



小型水电站

中册

厂房部分

湖南省水利电力勘测设计院 天津大学水利系

xiao xíng shuǐ diàn zhàn
小型水电站

中册 厂房部分

湖南省水利电力勘测设计院
天津大学水利系

水利电力出版社

内 容 提 要

《小型水电站》分上、中、下五册，本书为中册第四篇厂房设计部分，内容以单机容量500~6000千瓦为主，适合装机容量2.5万千瓦以下的地区、县级骨干水电站厂房工程设计的需要。本书共十三章，第一章至第三章介绍厂区总体布置和卧式、立式机组厂房内部布置的原则和要求，以及厂房各部分尺寸的确定，附有工程布置实例。第四章至第十三章介绍厂房各主要结构构件的型式、布置、内力分析计算、配筋计算及构造要求等，列举主要结构构件的算例。书末附有各种内力计算图表、公式及受弯构件配筋计算用表。

本书第一章至第三章由天津大学水利系编写，由水电站教研室李大成同志执笔，第四章至第十三章由湖南省水利电力勘测设计院编写，由水工结构室陈坤、余伟桥等同志执笔。

本书可供从事小型水电建设的基层水利干部、技术人员以及有关院校师生参考。

* * *

在本书编写过程中，安徽省水利局勘测设计院、浙江省水利电力勘测设计院、贵州省水利勘测设计院、成都科技大学水利系、华东水利学院河川系、农水系、清华大学水利系、合肥工业大学水利系、大连工学院水利系、湖北省水利设计院、甘肃省水利电力勘测设计院、武汉水利电力学院水建系、北京市水电勘测设计队，以及电力部华东勘测设计院有关同志等提出了许多宝贵意见，在此表示衷心感谢。

由于我们水平有限，调查研究不够，书中缺点和错误在所难免，热诚地希望读者批评指正。

小 型 水 电 站

中册 厂房部分

湖南省水利电力勘测设计院

天 津 大 学 水 利 系

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路6号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力印刷厂印刷

*

850×1168毫米 32开本 23.375印张 624千字

1980年3月第一版

1984年1月新一版 1984年1月北京第一次印刷

印数 0001—8060册 平装定价 2.20元

书号 15143·5331

目 录

第四篇 小型水电站厂房

第一章	水电站厂区总体布置	1175
第二章	卧式机组厂房的布置	1183
2-1	卧式金属蜗壳水轮机厂房的布置	1183
2-2	其他类型卧式机组厂房的布置	1208
第三章	立式封闭蜗室机组厂房的布置	1218
3-1	主厂房的内部布置	1218
3-2	主厂房主要尺寸的确定	1235
3-3	副厂房的布置	1244
3-4	水电站厂房布置设计实例	1249
第四章	水电站厂房结构的特点和计算资料	1262
第五章	厂房整体稳定及地基应力的计算	1275
第六章	厂房的板梁计算	1281
6-1	厂房整体式肋形结构的布置	1281
6-2	屋面、发电机层和安装间楼面的荷载	1287
6-3	整体式肋形结构的内力计算	1289
6-4	整体式肋形结构的截面设计和构造	1295
第七章	吊车梁计算	1316
7-1	概述	1316
7-2	吊车梁的荷载	1316
7-3	吊车梁的内力计算	1326
7-4	吊车梁的配筋、挠度及裂缝开展计算	1361
7-5	吊车梁的配筋及其构造	1364
7-6	吊车梁计算算例	1371
第八章	构架计算	1384
8-1	概述	1384
8-2	构架的荷载及其组合	1385
8-3	构架截面拟定及内力计算	1387
8-4	构架配筋计算和构造	1390

