



農村小型水电丛书

小型引水式水电站的布置

赵宝璋編

水利电力出版社

目 录

第一章 小型引水式水电站的布置方式	3
§1. 中、高水头引水道式水电站	3
§2. 低水头灌渠跌水式水电站	6
第二章 引水道式水电站的进水口及引水渠的布置	10
§1. 进水口位置的选择	10
§2. 引水渠的选线	14
§3. 渠道的断面及流速	15
第三章 引水道式水电站的压力前池及压力水管	19
§1. 压力前池的布置	19
§2. 压力前池的设备	22
§3. 压力水管的布置	24
第四章 引水道式水电站的厂房	28
§1. 厂房枢纽布置	28
§2. 厂房的发电机层	30
§3. 尾水管及尾水室	33
第五章 灌渠跌水式水电站的枢纽布置	35
§1. 厂房枢纽布置	35
§2. 厂房的导水槽	37
第六章 灌渠跌水式水电站的厂房	39
§1. 发电机层	39
§2. 厂房的水下部分	42

第一章 小型引水式水电站的布置方式

§1. 中、高水头引水道式水电站

山区地势险峻、水流急湍，多为河道的中上游，河道的坡度较陡，通常约为 $1/100 \sim 1/200$ ；但有的急流陡坡其坡度竟达 $1/50 \sim 1/70$ ，有很多地方可以找到适于修建水电站的地方。但山区小河道多属较大河道的上游支流，有时由于受水面积不大，因而其流量较小。这些地方常年受水流的冲刷，积聚的乱石很多，河床的复盖层一般较厚，有较多的一部分水量变为地下潜流，所以山区小河道的水量有时是变化较大的，在洪水期水量很大，洪水河槽很宽，但在枯水期河中水量很小，有些地方甚至不到一个流量，在有潜流的地方，甚至在表面看起来是枯干的河段。在我国北方的地区多是这样，南方由于降雨关系，情况要好些。从上述情况看来，山区河道的特点是落差大而流量小，而且愈是往河道的上游愈是如此，在这种情况下利用河流的水力资源修建引水道式水电站是较为适宜的。

引水道式水电站是水电站的基本类型之一，因为这种形式的水电站的落差是靠引水道形成的，所以称它为引水道式水电站(图1)。在山坡上沿着河道的方向修筑渠道，渠道的底坡较小，只要能保证水流动就行了，经过相当长的距离后，渠道中的水位就要比河道中水位为高，这样可以得到水电站所利用的落差，用水管引入厂房，就可冲动水轮机发电。

例如某段河道平均坡度为 $1/100$ ，沿河修筑渠道，渠道的底坡为 $1/1,500$ ，渠道全长为3公里，在这3公里共集中了落差30公尺，渠道为使水流动总共跌落了2公尺，所以水电站就可

以利用約28公尺的落差。如果渠道能引进1秒公方的流量时，就可以发出180~200瓩的电。



图1 引水道式水电站布置

这种利用渠道做为引水道的形式就称为无压引水道式水电站，因为渠道中是明流，也就是说渠中的水是有自由水面的，所以就称它是无压的。

无压引水道式水电站包括有下列的建筑物：

1. 进水口：它是为引水进入渠道的建筑物，通常也称为进水閘，为了便利引水，有时在閘前修一个攔断河床的坝，这种就称为有压引水，在进水口前没有修攔断河槽的坝，或仅修了一个临时的攔堤的，就称为无坝引水，无坝引水不能保证把全部河水都进入渠中，但它是很经济的，施工起来也较简单；

