



小 水 电 水 能 设 计 简 明 手 册

李 茨 罗 高 荣 主 编

中国水利水电出版社

小水电水能 设计简明手册

李 荧 罗高荣 主编

中国水利水电出版社

内 容 提 要

为了促进小水电水能设计的规范化、正规化,水利部颁发了《小水电水能设计规程 SL76—94》。为使该规程能在各地小水电规划、设计中贯彻,并便于普及应用,本书针对该规程的有关内容介绍了适用各种情况的设计方法、应用示例及供设计查阅的有关曲线图表。本书可供从事小水电规划和水能计算工作的工程技术人员及大专院校有关专业师生参阅使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

小水电水能设计简明手册/李荧,罗高荣主编,一北京:中国水利水电出版社,1996. 8

ISBN 7-80124-171-1

I. 小… I. ①李… ②罗… II. 水力发电站,小型-水力能源-设计 IV. TV742

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 08017 号

书 名	小水电水能设计简明手册
作 者	李荧 罗高荣 主编
出版、发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044)
经 售	全国各地新华书店
印 刷	北京市地质矿产局印刷厂印刷
规 格	850×1168 毫米 32 开本 7.125 印张 185 千字
版 次	1996 年 8 月第一版 1996 年 8 月北京第一次印刷
印 数	0001—2500 册
定 价	18.00 元

前 言

我国有丰富的水力资源，其中可开发小水电资源有 7800 万 kW。到目前为止，已开发 1600 万 kW 左右，遍布全国 2300 多个县（及县级行政区）的 1500 多个县。小水电的发展不仅为农村、山区提供了电力，解决了农村、山区人民群众的生活用电问题，也为发展山区、农村经济提供了有利条件。小水电的开发极大地促进了这些地区的经济发展，取得了举世瞩目的成就，尤其是自 1983 年以来，国务院批准两批共 300 多个农村水电电气化县建设任务，将我国的小水电建设又推向一个新的水平。至 1995 年底全国共有 318 个农村水电电气化县通过了国家验收。今年国务院又批准第三批 300 个农村水电电气化建设的任务。预计今后 20 年的时间内，中国小水电仍然是大发展的时期。

为了促进小水电的正规化规范化建设，以达到节省成本、降低造价、提高效益的目的，水利部组织有关单位编制了一系列小水电技术标准，《小水电水能设计规程 SL76—94》是其中之一，它涉及到小水电资源计算、水能参数计算、径流调节演算、装机容量选择及电力电量平衡等内容。为了使从事小水电水能设计工作的工程技术人员能准确地应用这一技术标准，我们特组织有关技术人员编写了这一简明手册，收集整理了有关基础资料，编制了针对各种实际情况的应用示例等，以作为《小水电水能

设计规程 SL76—94》的配套手册。

该手册由李荧、罗高荣同志主编，参加编写的有：刘玉英、张笑虹、贺青林、易桂兴、张晓敏、王继军、王明芳等同志。由于我们收集资料有限，不妥之处在所难免，希广大同行批评指正。

编 者

1996年5月

目 录

前 言

I. 小水电水能设计规程 SL76—94 及条文说明

- 一、小水电水能设计规程 SL76—94 (2)
- 二、小水电水能设计规程 SL76—94 条文说明 (36)

II. 小水电水能设计的基本知识及方法

- 一、我国小水电资源分布及开发利用情况 (54)
- 二、我国小水电的历史发展 (58)
- 三、中小河流规划 (62)
- 四、关于水能设计的一些基本概念 (64)
- 五、关于负荷预测 (67)
- 六、关于多年调节水库电站水能计算简化方法 (85)
- 七、水电站径流调节计算时段的影响 (92)
- 八、关于电力电量平衡 (101)

III. 小水电水能规划与指标计算示例

- 示例 1 无调节水电站水能计算 (132)
- 示例 2 年调节水电站等流量调节水能计算 (136)
- 示例 3 年调节水电站已知出力过程时的水能计算 ... (140)
- 示例 4 多年调节水库水能简化计算 (142)
- 示例 5 梯级水库电站群水能计算 (146)
- 示例 6 灌溉与发电相结合水库电站的水能计算 (175)
- 示例 7 小水电梯级开发示例 (179)

IV. 附 录

附录 1 普列什柯夫曲线图	(186)
附录 2 多年调节线解图	(187)
附录 3 多年调节计算曲线图	(195)
附录 4 各行业的典型日负荷曲线	(207)
主要参考文献	(221)

I. 小水电水能设计规程 SL76—94 及条文说明

一、小水电水能设计规程 SL76—94

中华人民共和国水利部

关于发布《小水电水能设计规程 SL76—94》的通知

水科教 [1994] 118 号

根据水利水电技术标准制修订计划，由水利部水电及农村电气化司主持，农村电气化研究所主编的《小水电水能设计规程》，经审查，批准为水利行业标准，其编号为 SL76—94。

