

水电开发

WATER POWER DEVELOPMENT

VO 第二卷 VO

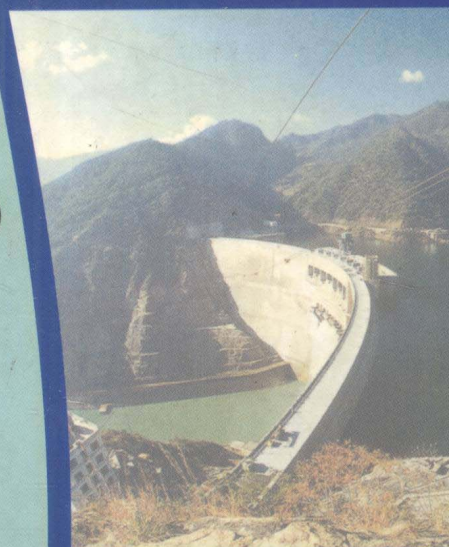
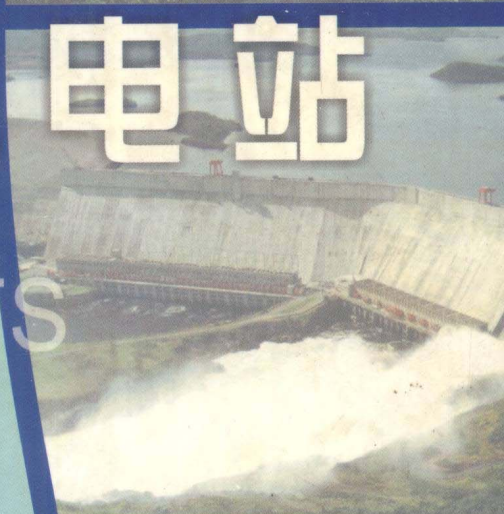
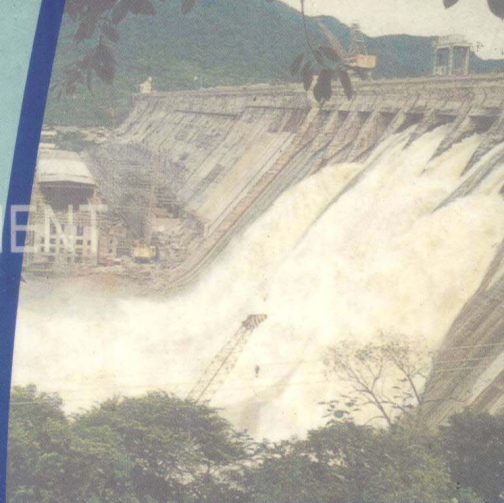
高水头水电站

HIGH-HEAD
POWER PLANTS

EMIL MOSONYI

原著 埃米尔·墨索尼

编译 陆佑楣 等



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

水电开发

第二卷

高水头水电站

原著 埃米尔·墨索尼

编译 陆佑楣 等



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

原著者简介

埃米尔·墨索尼教授 1934 年毕业于匈牙利布达佩斯科技大学土木工程系, 1947 年获水电工程及航空摄影学、地质学博士学位, 1950 年获溢流闸门水力机械博士学位。1948 年任职于 Alma Mater 水电工程试验室, 任讲师, 1953 年任教授。在此期间内, 还任职于匈牙利灌溉委员会, 参与大坝、河滩、灌溉及防洪工程的准备、总体规划、设计和施工。1942 年~1948 年领导匈牙利水力资源开发国家委员会。1948 年~1957 年任教期间, 兼职担任匈牙利水资源管理委员会计划局局长。其后担任多瑙河开发委员会副主任, 水资源研究机构和实验室副主任。曾任数届联合国粮农组织大坝和灌溉高级顾问。

1965 年, 受德意志联邦共和国卡尔斯鲁尔 FRG 大学邀请, 领导水工建筑和灌溉工程研究院的工作并担任著名的 Theodor-Rehbock 水工实验室主任。同时, 他还是美国密尔沃基市州威斯康辛大学的访问教授、荷兰 Delft 水利和环境工程国际委员会会员及讲师、挪威 Trondheim NORAD 培训班讲师。

