

中华人民共和国电力行业标准

电力工程水文技术规程

Technical code of hydrology for electrical power projects
DL/T 5084—1998

主编部门: 华东电力设计院
批准部门: 中华人民共和国电力工业部
批准文号: 电综[1998]241号

*

前 言

根据电力工业部电力规划设计总院标准化计划,由华东电力设计院对电力规划设计院技术规程《电力工程水文技术规定(DLGJ15—80)》进行了修改,制定本行业标准。

在深入调研本专业工作现状与存在问题的基础上,结合电力工程水文勘测的特点,总结各院在各自水文地理特色区域范围内的丰富实践经验与科研成果;充分吸收外系统水文工作的技术经验与有关科研成果、规范、规程的长处;学习国外先进经验,对原《规定》进行了全面修订与增补。

修订工作中着重注意到以下几个方面:

(1)水文工作解决问题的基本途径应是深入现场调查,充分掌握可靠的实测水文、气象等基本资料,这是修订中遵循的一项原则。

(2)规程属于技术法规,修订中应力求做到条文具有约束力,尽可能给出具体规定,同时也注意到条文的可操作性,以适应地域上的差别。

(3)对某些实践证明行之有效的新方法,有选择性列入;对技术方法规定也不宜太细,留有余地,以利发展,在实践中不断创新。

(4)为了提高水文分析计算成果的精度,针对地区水文情势和资料条件,强调采用多种方法综合分析,合理确定水文分析计算成果。

本标准新增了水文途径评价地下水资源以及特小流域汇流参数与全国水面蒸发散热系数的科研成果;重点增补了水文气象查勘、地表水源计算、设计洪水计算、泥沙与河床演变分析、滨海与潮汐河口的岸滩演变与水文计算等方面内容。

本标准的附录A是提示的附录。

本标准起草单位:华东电力设计院。

本标准主要起草人:姚忠道、王有禄、王维新、胡毅、施建昌、杨祯福、黄玉娥。

本标准由电力工业部电力规划设计总院归口并负责解释。

1 范 围

本规程适用于汽轮发电机组容量为50MW~600MW新建、扩建、改建的火力发电厂(以下简称发电厂),电压为35kV~500kV新建、扩建的变电所以及微波通信工程的微波站等电力工程的水文勘测。

2 引 用 标 准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB12763.1—91	海洋调查规范总则
GB12763.2—91	海洋调查规范海洋水文观测
GB12763.3—91	海洋调查规范海洋气象观测
GB50179—93	河流流量测验规范
GB/T14914—94	海滨观测规范
JTJ213—87	港口工程技术规范(海港水文部分)
SDJ214—83	水利水电工程水文计算规范
SL44—93	水利水电工程设计洪水计算规范

3 总 则

3.0.1 为了在电力工程水文勘测中认真贯彻国家和电力工业的基本建设方针,统一技术标准,并结合电力工程的特点和要求,使水文勘测做到真实客观地反映流域水文特性,为工程设计提供正确、可靠、安全运行的水文勘测资料,特制订本规程。

3.0.2 电力工程水文勘测的各阶段的划分,原则上应与设计各阶段相对应。在电力工程施工过程中或竣工移交

生产后，当遭遇异常洪水、枯水或岸滩发生重大演变等突发事件时，应及时报告上级主管部门，会同设计人员赴现场查勘，搜集基本资料，判明原因，分析其对原提供的水文成果与结论的影响程度，提出调查报告，并应修正原水文成果和提出对策措施。

3.0.3 电力工程水文勘测应在不断总结经验的基础上，积极慎重地采用国内外成熟的新理论、新方法与新技术，对开发和引进的水文计算程序、绘图系统，必须经过技术鉴定和生产实践的检验和验证，方可使用。

3.0.4 电力工程水文勘测除应执行本规程外，尚应符合国家和行业现行的有关标准的规定。

4 水文气象查勘

4.1 一般规定

4.1.1 电力工程水文勘测的查勘、分析与计算必须从实际情况出发，以当地的水文、气象观测与调查资料为主要依据，深入调查研究，重视流域水文情势规律的分析，必要时，还应补充工程水文、气象勘测资料。对所采用的水文资料应进行可靠性、一致性和代表性分析。

4.1.2 电力工程水文勘测均应进行水文查勘，查勘前应根据任务书要求，确定查勘工作的范围与内容、搜集工程地区已有资料并制订查勘计划。

4.1.3 应通过赴现场踏勘、调查访问、必要的测试以及向有关单位搜集资料等方式，查清历史上与近期的有关水文气象要素定性与定量的变化特性。

4.1.4 应查勘的主要项目包括洪水、枯水、工农(牧)业用水、河床演变、泥石流、湖泊水文、滨海水文、冰情以及有关大风、积雪、覆冰等工程气象项目。

4.1.5 现场查勘至少应有二人进行，并当场记录，对于口头介绍的应有旁证，对调查的水文气象要素变化迹象与灾情等必须现场指认，作好标记，并宜进行摄影录音与录像。

查勘资料应在现场整理分析，进行合理性检查，发现问题及时复查纠正，查勘结束后应编写查勘报告或说明书。

4.1.6 查勘的分析判断结论与各种计算成果，对依据的基本资料、主要环节及各种参数均应结合当地具体条件和地区水文情势特性进行多方面的分析检查，并论证其合理性。

4.2 洪水查勘

4.2.1 应根据设计洪水计算的需要，搜集流域的自然地理概况、流域与河道的特征、暴雨与洪水的特性及其成因、流域与河道的现状与整治规划、水工建筑物运行资料。

4.2.2 历史洪水应着重调查各次特大洪水发生的时间及相应的重现期、洪水痕迹、洪水过程、断面冲淤变化与河床糙率有关的各项因素；洪水时的雨情、水情与灾情；同时还要查明洪水来源与成因，主流方向，漂流物，有无漫流、分流、决口、死水，以及流域自然条件与河道有无重大变化等情况。

4.2.3 历史洪水调查可在工程点上下游进行，必要时，应在干支流或更大范围内进行。

4.2.4 调查河段应选择洪痕较多，河道比较顺直，河床较稳定，控制条件良好，没有较大的支流汇入，无回水、分流与壅水现象，河床质组成与岸边植被情况比较一致的河段。

4.2.5 洪水发生时间的调查，应根据历史上的重大事件以及群众自身容易记忆的事件，结合搜集到的历史记载如地方志等，进行综合分析、判断确定。

洪水过程的查勘，可联系群众当时受洪水的威胁情况，调查洪水涨落的高度、时间及淹没历时。

4.2.6 调查洪水位应有两人以上的现场指认，洪痕标志要求明显、固定、可靠、具有真实性和代表性。

洪水痕迹的可靠程度标准评定见表4.2.6所示。

4.2.7 同一次洪水调查，在同一岸沿程至少应查得三个以上可靠或较可靠的、有代表性的洪痕点，以便各洪痕点高程的连线与本河段高水水面线以及河底线的坡度相对照，检查洪痕的合理性。

4.2.8 平原地区洪水调查，应了解历史上溃堤破圩、蓄洪、滞洪、分洪的情况，了解河网、圩区的分布，各圩区之间、各河汊之间与主河道的连系及其水流流向。

4.2.9 岩溶地区的洪水调查，除了一般地表河流所要求的内容外，应调查伏流暗河区的分布范围、泉点，溶洞水和暗河水的排泄条件；地表水与地下水的补给关系；划出明流区、滞洪区和闭流区；地下岩溶水的汇入和流出情况；溶洞和暗河网的滞洪调蓄特性。

表4.2.6 洪水痕迹可靠程度评定标准

评定因素	等级		
	可 靠	较 可 靠	供 参 考
洪水发生情况	亲身所见，印象深刻，讲的逼真确切	亲身所见，印象深刻，所述情况较逼真，尚确切	听传说或印象不深，所述情况不够清楚具体，不甚确切
旁证情况	旁证较多且确凿	有旁证资料	缺乏旁证
标志物和洪痕情况	标志物固定，洪痕位置具体或有明显的洪痕	标志物变化不大，洪痕位置不甚明显逼真，尚确切	标志物已有较大的变化，洪痕位置不够具体或无痕迹
估计可能误差			

范围	0.2m以内	0.2m～0.5m	0.5m～1.0m
----	--------	-----------	-----------

- 4.2.10 岩溶地区河流的调查河段，应尽量靠近工程点，能控制全部来水，并在不受下游溶洞壅水影响的明流河段。若工程点在溶洞上游壅水区，应查明最大壅水高程及其对洪水过程的影响。
- 岩溶地区洪痕调查的精度应高于非岩溶地区。
- 4.2.11 在调查洪水的同时，需要暴雨作对比验证时，应调查相应的暴雨量或雨区中心雨量级的上下限值、起迄时间、强度变化，暴雨走向范围，前期降雨，以及特大暴雨的重现期、暴雨灾情。
- 4.2.12 暴雨调查点应选择靠近暴雨中心，中心密些，边缘可稀些。每个村庄宜调查两个以上的暴雨数据。
- 点暴雨量调查可靠程度可参照表4.2.12中规定的标准评定。
- 4.2.13 洪水调查的测量工作，应包括纵断面，横断面和洪痕点高程测量。必要时，应作河道简易地形测量。
- 4.2.14 纵断面测量应包括各大水年水面线、测时水面线，断面及洪痕点位置，河底深泓线或主槽纵坡。纵断面测量范围，应包括整个调查河段，其测点分布以能控制水面线变化为准。

表4.2.12 点暴雨量调查可靠程度评定标准

评定因素	等级		
	可 靠	较 可 靠	供 参 考
指认人的印象	亲眼所见，印象深刻	亲眼所见，印象较深刻	听别人说或记忆模糊
指认的容器、水痕位置情况	水痕位置清楚具体	水痕位置不够清楚具体	水痕模糊不清
承雨器情况	四周较空旷，不受地形地物影响，降雨期间无漫溢，雨前承雨器空着或虽不空但能指出其具体体积数量。器口距地面高度0.7m～2.0m	四周不够空旷，但受地物影响不大，降雨期间无漫溢，雨前承雨器内有其它物质，体积数量不够具体。器口高于地面2.0m或承雨器在房顶上	受地形地物影响较大，降雨期间有漫溢，雨前承雨器内有其它物质，其体积数量已记忆不清

- 4.2.15 横断面测量水上部分应按地形变化布置测点，一般测至历史最高洪水位以上0.5m～1.0m，平原河流漫滩较远时，可测至历史最高洪水位以上0.5m或至堤顶高程。垂线分布数目可参照表4.2.15确定。

表4.2.15 不同水面宽的测深垂线数目表

水面宽 m	<50	50～100	100～300	300～1000	1000～2000	>2000
垂线数	10	14	18	22	26	30

- 4.2.16 洪水查勘的水准测量往返闭合差，不得超过以下规定：平原地区 $\pm 40 \sqrt{K}$ mm；山区 $\pm 50 \sqrt{K}$ mm(K 为往返测量所算得测段长度的平均公里数)。
- 4.2.17 利用调查历史洪水位推算洪峰流量时，可根据洪痕点分布及河段的水力特性等选用下列方法。
- 1)当调查河段有条件参照上、下游水文站的实测资料，建立水位流量关系时，可根据调查水位通过水位流量关系曲线外延来推算洪峰流量；
- 2)当调查河段顺直，河段内各断面的组成基本一致，调查的洪痕点分布较均匀，两岸洪痕不存在横比降时，可采用比降法推算洪峰流量；
- 3)当调查河段较长，可靠洪痕点较少或洪痕点虽多，但按点群趋势，水面线出现明显转折；或河底坡降及横断面变化较大又无控制断面存在，并未受变动回水影响时，可采用水面曲线法推算洪峰流量；
- 4)当调查河段下游有天然的或人工的控制断面，如卡口、急滩、闸堰等使水流在此断面形成临界水流时，可采用相应的水力学公式推求洪峰流量；
- 5)形态调查法推算设计洪峰流量 Q_p 。

在工程点附近如能调查到三个历史洪水，并能确定 Q_2 、 Q_3 的相应频率 P_2 、 P_3 ，则可用试算法确定 C_V 值，然后计算 Q_p 。

$$K = \frac{Q_2}{Q_3} = \frac{Q(1+f_2C_V)}{Q(1+f_3C_V)}$$

(4.2.17-1)

$$C_v = \frac{K - 1}{f_2 - f_3 K}$$

(4.2.17-2)

式中： Q_p ——设计洪峰流量， m^3/s ；
 K ——模比系数；
 φ ——离均系数；
 Q ——平均流量， m^3/s 。

先假定 C_v 、 C_s 值，查 φ_p 值表得出 φ_2 、 φ_3 ，并代入式(4.2.17-2)，使 C_v 计算值与假定值相符，从而定出设计频率 φ_p 值，按下式估算 Q_p 。

$$Q_p = \left(\frac{1 + f_p C_v}{1 + f_2 C_v} \right) Q_2$$

$$Q_p = \left(\frac{1 + f_p C_v}{1 + f_3 C_v} \right) Q_3$$

(4.2.17-3)

在人烟稀少地区，仅能调查到一次历史洪水时，应尽量确定其重现期，并参照地区分布规律，根据经验确定 C_v 、 C_s ，查得 φ_p 与 φ 值，代入式(4.2.17-3)估算 Q_p 。

4.2.18 调查洪水的洪峰流量宜采用两种以上的方法推算，互相验证比较，合理确定。

推算洪峰流量需要的糙率，宜采用本河段实测资料分析确定。复式河床的滩地和主槽应分别考虑。若缺乏实测资料，亦可移用与本河段河道特性相似的水文站的糙率，或根据河道特性从有关糙率表上慎重选用。

推算洪峰流量的可靠程度，可参照表4.2.18综合分析评定。

表4.2.18 洪峰流量可靠程度评定标准(比降面积法)

评定依据项目	等级		
	可 靠	较 可 靠	供 参 考
洪痕水位	代表性好、洪痕可靠，在推流断面附近	代表性好、洪痕可靠，距推流断面较远，或者水面线是依据较可靠点绘制的	洪水位是由水面线延长而得或水面线是依据参考点绘制
推流河段和断面情况	顺直河段较长，断面规整且稳定	河段尚顺直，断面尚规整，冲淤变化不大	河段弯曲，断面不规整，冲淤变化较大，或断面变化难于确定
糙率选定	河床质和河道中植被情况清楚，由实测资料分析，或选定糙率合理	河床质和河道中植被情况基本清楚，糙率选定基本合理	河床质和河道中植被情况不够清楚，糙率根据经验选定，精度较差
洪水水面线	根据数量多、精度高、上下游分布均匀、代表性好的洪痕确定，经分析比降合理	根据数量较多、精度较好、上下游分布尚均匀、代表性好的洪痕确定，经分析比降合理	根据数量少、精度差、上下游分布不均匀、代表性不好的洪痕点确定，经分析比降基本合理
成果合理性检查	无不合理现象	无大的矛盾，成果基本合理，存在问题较少	矛盾较大，成果不甚合理，存在问题多

- 4.2.19 涝区应结合电力工程设计要求，有所侧重地进行下列内容调查：
- 1)涝区河网水系特性。涝区内外河流、湖泊、洼地及沼泽区的分布情况；涝区内产流、汇流特性与河道长度、比降、糙率等；承泄区类型与位置；涝区的水面率与蓄涝率；蓄涝水位与容积关系曲线。
 - 2)涝区灾情。历史涝灾情况，典型受灾年份的成灾时间、降雨量、雨型、最大(高)与一般积水深度、积水位、相应范围与历时；涝区成灾暴雨与承泄区高水位的遭遇情况。
 - 3)涝灾成因。涝区雨量过多、外水汇入、排水出路不畅、以及承泄条件不良等。
 - 4)涝区现有水利工程。水库、排水闸、挡潮闸、排水站、排水沟道、蓄涝(洪)工程、堤防、涵洞、桥梁等的分布、数量和规模；现有工程的效益、运用方式、施工质量、兴建和投入运用的时间；现有工程存在的问题等。
 - 5)涝区防洪和治涝已达到的标准，当地治涝规划与设计标准。
 - 6)蓄涝区规划。蓄涝区位置与设计水位，蓄涝区容积，运用方式。
 - 7)承泄区规划。承泄区位置、治理内容等。

