

高等学校教材

水电站建筑物

(第二版)

● 清华大学 大连理工大学 天津大学 ●

● 王树人 董毓新 主编 ●

清华大学出版社

高等学校教材

水电站建筑物

(第二版)

清华大学 大连理工大学 天津大学

王树人 谷兆祺 刘天雄
董毓新 李彦硕 卜华仁 周 鹏 合编
王树人 董毓新 主编

清华大学出版社

内 容 提 要

本书第一版于1987年获原水利电力部优秀教材一等奖。为了适应我国水电建设对水电站建筑物提出的新要求,反映国内外水电建设的新成就,吸取教学实践中的经验和教训,采用我国最新规范,现对本书修订再版。

全书除绪论外共分九章。绪论和第一章介绍我国水电事业发展、水电站开发方式、水电站布置型式及组成建筑物;第二至第四章为水电站引水建筑物及压力管道,其重点是钢管及地下管道;第五、六章为水电站不稳定流,其重点是水击、调压室及调保计算;第七至第九章为水电站厂房,以地面厂房为重点,其次是地下式厂房。

本书除适用于大专院校各类水利专业外,还可作为职工业大、中等技术学校的教学参考书,对于水工和机电设计人员、水电厂运行管理人员等也有参考价值。

(京)新登字158号

高等学校教材
水 电 站 建 筑 物
(第二版)

清华大学 大连理工大学 天津大学
王树人 董毓新 主编



清华大学出版社出版
北京 清华园
北京昌平环球科技印刷厂印刷
新华书店总店科技发行所发行



开本: 787×1092 1/16 印张: 17.75 字数: 446千字
1992年3月第2版 1992年3月第1次印刷
印数: 0001—4000
ISBN 7-302-00943-0/TV·19
定价: 4.65元

再版前言

本书第一版是按原水电部制订的《水电站建筑物》课程大纲编写的,于1984年出版发行以来,曾被全国很多兄弟院校选用。1985年12月经原水电部批准在华北水利水电学院举办了本书的研讨班,受到了各校教师代表的好评,并提出了许多改进的意见和建议。

1987年本书第一版获原水利电力部优秀教材一等奖,给了我们全体编者以很大的鼓舞。

为了适应我国水电建设对水电站建筑物提出的新要求,引进国内外水电建设的新成就,采用我国最新规范,吸取教学实践中的经验和教训,再版前我们对本书第一版作了修订。

这次修订工作在继续贯彻理论与实际相结合的前提下,以加强基本理论、总结先进经验和引进现代技术作为指导思想。

在加强基本理论方面,注意了加强与基础课的联系和本门课程基本理论的探索两个方面,既与基础课的应用和发展紧密联系,又使本门课程学科的发展方向明确。在总结先进经验方面,注意了典型性的选取,尽量主次分明。在引进现代计算技术与我国最新规范方面,主要考虑本书是以工程技术为主的专业课教材,与某些以计算技术为主的专著有所区别。

本书的修订继续贯彻了“少而精”的原则,使重点和难点突出且便于自学,努力贯彻辩证唯物主义的观点,着眼于培养学生的自学能力、工作能力和创造能力。

为了适应自学能力的培养,本书尽量做到学科体系完整,定义准确,前后连贯,理论与实例配合密切,图文并茂,文字简练,深入浅出,循序渐进。

我们培养的对象是未来水利水电建设的建设者和指挥者,本书力求做到在培养应用经济规律和基础理论去分析问题和解决问题的能力上有所前进。

全书共分九章,反映了教学的基本要求,其重点为:压力管道(包括地面压力管道、地下压力管道及坝内压力钢管);水电站压力不稳定流(水击和调压室);水电站厂房(以地面厂房为重点,兼顾其他类型厂房)。考虑到本专业主要是培养大中型水利水电工程建设方面的工程技术人才,所以本书只介绍大、中型水电站,不包括小型水电站的内容。

本书由清华大学、大连理工大学和天津大学三校部分教师合编并修订,王树人、董毓新主编。绪论、第七章§7-1至§7-8及第八章§8-7由清华大学王树人执笔;第一章、第三章§3-5和第九章§9-1、§9-2、§9-4和§9-5由清华大学谷兆祺执笔;第二章§2-1至§2-3、第三章§3-1至§3-4和§3-6由大连理工大学李彦硕执笔;第二章§2-4和第六章由大连理工大学董毓新执笔;第四章由大连理工大学卜华仁执笔;第五章由清华大学刘天雄执笔;第七章§7-9至§7-12、第八章§8-1至§8-6和第九章§9-3由天津大学周鹏执笔。

本书在编写过程中参考了国内外有关讲义、教材和专著。它适用于有关专业本科大学生选作教材和工程技术人员自学参考。对于讲课学时为50~70的专业本书内容偏多,选用时可根据具体情况进行取舍。

