

SL

中华人民共和国行业标准

P

SL 77—94

小型水力发电站水文计算规范

Hydrological calculation norms

for small hydro power

1994—04—05 发布

1994—05—01 实施

中华人民共和国水利部 发布

中华人民共和国行业标准 小型水力发电站水文计算规范

SL 77—94

主编单位:水利部农村电气化研究所

批准部门:中华人民共和国水利部

中华人民共和国水利部 关于发布《小型水力发电站水文计算规范》 (SL 77—94)的通知

水科教〔1994〕120 号

由水利部农村电气化研究所主编的《小型水力发电站水文计算规范》,经审查,批准为水利行业标准,其编号为 SL 77—94。

该标准从 1994 年 5 月 1 日起实施。实行中如发现问题,请及时反映给主编部门;该规范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。

1994 年 4 月 5 日

目 次

1 总则 (4)

2 设计径流 (4)

3 流量历时曲线 (6)

4 枯水分析 (7)

5 设计洪水 (7)

6 水位流量关系 (8)

7 泥沙、蒸发、冰情及其他 (8)

8 成果合理性检查 (9)

附录 A 装机容量小于 500 kW 和小于 100 kW 的小水电站的水文分析计算 (10)

附加说明 (10)

NetEase
www.SHUIGONG.COM
网易
水利工程网

1 总 则

1.0.1 为保证小型水力发电站(以下简称“小水电”或“小水电站”)水文分析计算质量,提高成果的可靠性,结合小水电特点,制定本规范。

1.0.2 本规范适用于装机容量 2.5 万 kW 以下(含 2.5 万 kW)各类小水电站可行性研究和初步设计阶段的水文分析计算,规划阶段亦应参照使用。对装机容量小于 500 kW 的电站,可根据实际情况适当简化内容,放宽要求;对小于 100 kW 的微型电站,可参照执行。详见附录 A。

1.0.3 小水电水文分析计算的基本资料应包括以下内容:

- (1)水文、气象资料;
- (2)流域自然地理、河流特征资料;
- (3)流域水利水电工程开发等人类活动影响资料;
- (4)水文、气象区域综合分析研究成果;
- (5)其他有关资料。

1.0.4 小水电水文分析计算必须在认真调查和搜集水文、气象等基本资料的基础上,根据资料条件和工程特点,正确应用我国现行的中小流域水文分析计算方法和经省级以上行政主管部门审定的区域综合分析研究成果及其配套查算图表。

1.0.5 小水电水文分析计算报告,应按照本规范内容逐章编写,依次说明流域情况、参证测站、引用资料、计算方法及其参数定量,明确给出分析计算结论,顺序列入全部采用成果和主要图表。

1.0.6 小水电站装机容量、调蓄库容、集水面积任一项指标达到大中型水利水电工程级别下限的,水文分析计算按《水利水电工程水文计算规范》(SDJ 214-83)和《水利水电工程设计洪水计算规范》(SL 44-93)执行。

2 设计径流

2.0.1 小水电水文分析计算,应提供以下全部或部分的基本设计径流成果:

- (1)多年平均和各指定频率或各设计代表年的年径流、汛期径流、枯期径流、最枯月径流;
- (2)各设计代表年的年内分配。

2.0.2 设计径流,根据不同资料条件,主要应采用以下方法:

- (1)当站址有足够径流资料时,进行频率分析计算;
- (2)当站址上下游、本流域、相邻流域或附近水文气象相似区域内有径流参证测站时,按集水面积比例缩放移用参证测站频率分析计算成果;
- (3)当无以上资料条件时,进行区域综合分析计算。

2.0.3 在 n 项连续径流系列中,按由大至小顺序排列的第 m 项经验频率 P_m 用数学期望公式计算:

$$P_m = \frac{m}{n+1} \times 100 \% \quad (2.0.3)$$

径流频率曲线采用皮尔逊 III 型;根据经验频率点据推求频率曲线时,一般可采用“三点法”,或由电子计算机拟合。

2.0.4 实测径流资料不足时,应首先考虑插补延长径流系列后进行频率分析计算;用于频率分析计算的连续径流系列一般不应少于 20 年;插补延长径流系列的相关参数至少应有 5 年左右连续或

不连续的同步实测系列。

2.0.5 径流系列插补延长,可根据上下游、本流域、相邻流域或附近水文气象相似区域内资料情况,采用集水面积比例、水位流量相关、降水径流相关、径流相关或其他经过检验论证的方法。