2. 渠道：它是引水式水电站的主要建筑物，它的任务就是集中落差及输送水电站所需要的水量，渠道是水电站引水建筑中最经济的一种；

3. 压力前池：它是在引水渠道的末端，落差集中的地方修建的水池，渠道引进的水经过压力前池后就要流进通向厂房的

压力水管了。在压力前池中还引出多余水量的溢水道。

4. 压力水管：它是把水流引进厂房；冲动水轮机转动的水管，因为水管是被整个水流充满的，它要承受着十几公尺以至数十公尺的水压力，所以称它为压力水管；

5. 厂房：厂房是安装一切机电设备的机器房，水流自压力水管引进厂房后冲动水轮机，水轮机带动发电机就可发出电能，发电及配电的工作都在这里操縱；

6. 尾水渠：尾水渠是把发电用过的水引走的渠道。

上面所說的这种引水道式水电站是比较典型的。实际上，在山区可利用的落差及地形等很多条件，怎样布置以及采用那些建筑物，都要看当地的具体情况而定。例如某河道具有很长的一个环形河弯，在河弯段内通常是有着很大的落差，这样我们就可以采用将河弯取直的办法，利用引水道将河水引通，就可集中水头发电，这种地形条件在山区河道是不难找到的(图2)。

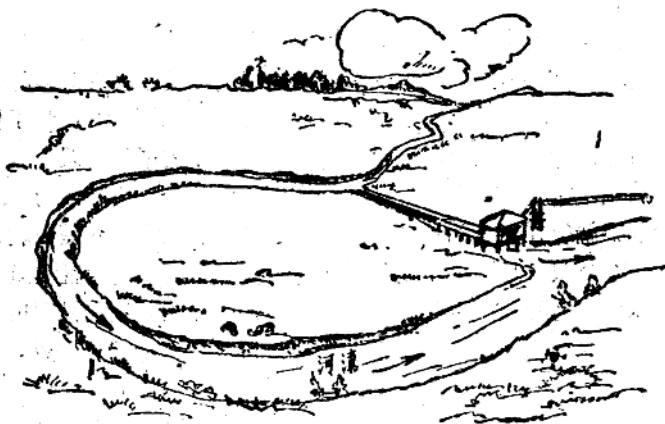


图2

又如有时两条河流相距很近，只是当中隔着一个山梁，但两河的水位不同，一个较另一个水位高出很多，这就是一个很好的发电条件，在这种情况下，我们可以打通一条隧洞，将高河水引向低河，两河的水位差即是水电站所利用的落差（图3）。



图3

§2. 低水头灌渠跌水式水电站

在灌溉渠道上渠道布置的高低是决定于所灌溉田地的高程，自河边引水到大面积的平川时，由于地形较陡，进水口又多设在较高的地址，这样就使得渠道的引水线路具有较大的落差，对于灌溉系统来说，这些落差是没有什么用途的，为了使渠道不受冲刷以及考虑到沿渠所开的分水干支渠的布置，以及在施工中节省填土方等，渠道的底坡一般都是很小的，而多余的落差就须在适合的地址修建跌水建筑物。跌水的落差一般为2~3公尺，最大很少有超过6公尺的。已建成的灌溉渠道的跌水就成为修建水电站的很好地址。目前我国各地农村利用灌渠跌水修建很多的小型水电站，造价很低，施工时间亦短，对于农村电气化具有很大的意义。

灌渠跌水处的水电站所利用的落差，是原来跌水处已经形成了的落差，只要将跌水处用闸门堵上，修一条引水渠，将厂

房布置在繞过跌水处的引水渠上，再修一道尾水渠將用过的水流排入跌水下游就可以了，这些建筑物的布置很集中，因而其工程量也不大(图4)。

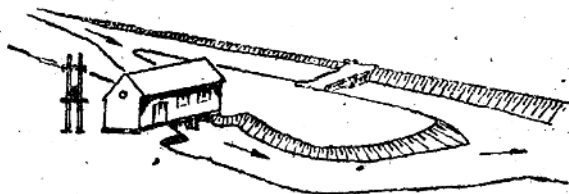


图4 灌渠跌水式水电站

灌渠跌水式水电站的建筑物較簡單，因为在渠道跌水处已經具备了集中的落差，一般包括有：

1. 跌水：原来已建的建筑物，用它来擋水抬高水位及做溢洪道之用；
2. 引水渠：在原来渠道上挖出的引水渠，引水入水电站厂房；
3. 厂房：就修建在繞过跌水的渠道上，是裝設机电设备的机器房；
4. 尾水渠：將发电用过的水排入下游的短的渠道。

