



全国“星火计划”丛书

陈 坤 姚珍格 李柯君

小型水电站

第二版

厂 房

全国“星火计划”丛书

小型水电站

第二版

陈 坤 姚珍格 李柯君

水利电力出版社

(京)新登字115号

内 容 提 要

本书是《小型水电站》厂房部分的工程技术专著，内容以装机容量不大于25000kW的地区、县级骨干水电站为主，兼顾容量为几百千瓦的农村小水电。

本书共十二章，第一、二章为水电站厂区布置和立式、卧式机组厂房布置的原则和要求，以及厂房各部分尺寸的确定，附有工程布置实例；第三章至第十二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。书末附录内容有构架内力计算用表、公式和形常数、载常数计算用表。

本书可供省、地、县各级从事小型水电站建设工作的工程技术人员，以及从事小水电研究工作的科技人员和大专院校有关专业师生阅读参考。

全国“星火计划”丛书

小型水电站

第二版

厂 房

陈 坤 姚珍格 李柯君

水利电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号)

各地新华书店经售

北京小红门印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 19.5印张 435千字

1980年3月第一版

1993年8月第二版 1993年8月北京第三次印刷

印数8061—11960册

ISBN 7-120-01795-0/TV·643

定价 14.10 元

前 言

为了适应小水电建设的需要，水利电力出版社在1976～1983年期间，陆续组织出版了《小型水电站》上、中、下册共五本。其中上册一本，内容包括规划和水工建筑物；中册两本，内容分别为水轮机和厂房；下册两本，内容分别为电气一次回路和电气二次回路。

十多年来，中国小水电建设发展十分迅速，为了及时总结小水电新技术和更好地满足小水电科技人员的需要，在1976～1983年版本的基础上，重新编写出版《小型水电站》，包括：规划、水工建筑、水力机械、厂房、电气一次、电气二次，共六册。

本书在编写中，引用了1984年版《小型水电站》中册中厂房的部分内容。由于篇幅所限，本书压缩了部分内容，如将卧式机组与立式机组的布置合并在一章内介绍；又如略去整体式肋形结构的截面设计和构造的计算；再如删去附录中受弯构件配筋用表和单跨梁、连续梁的内力计算用表。

浙江大学汪如泽教授对本书进行了认真、仔细的审核，提出不少宝贵意见，对提高本书质量很有帮助，在此表示衷心的感谢。

书中的缺点和错误在所难免，敬请读者批评指正。

编者

1992年

序

经党中央、国务院批准实施的“星火计划”，其目的是把科学技术引向农村，以振兴农村经济，促进农村经济结构的改革，意义深远。

实施“星火计划”的目标之一是，在农村知识青年中培训一批技术骨干和乡镇企业骨干，使之掌握一、二门先进的适用技术或基本的乡镇企业管理知识。为此，亟需出版《“星火计划”丛书》，以保证教学质量。

中国出版工作者协会科技出版工作委员会主动提出愿意组织全国各科技出版社共同协作出版《“星火计划”丛书》，为“星火计划”服务。据此，国家科委决定委托中国出版工作者协会科技出版工作委员会组织出版《全国“星火计划”丛书》，并要求出版物科学性、针对性强，覆盖面广，理论联系实际，文字通俗易懂。

愿《全国“星火计划”丛书》的出版能促进科技的“星火”在广大农村逐渐形成“燎原”之势。同时，我们也希望广大读者对《全国“星火计划”丛书》的不足之处乃至缺点、错误提出批评和建议，以便不断改进提高。

《全国“星火计划”丛书》编委会

1987年4月28日

目 录

序

前言

第一章 水电站厂区布置	1
第二章 水电站厂房布置	7
2-1 立式机组厂房布置	7
2-2 卧式机组厂房布置	45
第三章 水电站厂房结构的特点和计算内容	65
第四章 厂房整体稳定和地基应力的计算	72
第五章 厂房的板梁计算	79
5-1 厂房整体式肋形结构的布置	79
5-2 屋面、发电机层和安装间的楼面荷载	86
5-3 整体式肋形结构的内力计算	90
第六章 吊车梁计算	95
6-1 概述	95
6-2 吊车梁的荷载	96
6-3 吊车梁的内力计算	106
6-4 吊车梁的配筋、挠度及裂缝开展计算	144
6-5 吊车梁的配筋及其构造	150
6-6 吊车梁计算算例	155
第七章 构架计算	171
7-1 概述	171
7-2 构架的荷载及其组合	172
7-3 构架截面拟定及内力计算	174
7-4 构架配筋和构造要求	177