8-5	构架牛腿设计	1397
8-6	构架计算算例	1400
第九章	机墩和风罩计算	1456
9-1	机墩型式和尺寸	1456
9-2	机墩的荷载及其组合	1461
9-3	机墩结构计算	1465
9-4	风罩	1499
9-5	机墩结构计算算例	1500
第十章	蜗壳计算	1552
10-1	金属蜗壳外围钢筋混凝土结构计算	1552
10-2	钢筋混凝土蜗壳计算	1559
10-3	蜗壳的配筋、构造和抗裂计算	1566
10-4	蜗壳计算算例	1578
第十一章	尾水管计算	1614
11-1	概述	1614
11-2	尾水管单线图水平截面的计算	1616
11-3	结构计算假定及计算简图	1623
11-4	尾水管的荷载及其组合	1625
11-5	尾水管内力计算	1629
11-6	尾水管的配筋及裂缝开展计算	1636
11-7	尾水管计算算例	1639
第十二章	厂房的水下墙和尾水闸墩	1670
第十三章	厂房的分缝、止水及浇筑分块	1677

附 录

附录 I	钢筋混凝土矩形截面受弯构件配筋用表	1683
附录 II	单跨梁内力计算用表	1777
附录 III	连续梁内力计算用表	1792
附录 IV	单跨一阶变截面构架内力计算用表	1846
附录 V	等截面刚架内力计算用表	1870
附录 VI	混凝土矩形截面杆件考虑剪切变形和结点刚性影响的形常数及载常数表	1907

第四篇 小型水电站厂房

第一章 水电站厂区总体布置

一、水电站厂房基本类型概述

水电站厂房是整个水利枢纽的一个组成部分，它的型式取决于水利资源的开发方式，水利枢纽布置，当地的水文、地形、地质条件，综合利用要求等因素，因而其型式是多种多样的。按照厂房结构与受力特点，电站厂房的基本类型有以下三种：

1. 坝后式电站厂房

坝后式电站厂房位于坝后，厂坝之间有伸缩-沉陷缝分开，上游的水压力全部由坝承担，厂房不承受上游水压力，发电用水经穿过坝体的压力水管引入厂房中的水轮机。

2. 引水式电站厂房

引水式电站厂房位于河岸，与坝分开，发电用水通过引水建筑物(有压或无压隧洞或明渠和压力水管)引入厂房中的水轮机。

在有压引水式水电站中，当地质条件符合地下建厂要求，并经技术经济比较论证后，亦可采用地下厂房的型式。

3. 河床式电站厂房

河床式电站厂房位于河床中，是挡水建筑物的一部分，起着发电与挡水两种作用，厂房直接承受上游水压力。这种承压式厂房，有地基的防渗、止水、沉陷、稳定及与其它挡水建筑物的联接等特殊问题。

二、厂区的总体布置

电站厂区主要包括主厂房、副厂房、引水道、前池、调压室、尾水渠、主变压器、高压开关站和对外交通线等。厂区总体

布置是确定它们的相互位置，并与电站枢纽中其它建筑物的布置协调一致，统一安排，使整个枢纽布局经济合理。

厂区总体布置与电站开发方式、厂房型式、机电设备、当地的地形、地质、水文、交通运输以及施工条件等因素有关，随着电站具体情况的不同，有各种布置方式。

1. 主厂房的布置

在厂区总体布置中，最重要的是主厂房的布置，因为它与枢纽中其他建筑物关系密切，并且在很大程度上它决定着副厂房、主变压器及高压开关站等的布置。在布置时应注意如下几点：

(1) 为了缩短压力管道，以节约投资，减小水锤压力，改善机组运行条件，主厂房的位置，对坝后式电站的厂房应尽量靠近拦河坝，对引水式电站厂房应尽量接近前池或调压室。

(2) 主厂房的尾水渠应远离溢洪道或泄洪洞的出口，以免下游水位波动对机组运行不利，尾水渠的位置还应使尾水与原河道水流能平顺衔接，并不被河道泥沙淤塞，在保证这些要求下，尽量缩短尾水渠长度，以减少工程量。

(3) 主厂房应建于较好的地基上，其位置还应考虑对外交通与出线的方便，不受施工导流干扰。

(4) 下游水位变幅大的水电站，在厂房布置时，应考虑厂房必要的防洪措施。

2. 主变压器的布置

主变压器（升压变压器）的布置方式与电站型式等有关：高水头引水式电站的主变压器可布置在厂房后面，若引水式电站限于地形，机组合数少，则可将主变压器布置在厂房的一端；坝后式电站的主变压器可布置在厂坝之间的平台上或厂房一端；河床式电站因尾水管一般较长，主变压器可布置在厂房下游侧的尾水平台上。

