

# 水力发电

[第二卷]

[匈牙利] E. 莫苏尼著 潘家铮 汝乃华 朱滋澧 唐寿同译

上海科学技术出版社

# 水 力 发 电

第二卷 高水头电站

小型电站和抽水蓄能电站

〔匈牙利〕E. 莫苏尼 著

潘家铮 汝乃华 朱滋澧 唐寿同 译

上海科学技术出版社

## 內 容 提 要

《水力发电》原书系匈牙利 E. 莫苏尼所著。全书共分三卷,第一卷以阐述低水头电站为主,第二卷以阐述高水头电站为主,第三卷以论述水工结构物为主。这是一套水力发电专业方面内容比较丰富和新颖的专著。

本书系根据原书第二卷译成,全面论述高水头电站的各种布置型式,水工建筑物的结构特征,以及水轮机和发电机的构造和性能等。除此以外,对于农村中的小型水力、水电站,以及目前各国正在发展中的,可与核电站联合运行的抽水蓄能电站的布置、设备和运行方式等,亦都作了专门的介绍。书中对于地下式水电站和高水头水力机械等部分介绍得尤为深入详细。

本书主要供我国水利水电设计、施工、科研人员进行参考用,同时也可以作为高等学校有关专业的教学参考书。

## WATER POWER DEVELOPMENT

### Volume Two

### High-head Power Plants

### Midget Stations and Pumped-storage Schemes

Emil Mosonyi

Publishing House of the Hungarian

Academy of Sciences · 1960

## 水 力 发 电

### 第二卷 高水头电站

### 小型电站和抽水蓄能电站

潘家铮 汝乃华 朱滋澧 唐寿同 译

---

上海科学技术出版社出版 (上海瑞金二路 450 号)

上海市书刊出版业营业许可证出 093 号

---

上海市印刷五厂印刷 新华书店上海发行所发行

开本 787×1092 1/18 印张 45 8/18 插页 6 排版字数 1,066,000

1965 年 4 月第 1 版 1965 年 4 月第 1 次印刷

印数 1—3,000

统一书号 15119·1793 定价(科六) 6.90 元

## 譯 序

水力发电是电力工业中的一个重要部門。我国水力資源异常丰富，在党的社会主义建設总路綫的光輝照耀下，我国貫徹了自力更生的建設方針，水电建設事业已有了极其迅速的发展，修建起許多大中小型的水电站，不少电站的規模和技术水平都已成为工程建設的范例，从而使我国水电建設面貌为之一新。

近一、二十年来，水电建設事业在全世界範圍內的发展亦是比較迅速的，有关的科学理論和实践經驗也都有了显著的提高。为了更广泛地吸取国外經驗，国内水利水电工作者都期望有一本內容比較全面而新穎的国外专著，便于从中了解世界各国水电事业的发展情况、最新的技术成就和发展趋势，吸取其中的精华，以期对我国今后宏偉的水利水电建設事业作出更大的貢獻。但是，目前能反映这些成果的专著不多。有些书，如古宾著的“水电站”<sup>①</sup>及克里格尔等著的“水电手册”<sup>②</sup>，成书時間都在四十年代，內容不免显得陈旧。能反映五十年代的全面性著作，就我們所知，以本书及布朗等編著的“实用水电工程”<sup>③</sup>两书較佳，而后者在取材上則又不及本书广泛。

本书系根据匈牙利 E. 莫苏尼所著“Water Power Development”英文版譯成。原书为近代国际上水力发电工程的有名著作，共分三卷。有匈文、德文、英文三种版本，其中以英文版的出版時間为最迟，內容曾有补充，因而也較完善。

原书第一卷包括水能利用基本原理及低水头水电站两大部分，而以闡述低水头水电站为主。在这一卷中全面地論述了低水头电站的各种布置型式、水工建筑物以及机电設備等。第二卷以闡述高水头水电站为主，包括高水头电站、小型水力、水电站及抽水蓄能电站三大部分。书中除全面介紹高水头电站的各种布置型式和設計外，对于最近迅速发展的地下水电站和抽水蓄能电站的布置、机电設備和运行等作了重点深入的介紹。第三卷以論述水工結構为主，包括坝、閘、金属結構和机械設備、电站的操作运行以及經濟分析五大部分。

我們认为本书有以下几个特点：(1) 著者在編写此书前，曾考察了世界各国的水电建設事业，故能兼收各国的理論和实践經驗，取材比較全面广泛；(2) 如前所述，本书曾系統地整理了最近十多年来的建設經驗和研究成果，基本上广泛地反映了五十年代水力发电工程的技术面貌，因此在內容上也比較新穎；(3) 本书收集各国已建成的电站实例特別丰富，在論述每一問題时，都列举有关实例进行討論，理論与实际結合得比較密切。当然，本书也有其不足之处，例如系統性尚不够严密，对于各个問題

① Гидроэлектрические станции, Ф. Ф. Губин, 1949.

② Hydro-Electric Handbook, Creager and Justin, 1950.

③ Hydro-Electric Engineering Practice, J. Guthrie Brown, 1958.