墨索尼教授曾担任由匈牙利、联邦德国及一些欧洲、非洲、亚洲、南美洲国家的国际和政府机构、企业和咨询公司承建的许多大型水电工程的顾问。在大坝安全、洪涝灾害的防范等领域具有很高的权威。

墨索尼教授获得多项荣誉: 匈牙利科学院委员, 匈牙利 Kossnófi 奖获得者, 阿根廷科学院成员, 国际排灌委员会副主席, 国际科技委员会委员, 国际研究与发明奖章获得者。美国密尔沃基市威斯康辛大学、联邦德国慕尼黑科技大学、比利时 Liege 大学和美国西北大学荣誉教授, 至今仍在许多工程协会担任要职。他还是 IWRA 创始成员, 英国剑桥大学国际传记委员会特别委员。

其主要著作除水能开发(共二卷)外, 还出版有教科书、相关研究课题和有关工程实际问题的学术论文 150 多篇。他还与他人合作出版了匈牙利第一部工程地质概况的参考教材。

图书在版编目(CIP)数据

水电开发. 第2卷, 高水头水电站/(匈)埃米尔·墨索尼原著; 陆佑楣等编译. —3版. —北京: 中国电力出版社, 2003

ISBN 7-5083-1479-4

I. 水... II. ①墨... ②陆... III. ①高水头-水力发电站-水力发电工程-工程设计②高水头-水力发电站-水力发电工程-工程施工 IV. TV7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 030835 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京市铁成印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2003 年 4 月第一版 2003 年 4 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 39.5 印张 1000 千字 2 插页

印数 0001—3000 册 定价 180.00 元

版权专有 翻印必究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)

《水电开发》编译委员会

主任：陆佑楣

副主任：张超然 张 诚 戴会超

编 委：刘利人 秦锡翔 程永权 符建平

彭吉银 戴 江 吴海滨 陈国庆

刘晓东 熊 浩 张晓澍

序

由匈牙利埃米尔·墨索尼教授编著的《水电开发》一书对于从事水能利用、水电开发的工程技术人员来讲，是一套有用的教科书和工具书。虽然水能利用、水电站开发建设不是 21 世纪的前沿科学，然而它广泛地涉及固体力学、流体力学、岩土力学、结构学、建筑学、材料学、机械学、气象、地理乃至经济学、社会学等各个领域。综合应用 21 世纪高新技术，才有可能合理、充分和高效地利用水能资源。

宇宙的运动、太阳的辐射能量、地球的旋转运动及地球大气环流形成了地球永恒不息的水循环。对全球而言，降水量始终等于蒸发量，每年由于水的重力作用形成陆地的径流量大致为 47000km^3 。这一现象几乎是永恒不变的，这就是水循环的平衡，这一平衡运动蕴藏着巨大的能量。将水能转换为电能不需要复杂的化学反应过程，而仅仅通过一个纯物理过程即可获得清洁的能量。水力发电既不消耗水，也不污染水；既不排放有害废气，也不排放固体废渣，是清洁而永恒的能源。

据统计，全球可利用的水能资源约 22.61 亿 kW。中国幅员辽阔，地形高差达 8000 余米，有众多的河流，流域面积达 100km^2 及以上的河流有 50000 余条，而且拥有 2711.5km^3 年径流量，具有丰富的水力资源。据 1980 年的统计，中国河流的水能资源理论蕴藏量为 6.76 亿 kW，其中可开发利用的约为 3.78 亿 kW。到 20 世纪末，我国已开发的水能资源仅为 7935 万 kW，随着我国经济发展的需要，尚有巨大的开发潜力。

新世纪的到来，中国正向全面建设小康社会的目标前进，水电开发正处在一个“黄金”建设时期，2003 年正在建设的大、中型水电站计有 30 余座，在建总容量超过 4200 万 kW。待开发的正在加快水电建设的前期可行性研究和设计的水电站有 60 余座，总装机容量超过 6000 万 kW。

