

水利水电系统干部培训教材

水电站

华东水利学院

水利出版社



水利水电系统干部培训教材

水 电 站

华东水利学院

水利出版社

内 容 提 要

本书共分七章，主要内容包 括水轮机、引水建筑物及厂房三大部分。本书为“水利水电系统干部培训教材”之一，也可供其他具有初中以上文化程度的干部自学使用。

2h71/12

水利水电系统干部培训教材

水 电 站

华东水利学院

*

水利出版社出版

(北京德胜门外六铺炕)

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

*

787×1092毫米 32开本 8 $\frac{1}{2}$ 印张 173千字

1982年10月第一版 1982年10月北京第一次印刷

印数 00001—17110 册 定价 0.85 元

书号 15047·4208

编写说明

为了实现水利水电系统干部队伍的革命化、年青化、知识化和专业化，以适应四个现代化建设的需要，有关水利单位正大力组织在职干部的培训。为此，水利部组织一些有经验的同志编写了这套“水利水电系统干部培训教材”，共分13个分册：《水利工程识图》，《水利工程测量》，《建筑材料》，《工程地质及水文地质》，《土工知识》，《水力学》，《工程水文》，《灌溉与排水》，《中小河流规划》，《水工建筑物》，《水电站》，《抽水站》，《水利工程施工》。这套培训教材的编写大纲由华东水利学院拟定，并在1980年12月举行的，由水利部教育司、水利出版社和陕西省水利学校、黄河水利学校、山东省水利学校、东北水利水电学校、扬州水利学校、四川省水利电力学校等参加的编写大纲讨论会上修改定稿。

当前培训干部的主要对象是省、地、县水利水电部门的行政领导干部。培训的目的，要求他们尽快地熟悉本部门的业务知识，逐步成为内行。因此，这套教材主要面向省、地、县水利水电建设的领导干部，面向中小型水利水电工程。为此，教材涉及面较广，但内容力求简明扼要，尽可能介绍一些现代的先进技术。

近期培训干部，一般以五至六个月为一期，讲课400至500学时。故本教材的总教学时数控制在400学时左右，多余的学时各地可灵活使用，例如可用于补习文化基础课，或讲

授本地区特点的某些专题。各地举办培训班时，可根据实际需要选用本套教材中的部分分册或全部分册。本教材也可供其他具有初中以上文化程度的干部自学使用。

这套培训教材中的《水利工程测量》分册，采用陕西省水利学校编写、由农业出版社出版的《简易工程测量》一书；《水力学》（借用“水文职工培训教材”中的《水力学基础》）和《抽水站》这两分册系由扬州水利学校编写；其余各分册均由华东水利学院编写。为了将这套教材编写好，水利部教育司委托华东水利学院成立了“水利水电系统干部培训教材编审委员会”，负责全部编审工作，该院副院长左东启为主任委员，教务处处长解启庚和王世泽教授、戴寿椿讲师为副主任委员。

在培训教材编审过程中，得到了有关部门及兄弟院校的大力协助，谨表示衷心的感谢。

由于我们经验不足，水平有限，书中一定存在不少缺点和错误，恳请读者批评指正（意见请寄：南京市华东水利学院教务处）。

水利水电系统干部培训教材编审委员会

1981年6月

前 言

本教材着重讲授中小型水电站，课内时数为40学时，可大致划分如下：绪论 1 学时，第一章 4 学时，第二章 3 学时，第三章 4 学时，第四章 5 学时，第五章 5 学时，第六章 6 学时，第七章12学时。办班单位可根据本地区的特点，对时数及内容进行增删。