的討論也有深淺不一情況。但一般講來，本書具有較大的參考價值，而且本書的讀者一般均已具有水利工程基本知識，因此對不同問題作不同程度的處理，亦尚無大碍。

本書基本上遵循原書直譯，但為使譯文通達明了起見，對於有些字句，在不失原意的要求下，略作了一些改動。對原書外文中介別與實際情況顯然有出入或不妥之處，亦作了修改或刪節。此外，原書附錄中所列的符號表、電站名稱索引、人名索引、標題索引以及各照片下注明的來源等，對我國讀者作用不大，因而均予刪節。

限於我們的水平，譯文中難免還存在謬誤，希望讀者多予指正。

潘家錚 汝乃華  
朱滋澧 唐壽同

1964年11月，上海

## 原 序

著者拟借序言之便，来说明在本书中未能实现以前所作的一些安排的原因。当著者在从事这项理论和实践内容都很广阔的工作时，不免为这一热爱的事业所激动。因此，在写作过程中对有些重要的和有意义的材料就不忍舍弃，对近代技术进展中的成就也无法删除。这样就不得不扩充著者原先已为本书规定的范围。

在第一卷中已提到过，匈牙利文版的两卷集是本书的基础。匈牙利文版第一卷中的材料，已经大加扩充和全面修订，并已用英文和德文出版。德文版和英文版也不尽相同。后者的出版时期迟于前者一年，因此补充了更有重要意义的新材料。与第一卷相反，第二卷的德文版和英文版的材料基本相同，但在英文版中仍改正了一些错误，并补充了若干参考材料。

在第一卷中曾提及，继本书之后正在准备进一步编写另一卷称为《水工结构》的书。当时的意图是用以完整第一、二两卷中有关水力利用的论述，因为该两卷只涉及与发电关系较大或专属于发电的建筑物和设备，而关于一些供其他目的使用的设施，则被简略或仅扼要述及。

现在，有关水工结构的材料将作为本书《水力发电》的第三卷出版。这样决定也是由于下述情况所促成。即因种种原因，著者不能按照第一卷中所作的安排，在本卷中进行水力发电的经济分析，而且第二卷的篇幅已经增加过大，因此必须将这一部分移入第三卷。这样，第二卷只讨论到抽水蓄能技术问题为止，而原来拟定的经济分析各章则列入第三卷。经济分析中并将包括对拦河堰、船闸、高坝和各种其他建筑物的财务问题。

在这一点上，就发生了第三卷的内容和范围问题。著者在试图拟定题材的范围时遇到了很大的困难。著者认为，扩大篇幅的目的决不是拟在论述中再引进其他学科的内容。相反地，著者将尽量对本书的主题作出彻底的分析。凡属于水力学和水文学等的讨论都不打算列入。著者假定读者已具有这些学科的基本知识，只有与水力发电密切有关的问题将在与本书相适应的范围内详细讨论。

现在再来谈第二卷的内容。本卷的主题是高水头电站，而第一卷除水力资源的概述外，专述低水头电站。对于小型电站，并未作这样的区别，因为著者认为保留这个课题作为第二卷中的一个单元来处理，比较方便。

本卷中的材料与匈牙利文版的差别大于第一卷。匈牙利文版主要是一本大学课本，因此必须以适合于匈牙利的自然条件为准，几乎只适用于低水头电站。但是，由于在世界范围内，中水头和高水头电站更有较大的重要性，必须将原版材料重新作全面考虑，篇幅也因而增加了约三倍。有关调压室和抽水蓄能电站各章的内容已大加扩充。

地下式水电站在匈文版中仅简单叙述,而在这一版中,由于它们极为重要,已扩充了很大篇幅。在地下电站这一章中曾考虑到是否要讨论开挖隧洞的技术。要谈这个问题,必须叙述建筑物和必要的实例。但是,隧洞和井道的施工,本身是土木工程中的一个广阔领域,因而不属于本书范围。不过在属于水电站的隧洞和井道上可能出现特殊的设计和科学问题,这在一些为其他目的而修建的所谓“干式”隧洞中是不会遇到或以另一方式出现的。所以在第三卷谈到高坝时,将讨论钻凿隧洞和开挖井道的有关问题。

.....

应该说明,在匈文原版中抽水蓄能电站这一章是与机械工程师 E. Trenka 合写的。这一部分材料已由著者大加扩充,因为全世界都在对修建蓄能电站日益重视。这一趋势,很大程度上是由于预见到这种电站如与核电站联合运行,最能适应大量的峰荷变化。

.....

著者在完成此序言时,更应对已故的 A. G. Pattantyús 教授致以怀念。他在许多方面推进了水力发电的水力学理论,而著者在和他友谊合作的数十年中,向他学习了 many 知识。

E. 莫苏尼 1960 年 1 月,布达佩斯

# 总 目 录

## 第 一 卷

- |      |             |     |               |
|------|-------------|-----|---------------|
| 第一部分 | 水力利用原理      | 第二篇 | 电站总体布置        |
| 第一篇  | 水中机械能的资源    | 第三篇 | 引水渠式电站的结构物    |
| 第二篇  | 水力发电站的历史和型式 | 第四篇 | 径流河床式电站的型式和組成 |
| 第二部分 | 低水头电站       | 第五篇 | 厂房            |
| 第一篇  | 功率估算        |     |               |

