

中小型水电站厂房布置设计方法的探讨

16
57-54黄炳照¹, 余 群², 顾建荣³

TL271.103

TV731

(1. 河海大学水利水电工程学院, 江苏南京 210098; 2. 河海大学工程建设监理公司, 江苏南京 210098;

3. 溧阳市水利农机局, 江苏溧阳 213300)

摘要:水电站厂房布置应从厂房横剖面入手, 先确定水轮机安装高程, 根据所选水轮机型号和转轮尺寸, 按系列水轮机尺寸比例放大, 绘出水轮机转轮, 座环, 活动、固定导叶, 蜗壳断面尺寸及尾水管单线图, 绘出机墩和发电机外形图。根据各层布置和结构要求定出厂房其它高程。绘制发电机层平面布置图, 根据水轮发电机型号、电站水头确定厂房机组段长度, 继之定出厂房的安装场长度、边机组段长度, 以确定厂房总长度。厂房宽度分别按厂房水上、水下部分的上下游侧拟定, 根据蜗壳、尾水管尺寸、发电机及其辅助的设备尺寸、布置要求、交通条件等定出厂房宽度, 根据设备布置原则与尺寸, 绘出其外形图, 发电机平面布置图随之完成。根据厂房型式和地形条件决定副厂房的位置, 根据电站规模确定副厂房的面积与组成, 副厂房的布置由机电要求进行设计。

关键词:水电站; 厂房布置; 安装高程; 轮廓尺寸; 机段长度

中图分类号: TV731

文献标识码: B

文章编号: 1006-7647(2000)01-0051-04

水电站厂房设计包括布置设计与结构设计。布置设计是在初设前完成的。厂房布置设计涉及水(水工建筑物)、机(水力机械)、电(电气设备)、土木(房屋建筑)等知识。因此在大、中型水电站厂房设计中, 水工人员进行厂房布置设计时, 应与机、电人员共同研究进行。

当机组容量、数量和型式确定后, 要进行厂房布置设计, 以此确定厂房轮廓尺寸(长、宽、高)。

1 厂房各层高程与高度的确定

厂房布置设计从厂房横剖面开始。在可行性研究阶段往往机组机型尚未落实, 手边没有水轮发电机组总装图, 设计者可按以下程序进行。

a. 先定水轮机安装高程。厂房高程中, 水轮机安装高程是关键高程, 它关系到基础开挖量和运行质量。此高程确定后, 其它高程可相继定出。安装高程可根据下游设计最低水位与水轮机吸出高 H_s 确定。有时为保证尾水管出口淹没度要求或厂房基础希望座落在岩基上, 可酌情降低其高程。

b. 绘制机组外形轮廓尺寸。安装高程确定后就可利用所选水轮机型号和转轮尺寸 D_1 , 按系列水轮机线性比例放大。首先画出水轮机转轮, 根据座环系列尺寸画出活动导叶和固定导叶, 按照文献[1]所介

绍的蜗壳外形尺寸计算图, 可查出横剖面图所在 90° 、 270° 蜗壳断面尺寸或用解析法列表计算所在蜗壳断面。机墩厚度按 $1 \sim 1.5$ m 绘制, 尾水管根据所匹配的标准尺寸按 D_1 倍比放大, 这样就可绘出水轮机外形尺寸。发电机如有现成产品, 按其外形尺寸绘制, 若查不到型号, 可按发电机外形尺寸估算法进行计算。这样水轮发电机组外形轮廓尺寸就形成了。

c. 厂房其它高程确定。确定厂房其它高程方法有二: 其一, 对于水型水电站可利用文献[2]表 1-10 中立轴反击式水轮机基本数据、结构和安装尺寸等统计数据定出各层高程 (∇A , ∇B , ∇C , ∇D); 其二, 按照各层间高度要求和结构需要定出各层的高程。根据尾水管尺寸定出尾水管底板高程, 根据地质条件确定尾水渠底板厚度(岩基 1 m, 软基 1.5 ~ 2.0 m), 并得到尾水渠开挖高程, 又根据蜗壳进口处半径加混凝土保护层(金属蜗壳 0.8 ~ 1.0 m)得到水轮机层地板高程。根据辅助设备布置要求水轮机层高度约 4 ~ 5 m 和发电机层楼板梁结构尺寸(主梁高度包括板厚在内约为主厂房净宽 1/10), 确定发电机层高程。若水轮机层高度大于 8 m, 中间可加入出线层, 在确定这个高度时还应考虑发电机层高程是否高于下游最高洪水位, 否则要考虑厂房防洪设施。若两者只差 3 ~ 5 m, 可征得厂家同意, 适当加长水轮