本书的中译本的出版，必将推动我国充分、合理、优质地建设水电站。广大水力发电工程技术人员在总结我国水电建设的已有经验和教训的同时，可从本书得到有益的知识。

陆佑捐

2003 年 4 月

给中国读者的致辞

请允许我对阅读此三卷关于水电开发论著的读者提出一点要求，即认真阅读本书英文第三版的前言。我必须强调的是对于抽水蓄能电站和特小型水电站本书未涉及。

正如在第一卷前言中所解释的，我编写本书的目的是对水电开发中直接用于发电的设备做详细论述。因此，本书主要集中于电站厂房及其各种机械、电气设备。虽然本书中插入了一些显示工程全景的图片和图纸，其中的一些设施也可用于其他目的，例如固定的或可移动的堰、坝、船闸、鱼道、泄洪道、过木道、导流道、泵站及各式流道等，这些工程设施在本书中未详述。

考虑到直接或间接影响水电开发的技术领域的快速发展，尤其是电子和微机调节控制系统最新科研成果，有必要对一些章节进行增补以使其适应现代水电开发的需要。在此，我冒昧建议读者，即那些致力于研究、教学或设计、施工的技术人员，尤其是在水电站工作的尊敬的中国同事，应在相关出版物上了解过去 15 年内在水电开发领域内理论与实践方面的创新。

世界上水电资源丰富的国家对于使用水电以满足其电力需求的愿望，促使其在世界范围内修建了一些大容量的水电站。甚至在有些国家，虽然其拥有其他许多可用于发电的资源，如煤、天然气、铀矿等，也在尽可能充分利用其有限的水力资源进行水电开发，因为水电开发具有以下无与伦比的优越性：

- 水电是一种可再生能源，一种对于永恒的太阳能量的间接利用。

- 水力资源的开发为节约矿物能源做出了贡献，毫无疑问这些传统能源在地球上的蕴藏量是非常有限的。

- 水电工程应当是一项综合性工程，除用于发电外，也应当考虑其对于社会、经济甚至环境方面的影响，例如防洪、农村和工业用水供应、灌溉、养鱼、地下水控制、休闲娱乐和水上运动等。

- 水电站与使用矿物能源的火电厂相比，不会排出有害气体污染空气。火电厂每生产 $1\text{kW}\cdot\text{h}$ 电就会排放出 $0.7\sim 1.0\text{kg}$ 的 CO_2 。

我深信，在中国，以上观点同样也是得到认可的。

我们不得不承认，有一些水电站，特别是那些建立于水电利用初期的电站，并不符合在近几十年中建立起来的环境保护标准。但水电专家与生物学家紧密合作，发明、试验了多种设计、施工方案和运作程序，消除或至少是减小了对于环境的影响。

通过上述有效的改革和创新，近年来水电发展取得了长足进步。目前世界各地的水电开发正以不同寻常的高速度发展，这个事实证明上述观点。在今年由世界水力论坛在日本京都组织召开的全球会议所发表的宣言中，对于这种进步予以了证实。这次会议有超过 170 个国家的部长和数个国际组织的知名人士参加。在我看来，引用宣言中的标题、导言和其中的

第 15 款是非常合适的。

部长级宣言
发自 Biwa 湖与 Yodo 河流域
2003 年 3 月 23 日

各位部长和代表团团长于 2003 年 3 月 22 日至 23 日汇集于日本京都，出席第三届世界水力论坛。根据蒙特雷会议在工程融资方面、世界高峰会在社会可持续发展方面和其他与水资源相关方面所取得的成果，以及联合国秘书处关于水力、能源、健康、农业和生物多样化的倡议，我们决心共同采取合理的方式以达到包括联合国千年发展目标在内的国际间的共同目标。

我们摘录第三届世界水力论坛中的主题和地区声明，声明如下：

.....