主变压器应靠近主厂房布置，以节省低压母线或电缆；变压器场地应高出下游最高洪水位，并设置排水沟；较大容量的变压器，还应设置集油坑，坑内铺卵石和安装排油管。

主变压器的高程应与安装间高程相同，以便进入安装间修理；此外，较大容量电站的主变压器常单独布置，在布置上还应考虑与高压开关站联系方便。

3. 高压开关站的布置

高压开关站通常布置有油开关、隔离开关与避雷器等，开关站的布置与厂区地形、出线方向、运输条件以及运行管理等因素有关。为了便于高压进出线及低压控制电缆的敷设，并缩短高压线长度和便于维护、检修，高压开关站最好与主变压器布置在一

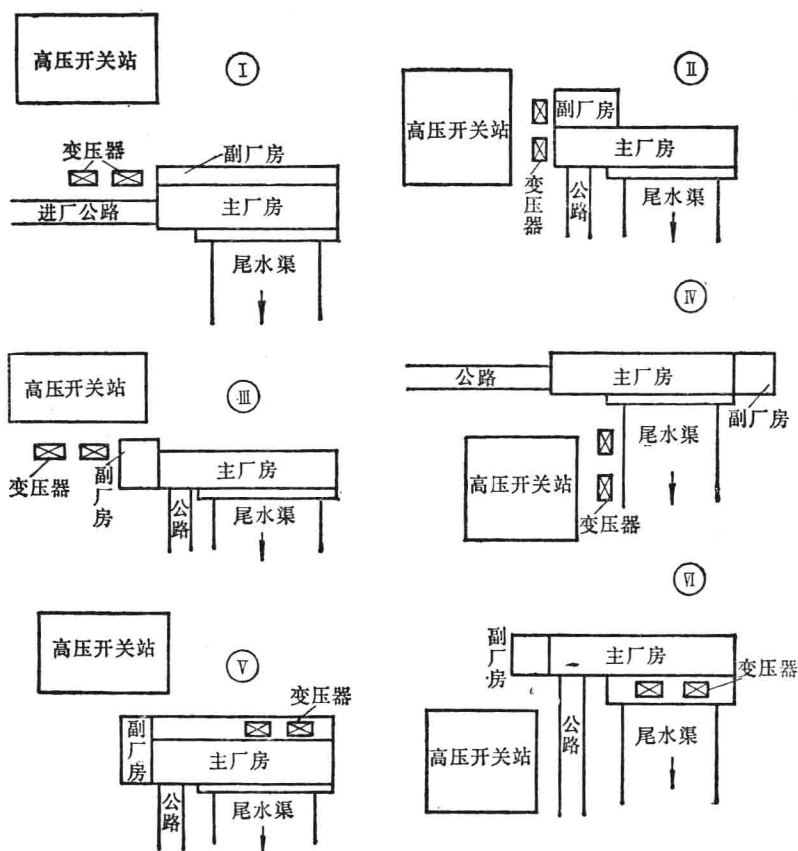


图 1-1 高压开关站的布置

起,或尽可能接近主变压器,并接近交通线的高程,但由于实际地形限制,常不易做到,而是与主变压器平台有一定高差,这时根据情况,可布置在厂房下游侧的河岸上(尾水渠旁),或上游侧的山坡上,或厂房的一端,如图1-1所示。由图1-1也可看出厂房、开关站与主变压器三者的布置关系。

当两岸陡峻,为减少挖方,开关站可采用阶梯形布置。

4. 厂房对外交通线的布置

厂房的对外交通线通常有公路和水路两种。公路坡度一般不大于10~12%,转弯半径不小于20~35米,近厂房处应有一水平段以便汽车平稳进厂。公路的宽度决定于车辆和运输的最大部件尺寸。