灌渠跌水处的水电站一般都修在干渠或总干渠上，因为这一部分渠道所通过的流量是較大的，而且其过水的时间也是經常的，在其他較小的分水支渠上，所引用的流量通常是較小的，且由于灌溉系統的輪灌制度，因而这些分水支渠并不是經常过水的，利用它們发电也就得不到經常过水的保証。在干渠或总干渠的跌水处修建水电站，也应该尽量选择靠近渠首进水口的地址，因为愈往下游，分水渠愈多，在各分水渠引水灌溉期

間，干渠的下游通過的水就少很多了，這對於發電也是不利的。

在干渠或總干渠跌水處修建水電站，也應該注意其落差的條件，我們希望干渠或總干渠的渠綫是垂直於地形等高綫方向的，因為只有垂直於等高綫才有可能集中較大的落差，但在事實上干渠經常是布置在平行於地形等高綫的方向，這樣的布置是沒有太大的落差的。所以在修建灌溉渠道時應盡量地考慮到利用跌水發電的條件，這樣才能更充分地利用水力資源。

總結上面所說的幾點原則，我們就可明了在灌渠上應該怎樣選擇修建水電站的地址，我們所選的渠道應尽可能符合於下列的條件：

1. 在主要的、大的干渠上，因為這些渠道通過流量較大；
2. 在經常運轉的渠道上，不能是輪灌的小渠道上，因為這裡會中斷過水，停止發電；
3. 在垂直於地形等高綫的渠道上，因為這裡多具有較大的落差。

在很多灌渠上，我們經常遇到這種情況，即是在渠道上有許多距離很近的小跌水，它們的跌差不大，一般約1.0~2.0公尺或更小，這些跌水每一個單獨看起來，發電的意義不大。但是為了能充分利用水力條件發電，我們可以採用將兩座跌水合併的辦法，這就需要將次一級跌水廢除，而把這個跌水之上的渠道挖深，這樣一來，兩個跌水合併後就可能集中3~4公尺的落差了(圖5)。

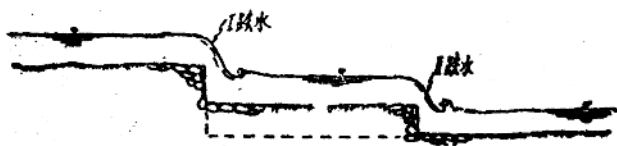


圖5

有的时候，虽然跌水的落差较大，例如有5~6公尺左右的落差；如有两个跌水的距离很近的情况，也可以考虑合并的办法。将下一级跌水废除，并挖深其渠道，可以得到十多公尺的落差，这时就可以在落差集中地点修筑一个用压力水管引水的水电站。这种将落差集中使用发电的办法，可以减少机电设备的投资，在运转及管理上也可节省人力。但必须估算一下填挖方的数量，进行经济比较，确定合理的方案后再做决定。

在灌渠跌水处修建水电站时应注意到灌溉与发电之间的矛盾，因为它们之间的运转并不是一致的。灌溉渠道在一年中多半不是经常过水的，因为有些渠道由于尽量避免附近的地下水位过高而引起邻近田地的盐碱化现象，就使渠道仅仅是在灌溉时间才放水。

有的渠道在大水期间并不过水，因为这些时间并不需要浇地，同时也是为了避免洪水期间带来大量泥沙淤塞渠道，有的渠道在冬季并不过水，因为在这些时间里渠道要维修与清理淤泥等。

再有，在灌溉期间渠道的水是流向田间浇地，在非灌溉期间便不能流向田地中去，但水电站为了常年地发电，在非灌溉期间也需要渠道过水，这就需要给发电用过的水找一个妥善的出路。在一些没有排水系统的灌渠中修建水电站就会遇到这个问题。

为了避免上述运转上的困难，在选择修建水电站地址时应首先考虑把电站放在距渠首较近的跌水处(图6)。在水电站下游再修一条不长的排水渠道，在非灌溉期间，水电站利用过的水就可通过这条排水渠引入河中。