本教材绪论及第四至第七章由张洪楚同志执笔，第一至第三章由于在沧同志执笔。书稿写成后由我院水能利用教研室王世泽教授进行审查，并经干部培训教材编审委员会审定。

受经验和水平的限制，本书中一定存在不少缺点和问题，请使用单位和读者及时指正。

编者

一九八二年二月

目 录

编写说明

前 言

绪 论..... 1

第一章 水轮机的类型和构造.....15

第一节 水轮机的主要类型、适用条件及型号.....15

第二节 反击式水轮机.....21

第三节 水斗式水轮机.....38

第二章 水轮机的工作原理.....42

第一节 水轮机的工作参数.....42

第二节 反击式水轮机的基本方程式.....45

第三节 水轮机的汽蚀现象、吸出高度与安装高程...46

第四节 水轮机的特性.....52

第三章 水轮机的选择.....64

第一节 概述.....64

第二节 水轮机的选择.....65

第三节 水轮机调速器的任务.....77

第四节 调速器工作原理、类型及选择.....78

第四章 水电站进水及输水建筑物.....86

第一节 进水建筑物的功用及基本要求.....86

第二节 深式进水口的主要类型及结构布置.....87

第三节 深式进水口的主要设备.....91

第四节 开敞式进水口及沉沙池.....98

第五节 水电站渠道的工作特点104

第六节	压力前池及日调节池	108
第七节	水电站隧洞的工作特点	110
第五章	水电站的压力水管	113
第一节	压力水管的功用、类型及构造	113
第二节	压力水管的线路选择和供水、引进方式	117
第三节	压力水管的敷设方法	120
第四节	压力水管断面尺寸的确定	122
第五节	露天钢管的镇墩、支墩、阀门及附件	125
第六节	隧洞式钢管和坝内式钢管	132
第六章	水电站的水击现象、调节保证计算及调压室	137
第一节	调节保证计算的任务	137
第二节	水击现象及水击波的传播速度	138
第三节	水击计算及机组转速暂态不均衡率的 计算	144
第四节	调节保证的标准及改善措施	153
第五节	调压室的工作原理及基本类型	158
第六节	“引水道—调压室”系统波动的稳定性	162
第七章	水电站厂房	164
第一节	水电站厂房的功用、组成及基本类型	164
第二节	水电站的主要电气设备	174
第三节	下部块体结构	201
第四节	电气设备及发电机层	205
第五节	机械设备及装配场	210
第六节	辅助设备	218
第七节	厂区布置	223
第八节	各类厂房的特点	228
第九节	主厂房结构简介	236

绪 论

一、我国水电事业发展概况及其在国民经济中的作用

电力工业是国民经济的基础工业、先行工业。发展电力工业对实现我国四个现代化建设有着十分重要的作用。

我国水力资源极其丰富，仅河川水力资源蕴藏量，按多年平均流量计算为6.8亿千瓦，其中可开发的500千瓦以上的为3.7亿千瓦，年发电量达1.9万亿度。此外，我国大陆海岸线长达18000公里以上，据初步统计，潮汐动力蕴藏量约每年580亿度。

解放以来，我国水电事业得到了迅速发展。水电站装机容量由解放初期的16万千瓦增加到1980年10月的2560万千瓦（包括正在兴建的水电站），其中中小型水电站为680万千瓦，约占2560万千瓦的27%；水电站年发电量由7.1亿度增加到1080亿度，约占全国总发电量的三分之一。尽管如此，我国水电装机容量仅占可开发的7%左右，年发电量仅占5.7%左右，这与水电事业发展较先进的国家（见表1）相比还有相当大的差距，但也说明了我国水电事业发展潜力是很大的，水电事业在我国有着广阔的前途。

实践证明，水电站特别是中小型水电站给我国广大农村提供了廉价的电力，使得电力在地方工业和人民公社各行业中得到广泛的应用。它不但促进了工农业生产的飞跃发展，而且有力地推动了农业的技术改造，提高了劳动生产率，节约了大量农村劳动力，同时也减轻了劳动强度，改善了劳动

条件，提高了农村劳动人民的物质文化生活水平。水电建设，无论是大中型还是中小型，都对我国四个现代化的建设有着十分重要的意义。

表 1

国 名	水力资源 (万千瓦)	1979年装机 (万千瓦)	已开发的 百分比	水电发电量 (亿度)	占总发电量 百分比
挪 威	3450	1754	54.7%	855	99.8%
芬 兰	360	268	74.4%	97.5	28.9%
西 德	670	600	89.5%	156	5.3%
瑞 士	1200	1056	88%	360	75%

二、河段水电站的典型布置

在《中小河流规划》课程中，介绍了河段水力资源的开发按集中落差的方式不同，可分为堤坝式、引水式和混合式三种，与它们相应建立起来的水电站就称为堤坝式水电站、引水式水电站和混合式水电站。现将它们的典型布置介绍如下：

（一）堤坝式水电站

在堤坝式水电站中，根据当地地形、地质条件，常常要对坝和厂房的相对位置作不同的布置。按照坝和水电站厂房相对位置的不同，堤坝式水电站可分为河床式、坝后式、坝内式、溢流式等。小型水电站最常见的是河床式和坝后式这两种类型。