4.3 枯水查勘

- 4.3.1 根据设计枯水计算的需要，应搜集流域水系图；流域及调查河段的地形图；流域干旱、枯水特性及其补给来源；有关历史文献、文物、枯水查勘报告；流域水利工程与工农(牧)业用水的现状与规划等资料。
- 4.3.2 历史枯水应调查各次特小枯水发生时间、成因、持续时间及相应的重现期、枯水位标志与水深、枯水分布范围、枯水补给来源、枯水时的灾情与水流状况、干旱过程与连续干旱情况；人类活动的影响；河床质组成与断面情况。
- 4.3.3 历史枯水调查宜在枯水期进行；在非枯水期查勘的成果应在枯水期进行复查。调查的年限不应少于40年。
- 4.3.4 历史枯水上下游查勘的范围应按查明枯水水情与推算枯水调查流量的需要而定。必要时应对相邻流域河流的特小枯水进行调查参照。
- 4.3.5 枯水调查河段应选择枯痕易调查，河道较顺直、水流稳定、冲淤变化不大、控制良好及人类活动影响较小的河段进行。
- 4.3.6 历史枯痕调查可在河流上一些水利、港工、交通部门永久性建筑物或设施、村民生活用水的固定河沿及渔民作业情况等方面进行。
- 4.3.7 调查历史枯水位应有两人以上的现场指认，同次枯水应查明三个以上的枯痕。枯痕可靠程度可按枯水发生是否亲身所见、叙述是否确切，旁证是否较多与确凿程度，枯痕标志是否固定、具体等分可靠、较可靠和供参考三级评定。
- 4.3.8 枯水调查的测量工作应包括枯痕高程与测时水面线，河底线与横断面测量，枯水期水位观测与流量测验等。各项测量精度不应低于4.2.16及GB50179的有关要求。
- 4.3.9 岩溶地区的枯水调查应与水文地质人员共同进行，除了一般地表河流所要求的内容外，尚应根据岩溶地区的特点进行。在流域岩溶发育强烈时应查勘范围进行沿河枯水流量测验，掌握沿程水量变化特点。
- 4.3.10 岩溶地区枯水调查应着重落水洞、出水洞、河床渗漏的分布范围与水量，取水口枯期水源的组成部分及其来龙去脉，必要时进行连通试验(如水位传递法，示踪剂法等)。其上下游查勘的范围应按伏流暗河区分布范围与推算枯水调查流量的需要而定，必要时还应对有关支流进行调查。
- 4.3.11 对岩溶泉应调查其露头分布范围、水量与变化过程、主要补给区。泉水流量可按其水量大小采用表4.3.11的测试方法。

表4.3.11 泉水流量的测试方法

泉水流量变化范围(L/s)	测 试 方 法
0.01~60	三角堰测流
60~500	梯形堰或矩形堰测流
>500	流速仪或浮标法测流

- 4.3.12 调查枯水流量应采用两种以上方法推算，互相验证比较，合理确定。
- 4.3.13 按调查历史枯水位推算历史枯水流量时，可根据枯痕点分布及河段的水力特性等选用下列方法：
- 1)调查河段有实测流量资料时，可用水位流量关系低水延长法、上下游相关法或退水曲线法推算。
- 2)调查河段没有实测流量资料时，可用水文比拟法巡测流量，然后用低水延长法插补估算。枯水比降与糙率应根据实测资料分析确定。
- 3)在枯水调查河段下游如有急滩、卡口、石梁或堰闸等天然或人工控制断面，可采用相应的水力学公式推算。
- 4)模拟试验法确定水量。
- 枯水调查成果可靠程度评定见表4.3.13。

表4.3.13 枯水调查成果可靠程度评定表

项 目	等 级		
	可 靠	较 可 靠	供 参 考
资料来源	调查资料有据，多方论证无矛盾，原始记录清晰，数据可靠	调查资料大部分有据，多方论证基本一致，数据虽有小矛盾，但无原则性错误	资料来源不够可靠，大部分是推算或用定性方法估算，多方调查结果不完全一致，但无原则性错误
定线推流	定线合理，低水延长不超过当年最大水位变幅的±10%，或历年的±15%	定线基本满足要求，低水延长不超过当年最大水位变幅的±15%或历年的±20%，用水文比拟法估算，水文地质条件相似	用水文比拟法估算，水文地质条件基本相似
合理性检查	整编成果合理	整编成果基本合理	整编成果不甚合理

4.4 工农(牧)业与城镇用水调查

4.4.1 工业与城镇用水应按现状及规划情况调查下列内容:

- 1)工业用水量。工厂类别、规模及发展情况,水源地、取水设施、取水能力、取水地点与取水口高程、取水时间、用水定额与设计标准,月、年最大及平均用水量,用水量的地表水与地下水比例,重复利用系数,跨流域引水情况。
- 2)工业耗水量。月、年最大及一般净耗水量。
- 3)工业排水量。月、年最大及一般排水量,排水口地点与排放水量,排水时间,主要排水路径。
- 4)城镇用水量。人口数(包括总人口、城镇人口、农业人口),设计用水标准,月、年最大及一般用水量。

4.4.2 农(牧)业用水应按现状及规划情况调查下列内容:

- 1)农业用水量。灌区位置及分布范围,灌区作物类别、组成及布局,灌溉制度、灌水方式、复种指数,灌溉面积、水田与旱地面积,农灌保证率、灌溉定额、毛灌定额、净灌定额、灌溉水源地、引(提)水设施、设计能力,引(提)水地点与取水口高程、最低取水口、引(提)水时间与水量,月、年最大及一般用水量。
- 2)农灌回归水量。回归水流出处、回归时间与回归水量、月分配系数,灌溉回归系数、渠系利用系数,月、年最大及一般回归水量。
- 3)牧区用水量。牧区人口数、牧区面积与范围、牧区牲畜数、用水标准、水源地、取水方式、设施及取水能力,月、年最大及一般用水量。

4.4.3 各项用水量调查资料应力求详实,重要指标应现场核实,并审查其合理性,凡发现差别大的,应与资料来源单位共同复核订正或合理选用。

4.5 河床演变查勘

4.5.1 发电厂厂址与取水口、煤码头与航道、输水管道与出灰管道过河等位置的选择,应进行河床演变调查。

河床演变调查的内容应包括两岸地质、地貌特征、植被覆盖、河道特性,设计河段的河床形态、变化及稳定性,河岸与河床质组成、护坡护岸,堤防、围垦、疏浚、裁弯取直、航道整治等工程措施对设计河段演变的影响。

4.5.2 查勘河段的范围应根据工程设计要求与河道冲淤变化特点来确定。查勘方式有现场踏勘、水文古地理调查、勾绘河势草图、多方调查访问,必要时应进行摄影、录音、录像并结合水文测量与地质勘探进行。调查的情况至少应有两人确认。

4.5.3 河床变形应分纵向变形与横向变形,调查内容如下:

1)纵向变形应调查河弯凹岸的平均水深与最大水深、边滩的冲淤与下移速度,一定距离内河床纵向逐渐升高、下切及稳定情况,历史上出现的最大一次、多年累计及一般冲淤变化值、发生年代及原因,当时的水流与来沙情况;

2)横向变形应调查洪、枯水时主流摆动范围,主流顶冲点位置的变化,河床向两岸扩展的距离和速度、坍塌现象,水面宽度的变化,河床有否来回淤涨、冲刷现象及其原因与速度,历史上出现的最大一次、多年累计、一般坍塌与淤积的情况及其原因、发生年代、当时的洪水情况。

4.5.4 从河段形态类型与河床演变特点及其对工程的影响方面来讲,其河床演变调查内容应符合下列要求:

1)对平原顺直或微弯型河道,应调查其深槽与浅滩位置冲淤交替变化特点、边滩下移和深泓线摆动的速度、河床周期性展宽缩狭的过程、心滩与汉道的变化特征、浅滩在年内与年际的变化。

2)对平原弯曲型河道,应调查其凹岸崩退和凸岸淤涨变化特点,河弯顶冲点发展下移速度与河弯向下游蠕动演变特征,裁弯取直和河弯消长的变化过程,深槽和浅滩的位置及其体积变化。

3)对平原分汉型河道,应调查其洲滩发展移动速度及其分合变化过程,河岸崩坍变化速度和岸线弯曲发展特点,汉道兴衰与交替变化特征、主航道变化过程,洪枯水时水流轴线的变化情况,两岸河漫滩的高度与滩面植被相对高度、洪水淹没情况。

4)对平原游荡型河道,应调查其河床淤高速度,沙洲移动及岸边冲淤变化幅度与特点,主槽摆动幅度,汉道的分布与变化情况。

5)山区河流开阔的宽谷段出现弯曲型、分汉型、游荡型河段,其演变调查可参照上述内容并结合山区特点。注意调查回流、漩涡、水跃、横流等流态位置与变化特点,推移质运动特点,峡谷壅水区域的河床冲淤变化,还应调查由于山崩、滑坡、地震、溪沟出口处泥石流形成冲积扇等突然引起的河床冲淤变化。

4.5.5 河床演变查勘中河床质组成的取样,应结合地质勘探进行。滩地浅层取样可采用槽探,水下或滩地深层取样可由钻探进行。取样地点一般在取水断面和有代表性的若干断面上,按工程要求选择在河滩非扰动处及主槽处进行。

4.5.6 人类活动对河床演变影响应查勘城市建设、河道整治、引水、蓄水与桥渡工程等。人类活动导致局部河段冲淤变化。

4.6 湖泊查勘

4.6.1 湖泊查勘内容应按发电厂湖泊取水建厂条件或灰场相应有关项目进行调查。

4.6.2 应调查湖泊水量补给来源、出湖径流量及江河水倒灌顶托影响,工程点历史最高、最低湖水位与最大、最小水深。搜集分层潮流流速与流向分布及含沙量资料。

4.6.3 应调查湖泊风浪与波漾变化特性, 工程点历史最大风浪与波漾幅度。

4.6.4 应调查湖泊冬季初冰、封冻与解冻的日期, 封冻历时, 工程点湖岸最大与一般冰厚。搜集最高、最低与平均湖水水温资料。

4.6.5 应调查湖泊历史演变特性, 工程点湖岸崩坍或淤积变化情况。

4.6.6 应调查湖泊开发利用的现状与规划, 对于不闭塞型湖泊, 尚应调查湖泊控制运用状况。

4.7 滨海和潮汐河口水文查勘

4.7.1 滨海水文查勘应结合海滨水文观测进行。查勘项目有潮汐、近岸海流、波浪、泥沙与岸滩变化、水温、含盐度及冰情等, 对潮汐河口还应调查盐水楔运动随上游径流来量和潮流变化的特点及影响范围。

按工程设计要求查勘全部或部分项目。

4.7.2 潮汐查勘的内容应包括: 历史最高、最低潮位, 发生日期与重现期, 最大潮差, 涨落潮历时及风暴潮对潮位的影响。

4.7.3 波浪查勘应着重调查历史最大波高、波向、发生日期、持续时间、波型、重现期、发生原因、风况以及对海边建筑物的破坏情况。工程点海域的强风向与常风向、强浪向与常浪向。

查勘到的波浪资料应与推算的波浪成果相互印证。

4.7.4 近岸海流查勘应结合海流观测一并进行, 调查工程点海域海流的特性, 潮流强弱与方向, 有无较强的急流、漩涡区等。

4.7.5 滨海泥沙与岸滩变化查勘应结合泥沙观测和海岸地貌查勘一并进行, 应调查岸滩的历史变迁、海岸带的基本特征、工程海域泥沙来源、泥沙运动方向、沿岸流和波浪破碎带的范围、风浪天浑水带范围、附近已建海边工程的岸滩冲淤情况、有无骤淤现象、泥沙颗粒级配与天然容重等。还应广泛搜集有关地形图、海图、地质及海洋普查资料。

4.7.6 对河口区出现的河弯、汉道、浅滩演变调查可参照4.5, 并结合河口潮汐水流特性, 应按不同河口类型调查下列内容:

1) 对分汉式河口须着重查勘河床淤积的特性、三角洲延伸的速度、分汉摆动、主槽改道的变化过程与特点;

2) 对多岛式河口须着重调查江心滩与江心洲的变迁过程、边滩下移和沙咀延伸的速度与主流变化的关系;

3) 对三角港河口须着重查勘沙坎、浅滩位置的进退及其水深变化、潮差变幅和主槽摆动的变化特点。

4.7.7 人类活动对河口区河床演变影响应查勘疏浚、上游水库泄放、束窄河身、修建挡潮闸等工程措施对河口地区设计河段冲淤变化的影响。

4.8 泥石流查勘

4.8.1 泥石流查勘应与地质专业协同进行, 查勘内容宜包括沟谷的地质、地貌、地形和当地气候特性, 泥石流发生情况及流量、形成原因和型态特征等。

4.8.2 泥石流的查勘可通过现场调查访问、航片判释、实地测绘、观测及静力学试验等多种途径进行。

4.8.3 应调查泥石流发生的次数、时间、规模和过程, 泥石流的泥位痕迹和龙头高度, 河床比降和河床冲淤情况, 泥石流冲积扇的形态特征。

4.8.4 应调查泥石流发生地附近村庄的历史变迁, 灾害、河道堵塞情况、人类活动的影响。

4.9 冰 情 查 勘

4.9.1 电力工程设计所需的冰情特征值, 应按河流、湖泊(水库)及近岸海域等不同水体特点调查下列项目。

1) 河流冰情应调查, 初冰、春季及秋季流冰、封冻、开河及终冰的最早、一般及最晚的出现日期, 流冰期及封冻期一般及最长天数, 工程点附近流冰期最大与一般流冰块的大小与速度、最高流冰水位、封冻期岸冰最大冰厚与宽度、冰花厚与发生日期、有效水深、连底冻起迄持续时间、冰上流水、冰上积雪与水内冰发生情况, 解冰开河的形式及其出现机率、设计河段冰塞、冰坝的发生日期、地点、规模和灾情、最高壅水位及其影响距离, 上下游水电站或水库冰期的运行方式对设计河段冰情的影响。

对感潮河段尚应调查冰层双向移动及上下浮动的变化情况。

2) 湖泊冰情应调查, 初冰、浮冰、岸冰、终冰的最早、一般及最晚的出现日期, 浮冰和岸冰出现的一般和最长天数, 工程点附近在风浪作用下浮冰最大和一般尺寸、漂流方向对湖岸的影响, 最高浮冰水位、流冰花或冰花漂流情况, 最大和一般湖岸岸冰的厚度、宽度、最大堆积高度, 在河流入湖处或水库回水末端冰塞、冰坝的发生规模与影响范围、最高壅水位。

3) 水库冰情调查可参照本条2)的内容。

4) 近岸海域冰情应调查, 初冰、流冰、沿岸冰、终冰的最早、一般与最晚的出现日期, 流冰期和沿岸冰期一般和最长天数, 工程点附近最大和一般流冰块的大小、速度与漂流方向, 沿岸冰最大和一般的厚度、宽度、最大堆积高度。

4.9.2 现场踏勘中对工程设计取水断面及可能产生冰塞、冰坝的河段应作重点调查。

4.9.3 当工程所在地区冰情资料短缺时, 各项特征可移用邻近测站的冰情资料, 参照邻近地区已建工程兴建前后冰情变化规律, 结合现场冰情调查、工程特点进行估算, 采用地区经验公式确定, 但应注意移用的条件, 经验公式中所采用系数的合理性。必要时应进行观测, 用实测资料进行分析比较。

4.10 大风、沙暴、导线覆冰与积雪查勘

4.10.1 应查勘历史上灾害性大风、风向、发生时间、重现期、持续时间,以及风灾灾情、大风的成因与天气过程,年、夏季及冬季的主导风向。

调查和确定最大风速、风向及主导风向时,可按海岸渔船或陆地地物的征象查蒲福风力等级表,判定风力等级,并考虑高度的变化,同时应结合当地自然环境、地形形态、地方位、气候特征及邻近气象台(站)资料综合分析。

4.10.2 应查勘当地风沙来源与盛行方向,历史最强沙暴发生时间、持续时间以及影响范围,沙暴成因,最长和一般沙暴日数,沙暴活动的季节变化。

4.10.3 应查勘历史覆冰严重年份发生时间、重现期、影响状况及范围,导线覆冰的一般和最大厚度,凇、雾凇、混合积冰及湿雪的起迄时间、最长持续时间、对导线的影响,覆冰厚度与海拔高程、地形、风及其与水体的关系。

覆冰调查资料的定量应结合气象资料分析确定。

4.10.4 应查勘历年最大和一般积雪深度、最多和一般积雪日数、积雪和消融的起迄时间,历史最大积雪深度的发生时间、重现期、最长持续积雪时间、影响状况与范围、当时的风速、风向。