如果水电站所在的跌水距河道较远，而非灌溉期间，渠道又不能过水时，就必须修建一条较长的渠道将发电用过的水排走。

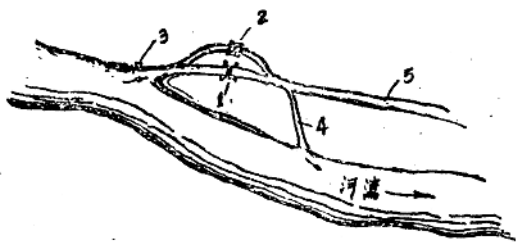


图 6

1—跌水；2—电站；3—进水口；4—排水渠；5—灌溉干渠。

从上面所說的情况看来，在設計灌渠跌水式水电站时，应针对发电与灌渠之間的矛盾詳細研究，并应設法解决，以免在将来运轉过程中互相干扰。

第二章 引水道式水电站的进水口 及引水渠的布置

§1. 进水口位置的选择

水电站进水口的作用就是要保証不間断地引进水电站所需要的水量。在設計进水口时，同时还必須注意使它不应帶入大量河中泥沙，以及漂浮的木材、垃圾等污物，以防淤积及堵塞、撞毀渠道。假如这些东西通过渠道后，对水电站的水輪机是非常有害的。

进水口是水电站的一个很重要建筑物，它的形状有的很复杂，有的就較簡單，对于山区引水式水电站最常采用，也是最簡單的一种，这就是无坝引水式的进水口。这种形式是在进水口之前并没有攔断河槽的坝，只是在一边河岸上开了一个引水

口。由于没有坝的建筑，就省去了很多修坝的投资，在设计及施工上也很省时间，所用的材料一般在河滩上也能就地取材，所以在山区河道得到广泛的采用。

无坝进水口由于没有建造坝，要引入全部河流的水量就比较困难，通常它只能引走河水的一部分，有时只能在 $1/5 \sim 1/10$ 左右。在枯水期河流水量极少时，就有可能不能满足发电的最低用水要求，为了多引些水发电就需采用一些措施。

最简单的办法就是在进水口之前向河流上游修一个导水堤，利用它将河水拦过来。这个导水堤就起了拦水坝的作用。它在枯水期可以修得很长，甚至一直可延

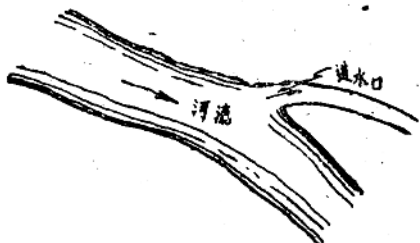


图7 无坝引水式进水口

长至河流的对岸，这就有可能将全部枯水期水量引入进水口来（图7）。

导水堤所采用的材料很简单，根据就地取材的原则可以采用柳条编起的筐，其中填以块石，泥土等。为了坚固起见，再在上面打上一排柳木桩子就行了。有的地方也可以用葦子编成一条条的葦子网，上面填些泥土，对导水堤的防水要求并不高。

这种用当地材料做成的导水堤的特点是比较经济及施工简单，但在洪水期，河中水很大的时候多是被洪水全部或部分地冲毁，洪水期过后就需要检修一次。对发电来说影响不大，因为洪水期堤被冲毁，但河水还是很大的，这时虽然没有导水堤，进水口还是能够引进水电站所需的水量。

如果河道中泥沙情况较严重，尤其是在洪水期，上游带来

的泥沙很多，这样就可以將进水口淤塞，影响进水口的进水，为了保证在进水口附近有足够的水深以便引水，可以在进口河岸与导水堤相连接的地方

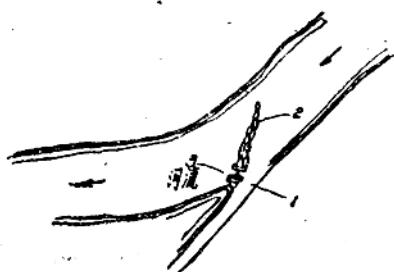


图8 有导水堤的无堤引水
1—进水口；2—导水堤；3—冲砂閘。

修一个简单的閘門，称为冲砂閘，开启这閘門就可以將进水口前淤积的泥沙冲向下游，冲洗工作可以看具体情况而定，一般在洪水期以后进行冲洗，因为在这些时候，上游带来的泥沙较多，而河中的水量也較充足(图8)。