校内外不少同志在本书编写过程中曾提出许多宝贵意见,给予了很多帮助,在此致以衷心的感谢。

由于我们水平所限,本书的缺点或错误在所难免,恳请读者批评指正。

编者

1990年6月

• i •

目 录

绪论	1
§0-1 我国水电事业的发展	1
§0-2 水电站的开发方式	2
第一章 水电站的布置型式及其组成建筑物	7
§1-1 坝式水电站水利枢纽	7
§1-2 引水式水电站水利枢纽	11
第二章 水电站无压引水建筑物及地面压力管道	13
§2-1 无压引水建筑物	13
§2-2 地面压力管道的布置	16
§2-3 地面压力钢管的结构计算	18
§2-4 分岔管	40
第三章 水电站有压引水建筑物及地下压力管道	46
§3-1 有压引水建筑物	46
§3-2 地下压力管道的布置与工作特点	49
§3-3 地下压力管道结构计算	50
§3-4 钢板衬砌抗外压稳定计算	57
§3-5 新奥法及利用有限元计算的设计方法	71
§3-6 地下压力管道设计对施工程序与质量的要求	77
第四章 混凝土坝内式及坝后背管式压力管道	80
§4-1 坝内式及坝后背管式压力管道的布置	80
§4-2 坝内式压力管道的结构计算	85
§4-3 坝后背管式压力管道的特点	92
第五章 水击	94
§5-1 水电站不稳定工况及水击计算的简单公式	94
§5-2 水击计算的基本方程	99
§5-3 水击计算的边界条件和水击波的类型	106
§5-4 水击计算的解析法	112
§5-5 水击计算的电算法	124
§5-6 复杂管道水击的简化计算	130
§5-7 水击计算条件的选择	132
§5-8 调节保证计算的概念及转速升高近似计算	134
§5-9 减小水击压力和机组转速升高的措施	137
第六章 调压室	140
§6-1 调压室的功用	140

§6-2	调压室的基本布置方式及基本类型	144
§6-3	调压室的水力计算要求及其计算条件	147
§6-4	调压室水位波动的基本方程	148
§6-5	调压室水力计算的解析法	149
§6-6	调压室水力计算的图解法	155
§6-7	调压室水位波动的稳定问题	162
§6-8	尾水调压室的水力计算	167
§6-9	调压室结构实例与设计原则	168
第七章	水电站厂房的布置设计	173
§7-1	厂房的任务、组成及特点	173
§7-2	水电站厂房的类型	175
§7-3	水轮机蜗壳及尾水管	178
§7-4	发电机类型、传力方式及支承结构(机座)	182
§7-5	厂房平面尺寸的确定	185
§7-6	机组安装高程及其它高程的确定	188
§7-7	厂房辅助设备	193
§7-8	厂房电气设备	195
§7-9	副厂房	197
§7-10	地面厂房布置设计实例	202
§7-11	厂房布置设计所需资料和设计步骤	208
§7-12	厂区布置设计	211
第八章	地面厂房的构造及结构分析	216
§8-1	厂房受力、传力和分块、分缝	216
§8-2	厂房的整体稳定	220
§8-3	发电机机座的构造和计算	222
§8-4	蜗壳	229
§8-5	尾水管	231
§8-6	吊车梁和构架	234
§8-7	厂房楼板	237
第九章	其他类型厂房	240
§9-1	地下厂房布置及其特殊要求	240
§9-2	地下厂房围岩稳定问题及结构设计	250
§9-3	溢流式及坝内式厂房	256
§9-4	河床式厂房	262
§9-5	抽水蓄能电站	266
参考文献		270

绪 论

§ 0-1 我国水电事业的发展

水电建设是一项改造自然的宏伟事业，也是国民经济获得能源动力的重要途径。为了在本世纪末实现工农业总产值翻两番的宏伟目标，国家把发展农业、能源交通和教育科技作为今后一个时期的战略重点任务，这就为加快发展水电建设事业，提供了有利的条件。

我国幅员辽阔，江河纵横，湖泊棋布，水能蕴藏量极为丰富。根据水电部水力发电建设总局1981年汇编的《全国水资源普查成果》，除台湾省外，全国水能总蕴藏量为6.8亿kW，折合年发电量为5.9万亿kW·h；技术可开发的总装机容量为3.8亿kW，年发电量为1.9万亿kW·h。均占世界的首位。

我国水能资源虽然丰富，但在解放前几乎没有得到开发。我国第一座水力发电站1912年建于昆明石龙坝，装机容量只有1440kW。

解放后，在党的领导下，充分发挥了社会主义制度的优越性，我国的水电事业有了较大的发展。在解放初的国民经济恢复时期，对东北和西南地区的一些水电站，如丰满、镜泊湖、龙溪河等进行了恢复、改建和扩建；第一个五年计划期间，对全国水能资源进行了勘测和普查，第一次证明了我国是世界上水能资源最丰富的国家，并开始建造了一批中小型水电站。在这个时期新投入运行的水电站总容量达50多万kW，为旧中国水电站总容量的数十倍。第二个五年计划期间，我国水电站建设事业继续发展。由于贯彻了大中小结合、土洋并举的方针，农村小型水电站也蓬勃发展起来。

截至1988年底，全国（台湾省未统计在内）水电站总装机容量已超过3270万kW，年发电量1092亿kW·h，占全国总发电量的20%。装机1万kW以上的大中型水电站，其容量约占水电总容量的2/3，其电能则占4/5。目前正在规划、勘测、设计、施工的1万kW以上的水电站有100余座，总装机容量约为1.1亿kW，年发电量为6000多亿kW·h。

我国水电建设的潜力很大，目前已建成和正在修建的水电站，其发电量只占技术上可开发水能资源的8.4%。我国水力资源虽很丰富，但又有以下的特点：

(1) 水能资源在地区分布上很不平衡，如表0-1。85%以上的水能资源集中在京广线以西，京广线以东工农业相对发达的地区，水能资源相对较少，施工条件比较困难，送电距离比较远。

(2) 我国河流主要由降雨形成径流，年内水量分配很不均匀。洪水期，流量过大，常常形成水患；枯水期，流量过小，常常无法满足工农业的供水要求。因此在进行水电开发时，一定要充分调节水量，统一考虑防洪、发电、灌溉、供水、航运等综合利用。

为了调节水量，建造水库、大坝，常会造成一定的淹没损失和移民问题，这在人口较密的地区，尤其突出。

(3) 我国水电资源相对集中在一些高山大河地区，不少电站的装机容量超过100万kW。

表0-1 全国分区技术可开发水能资源表^[1]

