

水电工程节能降耗 分析应用研究

中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司 编著
任金明 金珍宏 吴关叶 周垂一 陈永红 吴 迪 等



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

水电工程节能降耗 分析应用研究

中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司 编著
任金明 金珍宏 吴关叶 周垂一 陈永红 吴 迪 等



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书以资料收集和数据分析为主，通过对涉及水电工程的节能降耗政策、法律法规及技术标准的分析、总结，针对我国水电工程节能降耗存在的问题及实际情况，结合工程案例对工程建设及运行的能耗分析、能耗量计算、节能措施、节能效果综合评价方法、节能评估等问题进行了研究和探讨。

本书可供从事水电工程设计、施工的技术人员和管理人员使用，也可供其他相关专业部门和高等院校师生参考。

图书在版编目（C I P）数据

水电工程节能降耗分析应用研究 / 任金明等编著
— 北京：中国水利水电出版社，2015.5
ISBN 978-7-5170-3283-0

I. ①水… II. ①任… III. ①水利水电工程—节能—研究 IV. ①TV

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第126053号

书 名	水电工程节能降耗分析应用研究
作 者	中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司 编著 任金明 金珍宏 吴关叶 周垂一 陈永红 吴迪 等
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京纪元彩艺印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 19印张 451千字
版 次	2015年5月第1版 2015年5月第1次印刷
印 数	0001—2000册
定 价	66.00元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究



前言

节约能源是国家发展经济的一项长远战略方针，也是我国的一项长期基本国策。我国人口众多，能源资源相对不足，人均拥有量远低于世界平均水平，能源问题已成为制约经济和社会发展的的重要因素。《中华人民共和国国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要》提出了“十一五”期间单位国内生产总值能耗降低 20% 左右，主要污染物排放总量减少 10% 的约束性指标。《中华人民共和国国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》提出了到 2015 年单位国内生产总值二氧化碳排放比 2010 年下降 17% 的目标要求，节能减排任重而道远。

水电站利用水能发电，水能为可再生能源，属高效清洁能源，水力发电可减少原煤的直接使用，减少了温室气体排放量，对改善环境具有深远的意义。水电等清洁能源的开发是建设资源节约型、环境友好型社会的必然选择。近年来，我国正处于工业化和城镇化加快发展阶段，能源消耗强度较高，消费规模不断扩大，给大中型及巨型水电站的开发建设提供了契机，水电站在建工程数量及规模不断扩大，水电站工程建设及工程运行的能耗亦在持续增加，节能降耗工作开始提到重要议程。随着《固定资产投资项目节能评估和审查暂行办法》《固定资产投资项目节能评估工作指南》等政策、法规陆续颁布，与水电工程节能降耗相关的《水电工程可行性研究节能降耗分析篇章编制暂行规定》（水电规科〔2007〕0051 号）、《水电工程可行性研究报告编制规程》（DL/T 5020—2007）等相关的规程及规范性文件也相继颁布。此外，《水利水电工程节能设计规范》（GB/T 50649—2011）、《水电工程节能降耗分析设计导则》（NB/T 35022—2014）已正式颁布并实施。通过近年来的努力，水电行业的节能降耗在设计、施工、设备选择、运行、管理维护等方面积累了一定的经验，也存在着一些不足。为此，需要构筑一个平台供行业间交流与提高，为设计、施工及管理人员提供一些相关的法律法规及规范性文件、能耗计算方法、工程能源消耗参数等具有工程应用价值的技术资料，整体提高水电行业节能降耗水平。为顺利推进《水电工程节能降耗分析设计导则》在水电行业的实施，开展水电工程节能降耗分析应用研究是必要的。

水电工程的能耗分为工程建设及工程运行两大阶段。水电站工程建设期一

般较长,从几年到十几年,工程建设的能耗主要分为施工生产过程能耗、施工辅助生产系统能耗、生产性建筑物能耗及施工营地能耗。不同施工阶段施工项目不同,所投入的设备亦各不相同,另外为满足工程建设的需要,还会设置一些临时施工工厂设施和风、水等供应系统以及施工期生活、办公配套设施等,这些工厂设施及系统的运行都会产生能耗且能耗值是一个动态值。水电站工程运行的能耗主要分为生产性能耗和非生产性能耗与损耗。

