



数据加载失败，请稍后重试！



数据加载失败，请稍后重试！

# 挪威水电发展

(上册)

[挪威] Dagfinn K. Lysne Ånund Killingtveit Einar Broch 等 著  
谷兆祺 施熙灿 彭守拙 李玉樑 陈其伟 等 编译



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn



数据加载失败，请稍后重试！

# 编译说明

---

水力资源是一种清洁的能源，是可再生的、可持续发展的能源之一。因此，世界上许多国家都投入大量资金和人力，努力开发利用水力资源。

在世界各国水力资源比较丰富的国家中，北欧的挪威在水力发电方面做得很突出，积累了丰富的经验。

挪威有其特殊的地理、地质、气候、人文条件。100多年来，挪威人民根据这些独特的条件，充分地发展水力发电，使国家工业化有可靠的能源保障，人民生活达到十分富足的地步，确实具有值得我们思考与借鉴的地方。

挪威特殊的自然人文条件表现在以下几个方面：

第一，地形条件优越。挪威地形狭长，沿海有很多峡湾，深入内陆，最长的达200多km，每条峡湾的两岸，几乎都是十分陡峻的岩壁，峡湾顶上是与海平面高差达一两千米的高原，高原上又散落分布着一些冰川形成的湖泊，总数有20余万个。因此，可以找到很多地形优越的位置修建水库，调蓄水量，在很短距离之内，可以形成很高的落差。在高原顶上，淹没很少，损失很小，可以建造高水头的水电站。

第二，水文、气象条件很好。挪威国土面临大西洋，受湿气流的影响，夏秋季节降雨量不小，冬季又降雪，雨雪最多的地方，多年平均年降水量可超过2400mm。全国多年平均年降水量也有1415mm。局部地区年降雨雪量高达4500mm。水资源十分充沛，一条几百平方公里或一两千平方公里流域面积的小山沟，就可以建设总容量达100万kW的水电站。

第三，地质条件较好。全国大多数地区为火成岩，东部虽然也有一些沉积岩，但面积较小。几万年以前，挪威全境，均为冰川覆盖地区。因此，地表风化层一般都较浅，只有3~5m深。

第四，全国人口较稀少。水电建设及各种基础建设的移民、搬迁等问题少，所花代价也要小得多。

因此，挪威的国情十分适宜发展水电。

挪威以前在欧洲是相对落后的地区，在 18 世纪以前，航海业比较发达，不少居民以航海渔业为生，直到 19 世纪末期，才开始小规模地发展一些近代工业。到 20 世纪 70~80 年代之后，挪威水电开发已经跃居世界前列。目前，全国人口只有 450 万人，但水电总装机容量达 2000 万~2600 万 kW，水电人均装机容量达 6kW 以上，居世界第一位。水电装机总容量占全国各类能源装机总容量的 98.8% 以上。因此，挪威全国虽没有丰富的自然资源，但仍然可以大量发展镁、铝、硅、铁等产品，发展电子、机械、冶金工业，大量进口农业产品、畜牧业产品。加之 20 世纪 70 年代以后，北海油田的大量开发出口，使全国人均 GDP 达到 30000 美元以上，稳居世界各国前五位之内，使挪威人民生活可以达到今天这样富足、祥和的水平。

挪威在水电建设上的成功经验，表现在以下几个方面：

首先，他们在规划上十分注意环保，精打细算，尽量减少对自然生态的破坏，尽可能引用高原上的冰川湖调蓄水量，很少在沿河连续修建高坝大库。挪威在考虑工程规划时还比较重视水库的淹没问题，即反复考虑水库的淹没范围、高程、淹没影响。有一些工程，规划完成后并不立即施工，而是搁置起来，甚至重新考虑规划，寻找其他方案，重新比较水库的位置，把水库位置设置在较高处，以减少淹没赔偿损失，减少水库形成的对环境的损害。

我国人多地少，虽然国土面积有 960 万 km<sup>2</sup>，但耕地只有 18 亿余亩，只占国土面积的 1/8，其余大部分是不太适合人们居住发展的荒山、沙漠、草原、湿地，所以，我们在水电规划设计方面要更加珍惜这些平原和耕地。

其次，在生态景观方面，挪威的水电站在水库下游，尽量保留一些流量，尽可能保持原有河道的景观，即使要花费相当可观的代价也在所不惜。挪威专家在规划之时比较重视水电站的景观设计，在许多设计项目中都做了景观设计，在偏僻的山岭中，即使没有多少游人，也要一丝不苟地做好这一部分工作。