7-5 构架牛腿设计	185
7-6 构架计算算例	189
第八章 机墩和风罩计算	258
8-1 机墩型式和尺寸	258
8-2 机墩的荷载及其组合	264
8-3 机墩结构计算	269
8-4 风罩	309
8-5 机墩结构计算算例	309
第九章 蜗壳计算	373
9-1 金属蜗壳外围钢筋混凝土结构计算	373
9-2 钢筋混凝土蜗壳计算	381
9-3 蜗壳的配筋、构造和抗裂计算	389
9-4 蜗壳计算算例	401
第十章 尾水管计算	454
10-1 概述	454
10-2 尾水管单线图水平截面的计算	456
10-3 结构计算假定及计算简图	465
10-4 尾水管的荷载及其组合	467
10-5 尾水管内力计算	471
10-6 尾水管的配筋及裂缝开展计算	479
10-7 尾水管计算算例	483
第十一章 厂房的水下墙和尾水闸墩	519
第十二章 水电站厂房的分缝和施工	528
附录	543
附录 I 单跨一阶变截面构架内力计算用表	543
附录 II 等截面刚架内力计算用表	570
附录 III 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	607

第一章 水电站厂区布置

厂区布置是水电站总体布置的重要组成部分。它根据电站开发方式、厂房型式、机电设备及其布置方式，并结合当地的地形、地质、水文、交通运输和施工条件等因素，确定厂区主要建筑物——主厂房、副厂房、主变压器场、高压开关站、对外交通线及防洪结构等的相互位置，满足电站运行安全可靠、布置集中紧凑、交通方便、施工快、投资少的原则。同时与枢纽的其他建筑物相互协调，使整个枢纽工程布置经济合理。以下分别叙述厂区主要建筑物的布置。

1. 主厂房

主厂房是枢纽工程主要建筑物之一，它对枢纽布置有很大影响，往往决定厂区布置的基本形式。

主厂房应布置在良好的地基上，压力水管要尽可能短；为充分利用水头和减少基坑开挖，主厂房宜选在高程较低的地方；应避开当冲当淤的弯道凸岸；对外交通及出线要方便；避开或便于采取工程措施防止大坝泄洪冲刷厂房基础和尾水波动的影响；尾水渠长度要短，挖方量少；尾水与河床水流要平顺衔接，防止大坝泄洪冲积物堆积在尾水渠内；厂区防洪体系简单，安全可靠，工程量少；尽可能避免大坝泄洪时水雾的影响。

2. 副厂房

为保证机电设备正常运行，直接为发电运行服务的生产副厂房（中央控制室、高压开关室、电缆道、载波电话室、蓄电池室、储酸室、套间、充电机室和通风机室等）必须紧

靠主厂房上下游侧或一端，可集中或分散布置。辅助副厂房可与生产副厂房集中一处布置，也可分散在厂区附近。此外，安装间下面或尾水平台下面的空间也可布置副厂房。

3. 主变压器场

主变压器应靠近主厂房布置，以缩短价格昂贵的低压母线，减少电能损失；主变压器场应尽量与安装间和进厂公路同高程，以便于主变压器的运输、安装和检修；同时还应考虑与高压开关站联系方便；通风散热条件好；不受洪水威胁，易排水；符合防火保安要求。

4. 高压开关站

高压开关站有户内式和露天式两种型式。它应布置在主变压器场附近或附近的山坡、平台上，以便与主变压器场联系。若开挖量大，可沿山坡成长条形阶梯式布置。若不止一个电压等级，也可分开布置；必须满足主变压器至开关站引线的角度要求；对内对外交通要方便；高压进出线及低压电缆敷设方便；不受洪水威胁；符合防火保安要求。户内式开关站土建造价较大，但设备布置紧凑，占地面积小，运行条件较好，适用于厂区场地狭小的情况。