积雪深度调查应选择工程点周围有代表性的平坦空旷地点,并注意地形高度及风速、风向的影响。

4.11 水文气象专用站

4.11.1 符合下列情况时可设立水文气象专用站。

- 1)建厂地区实测资料短缺,且又无法参证其它测站资料来确定水文气象条件时;
- 2)参证站的水文、气象资料不能直接使用,须进行同步观测以建立相关关系转移时;
- 3)为满足模型试验等特殊项目的要求,须进行原体观测时;
- 4)电厂扩建或投入运行后,为监测变化趋势或须进行特定项目的水文及气象观测时;
- 5)测站现有观测项目不全或对计算项目须进行验证时。

4.11.2 水文气象专用站的站址选择必须进行查勘并应满足设站的目的和要求,便于观测和资料整编,保证成果精度。

专用站观测结束,应提出资料整编说明书、观测报告书、观测成果应包括测站考证资料、测站位置图、测站设施、观测断面或测点布置图、观测原始记录、观测项目一览表、观测资料成果表等。

4.11.3 水文、气象专用站的设立观测和资料整编审查等,可参照GB50179、GB/T14914、GB12763.1~GB12763.3、《地面气象观测规范》(中央气象局编定1979年12月)等的有关规定,并结合设站的目的和要求进行。

5 地表水源水文计算

5.1 一般规定

5.1.1 电力工程设计枯水应包括设计最小流量与设计最低水位、不同时段的设计枯水径流量、设计枯水流量过程线及设计枯水位过程线,可根据水源类型、枯水径流变化特性和工程设计要求计算其全部或部分内容。

当以地表水作为水源时,应采用下列设计和校核标准:

- 1)从天然河道取水时,应按保证率为97%时的最小流量及最低水位设计,按保证率为99%时的最低水位校核。
- 2)当河道受水库、湖泊或闸调节时,应按其保证率为97%时的最小调节流量和最低水位设计,按保证率为99%时的最低水位校核。
- 3)从水库、湖泊或闸取水时,应按其保证率为97%时的枯水年最小供水量和最低水位设计,按保证率为99%时的最低水位校核。
- 4)设有调相机的变电所,应按其取水水源类型,参照相应发电厂的取水设计标准设计。

5.1.2 地表水源的水文分析计算应按供水水源的不同类型、取水工程的设计要求,提供正确可靠的水源水文分析成果,并配合设计正确地处理与发电厂水源有关的其它部门用水关系提出建议,同时应配合一水多用、合理开发水源的工作。

5.1.3 设计枯水应根据成因一致的枯水流量系列进行计算。在实测或考证期内,如因流域内自然条件发生重大改变而明显分段时,应将系列资料改正还原为同一条件或分段使用。其改正还原方法可采用双累积曲线图解分析法、退水曲线法、长短时段枯水径流量相关法、上下游站枯水径流量相关法,以及开展人类活动影响的水量调查。

5.1.4 设计枯水分析计算应广泛搜集流域自然地理、水文地质、气候、河道干旱、枯水径流成因,流域水利设施的现状与规划、工农业用水、实测与调查的水文资料。

5.1.5 实测枯水流量系列短缺时,可通过上下游或邻近相似流域的测站与本站的枯水流量相关、利用本站水位流量相关展延插补系列。

5.1.6 两站相关应具有15个以上相关点进行分析计算,可通过建立回归方程插补延长的方法,同时应结合流域气候、自然地理特性,对点据与资料进行合理性分析。相关线外延的幅度,视相关程度而定,以不超过实际

变幅的30%~50%为宜,展延年数不宜超过实测年数。

判定相关程度密切的条件如下:

$$r > 0.8, |r| > |4E_r| \quad (5.1.6-1)$$

$$E_r \approx \pm 0.6745 \left(\frac{1-r^2}{\sqrt{n}} \right) \quad (5.1.6-2)$$

式中: r ——相关系数;
 n ——系列长度;
 E_r ——相关系数机误。

5.1.7 枯水分析的统计样本应按供水水源的类型,取水工程的设计要求进行选择。当枯水特性在一年内随季节和成因有明显不同时,应分别进行选样统计,但季节和成因划分不宜过细。

5.1.8 设计枯水计算应根据资料条件、工程情况及地区自然地理特点采用多种方法比较,对计算过程中依据的基本资料、主要环节、各种参数和计算成果应进行多方面的分析,论证其合理性。

5.1.9 设计枯水计算应按下列基本途径:

- 1) 当设计站具有25年以上的实测枯水系列时,可用频率分析计算并加入历史枯水调查和考证资料;
- 2) 设计站实测枯水资料短缺,可通过短期同步枯水流量相关、结合流域水文查勘修正、移用参证站枯水统计参数以及水位流量关系等途径推算;
- 3) 设计流域缺乏实测枯水资料,可通过水文比拟法、枯水统计参数地区综合、经验公式、等值线图等途径,结合流域水文查勘与历史枯水调查推算。

5.1.10 枯水理论频率曲线线型可采用皮尔逊III型曲线,特殊情况经分析论证后也可采用其它线型。实测或调查的天然流量出现零值,且其重现期小于设计重现期时,可不进行频率计算。

5.1.11 工程点设计枯水计算成果,应分别考虑流域人类活动的现状及规划影响,若对设计枯水特征值有显著影响时,应作论证分析或予以修正。

5.2 天然河流

5.2.1 天然河流上设计枯水的推算方法应根据资料情况和取水工程设计要求,采用下列三种方式进行:

- 1) 用实测资料(流量、水位)、调查资料作统计或推算;
- 2) 直接通过调查多次历史枯水来估算;
- 3) 当水利等有关部门对设计流域作过规划设计时,可直接引用其规划设计成果或统计基础资料结合本工程特点加以修正应用。

5.2.2 当实测枯水流量资料不足25年或虽有25年以上但不连序时,应进行插补延长。当某些缺测年份无法插补,但并非系统偏大、偏小时,仍可按连序系列处理,否则,应与参证站长期系列比较,适当修正系列均值。

5.2.3 在进行枯水保证率分析前,应分析研究枯水流量在时间上和空间上的变化规律,以及人类活动影响程度,特别要分析稀遇情况下这种规律的变化。

5.2.4 历史枯水流量重现期可按下列方法确定:

- 1) 当根据文献记载的重现期 N_1 (自记载的最远年份至今)能断定所调查到的枯水流量为最小时,其重现期 N 可定为:

$$N = N_1$$

- 2) 若能断定 N_1 年内有 a_1 次枯水流量均小于所调查到的历史枯水流量,其重现期 N 可按式确定:

$$N = \frac{N_1}{a_1 + 1} \quad (5.2.4-1)$$

- 3) 当在 N_1 年内有 a_2 次枯水流量与所调查到的历史枯水流量相近,而又无法判断它们的大小时,其重现期 N 可按式确定:

$$N = \frac{N_1}{0.5a_2 + 1} \quad (5.2.4-2)$$

- 4) 若在 N_1 内有几个考证期 N_2 、 N_3 等,其中 $N_3 < N_2$, $N_2 < N_1$,其重现期 N 可按各考证期确定;

- 5) 可参照同一流域、同一气候区的测站长系列资料进行分析比较确定。

5.2.5 各年历史枯水流量调查成果应从上下游、干支流、相邻流域等方面结合干旱区域内雨量资料、旱情、水情及灾情进行对比分析,检查其合理性。对特枯流量尤应反复核实、多方论证。

5.2.6 枯水流量频率分析的统计样本,可根据工程取水方式、河道枯水径流变化特性,按下列情况分别取样:

- 1) 无调节的天然河道,采用年最小流量统计。
- 2) 有日调节能力的低坝取水河段,采用年最小日平均流量。

3)对水源情况复杂的流域应深入调查分析,根据工程特点确定选择时段。当选样时段超过一天时,应按水文年划分从中挑选。

5.2.7 枯水系列的经验频率可按下列方法计算:

5.2.7.1 对连序系列用下式计算:

$$P_m = \frac{m}{n+1} \times 100\% \quad (5.2.7-1)$$

式中: P_m ——在实测枯水系列中按递减顺序排位的等于或大于某一变量的经验频率;

m ——由大到小排位的序号;

n ——枯水系列的总年数。

5.2.7.2 对不连序系列,实测特小枯水与历史调查特小枯水其经验频率可根据资料情况,按下述方法之一估算。

1)实测值和特小值分别在各自系列中进行排位,其中实测值的经验频率可按式(5.2.7-2)估算,而调查期N年中的前a项特小值的经验频率可按式(5.2.7-3)估算。

$$P_{m1} = \left(1 - \frac{m'}{n+1}\right) \times 100\% \quad (5.2.7-2)$$

式中: P_{m1} ——在实测枯水系列中按递增顺序排位的等于或小于某一变量的经验频率;

m' ——实测枯水系列按递增顺序排位的序号;

n ——实测枯水系列的总年数。

$$P_{m2} = \left(1 - \frac{M'}{N+1}\right) \times 100\% \quad (5.2.7-3)$$

式中: P_{m2} ——历史特小值系列按递增顺序排位的等于或小于某一变量的经验频率;

M' ——历史特小值系列按递增顺序排位的序号;

N ——历史特小枯水系列的调查期年数。

2)实测值和特小值共同组成一个不连序的系列,各项在调查期N年内统一排位。若N年中有历史特小枯水a项,其中有l项发生在n年实测枯水系列之内,则N年中的a项特小值的经验频率仍可用式(5.2.7-3)估算,其余(n-l)项的实测值的经验频率可按式(5.2.7-4)估算。

$$P_{m3} = \left(1 - \frac{a}{N+1}\right) \left(1 - \frac{m'-1}{n-1+l}\right) \times 100\% \quad (5.2.7-4)$$

式中: P_{m3} ——(n-l)项实测枯水系列中按递增顺序排位的等于或小于某一变量的经验频率;

l ——实测枯水系列中的特小枯水项数;

a ——N年中调查到的历史特小枯水项数。

其余符号同式(5.2.7-2)、式(5.2.7-3)。

5.2.8 枯水频率曲线统计参数的确定,应先根据实测系列用不同方法初步估算统计参数,再用适线法进行调整选用。

5.2.9 枯水频率曲线适线时应照顾点群趋势,如有困难,可侧重考虑中下部分较小枯水点据,并尽量靠近精度较高的枯水调查点据,不应机械地通过最小枯水点据,还应参照本站不同时段及相邻地区枯水特征值统计参数的变化规律作适当调整。

5.2.10 对枯水频率分析中负偏频率曲线适线,可按下式对正偏皮尔逊III型曲线的离均系数值予以修正使用。

$$f(-C_s, P) = -f(C_s, 1-P) \quad (5.2.10)$$

式中: ϕ ——皮尔逊III型曲线的离均系数值;

C_s ——偏态系数;

P ——频率(%)。

5.2.11 测站设计枯水流量计算成果移用到工程设计断面,可采用下列方法:

当测站的集水面积与设计断面以上的集水面积相差小于3%,且自然地理特性大致相似,人类活动影响较小时,可直接移用测站成果;当两者集水面积相差小于15%,且区间降雨与水文地质特性无明显差异,人类活动影响较小时,可用面积比移用;当差异较大时,应建立流量相关或沿河上下游枯水调查结合施测枯水流量,进行比测、移用。

5.2.12 测站设计枯水位的计算可通过测站水位流量关系曲线推水位,在断面冲淤变化不大时,也可直接进行

枯水位频率计算。可参照枯水流量计算的有关内容。

5.2.13 测站设计枯水位计算成果移用到工程设计断面,可采用下列方法:

1)当工程点附近河床断面规则,冲淤变化不大,并有多年的历史枯水位调查资料时,可按历史枯水流量调查方法,直接推算设计枯水位。

2)当工程点通过实测中低水位流量,建立水位流量关系曲线时,以断流水位作控制,延长低水部分,可用设计枯水流量从曲线上反查设计枯水位,同时应判断断面的冲淤变化趋势,分析推算成果的可靠性。

断流水位可利用工程点纵横断面资料,采用分析法或图介法确定水位流量关系曲线。

3)在平原地区或略有起伏的丘陵区,河段顺直、断面变化不大,当工程点距测站较近,区间水面比降变化不大时,可利用实测枯水水面比降推算。

4)当工程点仅有几天瞬时枯水位资料,不能与测站建立水位相关时,则应算出两地瞬时应对应的水位落差,求其平均值,以此用测站设计枯水位进行推算。

5)当工程点距测站较远,且有一个水文年的水位观测资料时,可与测站建立水位相关,进行推算。

5.2.14 资料短缺时设计枯水流量的推算,应通过两种以上的方法计算,并结合本流域水文气象特性综合分析比较,确定一个比较合理的设计枯水流量值。

5.2.15 当仅有历史枯水调查流量时,设计枯水流量的推求,可按下列不同情况分别进行:

1)当历史枯水调查流量数目较多时,直接点绘经验频率曲线而进行推求;

2)利用参证站模比系数修正工程点枯水流量均值,并移用参证站的 C_V 和 C_S 值,即可求得;

3)假定 C_V 、 C_S 值,求出与历史枯水调查流量经验频率 P_i 对应的各个离均系数 ϕ_i ,当下式成立,

$$\frac{Q_i}{fC_V + 1} = \frac{Q_2}{fC_V + 1} \mathbf{L} \mathbf{L} = \frac{Q_i}{f_i C_V + 1} = Q_m \quad (5.2.15)$$

式中: Q_i ——历史枯水调查流量, m^3/s ;

P_i ——历史枯水调查流量的经验频率, %;

ϕ_i ——对应于经验频率为 P_i 的离均系数;

Q_m ——工程点枯水平均流量, m^3/s 。

则所设 C_V 、 C_S 值即为理论频率曲线的统计参数,并由式(5.2.15)求得 Q_m ,据此可推求设计枯水流量。

5.2.16 缺乏资料时设计枯水流量估算的基本途径,必须在分别对本流域与参证流域进行野外枯水查勘,掌握流域枯水径流形成特点、时空变化规律并同时施测枯水期流量的基础上,运用成因分析、水文比拟、统计参数合理综合修正等并考虑人类活动影响,进行多种方法综合分析,合理选定。

5.2.17 设计枯水流量成果应采用本站、上下游站及相似流域站的枯水径流特征值及其统计参数在季节上、长短时段上、空间分布上的变化规律和成因特性,依据定性、结合定量的方法,进行多方面的合理性分析。

5.2.18 设计枯水流量年内分配,按工程设计特点,可采用时序分配法或历时曲线法。有条件时,可采用随机水文模型模拟,但应分析模型的适用性,并对模型参数进行检验和地区对比,以及进行模拟值与实测值的比较。

5.2.19 时序分配法是在选定典型枯水年之后,通过分时段同频率缩放法求得设计枯水年的枯水流量过程线。

5.2.20 当采用混合式供水系统,需要设计典型年内各不足流量出现的频率时,应按工程设计特点推求设计典型年日流量历时曲线或缺水历时频率曲线。

5.3 水库和闸

5.3.1 发电厂在水库内取水时,应按保证率为97%时的设计枯水年的来水、各项用水以及水库水量损失,按水库性能进行径流调节计算,确定所需调节库容。并根据水库淤积及发电厂取水要求确定设计低水位和死库容。

发电厂利用已建或规划水库取水时,应配合设计取得有关部门的用水协议,并在水库的供水调度运用原则中加以明确。

5.3.2 发电厂自建专用水库取水时,除应进行上述水源分析计算外,还应作调洪演算,确定调节库容、总库容、溢洪道尺寸。利用已建水库取水时,应按发电厂设计枯水条件和用水要求,配合有关部门协调其它各项用水要求进行径流调节计算,重新确定调节库容或用水方案,必要时,应规定农灌限制供水位和工业用水预留库容。利用规划水库取水时,应按发电厂设计枯水条件和用水要求,并结合其它工农业和各自设计标准的用水量,配合有关部门进行径流调节计算,重新拟定调节库容,必要时,应规定农灌限制供水位和工业用水预留库容。

5.3.3 水库径流调节计算应具有年径流、年内分配、各部门设计用水量的现状和规划、水库水量损失(蒸发、渗漏及结冰)、水库特性曲线等基本资料。

5.3.4 水库的水量损失应按下列情况分别考虑:

1)水库蒸发损失应采用大面积水面蒸发资料,若由蒸发皿观测所得,应进行折算系数改正。

若径流资料为坝址处的,可按下式计算:

$$\Delta W = (E_b - E_c) A_v \tag{5.3.4-1}$$

式中： ΔW ——水库蒸发损失水量， m^3 ；
 E_b ——水面蒸发水层深度， m ；
 E_c ——陆面蒸发水层深度，可近似由流域多年平均降水量与多年平均径流深之差求得， m ；
 a_v ——水库建库后增加水面面积， m^2 。