另外，在地下工程方面，挪威利用当地良好的地质条件，尽量修建地下工程，即隧洞与地下厂房，全国地下水道总长度在 4000km 以上，地下厂房在 250 座以上，居世界各国之首。挪威还充分发挥地下工程的优点，充分利用地质方面的知识，恰当地选择地下建筑位置，建成经济、安全、节约的建筑物。著名的地质专家 Einar Broch 教授在参加我国黄河小浪底地下水电站的设计咨询时，建议我国的工程师把地下厂房布置在离上游较近的 T<sub>3</sub> 较好的岩层中，从而取得了较大的成功。

挪威德隆汉姆大学、挪威岩土所等科研学术单位有很高的水平，集中了

相当一批水利、水电工程人才，尤其是地下工程人才，为国家做出了很多贡献。从20世纪80~90年代起，其中数十位挪威教授、专家组织起来，历时20余年编写了《挪威水电发展》系列丛书，共17分册，包括规划、环保、景观、水工结构、水电站、地下工程、水文学、水力学、施工组织、机械设备、输配电以及维修等，全面地介绍了他们的经验。编委会主要成员为：Dagfinn K. Lysne（挪威科技大学水利工程教授）；Ånund Killingtveit（水文水资源工程学教授）；Einar Broch（地质工程学教授）。

挪威与我国水电工程界早在20世纪80年代就有所接触、交流。挪威工程界、科学研究所及大学组织了挪威水电界国际工程咨询团（即AGN专家咨询团）前往我国，帮助我国建设鲁布革水电站，把挪威一些岩石力学、水电工程的先进理念介绍到中国来，起到了很好的作用，引起了中国水电工程界的震动，被称之为“鲁布革冲击”。之后，这些水电建设的先进理念又被介绍到了岷江太平驿电站的施工中以及四川二滩电站的建设中。国内先后在四川自一里、小天都、金康、阴坪等水电站中，大胆地引进了一些先进的挪威水电经验，采用“一坡到底”、“气垫式调压室”、“不衬砌或少衬砌水道”等，获得了基本成功。同时在金康、阴坪水电站中还创造性地应用了钢包式气垫式调压室和外挂式钢包式气垫式调压室，为科技的进步做出了贡献。

清华大学自20世纪70年代末，先后派出大批教师前往国外学习先进经验。水利水电工程系也先后派出多位中青年教师前往挪威作访问学者，同时许多水电界的工程技术人员也先后多次赴挪威等国学习，与挪方建立了良好的联系，回国后把挪威的先进技术介绍到各自单位。得知挪威水电专家完成17本水电建设经验总结系列丛书后，取得原著编委会的同意，从2004~2008年，组织相关人员翻译此书，历时4年编译完成，题为《挪威水电发展》。编辑组主要由5位专家组成，他们是谷兆祺教授、施熙灿教授、彭守拙教授、李玉樑教授、陈其伟教授等。由于我们水平有限，更由于中外历史、发展水平及语言文化不同，对有些内容理解不深，有些方面翻译得不尽如人意，欢迎批评指正。

国内有关单位，对本书的编译出版给予了大力支持和资助，促使这一工作得以顺利完成。资助单位主要有华能四川、华能康定、华能涪江各水电开发有限公司，中国长江三峡工程开发总公司，四川省水利水电勘测设计研究院，水电十四局小天都项目部，清源水电水利设计咨询公司，国家地震局地壳研究所，中国水电顾问集团华东勘测设计研究院等友好兄弟单位，我们在此特表感谢。

中国水利水电出版社亦给予了大力支持，选派得力编辑及工作人员，对本书的编辑、出版精益求精，我们亦深表感谢。

参加编译和校对工作的专家教授还有：张思聪、惠士博、周景星、姚汝祥、沈之良、张受天、吴玉林、刘树红、刘娟、杨卫、徐宇、刚立、周小刚、陈应球、张永、李冰、高惠、杜鹏侠、何易、陈瑞麒等人。