厂外回车坪高程应与安装间一致,应有往外倾斜的坡度,避免雨水流进厂内。

5. 厂房的防洪

河床式电站或山区河流下游水位变幅大的引水式(或坝后式)电站,由于厂房高程受到水轮机安装高程的限制,发电机层楼板高程低于下游最高洪水位,洪水期为了不使洪水进入厂房,厂房的防洪是一个应予十分重视的问题。

厂房的防洪措施多采用防洪墙。

当整个厂房紧靠在山坡下时,可在厂外作防洪墙,把厂房围起来,此时,厂房可按一般无防洪要求的厂房进行设计,自然通风、采光与防潮条件均较好,但防洪墙的工程量较大。

当厂房的上游侧紧靠在山坡下时,可利用厂房本身三面的墙挡水防洪,将厂房两侧的挡水墙延长并嵌入山坡中,这种形式的防洪墙工程量较省,厂房上游侧不受洪水威胁,其窗子面积可按正常情况设计。上述两种防洪方式均应注意沿山坡开挖排水沟,并用水泵排除防洪墙内的积水。

防洪墙可用75~100号水泥砂浆砌块石的重力式挡水墙,或用150号的混凝土挡水墙。

有的电站曾采用防洪钢窗,平时开窗通风、采光,洪水期间

闭窗防洪。

当厂房下游水位的变幅很大时，厂房本身的墙可采用圆筒式的防洪墙结构，工程量较上述防洪墙节省，但此种圆筒式墙的厂房通风、采光条件差，应采取措施予以改善；另外，厂房有回音，工作条件不利；还应校核高洪水位时的厂房整体抗浮和抗滑稳定。

【例 1-1】 图1-2是四川省舵石鼓河床式水电站的平面布置图，该电站厂房有两台机组（单机为 5000 千瓦），滚水坝用堆石砌成，水头 8 米。厂房与滚水坝之间设有隔水墙，以免滚水坝泄流时影响电站下游的水位。变电站位于厂房一端的山坡上。

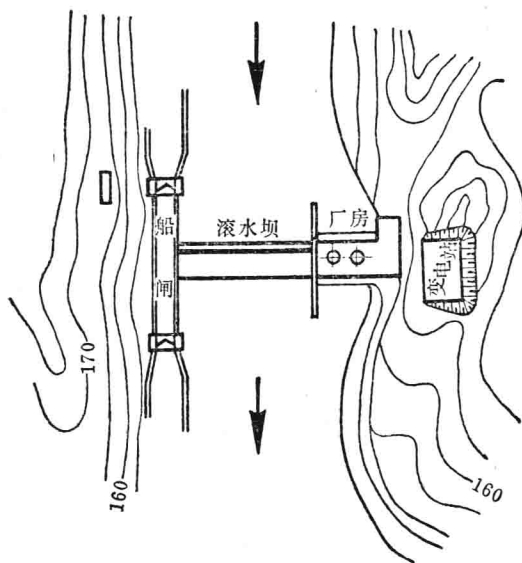


图 1-2 四川省舵石鼓河床式水电站布置图

【例 1-2】 图1-3为浙江省皎口电站的厂区总体布置图，该工程以防洪和灌溉为主，结合发电。溢流坝及泄洪放空管置于靠近左岸的主河槽处，厂房位于坝后，距溢流坝约150米。厂房纵轴线与坝轴线交角为 45° ，厂房尺寸为 27.2×18.4 米。为了避免泄洪对发电的干扰，并考虑到节省三材和投资，以及便于施工等因素，将厂房布置在右岸。高压开

关站布置在厂房右侧，尺寸为 18.5×16.5 米，此开关站出线与左岸35千伏输电线相连进入地区电网。尾水渠与天然河道平顺相连，长约220米。进厂交通利用已有公路，直达厂房。