机主轴,将发电机层置于下游最高洪水位以上.同时还应考虑进厂公路高程,希望三者同高,如果前两者相差较大,只好让安装场不同高.根据厂房起吊最长部件尺寸(带轴水轮机转轮或带轴发电机转子)、吊物在垂直或水平方向的安全距离、吊钩与吊物安全余度及主钩 h 确定吊车梁轨顶高程.根据轨面至起重機顶端距离 H 及小车顶与天花板垂直安全距离(20~30cm)定出天花板高程.根据主厂房屋架型式尺寸、屋面板型式尺寸及屋顶结构(20cm)定出屋顶高程.这样主厂高度基本定出,厂房横剖面轮廓大致完成.

2 发电机层布置

厂房横剖面基本完成后,开始进行发电机层平面布置以确定厂房长、宽尺寸.

厂房长度包括机组段长度、安装场长度和边机组长度.

2.1 机组段长度确定方法

机组段长度 L_0 与水轮机型式、电站水头有关.一般说对于低水头大流量,装置轴流式机组段长度,取决于蜗壳或尾水管平面尺寸,对于高水头电站则决定于发电机外型尺寸及辅助设备布置,对于中低水头电站,则由两方面尺寸比较而定.在缺乏资料条件下也可按经验公式确定,见表1.

表1 机组段长度、安装场长度、边机组长度估算

机组段长度 L_0		安装场长度 L_2	边机组段长度 ΔL
金属蜗壳	混凝土蜗壳		
$R_1 + R_2 + 2\delta$	$L_1 + L_2 + 2\delta$	$(1.0 \sim 1.6)L_0$	$(0.2 \sim 0.1)D_1$
$3.6D_1 + h$	$2.4D_1 + h$	$(6 \sim 9) \times$	转轮与转 子面积和

注: δ 为每台机组蜗壳两侧的结构层厚度.对金属蜗壳 $\delta \approx 1 \sim 2\text{m}$, $h \approx 1.0 \sim 3.5\text{m}$,对混凝土蜗壳 $\delta \approx 2.0 \sim 2.5\text{m}$, $h \approx 4.5 \sim 8\text{m}$. h 对水头高取小值,水头低取大值.

2.2 边机组段与安装场长度确定方法

为了保证机组蝶阀或其它设备都在桥式吊车工作范围内,边机组段常适当加长 ΔL ,其长度根据桥式吊车纵向行车时吊钩极限距离 $\frac{B}{2} + a$ 确定, a 为吊车轨道挡板距墙的距离,一般为 $0.8 \sim 1.0\text{m}$, B 为吊钩中心距车轮边缘距离.

安装场长度 L_2 按一台机组扩大检修所需面积来确定,厂房长度为

$$L = nL_0 + L_2 + \Delta L$$

式中: n 为机组台数.

2.3 厂房宽度确定方法

厂房宽度以竖向机组轴线为界,分为水上部分与水下部分.水下部分下游侧宽度取决于蜗壳平面宽度($-y$ 向尺寸)和结构厚度并加下游侧水下墙厚度.上游侧宽度决定于主阀和机组设备及钢管伸缩

节尺寸并加上游侧水下墙的厚度.水上部分上游侧宽度取决于发电机定子和风罩的尺寸和调速器、机旁盘及副交通道尺寸.水上下游侧宽取决于发电机定子和风叶尺寸及主交通道尺寸.厂房宽度还要考虑吊车标准跨度,并按上下宽度一致原则协调确定.

辅助设备尺寸与布置、主副交通道尺寸也影响厂房宽度,为此要考虑以下两点:

a. 掌握调速器、机旁盘布置规律.调速器布置因水轮机型式和蜗壳型式而异,当采用混流式机组金属蜗壳时,调速器应布置在第二象限或 y 轴(或 x 轴)上,并在接力器与推拉杆半径范围内.当装置轴流式机组混凝土蜗壳其包角为 180° 时,调速器布置在第三象限、第四象限或 $-x$ 轴方向.

机旁盘与调速器多布置在上游侧成一字型或 Γ 型排列,其目的是发电机并车时可看清机旁盘面上读数.

b. 掌握主副交通道尺寸范围.为了桥式吊车能从厂房上下游运送部件,或满足用小車运送部件及巡视的需要,上下游侧应有串通而不少于 2.0m 的主交通道,中型电站至少在 2.5m 以上.小型电站副交通道不小于 1.2m ,中型电站也应不小于 1.5m .