若径流资料为回水末端处的，可按下式计算：

$$\Delta W = (E_b - X_0) A_v \tag{5.3.4-2}$$

式中： X_0 ——多年平均降水量， mm 。

其它符号同上。

当资料不足时，年调节可采用年最大蒸发量及多年平均的年内分配，多年调节可采用多年平均蒸发量；在水库调节计算中可采用时段平均水库面积计算逐时段蒸发损失值；当此项损失比重不大时，可采用历年各月平均值作为每年相应月份的损失值；

2) 水库渗漏损失应根据库区及坝址水文地质条件、坝体施工质量，并参考已建成水库的实际渗漏资料分析确定。

无资料时，可按水库年平均水位相应的水面面积，并参照表5.3.4进行渗漏损失估算。

表5.3.4 水库地质条件与水库渗漏估算表

水文地质条件	以月平均库水位的消落深度表示	占月蓄水量的百分数
优 良	0m~0.5m	0~1.0%
中 等	0.5m~1.0m	1%~1.5%
恶 劣	1.0m~2.0m	1.5%~3.0%

3) 严寒地区水库结冰损失可按冰冻期库水位变动范围内水库面积差与平均结冰厚度乘积的0.9倍估算；

4) 当利用已建水库时，水库蒸发渗漏的水量损失，可用水量平衡法反推。

5.3.5 水库的径流年调节可采用时历法计算，调节年度应按统一的水利年划分。具体计算可根据资料条件、工程要求选用下列方法：

1) 对于大型水库，有25年以上较长系列的来水、用水资料时，可采用长系列法，计及损失，列表或差积曲线图解进行逐年水量平衡计算，把以此求得的调节库容点绘库容频率曲线，由设计频率查得设计调节库容。计算起始条件为库空死水位。

2) 在资料短缺的情况下，可采用设计典型年法，选用n个年内分配不同的典型年，根据设计枯水年的来水、用水过程，计及损失，进行逐时段年水量平衡计算求得n个调节库容，选用偏安全的一个为设计调节库容。

5.3.6 当年用水量大于设计年来水量时，应进行水库的径流多年调节计算，可根据资料条件、工程要求选用下列方法：

1) 当具有30年以上系列的来水、用水资料时，可采用长系列时历法进行水量平衡计算，方法同年调节，其计算起始条件应是连续丰水年蓄水期末库满或连续枯水年供水期末库空。

2) 采用数理统计法，分别推求年库容与多年库容，相加而得设计调节库容。

当年用水量为固定值时，可采用普列什柯夫线介图推求多年库容；当年用水量为变动值时，可通过总来水量保证率曲线法推求多年库容。年库容可采用设计典型年法进行径流调节计算求得。

5.3.7 当新建冷却池时，应根据保证率为97%时的设计枯水年的来水、发电厂用水量和附加蒸发损失水量；按设计典型年进行水量平衡计算，确定所需冷却池的正常水位和容积，以及初次灌水至运行要求的最低水位所需的时间。

5.3.8 水库泥沙淤积量可根据实测泥沙和流量资料进行计算。

无实测泥沙资料时，对悬移质泥沙可参考输沙模数图或移用相似站资料估算。有条件时，应用近期实测资料加以比较修正；对推移质泥沙，根据降雨特性、植被、土壤流失和地形等产沙条件相似，参照相似站悬移沙量与推移沙量的经验比例系数估算，根据已建水库的建库前后水库库容曲线对比确定或用其它引水工程泥沙淤积测量或清淤资料比拟。

已建水库的死库容淤积年限应以目前已淤积库容为起始，按发电厂运行年限来计算或复核。多沙河流上水库应考虑水库淤积量对调节库容的影响。

5.3.9 在闸上取水时，可利用水利、航运等有关部门的规划设计成果和计算资料，并了解其推算方法及其考虑的因素，结合本工程设计要求加以修正应用。按保证率为97%时的设计枯水年条件下，根据闸上来水和用水、蒸发损失、闸门渗漏，进行槽蓄水量平衡，核算设计枯水时的最低水位、最小水深及相应最小水面面积、槽蓄量，论证原设计最低控制水位的可靠性，还应取得水闸管理部门关于可取水水位及用水量的用水协议，并

列入水闸调度管理计划。

5.3.10 当闸上取水作为混合供水水源之一时, 应分析按保证率为97%设计枯水年条件下闸上可取用的水位和水量, 还应取得水闸管理部门关于可取用水位、取用水量及取水天数的用水协议, 并列入水闸调度管理计划。

5.3.11 引水闸的引水量应根据引水设计能力和实际可能性来分析, 在来水量可以满足引水量的要求情况下, 可按设计引水量引水, 反之, 则可按水闸相应水位的实际过水能力引水。

5.4 闸、坝下游河流

5.4.1 发电厂在水库下游河道取水时, 应在已定调节库容和用水量条件下进行径流调节计算, 推求设计保证率为97%时的枯水年水库调节下泄流量和区间来水量, 并考虑区间工农业用水量, 提出设计枯水年发电厂供水的设计最小流量和最低水位。

利用已建或规划的水库时, 应根据发电厂用水要求, 配合有关部门对水库径流调节作复核计算, 并取得保证率为97%时的设计枯水年条件下水库调节下泄流量等有关协议。

5.4.2 水库下游区间设计枯水流量的推求应在区间枯水调查的基础上视资料情况, 采用下列方法:

1) 工程点上下游建库前有较长资料时, 可用建库前的径流资料进行频率计算, 将下游的设计值减去坝址以上的对应设计值, 即得区间一定频率的设计值, 并适当考虑建库后影响。

2) 工程点上下游建库后有较长资料时, 可考虑传播时间用水量平衡法求得区间值, 然后进行频率计算得到区间设计枯水流量。

3) 水文比拟法结合区间调查确定区间流量。

4) 对于寒冷地区, 应估算区间沿程结冰损失水量。

5.4.3 年调节水库保证率为97%时的设计调节流量的基本推求方法, 可参照5.3.5。

5.4.3.1 当水库调节库容 V_r 已确定时, 设计频率调节流量 Q_r 的推求可用下列方法进行:

1) 长系列法。可假定各种调节流量进行逐年枯水期调节计算, 得各年的 V_r-Q_r 曲线, 对指定 V_r 查得各年相应的 Q_r , 进行频率计算, 求得相应设计频率的调节流量。

2) 设计典型年法。可通过分析计算确定几个年内分配不同的设计典型年, 分别按保证率97%枯水年条件下进行调节计算, 得出几组 V_r 和 Q_r 值, 选择较小 V_r 对应的 Q_r 值作为设计值。

5.4.3.2 当水库调节库容 V_r 未确定时, 可通过长系列法的设计频率 V_r-Q_r 曲线, 选出最佳的调节库容和调节流量值。

5.4.4 设计频率多年调节水库的调节流量推求, 可根据资料条件、工程要求选用下列方法:

1) 当具有30年以上系列的来水、用水资料时, 可采用长系列法推算, 参照5.4.3条。

2) 采用数理统计法, 应分别推求年库容与调节流量关系曲线和多年库容与调节流量关系曲线, 将同一调节流量的多年库容与年库容相加, 即得调节库容与调节流量关系曲线。

多年库容与调节流量关系曲线的推求可采用普列什柯夫线图, 年库容与调节流量关系按下式计算:

$$V_p = W_p t - M_p \quad (5.4.4-1)$$

$$V_0 = W_0 t - M \quad (5.4.4-2)$$

式中: V_p ——多年库容为零时的年库容(相应的调节流量为设计枯水年平均流量, m^3/s , 系设计频率下调节系数 α_p 乘多年平均流量), $10^4 m^3$;

V_0 —— $\alpha=1.0$ (完全多年调节)时的年库容(相应的调节流量为多年平均流量 Q_0 , m^3/s), $10^4 m^3$;

W_p 、 W_0 ——分别为设计枯水年和多年平均年水量, $10^4 m^3$;

M_p 、 M ——分别为设计枯水年枯水期和多年枯水期平均水量, $10^4 m^3$;

t ——枯水期持续时间与全年时间的比值。

若年内丰、枯水期的起迄时间变动较大时, 年库容 V_y 与调节流量 Q_r 的关系可按下式推求:

$$V_y = \frac{V_p}{\alpha_p Q_0} Q_r \quad (5.4.4-3)$$

式中: V_y ——年库容, $10^4 m^3$;

Q_r ——调节流量, m^3/s ;

α_p ——设计频率下调节系数。

Q_0 、 V_p 同上。

5.4.5 发电厂在闸下取水, 进行水量计算时, 应分析下列情况:

1) 在渠化河道的闸间取水, 进行保证率为97%设计枯水年河道槽蓄水量平衡计算时, 应分析上闸和下闸设计最低控制水位的可靠性;

2)当闸下取水作为混合供水水源之一时,应分析发电厂在保证率为97%设计枯水年条件下,在闸下可取的调节流量及可取水的天数,并应取得水闸管理部门的用水协议,列入水闸调度运行计划。

5.4.6 水库或闸下游设计断面的设计枯水流量应为设计枯水年水库或闸调节流量加上区间设计枯水流量,并考虑区间工农业用水量。

当发电厂用水须根据区间来水情况,由上游水库或闸进行补偿调节泄放时,应在设计断面建立水位流量关系,取水口的取水警戒水位应根据规定水库或闸放水流量的传播时间来确定,并列入库或闸的调度运行计划。

5.5 河网化地区河流

5.5.1 发电厂在河网地区的河道中取水,在进行河网枯水特性查勘与基本资料的搜集后,对河网地区总蓄水量进行保证率为97%枯水期水量平衡分析以及河段槽蓄水量的估算,并应计算自然情况下,取水口处保证率为97%设计年最小流量和设计最低水位。当计算值小于发电厂设计取水流量时,应再进行发电厂抽水条件下,取水河计枯水期河道最大过水能力的推求。

5.5.2 河网计算用基本资料应具有:取水口地区河网水系图、干支流断面图,河底比降、河流、河网与其它水体的水力联系,水利设施的现状与规划,河网内工农业用水特点,有关枯水干旱的水文资料等。

5.5.3 取水河段保证率为97%设计枯水期河道最大过水能力的推求可采用稳定非均匀流试算法。应通过观测、调查等途径对计算成果进行合理性分析。有关计算条件可按下列情况选定:

1)发电厂抽水不受影响距离可按河网中大的湖泊、江河或几条干河的汇合处为近似不受影响距离;在难以确定时,影响距离宜选长些,同时河段的划分应能如实反映水面线的变化;

2)设计断面的选择应考虑发电厂抽水时取水口上下游双向都可来水,分别取上下游平均最窄过水断面进行双向来水计算;

3)枯水期河道糙率应采用本河段实测资料分析确定,当缺乏实测资料,可移用与本河段河道特性相似测站的糙率或根据现场查勘结合河道枯水特性参考有关资料慎重比照选定。

5.6 岩溶地区河流、泉

5.6.1 岩溶地区设计枯水计算。在查明流域内岩溶枯期水流变化特性的基础上,应分析枯水期水源组成,并考虑水利设施的影响,根据工程要求、资料条件及河段特点,可参照天然河流枯水计算途径选用不同方法确定地表设计枯水流量。

5.6.2 岩溶地区枯水流量系列的插补延长应按设计流域水量盈亏特征和资料情况进行。采用流量相关时,应分析区间闭合程度或相邻流域水量交换对相关线的影响。宜用流量比测移用,面积比法要慎用。

5.6.3 当资料短缺时,应在水量变化较大地段、岩溶通道进出口、泉水出露地点施测水位和流量,必要时,还应组织大范围巡回测流或设立专用站,以掌握枯水流量区域变化规律,通过历史枯水调查,结合比拟法推求流量。

5.6.4 岩溶地区频率曲线线型应按设计流域的枯水特性以及与实测点据的拟合程度来选用。

5.6.5 对设计枯水流量成果的合理性检查可参照5.2.17条,并分析相邻流域水量交换及区间不闭合的影响。

5.7 湖泊

5.7.1 对于不同类型的湖泊应分析水量补给来源、湖水位的变化规律及其特点。

5.7.2 湖泊特性参数应以湖泊贮水量、湖泊水位—面积曲线、湖泊水位—容积曲线、湖泊长度、最大和平均宽度、最大与平均深度、湖泊换水周期、湖泊补给系数等表征。

5.7.3 发电厂利用湖泊供水时,应对湖泊地区作深入的查勘,搜集基本资料,参照水库径流调节计算方法按湖泊特点进行湖泊水量平衡计算,确定保证率为97%设计枯水年的湖泊蓄水量变化过程和最低湖水位。

5.7.4 对于不闭塞型湖泊,应根据设计枯水年入湖地面、地下径流量,湖面降水量,出湖地面、地下径流量,湖面蒸发量,工农业用水量以及湖泊蓄水量变化,参照水库径流调节计算方法进行湖泊水量平衡计算,推求保证率为97%设计枯水年湖泊蓄水量变化过程和设计最低湖水位。

在湖泊控制闸闸下的取水分析计算,可参照水库下游取水的水量计算方法。

5.7.5 对于闭塞型湖泊可根据工程要求选用下列方法进行湖泊水量平衡计算:

1)单位时段法。根据设计枯水年工农业年用水量以及因湖泊消落而减少的蒸发损失,可通过试算求出在某一单位时段内湖泊的实际消落深度,依次逐时段计算,得出湖泊消落深度与消落时间的关系,从而可推求出湖泊平衡水位和趋近于平衡水位的时间。

2)单位深度法。方法同上,可求出湖泊最大消落深度、消落时间和正常消落深度。

5.7.6 湖泊水量平衡计算中,对干旱地区的湖面蒸发量应慎重选用,当资料短缺时,对出湖径流量应作深入的细致的查勘,若难以确定时应在湖泊上设站观测。

5.8 水利工程设施和工农业用水、排水对水源的影响

5.8.1 在城市化地区取水,应根据当地水源(包括地下水)利用与排水系统特点、大型工矿企业的用水量及有关规划,按保证率为97%设计枯水条件下发电厂用水量、河道枯水特性结合规划情况,具体分析其对发电厂取水量的影响。成果值应结合来水和用水的地区水量平衡原则进行合理性分析。

5.8.2 分析农灌用水影响时,应根据当地灌溉水源、作物灌溉制度、农灌取水方式的特点,灌区用水分配原则以及有关规划,按保证率为97%设计枯水条件下发电厂用水量、河道枯水期特点,结合规划情况,具体分析

农灌溉水能力及其对发电厂取水量的影响。当考虑尾水量时,应结合土壤特性、地下水位高低、汇入点和汇入时间等慎重分析。

成果值应结合来水和用水的灌区水量平衡原则进行合理性分析。

5.8.3 当在水库(闸)下游取水时,应进行水库(闸)下游沿程枯水调查,并分析枯水流量增减不定等异常情况。当跨流域调水结合水库组合调节时,应按保证率为97%设计枯水年条件结合规划,对整个流域系统按发电厂供水不利的组合进行水量平衡分析计算。

5.8.4 在通航渠化河流上取水,应根据航道和引水的现状与规划,按设计枯水年条件下发电厂用水量,具体分析枯水期闸门调度运行对发电厂取水的影响、区段槽蓄水量蓄泄平衡、补给水源的保证程度,以及闸门设计最低控制水位受人为因素影响再下降的可能变化,并结合观测资料综合分析,提出发电厂可取水量和推荐设计最低水位。

5.8.5 人类活动对枯水径流的影响在工程实际问题分析处理上总的原则是:从工程实际出发,多作调查研究,充分摸清影响特点,抓住主要因素,尽可能搜集各种资料(包括相似流域),结合基本分析途径,采用多种方法比较,作出分析估算或判断。

6 年径流计算

6.1 一般规定

6.1.1 年径流计算依据的资料应具有可靠性、一致性和代表性。

6.1.2 年径流分析计算应包括下列内容:

- 径流补给来源及年际、年内变化规律分析;
- 人类活动对径流影响的分析及还原计算;
- 年径流系列代表性分析和插补延长;
- 设计年、枯季径流及年内分配计算;
- 计算成果的合理性检查。