【例 1-3】 图1-4为浙江省百丈际三级无压引水式电站的厂区总体布置图，该电站装机容量为 3×800 千瓦。是梯级电站中的第三级电站，

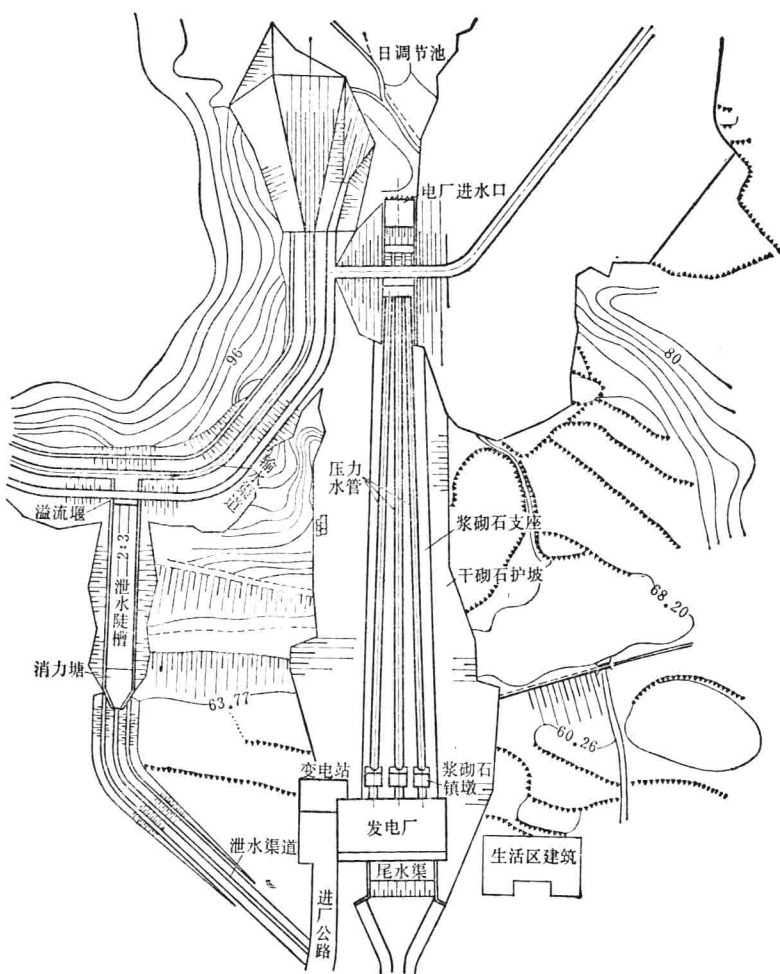


图 1-4 浙江省百丈际三级无压引水式电站的厂区总体布置图

它利用了二级电站以下 5 公里长河段约 30 米的落差。厂区建筑物包括引水明渠末端的日调节池、压力水管、厂房、尾水渠及开关站（变电站）等。

压力水管采用单独布置，正向引入厂房，由钢丝网混凝土制成，直径 1.2 米，管道首末两端各设镇墩一座。

变电站布置在厂房的右后侧。

进厂公路位于厂房右侧，自下游进入厂房。

第二章 卧式机组厂房的布置

水电站厂房是水电站的一个重要组成部分，厂内布置水轮发电机组及有关附属设备。它是包括水力机械、电气设备与水工建筑物三方面的综合性建筑物。因此，厂房设计和施工质量的好坏，对机组正常运行有着重要意义。

由于电站的开发方式不同，厂房的型式也各异。本书介绍地面式厂房，重点介绍卧式、立式金属蜗壳水轮机的厂房，着重说明机组、附属设备及厂房的布置方式，以及确定厂房主要尺寸的方法等。

2-1 卧式金属蜗壳水轮机厂房的布置

卧式金属蜗壳水轮机的厂房是小型水电站中常见的一种厂房型式，与立轴机组厂房相比，其特点有二：

(1) 厂房不直接挡水，水流由压力水管经蜗壳引入水轮机，因而厂房水下部分的高程布置不受上游水位的影响；

(2) 厂房布置分层少，通常水上部分与水下部分只各一层，水上部分的一层（发电机层）布置水轮机和发电机；水下部分的一层布置尾水管和尾水渠（室）及集水井，有时还有蝶阀坑等。