2.4 尾水平台高程与宽度尺寸确定方法

尾水平台高程最好与发电机层同高,但根据下游最高水位和某些要求,也可高于或低于发电机层高程.

尾水平台宽度,只需满足尾水闸门布置和通道尺寸(1m左右)的要求.对装置混流式机组尾水平台,只需 $2 \sim 3\text{m}$,对装置轴流式机组,则需 $5 \sim 6\text{m}$,对河床式电站尾水平台因布置主变或交通道则另需加宽.

3 水轮机层布置

水轮机层中间布置机墩,其上下游布置电气设备(包括发电机引出线和中性点)和水力机械附属设备(包括主阀和调速器的接力器),水轮机层上下游侧交通道等也影响厂房水下部分宽度.

a. 油系统布置.水电站各种机电设备用油有绝缘油和润滑油两种,这两种油必须各自独立.油系统组成有:油库,一般布置在安装场下层;油处理室,设有滤油机和油泵,布置在油库旁;废油槽设在各台机组及主要用油设备的最低处;事故油槽布置在排油和灭火的地方;补油箱一般布置在吊车梁下面.

b. 水系统布置.技术供水源有:蜗壳前压力钢管取水,上游水库取水,下游尾水渠取水等.自流供水的滤水器,阀门布置在水轮机层的上游侧,对坝后式厂房也可以布置在厂坝间的副厂房内,采用水泵供水其设备常布置在水轮机层下游侧.

排水系统.厂房基础设备、蝶阀、伸缩节等的渗

漏排水和蜗壳、尾水管内部检修时排水,其集水井一般分开布置,可安排在安装场下层、厂房端部或厂房水轮机层的上游侧。渗漏集水井的水泵启动水位应低于厂房最低排水点,而机组检修、集水井底部高程应低于尾水管底板。

c. 气系统布置。分为低压、高压压缩空气系统。两系统可单独布置,也可布置在一起,空压机室一般布置在安装场下面、水轮机层的适当位置和副厂房的专门房间,为了避免噪声应远离中央控制室,压气机室高度为 3.5~4.0m,并满足防火防爆要求。

4 副厂房的布置

4.1 根据厂房型式和地形决定副厂房位置

副厂房最好布置在厂房上游侧,坝后式厂房设在厂坝间;引水式厂房可布置在主厂房的上游侧,若厂房后山坡陡峻,且机组数量少,宜布置在厂房一端;河床式电站常把副厂房布置在尾水平台上。

4.2 根据电站规模确定副厂房面积、组成

副厂房宽度为 6~8m,其长度一般与主厂房同或略短。

小型电站副厂房组成包括中央控制室、集缆室、继电保护室、开关室、载波室、直流电系统室,中型电站则增加自动远动控制室、计算机室和电气试验室等,其中中央控制室的位置、尺寸至关重要。

a. 中央控制室。其位置应以电站操作、维修、监视方便,消除故障迅速和控制电缆最短等为原则。中央控制室宜布置在主厂房与开关站邻近发电机层附近,最理想的位置是上游侧机组中央的副厂房。中央控制室高程可与发电机层同高,也可在不同高程,中央控制室净高为 4~4.5m,面积为 $25n\text{ m}^2$, n 是机组台数。

