

829096

5641

1643

高等学校教材

水电站建筑物

河海大学 王世泽 主编

水利电力出版社

高等学校教材

水电站建筑物

河海大学 王世泽 主编

水利电力出版社

高等学校教材

水电站建筑物

河海大学 王世群 主编

*

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

水利电力出版社印刷厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 14.75印张 331千字

1987年11月第一版 1987年11月北京第一次印刷

印数00001—11600册

ISBN7-120-00052-7/TV·39

15143-6487 定价2.50元

内 容 提 要

本书共分为九章，全面介绍水电站的专门建筑物。前六章讲述各种进水及引水建筑物，以压力水管、水击及调压室为重点。后三章着重讲述地面厂房的布置设计及结构设计，并介绍了其他类型厂房的特点。

本书主要作为“水利水电工程建筑”专业的“水电站建筑物”课程教材，也可供有关专业及工程技术人员参考。

前 言

本教材的第一版原名为《水电站》，由水利出版社1980年第一次出版，1982年9月重版。该书中包含有水力机械的内容。本教材是根据水利电力部1983年下达的“一九八三——一九八七年高等学校水利电力类专业教材编审出版规划”而修订再版的。由于《水利水电工程建筑》专业教学计划的变化，本教材定名为《水电站建筑物》，不再包括水力机械的内容。1983年水利电力类专业教材编审委员会《水电站》编审小组在天津大学召开的扩大会上，讨论通过了本教材的编写大纲。

本教材内容力求少而精，既全面讲述又重点深入。考虑到本专业主要培养大中型水利水电工程建筑方面的工程技术人才，所以本教材中不包括小型水电站的特殊内容，而以中型水电站为主。本教材因受篇幅的限制，只包括最基本的内容，各院校使用本教材时可根据具体情况进行增补或删减。

本教材由河海大学王世泽教授主编。第一、二、三章及第七章由王世泽同志执笔，第四章及第五章由刘启钊同志执笔，第六章由陈怀先同志执笔，第八、九章由徐关泉同志执笔。

承蒙天津大学舒扬染教授对本教材进行了审查。在编写过程中得到各兄弟单位及有关院校的大力协助，在此一并致谢。

对于本教材中的缺点及问题，请读者给予指正。

编 者

1986年12月

目 录

前 言

第一章 绪论	1
第一节 水电发展简史及我国的水电事业	1
第二节 水电站的基本布置型式及组成建筑物	3
第三节 本课程的内容及要求	7
第二章 进水建筑物	8
第一节 进水建筑物的功用和要求	8
第二节 有压进水口的主要类型及适用条件	8
第三节 有压进水口的主要设备	11
第四节 有压进水口的位置、高程及轮廓尺寸	14
第五节 无压进水口及沉砂池	16
第三章 引水建筑物	20
第一节 引水建筑物的功用、要求及类型	20
第二节 渠道的水力计算特点及断面尺寸	21
第三节 压力前池及日调节池	26
第四节 隧洞的水力计算特点及断面尺寸	27
第五节 引水隧洞的路线选择	29
第四章 水电站的压力水管	30
第一节 压力水管的功用和类型	30
第二节 压力水管的路线选择和供水方式	30
第三节 压力水管的水力计算和经济直径的确定	32
第四节 钢管的材料、容许应力和管身构造	33
第五节 明钢管的敷设方式、镇墩、支墩和附属设备	35
第六节 明钢管的荷载、管身应力分析及结构设计	43
第七节 分岔管	51
第八节 地下埋管和坝内埋管	58
第五章 水电站的水击	70
第一节 水击现象及研究水击的目的	70
第二节 水击的基本方程及水击波的传播速度	72
第三节 水击计算的解析法	73
第四节 水击计算的特征线法	84
第五节 复杂管路的水击计算	88
第六节 反击式水轮机水击计算特点	90
第七节 机组转速变化的计算	93
第八节 水击计算条件的选择, 减小水击压强的措施	96