		技术可开发水能资源		
		装机容量(亿kW)	年发电量(万亿kW·h)	电量占全国比重(%)
华 北		0.07	0.02	1.2
东 北		0.12	0.04	2.0
华 东		0.18	0.07	3.6
中 南		0.67	0.30	15.5
西 南		2.33	1.3	67.8
西 北		0.42	0.19	9.9
台 湾		暂缺		
全 国		3.79	1.92	100

长江三峡、金沙江上如修建电站,装机容量甚至可超过1000万kW。雅鲁藏布江下游的墨脱电站,计划开凿35km长的隧洞,引水2000m³/s以上,落差2000m以上,电站装机可达4500万kW。这些大型、特大型电站,水头高、单机容量大,带来很多技术难题。

为了实现在本世纪末工农业年产值翻两番的宏伟目标,电力建设必须先行。除在煤炭资源丰富的地区建设火电站外,尤其要重视发展水电。水电不仅是再生的能源,而且可以综合利用,成本低,效率高,运行灵活,对环境影响小。水电部曾决定,在公元2000年前集中力量开发黄河中上游、红水河、长江中上游、雅砻江、大渡河、乌江、澜沧江中游、金沙江及湘西、闽浙赣地区的水电资源,建设一批基地。既要加快建设天生桥、铜街子、安康、东江、万安、鲁布革等大型水电站,还要在黄河上游建设拉西瓦、大峡、黑山峡或大柳树、李家峡;在清江上建设隔河岩,在红水河上建设岩滩、龙滩,在雅砻江上建设二滩;在乌江上建设洪家渡、东风、彭水;在沅水上建设五强溪;在澜沧江上建设漫湾;在闽江上建设水口;在白龙江上建设宝珠寺等一批大型水电站。

从国内外的经验可知,今后加快发展电力建设是完全可能的。美国和苏联在1947年和1960年分别达到3000亿kW·h左右的年发电量以后,电力发展速度是很快的,两国均经过十年达到7200~7400亿kW·h,每年平均增长420~450亿kW·h,年增长速度达到8.9%~9.7%。再经过十年均达到13000亿kW·h左右,后十年平均每年增长550~600亿kW·h,平均增长率每年是6.0%~6.3%。两国20年内发电量均翻了两番以上,平均年增长速度分别为7.6%和7.7%。我国水电装机容量从1969年的502万kW,发展到1981年的2100万kW,只用12年的时间就翻了两番。前些年尚能取得这样快的速度,今后20年,在党和国家十分重视发展水电事业的前提下,只要认真贯彻电力生产建设必须因地制宜,“逐步把重点放在水电上”等一系列正确的方针政策,充分发挥广大群众的智慧及科学技术的巨大作用,完全有理由相信,到本世纪末我国水力发电事业将会取得更大的发展。

§ 0-2 水电站的开发方式

水电站开发方式,就其集中落差的措施而言,有坝式、引水式和混合式三种基本方式。

一、坝式

在河流峡谷处拦河筑坝,坝前壅水,在坝址处形成集中落差,这种水能开发方式称为坝

式开发。用坝集中水头的水电站称为坝式水电站，如图0-1、图0-2所示^[2]。

坝式开发的基本原理在于：筑坝挡水，汇集水量，形成水库，坝前水库壅水水面线的坡降 i' 远小于原河道天然水面线的坡降 i ，因而库内水流速度变得甚小，水流在流动过程中的能量损耗大减，原河段的水流势能得到恢复，分散的落差积聚起来，在坝址处形成水电站的集中水头。沿河纵向同一地点库面线与原河道水面线之间的高程差就形成集中的落差。在坝址处引取上游水库中的水流，通过设在水电站厂房内的水轮机，发电后将尾水引至坝下游原河道，上、下游的水位差即是水电站获得的水头 H 。

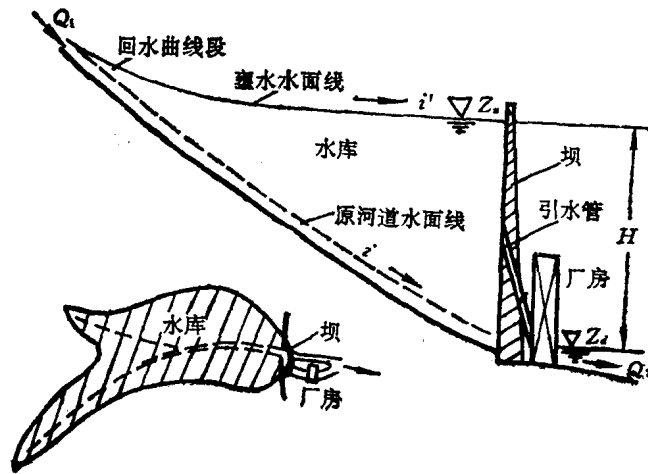


图 0-1 坝后式水电站示意图

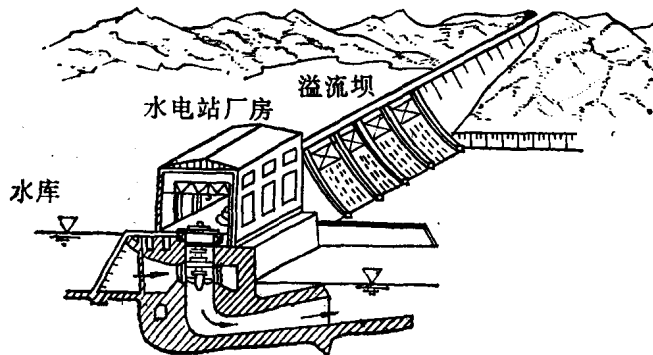


图 0-2 河床式水电站示意图

坝式水电站的水头取决于坝高。显然，坝越高，水电站的水头也越大。但坝高常常受地形、地质、水库淹没、工程投资等等条件的限制，所以，与其他开发方式相比，坝式水电站的水头相对较小。目前，坝式水电站的最大水头只接近于 300m。