本书共分12章,以资料收集和数据分析为主,通过收集整理涉及水电工程的节能降耗政策、法律法规及技术标准,针对我国水电工程节能降耗存在的问题及实际情况,结合工程案例对工程建设及运行的能耗分析、能耗量计算、节能措施、节能效果综合评价方法、节能评估等问题进行了研究和探讨。

本书由任金明、金珍宏、吴关叶、周垂一、陈永红、吴迪等编著。其他编人员为江汉仁、徐蒯东、邱绍平、江亚丽、骆育真、刘加进、龚英、曹磊、金晓华、古文东、熊立刚、张伟、韩华超。

本书在编写过程中,国家能源局科技司,水电水利规划设计总院,中国水电工程顾问集团公司,中国水利水电建设集团公司,中国长江三峡集团公司,国电大渡河流域水电开发有限公司,武汉大学,中国电建集团北京、西北、中南、成都、贵阳、昆明、华东勘测设计研究院有限公司等单位的专家提出了宝贵的意见和建议,国内水电工程设计、施工单位对本书第10章的编写提供了大量的工程实例及素材。两年来,经历了编制提纲细目、调查收集资料、撰写草稿、统稿、审查、审订和定稿等编审阶段。本书得以出版,是全体编审人员共同努力、辛勤劳动的结果。在这里特别向参加本书编审的单位和个人表示衷心的感谢。

由于我们的水平所限,书中的缺点、错误和疏漏在所难免。如各篇章内容深度繁简不一;工程建设期能耗分析及节能措施叙述偏细,而工程运行内容还不够充实;以及某些资料、数据归纳整理尚欠系统完整等。我们诚恳地希望广大读者给予批评指正,以便今后在充实新内容时修改提高。

编 者

2015年4月



目 录

前言

第1章 综述	1
1.1 水电工程节能降耗分析应用研究背景	1
1.2 主要研究内容	3
1.3 研究方法、难点及创新点	4
1.4 研究目标	5
第2章 节能降耗的内涵及基本方法	7
2.1 能源概论	7
2.2 节能的内涵及必要性	27
2.3 节能的层次及准则	30
2.4 节能的方法及措施	33
2.5 节能技术经济评价	35
第3章 我国节能降耗政策、法律法规及技术标准	43
3.1 我国节能降耗的政策	43
3.2 我国节能降耗的法律、法规	58
3.3 我国节能降耗的技术标准	66
第4章 水电工程节能降耗分析编制要求及编制依据	75
4.1 编制要求	75
4.2 基础资料	82
4.3 水电工程节能降耗分析依据	83
第5章 工程建设能耗分析和能耗计算	86
5.1 建筑材料能耗	86
5.2 建筑物能耗	86
5.3 施工生产过程耗能项目及能耗计算	87
5.4 施工辅助生产系统耗能设备及能耗计算	97
5.5 生产性建筑物耗能设备及能耗计算	104
5.6 施工营地耗能设备及能耗计算	105
第6章 工程运行耗能分析和能耗计算	108
6.1 工程运行各系统耗能设备分析	108
6.2 工程运行各系统能耗计算方法研究	111

第7章 水电工程节能设计	119
7.1 工程规划与总布置节能设计	119
7.2 建筑物节能设计	119
7.3 机电及金属结构节能设计	121
7.4 施工节能设计	124
7.5 工程管理节能设计	141
第8章 节能降耗效果综合分析	144
8.1 工程综合能耗指标的计算方法	144
8.2 水电工程总体节能降耗效益的计算方法	150
8.3 节能效果综合评价方法	151
第9章 水电工程节能评估	153
9.1 节能评估的现状	153
9.2 节能评估的方法	154
9.3 编制水电工程节能评估文件的要点	155
第10章 水电工程若干节能技术	157
10.1 碾压混凝土坝汽车+满管溜槽入仓技术	157
10.2 胶凝砂砾石筑坝技术	159
10.3 堆石混凝土筑坝技术	160
10.4 双聚能预裂与光面爆破综合技术	162
10.5 料场开采“溜井(槽)-平洞”垂直重力输送技术	165
10.6 长距离胶带机技术	167
10.7 砂石加工系统节能技术	175
10.8 风冷料仓节能技术	182
10.9 水工高性能混凝土节能技术	192
10.10 混凝土冷却系统节能技术	195
10.11 自然通风节能技术	200
10.12 施工供水自流供水节能技术	202
10.13 施工供电系统节能技术	204
10.14 地下厂房通风空调系统中的节能技术	207
10.15 水电运行管理节能技术	211
第11章 水电工程节能降耗分析及节能评估工程案例	215
11.1 节能降耗篇编制工程案例	215
11.2 节能评估报告编制工程案例	241
第12章 研究成果总结与展望	255
12.1 研究成果总结	255
12.2 建议与展望	259
附录A 中华人民共和国节约能源法(国家主席令〔2007〕第77号)	261

