生水锤效应，将低水头能转换为高水头能的高级提水装置。适合于具有微小水力资源条件的贫困用水地区，以解决山丘地区农村饮水和干旱问题。

## (二)常用水泵的安装

泵站每台机组投入运行前，应进行机组启动验收。

机组启动验收或首(末)台机组启动验收前，应进行机组启动试运行。

单台机组试运行时间应在7d内累计运行时间为48h或连续运行24h(均含全站机组联合运行小时数)。

全站机组联合运行时间宜为6h且机组无故障停机3次，每次无故障停机时间不宜超过1h。

## 五、阀门

### (一)阀门的类型

阀门一般由阀体、阀瓣、阀盖、阀杆及手轮等部件组成。水利工程中常见的阀门种类有蝶阀、球阀、闸阀、锥形阀、截止阀等。

### (二)进水阀

水力发电工程用的阀门一般称为进水阀(也称主阀)，装设在水轮机输水管道的进水口及水轮机前，以便在需要时截断水流。目前常采用的进水阀有蝶阀、球阀、闸阀等，进水阀一般不作调节流量用。

### 3.进水阀的附件

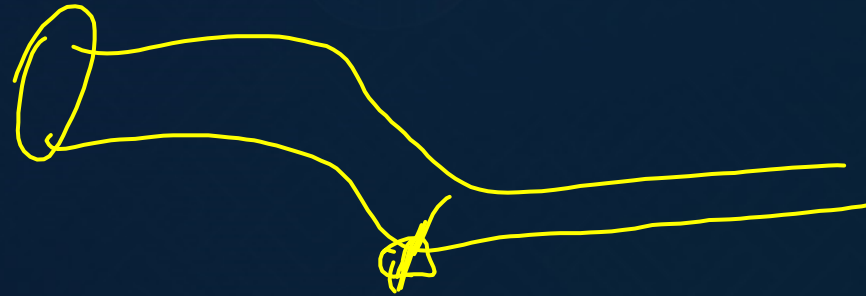
1)伸缩节。伸缩节的作用是使钢管沿轴线自由伸缩，以补偿温度应力，用于分段式管道中。

2)旁通阀。旁通阀装于阀门两侧压力钢管上，其作用是在进水阀正常开启前，先打开旁通阀，将进水阀活门上游侧的压力水引入阀门下游侧，接近平压后，再开启进水阀。旁通阀和旁通管的直径一般可近似按1/10的进水阀直径选取。



3)空气阀。空气阀位于进水阀下游侧伸缩节或压力钢管的顶部，当开启旁通阀向下游侧充水时或打开排水阀放空压力钢管和蜗壳内的积水时，空气阀自动开启以排气或充气，使压力钢管内真空消失，保护压力钢管不被外压破坏。

4)排水阀。排水阀在压力钢管最低点设置。排除管内积水，便于检修。





**【多选题】**为适应较大位移，在两节钢管之间设置的联接部件的是（ ）。

- A.止推环
- B.伸缩节 ✓
- C.加劲环
- D.渐交管

**【参考答案】** B

**【解析】**伸缩节的作用是使钢管沿轴线自由伸缩，以补偿温度应力，用于分段式管道中。

## 六、水力机械辅助设备

在此主要介绍油系统设备、压气系统设备、水系统设备以及相应的管路(含管子、附件、阀门等)及其安装。

水系统管路多用镀锌钢管，DN15以下的管道一般采用不锈钢无缝管。油系统、压气系统管路采用无缝钢管或者不锈钢无缝管。

油、水、气管件的耐压试验：所有油、水、气管路及附件，在安装完成后均应进行耐压和严密性试验，耐压试验压力为1.5倍额定工作压力，保持10min无渗漏及裂纹等异常现象发生。

## 第二节 电气设备

水利工程电气设备主要分为一次设备和二次设备。

(1)一次设备。直接生产和分配电能的设备称为一次设备，包括发电机、变压器、断路器、隔离开关、电压互感器、电流互感器、避雷器、电抗器、熔断器、自动空气开关、接触器、厂用电系统设备、接地系统等。

(2)二次设备。对一次设备的工作进行测量、检查、控制、监视、保护及操作的设备称为二次设备，包括继电器、仪表、自动控制设备、各种保护屏(柜、盘)、直流系统设备、通信系统设备等。