坝式开发的显著优点是由于形成蓄水库可以同时用来调节流量，故坝式水电站引用流量大，电站规模也大，水能的利用程度较充分。目前世界上装机规模超过 200 万 kW 的巨型水电站大都是坝式水电站。此外，坝式水电站因有蓄水库，综合利用效益高，可同时满足防洪和其他兴利部门的要求。

当然，一般说来，由于坝的工程量大，尤其是形成蓄水库会带来淹没问题，造成库区土

地、森林、矿产等的淹没损失和城镇居民的搬迁，要投入淹没损失费，所以，坝式水电站一般投资大、工期长、单价高。

坝式开发适用于河道坡降较缓、流量较大、有筑坝建库条件的河段。

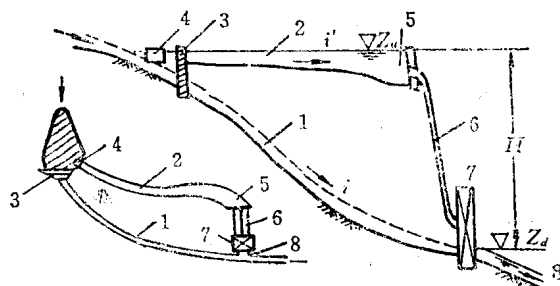
坝式水电站按照其建筑物的布置特点，又有河床式和坝后式之分。

在平原河段上，用低坝开发的坝式水电站，由于水头不高，安装水轮发电机组的电站厂房本身能承受上游水压力，起挡水作用，通常和坝或水闸一起建筑在河床中，成为挡水建筑物的一个组成部分，故称河床式水电站。图0-2为这种河床式水电站的布置示意图。这类水电站水头低（一般不超过25~35m），流量大，大都安装直径大、转速低的轴流式水轮发电机组，机组台数较多，整个厂房的长度较长，令其起挡水作用，从而可节省挡水建筑物的投资。我国已建成不少河床式水电站，如广西西津、浙江富春江等水电站。已经发电的长江葛洲坝水电站是一座巨型河床式水电站，装机271.5万kW。为保证长江航运，葛洲坝水利枢纽还布置有通航船闸三座。

水头较高的坝式水电站因厂房本身不挡水，常布置在坝的后面，与坝分开，故称坝后式水电站（图0-1）。坝后式水电站的特点是水头较高，厂房本身不承受上游水压力。中高水头的坝式水电站大都属此种类型。坝后式水电站厂房在水利枢纽总体布置中的位置大都靠河一岸，以利于布置变电装置和对外交通。至于厂房可以根据坝址处的地形、地质、坝的型式等条件，建在坝后，通过坝体的引水管道引水，或置于坝体内（坝内式厂房），溢流坝坝趾后（溢流式厂房），也可以在坝下游河岸的一边或分设在河岸两边，通过绕过坝体的引水管道将水引入厂房，这时水电站建筑物自成系统，与坝分开，有时将自成系统的水电站厂房布置在地下（地下式厂房），通过隧洞引水。

二、引水式

在河流坡降陡的河段上游筑一低坝（或无坝）取水，通过人工建造的引水道（明渠、隧洞、管道等）引水到河段下游，集中落差，再经压力管道，引水至厂房。这种开发方式称为引水式开发。用引水道集中水头的电站称为引水式水电站。引水道可以是无压的（如明渠、无压隧洞等），也可以是有压的（如有压隧洞、压力管道等）。图0-3所示^[2]。



1——原河道；2——明渠；3——取水坝；4——进水口；
5——前池；6——压力管道；7——水电站厂房；8——尾水渠。

图 0-3 无压引水式水电站示意图

这种引水式开发是由于引水道的坡降 i' （或流速）小于原河道的坡降 i （或流速），因而随着引水道的增长，逐渐集中水头。显然，引水道的坡降愈小，引水道越长，集中的水头

也越大。当然，引水道坡降不宜太小，否则引水流速过小，引取一定流量时就要求很大的过水断面，从而造成引水建筑物造价的不经济。

与坝式水电站相比，引水式水电站的水头相对较高。目前最大水头已达2030m（意大利劳累斯引水式电站），但引用流量较小，又无蓄水库调节径流，水量利用率较低，综合利用价值较差，电站规模相对较小。然而，因无水库淹没损失，工程量又较小，所以单位造价也往往较低。

引水式开发适用于河道坡降较陡、流量较小的山区性河段。

截弯引水和跨河流引水，常采用有压引水隧洞集中落差。图0-4^[1]系有压引水式水电站纵剖面图。有压引水式水电站有压系统较长，为减小水击值和改善机组调节保证条件，往往要采用调压措施，如有压引水道末端建调压室（井或塔），或者在厂房内装调压阀（空放阀）等。