1.河床式水电站 河床式水电站一般修建在河流中、下游河道纵坡平缓的河段中，其适用水头范围，对大中型水电站约在25米以下；对小型水电站约为8~10米以下。为避免造

成大量淹没，在河流的中、下游只能建造高度不大的坝（或闸）来适当抬高上游水位。由于水头不大，河床式水电站厂房就直接和坝（或闸）并排建造在河床中，厂房本身承受上游水压力而成为挡水建筑物的一部分，如图 1 所示。

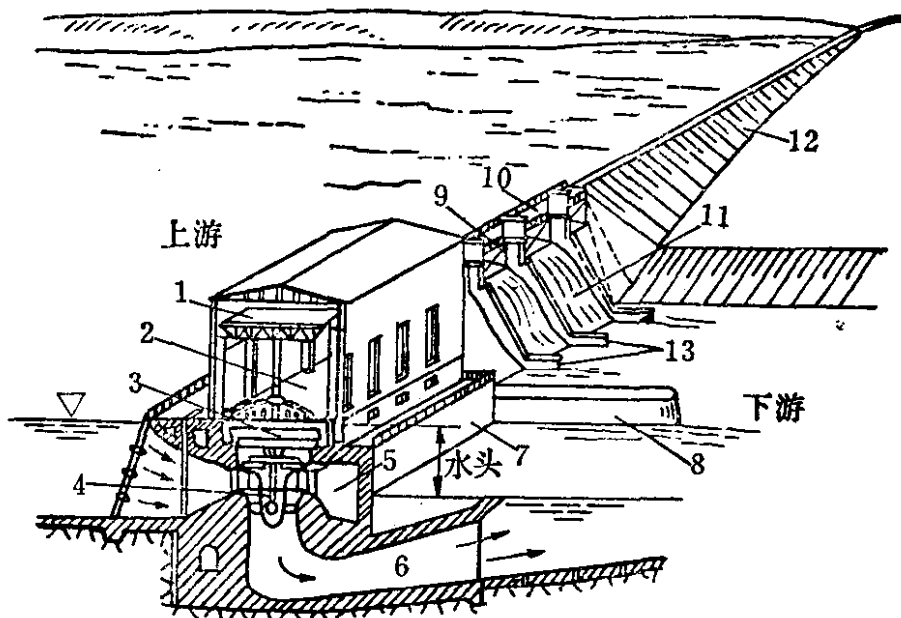


图 1 河床式水电站布置示意图

1—起重机；2—主机房；3—发电机；4—水轮机；5—蜗壳；6—尾水管；7—水电站厂房；8—尾水导墙；9—闸门；10—桥；11—混凝土溢流坝；12—土坝；13—闸墩

另一方面，由于河床式水电站多建造在中、下游河段上，因而其引用的流量一般较大，故河床式水电站通常是一种低水头大流量水电站。

2. 坝后式水电站 当由拦河坝集中起来的水头较大时，如果电站采用河床式布置，则由于上游水压力很大，厂房本身重量已不足以维持其稳定，因此不得不将厂房移到坝后，使上游水压力完全或主要由坝来承担，这样布置的水电站称为坝后式水电站。

坝后式水电站一般建造在河流中、上游。由于在这种河

段上允许一定程度的淹没，所以与河床式水电站比较，它的坝可以筑高些，这不但使电站获得较大的水头，更重要的是形成了可以调节天然径流的水库，有利于发挥防洪、灌溉、发电、航运、给水及水产等综合效益，并给水电站的运行创造有利的条件。

图 2 所示韶山灌区水府庙水电站就是一座坝后式水电站。电站厂房布置在最大坝高为 35.04 米的圬工重力坝后面，厂房内装设四台水轮发电机组，发电用水由坝体内钢筋混凝土压力管道引入厂房，自尾水管流出的发电尾水供下游灌溉。在整个灌溉季节，水电站用水完全取决于灌溉的需要。在溢流坝段设有底孔，作为放空水库及冲沙用；施工时也作施工导流用；当电站因故停机或检修时，还可供下游灌溉用水。