2.0.6 采用集水面积比例缩放的方法移用参证测站频率分析计算成果和插补延长径流系列,应符合以下要求:

- (1)相比拟流域的地质、地形、植被条件、人类活动影响基本相同或相似;
- (2)集水面积相差一般不超过 50 %;
- (3)同时用多年平均降水量或相应降水量比例进一步修正集水面积比拟成果。

2.0.7 进行区域综合分析计算,除按 1.0.4 条的原则使用现行的区域综合图表外,还应根据资料条件、工程设计需要和工作深度,进一步分析综合以下关系:

- (1)区域天然年径流和集水面积关系;
- (2)区域年降水和年径流关系。

2.0.8 必须对已确定使用的年径流系列进行代表性分析和一致性分析。

分析年径流系列代表性的主要方法,应是直接作出流域内、水文气象相似区域内或气候一致区内长系列雨量站年降水量过程线及其 10 年滑动平均曲线,分析年降水周期变化规律,对比其长系列和与年径流系列同步的短系列的统计参数。

分析年径流系列一致性的主要方法,应是分析流域年降水径流关系的年际变化,或是调查了解流域水利水电工程历史发展情况。

2.0.9 年径流系列代表性和一致性分析,除一般地评价外,还应具体定性或定量地确定:

- (1)人类活动对年径流的影响;
- (2)系列均值水平;
- (3)未来径流形势。

2.0.10 根据电站设计保证率和资料条件,丰、平、枯三个设计代表年年径流频率可分别取为 5 %~25 %、50 %和 75 %~95 %。

2.0.11 设计代表年年内分配和各月内分配,根据经验频率接近设计频率的实测典型年(设计典型年)同倍比缩放确定;设计典型年应选择年内月内实测径流资料完整或比较完整且对电站未来运行较为不利的典型。

2.0.12 实测径流资料短缺时,应按不同的降水和径流资料条件,采用以下方法确定设计代表年年径流量及其年内或月内分配:

- (1)按集水面积比例直接或经综合后移用参证测站资料。
- (2)应用已有的径流区域综合图表。

(3)从降水量参证测站几个相近频率的年降水量设计典型年年份中,选取有实测径流资料的年份作为年径流设计典型年,相应的设计代表年年径流量用区域综合等方法确定。

(4)无以上资料条件时,在降水量与径流二者的年内分配有较好关系的地方,设计代表年年内分配可根据降水量参证测站设计典型年各月降水量占全年降水量的百分数,加上适量基流后确定。

2.0.13 在相关分析中,不得进行辗转相关,一般不必计算相关系数和选配回归方程。相关关系好坏,可直接由相关图目估判断;在对个别突出点据分析处理后,可徒手定线、图上读值。

2.0.14 站址以上流域人类活动影响较大时,一般不宜进行年径流还原计算;但无人人类活动影响或影响较小且需要移用径流参证测站资料时,则应考虑参证测站天然年径流还原问题。

2.0.15 受人类活动影响较大的径流系列,一般不宜进行频率计算,应根据受流域水利水电工程等

较大影响前后系列的长短,采用以下方法定量确定反映现实情况的实际径流特征:

- (1) 实测径流资料短缺时的径流计算方法;
- (2) 分析对比流域年降水径流关系的变化;
- (3) 直接统计分析受较大人类活动影响后的实测径流系列。

2.0.16 除人类活动外,小水电设计径流应注意复杂的地形地貌(如极不均匀或极不稳定河道)、特殊的地质条件(如喀斯特)和突发的自然事件(如洪水溃堤)等对径流的影响。

2.0.17 小水电梯级电站、灌渠电站、抽水蓄能电站和跨流域引水的电站,一般可按本章设计径流。梯级电站的上级电站对梯级水文情势影响较大时,应按电站泄引水方式、区间集水面积大小和有关资料计算各级电站径流。

3 流量历时曲线

3.0.1 小水电水文分析计算,应提供电站引水口断面、坝址断面或入库断面等设计断面的日平均流量历时曲线。

3.0.2 推求日平均流量历时曲线,根据不同资料条件主要采用以下方法:

- (1) 应用丰、平、枯三个年径流设计代表年的全部日平均流量,分级或不分级排队统计;
- (2) 按集水面积比例和多年平均年降水量比例直接缩放移用径流参证测站的日平均流量历时曲线;
- (3) 综合区域日平均流量历时曲线。