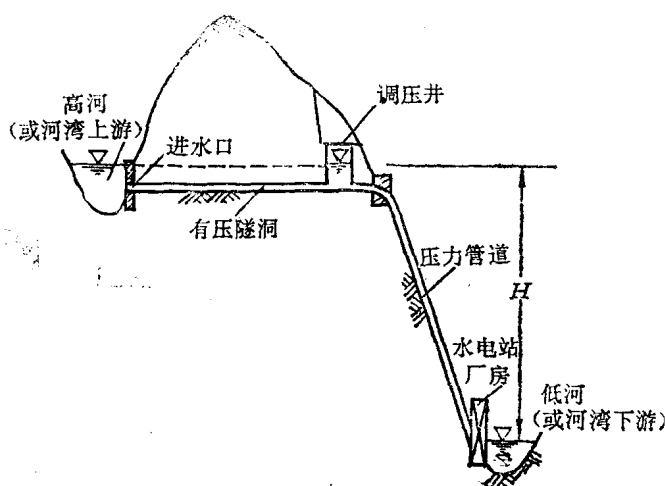


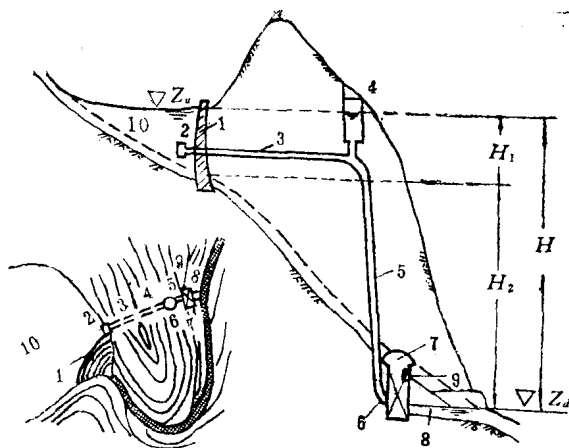
图 0-4 有压引水式水电站示意图

三、混合式

在一个河段上同时采用坝和有压引水道共同集中落差的开发方式称为混合式开发。坝集中一部分落差后，再通过有压引水道（隧洞）集中坝后河段的另一部分落差，形成电站总水头。这种开发方式的水电站称为混合式水电站，可建地面或地下厂房，其布置如图0-5^[1]所示。

混合式开发因有水库可调节径流，具有坝式开发和引水式开发的优点，但必须具备适合的条件。一般说，河段前部有筑坝建库条件，后部坡降大（如有急滩或大河湾），宜用混合式开发。四川狮子滩、福建古田溪、广东流溪河、东北镜泊湖等水电站都属混合式开发，古田溪和流溪河水电站为地下式厂房。

抽水蓄能发电是水能利用的另一种型式。它不是为了开发水能资源向系统提供电能，而是以水体为储能介质，起调节电能的作用。抽水蓄能式水电站的工作包括抽水蓄能和放水发电两个过程。其建筑物的组成中必须有高低两个水池，与有压引水建筑物相连。蓄能电站厂房位于低水池处，如图0-6所示。当夜间用电负荷低落，系统内其它电厂出力有余时，该电



1——坝；2——进水口；3——隧洞；4——调压井；5——竖井；6——钢管；
7——地下厂房；8——尾水洞；9——交通洞；10——水库。

图 0-5 混合式水电站示意图

站就吸收系统的多余电量，带动水泵，将低水池中的水抽送到高水池，以水的势能形式贮存起来（抽水蓄能过程）；等到系统负荷高涨其它电厂出力不够时，就将高水池中的水放下来推动水轮机发电，以补电力系统出力的不足（放水发电过程）。

抽水蓄能电站宜建于离负荷中心较近的地方，以减少输电线路的投资及能量的损失。抽水蓄能电站的水头宜高一些，地质条件要好。这样，机组尺寸较小，土建投资较少，总投资可少些。我国目前计划建造的广州抽水蓄能电站、北京十三陵及杭州天荒坪抽水蓄能电站，均满足上述要求。

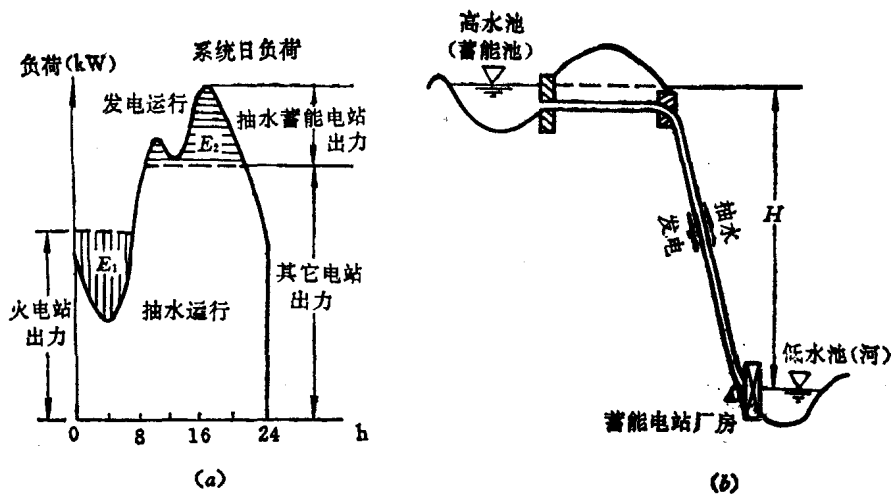


图 0-6 抽水蓄能电站示意图

第一章 水电站的布置型式及其组成建筑物

为了综合利用水利资源，需要修建水利枢纽。水利枢纽的任务一般具有防洪、灌溉、发电、航运、给水等综合性能，以满足有关国民经济各部门的要求。

水利枢纽中的建筑物主要有挡水建筑物、泄水建筑物、船闸、鱼道、进水口、引水道及水电站厂房等。

由于水电站的基本布置型式不同，枢纽中建筑物的组成是不一样的。根据开发方式的不同，水电站的基本布置型式可分为坝式、引水式和混合式三种，但就其建筑物的组成和型式来说，坝后式河岸引水、混合式和有压引水式是相同的。因此，下面就坝式和引水式两种水电站的基本型式，介绍其组成建筑物及相互联系。