全书参考文献从略，如有需要请查阅英文版原著。

**编译者**

2010年3月



# 原著编委会主要成员及中文主要 编译人员简介

挪威“HYDROPOWER DEVELOPMENT”原著编委会主要成员：

Dagfinn K. Lysne，挪威科技大学水利工程教授，2000年1月去世，生前任本系列丛书编委会主席。

Dagfinn K. Lysne教授生于1943年，先后在美国卡罗拉多大学获得理学学士学位、理学硕士学位，并在美国工作3年。返回挪威后，在挪威科技大学和挪威科学及工业研究基金会工作，直到1970年。在挪威科技研究所期间，从事水利应用研究工作18年，咨询工作8年，兼任国际咨询顾问12年（面向15个国家）。1986年获得水利工程教授头衔。

Ånund Killingtveit，水文水资源工程学教授，2000年1月起任本系列丛书编委会编委。

1976年获挪威科技大学博士学位。1971~1976年任挪威科技大学研究工程师，1977~1981年从事特隆赫姆水利公司的水利工程规划工作。1981~1986年任高级研究工程师，1986~1990年初，在挪威科学及工业研究基金会从事水文学和水资源研究工作。1986年，在挪威科技大学获水文学与水资源工程教授头衔。1996年获挪威科技大学土木工程理学硕士学位。1998~2001年从事斯瓦尔巴特群岛北极水文学研究。1985年以来，为10个国家提供水电站规划与实施项目的咨询。

Einar Broch，地质工程学教授，2000年1月起接任本系列丛书编委会主席。

1961年获挪威科技大学土木工程理学硕士学位，1971年获英国皇家科学技术学院岩石力学工程硕士，1977年获博士学位。1965年起为讲师，1984年起为挪威科技大学地质工程教授。曾为30多项挪威和国外水电站工程项目提供咨询。1986~1989年间，任国际隧道协会会长。著有《隧道与地下厂房技术》。

中文版《挪威水电发展》主要编译人员：

谷兆祺，教授，男，1931年2月生，1952年毕业于清华大学土木系水利组，留校任教至今，1993年退休。曾任三峡技术设计专题审查组专家，国务院三峡工程质量检查组专家，现仍任中国长江三峡工程开发总公司向家坝、溪洛渡工程质量检查组成员。

施熙灿，教授，男，1923年8月生，1947年毕业于清华大学土木系水利组，留校任教至今，1988年离休。主要从事水利水电规划及水利工程经济的教学和科学研究工作，主要著作有：《水利水电规划》、《水利工程经济》（第一版、第二版、第三版）、《水利综合利用工程理论及方法研究》、《水利水电工程经济经验汇编》等。曾任中国水利工程经济研究会理事，现任该研究会顾问。

彭守拙，教授，男，1935年12月生，1959年毕业于清华大学水利工程系，留校任教至今，1996年退休。长期从事水利水电及岩土工程方面的教学、科学研究与实践工作，积累了丰富而宝贵的实践经验。

李玉樑，教授，男，1937年9月生，1959年毕业于清华大学水利工程系，留校任教至今，主要从事水力学及环境水力学的教学和科学研究工作。2001年退休。曾任清华大学水力学教研室主任、中国水利学会环境水利专业委员会委员等职。

陈其伟，教授级高级工程师，男，1965年2月生，曾在原电力工业部成都勘测设计研究院从事二滩等水电站的设计工作，1992年调入华能四川水电开发有限公司，主要从事技术及管理工作，负责和参与建设了10余个中型水电站，在水电站业主管理方面具有较为丰富的经验。

# 目 录

编译说明

## 上 册

### 第 1 篇 挪威水电发展概况

第 1 章 国家基本情况	3
第 2 章 地质、地形、水文等自然概况	5
1 地质概况	5
2 地形概况	6
3 气象与水文	7
4 人文历史简况	8
第 3 章 1885~1930 年早期发展情况	10
第 4 章 1945~1965 年战后复苏时期	11
第 5 章 1965 年至今, 创新时期	14
1 不衬砌水道	14
2 最佳方案的选择	16
3 Sira-Kvina 小流域的开发	17
4 新型引水式水电站	18
第 6 章 水电工程中的新技术、新设计	22
1 地下厂房	22
2 大坝	23
3 岩塞爆破	23
4 溪流进水口	25
5 气垫式调压室	26
第 7 章 挪威近年建成的最大水电工程——Ulla-Forre 工程和 Svartisen 工程	28
1 Ulla-Forre 工程	28
2 Svartisen 工程	30

第 8 章 挪威水电及其他能源的状况 .....	33
第 9 章 挪威水电工程及环保、规划、设计、施工、科研、机电设备 .....	35
1 环境保护工作 .....	35
2 规划和设计 .....	36
3 机电设备的制造 .....	36
4 施工 .....	38
5 科研 .....	39
6 未来的能源 .....	39