b. 集缆室。位于中央控制室下层,面积等于或略小于中央控制室,其净高在 2~2.5m。

c. 继电保护室。继电保护装置是自动将故障元件断开的装置,一般布置在中央控制室毗邻的单独房间,也可与中央控制室合在一起。

d. 低压开关室。布置有互感器、各种开关或成套开关柜,布置在发电机出线一侧,为缩短出线长度,其位置靠近主变的副厂房内。

e. 直流电系统室。所属房间为蓄电池室、通风机室、储酸室及套间,通常成套布置在副厂房一端,具有外开的单独门和入口,并考虑防火、防爆、防酸等要求。

副厂房房间面积可参考表 2 采用。副厂房房间分隔尽可能按构架柱划分,中央控制室占 2 个格位,开关室占 1.5~2.0 格位,直流系统室占 1.5 格位,

通讯载波、机修间等各占 1 格位。副厂房上下层房间的墙柱要一一对应,以避免上层墙直接承重在板上,增加板厚度。

表 2 国内已建 78 座电站副厂房尺寸统计

副厂房名称	统计电站数量	装机容量范围/万 kW	统计房屋平均面积/ m^2	建议面积/ m^2
中央控制室	10	$10 > N \geq 2.5$	60.9	35~65
中央控制室、继电保护盘室	17	$10 > N \geq 2.5$	95.7	65~95
继电保护盘室	10	$10 > N \geq 2.5$	49.2	35~60
电 缆 室	14		40.0	
蓄 电 池 室	24	$10 > N \geq 2.5$	43.7	45
储 酸 室	23	$10 > N \geq 2.5$	12.3	12
直流盘或充电机室	18	$10 > N \geq 2.5$	17.5	15~20
测量表计试验室	10	$10 > N \geq 2.5$	28.2	25~30
精密仪器修理室	5	$10 > N \geq 2.5$	21.2	20~25
通讯试验室	3	$10 > N \geq 2.5$	23.1	20~25
高压试验室	14	$10 > N \geq 2.5$	30.3	20~25
交 接 班 室	14	$10 > N \geq 2.5$	18.5	15~20
载 波 室				20~40
电工修理室				20~35
机 修 间				40~60

4.3 发电机层平面图的绘制

选择合适的比例尺。根据机组段长度和机组台数,确定机组中心位置,画出发电机、励磁机、上支架等外形图。根据水轮机、蜗壳型式,确定调速器、机旁盘位置,并绘其图形。根据上下游主、副交通道尺寸,绘出上下游墙的位置。在吊车梁经济跨度范围内,安排等间距柱网尺寸,依照建筑模数的要求安排门、窗位置与尺寸,便于上下层交通联系确定吊物孔、楼梯数量和位置及尺寸。根据副厂房位置、各房间相互关系与机电要求进行副厂房布置,同时注意投影关系在厂房横剖面图、发电机层平面图上合理确定各种设备、建筑构件位置,这样发电机层平面布置图就大致完成。

5 厂房上部结构设计

厂房上部结构与工业厂房同,属工民建系统,只有熟悉房屋建筑的要求,才能做好厂房上部结构设计。

a. 构架(排架)柱。柱网的布置尽可能采用等跨或接近等跨(相差 10%),柱脚要避免落在尾水管或压力水管上。当吊车起重量在 30t 以下,立柱尺寸($b \times h$)为 $50\text{ cm} \times (70 \sim 90)\text{ cm}$,当起重量 75~100t, $b \times h$ 为 $70\text{ cm} \times 130\text{ cm}$ 等。

b. 吊车梁。经济跨度 L 为 5~8m,断面型式为 T 型,其高度为 $(1/8 \sim 1/12)L$,梁高与梁腹厚比大于等于 2.5,翼缘厚度为 $(1/6 \sim 1/9)$ 梁高。

c. 梁板系统。各层梁格间距尽可能布置成等跨或接近等跨。由于发电机层孔多而不规则,较难布置成等跨,但尽可能布置成单向板。副厂房和安装场梁

格均布置成等跨.发电机层荷载较大,次梁间距一般在1.8~2.2m,板厚不小于0.15m.安装场因荷载大,一般采用密肋形结构,次梁间距1.5~2.0m,板厚不小于0.25m,为了减少主梁跨度,安装场下设立柱,其房间可按立柱分隔.副厂房荷载相对较小,板厚为0.08~0.12m,次梁间距2.5~3.0m.

d. 屋盖梁板系统.立式厂房屋架跨度在12m以下,一般采用变截面T型梁,其上配置预制大型屋面板;当跨度在20m左右可采用钢筋混凝土或预应力混凝土折形屋架,超过30m应采用钢桁架式屋架.屋盖尽量少用现浇板梁混凝土结构,以减少架立模困难.

e. 墙厚.立式机组厂房高度大于10m,一般采用37墙,水下部分墙厚按构架断面高度尺寸延伸;卧式机组厂房高度大约在8m以下,墙厚为24墙.

f. 门窗.厂房门窗按工民建的要求以30cm模数配置,从地坪90cm上开窗,发电机层主厂房通常开通窗,而副厂房窗则按工民建要求,在立面要按韵律要求布置.窗顶应配置过梁,屋架下和基础处分别设圈梁与地梁,以加强厂房纵横向框架结构.

g. 大门.安装场大门尺寸取决于运输车辆,通火车大门宽4.2m,高5.4m;通汽车宽3m,高4.5m;通平板车宽4.2m,高4.5m;主变在厂内检修时其大门按主变尺寸定.主厂房还设边门,其宽度不小于1.0m.