## 第 二 卷

- |      |           |      |            |
|------|-----------|------|------------|
| 第三部分 | 高水头电站     | 第四部分 | 小型电站       |
| 第一篇  | 总論        | 第一篇  | 装設水輪的小型动力站 |
| 第二篇  | 明渠式电站     | 第二篇  | 装設水輪机的小型电站 |
| 第三篇  | 压力隧洞式电站   | 第五部分 | 抽水蓄能电站     |
| 第四篇  | 压力水管和设备   | 第一篇  | 总論         |
| 第五篇  | 发电站       | 第二篇  | 机械設備       |
| 第六篇  | 集中落差式电站   | 第三篇  | 运行条件       |
| 第七篇  | 水力机械和电气设备 |      |            |

## 第 三 卷

- |      |           |      |           |
|------|-----------|------|-----------|
| 第六部分 | 拦河堰       | 第一篇  | 閘門        |
| 第一篇  | 堰址調查研究    | 第二篇  | 卷揚机和傳动机构  |
| 第二篇  | 溢流(固定)堰   | 第三篇  | 泄水閘       |
| 第三篇  | 閘堰        | 第九部分 | 运行和維護     |
| 第四篇  | 通航及漁业建筑物  | 第一篇  | 水工結構物     |
| 第五篇  | 施工和安裝     | 第二篇  | 机械設備      |
| 第七部分 | 峽谷坝(高坝)   | 第三篇  | 电气設備      |
| 第一篇  | 坝址調查研究    | 第十部分 | 經濟分析      |
| 第二篇  | 土坝        | 第一篇  | 概論        |
| 第三篇  | 实体重力坝     | 第二篇  | 基建費用估算    |
| 第四篇  | 溢洪道和泄水隧洞  | 第三篇  | 綜合利用及投資分担 |
| 第八部分 | 金属結構和机械設備 | 第四篇  | 水力发电造价    |

# 目次

## 第 二 卷

### 第三部分 高水头电站

|                                |     |                                       |     |
|--------------------------------|-----|---------------------------------------|-----|
| 第一篇 总論 .....                   | 1   | 第五篇 发电站 .....                         | 263 |
| 第 76 章 高水头电站的特性 .....          | 1   | 第 95 章 厂房的总体布置 .....                  | 263 |
| 第 77 章 高水头电站的主要型式 .....        | 2   | 第 96 章 地下电站 .....                     | 275 |
| 第二篇 明渠式电站 .....                | 5   | 第 97 章 尾水道 厂房的基础 .....                | 434 |
| 第 78 章 进水口 .....               | 5   | 第六篇 集中落差式电站 .....                     | 438 |
| 第 79 章 发电渠道 .....              | 21  | 第 98 章 在低坝旁的中水头电站 .....               | 438 |
| 第 80 章 前池 .....                | 32  | 第 99 章 布置在高坝处的电站(峡谷<br>坝旁式电站) .....   | 450 |
| 第三篇 压力隧洞式电站 .....              | 41  | 第七篇 水力机械和电气设备 .....                   | 495 |
| 第 81 章 进水口 .....               | 41  | 第 100 章 高水头电站的水轮机 .....               | 495 |
| 第 82 章 隧洞 .....                | 44  | 第 101 章 培尔顿式水轮机运行的水<br>力原理 容许比速 ..... | 500 |
| 第 83 章 隧洞衬砌的应力分析 .....         | 50  | 第 102 章 效率图 水轮机型式的<br>选择 .....        | 507 |
| 第 84 章 调压室 .....               | 69  | 第 103 章 特性图 飞逸转速 .....                | 518 |
| 第 85 章 简单调压室中的水面振荡 .....       | 89  | 第 104 章 法兰西斯式水轮机的构造 .....             | 522 |
| 第 86 章 特种调压室 调压室组 .....        | 127 | 第 105 章 法兰西斯式水轮机的近似<br>尺寸和重量 .....    | 539 |
| 第四篇 压力水管和设备 .....              | 152 | 第 106 章 培尔顿式水轮机的构造 .....              | 552 |
| 第 87 章 压力水管的型式 .....           | 152 | 第 107 章 培尔顿式水轮机的近似尺<br>寸和重量 .....     | 566 |
| 第 88 章 閘 .....                 | 177 | 第 108 章 培尔顿式和其他高水头水<br>轮机的调节 .....    | 570 |
| 第 89 章 閘室 .....                | 188 | 第 109 章 发电机 .....                     | 574 |
| 第 90 章 压力水管的水力条件 净<br>水头 ..... | 193 |                                       |     |
| 第 91 章 水锤 减压閘 .....            | 203 |                                       |     |
| 第 92 章 压力水管的结构分析 .....         | 218 |                                       |     |
| 第 93 章 鎮墩和支座 .....             | 237 |                                       |     |
| 第 94 章 压力水管的经济直径 .....         | 259 |                                       |     |

### 第四部分 小型电站

|                         |     |                        |     |
|-------------------------|-----|------------------------|-----|
| 第一篇 装设水轮的小型动力站 .....    | 589 | 第 112 章 胸射式水轮 .....    | 599 |
| 第 110 章 水力站的演变和特性 ..... | 589 | 第 113 章 底射式轮叶型水轮 ..... | 601 |
| 第 111 章 顶射式戽斗型水轮 .....  | 595 | 第二篇 装设水轮机的小型电站 .....   | 604 |

|                      |     |                        |     |
|----------------------|-----|------------------------|-----|
| 第 114 章 班基式水輪机 ..... | 604 | 第 117 章 小型电站电气設備 ..... | 632 |
| 第 115 章 小型水电站 .....  | 610 | 第 118 章 小型电站的改建 .....  | 637 |
| 第 116 章 傳动裝置 .....   | 627 |                        |     |