一、机组布置方式

机组布置是厂房布置中的一个主要环节，它影响基础开挖、安装、运行和维修等许多方面。在卧式金属蜗壳水轮机厂房中，机组的布置方式通常有以下几种：

1. 机组轴线与厂房纵轴线平行

图 2-1 是湖北省烟包地水电站厂房布置图，该电站装设二台

单机容量为 560 千瓦混流式机组，机组轴线与厂房纵轴线平行而与进水压力钢管中心线垂直，这种布置的优点是：蜗壳平面轴线与压力钢管的中心线一致，水轮机的进水条件好；每台机组有单独的尾水渠可避开机器基础，从而节省了机器基础的混凝土配筋量，尾水渠也较短；便于附属设备的布置，配电盘可置于主机室的下游侧，可使管道式通风的发电机风道和出线电缆沟分开布置而不互相干扰；机组之间可利用的空地较多，便于机组就地检修；缺点是：机组间距较大；进水压力钢管的分叉管较长等。一些电站的运行经验说明：这种机组布置方式有利于电站的运行管理，对于仅 1~2 台机组且不设吊车的电站，而厂区地形、地质条件又许可时，通常可考虑采用这种布置方式。

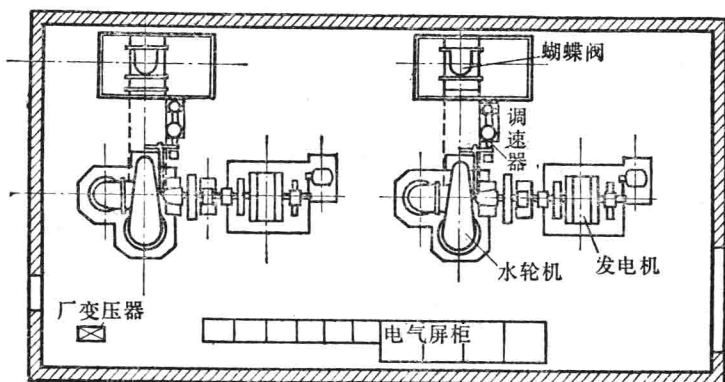


图 2-1 机组轴线与厂房纵轴线平行布置图

图 2-2 是福建省永春县东方红电站卧式金属蜗壳水轮机厂房的内部照片图，厂内装设二台单机容量为 1250 千瓦的混流式水轮发电机组。

2. 机组轴线与厂房纵轴线垂直

图 2-3 是机组轴线垂直于厂房纵轴线而与压力水管中心线平行的厂房布置图，厂内装设二台金属蜗壳混流式水轮发电机组，这种布置方式的优点是：机组间距小，分叉管较短，分叉角较小；缺点是：厂房跨度增大；不利于尾水渠和机器基础的布置，