所有房间应设有门,门尺寸决定于设备尺寸.副厂房各层应有两道出口,防火安全出口门应向外开.

6 尺寸的标注

为了使厂房尺寸明了、美观,尺寸标注应标准化、规格化,长度单位为mm或cm,高程以m计.须注意以下几点:

a. 厂房横剖面尺寸标注.高程有:水轮机安装高程,水轮机层高程,接力器坑高程,尾水室底板高程及开挖高程,发电机层高程,进(尾)水平台高程,吊车轨顶高程,天花板高程,屋顶高程.高程数字应尽可能沿一条线范围标注,高度尺寸一般不标注,仅带轴转轮(子)标数字.厂房横剖面的下游侧应标上下游最高、正常和一台运行时最低水位,并注在一直线范围内,在水影线上画▽并写上高程数字.

厂房尺寸与设备位置,发电机层和水轮机层墙柱及房间的尺寸,尽可能用几条水平线加以标注.

应标上桥式吊车标准跨度 L_k 及主副吊钩与轨道中心距离 L_1 , L_3 和 L_2 , L_4 等尺寸.

b. 发电机层、水轮机层平面布置图尺寸标注.应标上以下尺寸:①水轮发电机型号、机组序号和调

速设备型号;②各层设备尺寸与位置座标(x, y)及土建结构尺寸(蝶阀、吊物孔、楼梯)等,尽可能用一两根纵、横贯通线定出其相互位置与尺寸;③各层高程,其数字注入小矩形框内,同一层中不同高程均要注上,以便与横剖面上的高程相互校对;④机组中心线位置、桥式吊车主副钩工作范围限制线、尾水渠、墩、闸门等尺寸.

c. 建筑尺寸的标注.水轮发电机层、水轮机层建筑尺寸的标注,一般用三条平行直线,各线间隔1cm,最内线标注门窗柱尺寸,第二条线为墙柱中心线位置,上(下)用①、②、③……在第三线外加以索引,左(右)用A③B③C③…….厂房上下、左右墙柱窗门尺寸不同时分别画线标注.第三条线为总尺寸,并注意校对各分尺寸等于总尺寸.

参考文献:

- [1] 水电站机电设备手册编写组.水电站机电设备手册:水力机械[M].北京:水利电力出版社,1983.
- [2] 湖南水利勘测设计院.小型水电站机电设计手册:水力机械[M].北京:水利电力出版社,1989.
- [3] 顾鹏飞,刘启钊,王世泽.水工设计手册:水电站建筑物[M].北京:水利电力出版社,1989.

(收稿日期:1998-10-15 编辑:熊水斌)

(上接第13页)

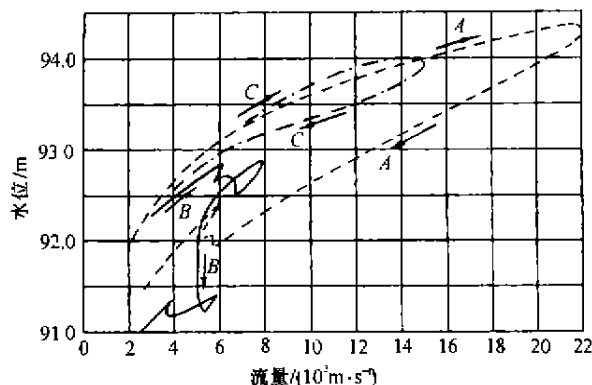


图3 黄河花园口洪水水位流量关系

A—1958-07-13~1958-07-29, $Q = 2$ 万 m^3/s , $S = 180 kg/m^3$;

B—1977-07-07~1977-07-15, $Q = 0.8$ 万 m^3/s , $S = 450 kg/m^3$;

C—1982-08-01~1982-08-06, $Q = 1.5$ 万 m^3/s , $S = 50 kg/m^3$

参考文献:

- [1] 钱宁,张仁.河床演变学[M].北京:科学出版社,1987.
- [2] 钱宁,万兆惠.泥沙运动力学[M].北京:科学出版社,1983.
- [3] 钱意颖.黄河干流水沙变化及河床演变[M].北京:中国建材出版社,1993.
- [4] 刘月兰,胡一三.引黄用水发展概况及其对黄河下游冲淤变化及防洪的影响[J].人民黄河,1995,10(1):1~6.

(收稿日期:1999-06-18 编辑:马敬峰)