(15) 我们认识到水电作为一种可再生的、清洁的能源，对于它的开发从环境方面来说应采取可持续开发的方式，从社会方面来说，应当以公正的方式加以实现。

这份宣言一方面是对水力发电的认可，另一方面对其利用方式进行了严格的界定。

最后，应当清楚的是在未来的几十年中中国水电工程专家的工作是什么，这个问题的答案应该基于已公布的数据（以下数据只是一个粗略的估计）。

全球每年理论（物理）的水电蕴藏量约为 $40000\text{TW}\cdot\text{h}$ ($1\text{TW}\cdot\text{h} = 10$ 亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$)。其中中国约有 15% 即 $6000\text{TW}\cdot\text{h}/\text{年}$ 的水能可被利用，考虑到目前的技术水平，有三分之一即 $2000\text{TW}\cdot\text{h}/\text{年}$ 的水能是可以开发的。更确切地讲，因受到一些经济和环境方面的限制，大约有 $1300\text{TW}\cdot\text{h}/\text{年}$ 是完全有可能被利用的。2001 年和 2002 年，中国大约有 $260\text{TW}\cdot\text{h}/\text{年}$ 的电力是由水电站发出的，这样， $1300\text{TW}\cdot\text{h}/\text{年}$ 减去 $260\text{TW}\cdot\text{h}/\text{年}$ ，即还有 $1040\text{TW}\cdot\text{h}/\text{年}$ 的电能可以而且应该被新建水电站所生产（包括在建的三峡工程）。根据国际期刊《水力发电和大坝》出版的 2003 年世界地图集中的信息，中国水电站 2002 年的总装机容量已达到 83000MW 。由于未开发利用的水力资源是目前发电量的 4 倍（ $1040\text{TW}\cdot\text{h}/\text{年}$ 除以 $260\text{TW}\cdot\text{h}/\text{年}$ ），假定可利用小时等值，（ $260 \times 10^9 \text{kW}\cdot\text{h}/\text{年}$ 除以 $83 \times 10^6 \text{kW} \approx 3100\text{h}/\text{年}$ ），即将建造的电站的装机容量应该达到 332000MW （包括在建的三峡水电站）。

很明显，对中国水电工程师而言，设计、建造和运行不同类型以及大量的新的水电站，并且还要特别考虑到对环境和社会方面造成的影响，实现这个目标意味着要面临巨大的挑战。

我真诚地希望本书能有助于从事水电工程的工程师、教师和研究生的工作和学习，同时我也希望本书能在促进中国的水电开发中贡献微薄之力。

埃米尔·墨索尼
2003 年 4 月

英文第三版前言

本书发行第三版的作用在第二卷的序言中已作了阐述。与前面几版相比,最不同的在于特小型电站和抽水蓄能电站两个课题。经出版商的技术主编 kozak 教授的同意,在本卷中将它们分开讲述。这两部分内容将在第三卷中分开印刷、出版。我们这么决定是基于两个原因。

第一,我们认识到,这两种水电工程都有了惊人的发展,甚至涉及到施工材料的变化。从近 30 多年的对高水头水力资源的治理范例中可以看出,这样区别是有一定依据的。以前对这两个方面,我们简单地讲解了一个基本的原则和以往的勘测历史。值得一提的是,近来大多数的政府部门及国际性的会议都已经拟定了发展抽水蓄能电站的计划;另外,有不少于 12 个政府代表组成了国际组织对世界范围内“小水电”工程开发的经验技术进行了交流。

第二,根据本书包含的主题,划分为两部分内容。

本卷超越了“小水电”的界线,涉及到多种常规高水头和中水头的水力发电工程。

一个同事在读完第一卷之后曾问我,为什么没有省略老式工程的设计及材料。出于各种原因,我的确没有省略相关的内容。

首先,我相信甚至希望读者们会对历史上水电工程的演变和早期工程的设计感兴趣。

其次,我认为,致力于水电开发利用的先驱们用他们科学的设计和创新的技術革命对水电事业作出了巨大的贡献,所以他们是应该被载入历史的。

最后,应该指出的是,一些早期的、已经被认为过时了的设计方法,可以经改进后运用于现代的设计中。一个典型的例子就是,最近磁轭发电机概念在停用了数十年后在贯流式机组中得到新的借鉴、使用。