如果堤坝式水电站的拦河坝是土坝或堆石坝等当地材料坝，其发电用的压力管道可以埋设在坝基内[见图 3(A)]。不过，采用这种埋设方法，当水管因某种原因破裂时不易检修，自管中漏出的水将直接威胁大坝的安全，所以在多数情况下，压力管道采用隧洞，而将厂房布置在河流的一岸[见图 3(B)]，这种布置方式称为河岸式。

(二) 引水式水电站

引水式水电站按引水建筑物中水流状态的不同分为两种基本类型，即无压引水式水电站和有压引水式水电站。

1. 无压引水式水电站 无压引水式水电站的引水建筑物是无压的，如明渠、无压隧洞等。图 4 为典型的山区小型无压引水式水电站的布置示意图。由该图可见，在引水渠道进水口附近的原河道上也筑有坝，但它的主要作用不是用来集中水头，而只是将天然河道中的流量导入引水建筑物。由该

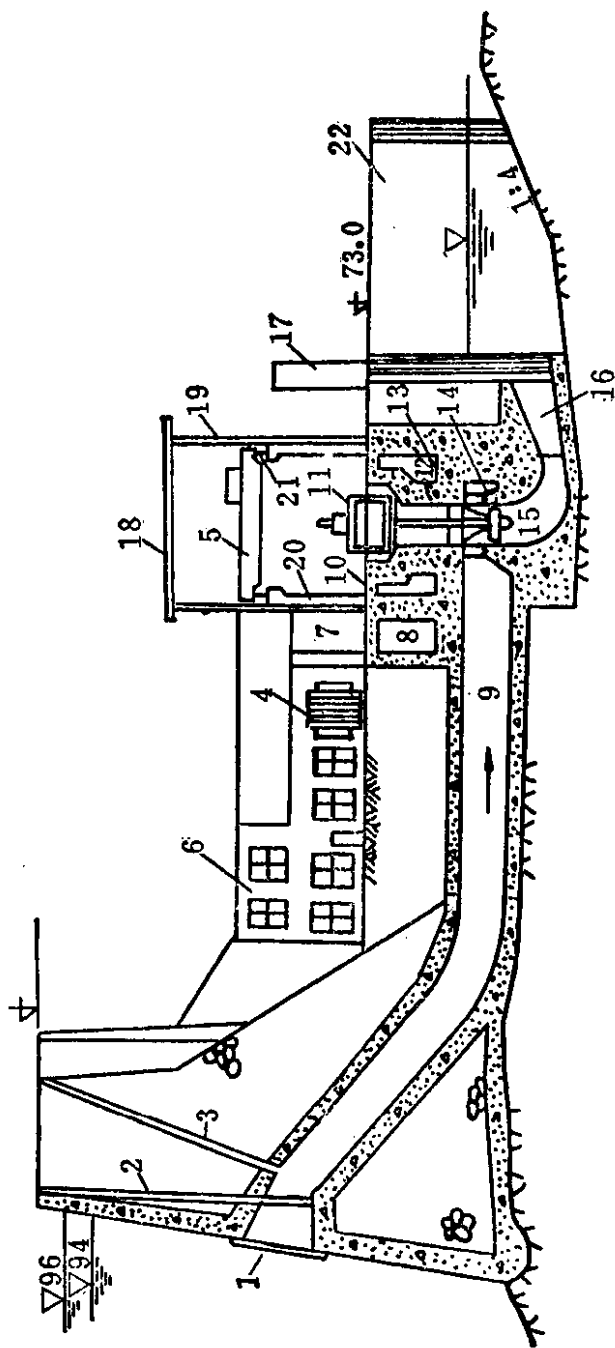


图 2 韶山灌区水府庙水电站

1—拦污栅；2—快速闸门门槽；3—通气管；4—主变压器；5—桥式吊车；6—副厂房；7—母线道；8—电缆道；9—压力水管；10—发电机房地板；11—发电机；12—圆筒式机墩；13—水轮机层地板；14—混凝土蜗壳；15—水轮机；16—尾水管；17—尾水闸门起吊架；18—平屋顶；19—墙(柱)；20—主柱；21—吊车梁；22—尾水导墙