第九节 水电站有压引水系统非恒定流电算简介	98
第六章 调压室	105
第一节 调压室的功用、要求及设置调压室的条件	105
第二节 调压室的工作原理和基本方程	106
第三节 调压室的基本类型	108
第四节 简单圆筒式和阻抗式调压室的水位波动计算	110
第五节 双室式、溢流式和差动式调压室的水位波动计算	116
第六节 “引水道—调压室”系统的工作稳定性	123
第七节 调压室水力计算条件的选择	128
第八节 调压室结构布置和结构设计原理	129
第九节 调压室水力计算的电算法简介	132
第七章 引水式地面厂房的布置设计	140
第一节 水电站厂房的功用、组成及基本类型	140
第二节 下部块体结构	151
第三节 电气设备及发电机层	156
第四节 机械控制设备	159
第五节 起重设备及装卸场	160
第六节 油、水、气系统	163
第七节 厂房的采光及通风等问题	166
第八节 厂区布置	168
第九节 主厂房轮廓尺寸的决定	171
第十节 主厂房的结构布置设计	172
第十一节 装置冲击式水轮机的地面厂房	175
第八章 其他类型厂房	181
第一节 坝后式、溢流式及坝内式厂房	181
第二节 河床式和泄流式厂房	185
第三节 地下式厂房	192
第四节 抽水蓄能电站厂房	201
第五节 潮汐电站厂房	203
第九章 地面厂房构造和结构设计原理	204
第一节 概述	204
第二节 厂房的分缝、分块、稳定和地基应力计算	205
第三节 发电机支承结构	209
第四节 蜗壳	216
第五节 尾水管	223

第一章 绪 论

第一节 水电发展简史及我国的水电事业

早在三千多年前劳动人民就利用水力磨面、舂米、提水灌溉。随着商业资本及小型手工业的发展,水力逐渐用于打铁、锯木、造纸及纺织等工业方面。当时的水力装置只能建造在急滩、瀑布处,这种地点的限制不能适应工业迅速发展的要求,所以18世纪下半叶蒸汽机一出现立即得到广泛使用。当时为了扩大水力的利用,必须简化水力设备,提高效率,降低成本,并解决建站地点与工业基地不在一处的矛盾。随着流体力学及水力学的发展和机械工业的发达,由18世纪末开始,相继发明了各种近代水轮机。利用水头大为提高,功率及效率也大为增大。19世纪下半叶又相继发明了直流电机、交流同步电机、变压器、输电线路,直到19世纪末,在筑坝技术、结构理论与施工技术发展到一定水平以后,才出现了近代的水电站。此后,在不到一百年的时间里,许多国家都大量建造水电站。见表1-1。

表 1-1 若干主要国家 1980 年水电发展水平

国 家	可能开发水能资源		装机容量		年发电量		水能资源 开发程度 (%)
	装机容量 (万kW)	发电量 (亿kW·h/年)	水电容量 (万kW)	占电力总容量比重(%)	水 电 (亿kW·h)	占总电量 比重(%)	
中 国	37800	19200	2032	30.8	582	19.0	3
苏 联	26900	10950	5231	19.6	1839	14.2	17
巴 西	21300	12003	2727	85.9	1269	92.4	11
美 国	17860	7015	7665	12.2	2777	11.8	39
加 拿 大	15290	5352	4777	58.3	2510	68.4	47
印 度	7000	2800	1233	36.6	469	40.3	17
日 本	4960	1280	2934	20.3	921	15.0	68
挪 威	2960	1210	1936	99.0	840	99.9	89