附录 B 国务院关于加强节能工作的决定（国发〔2006〕28号） 270

附录 C 国家发展改革委关于加强固定资产投资项目节能评估和审查工作的通知
（发改投资〔2006〕2787号） 276

附录 D 固定资产投资项目节能评估和审查暂行办法（国家发展和改革委员会令
第6号） 278

附录 E 固定资产投资项目节能评估工作指南（2014年本） 285

附录 F 关于颁布《水电工程可行性研究节能降耗分析篇章编制暂行规定》的
通知（水电规科〔2007〕0051号） 292

参考文献 293

第 1 章 综 述

1.1 水电工程节能降耗分析应用研究背景

1.1.1 概况

节约能源是国家发展经济的一项长远战略方针，也是我国的一项长期基本国策。我国人口众多，能源资源相对不足，人均拥有量远低于世界平均水平，能源问题已经成为制约经济社会发展的重要因素。与发达国家相比，我国能源效率水平偏低是不争的事实。据国家能源局统计的数据，2012 年，我国万元 GDP 能耗为 0.76tce，大约是日本和德国的 6 倍，欧盟的 5 倍，美国的 3.5 倍。不仅与发达国家相比存在巨大差距，我国能源效率甚至低于同为发展中国家的巴西和印度，分别比巴西和印度高出了 150% 和 20%。《中华人民共和国国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要》（以下简称《“十一五”规划纲要》）提出了“十一五”期间单位国内生产总值能耗降低 20% 左右，主要污染物排放总量减少 10% 的约束性指标。《中华人民共和国国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》（以下简称《“十二五”规划纲要》）提出了到 2015 年单位国内生产总值二氧化碳排放比 2010 年下降 17% 的目标要求，节能减排任重而道远。

水电站利用水能发电，水能为可再生能源，属高效清洁能源，水力发电可减少原煤的直接使用，减少了温室气体排放量，对改善环境具有深远的意义。水电等清洁能源的开发是建设资源节约型、环境友好型社会的必然选择。近年来，我国正处于工业化和城镇化加快发展阶段，能源消耗强度较高，消费规模不断扩大，给大中型及巨型水电站的开发建设提供了契机，水电站在建工程数量及规模不断扩大，水电站工程建设及工程运行的能耗亦在持续增加，节能降耗工作开始提到重要议程。

《水电工程可行性研究节能降耗分析篇章编制暂行规定》（水电规科〔2007〕0051 号）施行至今已有数年，积累了大量基础资料和宝贵数据。为推进《水电工程节能降耗分析设计导则》（NB/T 35022—2014）的顺利实施，专门开展了水电工程节能降耗分析应用研究。

1.1.2 水电工程节能降耗分析现状

1. 国内水电工程节能降耗分析现状

水电行业节能降耗作为独立篇章专门研究的规定始于 2007 年，整体起步晚于国内其他行业。水电工程的能耗分为工程建设及工程运行两大阶段。

水电站工程建设期一般较长，从几年到十几年，工程建设的能耗主要分为建筑材料能耗、建筑物能耗、施工生产过程能耗、施工辅助生产系统能耗、生产性建筑物能耗及施工营地能耗。不同施工阶段施工项目不同，所投入的设备亦各不相同，消耗的能源种类有所