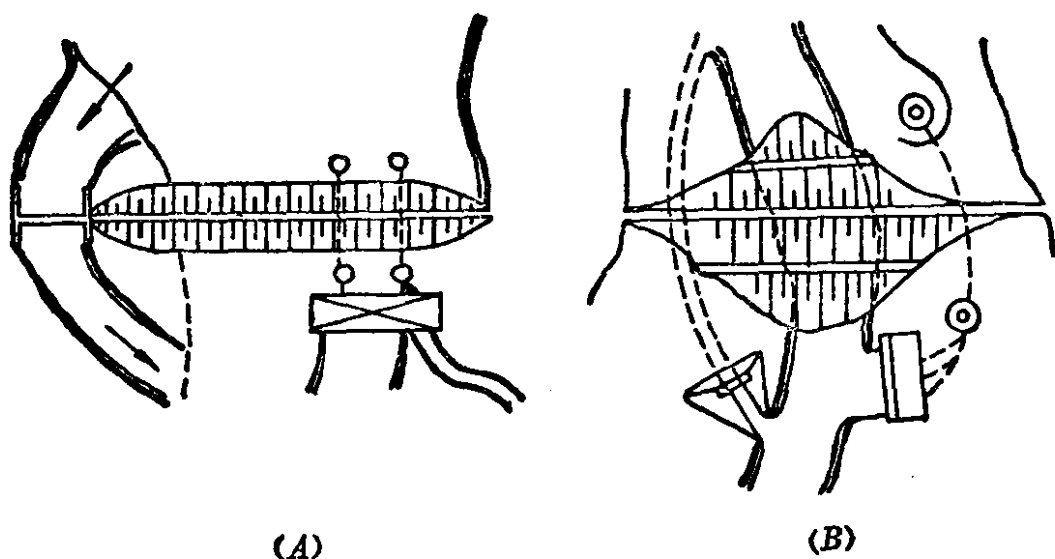


图 3

(A) 厂房布置在拦河坝后的水电站；(B) 厂房布置在河岸的水电站

图还可看到，在引水渠道末端，有一个扩大加深的水池，称为压力前池。发电用水由压力前池经压力水管引入电站厂房。在电站骤然减少引用流量时，渠中多余的水量可从压力前池的溢水道泄往下游。

在低丘区和平原地区，无压引水式水电站的水头很小，一般在 6~10 米以下，这时，发电用水由引水渠道直接引入厂房水轮机室，整个枢纽平面布置见图 5(A) 所示。

灌溉渠道上的跌水，一般也可用来建造水电站，称为灌渠跌水式水电站。它也是一种无压引水式水电站。因为该种水电站是利用灌溉渠道上的跌水来修建的，故其造价要比专门建造的同容量水电站便宜一些。其缺点是，通常只能在灌溉渠道通水时才能发电，因而具有很大的季节性，作为常用电站，有其不方便之处，需要与其它电站相配合。