設計无堤引水式的进水口，主要的就是应正确地选择进水口的位置。若位置选的不好，将来取水也就不可靠，对水电站发电的影响很大。确定进水口位置时应考虑下列几項原則：

1. 进水口应布置在河槽稳定的河岸上，所謂河槽稳定就是指河水主流不經常改道，因为进水口多放在河流的灘地上(图9)。假如經過一次洪水，由于大水的冲淤，將河槽主流变成了虛綫的位置，則当洪水过后在进水口附近就沒有水了，这种情况应特別注意，在严重情况下，甚至將所修的进水口廢弃了；



图9

2. 进水口应布置在坚固的

河岸上。因为在坚固的河岸上是不怕水流的冲刷,尤其是洪水,水流很急,进水口如果放在松软的河岸上时,则建筑物的稳定就受到影响。如果在坚固的岩石上开凿进水口就较为理想;

3. 进水口应放在河流的回岸上(图10)。因为在河流的回岸河流是转弯的,在河流转弯处水流形成环流的形状,清水流向水面引入进水口的一岸,而挟带泥沙的混水在底部流向对岸,这样就可以避免进口引进泥沙;



图 10

甲—河流转弯处进水口位置; 乙—河流转弯处的横剖面水流示意图

此外,在凹岸是受冲刷的,受冲刷的一岸水深较大,这样就更利于进水的引水;

4. 进水口应尽量放在较高的地方,无坝引水的进水口,多半是放置在河流的滩地上,如果位置高时,可以避免洪水期的泥沙将进水口及渠道的首部堵塞,同时将进水口放在较高的位置,也可以多获得一些落差来发电;

5. 进水口的轴线应该向上游与水流的方向一致,这是为了水流平顺地流入进水口,以减少水头损失的有效办法,进水口轴线与河中水流所夹的角度一般不大于 $18 \sim 30^\circ$ (图11)。

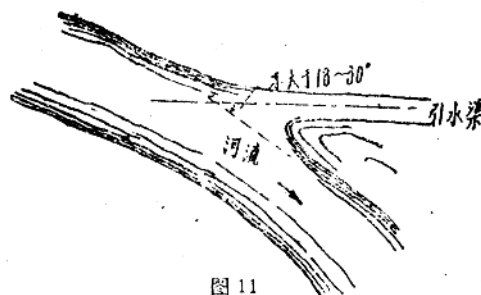


图 11

上面所述的几项是一些最基本的原则，在实际工程中应针对各种情况，进行分析研究，以便选择合适的进水口位置。

§2. 引水渠的选线

在水电站中引水渠道的作用是保证输送水轮机所需要的水量，以及形成水电站所利用的落差。发电所用两个基本条件都由渠道来完成，在水电工程中称它为动力渠道，所以渠道在水电站的建筑物中是非常重要的。

在选择渠道路线时，应尽量使渠道所经过的距离最短，渠线长时就会使水头损失较大，从而就会少生产电能。

但在实际工程上，由于地形的起伏，最短的渠线可能经过有山头或低洼的地带，经过这些地方走直线，挖方填方量很大，就需要穿山修隧洞或在低地修渡槽过水。而这些建筑物的造价就比渠道为高，在施工上也较困难，遇到这种情况就需要在经济上比较一下，选择一个工程量不大，造价小，施工也较容易，同时损失水头(电能)也较小的方案来。

引水渠道多修筑在山谷河流的坡地上，沿着河流向下游渠道的路线愈来愈高，在地质上应尽量选取坚固的岩石及不渗水的地层上。

渠道所经过的山坡，首先要注意山坡的稳定性，不稳定的山坡的岩石有下滑的危险，这就会使整个渠道破坏，尤其是大

块岩石有斜向裂缝，而缝中又夹有粘土时，这种情况当渠道过水之后是最危险的。

应避免将渠道建筑在砂性土壤上，因为在这种土壤上，水量极易渗走，在水流通过时，泥沙松散地被冲掉，极易使渠道的横断面改变形状，在风化较严重的碎石层上，漏水也是很严重，渠道也不能修在这种情况的地基上。