### 第五部分 抽水蓄能电站

|                                  |     |                                |     |
|----------------------------------|-----|--------------------------------|-----|
| 第一篇 总論 .....                     | 641 | 压力 .....                       | 724 |
| 第 119 章 抽水蓄能的目的和抽水蓄<br>能电站 ..... | 641 | 第 124 章 蓄能抽水机的构造 .....         | 731 |
| 第 120 章 抽水蓄能系統的組成部<br>分 厂房 ..... | 665 | 第 125 章 联軸节 .....              | 746 |
| 第 121 章 适用于抽水蓄能电站的水<br>輪机 .....  | 711 | 第 126 章 抽水蓄能电站上所用的閘 ...        | 752 |
| 第 122 章 蓄能抽水机的运行特性 .....         | 718 | 第 127 章 可逆式水力机械 .....          | 754 |
| 第 123 章 多級蓄能抽水机 分級               |     | 第三篇 运行条件 .....                 | 763 |
| 参考文献 .....                       | 780 | 第 128 章 抽水蓄能的效率和各种損<br>失 ..... | 763 |
| 名詞解釋 .....                       | 790 | 第 129 章 抽水蓄能电站的运行 .....        | 769 |
|                                  |     | 第 130 章 連續旋轉机器的运行 .....        | 773 |

### 附 件

7. 瞬时全部丢弃負荷时的涌浪
8. 法兰西斯式水輪机
9. 培尔頓式水輪机
10. 大容量培尔頓式水輪机的調速图

# 第一篇 总 論

## 第 76 章 高水头电站的特性

关于电站的分类,在第一卷第 9 章中曾将在 15~50 米水头下运行的电站称为中水头电站,在高于 50 米水头下运行的电站称为高水头电站。但是从技术观点来说,这种分类是一种随意的分法,并且作这样明显的区分也不一定合适。由于现在在低水头电站中已很少采用法兰西斯式水轮机(除非在容量很小的电站中),所以各类电站实际上可分为:

- a) 以装设旋桨式水轮机为主的平原区低水头电站;
- b) 装设法兰西斯式和培尔顿式水轮机的丘陵区 and 山谷区的高水头和中水头电站。

当然,这里有一些重迭情况:小容量低水头的电站,有时会采用法兰西斯式水轮机,而在很大出力的机组中,卡普兰式水轮机也可以应用到中水头甚至高水头的范围内。

在以下各章中将对 b) 类的一些电站进行详细分析,其中并考虑了一些特殊重要的情况。

由于中水头和高水头电站实际上并无结构上的区别,而且在合理的技术分类中,安装旋桨式水轮机的低水头电站已自成一单独的类型,所以中水头电站及高水头电站将不再加以区别而均归入高水头电站合并分析。(可以注意,在其他技术著作中也有不将中水头电站单独分析的趋向。)

关于上述电站的分类问题,读者可参考 H. E. Fentzloff 的论文。

## 第 77 章 高水头电站的主要型式

高水头电站,就其总体布置的特性,可以分为下列三类主要型式:

- A) 引水渠式电站;
- B) 引水隧洞式电站;
- C) 峡谷高坝式电站。

A) 高水头电站可按图 77-1 所示原则布置成引水渠式电站,它与低水头开发中讨论过的引水渠式电站大致相同。高水头引水渠式电站的主要部分是:

- 1. 堰和附属结构物(滑木槽、筏道、小船道,有时还有大型船闸、鱼梯或鱼道);
- 2. 渠道进水口;
- 3. 首渠和附属结构物(渡槽、发电隧洞,公路及铁路桥梁、以及使相交的水道越过渠道的虹吸管和架空水槽);

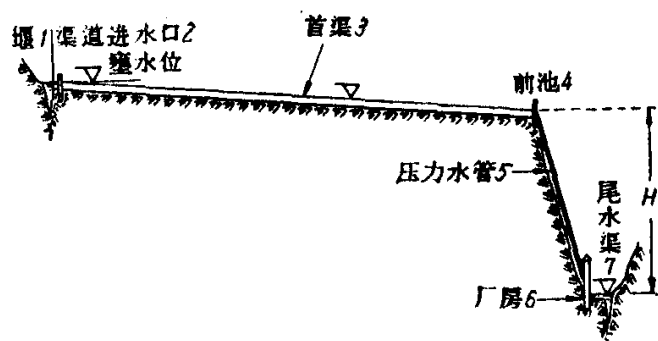
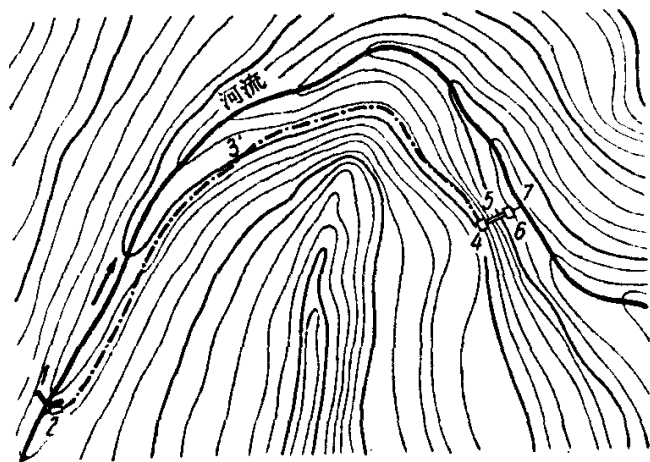