水电事业的发展主要受自然条件、社会条件及技术条件的制约。我国具有优越的自然条件,我国各水系(台湾省暂未统计在内)可能开发兴建的500kW以上的水电站共11103座,总装机容量为3.78亿kW,年发电量计1.92万亿kW·h,居世界之首。此外,我国8000多km海岸线上可能开发的潮汐动力资源约2100万kW。但在解放前由于受到封建社会制度的桎梏,我国丰富的水能资源基本上未得到开发利用。1949年全国大陆解放时,我国水电站总装机仅36万kW,年发电量12亿kW·h。解放后我国的水电事业才有了较大的发展,见表1-2。截至1983年底,我国水电装机为1949年的67倍,水电年发电量为1949年的72倍,全国共有装机容量25万kW以上的大型水电站21座,1.2万至25万kW的中型水电站105座,1.2万kW以下的小水电站76500余座。这个建设成果是可喜的,速度是相当快的,

表 1-2

我国电力工业发展概况

年 份	装 机 容 量 (万kW)			年 发 电 量 (亿kW·h)		
	总 容 量	水 电 容 量	水 电 比 重 (%)	总 电 量	水 电 电 量	水 电 比 重 (%)
1949	204.60	36.0	17.6	49.0	12.00	24.5
1957	463.50	101.90	22.0	193.35	48.20	24.9
1965	1507.63	301.96	20.0	676.04	104.14	15.4
1976	4714.74	1465.50	31.1	2031.30	456.40	22.5
1983	7644.49	2416.46	31.6	3514.39	863.57	24.6

但是同国民经济、人民生活的需要相比，这个速度仍不能令人满意，十多年来缺电的现象还相当严重。与一些发达国家相比，我们的这个速度就不算快了。例如，从1949年到1982年的33年中，美国水电装机增加6047万kW，水电年发电量增长2144亿kW·h，苏联的装机和年发电量分别增长5309万kW及1632亿kW·h，日本的装机和年发电量分别增长2683万kW及548亿kW·h，巴西的装机和年发电量分别增长3146万kW及1310亿kW·h，与此相应，我国的装机增长为2260万kW及年发电量为732亿kW·h。与我国丰富的水能资源相比，目前水电建设方面显然存在很大的差距。目前全世界水能资源开发利用程度已达20%左右，发达国家大都在40%以上（见表1-1），而我国水电实发电量仅为可能开发水能资源的5%左右。

中国共产党第十二次全国代表大会的报告中指出，为实现我国经济发展总目标，最重要的是要解决好农业问题，能源、交通问题和教育、科学问题。电力是能源的重要组成部分。赵紫阳同志在五届人大四次会议上的政府工作报告中明确指出：“电的生产和建设，要因地制宜地发展火电和水电，逐步把重点放在水电上。”国务院技术经济研究中心主持研究的《二〇〇〇年中国的能源》中，对能源发展战略和政策的建议指出：“改善一次能源结构，对提高社会经济效益意义重大。主要措施是加紧发展水电、核能和天然气，适当减小煤炭比重。我国水能资源丰富，加快水电建设是改善能源结构的最现实的途径。”水利电力部钱正英同志指出：“力争在20年内把水电装机容量和年发电量翻两番，即在20年内水电装机容量新增5000~6000万kW（包括小型水电站）。……黄河上游、长江中上游和赤水河等河流是我国水能资源最丰富，且比较接近负荷中心的几个河段，拥有可开发水能资源1.5亿kW左右。这些河段不仅是“六五”开发的重点，也是本世纪内开发的重点。”

党中央已经制定了发展水电的方针政策，我国目前已拥有一支20多万人的水电勘测设计和施工队伍，具有一定的技术水平和丰富的经验，这些都是有利条件。水电具有一系列的优点，例如水能是再生能源，水电成本低，设备简单，运行灵活方便，水库可综合利用，寿命较长等。但是水电也有缺点，例如，河流量年际变化较大，基本建设投资大，淹没土地较多，施工期可能较长，水能资源大部集中在我国西部，等等。我们水电工作者的光荣而艰巨的任务，就是要完善规划理论，提高设计、施工、运行技术的水平，减少投