该标准从一九九四年五月一日实施，实行中如发现问题，请及时向主编单位反映；该规程由水利部水电及农村电气化司负责解释；由水利电力出版社出版发行。

一九九四年三月二十八日

1 总 则

1.1 为了加强小水电建设的宏观指导和宏观控制,促进小水电的合理开发,提高小水电的经济效益,加快农村电气化进程,特制订本规程。

1.2 本规程适用于装机容量 25000kW 以下的小水电站的可行性和初步设计(扩大初步设计)阶段的水能设计;以小水电为主体的河流(河段)开发规划中的水能设计;以及相应小水电供电地区电力系统规划中的水能设计。容量较小的电站及小河流的水能设计可以适当简化。

1.3 小水电水能设计的基本任务应以河流(流域或河段)规划为基础,根据各开发目标的要求和工程本身安全要求,经综合分析和论证,选定工程规模及特征值。对于骨干电站,应研究水电站投产初期运行方式和水库蓄水过程,根据电力系统要求确定水电站在设计水平年的调度原则和运行方式。

1.4 小水电水能设计必须遵循和贯彻国家的有关政策和行业产业政策,贯彻执行《水法》,符合有关专业的规程规范要求。

1.5 小水电水能设计应在广泛收集和分析本地社会经济、自然资源、电力系统、生态环境以及综合利用的基本资料和基本要求的基础上进行,其精度应满足各设计阶段的要求。

2 中小河流的水能规划

2.1 中小河流规划中的水能设计应贯彻执行国家有关政策法令，并根据有关规程规范，结合流域开发、生态保护、国土整治以及水利多目标开发统筹进行。

2.2 中小河流水能理论蕴藏量与可开发量应用多年平均电能和出力两个指标表示。计算河流水能理论蕴藏量可通过绘制河流水能理论蕴藏量图进行，具体办法见附录 A。

2.3 中小河流的水能可开发量应根据河流水能理论蕴藏量图，结合当地地形、地质、施工、输电距离、系统要求、水库淹没以及交通运输等技术经济指标、环保要求等条件并结合具体布置站点及设备条件等因素确定。

2.4 中小河流水能开发应遵循统筹规划、梯级开发的原则，并尽可能兴建有一定调节能力的上游水库或“龙头”水库，以发挥较大的调节效益。当梯级开发中有若干座水库时，应考虑梯级联合调度、补偿调节作用，搞好梯级之间的衔接，并尽可能增加系统保证出力。

2.5 中小河流水能规划必要时可考虑跨流域引水的可能性和可行性，兴建集水网道工程，在技术经济条件许可时广开水源，实行低扬程抽水，高水头发电，实行水量、水头合理利用，以获得较大的开发效益。

2.6 在河流统一规划之前，已兴建有某些工程时，河流规划应尽可能结合已有工程进行，若需要废弃已有工程时，应有充分论证，并依法申报批准。

3 水能指标计算

3.1 水能指标计算的内容应包括出力计算和电量计算,提供电站的出力保证率曲线或出力历时曲线,计算保证出力、保证电能及多年平均电量等指标。

3.2 水能指标计算必须在收集与分析下列基本资料的基础上进行。

3.2.1 水文资料:

(1) 水电站取水口处的径流资料,包括年径流系列、典型年年径流按月分配资料(用于有年调节(含不完全年调节)以上性能电站)或典型年年径流按日分配资料(用于无调节电站和日调节电站),再根据水能计算的目的,确定所需的内容。

(2) 电站下游流量水位关系曲线,包括洪、枯水位变化情况。

(3) 历年各月水库库区陆面蒸发和水面蒸发以及渗漏资料。

(4) 其他有关的资料。

3.2.2 水库水位容积、水位面积关系曲线。

3.2.3 综合利用部门的需水资料,包括水库上、下游取水部门的用水资料。

3.3 无调节或日调节水电站的水能指标计算由上游来水过程决定。

3.3.1 根据电站取水口处多年日平均流量系列绘制日流量历时曲线或日流量保证率曲线,当资料缺乏或为了简化工作量可采用丰、平、枯三个典型年的日平均流量资料绘制日流量历时曲线或日流量保证率曲线,其计算方法见《小型水力发电站水文计算规范》SL77—94。

3.3.2 无调节或日调节水电站的保证出力计算应根据日流量历时曲线,按各种流量时的相应水头和选择的出力系数,计算出力并绘制出力历时曲线或出力保证率曲线。对应于电站设计保证率的出力即为保证出力。