图 77-1 高水头引水渠式电站的总体布置和纵剖面

- 4. 前池和溢流道以及闸门或閼室;
- 5. 压力水管;
- 6. 厂房;
- 7. 尾水渠(或尾水隧洞)。

渠道系由低堰引水,采用高堰或高坝引水是不合适的,因为显然不能利用蓄水建筑物的高度来增加工作水头。(进水口当然应该设置在相应于河床的高程处,否则,除去在满库时,水就不能进入渠道;因此如用高坝引水,将使渠内水位和蓄高水位间的落差无法利用。)所以,在水文、地形、地质和其他条件宜于作高坝布置时,应放弃引水渠式电站而用前述 B)、C) 两类电站中的一种。

在低水头引水渠式电站中,可用的水头主要是由于利用布置在宽广河谷内的发电渠道缩短了弯曲河段的长度而获得的,

由水力坡降之差所得到的水头只占很小部分。反之,在高水头电站中,水头主要是利用河道和发电渠道坡降的差而获得的。在丘陵和山岭区,发电渠道的长度有时甚至可以大于相应的河段,因为渠道必须跟着地形和紧靠不规则的等高线布置。

引水堰及其他附属结构物的布置及设计,将在第三卷水工结构内讨论。但是在这里要先提到一个条件,这条件有时会与设计低水头电站所采用的原则发生分歧,而且也会影响进水口以及引水堰堰址的选择。即在布置发电渠道、选择压力水管及厂房位置,甚至在许多情况中决定渠道进水口位置时,山坡地形和地质条件,一般起有决定性作用。所以有时必须放弃一个按水力条件和河床质控制等因素所选出的具有许多优点的进水口位置。

在清澈的溪流中,不挟带或只挟带少量细的或中等颗粒的河床质时,防护工作是不困难的,因为可以在进水段内筑一适当的底槛来有效地防止粗颗粒泥砂的进入。我们不值得花很大的代价去寻求水力学上最优越的解决办法,因为,由于理论上不是最完善的布置所产生的数厘米甚至数十厘米的水头损失,与总水头相比,是可以忽略的。

在山区河流上,进水口有时可以布置在河岸凸出的一面。

如果河流挟带较多的河床质,使进水口不能布置在最有利的河弯或最有利的地方,则其位置上的缺陷应该通过进水口和堰的合理布置和采用特殊的结构物来补偿。

B) 由压力隧洞供水的电站是高水头电站的第二种主要类型。图 77-2 表示其主要部分的布置。这一种型式通常用于水头很高的电站上(数百米甚至超过一千米),包括以下主要部分和建筑物:

1. 坝(有时只用堰);
2. 进水口或首部建筑;
3. 压力隧洞;
4. 调压室(带有闸室);
5. 压力水管;
6. 厂房;
7. 尾水渠(有时为隧洞)。

如果有一个合适的坝址,其下接有一个长的河弯,使打一个隧洞穿过分水岭可以获得高水头时,就应该首先考虑这一种布置。当然,这种布置的能否实现,将受到地质条件的控制。

隧洞进口应布置得接近库底,以保证最大的有效库容。由于隧洞传递了相当于实际库水位的全部水头(除去损失),所以除非堤坝能拥起一个很高的蓄水位,否则选用压力隧洞一般将是不合适的。但在某种地形和地质条件下,甚至在低坝的情况中,采用通过分水岭的隧洞输水方案也会比修建一条长而弯曲的发电渠道为合适。因为这种隧洞不一定