资，缩短工期，减少淹没损失，发挥综合利用效益，使水电能为我国的社会主义现代化事业做出尽可能大的贡献。

第二节 水电站的基本布置型式及组成建筑物

按水电站建筑物的特征，水电站可分为坝式水电站，河床式水电站和引水式水电站三种。

一、坝式水电站

坝式水电站的水头由坝所集中。当厂房紧靠着坝体布置在坝体的下游时，称坝后式水电站，如图1-1及图1-2所示。如河谷较窄而水电站的机组较多，溢洪建筑物与厂房的布置有矛盾，有时把厂房置于溢洪建筑物之下而构成厂房顶溢流式水电站，见图8-3(a)。如坝体足够大，也可将厂房置于坝内而构成坝内式水电站，见图8-3(b)。

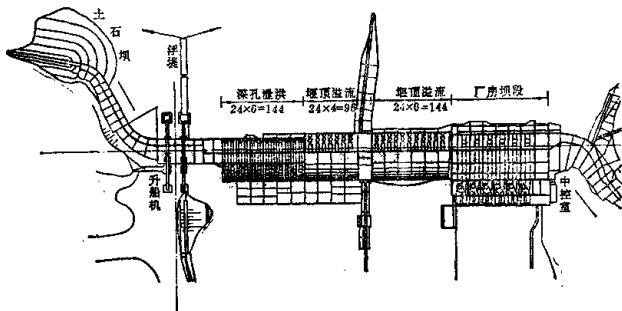


图 1-1 某坝后式水电站枢纽布置图 (单位: m)

当挡水坝为轻型坝时，水电站厂房的位置及布置可因坝型的不同而异，变化较多，如佛子岭及梅山等水电站。当采用当地材料坝时，厂房可布置在坝下游，引水道由坝基穿过；也可在河岸边建引水隧洞而将厂房布置在下游河岸上。

二、河床式水电站

河床式水电站的特点是水电站水头较低，厂房本身也起挡水的作用，厂房也是挡水建筑物之一，如图1-3及图1-4所示。泄水闸常布置在河床中部，厂房位于岸边。通常把船闸布置在另一岸以减少与厂房的互相干扰。厂房与泄水闸之间在上下游都应有导流墙隔开，并要有足够的长度，以免泄洪时影响发电。

河床式水电站常位于河流的中下游，洪水流量较大，泄水闸泄水前沿较长，电站的机组台数也往往较多，厂房较长。为了解决布置上的矛盾，有时采用闸墩式或泄水式等特殊

力水管的连接处设压力池，有时还有日调节池。

引水式水电站的建筑物可分为三部分：

- (1) 首部枢纽。包括拦河坝、泄水建筑物及水电站进水建筑物等；
- (2) 引水建筑物。包括引水道、调压室及压力水管等；
- (3) 厂房枢纽。包括厂房、变电及配电建筑物、尾水建筑物等。