3.3.3 无调节或日调节水电站的保证电量应为电站设计保证出力对应的电量。

3.3.4 无调节或日调节水电站多年平均发电量的计算应根据电站出力保证率曲线,计算绘制装机~发电量关系曲线,并结合电站装机容量的选择确定,具体计算方法可参见附录 B。

3.4 年调节水电站的水能指标计算可根据丰、平、枯三个典型代表年的来水过程进行计算,必要时也可用长系列来水过程进行计算。

3.4.1 当已知典型年的天然来水过程和水库特性、要求计算出力和发电量指标时,可采用等流量调节计算,具体方法参见附录 C。

3.4.2 当已知水电站按负荷图工作的出力变化过程、其他用水部门用水量及水库特征水位(正常蓄水位或死水位),要求确定所需兴利库容及水库蓄泄过程;或者已知兴利库容,要求计算水库蓄泄过程和出力保证程度时,可用试算法列表进行计算,具体方法参见附录 D。

3.4.3 年调节水电站保证出力和保证电量计算可按下述方法进行。

(1) 长系列法计算。即根据某一正常蓄水位方案,确定出水库极限工作深度,用列表法求出各年枯水期平均出力,并作出枯水期平均出力保证率曲线,计算相应保证出力和枯水期保证电量。

(2) 设计枯水年法计算。即根据长系列资料绘制枯水期水量或调节流量保证率曲线,用设计保证率查出相应枯水期水量,选择一个接近的设计年份,将其修正到设计值,并作为设计枯水年来水流量资料,列表计算其出力,确定其相应于电站设计保证率的保证出力和枯水期保证电量。

3.4.4 年调节水电站多年平均发电量的计算可根据年水量频率曲线,确定丰、平、枯三个典型年的来水量,在年径流资料中选出相近年份,按水量加以修正后得到三个代表年份的来水过程,并用列表法进行能量指标计算,求出各种典型年的发电量后取其平均值确定。

3.5 多年调节水电站水能指标的计算可采用时历法或数理统计法进行。

3.5.1 时历法计算可采用列表法或水量差积曲线法进行,其保证出力可按相应于设计保证率的连续供水年组电站发出的平均出力计算。

3.5.2 数理统计法进行径流调节计算采用查曲线图法进行,具体方法参见附录 E。

3.6 灌溉为主或有其他供水任务的水库水电站水能指标的计算,应根据国民经济发展需要,分清主次、合理安排,在水量分配上统筹兼顾,确定综合用水量及综合利用水库的兴利库容,以及水电站的用水过程,然后用列表法进行水能计算。

3.7 梯级水电站水能计算应充分考虑上、下游梯级之间的衔接关系(流量、流程和水位关系)以及梯级之间的互相补偿效用,具体方法参见附录 F。

3.8 小水电站的设计保证率应根据设计水电站占当地电力系统比重,系统中有调节能力水电站所占比重等因素确定,当该电站在系统中的比重大于 20%且电网以水电为主时,可按表 3.8 选择。

表 3.8 水电站设计保证率

包括本电站系统中有调节能力水电站占比重 (%)	25 以下	25~50	50 以上
水电站设计保证率 (%)	90~95	85~90	80~85

当电站所占系统比重小于 20%时允许适当降低。

3.9 以灌溉为主或有其他供水任务的水库水电站,其设计保证率应按主要用水部门的要求选择。

3.10 丰、平、枯三个典型代表年的频率分别按 $P_{\text{丰}}=10\%\sim 20\%$; $P_{\text{平}}=50\%$; $P_{\text{枯}}=100\%-P_{\text{丰}}$ 选择。

3.11 小水电站水库调度设计的基本原则应为:在保证水利枢纽安全的前提下,分清各用水目标之间的主次关系,进行统一调度,并按调度图操作、计算,校核水能指标。具体可用确定性来水条件下的时历法绘制基本调度线的方法进行。

4 负 荷 预 测

4.1 负荷预测是选择电源方案、确定供电方式、进行电力电量平衡和潮流分布计算的基础，也是确定电力系统发展速度和水电站分期开发计划编制的依据，应在详细收集和分析有关资料的基础上进行，并与国民经济各部门发展相协调。

4.2 通过负荷预测应提供如下成果：

4.2.1 设计水平年系统供、用电量指标。

(1) 系统内各类用电设备容量。

(2) 系统逐月用电综合最大负荷、用电量和年总用电量。

(3) 系统逐月供电综合最大负荷、供电量和年总供电量。

(4) 系统综合网损率，各种电站厂用电率以及负荷增长率等。

4.2.2 设计水平年系统具有代表性的典型日负荷图、逐月综合最大供电、用电负荷图，逐月用电量和供电量图。在可行性研究和初步设计(或扩大初步设计)阶段应编制 2~4 个典型日负荷曲线。