§ 1-1 坝式水电站水利枢纽

如前所述，坝式水电站水利枢纽的特点是由拦河坝集中水头，并将所有建筑物布置在一个枢纽中，它可分为坝后式水电站水利枢纽和河床式水电站水利枢纽。这两种枢纽中的主要建筑物一般有拦河坝、泄水建筑物和水电站厂房，另外可能还有为其他专业部门而设的建筑物，如船闸、灌溉取水口、工业取水口、筏道及鱼道等。

一、坝后式水电站水利枢纽

坝后式水电站水利枢纽主要指厂房直接布置在挡水坝后面的型式，如图1-1、图1-2、图1-3所示。图中泄水建筑物布置在河道的右侧，通航建筑物靠近右岸，电站放在河道的左侧，和通航建筑物分开。用非溢流坝连接两岸。

在这种枢纽中，水电站建筑物集中布置在电站坝段上，在坝身中设有进水口，进水口设有拦污栅、闸门和启闭设备。压力钢管穿过坝身，厂房布置在坝后。坝与厂房间用永久的沉降缝分开，厂房不起挡水作用。

当坝体高大，厂房尺寸相对较小，河道很狭窄，泄洪量很大时，也有将厂房放在坝内的，它也属于坝式水电站枢纽，与坝后式水电站水利枢纽有相同之处。

二、河床式水电站水利枢纽

河床式水电站水利枢纽的特点是厂房与坝一样起挡水作用，如图1-4、图1-5、图1-6所示^[4]。在这种枢纽中，水电站建筑物集中布置在电站坝段，进水口后边的引水道很短，紧接着就是厂房。