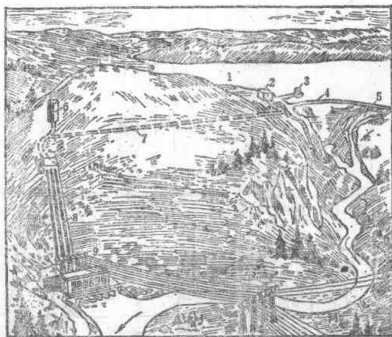


图 1-5 有压引水式水电站示意图

1—水库；2—闸门室；3—进水口；4—坝；5—泄水道；6—调压室；7—有压隧洞；8—压力水管；
9—厂房



图 1-6 无压引水式水电站示意图

1—坝；2—进水口；3—沉砂池；4—引水渠道；5—日调节池；6—压力池；7—压力水管；8—厂房；
9—配电所；10—泄水道

四、水电站的组成建筑物

由上述可见，水电站一般由下列七类建筑物所组成：

- (1) 挡水建筑物：用以截断河流，集中落差，形成水库，一般为坝或闸。
- (2) 泄水建筑物：用以下泄多余的洪水，或放水以供下游使用，或放水以降低水库水位，如溢洪道、泄洪隧洞、放水底孔等。
- (3) 水电站进水建筑物：用以按水电站发电要求将水引进水道。
- (4) 水电站引水建筑物：用以将发电用水由进水建筑物输送给水轮发电机组，并将发电用过的水流排向下游。后者有时称为尾水建筑物。根据自然条件和水电站型式不同，引水建筑物可以采用明渠、隧洞、管道。有时引水建筑物中还包括渡槽、涵洞、倒虹吸、桥梁等交叉建筑物。
- (5) 水电站平水建筑物：当水电站负荷变化时，用以平稳引水建筑物中流量及压力的变化，如有压引水式水电站中的调压室及无压引水式水电站中的压力池等。
- (6) 发电、变电和配电建筑物：包括安装水轮发电机组及其控制、辅助设备的厂房，安装变压器的变压器场及安装高压开关的开关站。它们常集中在一起，统称为厂房枢纽。
- (7) 其他建筑物：如过船、过木、过鱼、拦砂、冲砂等建筑物。

第三节 本课程的内容及要求

本教材为专业课程的教材。在本课程中，着重讲解水电站的特有建筑物，即进水建筑物、引水建筑物、平水建筑物及厂房枢纽建筑物。其余各种建筑物则在《水工建筑物》教材中介绍。

水电站的布置及各种建筑物的设计、施工及运行特点，不仅取决于当地的自然条件和社会对该水电站提出的要求，而且取决于当时的政治形势和经济政策、设计及施工的水平、物资器材设备等的供应情况。因此，世界上没有完全相同的两座水电站，水电站建筑物的型式复杂多样。但是，在这种错综复杂的情况中，却存在着一定的可循的规律。本课程的任务，就是结合某些实例来讲解这些一般规律，并力图使学生学会利用这些规律去解决实际问题。在讲解本课程时，在引水建筑物部分建议对压力钢管、水击及调压室作重点讲解，在厂房部分则宜对地面厂房的布置设计作重点阐述。在讲解本课程时，建议配合放映一些幻灯片及录相片，布置有关的习题或作业，进行有关的实验及实习，并完成厂房布置的课程设计。

第二章 进水建筑物

第一节 进水建筑物的功用和要求

进水建筑物是水电站水流的进口，其功用是按负荷要求引进发电用水量。对进水建筑物的基本要求如下：

(1) 要有足够的进水能力。在任何工作水位，进水建筑物都能保证按要求引进必须的流量。为此，在枢纽的总体布置中要合理安排水电站进水建筑物的位置及高程，进水建筑物要有平顺的轮廓及足够的断面尺寸，要妥善处理结冰、淤积及污塞等问题，还要避免出现吸气旋涡。

(2) 要符合水质的要求。不允许有害的泥砂、冰块及各种污物进入进水口。为此，除了合理安排进水建筑物的位置及高程外，还要设置必须的拦污、防冰、拦砂、沉砂及冲砂设备。

(3) 要水头损失小。为了合理地减小水头损失，进水建筑物必须具有合理的位置、平顺的轮廓及足够的断面尺寸，使水流能平顺地进入进水口，并将流速控制在一定的范围内。

(4) 可控制流量。进水建筑物需设置必要的闸门，以便给进水和引水系统的检修创造条件，并在必要时进行紧急事故关闭，截断水流，避免事故扩大。对于无压引水式水电站，有时需要利用进口闸门来控制引进流量的大小。

(5) 要满足水工建筑物的一般要求。进水建筑物要有足够的强度、刚度和稳定性，结构简单，施工方便，造型美观，造价低廉，便于运行、检修、维护。

水电站进水口可分为有压进水口及无压进水口两大类。有压进水口的主要特征是，进水口后接有压隧洞或管道，进水口设置在水库水面之下，以引进深层水为主。无压进水口的主要特征是，进水口范围内水流为无压流，进水口以引进表层水为主，进水口后一般接无压引水建筑物。