差异。

水电站工程运行的能耗主要分为生产性能耗和非生产性能耗与损耗。

国内目前针对水电行业节能降耗分析研究的专业性书籍很少,可参考性资料缺乏,无论是工程建设还是工程运行能耗指标和能耗量的计算方法尚属空白。从各个科研院所编制完成的节能降耗篇来看,其能耗统计值相差很大,缘于没有编制指标和能耗量的计算规范,用以统一计算方法和取值。另外,能耗值统计计算后与之对应用来评估节能与否的标准也比较模糊,没有形成规范的评估方法。总体情况是:基础性的研究工作跟不上与之相关标准的落实。为此,收集水电行业的主要用能设备、单位工程量(产品)能耗指标,提供能耗计算方法及行之有效的节能措施并提供节能效益分析评估的方法,是目前需要迫切解决的问题。

《中华人民共和国节约能源法》自1998年1月1日开始实施以来,水电行业在设计、施工、设备选型、运行、维护等方面都积累了一定的经验。现行的《水电工程可行性研究报告编制规程》(DL/T 5020—2007)中已列入了节能降耗分析篇,水电水利规划设计总院还以水电规科〔2007〕0051号文颁布了《水电工程可行性研究节能降耗分析篇章编制暂行规定》,国家发展和改革委员会(以下简称国家发展改革委)以〔2010〕6号令颁布了《固定资产投资项目节能评估和审查暂行办法》,国家节能中心于2011年8月发布了《固定资产投资项目节能评估工作指南》。此外,《水利水电工程节能设计规范》(GB/T 50649—2011)已于2011年12月实施,《水电工程节能降耗分析设计导则》(NB/T 35022—2014)也已正式颁布,并于2014年11月实施。

2. 国外水电工程节能降耗分析现状

近年来,随着全球能源形势的日益严峻,能源价格的日益攀升,各行业的节能降耗已成为许多国家尤其是发达国家非常关注的重要领域。

与水电工程相关行业,如水泥行业,日本利用废弃物发展环保水泥,意大利开发出高科技环保水泥,荷兰加工电厂飞灰代替水泥;建筑业,美国发布国家强制性节能标准,法国改善房屋结构和利用自然能源,德国鼓励老建筑现代化节能改造,瑞典推行鼓励节能住宅的优惠政策。照明业,美国制定发光二极管(LED)长期发展政策,日本LED新产品层出不穷,荷兰抢占全球世界LED市场。汽车制造业,美国优惠税收政策推广混合动力汽车,欧盟先进柴油车在市场上获大众支持,日本政府补贴政策推广混合动力汽车。

由于能源的发展与环境保护之间有着紧密的关系,世界上多数国家都将环境保护作为能源战略的重要目标。针对这一理念,发达国家在电力行业,倡导“绿色电力”,并取得了突飞猛进的发展,如美国明确企业绿色电力购买量,英国实施绿色能源战略,德国3年投入40亿欧元研发绿色能源以及韩国推行“绿色电力定价”体制等。

此外,国外制定了绿色水电认证制度。瑞士是世界上单位面积水电产量最高的国家之一,水电开发对天然河流生态系统的影响受到广泛关注。瑞士联邦水科学技术研究院(Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, EAWAG)通过多年的案例研究和实践,2001年提出了绿色水电认证的技术框架,建立了绿色水电认证的标准。自2001年以来,该标准已经成功应用于瑞士60多个水电工程,并且被欧洲绿色电力网确定



为欧洲技术标准向欧盟其他国家进行推广。

低影响水电认证由美国低影响水电研究所 (Low Impact Hydropower Institute, LIHI) 进行, 低影响水电认证旨在帮助识别和奖励那些通过采取措施将其对环境的影响降至最低程度的水电站大坝, 使其在市场上能够以“低影响水电”的标志进行营销, 从而通过市场激励机制来鼓励业主采取有效措施减少水电站大坝对生态与环境的不利影响, LIHI 的认证程序也可以帮助能源消费者选择他们希望支持的能源产品和水电生产方式。截至 2007 年 1 月, LIHI 已经对 23 项水电工程进行了认证, 并且开始推广到加拿大。