3.0.3 实测径流资料短缺时,根据不同的资料情况,也可用以下方法推求日平均流量历时曲线:

- (1) 不经过同倍比缩放,直接统计分析丰、平、枯三个设计年径流设计典型年的日平均流量;
- (2) 仅统计分析年径流平水代表年或接近平水代表年的平水典型年的日平均流量;
- (3) 先推求月平均流量历时曲线,然后经径流参证测站的或区域综合的日、月平均流量历时曲线的对比分析,将月平均流量历时曲线转换为日平均流量历时曲线。

3.0.4 推求日平均流量历时曲线,应在径流分析计算工作成果基础上进行,所应用的设计径流成果必须经过系列代表性、一致性和人类活动影响等分析。

3.0.5 流量保证率仍采用经验频率的数学期望公式(2.0.3)计算。

3.0.6 根据资料条件和电站规划设计的需要,可进一步推求或综合以下形式的流量历时曲线:

- (1) 各设计频率的日平均流量历时曲线;
- (2) 枯期日平均流量历时曲线;
- (3) “日平均流量—多年平均流量(或集水面积)—保证率”关系曲线。

3.0.7 图示流量历时曲线,应根据流量变幅、流量历时曲线的形式和实际分析计算工作的需要,分别选用合适的普通格纸或对数格纸绘制。

4 枯水分析

4.0.1 除枯期径流和流量历时曲线外,小水电水文分析计算应根据资料条件和工程设计要求,提出以下全部或部分内容的枯水分析成果:

- (1) 年内枯水一般规律和异常变化,包括平水年(或多年平均)、枯水年、特枯年枯期、连续最枯三个月或两个月和最枯月径流量及最小日平均流量;

- (2)年际枯水一般规律和异常变化,包括枯水年、特枯年和连续枯水年段发生的周期规律;
- (3)人类活动对枯水径流的影响;
- (4)未来枯水径流形势评估。

4.0.2 枯水分析,应在径流分析计算和推求流量历时曲线工作成果基础上进行;除应结合洪水调查和站址勘察调查枯水外,还应在枯期进行专门的枯水调查。

4.0.3 专门枯水调查中的野外工作,可选择在年内枯季长期干旱无雨的时期进行。除一般描述外,调查的主要内容应有:调查时的河道枯水水位、流量;历史枯水的年份、发生时间、水位、流量、持续历时,或河道干涸断流的年份、发生时间、持续历时;人类活动对枯水的影响。

4.0.4 调查时实测的枯水流量水平,应根据流域代表性雨量站或降水量参证测站的年、枯期降水量系列和当年相应的年、枯期降水量或干旱无雨情况,对比分析确定。

5 设计洪水

5.0.1 小水电水文分析计算,应根据资料条件和工程设计要求,提供以下全部或部分的设计洪水成果:

- (1)各设计频率的年最大洪峰流量;
- (2)各设计频率的分期最大洪峰流量;
- (3)各设计频率的年和分期设计洪水过程线。

5.0.2 小水电设计洪水,应按《水利水电工程设计洪水计算规范》的主要原则、内容和方法进行;但可结合小水电特点,适当降低要求和简化。

5.0.3 小水电站厂房、引水输水建筑物、挡水泄水建筑物的设计洪水标准,应符合《水利水电枢纽工程等级划分及设计标准》(“山区、丘陵区部分”和“平原、滨海部分”,SDJ 12—78 和 SDJ 217—87,试行)及其《补充规定》的规定,按具体情况分别确定或综合选定。

5.0.4 当站址或其上下游附近有足够实测洪水资料时,应按《水利水电工程设计洪水计算规范》有关章节规定,进行频率分析计算,根据实测洪水资料直接推求设计洪水。

5.0.5 当站址或其上下游附近实测洪水资料短缺时,主要应根据经审定的全国和各省(自治区、市)暴雨和产流汇流区域综合研究成果及其配套查算图表(以下简称“暴雨洪水查算图表”或《图表》),由设计暴雨间接推求设计洪水。

5.0.6 由设计暴雨推求设计洪水时,设计雨量应根据暴雨洪水查算图表确定;设计雨型、产流汇流参数和设计洪水过程线,除应用暴雨洪水查算图表的区域综合成果外,凡有条件的,都应根据参证测站实测暴雨洪水资料分析综合选定。

5.0.7 小水电设计成洪暴雨历时一般可取为 24 h;但应根据站址流域集水面积的大小和参证测站实测暴雨洪水资料的分析综合成果,合理确定设计雨型中同频率控制的短历时成峰暴雨时段。