影响厂区布置的因素很多，在厂区的有限空间内要同时满足各建筑物的布置要求，而这些建筑物在布置上相互影响又很大，这就必然存在许多矛盾。因此必须结合实际情况，因地制宜，综合考虑各种因素，协调统一矛盾，进行厂区布置方案比较，最终选出最优的布置方案。现有三种基本类型的电站厂房，各有不同的布置特点。

1. 河床式电站厂房

这种型式电站，一般在河床深槽部位布置溢流坝，船闸与厂房分在两岸，施工和运转互不干扰，厂区布置也较简单。

如溢流坝布置偏向河床一侧深槽，为避免大坝泄洪冲刷的影响，船闸或厂房要往岸边内移，常增加大量挖方量，厂房、船闸也被迫布置在同一岸，这时为避免泄洪影响通航安全，除增高和加长导流堤外，通常将船闸靠岸而将厂房布置在河床中，这将使厂区布置较复杂，厂房对外交通需在船闸下闸首设公路桥，厂房高压出线还不得影响船只通航。

河床狭窄时，厂房可能位于岸边挖方上，为改善进水与尾水条件，往往在进水口开挖进水池和尾水渠，厂区范围小，布置较困难。

河床较宽时，宜将主厂房与溢流坝段连接，再以混凝土或当地材料坝连接岸坡，厂区范围大，布置灵活。

河床式厂房一般尾水管较长，当主变压器台数少时，主变压器常布置在主厂房一端或下游岸边；当主变压器台数较多时，主变压器常布置在尾水平台上，并尽可能在两主变压器间的主厂房墙上开窗，以改善主厂房通风和采光的条件。

中央控制室及副厂房的位置应与主变压器场协调布置，常布置在尾水平台下的空间内，中央控制室距机组近，联系方便，但通风采光条件较差，控制室也可布置在尾水平台上或安装间一端，也可分散布置在这几处地方。中央控制室布置在尾水平台上时，由于尾水管振动，对控制盘等设备要有防护措施。

高压开关站一般布置在主厂房附近的岸坡上。

河床式厂房下游水位一般变幅很大，厂区防洪体系对厂区大小及其布置的影响较大。厂区防洪一般由上游挡水结构、主厂房钢筋混凝土端墙与溢流导墙相连、尾水平台下游钢筋混凝土挡水墙和进厂公路防洪墙（或堤）等构成封闭的防洪体系。防洪体系内空间即为厂区范围。若副厂房布置在尾水

平台上，应与主厂房连成整体共同挡水，保证厂房的整体稳定性，副厂房下游墙应做成钢筋混凝土墙，成为防洪结构的一部分。

2. 引水式电站厂房

引水式地面厂房一般布置在稳定的岸坡下，尾水渠应距泄洪建筑物较远，并斜向下游河床，以避免泄洪或河道主流顶托的不利影响，并注意尾水不冲刷对岸或影响对岸通航建筑物的正常运行，否则应筑尾水导墙，以避免上述不利影响。高尾水位的厂区防洪体系应结合实际地形、地质条件，并考虑满足厂区各建筑物的布置要求进行布置。如主厂房三面环山或三面环水，厂区防洪由尾水平台上的钢筋混凝土墙和一端与尾水闸墩连接而另一端嵌入山坡基岩的两侧防洪墙、进厂防洪闸门构成封闭的防洪体系，这种布置厂区一般地形开阔，各主要建筑物便于集中布置，运行条件也较好，但防洪结构工程量大。如主厂房平行狭长岸坡布置，厂区防洪由主厂房钢筋混凝土端墙及其延伸嵌入厂后山坡基岩的防洪墙、尾水平台下游挡水墙、进厂公路防洪墙及进口防洪闸门构成封闭防洪体系。

主变压器台数少时，主变压器宜布置在主厂房一端，与高压开关站成一字形布置在进厂公路一侧，副厂房和中央控制室宜布置在安装间一端或厂后山坡下。如附近岸坡有合适平台，可把高压开关站迁出，缩短厂外防洪墙。有时为减少厂外防洪墙的巨大工程量，常将安装间、主变压器场、高压开关站及进厂公路的高程抬高，尽管厂房高度有所增加，仍然是经济的。