6.1.3 年径流各项计算成果应根据工程设计要求与资料条件,采用多种方法,通过分析论证,合理地确定设计值。

6.2 年径流的还原计算

6.2.1 当设计站的径流系列受人类活动影响发生显著变化时,则应进行还原计算。还原时应分析人类活动措施的不同发展时期和丰、平、枯水年还原水量的变化情况。

6.2.2 还原计算应包括如下内容:

- 工农业及生活用水量(只考虑地表水消耗部分);
- 蓄水工程的蓄水变量;
- 分洪溃口水量;
- 跨流域引入和引出水量。

6.2.3 年径流的还原计算应按流域情况、资料条件和精度要求,可选用分项调查分析法、蒸发差值法和降雨径流模式法等,并采用多种方法综合分析比较。

还原计算成果可从上下游、干支流及区间平衡、单项指标的选用等方面进行合理性检查。

6.2.4 还原计算可按逐月进行。当分月还原有困难时,可分主要用水期和非主要用水期进行。当逐年还原有困难时,可按人类活动措施的不同发展时期采用丰、平、枯水典型年的耗水量进行估算。当设计站流域面积较大时,可按人类活动情况的地区差异分区进行计算。

6.3 系列代表性分析

6.3.1 系列代表性应按还原后的天然径流系列进行分析。

6.3.2 当设计站径流系列不长时,可选用设计流域或邻近地区具有较长径流系列的水文站作为参证站,通过对参证站长短径流系列统计参数的对比分析,评价设计站径流系列的代表性。

6.3.3 当设计流域或邻近地区无长系列径流资料,但有较长的水文气象观测资料,则可通过其长短系列对比分析,评价设计站径流系列的代表性。

6.3.4 通过对本流域及邻近流域历史旱涝灾情的调查访问,以分析本站系列的代表性。

6.3.5 当通过分析,说明现有的系列代表性不足,又难以用其他方法展延系列增加其代表性时,可采用适当调整统计参数 C_V 、 C_S 、 Q (均值)或其它方法,对径流计算成果进行修正。

6.4 年径流资料的插补延长

6.4.1 径流资料不足30年,或虽有30年,但资料系列不连续或代表性不足时,宜进行插补延长。

6.4.2 插补延长可根据径流资料的具体情况采用不同的方法。当设计站的上下游或邻近相似流域测站的径流资料较长,且与设计站具有一定长度的同步系列时,可通过流量或水位相关插补年、月经流。以降水补给为主的设计流域如径流资料较短,而雨量资料在30年以上的站点较多时,则可通过降雨径流关系用雨量资料插补年、月经流。当资料条件允许时,也可采用流域模型推算。

6.4.3 若两地径流的气候和自然地理条件相似,可用水文比拟法。当区间面积不超过3%时可直接移用;当区间面积不超过15%时,按面积比移用,如区间雨量差异大,需加改正。

6.4.4 进行相关插补延长时,选定的参证站气候条件与设计站的应一致,并具有相同的径流补给来源。当相

关数据散乱时,要查明原因,并可采用增加参变量的方法改善它们之间的关系。相关线外延的幅度一般不宜超过实际变幅的50%,展延年数不宜超过实测年数。曲线相关时其转折处要有实测点据控制。

6.5 年径流分析计算

6.5.1 径流频率计算依据的径流系列应在30年以上,统计时段可根据设计要求选用水利年、枯季等。

6.5.2 连续径流系列中,按大小次序排列的逐项经验频率可按数学期望公式计算。

6.5.3 频率分布曲线线型一般采用P-III型,经分析论证亦可采用其它线型。

C_S 与 C_V 的倍比视具体适线情况而定,除特殊地区外,一般可采用2倍~3倍。

6.5.4 集水面积在500km²以下的流域,如径流资料短缺,则可根据本流域的降雨资料,借用邻近相似流域的降雨径流关系或其它经验关系估算设计年径流。在无资料地区可利用年径流参数等值线图、水文比拟法。

6.5.5 在具有长系列资料情况下,可根据径流调节计算的需要,提供全部系列代表段和代表年的年、月(旬、日)资料。

6.5.6 代表年应从测验精度较高的实测年份中挑选。可选取枯、平、丰三个代表年。代表年的年径流量和调节供水期的径流量应分别接近设计频率的径流量。

6.6 冰雪融水补给和岩溶地区的径流计算

6.6.1 当工程地点位于冰雪融水补给或岩溶影响比较显著的地区时,应按工程要求、径流补给特性和资料条件采用不同的径流计算方法。

6.6.2 冰雪融水补给地区径流计算的基本资料应进行广泛的搜集与调查。

当设计断面无实测水文、气象资料时,可设立专用水文站(包括在设计流域内的较大冰川末端布设临时水文、气象观测点)。观测资料不宜少于一个完整的水文年。

6.6.3 冰雪融水补给地区的总径流量,可按下列式各项分别推求而得:

$$Q_T = Q_{gl} + Q_{sr} + Q_r + Q_g \quad (6.6.3)$$

式中: Q_T ——总径流量, m³/s;

Q_{gl} ——冰川融水径流量, m³/s;

Q_{sr} ——融雪径流量, m³/s;

Q_r ——降雨径流量, m³/s;

Q_g ——地下径流量, m³/s。

6.6.4 当缺乏长系列径流资料时,冰雪融水径流系列的代表性分析可利用消融期高空气温零度层平均高度指标和5月~9月500hPa高度距平指标与径流量有较好的对应关系来间接分析论证。尚可通过重复测量、航片野外判读、地植物标志识别及访问等方法,综合分析评价径流系列的代表性。

6.6.5 如果设计流域内曾发生过人工融冰化雪和冰川湖溃决,应对当年径流总量进行还原计算。

6.6.6 冰雪融水径流系列的插补延长按汛期及枯期不同方法分别进行。根据设计流域径流组成特性和资料条件,分别选用下列方法进行插补:

1)对汛期径流系列可采用上下游或邻近流域径流相关;以气温为参变数的降水与径流相关;以降水为参变数的气温与径流相关;按径流成因,分区建立不同要素与径流的相关等。

2)对枯季径流系列可采用枯季前后月径流之间或加入降水量、气温的相关;退水曲线法插补月径流;该月多年均值插补月径流或选用水情相似年的同月径流量插补其枯季月径流。

6.6.7 冰雪融水地区的年径流统计时段可根据工程设计要求选用水文年,可分主要供水期和非主要供水期等。

在选择设计典型年时,应分析丰、平、枯水年径流补给来源的组成情况,必要时应增加短时段控制。

6.6.8 冰雪融水地区年径流频率计算,在适线时应考虑补给来源对径流统计参数的影响。

6.6.9 应充分利用已有的区域水文规律性,从径流组成和影响径流量年际、年内变化各要素等方面,对冰雪融水年径流统计参数及其设计值进行成果合理性分析。

6.6.10 当设计站与邻近地区无岩溶影响的河流比较,其年径流系数相差20%以上,且径流年内分配有明显差异,经调查设计站以上流域的地下分水线与地面分水线不相吻合,两者控制的集水面积相差较大(如20%以上),应按岩溶影响地区年径流计算方法进行。

6.6.11 岩溶地区径流系列的还原计算,可按如下方法进行:

1)当存在地下水库且与地表水库连通时,还原计算使用的库容曲线,应采用水文分析方法,利用水库观测资料,依据水库水量平衡原理计算求得;当设计流域水库库区建库后经防渗处理时,可通过调查估算影响量。

2)工矿给水排水工程的影响可通过现场调查、搜集运行资料分析估算。

3)地震、山洪等自然因素的影响可通过现场调查分析计算。

6.6.12 岩溶地区径流系列的插补延长,应在分析流域径流基本特征的基础上视设计流域水量盈亏特征和资料情况而选用下列方法:

1)径流相关:当上下游站径流相关时,应注意区间闭合程度对相关线的影响,当相邻流域径流相关时,应

查明参证站以上流域闭合程度, 岩溶对其径流变化的影响、水量盈亏特征、与设计流域之间的水量交换情况, 可按丰、平、枯水年分别定线。

2) 降雨径流相关: 在相关分析中应考虑流域水量盈水、亏水和盈亏平衡特性, 以及地下库容多年调节的影响。

3) 比拟法: 当相似流域为闭合时, 在设计流域为非闭合的情况下, 应根据流域水量盈亏特征进行修正。当相似流域为非闭合时, 应先换算为闭合时的径流, 然后比拟求得设计流域为闭合时的径流, 再按上述方法算得设计流域为非闭合时的年径流。

6.6.13 降雨径流资料短缺地区, 应设立专用水文站, 设站时既要考虑一般设站原则, 还要根据岩溶地下水的特性, 在水量变化较大的河段、岩溶通道进出口、泉水出露地点施测水位和流量, 必要时, 还应组织大范围巡回测流, 以掌握径流变化规律。

6.6.14 岩溶地区河流当具有多年调节性能的岩溶地下径流占比重较大时, 其频率曲线线型性能与实测径流点的拟合程度, 应按设计流域的实际情况来选用。

6.6.15 无资料的岩溶地区径流 C_V 值, 可选用相似闭合流域。

6.6.16 当借用上、下游或邻近河流参证站的径流年内分配时, 应分析溶洞、暗河等调蓄能力的差别及其对枯季径流的影响。

6.6.17 岩溶地区推算得的设计径流值, 应从下列几个方面进行合理性检查:

- 1) 设计站不同时段的径流参数比较;
- 2) 设计站与上下游站或相邻流域径流参数比较;
- 3) 降雨径流对比分析;
- 4) 利用径流参数等值线图分析设计流域与邻近流域参数的合理性。

7 地下水水文计算

7.1 一般规定

7.1.1 地下水资源勘测工作阶段应和水文地质勘测工作的阶段相一致, 分普查、详查、勘探和开采四个阶段。详查的成果应满足可行性研究阶段的要求; 勘探的成果应满足初步设计和施工图设计阶段的要求。

7.1.2 勘测工作的范围、内容和工作量, 应根据水文地质勘测阶段、地区研究开发程度、水文及水文地质条件的复杂程度、水文观测系列的长短、需水量的大小和地下水资源量计算方法等因素, 综合考虑确定。

7.1.3 进行地下水资源评价, 主要在如下类型水源区:

1) 封闭条件较好的全排或接近全排型的山间河谷平原(或山间盆地, 下同), 以浅层地下水为供水水源的水源区;

2) 全排或接近全排型的岩溶山区, 以岩溶水为供水水源的水源区;

3) 以接受大气降水和地表水入渗补给为主的傍河取水类型的水源区。

7.1.4 山间河谷平原区的评价对象, 是与大气降水、地表水及深层地下水有直接联系的浅层地下水。它以现状和规划(指在现有和规划的水利工程设施的运行条件下, 地表水、地下水开发利用状况)条件为评价基础。

地下水资源量评价的基本方法为水均衡法, 即多年平均总补给量等于多年平均总排泄量。

地下水总补给量 W_{zp} 由下列各项组成:

- 降雨入渗补给量 W_p ;
- 地表径流量在汇流过程中入渗补给量 W_r ;
- 水库(湖泊、闸坝)蓄水渗漏补给量 W_{kr} ;
- 灌溉入渗水量(包括渠道和田间的渗漏补给量) W_c ;
- 灌溉回归水量 W_f ;
- 越流补给量 W_y ;
- 上游河流入口断面地下径流量 W_{g1} ;
- 边缘山区侧向补给量 W_{lp} 。

地下水总排泄量 W_{dp} 由下列各项组成:

- 地下水溢出量(河川基流量) W_g ;
- 潜水蒸发量 W_{eg} ;
- 工业开采水量 W_{ck} ;
- 农业开采水量 W_{jk} ;
- 越流排泄量 W_{gp} ;
- 下游河流出口断面地下径流量 W_{gz} ;
- 边缘山区侧向排泄量 W_l 。

对闭合条件较好的、全排或接近全排型的水文地质单元体, 水均衡方程式可简化为:

$$W_p + W_r + W_{kr} + W_c + W_f = W_g + W_{eg} + W_{ck} + W_{jk} \quad (7.1.4)$$

封闭条件较好的全排型或接近全排型的岩溶山区地下水评价内容和计算公式与山间河谷平原地区相同。

7.1.5 山间河谷平原区的评价内容应符合下列要求:

- 1) 多年平均、枯水年组平均和P=75%、90%、95%、97%年份的补给量和排泄量。
- 2) 在现状和规划开采条件下(考虑发电厂用水量)的剩余地下水资源量, 论证发电厂供水的可靠程度。

7.1.6 以岩溶大泉集中排泄形式的岩溶山区, 评价内容应符合下列要求:

- 1) 岩溶大泉的多年平均、枯水年组平均和P=75%、90%、95%、97%年份的最小流量。
- 2) 岩溶泉群的多年平均、枯水年组平均和P=75%、90%、95%、97%年份的最小流量。

设计时段长短的选择, 应以地下水库调节能力、勘测阶段和资料情况确定。原则上应以最枯季、月、旬的平均最小流量进行评价。

7.1.7 以接受大气降水和地表水入渗补给为主的傍河取水类型的水源区, 地下水评价内容应符合以下要求:

- 1) 评价区内不同频率的降雨量和地表径流过程, 大于或等于不同流量级别出现的天数(即逐日平均流量累积频率曲线);
- 2) 评价区内降雨入渗补给量, 地表径流入渗补给量, 河川基流量, 工农业净耗水量和潜水蒸发量;
- 3) 评价区上游人类活动对天然径流的影响, 以及对评价区地表径流入渗补给量产生的影响;
- 4) 其它水体(水库、闸坝)入渗补给量。

7.2 计算参数的确定方法

7.2.1 计算参数是水均衡方程式中各补给量和排泄量计算的重要依据, 在确定计算参数时, 应广泛地收集本地区有关的观测、实验资料和调查研究成果, 经过分析和计算确定出适合于当地条件的计算参数值。

7.2.2 在有地下水动态观测资料的地区, 应尽量根据多井的地下水升幅的平均值、变幅带给水度和降雨量, 计算降雨入渗补给系数, 分区确定 α 值。在有均衡场地中渗透仪测定的不同地下水雨前埋深、不同岩性和不同降雨量的 α 值时, 宜选用实验成果按下式计算 α 值:

$$\begin{aligned} 1) \quad \alpha_y &= \sum W_{pe} / \sum (P_e A \cdot 10^{-5}) \\ &= 1 - \left[\sum (W_{se} + E_e + I'_{se} + \Delta W_e) / (P_y A \cdot 10^{-5}) \right] \end{aligned} \quad (7.2.2-1)$$

$$\begin{aligned} 2) \quad e &= e_0 (1 - \Delta / \Delta_0)^n \\ & \quad (7.2.2-2) \end{aligned}$$

式中: α_y ——年降雨入渗补给系数;

W_{pe} ——次降雨入渗补给量, $10^8 \text{m}^3 / \text{年}$;

P_e ——次降雨量, mm;

a ——评价区面积, km^2 ;

W_{se} ——次降雨的产流量, $10^8 \text{m}^3 / \text{年}$;

E_e ——次降雨的雨期陆面蒸发量, mm;

I'_{se} ——次降雨洼地蓄水量, 10^8m^3 ;

ΔW_e ——次降雨后土壤水分增量, $10^8 \text{m}^3 / \text{年}$;

P_y ——年降雨量, mm;

μ ——给水度;

Δh_e ——次降雨后地下水位升幅, m。

7.2.3 利用地下水动态资料分析 μ 值时, 应选择 $\varepsilon \sim \Delta$ 、 $\varepsilon \sim \varepsilon$ 。有明显关系的资料。在地下水埋深较浅的平原区, 可选用下列公式计算 μ 值:

$$1) \quad e = e_0 (1 - \Delta / \Delta_0)^n \text{ 或 } m\Delta h = e_0 (1 - \Delta / \Delta_0)^n \quad (7.2.3-1)$$

$$2) \quad \Delta h = k_1 e_0^a / (1 + \Delta)^b \text{ 或 } e = k_1 m e_0^a / (1 + \Delta)^b \quad (7.2.3-2)$$

$$3) \quad m\Delta H = e_0 10^{(-b \times \Delta)} \quad (7.2.3-3)$$

式中: ε ——日平均潜水蒸发量, mm;

ε_0 ——日平均水面蒸发量, mm;

Δ ——地下水埋深, m;

Δ_0 ——地下水极限埋深, m;

Δh ——地下水位平均变幅, m;

k_1 ——标志土质、植被、水文地质条件及其它因素的综合系数;