5.0.8 为方便和准确确定各设计短历时暴雨量,可根据全国和各省(市、自治区)长、短历时暴雨等值线图的查算数据,在双对数格纸上作出设计流域的“暴雨历时—频率—雨量关系”线。

5.0.9 当站址或其上下游附近实测暴雨洪水资料短缺、又无法确定设计流域暴雨洪水参数时,也可在双对数格纸上,作出本区域各参证测站的“实测和调查大洪水洪峰流量模数(M)—集水面积(F)—重现期(N)”关系线,用区域综合法估算小水电设计洪水。

5.0.10 小水电设计洪水,必须考虑调查的历史洪水。可靠或较为可靠的特大或较大的历史洪水,除应当用来参与频率计算、或验证由区域综合成果确定的设计洪水、或辅助推求水位流量关系曲线

外,当资料条件十分困难时,可直接作为设计洪水。

5.0.11 当站址或其上下游附近已有调查洪水成果时,可以直接从省(自治区、市)刊布的有关资料引用,否则应当在站址河段进行洪水调查;对影响较大的电站,即使已有刊布的河段洪水调查成果,仍必须进行调查复核。

5.0.12 小水电洪水调查资料和洪峰流量计算成果,应按原水利电力部 1979 年颁发的《洪水调查资料审编刊印试行办法》规定的主要内容和图表格式进行整理,附入水文分析计算报告。

5.0.13 估算调查洪水的洪峰流量一般可采用比降法公式。条件允许时,应在距站址上下游各为 100~300 m 的河段内,查证两个以上洪痕,布设两个计算断面,采用两断面算术平均或两断面比降法公式估算洪峰流量。

5.0.14 小水电梯级电站设计洪水,应根据梯级枢纽布置情况、电站泄水或引水方式、区间集水面积大小,估算区间设计洪水同经上级电站调节后下泄的同频率设计洪水的组合洪水。

6 水位流量关系

6.0.1 电站设计断面的水位流量关系,不得直接移用河道内其他断面的关系。当站址上下游附近有水文测站时,应通过设立临时水尺观测或通过调查测量,分析各级代表水位下河段水面曲线或水面比降的变化规律,修正水位后间接引用水文测站现有的水位流量关系。

6.0.2 站址河段无水文测站时,应根据河段纵断面图和设计断面横断面图,参证主槽河底平均比降和洪、枯水调查的测时水面比降及其估算流量,采用单断面比降法公式计算各级假定水位下相应的流量,建立“计算的”的水位流量关系。

6.0.3 在初步设计阶段,无论是“间接引用的”还是“计算的”设计断面水位流量关系,都应在站址待机实测低、中、高各级水位下的流量进行验证。

6.0.4 对于小水电站址受回水、冲淤、洪水涨落、水草生长等影响的非单一的水位流量关系,应观测分析或实测验证;如相关点群离散程度不大,一般可取平均关系。

6.0.5 设计断面大断面测量、河段河道纵断面测量和流量测验,一般应按我国现行的水文测验规范进行。

7 泥沙、蒸发、冰情及其他

7.0.1 对河流全年多沙和汛期洪水挟沙较多的小水电站址,应根据资料条件和工程设计要求,提供以下全部或部分的泥沙计算成果:

- (1)多年平均和丰沙、平沙、少沙设计泥沙代表年的悬移质含沙量、输沙量(率)及其年内分配;
- (2)多年平均和丰沙、平沙、少沙设计泥沙典型年的年最大断面平均悬移质含沙量及出现月份;
- (3)多年平均悬移质泥沙颗粒级配或平均粒径、最大粒径;
- (4)汛期推移质情况的定性描述。

7.0.2 小水电悬移质泥沙计算,根据不同的资料条件,主要采用以下方法:

- (1)当站址上下游或流域内有泥沙参证测站时,直接移用参证测站的泥沙特征值;
- (2)当泥沙参证测站位于附近周围其他流域,按设计流域同参证流域多年平均年降水量或年径流量的比值,缩放移用参证测站的泥沙特征值;
- (3)无以上资料条件时,应用已有的泥沙区域综合图表;必要时,临时施测。

7.0.3 悬移质泥沙频率分析计算方法和要求等规定,同年径流和洪水频率分析计算。

7.0.4 对一般水库电站,小水电水文分析应根据流域内或水文气象相似区域内蒸发量参证测站资料或已有的蒸发量区域综合图表,提供设计站址多年平均水面蒸发量和陆面蒸发量及其年内分配。