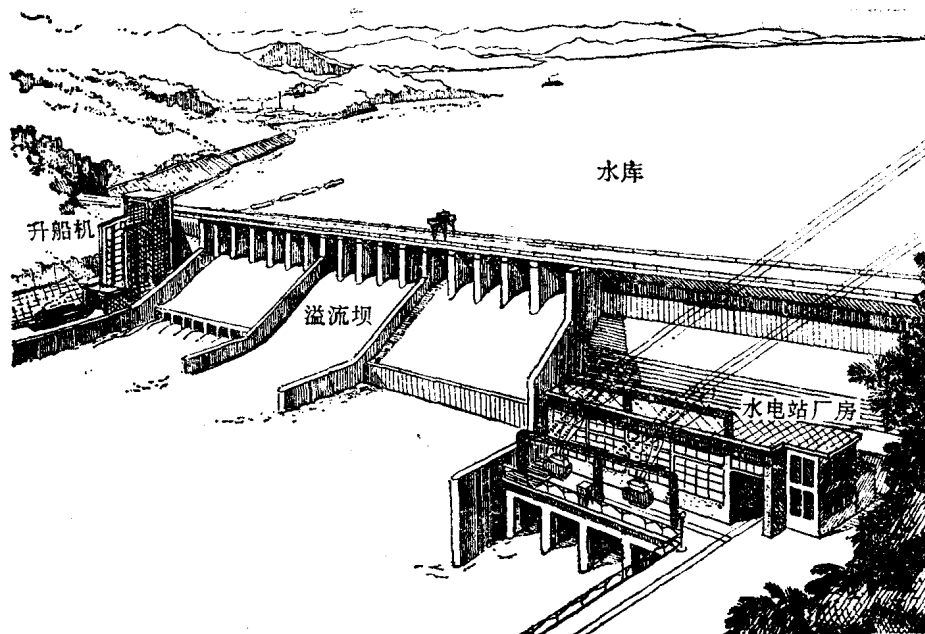


图 1-1 坝后式水电站水利枢纽总体布置示意图

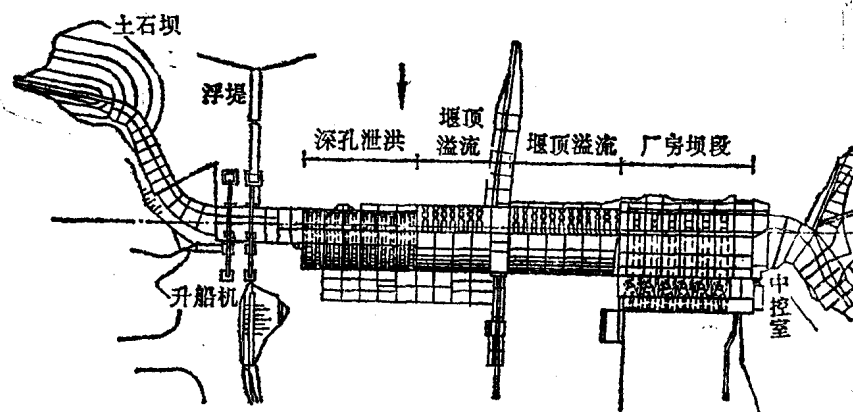


图 1-2 坝后式水电站水利枢纽平面

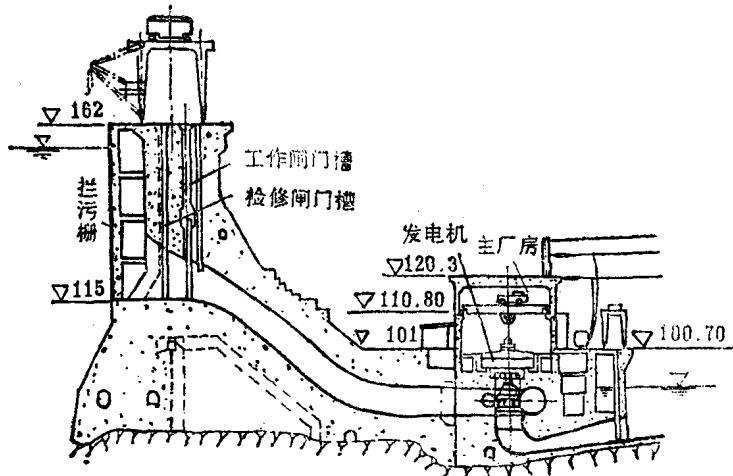


图 1-3 坝后式电站坝段横剖面

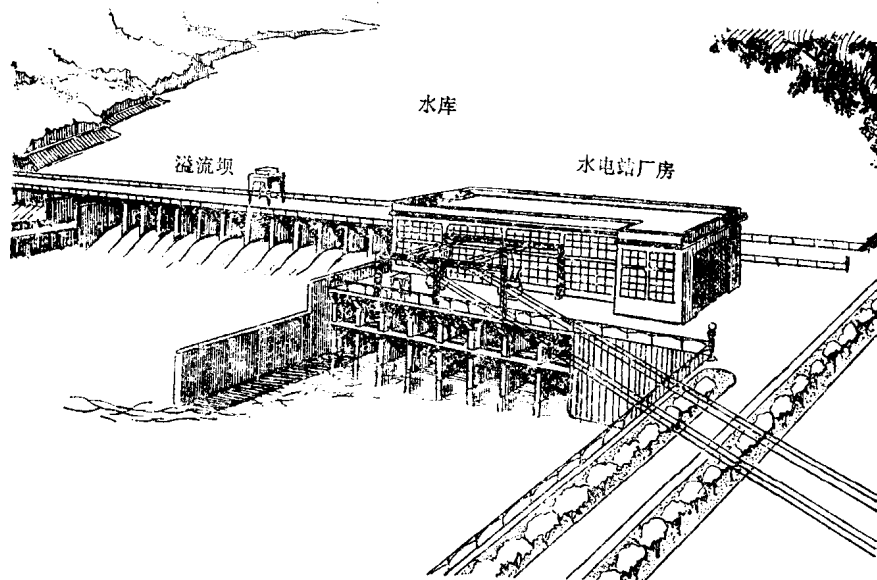


图 1-4 河床式水电站水利枢纽总体布置示意图

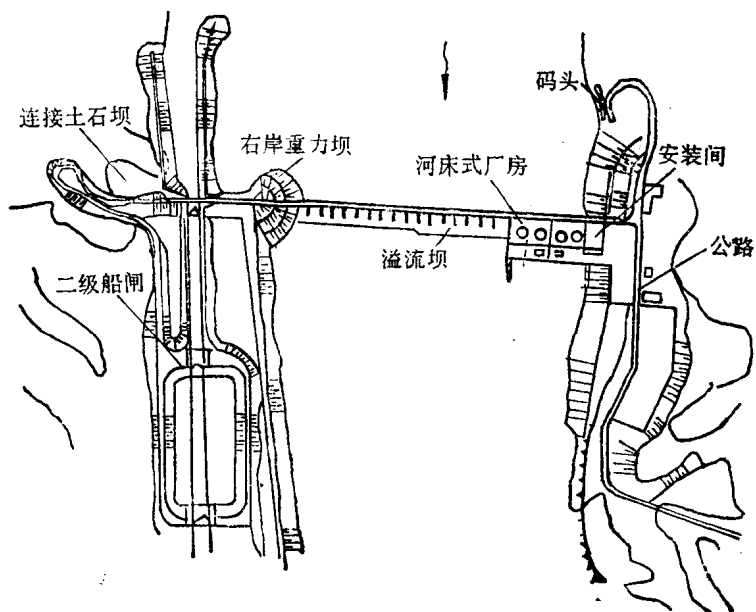


图 1-5 河床式水电站水利枢纽平面

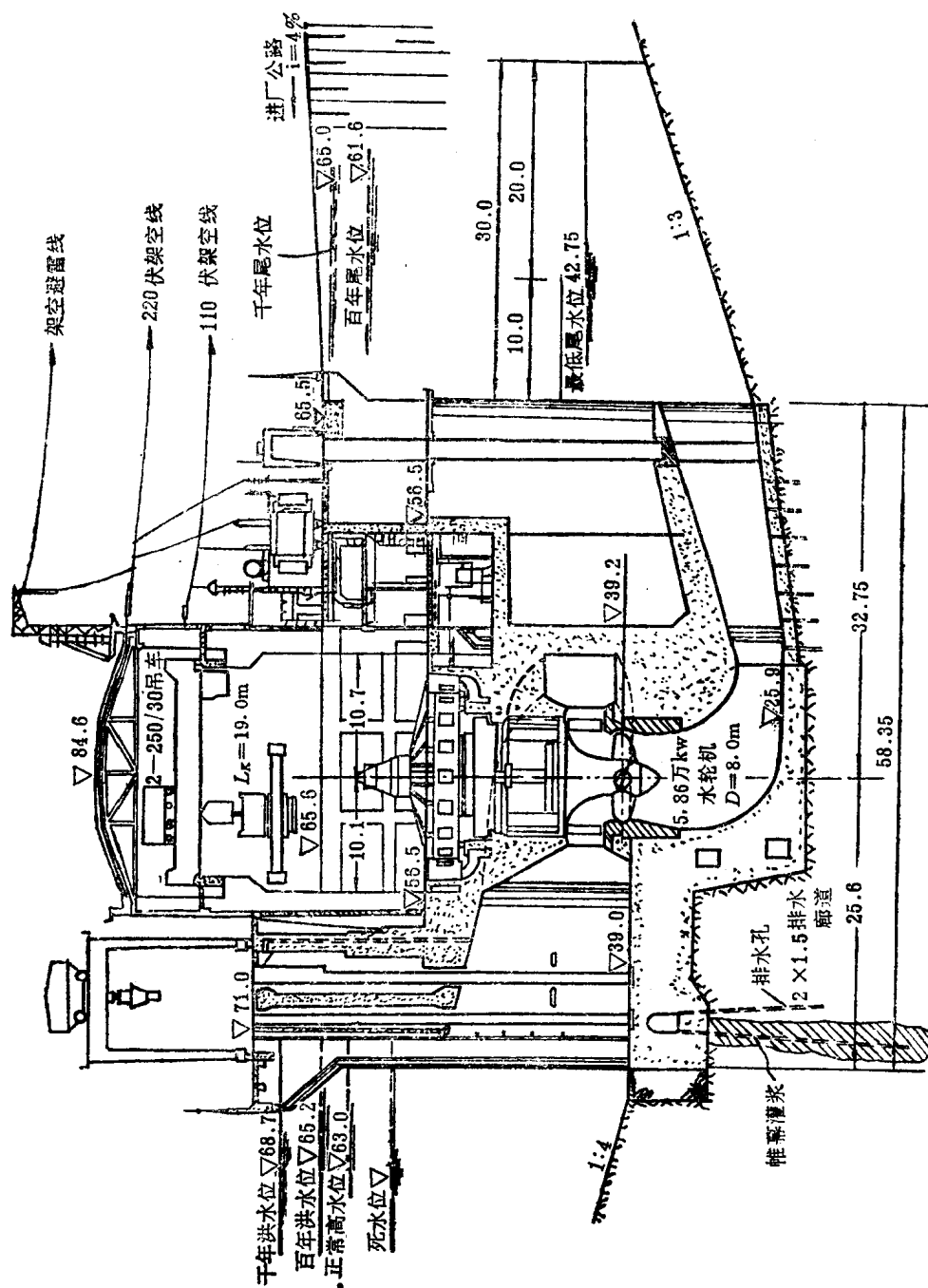


图 1-6 河床式电站坝段横剖面

§ 1-2 引水式水电站水利枢纽

引水式水电站的特点是水头由引水道形成。引水道有无压和有压两种，因此这种水利枢纽可分为无压引水式水电站水利枢纽和有压引水式水电站水利枢纽。

一、无压引水式水电站水利枢纽