【单选题】下列不属于二次设备安装内容的是( )。

- A.调试
- B.防火封堵
- C.配线
- D.元器件整定

【参考答案】 B

【解析】二次设备安装归纳起来有以下内容：立盘、配线、继电器和元器件的整定、调试。

【单选题】电气设备主要分为电气一次设备和电气二次设备，以下不属于电气一次设备的是( )。

- A.电抗器  
B.避雷器  
C.继电器  
D.熔断器

【参考答案】C

【解析】一次设备，包括发电机、变压器、断路器、隔离开关、电压互感器、电流互感器、**避雷器、电抗器、熔断器**、自动空气开关、接触器、厂用电系统设备、接地系统等。

**【单选题】** 母线是发电厂和变电站用来连接各种电气设备，汇集、传送和分配电能的金属导线，分为硬母线和软母线，以下不属于硬母线类型的是( )。

- A. 矩形母线
- B. 钢芯铝绞线
- C. 圆形母线
- D. 管型母线

**【参考答案】** B

**【解析】** 母线类型有硬母线和软母线，硬母线又分为圆形母线、矩形母线、管形母线、槽形母线、共箱母线、离相封闭母线等类型。软母线和管形母线一般用在开关站，其他则一般用在发电机电压母线和电气主回路上。

【多选题】铜芯交联聚乙烯绝缘聚氯乙烯护套，钢带铠装电力电缆表示为( )。

- A. VV22    B. ZLL32    C. YJV22    D. VIV42

【参考答案】C

【解析】交联聚乙烯绝缘电力电缆：YJV表示铜芯交联聚乙烯绝缘聚氯乙烯护套电力电缆；YJLV22表示铝芯交联聚乙烯绝缘聚氯乙烯护套，钢带铠装电力电缆；VV22表示铜芯聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套电力电缆；VIV42表示铝芯聚氯乙烯绝缘聚氯乙烯护套，钢带铠装电力电缆。



表 4-2-1 电力电缆的特征情况

型号组成	简单名称	代号	型号组成	简单名称	代号	
绝缘层	纸绝缘	Z	特征	不滴流	D	
	橡皮绝缘	X		充油	CY	
	聚氯乙烯绝缘	V		滤尘器用	C	
	聚乙烯绝缘	Y		防腐	一级	1
	交联聚乙烯绝缘	YI			二级	2
导体	铜	不表示	外护层	麻包 及 铠装	麻包	1
	铝	L			钢带铠装麻包	2
护层	铅包	Q			细钢丝铠装麻包	3
	铝包	L			粗钢丝铠装麻包	5
	聚氯乙烯护套	V			相应裸外护层	0
	非燃性橡胶	HF			相应内铠装外护层	9
特征	统包型	不表示			聚氯乙烯护套	02
	分相铅包、分相护套	F			聚乙烯护套	03
	干绝缘	P			钢带铠装护套	22
					细钢丝铠装外护层	32
			粗钢丝铠装护套	42		

【单选题】由开关站电气元件组合而成的成套装置称为气体绝缘封闭式组合电气设备GIS,以下( )环境中成套设备运行安全可靠。

A.地下洞室 ✓

B.降雨量大的地区 ✓

C.车间清洁度差

D.电气设备受污染

E.有腐蚀环境 ✓

【参考答案】 ABE

【解析】组合的电气元件在充有有压绝缘其他的密闭金属容器内的成套装置称为绝缘封闭式组合电气设备GIS,广泛使用的绝缘气体为六氟化硫(SF<sub>6</sub>),根据灭弧性能和绝缘性能的要求,确定绝缘气体的压力。整套装置运行安全可靠,受环境影响较小。

## 第三节 金属结构设备

## 一、起重设备

常用的启闭机有桥式起重机、门式起重机、液压启闭机、卷扬式启闭机、螺杆式启闭机等。

## 二、闸门

闸门一般由两部分组成：活动部分(门叶)、固定部分(埋件)。活动部分指关闭或打开孔口的堵水装置；固定部分指埋在建筑物结构内的构件，它把门叶所承受的荷载、门叶的自重传递给建筑物。门叶由门叶结构、支承行走部件(定轮、滑块)、止水装置等部件构成；埋件则分为支承行走埋件(如主轨、反轨、侧轨等)、止水埋件和护衬埋件。

## (二) 闸门的分类

### 1. 按用途分类。

- (1) 工作闸门。可以动水开、闭的闸门。
- (2) 事故闸门。可以动水关闭、静水开启的闸门。
- (3) 检修闸门。只能在静水中开、闭的闸门。

### 2. 按闸门在孔口中的位置分类。

- (1) 露顶式闸门。
- (2) 潜孔式闸门。

### 3. 按闸门的材质分类。

- (1) 金属闸门。
- (2) 混凝土闸门。

【多选题】闸门安装好后，应在无水状态下做全行程

A.机组试运行

B.启闭试验

C.耐压试验

D.静荷载试验

【参考答案】 B

【解析】 闸门安装好后，应在无水情况下做全行程启闭试验。试验前应检查挂钩脱钩是否灵活可靠；充水阀在行程范围内的升降是否自如，在最低位置时止水是否严密，同时还须清除门叶上和门槽内所有杂物并检查吊杆的连接情况。启闭时，应在橡胶水封处浇水润滑。有条件时，工作闸门应做动水启闭试验，事故闸门应做动水关闭试验。