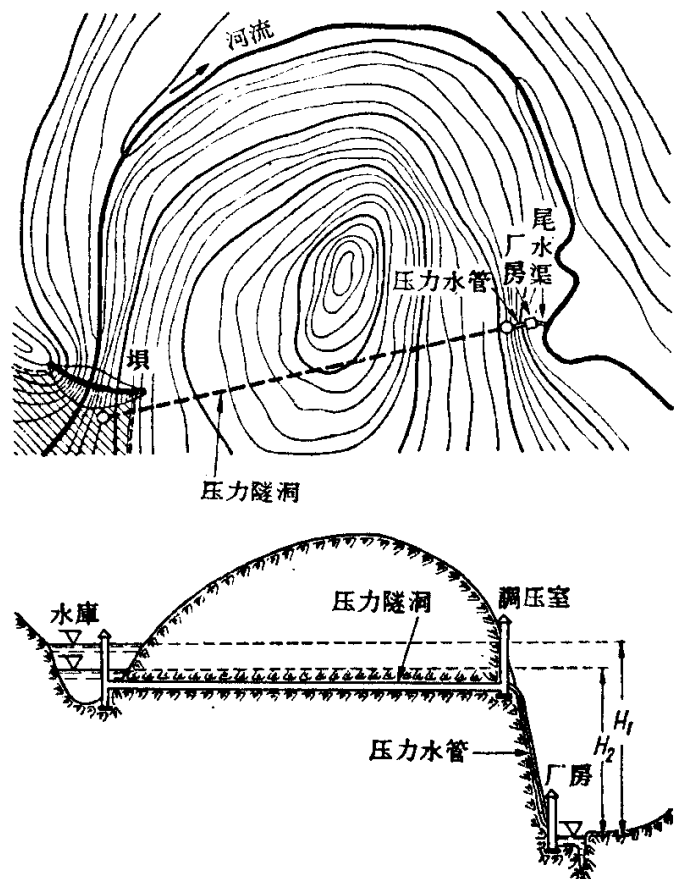


图 77-2 压力隧洞式电站的总体布置和纵剖面

是压力水道,而可以为明流。这种布置应该认为是引水渠式电站。

C) 厂房布置在靠近高坝(或高水头拦河堰)或在坝内的电站,是高水头布置中的第三种主要类型。这种布置称为集中落差式电站,或峡谷高坝式电站。它与低水头径流河床式电站基本相似。也有介乎其间的情况。这种电站的水头接近坝的高度。因此,这一类型主要包括了列为高水头电站中的一些水头較低的电站。图 77-3 中表示这类电站的三个主要部分:

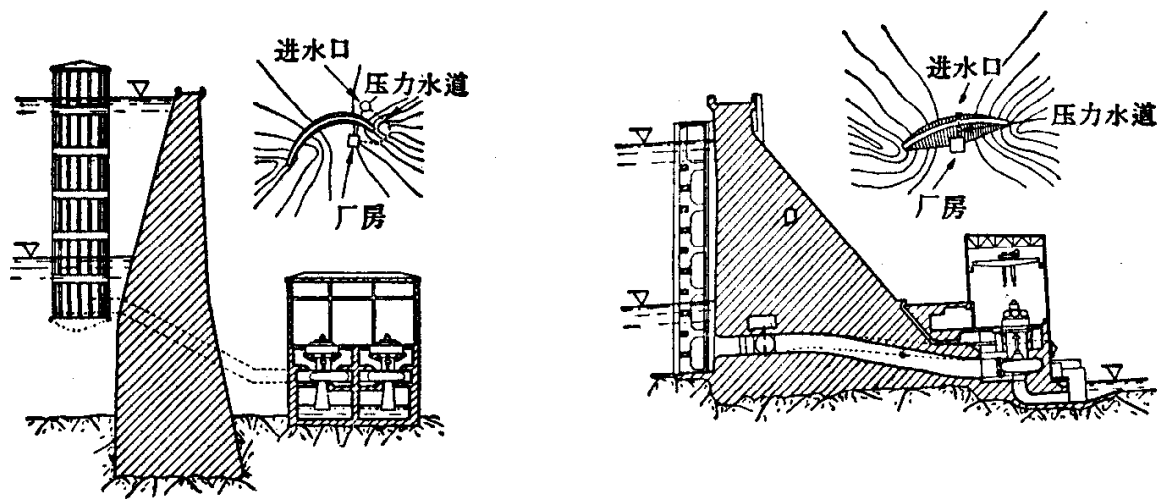


图 77-3 厂房布置在坝趾的电站(集中落差式电站)

1. 进水口(通常修建在坝的上游面);
2. 压力水道(通常横穿坝体,有时绕过坝体,从附近基岩中通过);
3. 厂房。

上述三种类型,就动能经济来讲,存在着基本上的区别。引水渠式电站的出力完全由河流中的可用流量所控制,低堰所造成的小蓄水库的容量只能满足负荷的日变化,并且多数只能部分满足。这种类型可称为高水头径流河床式电站。另外两种类型则可认为是水库式电站,因为它们能照顾到较长时期内动力消耗的变动而不受自然流量的限制。就这一点讲,压力隧洞式电站最为有利,尤其是在高水头下由大水库供水的电站,因为在这种情况下,水库水位的变动几乎不会影响总水头,所以可以借控制水库的放水量来调整出力。但也不是每个集中落差式电站均能在这种类似的有利条件下运行的,因为所引用的水头究竟是在随着库水位的波动而变化的。水库在低水位时期,亦即实际上空库时期,可能无法供应由于担负峰荷而增加的水轮机需水量,换言之,水轮机的泄流容量不能达到必需的程度。

## 第二篇 明渠式电站

### 第78章 进 水 口

高水头电站进水口的基本設計原理和結構布置与低水头电站相同。但應該記住,在許多情况中,地质及地形条件会使設計不可能严格地按照水力学原則及其他所考虑的因素进行。

低水头电站与高水头电站的渠道进水口的显著差别是在于:低水头进水口在进口段到进水閘門間的沉淀区域对高水头电站來說总是不够的,后者的沉砂池或截砂坑必須在水力学計算的基础上設計和修建。高速的山区河流所挟带的悬移质,尤其是有尖銳棱角的細砂,将使和水接触的压力水管和水輪机鋼质部件(主要是轉輪叶片)迅速遭到磨損。挟有大量泥砂的高速水流同时也会侵蝕发电渠道和发电隧洞的衬砌。