β ——衰减指数。

其它符号同前。

式中 a 、 b 、 k_1 、 n 等各指数和系数可通过图解分析或回归分析计算确定。

对于地下水埋深较大、潜水蒸发量可忽略不计, 且受灌溉入渗、侧向径流、河道补排的影响均十分微弱的井灌区, 可根据无降水期的一定时段内典型观测区地下水实际开采量、浅层地下水位变幅, 按下式计算 μ 值:

$$m = Q_0 / \Delta h \quad (7.2.3-4)$$

式中: Q_0 ——开采量或平均开采水深, m。

其它符号同前。

相互对比验证, 并结合相邻地区采用值进行综合分析、合理定量。

7.2.4 对有均衡场试验资料的评价区, 可根据均衡场地中渗透仪的观测、实验资料和相应的水面蒸发量, 建立潜水蒸发量、地下水埋深和水面蒸发量或潜水蒸发量、不同岩性和不同作物覆盖之间的相关关系, 合理确定潜水蒸发系数 C 值。

在无潜水蒸发实测资料的地区, 可用地下水动态观测资料按潜水蒸发经验公式分析计算, 计算公式见式(7.2.3-1)、式(7.2.3-2)、式(7.2.3-3), 还可以引用同类地区 C 值经验数据, 但必须经过分析论证。

7.2.5 有野外试验资料时, 可根据不同岩性、不同地下水埋深、不同灌水定额的实验成果确定灌溉入渗和灌溉回归补给系数。

在缺乏试验资料时可采用降雨前土壤含水量低、降雨量大致相当于灌水定额情况下的次降雨入渗补给系数, 近似地代表灌溉入渗补给系数。还可以通过收资和现场调查综合确定。

在降雨量稀少、降雨入渗补给量甚微、田间灌水入渗补给基本是地下水唯一补给来源的干旱地区, 当灌区地下水埋深大于3m~4m, 潜水蒸发量可忽略不计时, 可按地下水实际开采量、水位动态观测资料计算灌溉入渗补给系数 M_1 , 计算公式如下:

$$M_1 = (Q_0 + m\Delta h) / h_1 \quad (7.2.5)$$

式中: M_1 ——灌溉入渗补给系数;

h_1 ——灌溉水深, m。

其它符号同前。

7.2.6 当灌区引水前后, 地下水位只受渠系和田间渗漏补给影响时, 可按下式计算渠系渗漏补给系数 M 值:

$$M = (W_c - W_{c1}) / W_{gy} \quad (7.2.6-1)$$

$$W_c = W_{c1} + W_{c2}$$

式中: M ——渠系渗漏补给系数;

W_c ——渠系与田间入渗补给量, 10^8m^3 / 年;

W_{c1} ——田间渗漏补给量, 10^8m^3 / 年;

W_{gy} ——渠首引水量, 10^8m^3 / 年;

W_{c2} ——渠系渗漏补给量, 10^8m^3 / 年。

W_{c2} 和 W_{c1} 可由渠道两侧渠系渗漏影响范围内和田间(渠系渗漏影响范围以外)灌水后地下水位上升值得。

还可以根据渠系有效利用系数 η 来确定 M 值, 计算公式如下:

$$M = r(1 - h) \quad (7.2.6-2)$$

$$r = W_{c2} / (1 - h)W_{gy} \quad (7.2.6-3)$$

式中: r ——修正系数;

η ——渠系有效利用系数。

其它符号同前。

式中各项量值可通过试验、观测或调查分析确定。在确定 r 值时, 应考虑渠系影响范围内包气带中水量变化、渠系水面蒸发量及退(排)水量等因素的影响, 合理确定 r 值。

7.2.7 渗透系数 k 、导水系数 T 、弹性释放系数 μ 、压力传导系数 A 、越流系数 k_e 可由水文地质专业提供, 也

可参阅水文地质规范中有关公式确定。

7.3 地下水评价计算方法

7.3.1 地下水的水量评价, 宜在具备下列资料的基础上进行:

- 1) 评价区水文地质条件、含水层边界条件、地下水的补给径流和排泄条件基本清楚;
- 2) 有地下水的开采现状和规划资料;
- 3) 有地下水溢出带水文测验资料, 工农业用水量及其他水文资料, 地下水动态观测资料等。

地下水的水量应根据工程实际与水文地质条件进行计算与评价, 宜计算现状或规划条件下地下水的补给量、排泄量和剩余量, 评价人类活动的影响程度。

7.3.2 评价山间盆地地下水资源量, 计算补给量时, 应结合降水和径流过程线, 按天然状态和人类活动影响条件下的情况分别进行, 当开采条件下的补给量显著增加时, 应主要计算开采条件下的补给量、排泄量和剩余资源量。

7.3.3 降雨入渗补给量, 可按下列公式计算:

- 1) 采用降雨入渗补给系数 α 计算时:

$$W_p = 10^{-5} \alpha P A \quad (7.3.3-1)$$

式中: W_p ——降雨入渗补给量, $10^3 m^3$ / 年;

α ——年降雨入渗补给系数;

P ——年降雨量, mm。

其它符号同前。

- 2) 在地下水径流条件较差, 以垂直补给为主的潜水分布地区:

$$W_p = 10^{-2} m \sum \Delta h_e A \quad (7.3.3-2)$$

式中符号同前。

式中 P 采用多年平均降雨量, α 采用多年平均值, 参数选择应考虑往复一致的原则。

7.3.4 河道渗漏补给量可按下列原则进行计算:

- 1) 水文分析法。适用于有水文观测资料的评价区。

$$W_r = (W_1 - W_2)(1 - \lambda) \times L / L' \quad (7.3.4)$$

式中: W_r ——地表径流入渗补给量, $10^8 m^3$ / 年;

W_1 ——上游河流入口断面地表径流量, $10^8 m^3$ / 年;

W_2 ——下游河流出口断面地表径流量, $10^8 m^3$ / 年;

λ ——上下游水文站间水面蒸发与两岸浸润带蒸发量之和占 $W_1 - W_2$ 的比率;

L ——河段(渠道)长度, km;

L' ——上下游水文站间河段长度, km。

式中 λ 应根据观测和实验资料分析确定; W_1 和 W_2 可采用多年平均值或用平水年的资料代替, 两站间的区间径流量或引走水量应从 W_2 中进行还原。

2) 对比观测分析法。在计算河段进行短期流量对比观测, 建立上下游流量相关关系, 可根据实测流量推算多年平均渗漏补给量。

3) 水文比拟法。在无资料地区, 可收集相邻相似流域的资料, 分析对比相似性, 综合确定。在移用时必须考虑河段水文和水文地质条件的差异, 不可盲目移用。

7.3.5 根据降雨入渗补给和地表水均衡原理, 可按下列公式综合计算降雨入渗补给量和地表径流入渗补给量:

$$(W_p + W_r) = (W_{p1} + W_1 + W_y + W_g) - (W_2 + W_{gy} + W_{ez} + W_{eo}) \quad (7.3.5)$$

式中: W_g ——地下水溢出量(河川基流量), $10^8 m^3$ / 年;

W_{gy} ——渠灌引水量, $10^8 m^3$ / 年;

W_{ez} ——蒸发损失总量, $10^8 m^3$ / 年;

W_{eo} ——水面蒸发量, $10^8 m^3$ / 年;

W_{p1} ——降水总量, $10^8 m^3$ / 年;

W_y ——区间外来水量, $10^8 m^3$ / 年。

其它符号同前。

7.3.6 水库(湖泊、闸坝)蓄水渗漏补给量 W_{kr} 可按下列公式计算:

$$W_{kr} = W_1 + W_{p1} - W_{eo} - W_2 \pm \Delta W \quad (7.3.6)$$

式中: W_{kr} ——水库(湖泊、闸坝)蓄水渗漏补给量, $10^8\text{m}^3/\text{年}$;

ΔW ——蓄水变量, $10^8\text{m}^3/\text{年}$ 。

其它符号同前。

7.3.7 灌溉入渗补给量 W_c 包括渠系渗漏补给量 W_{c1} 和田间渗漏补给量 W_{c2} , 可按下列公式分别计算:

7.3.7.1 灌溉入渗补给量。

$$W_c = M_1 W_{gy} \quad (7.3.7-1)$$

式中: W_c ——渠系和田间渗漏补给水量(又称灌溉入渗水量), $10^8\text{m}^3/\text{年}$ 。

其它符号同前。

7.3.7.2 渠系渗漏补给量。

1) 利用渠系渗漏补给系数 M 值计算:

$$W_{c1} = MW_{gy} \quad (7.3.7-2)$$

式中: W_{c1} ——渠系渗漏补给量, $10^8\text{m}^3/\text{年}$ 。

其它符号同前。

式中 M 值应根据渠系的岩性情况和本地区的试验资料, 经过合理分析来确定。

2) 经验公式法:

——定期输水, 地下水埋深较大时:

$$W_{c1} = 10^{-8} k(b' + 2r'h'\sqrt{1+j^2})T_y L \quad (7.3.7-3)$$

式中: k ——渗透系数, $\text{m}/\text{天}$;

r' ——渠道边坡毛管系数;

h' ——渠道水深, m ;

ϕ ——渠道边坡系数;

T_y ——渠道年过水天数, $\text{天}/\text{年}$ 。

其它符号同前。

——长期输水, 地下水埋深较小时:

$$W_{c1} = 10^{-8} n' k(\Delta h' + M_e)(\Delta h' + M_e)T_y L / S_r \quad (7.3.7-4)$$

式中: n' ——经验系数;

M_e ——含水层有效厚度, m ;

S_r ——扩张距离, m 。

其它符号同前。

计算多年平均渠系渗漏补给量时, 可采用接近平水年的资料。

7.3.7.3 田间渗漏补给量。

1) 利用渠灌田间入渗补给系数 β_c 值计算:

$$W_{c2} = \beta_c W_t \quad (7.3.7-5)$$

式中: W_{c2} ——田间渗漏补给量, $10^8\text{m}^3/\text{年}$;

β_c ——渠灌田间渗漏补给系数;

W_t ——渠灌进入田间的水量, $10^8\text{m}^3/\text{年}$ 。

2) 陆面蒸发数学模型计算: 用蒸发计算模型计算田间渗漏补给量。

7.3.7.4 井灌回归水量。可利用井灌回归补给系数 β_w 值计算:

$$W_f = \beta_w W_{jk} \quad (7.3.7-6)$$

式中: W_f ——井灌回归水量, $10^8\text{m}^3/\text{年}$;

β_w ——井灌回归补给系数;

W_{jk} ——农业开采水量, $10^8\text{m}^3/\text{年}$ 。

7.3.8 地下水溢出量(河川基流量)的分割方法, 可按人类活动影响程度和补给来源的不同分别选用下列方法:

1) 直线斜割法。适用于天然径流过程受人类活动影响较小的流量资料;

2) 加里宁试算法。适用于天然径流过程受人类活动影响较小, 而且河川基流量由裂隙水补给的河流, 可采用下列近似的水均衡方程式计算:

$$U_1 = U_0 + \beta_1 R_s - R_g \quad (7.3.8)$$

式中: U_1 ——时段末含水层储量, 10^8m^3 / 年;

U_0 ——时段初含水层储量, 10^8m^3 / 年;

β_1 ——比例系数;

R_s ——地表径流总量, 10^8m^3 / 年;

R_g ——地下径流总量, 10^8m^3 / 年。

式中 β_1 值为比例系数, 可用算法确定。

3) 退水曲线外延法。适用于天然径流过程受人类活动影响较大的流量资料。

7.3.9 多年平均基流量可选用包括丰、平、枯年份在内, 不少于10年的实测流量系列, 进行河川基流量分割计算, 点绘年河川径流量与河川基流量相关图。在此关系图上, 对应 $P=50\%$ 河川径流量的河川基流量可以代表多年平均河川基流量。也可采用包括丰、平、枯水年份在内的逐年河川基流量的均值, 代表多年平均河川基流量。

把水文站的多年平均或 $P=97\%$ 年份的河川基流量转移到评价区上来, 可采用下列方法:

1) 基流模数法(面积比法);

2) 上下游流量相关法。

7.3.10 潜水蒸发量可按下列方法计算:

1) 潜水蒸发系数法:

$$W_g = 10^{-5} \varepsilon_0 C A \quad (7.3.10-1)$$

式中: W_g ——潜水蒸发量, 10^8m^3 / 年;

C ——潜水蒸发系数。

其它符号同前。

在计算时应按下列要求进行:

——将不同岩性分成若干潜水蒸发计算区;

——分区按月计算平均地下水位埋深;

——按不同地下水位埋深和分区分别确定 C 值;

——分区计算逐月和年潜水蒸发量;

——将分区计算的潜水蒸发量汇总即为评价区年潜水蒸发量, 进而推求多年平均潜水蒸发量。

2) 经验公式法:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 (1 - \Delta / \Delta_0)^n \quad (7.3.10-2)$$

式中: n ——指数。

其它符号同前。

7.3.11 工农业净耗水量是通过调查和搜资计算而得, 采用多年平均净耗量或接近平水年的净耗量标准来代替多年平均浅层地下水的实际净耗量。

在有井灌和渠灌回归(渗)补给系数时, 可按下列式计算:

$$W_{ch} = (1 - \beta_c) W_{ck} \quad (7.3.11-1)$$

$$W_{jh} = (1 - \beta_w) W_{jk} \quad (7.3.11-2)$$

式中: W_{ch} ——工业净耗水量, 10^8m^3 / 年;

W_{ck} ——工业开采水量, 10^8m^3 / 年;

W_{jh} ——农业净耗水量, 10^8m^3 / 年;

β_w ——井灌回归补给系数;

W_{jk} ——农业开采水量, 10^8m^3 / 年。

其它符号同前。

7.3.12 现状开采条件下, 考虑发电厂用水量 W_k , 地下水剩余资源量可按下列式计算:

$$W_{r1} = W_{zp} - W_{ck1} - W_{jk1} - W_{eg1} - W_k - W_l - W_{g2} \quad (7.3.12-1)$$

式中: W_{r1} ——现状开采条件下地下水剩余资源量, 10^8m^3 / 年;

W_{zp} ——地下水总补给量, 10^8m^3 / 年;

W_{ck1} ——现状开采条件下工业开采量, 10^8m^3 / 年;

W_{jk1} ——现状开采条件下农业开采量, $10^8\text{m}^3/\text{年}$;

W_{eg1} ——现状开采条件下潜水蒸发量, $10^8\text{m}^3/\text{年}$;

W_k ——发电厂用水量, $10^8\text{m}^3/\text{年}$;

W_1 ——边缘山区侧向排泄量, $10^8\text{m}^3/\text{年}$;

W_{g2} ——下游河流出口断面地下径流量, $10^8\text{m}^3/\text{年}$ 。

在规划开采条件下, 考虑发电厂用水量 W_k , 可按下列式计算:

$$W_{r2} = W_{zp} - W_{ck2} - W_{jk2} - W_{eg2} - W_k - W_1 - W_{g2} \quad (7.3.12-2)$$

式中: W_{r2} ——规划开采条件下地下水剩余资源量, $10^8\text{m}^3/\text{年}$;

W_{ck2} ——规划开采条件下工业开采量, $10^8\text{m}^3/\text{年}$;

W_{jk2} ——规划开采条件下农业开采量, $10^8\text{m}^3/\text{年}$;

W_{eg2} ——规划开采条件下潜水蒸发量, $10^8\text{m}^3/\text{年}$ 。

其它符号同前。

7.3.13 评价岩溶山区地下水, 应通过建立岩溶大泉(泉群)动态观测站, 建立岩溶大泉(泉群)流量与上下游水文站流量的旬月相关关系, 用以延长岩溶大泉(泉群)的流量系列, 推求岩溶大泉(泉群)的多年平均流量和 $P=97\%$ 时的最小流量。

7.3.14 封闭条件较好的、全排型的岩溶山区, 地下水资源量计算应以岩溶山区总排泄量来评价。

总排泄量包括:

——岩溶地下水溢出量(河川基流量);

——评价区工农业净耗水量;

——潜水蒸发量。

计算方法参照7.3.8~7.3.11条有关内容。

7.3.15 傍河取水供水水源分析应包括:

1) 评价区多年平均降水量及各种频率的降水量, 通过降雨入渗补给系数计算各种频率的降水入渗补给量, 计算方法详见补给量计算一节;

2) 评价区地表径流历年逐月平均流量, 多年和历年平均流量, 丰、平、枯三个典型年的逐月平均流量和流量累积频率曲线, 枯水段的累积频率曲线;

3) 评价区不同频率年份地表径流渗漏补给量;

4) 上游工农业在现状和规划条件下引用水量对评价区带来的影响;