单纯就水电工程节能降耗分析方面, 从目前已收集到的资料看, 国外这方面资料不多, 尚难系统阐述国外水电工程节能降耗方面的具体做法。

1.1.3 研究目的和必要性

1. 推进《水电工程节能降耗分析设计导则》实施的需要

为贯彻落实《中华人民共和国节约能源法》和其他有关节能政策, 根据国家能源局《关于下达 2010 年第一批能源领域行业标准制(修)订计划的通知》(国能科技〔2010〕320 号)的要求, 水电水利规划设计总院于 2010 年委托中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司负责《水电工程节能降耗分析设计导则》的制定工作。

水电行业节能降耗作为独立篇章专门研究的规定始于 2007 年, 整体起步晚于国内其他行业。《水电工程可行性研究阶段节能降耗分析和审查暂行规定》(水电规计〔2007〕0001 号)施行至今已有数年, 积累了大量基础资料和宝贵数据, 通过 2 年多的努力, 中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司编制完成了《水电工程节能降耗分析设计导则》(NB/T 35022—2014), 日前已正式颁布, 并已于 2014 年 11 月实施。为顺利推进《水电工程节能降耗分析设计导则》(NB/T 35022—2014)在水电行业的实施, 开展水电工程节能降耗分析应用研究是必要的。

2. 科学合理的设计需要

水电能源是目前发展比较成熟的可再生能源和清洁能源。大力发展包括水能、核能、风能等在内的非化石能源发电技术是未来电力行业节能减排的重要措施。

水电工程的节能降耗分析, 理论及实用性均较强, 并且涉及多个专业, 技术复杂。对其进行应用研究, 可在《水利水电工程节能设计标准》(GB/T 50649—2001)、《水电工程可行性研究报告编制规程》(DL/T 5020—2007)节能降耗分析篇、《水电工程节能降耗分析设计导则》(NB/T 35022—2014)的配套指导下, 结合水电工程实际, 进一步标准化节能降耗分析及评估方法, 深化节能降耗相关理论, 总结凝练节能降耗技术, 使节能设计的原则、技术要求协调统一, 并进一步推动节能技术的应用和发展。

1.2 主要研究内容

1. 节能降耗的政策、法律法规和规程规范研究

节能降耗的政策、法律法规和规程规范研究主要从以下几个方面展开。

(1) 国家层面的相关法律法规和规程规范。



(2) 国务院相关部委的法规和规程规范。

(3) 与水电行业有关的规范性文件等。

2. 水电工程工程建设节能降耗分析

工程建设能耗分析着重研究：施工生产过程、施工辅助生产系统及施工营地等项目的主要用能设备、能耗种类、能耗分布点、负荷水平，并制定统一的能耗计算方法，计算单位工程量（产品）能耗、能耗总量及分年度能耗量。

3. 水电工程工程运行节能降耗分析

工程运行能耗分析着重研究：生产辅助系统、生产性建筑物及办公、生活设施等项目的主要用能设备、能耗种类、能耗分布点，并制定统一的能耗计算方法，计算单位产品能耗、年度能耗量及电站运行期（一般为40~50年）内的能耗总量。

4. 水电工程节能技术及措施的切入点研究

节能技术及措施的切入点研究主要从以下几个方面展开。

(1) 工程规划与总布置的节能设计。

(2) 建筑物节能设计。

(3) 机电及金属结构节能设计。

(4) 施工节能设计。

(5) 工程管理节能设计。

从上述5个方面阐述工程节能措施、非工程节能措施、建筑物节能、管理节能、设备节能及施工节能等实际运用实例。

5. 水电工程节能效益分析

探讨节能效益分析的方法，提出有实际运用价值的工程建设、工程运行能耗指标的计算方法并提出相应的节能评估标准。宏观评价工程项目是否符合国家、地方关于节能减排的法律、法规的要求，对工程的总体布置、施工组织、机电设备选型及运行中采用的节能技术及措施等进行综合评价，是否满足节能降耗的结论，为节能效益分析提供数据支持。

1.3 研究方法、难点及创新点

1. 研究方法

本书以资料收集和数据分析为主，在水电水利规划设计总院指导下，调查研究水电行业工程建设及工程运行的主要用能设备、耗能指标以及能源利用效率。根据工程实例，着力于提出一些具有工程实际应用价值的能耗计算统计方法。研究技术路线为：