第二节 有压进水口的主要类型及适用条件

一、洞式进水口

洞式进水口的基本特征是，闸门安装在从山体中开挖出来的竖井中，其后接引水隧洞，其前则为隧洞的进口段，如图2-1所示。隧洞的进口段开挖成喇叭形，以便水流能平顺地进入。当隧洞进口的地质条件较好，扩大断面和开挖闸门竖井均不会引起塌方时，适宜于采用此式进水口。由于充分利用了岩石的作用，钢筋混凝土工程量较少，是一种既经

济又安全的结构形式，在我国广泛采用。但当地质条件不好，开挖竖井和扩大进口会引起塌方，或地形过于平缓或陡峻时，都不宜采用此式进水口。

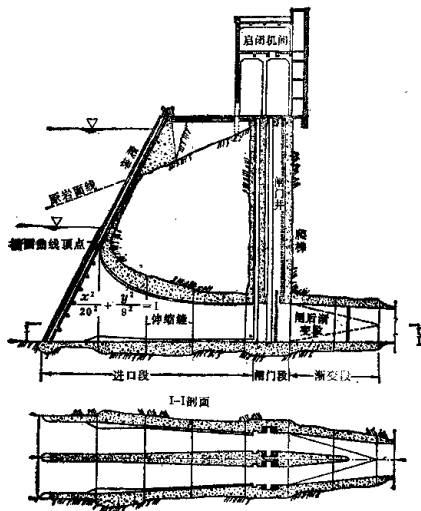


图 2-1 洞式进水口

二、墙式进水口

如隧洞进口段地质条件较差，不宜扩大断面和开挖竖井，或地形陡峻不宜采用洞式进水口时，可采用墙式进水口，如图2-2所示。这时进口段及闸门段均布置在山岩之外，形成一个紧靠在山岩之上的单独的墙式建筑物。它承受着水压力，有时也承受着山岩压力，因而需要有足够的强度及稳定性。有时将墙依山做成倾斜的，闸门槽也做成斜的，以减小或免除山岩压力，同时水压力可部分或全部由山岩所承受，这时可叫做斜卧式进水口。

三、塔式进水口

当进水口地质条件较差，而山坡又较平缓时，可采用塔式进水口，如图2-3所示。这时进水口的进口段及闸门段形成一个塔式结构，孤立在水库之中。为了承受风浪压力及地震力，它要有足够的强度及稳定性。塔式进水口常以工作桥与岸边相连。当地材料坝的坝下涵管也常采用塔式进水口。塔式进水口也可由四周进水，然后将水引入塔底岩基的竖井中。

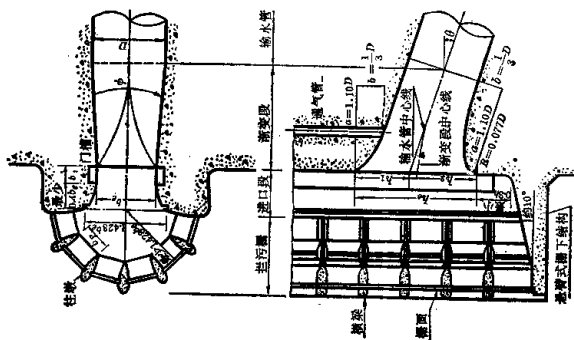


图 2-4 坝式进水口的多边形溢污槽

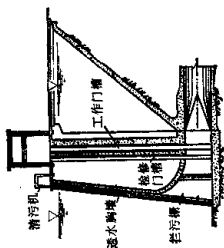


图 2-3 坝式进水口

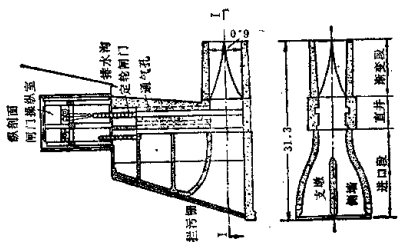


图 2-2 坝式进水口