渠道所经过的地层漏水，会白白损失掉电站所用的水量，同时也会导致渠道的坍塌破坏。如果渠道所经路线不能避免上述地质很差的地区时，就要采用砌砌。

砌砌就是在渠道内做一层护面，它的作用有两个：一个是防止漏水，一个是加强渠道的边坡的稳定。在山区小型水电站中渠道最通常采用浆砌块石的砌砌（图12）。

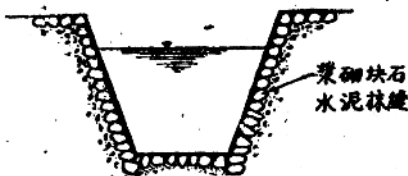


图12 渠道的浆砌块石砌砌

在冬季较严寒的地区修渠道时，应尽量将渠道修建在向阳的山坡上，在向阳山坡上可以解决渠道过早的结冰，有时冬季结冰后，渠道就很难过水了。

§3. 渠道的断面及流速

明渠的横断面多采用梯形，渠边的斜坡线与水平线的夹角称为渠道的边坡（图13），通常用这个夹角的余切（三角函数）来表



图13 渠道的横断面形状

示, 写作字母

$$m = \operatorname{ctg} \theta = \frac{a}{h}$$

边坡系数的大小视土壤的性质而定。粘性土壤可比砂性土壤陡些, 岩石又比土壤陡些。如果渠道所经过的岩石情况很好, 就可以开挖成两壁垂直的矩形断面。

渠道的边坡可以分成水上及水下两部分, 水上部分由于它不过水, 就可以较水下部分修的陡些。在各种土壤情况下, 渠道的边坡大小可采用表 1 所示的数值。

表 1

土 壤 的 种 类	边 坡 系 数 m
粉砂类土壤	3.0~3.5
含砂很多松散的土壤	2.0~2.5
砂壤土	1.5~2.0
普通黄土及粘土	1.0~1.5
紧密的粘土	1.0
卵石和礫石	1.25~1.5
风化的岩石	0.25~0.5
坚硬的岩石	0.1~0.25

修在山坡上的渠道的横断面构造, 如图 14 所示。



图 14 渠道的断面构造

1—超高; 2—马道; 3—边坡。

超高 堤顶较渠中最高水位超出的高度, 通常可以采用 0.2~0.5 公尺, 视渠道过水断面的大小而定。

马道 留着为检查修护渠道及行人而用, 其大小要考虑到将来的

工作情况，一般可采用0.5~0.8公尺；

边溝 也称排水溝，設在靠近山坡的馬道的外緣，是用来將山坡上的雨水集中排到边溝里，再由边溝导入渠道，这样做是为了防止雨水冲毀馬道及渠堤。

山坡上如有較大的山沟冲向渠道时，則在这段渠道上要用石板作盖，以防大石冲下撞毀渠道，同时在山沟上面还要做些谷坊工程。

在設計渠道的断面尺寸时，首先要选定一个流速，因为渠道的断面面积的尺寸再乘上流速就等于渠道所通过的流量。

明渠中的流速不应过大也不能太小，流速过大就会引起渠道中的冲刷，流速过小就容易造成渠道的淤积，淤积后的渠道断面减小过水能力就降低；所以設計人員應該选择一个既不会引起冲刷也不会造成淤积的流速数值，称为不冲不淤流速。

不使渠道产生淤积的流速数值与渠中水深有关，另外还决定于水中所夾帶泥沙的数量及顆粒的大小。規定的不淤流速的数值不得小于0.5公尺/秒。这个限制数值是很小的，通常渠中的設計流速要高于这个数值，这就需要由不冲的条件来决定，因为假如采用了不使渠道中产生冲刷的限制流速，則渠道淤积的問題也就解决了。

渠道中允許的不冲流速的大小与土壤的性質有关，粘性土壤較沙性土壤允許較大的流速数值，在砂性土壤中顆粒愈大其允許的流速也愈大，卵石就要比粗砂允許的流速大的多。

渠道中允許的不冲流速的大小与渠道中水深也有关系，一般說来水深愈大，允許的流速也愈大。

对于各种土壤及岩石的允許流速建議采用下列各表(表2~3)。

有襯砌的渠道允許不冲流速的数值，見表4。