几乎本卷所有的章节都经过了重新修订和增添,有些章节几乎重写。

为了保护生态环境及自然风光,设计者们在设计过程中应考虑到对周围环境的影响,必要时提供有效的保护措施。关于类似的问题,请阅读本节相关章节。

出版者出于方便管理的考虑,将本卷从内容上分为两部分,即第二卷 A 部分和第二卷 B 部分,并且装订成独立的两册,还各自编写了索引。两部分的篇尾都设置了转换表及符号表。在 B 部分还列出了参考书目。

为了保证本书在内容上的连续性,在一些范例中,某些数据进行了相应的单位换算,如从公斤换算为的牛顿单位。

我非常感谢布达佩斯技术大学水力管理和水力学主任 M. Kozak 教授对本书所做的技术编辑,同样感谢该校的 L. Horvath 博士对本书的印刷所做的帮助。

我特别要感谢我的同行 Akademiai · Kiado 及匈牙利科学院出版社对本书第三版的出版发行的帮助,我也十分感谢印刷厂优秀的工作使得本卷得以面市。

我感谢我的爱人 Hedvig 在我繁忙的工作中,给我创造一个安静的环境并帮助整理手稿,使我可以高效地工作。

埃米尔·墨索尼

1990 年 4 月

英文第一版、第二版前言

作者拟借序言之便，来说明在本书中未能实现的以前所做的一些安排的原因。当作者在从事这项理论和实践内容都很丰富的工作时，深深为这一热爱的事业所感动。因此，在编写本书的过程中有一些重要的和有意义的材料就不忍舍弃，对近代技术发展中的成就也无法删除，这样就不得不扩充作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。后者的出版日期迟于前者一年，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编写另一卷名为《水工结构》的论著。当时的意图是完善第一、二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密切或从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，已收集的有关水工结构的材料将作为本书《水力发电》和第三卷出版。这样的安排也是由于下述情况所促成的。即因种种作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，而且第二卷和篇幅已经增加过大，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，而原定的经济分析各章则列入第三卷。经济分析中还将包括对拦河堰、船闸、高坝和各种其他建筑物的财务问题。

在这一点上，就产生了第三卷的内容和范围的问题。作者在试图确定题材的范围时遇到了很大的困难。作者认为，扩大篇幅的目的决不是在论述中再引进其他学科的内容。相反，作者将尽量对本书的主题做彻底的分析。凡属于水力学和水文学等方面的讨论都不打算列入。作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才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，因为作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间的差别大于第一卷。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具重要性，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。地下式水电站在匈牙利文版中仅简单叙述，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，隧洞和井道的施工是土木工程中的一个领域，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等问题，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，或仅以另外的方式出现。所以在第三卷谈到高坝时，将讨论隧洞开凿和井道开挖的有关问题。

.....

应该说明，在匈牙利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。这一部分材料已由作者大加扩充，因为全世界都在对修建抽水蓄能电站日益重视。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。

.....

作者在完成此序言时，更应对已故的 A. G. Pattantyus 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，而作者在与他友好合作的数十年中，学到了很多知识。