(1) 技术难点的提出及分析。根据《水电工程可行性研究报告编制规程 节能降耗分析篇》(DL/T 5020—2007) 和《水电工程可行性研究节能降耗分析篇章编制暂行规定》《固定资产投资项目节能评估和审查暂行办法》《固定资产投资项目节能评估工作指南》等相关规程及规范性文件的要求，结合已颁布实施的《水利水电工程节能设计规范》(GB/T 50649—2011) 和《水电工程节能降耗分析设计导则》(NB/T 35022—2014)，对水电工程节能降耗应用中的重点及难点进行系统分析，提出需要解决的核心问题。

(2) 结合行业现状，进行广泛调研。调研主要分两个方面：一是查阅类似工程文献资



料；二是调研水电工程现场实际情况。

(3) 在充分掌握第一手资料的基础上，针对应用研究中存在的技术难点进行剖析，提出相应的解决办法。

(4) 实践应用，验证分析。将研究成果适时反馈于工程实际，并不断修改完善。

(5) 形成实际操作应用指南，并提出需进一步研究的问题建议。

2. 技术难点

技术难点主要有以下几方面。

(1) 水电工程节能降耗分析应用的研究属水电行业新开拓的领域，欠缺以往的经验积累，同行业参考资料少。

(2) 水电工程规模大、各工程相异性大、情况复杂、施工工期长、技术要求高，导致无论是工程建设还是工程运行，其节能降耗分析需要统计的分项工程、生产系统及设备多，计算方法繁琐，统计分析难度大。

(3) 水电工程节能降耗技术方案及措施涉及专业面广，需与工程建设、运行管理实际紧密结合，不同工程项目需制定与之相适应的相关分析及研究方法，有共性之处，但更多的是特性，为此，需收集的工程资料广泛。

(4) 我国地域辽阔，各地区社会、经济环境差异大。目前已有的设计规范中，对能降耗值节能与否的评估标准仅有原则性的规定，需要着力研究与水电工程相适应的具有实际可操作性的相关节能评估方法。

3. 主要创新点

主要创新点主要有以下几方面。

(1) 在系统收集与分析我国现行节能降耗政策、法律法规及技术标准的基础上，进一步明确和细化了水电工程节能降耗分析依据及工作要求。

(2) 国内首次系统地进行了水电工程节能降耗分析方法研究，提出了一套切实可行的水电工程建设与运行能耗计算及取值的方法，促进了水电工程节能降耗分析的技术进步。

(3) 根据水电工程综合节能效益评价要求，通过对不同类型水电工程节能降耗案例分析，为水电工程节能降耗分析提供了具有实际应用价值的方法。

(4) 国内首次编制了《水电工程节能降耗分析篇章编制指南》，促进了水电工程节能降耗分析实际操作过程中的标准化、规范化。

(5) 系统分析归纳了 10 余项水电工程实用节能技术，取得了 3 项实用新型专利，促进了行业节能降耗技术发展。

1.4 研究目标

1. 预期目标

预期目标主要有以下几方面。

(1) 通过研究工作，为《水电工程节能降耗分析设计导则》(NB/T 35022—2014) 在行业内的实施提供技术支撑。

(2) 以科技读物的形式形成水电工程节能降耗分析应用指南，引领水电工程节能降耗



分析设计工作。

(3) 促进水电工程可行性研究节能降耗分析工作，提高行业整体技术水平。

2. 主要技术经济指标

通过本书的出版及《水电工程节能降耗分析设计导则》(NB/T 35022—2014)的实施，更好地促进水电行业的节能降耗，从而获得更好的能源利用效益。同时也为水电行业的节能降耗分析及固定资产投资项目节能评估的编制提供直接的素材，更好地落实水电工程节能设计标准。针对水电工程工程建设及工程运行提出可行的节能降耗措施，节约不可再生能源，提高能源利用效率。

第2章 节能降耗的内涵及基本方法

2.1 能源概论

2.1.1 能源概况

2.1.1.1 能源与能

能源 (energy sources) 是自然界中能为人类提供某种形式能量的物质资源, 是人类赖以生存的物质。通常凡是能被人类加以利用以获得有用能量的各种来源都可以称为能源。能源亦称能量资源或能源资源。