7.0.5 在我国北方地区,小水电水文分析计算应根据当地水文特征统计等水文、气象资料,给出站址冰情特征,内容包括:封冻和解冻时河流形势;岸冰出现,流凌出现,全河封冻,融冰最早、最迟和多年平均日期;封冻期冰厚;冰塞、冰坝和流冰大小等情况及其可能的危害。

7.0.6 在喀斯特地质区域,小水电水文分析计算应提供站址水化学资料,内容主要是对水轮机有严重破坏作用的侵蚀性游离 CO_2 和 HCO_3^- 等离子的含量及其季节变化规律。

8 成果合理性检查

8.0.1 对设计径流、设计洪水、流量历时曲线和水位流量关系成果,必须进行合理性检查;没有经过合理性检查的单站单次分析计算结果,不得列为正式成果。

8.0.2 成果合理性检查,应利用所掌握的全部参证测站、设计站址的全部实测资料和分析计算成果,采用几种估算、推求方法,进行多站同种方法成果的面上分布规律研究和单站多种方法成果的对比分析,按一法为主、多法比较、综合分析、合理选用的原则确定正式成果。

8.0.3 成果合理性检查的参数或项目,最主要的应有:年径流均值;设计洪峰流量、洪量;调查洪水洪峰流量及其比降法计算公式中的河床糙率 n 值;流量历时曲线和水位流量关系曲线形状及其特征;枯水保证流量。

8.0.4 条件允许时,除工程设计指定的设计频率或设计保证率成果外,可图示和列表给出全部各主要频率或保证率的成果;同时,进一步作出本流域或本区域径流、洪水综合图表,为成果合理性检查和解决无资料站址的水文分析计算提供重要的工具和手段。

8.0.5 各种方法分析计算的设计年径流均值和设计洪水洪峰流量数据应基本相同,并应同全国或地方各种区域综合等值线图、相关曲线或经验公式基本协调,在流域、区域和沿河上下游、干支流等面上分布基本合理,与降水量空间变化基本相应。

8.0.6 当几种方法的成果在数值上相差较大(例如相差 15 % 以上),或存在明显不合理的地区分布而又无法解释,或同降水量空间变化矛盾较大时,应认真查找原因,调整成果,必要时重新分析计算。

8.0.7 应特别注意调查洪水洪峰流量估算成果的合理性检查。检查主要是比较:各站址同年洪水及其暴雨空间分布;同站址不同年份洪水的大小排列;一定重现期的调查洪水同流域或区域内实测和已知调查洪水的量级。

8.0.8 为鉴别一定重现期的调查洪水洪峰流量合理的量级范围,可应用区域综合的“实测和调查大洪水洪峰流量模数(M)—集水面积(F)—重现期(N)”关系进行检查。

8.0.9 如果在合理性检查中发现调查洪水洪峰流量估算值过大过小时,应首先注意检查比降法公式中河床糙率 n 的取值是否合理,并应用参证测站实测资料验证比较。

8.0.10 对流量历时曲线,应分析、检查各流量历时曲线之间的相互关系和流量变幅、基流大小对曲线形状的影响;对水位流量关系曲线,应对比、协调横断面特征同曲线形状的关系。

附录 A

装机容量小于 500 kW 和小于 100 kW 的小水电站的水文分析计算

A 1.0.1 “对装机容量小于 500 kW 的电站,可根据实际情况适当简化内容,放宽要求”,主要应用已有的区域综合图表和进行洪、枯水调查,简单提供以下全部或部分水文分析计算成果:

- (1)多年平均年径流量及其年内分配;
- (2)调查枯水,包括估测的枯水流量、年内枯水月份及其一般持续时间;
- (3)设计洪峰流量及其相应的水位流量关系,或调查洪水洪峰水位;
- (4)悬移质泥沙、推移质、冰情一般定性描述,年降水量、气温等一般气象情况。

除洪、枯水和人类活动影响调查了解外,系列代表性分析、推求流量历时曲线、成果合理性检查、编写专门的水文分析计算报告等工作内容可以省略。

A 2.0.1 “对小于 100 kW 的微型电站,可参照执行”。例如可查读已有的区域综合图表,确定站址的多年平均年径流量或平均流量;在站址调查历年较高的洪水位,以确定厂房高程,等等。

附加说明

主 编 单 位:水利部农村电气化研究所

主要起草人:吕天寿、李季