这种枢纽的主要特点是水电站具有很长的无压引水道，如渠道或无压隧洞，或具有渠道和无压隧洞相结合的形式，如图1-7所示。这种枢纽的建筑物一般分为三个组成部分：一为首部枢纽，由拦河坝、进水闸及沉沙池等建筑物组成；二为引水建筑物，它直接与首部枢纽的进水口相接，在引水道上有时设有渡槽、涵洞、倒虹吸、桥梁等附属建筑物，引水道的尾部与压力前池相连；三为厂区枢纽，由日调节池、压力前池、泄水道、压力管道、电站厂房与尾水渠等建筑物组成。其中压力前池的主要作用是将引水道的水流分配给水轮机，清除污物，宣泄多余的水量与调节水位等。实际上无压引水式水电站水利枢纽并不一定全部包括如上所述的所有建筑物。如当河流中含沙量很小时，可不设沉沙池；当引水道较短或压力前池有较大的容积或电站不担任峰荷时，可不设日调节池。

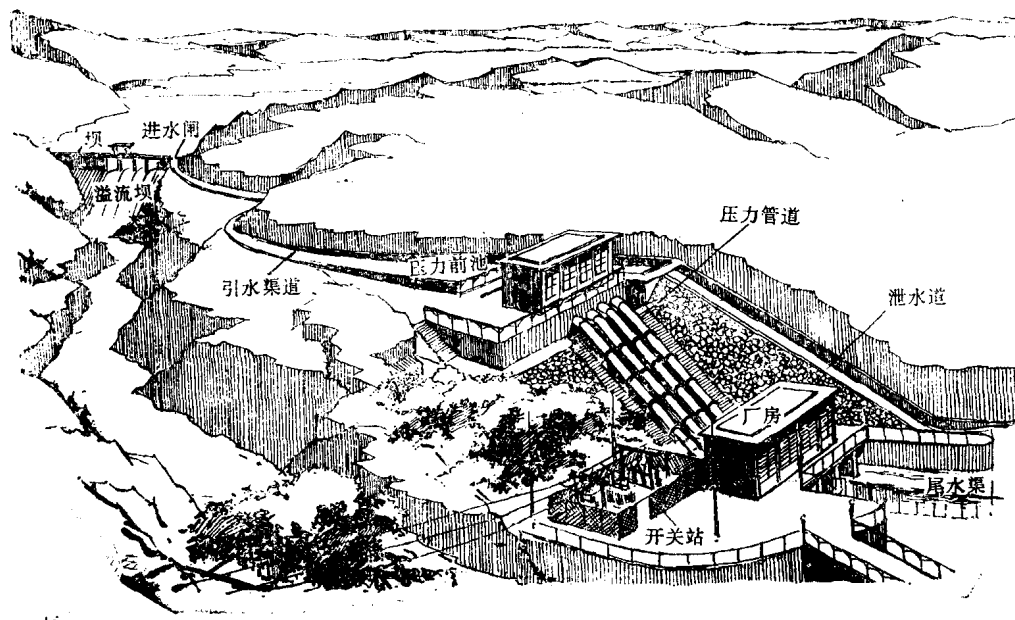


图 1-7 无压引水式水电站示意图

二、有压引水式水电站水利枢纽

这种枢纽的特点是水电站具有很长的有压引水道，一般多为隧洞。枢纽建筑物的组成亦可分为三部分：一为首部枢纽，有拦河坝及进水口；二为引水建筑物；三为厂区枢纽，它有调压室、压力管道、电站厂房及尾水渠等建筑物。图1-8为有压引水式水电站示意图。

上面列举了四种常见的水电站水利枢纽的布置，枢纽中各个建筑物是紧密联系着的，成