能源是能量的来源或源泉, 是能量的载体。能量, 简称为能, 是物质的属性, 是作功的能力, 是物质运动的度量。任何物质都离不开运动, 如机械运动、分子热运动、电磁运动、化学运动、原子核与基本粒子运动等, 相应于不同形式的运动, 能量分为机械能、热能、电能、光能、磁能、化学能、声能、分子内能、原子能等。

当物质的运动形式发生转换时, 能量的形式同时发生转换, 能量可以在物质之间发生传递, 这种传递过程即作功或传递热量。例如, 河水冲击水力发电机的过程, 就是河水的机械能传递给发电机, 并转换为电能。能量是一种标量, 常用单位为尔格、焦耳、千瓦小时等, 和功的单位相同。

能源是物质, 因它们自身的物质结构和组成的不同, 而具有不同的能量, 这些能量是由组成物质的属性所决定的。

2.1.1.2 能源特性

各种能源都有着各自的特性, 若从整体及能源的使用与管理角度上看, 能源有以下共同特性。

(1) 必要性和广泛性。能源是人类进行一切活动所必须消耗的 (包括直接的和间接的) 物质。随着社会的发展, 能源的用途将越来越多, 人们使用能源的必要性和广泛性也就越来越突出。

(2) 连续性和波动性。能源不同于其他物质资源, 它在生产过程中必须保证供应连续性, 即不可间断性, 如电力、自来水等。如果供应中断, 即使是短暂时间, 也会迫使生产停顿, 甚至造成严重事故。此外, 能源的使用又具有波动性, 使用量的多少, 会随着生产负荷的大小、气温的变化等因素而变化。

(3) 一次性和辅助性。一般来讲, 能源只能使用一次, 使用过后, 原来的实体立即消失, 通常不能反复使用, 这就是能源的一次使用性, 它是由过程的不可逆性所决定的。能源作为燃料动力来说, 在产品生产中的作用是改变物质的形态和性能, 满足生产工艺所要求的条件, 而并不构成产品的实体, 在生产过程中发挥辅助性功能。



(4) 替代性和多用性。无论哪种能源都可产生能，各种能源形态之间在一定的条件下可以相互转换，因而各种能源在使用上具有替代性。对于同一种生产活动，可以选用不同的能源。

多用性是能源的又一特点，大多数能源既可作为燃料动力使用，又可作为原料、辅助材料使用，而同一能源的不同用途，所得到的经济效果是不同的。

(5) 不易储存性。某些经过加工后的能源，如电、蒸气等，由于它们的生产过程就是使用过程，在目前的技术条件下储存的手段有限。因此，它们在生产和使用过程中，具有不易储存的特点，这就要求它们的生产、输送、使用等过程在时间上一致，数量上基本平衡，否则，就会造成能源的浪费。

2.1.1.3 能源分类

世界上能源的种类很多，为了便于了解各种能源的形成、特点和相互关系，便于能源的利用和管理，有必要从不同的角度对能源进行分类。

能源的分类方法一般有以下几种。

(1) 按能源的利用方式分类。按能源的利用方式可将能源分为一次能源和二次能源两大类。一次能源是指直接取自自然界未经加工转换而直接加以利用的能源，它包括：原煤、原油、天然气、核能、太阳能、水能、风能、波浪能、潮汐能、地热能、生物质能和海洋温差能等。一次能源可按其来源的不同划分为来自地球以外的、地球内部的、地球与其他天体相互作用的 3 类。来自地球以外的一次能源主要是太阳能。

(2) 按能源利用的反复性分类。按能源利用的反复性，一次能源又可分为再生能源和非再生能源。非再生能源将随着不断地开发利用，总有一天会消耗殆尽。目前，世界各国的能源总产量和总消费一般均指一次能源而言。一次能源的分类见表 2.1。

表 2.1 一次能源分类

按成因	按利用反复性分	再 生 能 源	非再生能源
第一类能源（来自地球以外，主要是太阳）		太阳能 水能 风能 海洋动能 波浪动能 雷电能 宇宙射线能	无烟煤 烟煤 褐煤 泥煤 石煤 原油 天然气 油页岩 油砂
第二类能源（来自地球内部）		地热能 火山能 地震能	核燃料
第三类能源（来自地球和其他天体的作用）		潮汐能	