由挟砂水流所引起的轉輪的磨損,可以在很短的运行期內达到严重的程度,影响水輪机效率,甚至最后引起失事的情况。随着水头的增加,磨損影响亦愈趋严重,所以在水头高于 100 米的情况下,必須把砂粒細致地沉淀下来,在水头高于 200 米时,甚至絕大部分的泥粒也都必須留下。在高水头电站上,为了經濟起見,压力水管和水輪机都采用了較高的运行流速;在考虑了这种情况之后,对消除泥砂顆粒的必要性,亦就容易理解了。

D. Ya. Sokolov 提到过这样一个情况,由于尖銳棱角的粗砂,使一个培尔頓式水輪戽斗的磨損每年达到 6~7 毫米。T. Schiffmann 也列举过一些突出的例子。在奥地利 III 河 Parthenon 电站上的培尔頓式水輪机,其戽斗在 800 米水头下运行,經過很短的运行期后就出現严重的磨損現象。另一个在較低水头 (42 米) 下运行的水輪机,由于磨損的緣故,其效率在滿負荷时損失了 13%,而在 25% 的水輪机流量下,有效出力下降到零。智利 Florida Alta 电站的水輪机,在 95 米水头下运行,經過 2000 小时运行后,已完全被磨損了。

图 78-1 中所示进水口的主要組成部分是:

1. 进口段,包括底檻及粗栅格(拦污栅);
2. 进口閘門和过渡段;
3. 沉砂池和冲砂道。

在进水口进口段前面應該設置一个挑砂护坦以便将底檻前所拦蓄的泥砂定时冲除。这条护坦伸展到拦河堰的泄水閘門处。

防御河床质的保护措施已在第一卷第 21 章中討論过,这里根据 R. Müller 的研

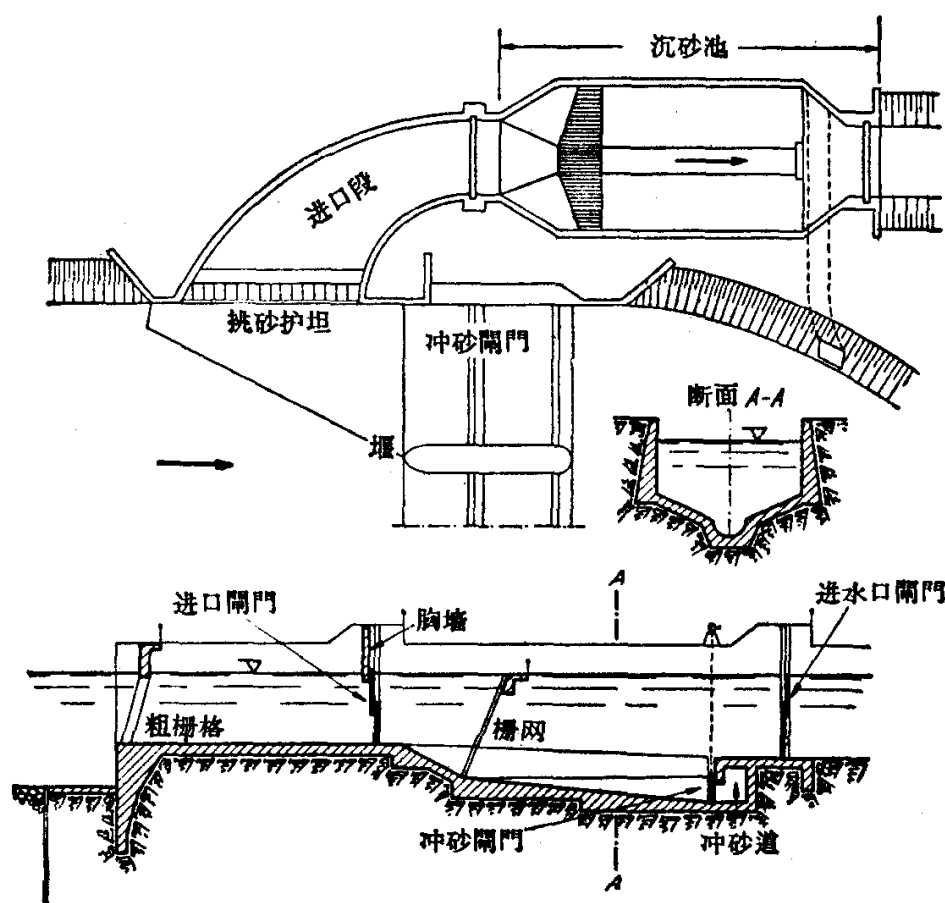


图 78-1 进水口的总体布置

究再补充几点：

a) 使河床质开始移动的最小流量  $Q_0$  对选择进水口的位置和布置将起决定性作用。电站泄流量  $Q_p$  和上述极限流量  $Q_0$  的比值是控制进水口设计的因素之一。

b) 根据进水口的个别特性，可能要求在某一时期中引入渠道的流量低于可取自河流发电的流量。这种情况可能影响电站经济泄流量的确定。

c) 可以建立起减少引水流量的具体数量公式，减少程度取决于河段的性质。

d) 如在一条山区河流上设计一个具有较大泄流量的电站时，必须特别注意：在这种情况下，由于需要减少流量，可能只有在洪水时期才容许引用相应于电站最大流量的水量。

e) 在挟带大量泥砂的山区河流上，进水口应永远设置在河弯的凹侧，即使这一侧在其他方面都不太有利。在这种情况下，所引的流量必须通过架空渡槽或倒虹吸管以引送到所需的一侧去。