## 第 2 篇 水电与火电配合

第 1 章 导言 .....	43
第 2 章 水电站特性 .....	45
1 开发目标 .....	45
2 发电模式与出力分布 .....	46
3 费用特性 .....	49
第 3 章 火电厂特性 .....	51
1 一次能源 .....	51
2 发电厂的类型 .....	52
3 费用特性 .....	57
4 发展趋向 .....	58
第 4 章 比较分析与互补性 .....	60
第 5 章 负荷图 .....	62
1 负荷预测概述 .....	62
2 负荷的各种图形 .....	63
3 用电管理 .....	64
第 6 章 电力系统需要考虑的事项 .....	66
第 7 章 供电系统数学模型 .....	70
1 引言 .....	70
2 根据水的价值确定运行程序 .....	71
3 在运行规划中水的价值 .....	72
4 电力组合模型 .....	73
第 8 章 水、火电配合 .....	75
1 在全国范围内 .....	75
2 在地区范围内 .....	77
第 9 章 电力系统发展规划优化 .....	79
第 10 章 发电规划 .....	82

第 11 章 火电系统中的抽水蓄能电站	84
1 引言	84
2 抽水蓄能概念	84
3 抽水蓄能电站的特性	85
4 抽水蓄能电站的规划与运行	87
第 12 章 国际电力交换	92
本篇缩略词	95

## 第 3 篇 水电开发的环境影响

第 1 章 概述	99
1 本篇的目的与目标	99
2 本篇的对象	99
3 环境影响的定义	99
4 水电工程涉及的环境问题	100
5 挪威经验的适用性	101
6 从水力发电到多目标的综合规划	101
7 多目标分析案例	103
8 水电规划中环境和资源的管理	104
9 环境问题与价值	105
10 水电开发的参与者和决策者	105
11 综合水资源管理概念的发展, 大坝的争论和国际能源署的指导方针	106
第 2 章 环境影响评价程序和实施	109
1 概述	109
2 实行可持续发展	110
3 环境评价程序的类型和指导方针	110
4 环境影响评价的程序	113
5 当今环境影响评价值得注意的原则	115
6 政府和机构的环境评价方法	119
第 3 章 水电工程及能源规划的不同层面	132
1 概述	132
2 工程层面及政策规定	132
3 规模的重要性	133
4 水能开发中环境的重要阶段	134
5 工程的组成	135
6 人类和自然生态方面	136
7 环境背景下的能源规划	136
8 水电规划中环境要素综合	140
第 4 章 环境及其关联的问题	143
1 概述	143

2	某些生态系统的基本原理	143
3	重要技术特性	146
4	社会经济和文化问题	164
<b>第 5 章</b>	<b>水电工程对环境的影响</b>	<b>172</b>
1	概述	172
2	环境缓解、监测和管理计划	172
3	对生物的影响及其缓解	174
4	影响量及其减轻	186
5	工程各阶段的影响及缓解	188
6	对工程各组成部分或受冲击区的影响及缓解	190
7	对社会各部分的影响及缓解	195
8	环境成本计算	197
<b>第 6 章</b>	<b>估价与经济性</b>	<b>200</b>
1	背景与概述	200
2	价值概念与环境	201
3	环境退化的经济因素	203
4	环境的缓解	207
5	决定的构架	208
6	从理论到实践	215
7	估价方法	218
8	经济分析与估价的结论	226
9	多种标准分析	227
<b>附录</b>		<b>232</b>
1	水能规划环境影响评价 (EIA) 方法发展基础	232
2	1991 年 10 月世界银行运作手册运作指南	235
3	生态系统的基本概念	236
4	全球变暖, 碳和森林	242
<b>本篇缩略词</b>		<b>245</b>

## 第 4 篇 水电站规划的景观设计

<b>第 1 章</b>	<b>前言</b>	<b>249</b>
<b>第 2 章</b>	<b>导言</b>	<b>250</b>
<b>第 3 章</b>	<b>河道及保护</b>	<b>251</b>
<b>第 4 章</b>	<b>水力发电站的类型</b>	<b>252</b>
<b>第 5 章</b>	<b>许可证</b>	<b>253</b>
<b>第 6 章</b>	<b>景观建筑</b>	<b>254</b>