4.2.3 设计水平年系统各种负荷特征指标，包括日平均负荷率、日最小负荷率、月不均衡率、年最大负荷利用小时数等。

4.3 当系统内有季节性用户或有必要规划季节性负荷时，应收集分析季节性负荷资料，对季节性负荷进行预测，并编制相应的用电负荷曲线。

4.4 系统负荷应选择几种方法进行预测，互相校验其结果，一般情况下，综合需用系数法、单耗法等可作为基本预测方法。

4.5 典型日负荷图的编制可采用如下方法：

4.5.1 现有图形修正法。当设计水平年与设计基准年相比用电构成和负荷特性变化不大时，可使用现有的典型日负荷图进行分析整理，按比例放大后作为设计水平年的典型日负荷图。

4.5.2 综合典型图法。若某些行业的用电构成变化比较大，则可将这些行业超过原比例关系的那一部分负荷，按其所属行业的特点绘出典型日负荷图，然后与用现有图形修正法求得的设计水平年典型日负荷图相加，得出设计水平年的典型日负荷图。

4.5.3 迭加法。若设计水平年系统由几个孤立系统连接而成，缺乏统一的典型日负荷图，或可以将各用电项目分开计算和统计时，可先利用现有图形修正法或综合典型图法分别绘出各孤立系统或各用电项目的设计水平年典型日负荷图，然后迭加，得出设计水平年典型日负荷图。

4.6 逐月供电综合最大负荷图的编制亦可采用现有图形修正法和综合典型图法进行。当设计水平年逐月用电量指标计算出之后，也可将月电量折算为月平均负荷，再利用下式计算出各月最大负荷，并编为逐月供电综合最大负荷图。

$$P_{\max}^y = \frac{P_{pj}^y}{\gamma\sigma} \quad (4.6)$$

式中 $P_{\max}^y$ ——月最大负荷，kW；

P_{pj}^y ——月平均负荷，kW；

γ ——日平均负荷率；

σ ——月不均衡率。

4.7 系统设计水平年供、用电指标之间的关系为

$$P_{gz} = \frac{P_{yz}}{1-\xi} \quad (4.7.1)$$

$$E_g = \frac{E_y}{1-\xi} \quad (4.7.2)$$

$$E_f = \frac{E_g - E_{wg}}{1-\eta} \quad (4.7.3)$$

式中 P_{gz} ——系统供电综合最大负荷，kW；

P_{yz} ——系统用电综合最大负荷，kW；

E_g ——系统供电量，kW·h；

E_y ——系统用电量，kW·h；

E_f ——系统发电量，kW·h；

E_{wg} ——系统外购电量，kW·h；

ξ ——系统综合网损率，应不大于 11%；

η ——系统综合厂用电率（即各电站综合平均厂用电率，小水电站可取 $\eta=0.5\%\sim1.0\%$ ）。

5 装机容量选择及电力电量平衡

5.1 小水电站的装机容量必须在充分研究水库的调节性能、综合利用要求、系统负荷水平及其特性、水电站供电范围、系统调节性能的基础上,计算各装机方案的有效电量、发电效益和相应费用,结合电力电量平衡,分析比较后合理确定。

5.2 小水电站装机容量选择按其各自的特点进行。

5.2.1 并入孤立小水电网中运行的小水电站,其装机容量必须在全网电力电量平衡的基础上选择。

5.2.2 并入小水电网中运行的小水电站,当小水电网与国家电网联网时,其小水电站的装机容量选择应在小水电网电力电量平衡的基础上,结合国家电网吸收电力、电量的能力和经济分析比较后确定。

5.2.3 与以水电为主的国家电网联网运行的小水电站,其装机容量选择除需采用方案比较经济评价确定合理规模外,还需结合小区域的电力电量平衡确定其装机容量。

5.2.4 与以火电为主的国家电网联网运行的小水电站,其装机容量选择可根据当地电力需求实际情况,采用经济评价和方案比较的方法确定,而不必进行电力电量平衡。

5.3 所占系统比重不大的小水电站和微型水电站的装机容量选择,允许采用简化的方法进行。

5.3.1 装机在 100~500kW 的水电站装机容量选择可不进行电力电量平衡,根据水能计算参数结合经济评价与方案比较方法确定其合理的装机容量。

5.3.2 对于容量较大的系统,当水电站装机容量占系统总装机容量比例在 2% 以下时亦可不进行电力电量平衡,根据水能参数结合经济评价与方案比较方法确定合理的装机容量。

5.3.3 装机在 100kW 以下的微型水电站,其装机容量可按年利用小时数控制,一般年利用小时数不应低于 3000 小时。