凡由一次能源经过转化或加工制造而产生的能源称为二次能源，如电力、蒸汽、煤气、汽油、柴油、重油、液化石油气、酒精、沼气、氢气和焦炭等。水力发电虽是由水的



落差转换而来，但一般均作为一次能源。

2.1.1.4 能源消费

1. 能源的计量单位

世界各国各行各业所消费的能源品种繁多，计量单位也各不相同。国际上常用的能源计算单位有焦耳（J）、英热单位（Btu）、千卡（kcal）、吨标准煤（tce）、桶油当量（boe）、吨油当量（toe）、标准立方米天然气当量（m³gas）、千瓦小时（kW·h）、千瓦年（kW·a）等。

能量单位的定义如下。

焦耳——米·千克·秒制中的能量单位。1 千克物体按 1 米每秒速度移动时，具有 1/2 焦耳的动能，同样，1 牛顿的力移动 1 米距离时，所消耗的能量（所做的功）为 1 焦耳，符号为 J。

卡路里——计算热能的单位。卡路里有两种量值：千卡（kcal）和克卡（cal）。1 千克水温度升高 1℃时，所需要的能量称为 1 千卡，亦称为大卡。1 克水温度升高 1℃时，所需要的能量称为克卡。

英热单位——类似卡路里的英制单位。1 磅水温度升高 1°F时，所需要的能量称为 1 英热单位，符号为 Btu。

千瓦小时、千瓦年——根据功率乘时间确定的一种能量单位。如果 1 千瓦的速率持续消耗能量 1 小时，那么消耗能量的总数为 1 千瓦小时，简记为 kW·h；如果 1 千瓦的速率持续消耗能量 1 年，那么消耗能量的总数为 1 千瓦年，简记为 kW·a。

燃料单位——使用某种单位，即煤以吨计、石油以吨或桶计、天然气以立方米计，来表示单位燃料的有效能含量。吨煤当量（吨标准煤，英文简写为 tce）、桶油当量（英文简写为 boe）、吨油当量（英文简写为 toe）、标准立方米天然气当量（英文简写为 m³gas）都是为了便于宏观统计，人为假设的“标准煤”“标准油”和“标准气”由于燃料质量等因素影响，各国标准有些差别。

为便于实际使用，表 2.2～表 2.6 列出了常用能量单位换算表以及能量与能源之间的换算，便于彼此折算。

表 2.2 常用能量单位换算表

焦耳 (J)	吨标准煤 (tce)	吨油当量 (toe)	桶油当量 (boe)	立方米天然气 (m ³ gas)	千瓦小时 (kW·h)	千卡 (kcal)	英热单位 (Btu)
1	34. 1208×10 ⁻¹²	23. 88×10 ⁻¹²	163. 43×10 ⁻¹²	25×10 ⁻⁹	2. 778×10 ⁻⁷	238. 846×10 ⁻⁶	947. 817×10 ⁻⁶
29. 3076×10 ⁹	1	0. 7	4. 7896	751. 8799	8141	7×10 ⁶	27. 7797×10 ⁶
41. 868×10 ⁹	1. 4286	1	6. 8423	1074. 1141	11630	10×10 ⁶	39. 6853×10 ⁶
6. 119×10 ⁹	0. 2088	0. 1461	1	156. 9816	1699. 7222	146. 498×10 ³	5. 8×10 ⁶
38. 9791×10 ⁶	1330×10 ⁻⁶	930. 999×10 ⁻⁶	6370. 174×10 ⁻⁶	1	10. 8275	9309. 9981	36. 947×10 ³
3. 6×10 ⁶	122. 835×10 ⁻⁶	85. 984×10 ⁻⁶	5. 883×10 ⁻⁴	9. 236×10 ⁻²	1	859. 8452	3412. 3223
4186. 8	142×10 ⁻⁹	100×10 ⁻⁹	6. 84×10 ⁻⁹	107. 411×10 ⁻⁶	1163×10 ⁻⁶	1	3. 9685
1055	35×10 ⁻⁹	25×10 ⁻⁹	172×10 ⁻⁹	27. 065×10 ⁻⁶	293. 055×10 ⁻⁶	0. 2520	1