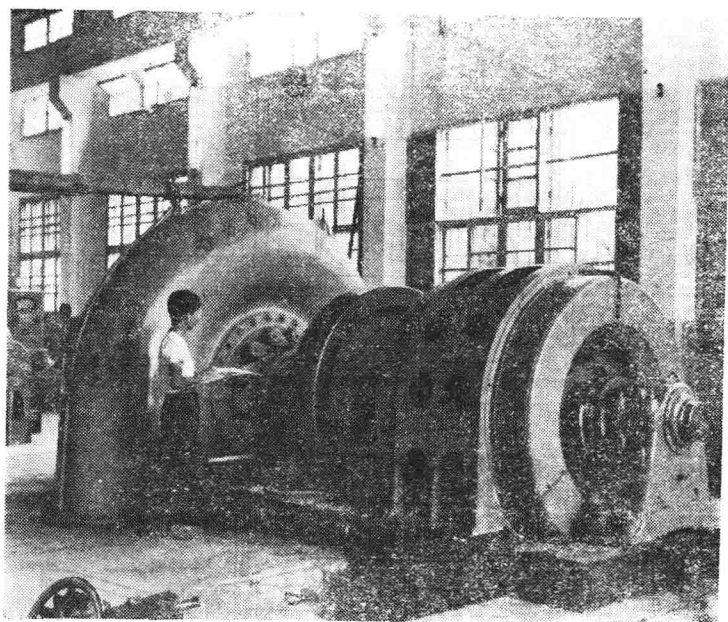


图 2-2 福建省东方红电站卧式机组厂房图

有的电站尾水渠在机器基础下通过，因而增加了机器基础的配筋量，如要避开机器基础，则尾水渠要转弯而增长；附属设备的布置以及运行、维修条件也较差些。当机组台数较多（三台机组以上时），采用这种布置方式，在经济上、技术上可能是有利的。

3. 机组轴线与厂房纵轴线成一个角度

图 2-4 是河北省七道河电站的厂房平面布置图，该电站装机 750 千瓦，安装三台单机容量为 250 千瓦的混流式机组。由于该电站机组台数较多，为了减少基础开挖，在布置上使机组轴线与厂房纵轴线成 45° 。但这种布置方式因厂房有效利用面积小，为了布置附属设备，有时需要增大厂房面积。

机组在厂房中究竟采用何种布置方式，应因地制宜，结合电站的具体条件，通过技术经济比较，全面分析，予以选定。

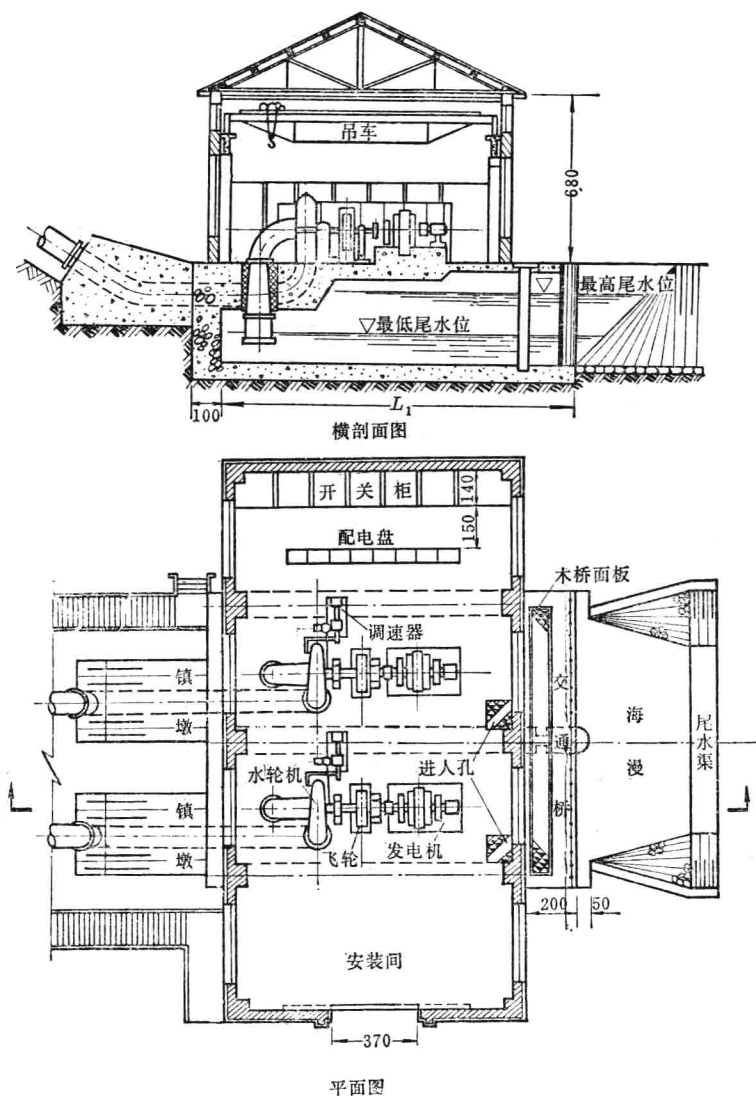


图 2-3 机组轴线垂直于厂房纵轴线的布置图