4.按闸门构造特征分类。

(1)平板闸门。按支承型式分为定轮式和滑动式。

(2)弧形闸门(一般用作工作门)。

按主框架分为主横梁式和主纵梁式。按支臂结构分为斜支臂式和直支臂式。

(3)船闸闸门。分为单扇船闸闸门和双扇船闸闸门。

**【多选题】**按工作性质水工钢闸门可分为( )。

- A.工作闸门
- B.挡水闸门
- C.事故闸门
- D.泄水闸门
- E.检修闸门

**【参考答案】** ACE

**【解析】**1.按用途分类。

(1)工作闸门。(2)事故闸门。(3)检修闸门。



**【单选题】** 铸铁闸门是式小型闸门，主要靠( )  
来开启和关闭。

- A.固定卷扬式启                      B.螺杆式启机  
C.液压式启闭机                      D.门式启闭机

**【参考答案】** B

**【解析】** 铸铁闸门是一种直升直降式闸门，**主要靠螺杆启闭机来开启和关闭。**

### 三、拦污栅

拦污栅由栅体和栅槽组成。栅体用来拦截水中杂物，它可以固定在水工建筑物上，也可以为活动的结构，如同闸门门叶一样。栅槽则和平板闸门门槽结构一样。拦污栅可分为以下几种型式：

- (1)固定式。✓
- (2)活动式。✓
- (3)回转式。✓

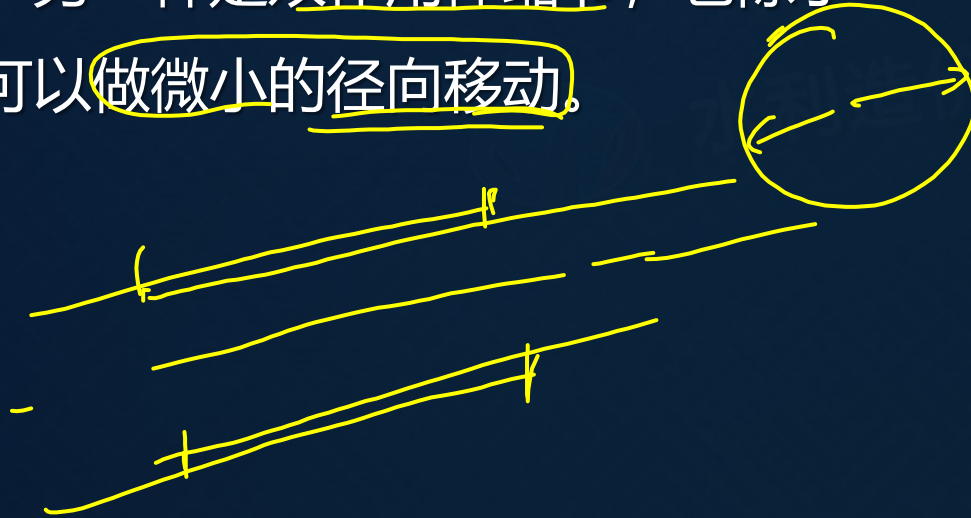
## 四、压力钢管

压力钢管从水库的进水口、压力前池或调压井将水流直接引入水轮机的蜗壳。钢管要承受较大的内水压力，并且是在不稳定的水流工况下工作，所以压力钢管要求有一定的强度、韧性和严密性，通常用优质钢板制成。

### (一)压力钢管的布置形式及组成部分

根据发电厂形式不同，钢管的布置形式可分为露天式、隧洞(地下)式和坝内式。

(1) **伸缩节**：当气温变化或其他原因使钢管产生轴向或径向位移时，伸缩节能适应其变化而自由伸缩，从而使钢管的温度应力和其他应力得到补偿。根据其作用不同，伸缩节可分为两种，一种是单作用伸缩节，它只允许轴向伸缩；另一种是双作用伸缩节，它除了可轴向伸缩外，还可以做微小的径向移动。