灌溉跌水式水电站的布置有两种方式。当水头较小时，发电用水直接自灌溉渠道引入厂房（相当于河床式），或经



图 4 无压引水式水电站总体布置示意图

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

引水渠引入厂房[见图5(A)]; 当水头较大时, 发电用水经引水渠和压力前池、压力水管进入厂房(图4)。

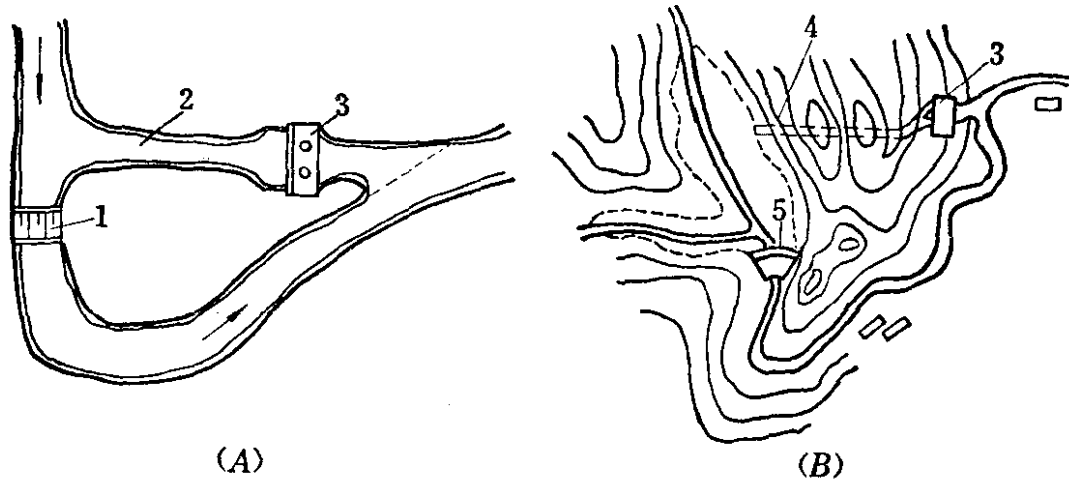


图 5 利用河湾修建引水式水电站

(A)丘陵、平原地区; (B)山区

1—溢流坝; 2—引水渠; 3—厂房; 4—压力引水隧洞; 5—坝

2.有压引水式水电站 有压引水式水电站的引水建筑物是压力隧洞或水管, 如图5(B)。如果水电站主要利用有压引水建筑物来集中水头, 那么这个水电站就可以看成是有压引水式水电站。在有压引水式水电站中, 当压力引水道很长时, 为了减少压力水管中因突然丢弃负荷而产生的水击压力和改善水电站的运行条件, 常常需要在压力引水道和压力水管的连接处设置调压塔或调压井。

(三)混合式水电站

混合式水电站常常建造在上游有优良库址, 适宜修库, 而紧接水库以下河道坡度突然变陡, 或是有一个大的河湾的河段上。它的水头一部分由坝集中, 另一部分由引水建筑物集中, 因而具有堤坝式电站和引水式水电站两方面的特点。图6所示的安徽毛尖山水电站就是一座混合式水电站。该站通过拦河建坝(土石混合坝)取得20米左右水头, 又通过开

挖压力引水隧洞，取得120多米水头，电站总净 水 头 达 138 米，装机25000千瓦。由于压力隧洞很长，故在隧洞末 端 设 置了调压井。

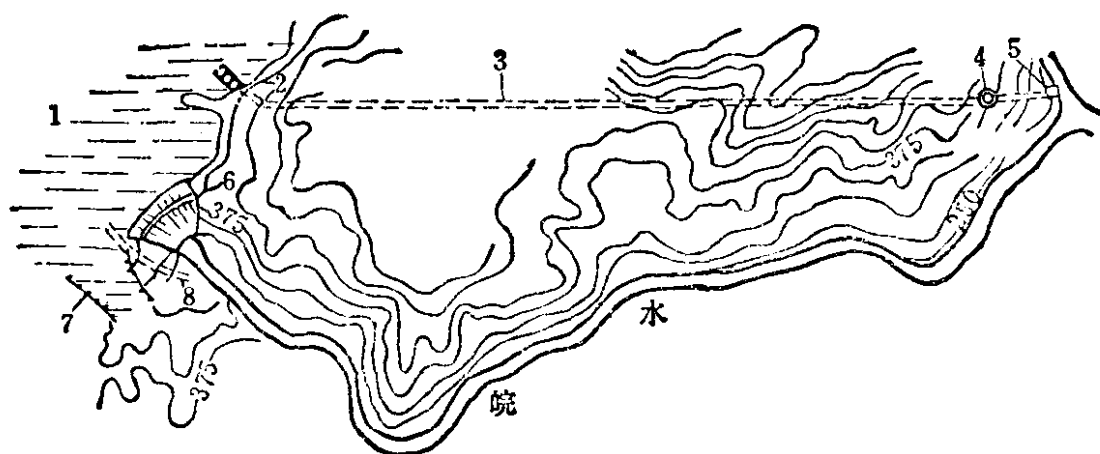


图 6 安徽省毛尖山水电站总体布置图

1—水库；2—进水口；3—发电引水隧洞；4—调压井；5—地面厂房；
6—大坝；7—溢洪道；8—导流洞

混合式水电站和引水式水电站之间没有明确的分界线。严格说来，混合式水电站的水头是由坝和引水建筑物共同形成的，且坝一般构成水库；而引水式水电站的水头，只由引水建筑物形成，坝只起抬高一些上游水位的作用。在实际工程中，常将具有一定长度引水建筑物的水电站统称为引水式水电站，而较少采用混合式水电站这个名称。

河段水电站除按开发方式进行分类外，还可以按其是否有调节天然径流的能力而分为无调节水电站和有调节水电站两种类型。

三、水力资源的几种特殊开发方式及其典型布置

1. 跨流域引水开发、跨流域引水式水电站 若相邻两条河流有局部河段靠得很近而又一高一低，就可以考虑穿过两条河流的分水岭打一条隧洞，将高河的水引入低河来开发。