埃米尔·墨索尼

1960年1月

布达佩斯

序

给中国读者的致辞

英文第三版前言

英文第一版、第二版前言

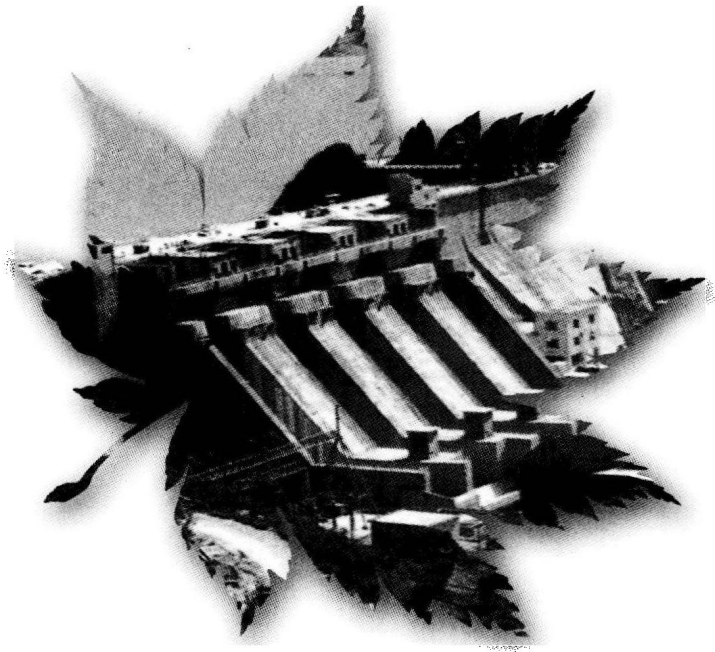
第三部分



高水头电站

第一篇 总论	3
第七十六章 高水头电站的特性	3
第七十七章 高水头电站主要类型	4
第二篇 明渠式电站（径流式电站）	7
第七十八章 进水口	7
第七十九章 发电渠道	26
第八十章 前池	35
第三篇 压力隧洞式电站	42
第八十一章 进水口	42
第八十二章 隧洞	51
第八十三章 衬砌隧洞的应力分析	61
第八十四章 调压井	83
第八十五章 简单调压井中的水面振荡	103
第八十六章 特殊调压井及调压井系统	153
第四篇 压力管道和设备	179
第八十七章 压力管道型式	179
第八十八章 阀门	198
第八十九章 阀室	208
第九十章 压力管道的水力特性	213
第九十一章 水锤	221
第九十二章 压力管道的结构分析	240
第九十三章 镇墩及支墩	258
第九十四章 压力管道的经济直径	275
第五篇 发电厂房	279
第九十五章 厂房总布置	279
第九十六章 地下式电站及其厂房布置	289

第九十七章 尾水管道、厂房基础	413
第六篇 集中落差式开发	421
第九十八章 中水头坝式电站	421
第九十九章 高坝坝式电站（峡谷型大坝电站）	434
第七篇 水力机械和电气设备	472
第一百章 中高水头电站水轮机	472
第一百零一章 冲击式水轮机、水斗式水轮机运行的水力特性	484
第一百零二章 效率曲线及水轮机选型	496
第一百零三章 特性曲线及模型试验与现场试验	504
第一百零四章 混流式水轮机的结构	516
第一百零五章 混流式水轮机的初步设计（型式、尺寸、重量）	534
第一百零六章 水斗式水轮机的结构	540
第一百零七章 水斗式水轮机的初步设计（型式、尺寸、重量）	550
第一百零八章 高水头水轮机的调节	557
第一百零九章 发电机及其振动和噪声的控制	566
附录	
符号对照	576
单位换算	585
参考文献	590
附图 8 ~ 附图 11	



第三部分

高水头电站

第七十六章

高水头电站的特性

正如在本书第九章（第一卷）中所说，运行水头为 15~50m 的电站被称为中水头电站，而在 50m 以上水头运行的电站被称为高水头电站。但是，从技术角度而言，这个统计分类是较片面的，并且进行严格的区分也是不合理的。因为混流式水轮机现今除了在装机容量非常小的电站外较少被应用于低水头，该设备事实上被划分为：