主变压器台数较多时，可考虑将变压器布置在主厂房上游侧或下游侧，虽增加开挖量或土建工程量，但缩短了发电

机低压母线，减少了电能损耗，增加了运行的可靠性，同时便于主变压器低压侧进线及高压侧出线。对尾水平平台不大的高水头电站，若将主变压器布置在尾水平平台上，使土建工程量增加太多，则须经方案比较确定。

3. 坝后式电站厂房

坝后式电站厂房位于挡水坝后，安装间宜靠岸坡布置，以便与对外交通连接。厂坝间平台和由进厂公路防洪墙围成的安装间下游平台可作厂区。如附近岸坡可布置开关站，则主变压器宜布置在安装间一端或上、下游侧，副厂房可布置在厂坝间平台上或安装间一端。如岸坡陡峻，高压开关站可布置在坝坡上，主变压器放在厂坝间平台上，副厂房在厂坝间平台及安装间附近。有的电站为减少厂外防洪墙工程量，把副厂房布置在主厂房上游侧，并在副厂房与坝之间的平台设一多层建筑物，将主变压器放在底层上与安装间同高程，上层为户内式高压开关站。若厂坝间平台低于安装间高程，则靠主厂房上游侧的副厂房可采用高低层布置，与安装间同高程的一层布置主变压器及其运输道，高压开关站布置在副厂房与坝之间平台上。如限于地形或有船闸靠岸布置时，可延长坝内压力水管水平段以增长厂坝间平台，这时进厂公路防洪墙往往在安装间进口附近设进口防洪闸门或与船闸墙相连，将厂区建筑物集中布置在厂坝间平台上也可能是有利的。如下游最高尾水位高出发电机层不多，可抬高安装间及进厂公路高程（也可略低于下游最高水位），利用主、副厂房四周钢筋混凝土墙及安装间进厂大门设防洪闸门防洪，主厂房下游侧墙在洪水位以下也可设防洪钢窗改善通风、采光条件，主变压器场设在安装间上游侧与安装间同高程，四周设矮墙防洪，高压开关站布置在洪水位以上的坝坡或附近岸坡。虽

然厂房高度有所增加，但省去或减少进厂公路防洪墙及人工排水措施，仍然是有利的。

厂区的排水措施应予以重视。厂区范围的山坡，在洪水位以上沿山坡开截水沟，把山坡水自流排向下游河道。厂区地面设排水沟或排水管，平时自流排水，洪水期关闭沟或管的阀门（或闸门）防止尾水倒流。厂区的水汇集于厂区集水井，采用机械排水。

厂区布置型式是灵活多样的，必须对各种布置方案认真、细致地进行经济技术比较，才能选出最优方案。

第二章 水电站厂房布置

水电站厂房是水电站生产电能的主体建筑物，按建筑物的不同功能及机电设备的性质和作用，可分为主厂房（包括主机房和安装间）和副厂房两部分。

主厂房布置水轮发电机组和直接与机组运行有关的机电设备，副厂房布置其他机电辅助设备和修理、实验、工具间、办公和生活设施等。

厂房布置的任务就是根据厂区布置形式、电站主接线方式、机电设备的性质、作用、相互关系等，合理安排机电设备在主、副厂房中的位置，同时采取合理的结构布置措施，创造良好的运行、工作、安装和检修条件，以保证电站安全、可靠、正常地运行。

2-1 立式机组厂房布置

主厂房通常以发电机层为界分为上部结构和下部结构。上部结构为单层厂房建筑物，下部结构一般分水轮机层、蜗壳层和尾水管层等，蜗壳和尾水管置于下部大体积混凝土结构中。安装间地板根据地基高程和布置需要，可直接置于地基上或下部做成一封闭房间。副厂房为一般房屋结构。如图2-1、图2-2和图2-3所示。