## (五)焊缝质量检查

1.外观检查。用肉眼、放大镜和样板检查。

2.内部检查。钢管焊缝内部缺陷检查，主要有以下几种方法：

(1)煤油渗透检查、着色渗透检验、磁粉检验。

(2)在焊缝上钻孔，属有损探伤，数量受限制。

(3) $\gamma$ 射线探伤。只在丁字接头或厚板对接缝处拍片，拍片数量有限，且片子清晰度不高。

(4) $\chi$ 射线探伤。增加了底片清晰度，减少了辐射对人类的影响，但 $\chi$ 射线机笨重，环缝还用 $\gamma$ 射线探伤。薄钢板的探伤，用 $\chi$ 射线机会多。

(5)超声波探伤仪。国产超声波探伤仪已达到先进、轻便、灵敏、质量比较可靠的地步。使用它既方便简单，费用又低。实际工作中使用较多。

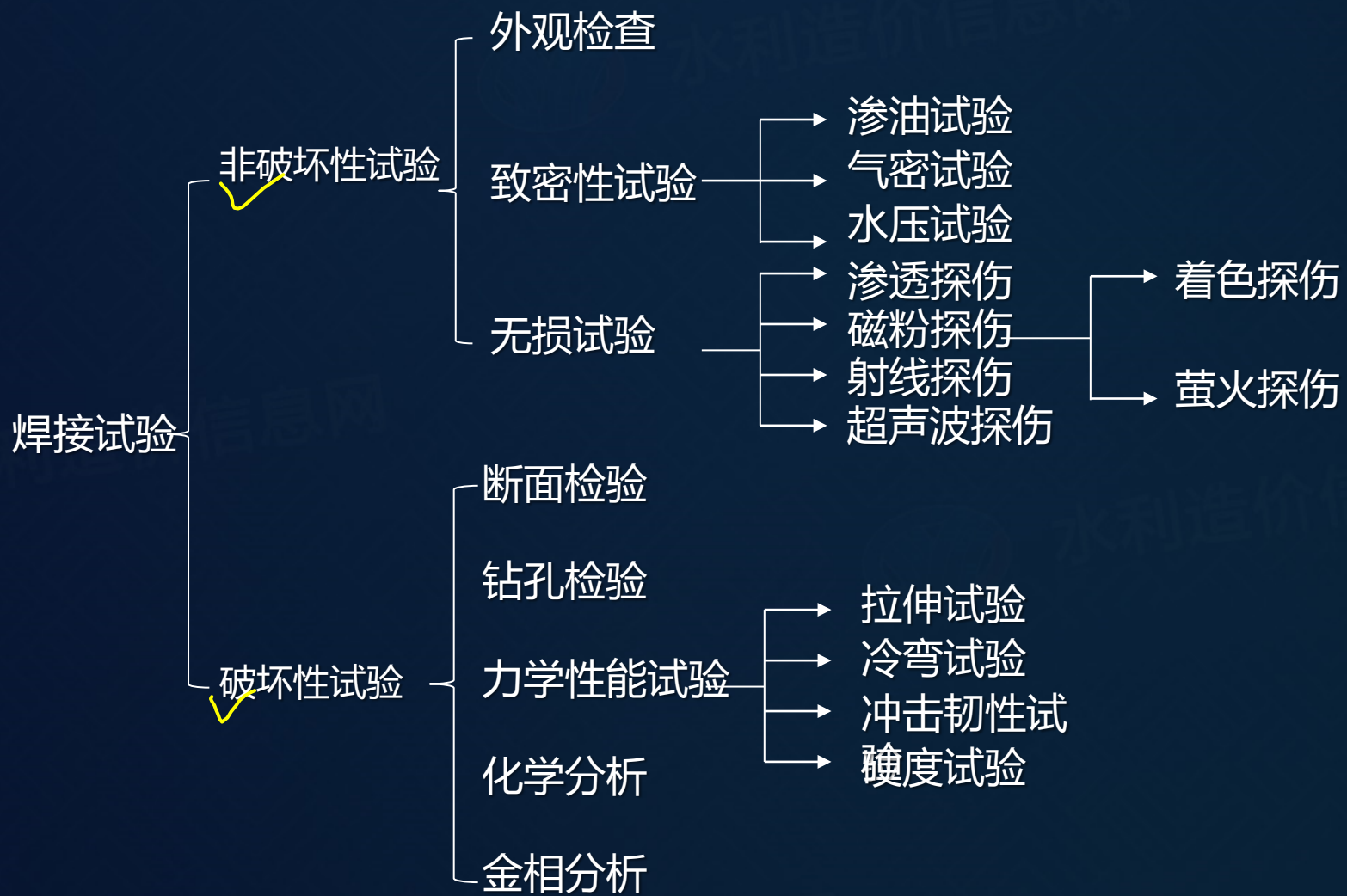


图4-3-2 焊缝质量检验方法



水利造价信息网

**谢谢观看!**