(1) 在平原地区的低水头电站，主要配备轴流式（转桨式或定桨式）水轮机。

(2) 在丘陵山区的高水头和中水头电站，主要安装混流式水轮机和水斗式水轮机。

这种分类自然会有一些交叉，低容量低水头电站有时也安装混流式水轮机，而轴流转桨式水轮机正被应用于大容量电站，并有向中水头甚至高水头区域扩展的趋势。

在接下来的章节里，将对 (2) 中所列水电站进行详细的分析，对一些重要的例外情况也将给予适当的讲述。

由于中水头电站与高水头电站之间没有结构上的差异，并且安装有轴流转桨式水轮机的低水头电站的开发在合理的技术分类下形成了一个单独的群体。因此中水头电站与高水头电站将不再被区别对待，而是被一起进行分析，并统称为高水头电站（值得注意的是，在技术文献中有一种不再对中水头电站进行单独分析的趋势）。



第七十七章

高水头电站主要类型

从总布置特征方面,可以将高水头电站开发分为以下三种主要类型:①引水渠式电站(径流运行);②引水隧洞式电站(蓄水运行,间或径流运行);③坝式电站(蓄水运行)。

1. 引水渠式电站

如同论述过的利用引水渠开发低水头电站一样,高水头电站可以根据图 77-1 所示原则

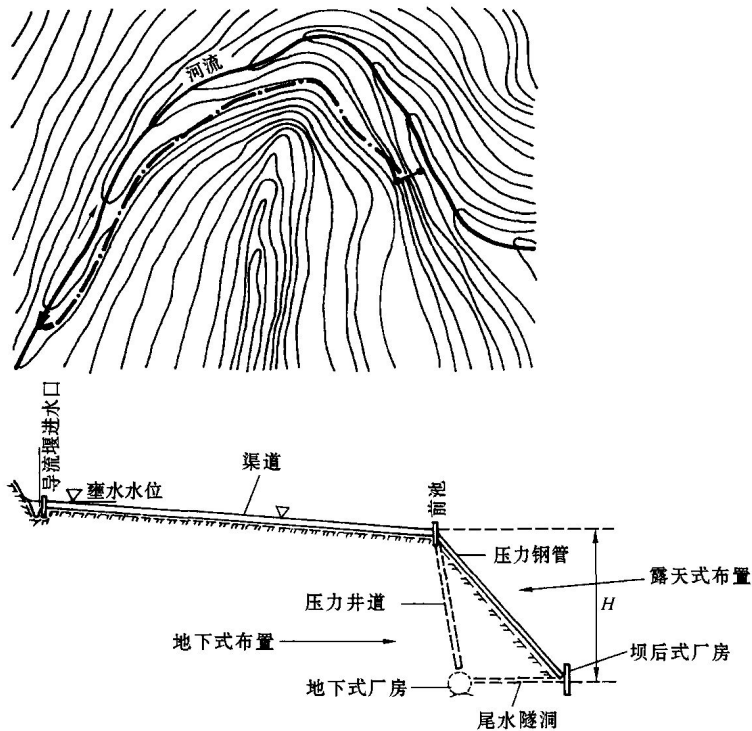


图 77-1 高水头导流渠工程的一般布置和剖面图

进行布局。高水头引水式电站主要包括以下部分:①引水堰及其附属结构(滑木槽、筏道、小船闸和船闸、鱼梯或鱼道);②引水渠进水口;③导水渠(引水渠)及其附属结构(导水管、水电站引水隧洞、公路桥和铁路桥、用于跨渠交叉水道的虹吸管和渡槽)或自流隧洞;④带有溢洪道、闸门或阀室的前池;⑤压力引水管道或压力井;⑥电站坝后式厂房或地下式厂房;⑦尾水渠(有时是尾水隧洞);⑧露天开关站或地下配电设备。

引水渠的水由引水堰引入。显然,蓄水建筑物的高度并不能用来增加运行水头,因此采用高堰或高坝进行引水是不合理的(自然,引水渠的入口应位于对应于河床的海拔高程,否则水只有在满库容情况下才能流入引水渠,因此引水渠的水位与壅水水位之间的落差将被浪费)。在与高坝装置相适应的水文、地形、地质等条件下,引水渠式电站将不被采用,而采用另外两种类型之一。这种类型的电站经常严格地在径流方式下运行,但如果引水堰和(或)引水渠末端的前池库容能发挥其作用,则可获得一定的蓄水量。