f) 根据流速在 0.5~1.1 米/秒间所做的试验指出，进水口进口段中的流速平均以 0.75 米/秒为宜。

图 78-2 (取自 R. Müller) 中说明了进水口布置的一些原则。第一图表示在一个发展良好的河弯凹侧的理想布置，其余各图则为在直线河段中进水口的例子。在后面这些例子中，一个共同的观念是：通过适当的建筑物（如同在第一卷图 21-10、图 21-11 和图 21-12 中所提及的）来造成一曲綫形的水流，然后把进水口设在凹侧。

根据 Ch. Jaeger 的研究,在低水头电站中讨论过的开孔底槛,对河床质进入进水口,并不能起多大的防护作用。为此,他建议采用 Rhone 河 Mörel 电站上的布置(图 78-3 和图 78-4)。其法是在引水堰的最后一孔(同时作为冲砂道用)前,修建一长的、几乎与进口段平行的分水墙。在瑞士 Zurich 国立技术大学中进行的试验证实,在这情况下,由分水墙分开而进入渠道的水流,冲击在关闭的泄水闸门上,其部分动量重新化为势能。水流于是涌高,在底部形成一回流,因此减少了进入的卵石和砂子的数量。

在容量为 6.3 万瓩的秘鲁 Moyopampa (Santa Eulalia) 电站的进水口中,采用了类似的布置,见图 78-5 和图 78-6。

图 78-7 和图 78-8 中表示法国 Pralognan 电站的三个进水口中的两个。

在作沉砂池水力设计时,必须保证在建筑物中能发生所计算的流速。在较早修建的沉砂池中,规定通过流速为 0.2~0.3 米/秒,这只有在采用很大的沉砂池断面时才能实现,而且常使连接到渠道的过渡段变化过急。在这种池中,并不会发生如设计中所预期的全断面的低速流动,而可观察到在死水区和漩涡间有一高速的中心流。这一现象可以称为“水力短路”,曾在许多运行的沉砂池中观察到。目前,设计已以较高的平均通过流速为准,其范围为 0.4~0.6 米/秒。

图 78-9 中表示一个典型的错误布置的例子。这个布置在水力条件上的缺点极为明显,不需再作进一步的解释。

现在将沉砂池的水力设计概述如下:

1. 对于泥砂情况的勘测,包括对河流所挟带的泥砂作定量和定性的分析。就水力机械的磨损而言,只有悬移质是重要的;因为沿河底移动的推移质,其大部分可借一个设计良好的进水口来有效地排出渠道,其余仍然进入渠道的少量泥砂,也可以无多大困难地加以控制并从电站中依靠底槛和冲砂道等排除出去。实际上,建筑物的不断磨损和冲刷都是由水中挟带的悬移质所引起的。

悬移质一般为混合级配,亦即具有不同的粒径,从胶状质(小于 0.002 毫米)直到砂粒。在急流中,悬移质的最大粒径可到卵石的程度,而 2~3 毫米直径的颗粒,更不是罕见的。

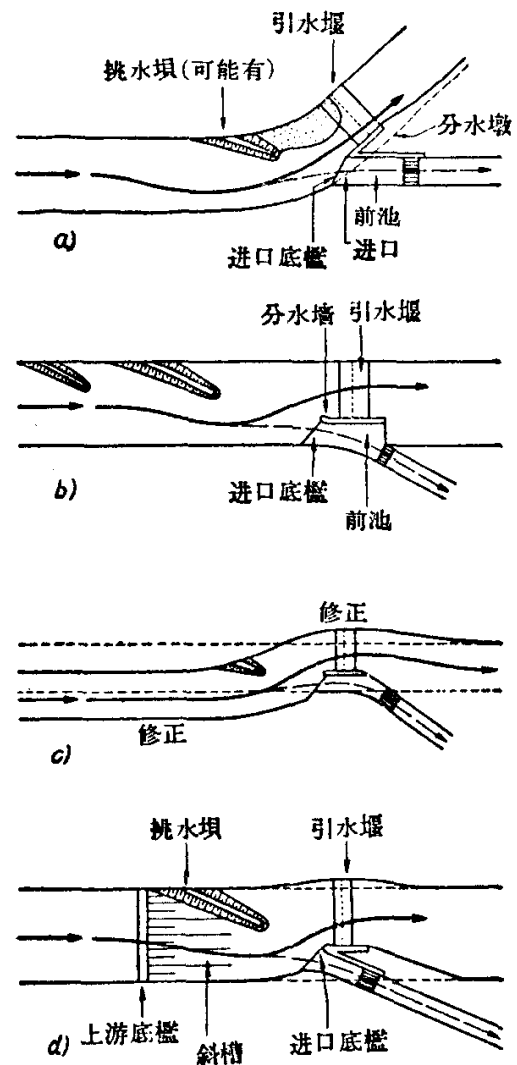


图 78-2 进水口的典型布置  
a—在河弯处; b、c、d—在直线段