一、主厂房的分层布置

1. 发电机层布置

发电机层布置有发电机、水轮机的调速设备、机旁盘、

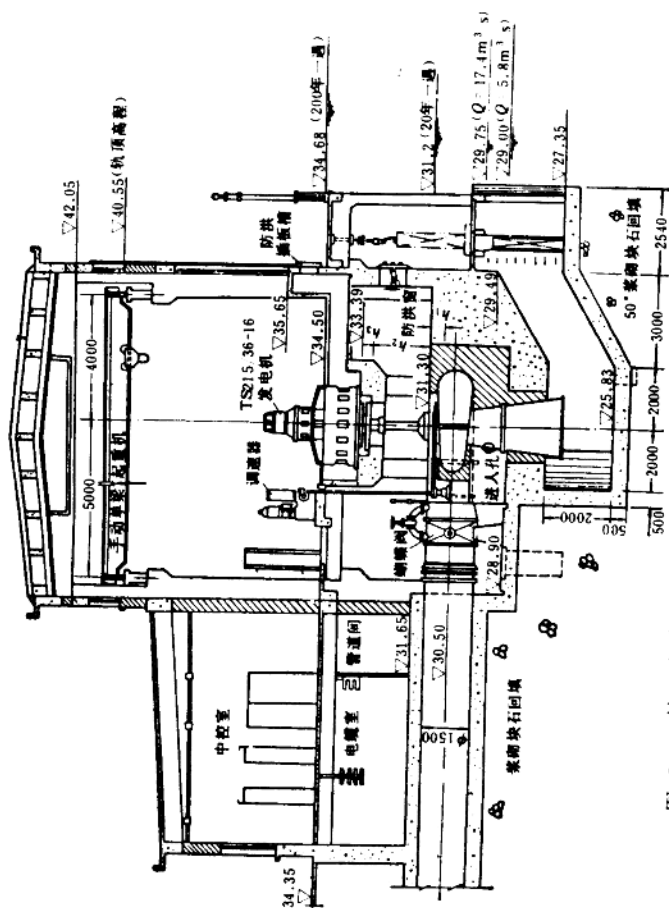


图 2-1 皎口电站的厂房横剖面图 (长度单位: mm; 高程单位: m)

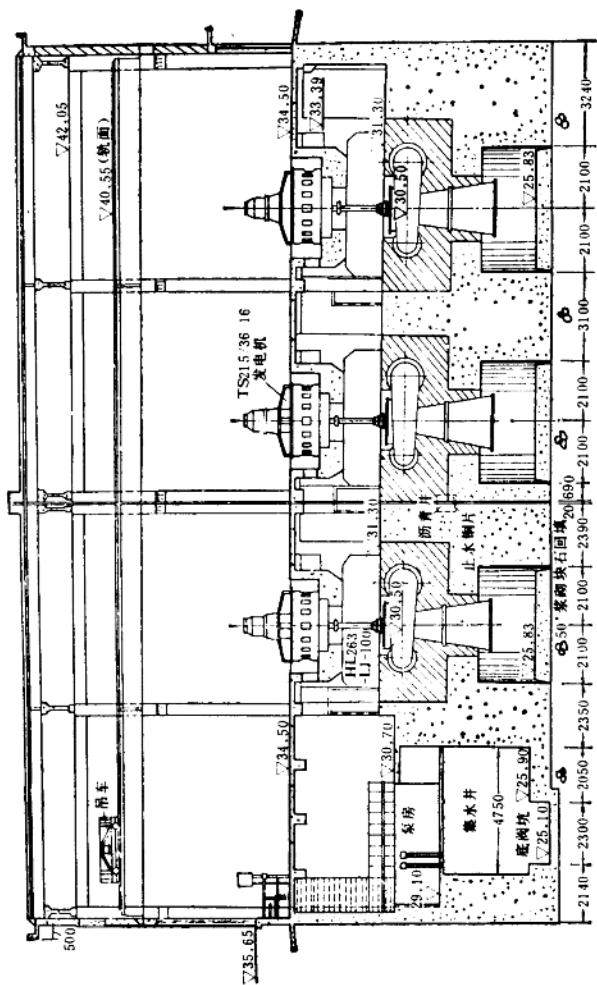


图 2-2 皎口电站厂房纵剖面图
(长度单位: mm; 高程单位: m)

(长度单位: mm; 高程单位: m)