在低水头引水渠式电站中，可利用的有效水头大小主要取决于位于弯曲河流上的电站引水渠减少的长度，另外还较小程度地取决于水力坡度的差异。在高水头电站，本质上是利用河道与引水渠之间的比降差形成有效水头。因为引水渠必须与地形及其不规则的轮廓线相适应，所以在丘陵山区，有时引水渠甚至比相应的河道还长。

引水堰及其附属结构的布局和设计问题已超出了这篇论文的范围。但是，有一点在此应引起注意，有时在有关低水头电站设计的概述方面会出现违反基本原理的情况，从而影响到进水口的选择和引水堰的位置。出于这种考虑，险峻的地形、地质条件通常在渠道选线、选择压力钢管和电站厂房的位置、决定渠道进水口的位置等方面起着决定性作用。因此，经常牺牲基于水力及泥沙控制等条件而选择的进水口位置的所有优势。

在一些很清澈的河流中，不带或带有少量细或中沙，由于进水口处的沉沙池可以充分阻挡粗粒的推移质的进入，所以防止泥沙进入渠道并不困难。理论上讲，完美无缺的布局而产生的厘米级、甚至分米级的水头损失与总水头相比并不是微不足道，但是，为制定最好的水力解决方案而需花费高额开支是不合理的。

在山区河流中，进水口有时被设置在凸岸。

在含沙量大的河流上，如果进水口不能被设置在最佳河湾处的最有利的地点，那么由此而带来的不利影响应通过进水口和水堰的适当布局及运用专门的建筑物加以弥补。

2. 引水隧洞式电站

通过压力隧洞引水的电站构成了第二种类型的高水头开发。其布局的主要面貌如图 77-2 所示。这种类型的电站一般用于很高水头的开发（几百米甚至 1km 以上），主要包括以下的部分和结构：① 堤坝或引水堰；② 进水口或渠首工程；③ 压力隧洞；④ 调压井；⑤ 压力钢管

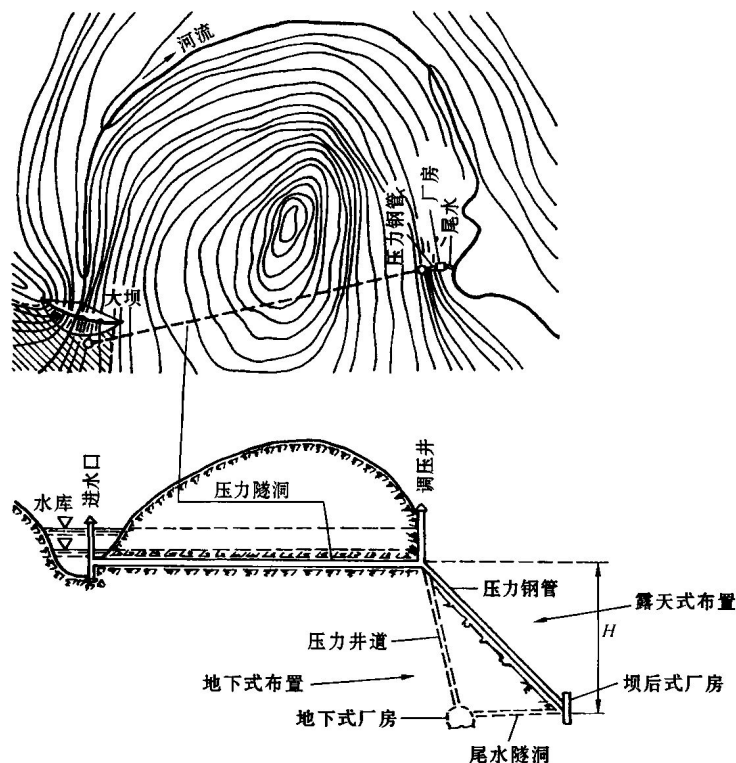


图 77-2 压力隧洞工程的一般布置和剖面图