<b>第 7 章 建筑活动</b> .....	256
1 调节 .....	256
2 堰坝 .....	257
3 水库 .....	258
4 建筑 .....	258
5 大坝和道路 .....	259
6 原料的挖掘 .....	260
7 多余材料 .....	261
<b>第 8 章 动植物群落</b> .....	262
<b>第 9 章 过去—现在—将来</b> .....	265

## 第 5 篇 水电项目的规划与实施

<b>第 1 章 简介</b> .....	269
<b>第 2 章 资源调查</b> .....	270
1 基础调查 .....	270
2 有预定目标的调查 .....	270
<b>第 3 章 水电项目调查</b> .....	271
1 规划参数和资料 .....	271
2 电力市场 .....	273
3 水文 .....	274
4 运行研究 .....	279
5 地质、土壤和材料 .....	282
6 环境问题 .....	284
<b>第 4 章 水电开发周期</b> .....	286
1 调查、规划、设计阶段.....	286
2 实施阶段 .....	287
<b>第 5 章 勘察研究</b> .....	289
1 勘察研究的目的 .....	289
2 勘察研究的主要工作 .....	290
3 野外工作和设计 .....	292
4 估算和进度 .....	293
5 报告 .....	293
<b>第 6 章 预可行性研究</b> .....	296
1 预可行性研究的目的 .....	296
2 预可行性研究的内容 .....	297
3 各种不同的研究 .....	299
4 预可行性研究的内容表.....	303

5 项目规划 .....	303
<b>第 7 章 可行性研究</b> .....	304
1 引言 .....	304
2 可营利研究 .....	304
3 项目规划 .....	308
4 水电工程开发方案 .....	309
5 水电工程建筑 .....	311
6 造价估算和进度 .....	316
7 报告 .....	322
<b>第 8 章 工程招投标</b> .....	327
1 设计和采购 .....	328
2 合同安排和项目施工 .....	331
3 工程文件 .....	334
4 招投标程序 .....	335
5 起草合同文件——业主的保护 .....	337
6 合同安排选择 .....	343
7 施工管理模式 (CM) .....	345
8 技术设计和施工图 .....	347
<b>第 9 章 施工和供应</b> .....	349
1 土建工程 .....	349
2 效率和合同灵活性 .....	352
3 电力—机械设备 .....	355
4 输电工程 .....	356
<b>第 10 章 运行</b> .....	357
1 水电装置的管理和运行 .....	357
2 电力销售、电价结构和政策 .....	359
<b>附录</b> .....	363
资源规划、设计和管理 .....	363

## 第 6 篇 水电工程经济分析与财务分析

<b>第 1 章 概述</b> .....	371
<b>第 2 章 专业名词</b> .....	372
1 财务名词 .....	372
2 经济名词 .....	375
3 电力系统名词 .....	376
<b>第 3 章 发展目标</b> .....	378
1 经济目标 .....	378



2 方案比较 .....	378
3 分析阶段 .....	380
<b>第 4 章 分析用的量纲</b> .....	<b>382</b>
1 有形事物 .....	382
2 无形事物 .....	382
3 风险 .....	382
4 分析 .....	383
<b>第 5 章 费用与效益</b> .....	<b>385</b>
1 影子价格 .....	385
2 费用估算 .....	387
3 效益估算 .....	392
<b>第 6 章 经济参数</b> .....	<b>394</b>
1 利息 .....	394
2 工程寿命 .....	395
3 现金流程 .....	398
4 剩余价值与废品价值 .....	401
<b>第 7 章 工程评价</b> .....	<b>402</b>
1 基本计算公式 .....	402
2 资金时间价值计算方法 .....	404
<b>第 8 章 经济分析</b> .....	<b>408</b>
1 前言 .....	408
2 分析用的参数 .....	409
3 计算方法 .....	412
4 对计算结果分析 .....	415
5 输电与配电 .....	416
<b>第 9 章 产出价值</b> .....	<b>418</b>
1 生产成本 .....	418
2 电能价值 .....	419
3 电力系统扩充 .....	421
4 多目标水利工程 .....	424
5 经济合理性评述 .....	426
6 生产成本测算 .....	428
7 水、火电站经济评价 .....	430
<b>第 10 章 财务分析</b> .....	<b>432</b>
1 定义 .....	432
2 目标 .....	432
3 财务盈利 .....	434
4 债务偿还 .....	435
5 财务报告 .....	437