5) 结合水文地质抽水试验进行地表径流量的观测, 分析抽水试验对地表径流渗漏补给量的影响及地表水与地下水之间的相互关系。

7.3.16 当评价区河川径流量较大时, 可按渗漏补给量的计算方法或其它途径进行计算, 选用不同典型年、不同时期河道流量的相应水位计算渗漏补给量。

8 设计洪水计算

8.1 一般规定

8.1.1 电力工程设计洪水包括设计洪峰流量和设计洪水位, 不同时段的设计洪量和设计洪水过程线, 可根据洪水特征和工程设计要求计算其全部或部分內容。

对于电力工程项目的防洪, 应采用下列设计洪水频率标准:

1) 位于江、河旁的发电厂和水工构筑物, 按频率为1%时的最高洪水位设计, 另加频率为2%时的风浪高, 按频率为0.1%时的最高洪水位校核;

2) 位于山区河流旁的发电厂和水工构筑物, 防洪排洪设施按频率为1%时的最大洪峰流量和最高洪水位设计, 必要时另加频率为2%时的风浪高, 按频率为0.1%时的最高洪水位校核;

3) 位于内涝地区的发电厂和水工构筑物, 防涝围堤顶标高按历史上出现的最高内涝水位设计, 必要时另加频率为2%时的风浪高, 当有排涝设施时, 则按其设计内涝水位设计;

4) 位于水库、湖泊旁的发电厂和水工构筑物, 按频率为1%时的最高库(湖)水位设计, 另加频率为2%时的风浪高, 按频率为0.1%时的最高库(湖)水位校核;

5) 位于水库、湖泊下游的发电厂和水工构筑物, 按频率为1%、0.1%时最大下泄流量分别与相应区间洪水组合, 推求频率为1%时的设计最高洪水位和频率为0.1%时的校核最高洪水位;

6) 灰场、灰管线、水管线, 按工程特点和等级分别选用频率为1%、2%、5%、10%时的最大洪水流量和最高洪水位设计, 选用0.2%、0.5%、1%时的最大洪水流量和最高洪水位校核;

7) 变电所按频率为1%时的最大洪水流量和最高洪水位设计;

8) 微波通信工程按频率为2%时的最大洪水流量和最高洪水位设计。

8.1.2 在实测或考证期内, 如因流域和河道的产流和汇流条件发生重大改变而明显分段时, 应将系列资料改正到同一基础上或分段使用。其改正还原方法可采用直接进行流域情况调查、水量平衡法、本流域不同时段的前

后对比分析, 相似流域的平行对比分析, 由实测暴雨推求相应洪水等方法。

8.1.3 实测洪水系列短缺时, 展延插补系列可通过流域面积比拟、上下游或邻近相似流域的测站与本站的洪水特征值相关、本站峰量关系、本站水位流量关系及降雨径流关系等方法进行。对插补延长的大洪水资料, 应结合流域气象特性、自然地理条件多方面分析论证, 并利用调查洪水或暴雨资料进行校核。

洪水特征值相关线外延的幅度, 视相关程度而定, 以不超过实际变幅的30%~50%为宜, 展延年数不宜超过实测年数, 可参照5.1.6。

8.1.4 暴雨资料的插补延长, 可采用直接移用、暴雨洪水相关及绘制次或年最大暴雨等值线图等方法进行。

8.1.5 洪水分析的统计样本应按洪水特性、工程设计要求进行选择。洪峰和不同时段의 洪量可采用年最大值为统计样本。当洪水特性在一年内随季节和成因有明显不同时, 应分别进行选择统计, 但季节和成因划分不宜过细。

8.1.6 设计洪水计算应根据工程情况、流域大小、资料条件及地区自然地理特点采用多种方法比较, 并对计算过程中依据的基本资料、主要环节、各种参数和计算成果进行多方面的分析论证后选用。

8.1.7 设计洪水计算的基本途径:

1) 如设计流域具有30年以上较长期的实测洪水系列, 并有历史洪水调查和考证资料时, 可用频率分析计算设计洪水;

2) 设计流域及邻近地区具有30年以上较长期的暴雨资料, 并有多次可供产流、汇流分析用的暴雨洪水对应观测资料和实测(或调查)大暴雨资料时, 可用频率分析计算设计暴雨, 再推算设计洪水;

3) 如设计流域内暴雨洪水资料短缺时, 可利用邻近地区的实测(或调查)暴雨和洪水资料进行地区综合分析, 估算设计洪水。

8.1.8 洪水理论频率曲线线型可采用皮尔逊Ⅲ型曲线, 特殊情况经分析论证后也可采用其它线型。

8.1.9 工程点设计洪水计算成果, 应分别考虑流域人类活动的现状和规划影响。若对设计洪水特征值有显著影响时, 应作论证分析或予以修正。

8.2 天然河流

8.2.1 天然河流上设计洪水的推算方法, 根据资料情况和工程要求, 可采用下列方式进行:

1) 用实测资料(流量、水位、暴雨等)、调查资料或结合地区综合资料作统计或推算确定;

2) 直接通过调查多次历史洪水来确定;

3) 直接引用水利等有关部门的规划设计成果或统计基础资料结合本工程特点加以修正应用。

8.2.2 不论采用哪种方法计算设计洪水, 应注意基本资料的可靠性, 均应对计算过程中各个参数和计算成果进行多方面的分析检查, 并通过地区洪水分布规律、上下游洪水频率曲线综合比较, 稀遇的设计洪水流量与本地区最大洪水记录进行对比等途径与暴雨的频率分析计算成果相比较。

8.2.3 洪水系列的经验频率可按下列法计算:

8.2.3.1 连序系列的经验频率可按式(5.2.7-1)计算;

8.2.3.2 不连序系列的经验频率可根据资料条件按下法之一估算:

1) 实测值和特大值分别在各自系列中进行排位, 其中实测值的各项经验频率仍按式(5.2.7-1)估算, 而调查期 N 年中的前 a 项特大洪水(无遗漏时)序位为 M 的经验频率按下式估算:

$$P_M = \frac{M}{N+1} \quad (8.2.3-1)$$

式中: M ——历史特大洪水按递减次序排列的序位;

N ——调查期。

2) 将实测值和特大值共同组成一个不连序的系列。不连序系列各项在调查期 N 年内统一排位, 若 N 年中有特大洪水 a 项, 其中有 L 项发生在 N 年实测系列之内, 则 N 年中的 a 项特大洪水的经验频率仍可用式(8.2.3-1)估算, 其余 $n-1$ 项的经验频率可按下式估算:

$$P_{mL} = \frac{a}{N+1} + \left(1 - \frac{a}{N+1}\right) \frac{m' - L}{n - L + 1} \quad (8.2.3-2)$$

式中: a ——在 N 年中连续顺位的特大洪水项数(包括发生在实测系列内的 L 项);

n ——实测洪水系列项数;

L ——实测洪水系列中抽出作特大值处理的洪水项数;

m' ——实测洪水的序位;

P_{mL} ——实测系列第 mL 项的经验频率;

N ——调查期。

8.2.4 洪水频率曲线统计参数的确定, 应先根据实测系列, 用不同方法, 初步估算统计参数, 再用适线法进行调整选用。

8.2.5 频率曲线适线时应尽量照顾点群趋势, 如有困难, 可侧重考虑中上部分较大洪水点据, 并靠近精度较高的调查洪水点据, 不应机械地通过最大洪水点据, 还应参照本站不同时段及相邻地区洪水特征值统计参数的变

化规律作适当调整。

8.2.6 由暴雨资料推算设计洪水时,应经过点面雨量资料的插补延长,确定设计暴雨、设计净雨、设计洪水过程线。

暴雨频率计算的选样方法、经验频率估算、统计参数的确定可参照8.2.3条和8.2.4条。

8.2.6.1 设计点暴雨可用单站频率计算、点暴雨统计参数等值线图、分区综合法推求。当暴雨系列较短或受特大值的影响,单站频率计算有困难时,可在气候和地形比较一致的地区内选取资料较好的几个站的同频率点雨量的中值作为代表系列,确定其统计参数。如暴雨资料系列中个别年份暴雨特大,经过分析需作特大值处理时,其重现期可参照邻近地区长系列暴雨资料和所形成洪水的重现期分析估算。

暴雨的统计参数和计算成果,除了与长短历时成果作综合比较外,还应与邻近地区长系列站的频率计算成果和特大暴雨记录进行比较,检查其合理性。

8.2.6.2 流域的设计面暴雨量,应直接根据本流域面暴雨资料系列进行频率计算。当面暴雨资料系列过短或代表性不足时,可与流域内或流域四周几个长系列雨量站的平均雨量相关插补延长。

对于中小流域,如面暴雨资料短缺时,可通过设计点暴雨和点面关系间接推算。

点面关系宜用该地区定点定面的综合关系。如用实测暴雨图的动点动面关系时,应分析它与定点定面关系的差别,并进行修正。

设计面雨量计算成果可经过各时段的点面雨量的统计参数对比、直接法与间接法成果对比、附近地区的点面关系对比以及当地特大暴雨资料对比来进行分析。

8.2.6.3 长短历时的设计暴雨量根据暴雨强度公式或雨量百分率—历时曲线设计暴雨的时程分配,可采用不同时段暴雨量同频率控制典型放大的方法确定。时程分配可选择几次同类型大暴雨进行综合概化,也可选用对防洪较不利的某次实测大暴雨作为典型。

8.2.6.4 由设计暴雨推求设计洪水的产流、汇流时,参数的定量分析与其使用方法必须一致。不同方法中的产流、汇流参数不得任意移用。

根据流域的水文特性,产流计算可采用暴雨径流相关法或扣损法。当设计流域资料短缺时,也可采用地区综合的暴雨径流关系或损失参数来计算产流量。

根据资料条件及流域特性,汇流计算可选用单位线、河网汇流曲线及推理公式等方法。当资料条件允许时,也可采用流域模型计算。

无论采用哪种产流、汇流计算方法,均应利用本流域或相似流域的实测资料对各项参数进行校验。

8.2.6.5 根据设计暴雨推算设计洪峰流量时,具有暴雨资料的流域,可根据实测资料进行产流分析,得出设计净雨过程,然后通过汇流计算,推求设计洪峰流量。

当流域面积很大或流域形状特殊,产流面积分布很不均匀时,可用分别推算各分区的汇流过程再叠加的方法推算。在暴雨资料短缺的流域,可移用邻近流域地理条件相似的汇流计算法或应用本地区的综合汇流计算法推算。

8.2.7 测站设计洪峰流量计算成果移用到工程点,可采用下列方法:

1)流域面积比拟法:若工程点与上(下)游站的控制面积相差不超过3%,区间无较大支流,又无分洪或滞洪时,可直接移用;若工程点与上(下)游站的控制面积相差小于20%,且暴雨分布比较均匀,区间河道又无特殊调蓄作用时,可按面积比法移用;若工程点的上下游站均有实测流量资料,且暴雨分布较均匀,区间无较大支流汇入时,可按面积内插法移用。

2)利用工程点与上(下)游站的洪峰流量相关移用。

3)洪水演进计算。

4)过程线叠加法。

8.2.8 工程点的设计洪水位可采用下列方法进行计算:

1)利用工程点的水位流量关系曲线,并结合历史洪水调查资料,分析延长高水部分,根据设计洪峰流量来推求。

2)当工程点与上(下)游站有同期洪水位观测和调查资料时,可根据两地洪水位相关,由参证站设计洪水位推求;平原地区,若洪水比降较小时,可根据参证站的设计洪水位和洪水比降推求,当两地河底坡度和断面变化较大时,可用水面曲线法推求。

3)工程点附近河床断面规则,有多年历史洪水位调查资料时,直接由多次历史洪水位推算。

4)当工程点位于干支流汇合处附近,洪水遭遇情况较为复杂时,可参照地区洪水组成计算方法由设计洪峰流量推求。

5)当工程点位于河弯处,设计洪水位应考虑凹岸增水、凸岸减水的影响,可按式计算:

$$\Delta h_w = \frac{\bar{v}^2}{2g} \frac{B}{R} \quad (8.2.8)$$

式中: Δh_w ——凸岸和凹岸水位差, m;

\bar{v} ——设计水位时的断面平均流速, m/s;

B ——设计水位时的水面宽, m;

R ——河弯的平均曲率半径, m;

g ——重力加速度, 9.81m/s^2 。

6)位于大河倒灌、河床严重冲淤或水库壅水等影响范围内的工程点,其设计洪水位应按设计条件下可能发生的最不利遭遇情况确定。

7)位于卡口等范围内的工程点,其设计洪水位应根据调查分析确定。

8.2.9 设计洪水过程线可采用同倍比放大法或分时段同频率控制放大法,通过放大实测典型洪水过程线推求。应选用资料较为可靠,对工程防洪运用较不利的大洪水作为典型。

当工程点无实测资料时,可借用上(下)游或邻近流域参证站的洪水过程线进行缩放,或通过设计暴雨进行产汇流计算推求。

在特殊情况下,还应考虑上游河道过水能力对下游断面设计洪水过程线的影响。

8.2.10 岩溶地区的设计洪水根据流域内岩溶发育程度和资料情况的不同,可按下列方法计算:

1)对于岩溶现象高度发育、地表水系极短、河流主要在地下潜行的流域,以及对于岩溶现象发育一般且分布较普遍、地下河网交错、明流暗流难以分开、汇流无规律的流域,可根据出水洞或出口断面的资料情况,采用调查洪水所得的经验频率曲线、实测典型放大或根据流量资料计算设计洪水等方法进行计算。

2)对于岩溶现象发育且集中在一定范围,在主要干支上有溶洞束水控制的流域,有资料时,可用一般方法统计推算,但应注意外延和移用问题;无资料时,可用分区合成法,分别计算明流区和暗流区的设计洪水并错开传播时间叠加,也可采用反映岩溶特征的产流汇流综合参数计算。

3)对于岩溶现象不明显,对洪水的形成无多大影响,且主要干支流上没有溶洞束水影响的流域,可采用一般天然河流的计算方法。

8.2.11 泥石流地区应根据地形、地貌特点、查勘和观测试验资料,在现场计算,现场核对,并应采用不同途径和方法进行比较。

计算方法可选用雨洪修正法或泥痕调查法。在无人烟地区 and 没有条件进行形态勘测的小流域,常用雨洪修正法求得泥石流流量后,再用泥痕调查法反算设计需要的各项水力要素。

8.3 水库和闸上游

8.3.1 发电厂自建水库的设计洪水,可采用坝址洪水。当库区回水较长、水库面积较大、水库建成后流域内产流汇流条件有显著改变,且对调洪有较大影响时,应采用入库洪水。

入库设计洪水的计算方法可采用入库洪水系列作频率计算推求,由坝址设计洪水反推,也可由设计暴雨间接推求。

8.3.2 当工程点位于坝址上游时,其设计洪水按下列情况考虑:

1)当水库实际的设计洪水频率标准高于工程点设计标准时,可采用相应于工程点频率为1%设计洪水标准的水库计算库水位和洪水流量,由水面曲线推算在水库壅水区工程点频率为1%设计洪水位。

2)当水库实际的设计洪水频率标准低于工程点设计标准时,可参照水库设计的资料按工程点频率为1%设计洪水标准进行调洪演算,再由水面曲线计算工程点频率为1%设计洪水位。

3)当工程点位于水库变动回水区时,可直接采用相应于工程点设计洪水标准的天然条件设计洪水位和流量,当水库变动回水区处于北方结冰河流时,应考虑冰塞冰坝可能造成水位壅高的影响。

8.3.3 确定库区内工程点的设计洪水位时,应考虑水库淤积抬高水位的影响,水库淤积后的回水曲线可向有关部门搜集,也可应用能量平衡方程或简易方法推求确定。

8.3.4 对于水库蓄水区工程点的计算断面应按下列情况选用:

1)对于规划中的水库,其计算断面可采用建库前的天然河床断面,但应考虑建库断面淤积对设计洪水位的影响。

2)对于已建水库,其计算断面可采用现场查勘时的河床断面,但应考虑淤积的发展趋势对设计洪水位的影响。

3)对于已建而又计划改造的水库和运用方式改变的水库,其计算断面应根据具体情况采用建库前和查勘时两者之间的断面。

8.3.5 当工程点位于有闸门控制的河段上游,应利用水利部门的设计资料,并了解其计算方法及考虑的因素,按电力工程设计标准推算回水曲线,确定工程点设计洪水位。

8.3.6 分洪闸的上游设计洪水位应按原河道下游出口是否受其它水体影响的情况分别进行计算:

1)当原河道下游出口不受其它水体影响时,所算得分洪闸所在地点的河道设计洪水位 H_s 与相应最大分洪流量 Q 的分洪闸前临界水深的水位 H_c 相比较:

如 $H_s > H_c$,则取 H_s 作为闸上游设计洪水位;

如 $H_s < H_c$,则用 $H_s = H_c$ 。

2)当原河道下游受其它水体影响时,可按下列方法确定:根据设计洪水标准,拟定分洪时段河道下游水体的水位,以闸下河道安全泄量从此水位向上游推算水面线到闸址中点,即为闸上游设计洪水位(若区间有支流汇入

或分流, 推算水面线时应考虑流量变化)。闸址以上河道的水位由算得的闸址水位, 按分洪前河道全部流量继续向上游推算, 以便和上游实测水位对照。

原河道下游出口受其它水体影响的情况, 指受其它河流、湖泊的水位及涨落影响。

当原河道下游出口不受其它水体影响时, 可按下式近似计算:

$$H_s = H_2 - \Delta Z_2 \quad (8.3.6-1)$$

$$\Delta Z_2 = 3K_b u_2^2 / 4g(1-k) \quad (8.3.6-2)$$

$$u_2 = \frac{Q_{01} - Q}{A_2} \quad (8.3.6-3)$$

式中: H_s ——用以作为分洪闸上游设计洪水位的分洪闸所在地点的河道设计洪水位, m;

H_2 ——相应洪水流量 $Q_{01} - Q$ 的河道洪水位, m;

Q_{01} ——分洪前河道的设计洪水流量, m^3/s ;

Q ——最大分洪流量, m^3/s ;

ΔZ_2 ——分洪闸所在地由于分洪闸所引起的河道水位差, m;

$$K_b = \frac{Q}{Q_0}$$

K_b ——分洪流量与设计流量之比值,

v_2 ——分洪后水位为 H_2 时的河道平均流速, m/s;

A_2 ——分洪后水位为 H_2 时的河道过水断面面积, m^2 ;

g ——重力加速度, $9.81m/s^2$ 。

算得的 H_s 与相应流量为 Q 的分洪闸前临界水深的水位 H_c 相比较:

如 $H_s > H_c$, 则用 H_s 作为闸上游设计洪水位;

如 $H_s < H_c$, 则采用 $H_s = H_c$ 。

8.3.7 泄洪闸上游设计洪水位应按有无滞洪区分别进行推求。

对位于滞洪区下游的泄洪闸, 可按滞洪区的水位过程线求得; 如滞洪区与泄洪闸相隔较远, 此时还必须考虑其间连接渠道的水面降落。

对直接位于分洪道下游的泄洪闸可按分洪道排泄最大分洪流量时的水面线确定。

8.4 水库和闸下游河流

8.4.1 当工程点位于水库下游, 且水库的实际设计洪水标准高于电力工程的设计洪水标准时, 应按上游水库的工程规模、实际坝体质量、溢洪能力以及距工程点的远近等情况, 分别按下列情况计算频率为1%时的设计洪水:

1) 若区间无较大支流汇入, 且流域面积增加不大于3%, 可直接采用频率为1%时的水库下泄流量来推算工程点设计洪水位;

2) 若区间流量较大, 且距水库又远时, 应考虑区间来水和河槽调蓄对水库下泄流量的影响, 据此推算出工程点的频率为1%时的设计洪水流量和设计洪水位;

3) 若上游水库实际的坝体质量差为险库, 有溃坝可能且影响工程点时, 应按溃坝洪水推算工程点频率为1%时的设计洪水。

8.4.2 当上游水库实际设计洪水标准低于电力工程频率为1%时的设计洪水标准或虽设计标准高, 实际为险库时, 位于水库下游的工程点应考虑溃坝的影响, 计算坝址溃坝洪水并与区间洪水遭遇组合, 演进到工程点从而确定频率为1%时的设计洪水。

8.4.3 考虑溃坝影响时, 水库坝体溃决的可能方式应按坝体的材料性质、结构性能及荷载性质等会同有关专业拟定。一般计算可采用整个土坝坝体瞬时全部溃决的最恶劣情况, 对土坝以外的坝型, 可考虑一半溃决或其它溃决方式。考虑坝体汛期溃决时, 水库溃决水体可按设计洪水位以下水体计算, 下游初始水位可按发生设计洪水时的最大下泄流量确定。

8.4.4 溃坝洪水的计算内容为溃坝洪水的最大流量、泄流过程线、水体向下游的演进过程与区间洪水的组合。具体可根据工程要求, 计算水库和河槽特性的全部或部分内容。

8.4.5 坝址断面溃坝最大流量应根据水库溃决条件和工程特点, 采用理论公式或经验公式计算, 并结合调查, 经分析比较后确定。

当工程地点在坝址下游附近, 泛区的洪水调蓄作用不大时, 可直接采用坝址的溃坝最大流量。

8.4.6 工程地点在溃坝洪水影响范围内的大型工程和河道情况复杂的工程, 应采用溃坝洪水逐段演进计算至工程点, 可按经验公式推求。

8.4.7 溃坝流量过程线可近似采用概化溃坝流量过程线进行试算推求。当上游有来水时, 应将入库流量过程线

与概化溃坝流量过程线叠加。

8.4.8 溃坝洪水与区间洪水的组合可根据资料情况和设计要求, 按下列方法分别确定:

1) 近似组合方法。当区间无来水或相对不大时, 直接采用上游水库溃坝洪水演进至工程地点的峰值, 或将此峰值与区间设计洪峰直接相加而得; 而当区间洪水相对较大或发生了同频率洪水时, 可将此峰值与区间设计洪峰直接相加而得。由设计洪峰流量再推求设计洪水位。

2) 将溃坝洪水过程演算到工程地点以后, 与区间洪水过程错开传播时间叠加, 可取其峰值再推求设计洪水位。

8.4.9 当工程地点上游流域内有并联水库溃坝影响时, 应分别按各水库相应电力工程设计洪水标准的设计洪水进行调洪演算来决定各个水库溃坝的先后时序, 并应考虑流域暴雨中心的不利分布和相应传播时间, 向下游演进至工程地点分别叠加后推求设计洪峰流量和设计洪水位。

当工程点上游有串联水库溃坝影响时, 应分别按上游水库的频率为1%时的洪水、实际坝体质量与溢洪能力、库容调蓄能力、水库间距离及滩槽特性等进行分析演算, 确定工程点溃坝影响的设计洪峰流量和设计洪水位。

8.4.10 河道洪流演进计算可按河道槽蓄与出流的关系分别采用不同方法演算。当缺乏河道地形资料且实测水文资料不多而支流汇入或分流等又需划分多流段进行洪流演进计算时, 可采用马斯京干法。当河段中入流来源不止一处时, 应分别对干支各河作洪峰演进计算, 以来水区的干流为主, 其它支流错过洪水传播时间相加得总入流过程线进行演算。

8.4.11 对于水闸, 应利用水利部门的设计资料, 了解其计算方法及其考虑的因素, 按电力工程设计条件进行闸孔水力计算, 推求过闸流量。当其区间面积超过20%时, 进行洪水组合, 推算工程地点设计洪水流量和设计洪水位。

8.4.12 分洪闸下游设计洪水位应根据分洪区的形态和容积、或引洪道水位流量关系曲线, 通过水量调蓄计算或水面线推算来确定。若分洪区或引洪道受回水顶托或冲淤影响时, 应推求以顶托流量为参数的闸下游水位流量关系曲线。

8.4.13 泄洪闸下游设计洪水位可按历史上的大洪水年份在泄洪期间相应的承洪水体的水位来分析确定。

8.5 设计洪水的地区组成

8.5.1 设计洪水的地区组成, 应在综合分析流域内洪水地区组成规律、暴雨洪水特性、大洪水年份各分区与设计断面间及各分区之间洪水峰量关系的基础上, 结合现场调查、防洪要求及工程特点, 可选用典型年法、同频率地区组成法或相关法进行计算。

对防洪调节能力不大的工程, 可用设计洪峰作控制量进行计算。

8.5.2 当分区较多、组成比较复杂时, 可采用典型洪水组成法计算应从实测资料中选择几次有代表性、对防洪不利的大洪水作为典型, 以设计断面的某时段洪量作为控制量, 按典型年各断面某时段洪量, 对各断面和区间的典型洪水成比例放大, 求得各断面及区间相应的某时段洪量或洪水过程线, 作为设计洪水的地区组成。

8.5.3 当分区与下游断面洪水同频率组成的可能性较大时, 可采用同频率地区组成法计算, 应根据防洪要求, 指定某一分区出现与下游设计断面同频率的洪量, 其余各分区的相应洪量则按水量平衡原则, 用某一典型组成比例或平均组成比例加以分配。

8.5.4 当设计断面以上各分区洪水组成比例较为稳定时, 可采用相关法计算。应统计设计断面各次较大洪水过程(或年最大值), 某时段的最大洪量及相应时段内上游断面与区间的洪量点绘相关图, 可根据设计断面的设计洪量来推求上游断面或区间的设计洪量, 将剩余的洪量分配到其它地区, 作为设计洪水的地区组成洪量。

8.5.5 各分区的设计洪水过程线应采用同一典型年的实测洪水过程线以分配到各分区的洪量作控制进行放大。

8.5.6 区间设计洪水可根据资料的具体情况, 选用下列不同的计算方法推求: 区间设计暴雨通过产汇流计算推求区间单位线, 地区综合经验公式, 上下游洪水洪流演算相减法, 区间代表站流量缩放法。

8.5.7 设计洪水地区组成的计算成果应对各断面的峰量统计参数, 设计值与过程线进行合理性分析、对上下游进行水量平衡检查。

当流域内有已建水库时, 各上游断面和区间的洪水, 应考虑水库的调洪作用, 将调洪后的洪水过程线演进到下游控制断面, 作为该处的设计洪水过程线。

8.6 小流域暴雨洪水

8.6.1 电力工程小流域设计洪水应根据工程特点选用, 设计频率标准为1%, 2%, 5%及10%。

计算内容有设计洪峰流量、设计洪水总量和设计洪水过程线。可按工程特点计算其部分或全部项目。

8.6.2 小流域设计暴雨洪水应根据现场查勘及暴雨洪水地区特点采用两种以上方法计算, 并通过调查历史洪水和采用其它途径进行分析验证。不论采用何种方法, 均应对方法的适用条件、计算过程中依据的基本资料、主要环节的处理、各种参数和计算成果进行多方面的分析检查, 经比较后选用合理者。

小流域设计洪水可通过小流域设计洪水的流量频率计算、单位线、推理公式、地区经验公式等方法推算。

8.6.3 为使计算成果准确合理, 应进行特小流域下垫面自然地理特性的查勘工作, 尤其应着重于河沟形态特征和植被类型、高度、覆盖率、土壤、地形地貌等流域自然地理特性, 以及对成果影响较大的人类活动的查勘。

8.6.4 在特小流域采用推理公式或地区性经验公式推算设计洪峰流量时, 应了解编制公式依据的资料质量和参数概化的条件, 并应与本地区特大暴雨洪水资料、历史调查洪水或邻近流域长系列站推算的设计洪水进行对比

分析, 检验其成果的合理性。

8.6.5 特小流域雨洪计算中有关流域地形特征参数可按表8.6.5的要求, 选择适当比例尺的地形图量取。无适当比例尺的现成地形图时, 应充分采用已有地形图或进行简易地形测量。测量内容应包含流域分水线、分别反映主槽和山坡的长度和坡度的主要控制点高程、河道断面形状等。

表 8.6.5 小流域暴雨洪水计算对地形图比例尺的要求

流域面积A km ²	比 例 尺
A>100	1 : 100000
10≤A<100	1 : 50000~1 : 100000
5≤A<10	1 : 25000~1 : 50000
1≤A<5	1 : 10000~1 : 25000
A<1	1 : 5000~1 : 10000

1)根据测站自记雨量资料, 统计计算雨强—频率—历时曲线, 选配暴雨公式。

2)查年最大24h、6h、1h、10min短历时暴雨统计参数等值线图, 并考虑新近发生的大暴雨以及地形影响暴雨突变性的修正, 年最大24h暴雨也可由年最大一日设计暴雨量间接推求。

3)根据有关部门的设计暴雨计算成果具体分析选用。

8.6.7 特小流域雨洪计算中的经验性参数, 必须用当地实测的暴雨洪水资料, 按所采用公式的形式及其概化假定条件确定, 应坚持分析与使用一致的原则。

应用推理公式时, 特小流域汇流参数 m 值的确定应根据当地下垫面自然地理特性的查勘按分类选用, 或参考其它有特小流域观测资料地区的 $m-\theta$ (流域特征参数)关系曲线作适当的外延, 若将较大流域分析的 m 值直接应用于特小流域, 应分析其合理性。

8.6.8 小流域设计洪水过程线的确定应采用设计暴雨时程分配雨型, 按设计洪峰和洪量分段采用概化过程线再叠加的方法求得多峰形概化洪水过程线。

8.7 分期设计洪水

8.7.1 施工期的设计洪水可按施工期的长短分别选择不同方案进行计算。分期应考虑工程的设计、施工要求, 又应使起迄日期基本符合洪水的季节性变化规律和成因特点, 不宜太短。以不短于一个月为宜。

8.7.2 分期洪水或分期暴雨, 若不跨期选样, 可跨期使用; 或若跨期选样, 则使用时不应跨期, 跨期不宜超过5~10日。

8.7.3 用流量资料计算施工设计洪水时, 应对其分期洪水频率曲线作合理性检查。应按发生的日期, 加入相应分期洪水系列对历史洪水进行频率计算。用雨量资料计算时, 应先计算分期设计暴雨, 再根据各分期的产流、汇流条件计算其设计洪水。

8.7.4 对分期设计洪水计算成果, 应分析各分期洪水的统计参数和同频率设计值的年内变化规律, 并与年最大洪水的统计参数和同频率设计值进行比较, 检查其合理性, 必要时可适当调整, 以年控制季, 季控制月。

8.8 水面曲线

8.8.1 水面曲线推算的基本方法, 应根据资料条件、河段特点及工程要求采用试算法或各种图解法。

8.8.2 计算河段的划分应按工程情况及精度控制的要求, 使每段比较均匀顺直、河段内水力要素基本上均匀一致、比降大致相同、河床质组成与糙率比较一致、中间没有大的支流汇入。

8.8.3 河段糙率可通过本河流实测资料反求, 并分析其随水位变化的规律, 然后加以选定。无资料时, 可根据河道特性、现场查勘, 参照有关糙率表选用; 或初选糙率, 根据流量来试算水面线与河段末端实际水位是否符合来确定; 或根据河道特性和水流条件参照相似河道的实测糙率进行分析类比选用。

对于复式断面的主槽与滩地应分别确定其糙率。

8.8.4 水面曲线计算的起算水位应按工程特点选定:

水库可按设计洪水位或其它坝前水位确定, 天然河流可根据控制断面的水位流量关系和设计流量确定, 低坝壅水可按泄流曲线和泄量确定。

8.8.5 考虑库区淤积的回水计算, 应根据工程的设计运行年限确定淤积年限, 按均匀分布计算水库各断面的淤积形态, 得出一定年限库区各断面的淤积面积, 据此算出各淤积断面的水力因素后进行库区回水水面曲线计算。

8.8.6 水面曲线的计算成果应根据实测资料和调查洪水资料进行验证。对河槽边界条件变化处的水流衔接形式应进行合理性分析。

8.9 平原地区设计洪涝水位

8.9.1 经过治理的流域或有人工控制的河段的设计洪涝水位计算, 应利用有关水利、交通部门的设计计算资料、推算方法及其考虑的因素, 并结合电力工程特点进行。

8.9.2 水利化地区工程点设计洪水可采用雨量资料推算, 并以流域治理后实测较大洪水和相应雨量资料进行校核。当采用上下游水文站实测成果推求工程点设计洪水时, 应考虑区间分洪、蓄洪、滞洪、溃堤、破圩等的影响。

8.9.3 若因溃堤、破坏造成相邻流域和各汇水区的串通时,应对洪水时的各串通流域进行统一的洪涝分析计算。

8.9.4 应用当地排涝公式推算工程地点设计洪水流量时,应分析工程地点设计洪水与防洪排涝设计洪水在汇流和槽蓄方面的差异。当差异较大时,应考虑流域或行洪滩地蓄洪、滞洪及分洪的影响。

8.9.5 圩区内涝积水推算可根据不同情况按下列方法进行。

8.9.5.1 当圩区内无抽排设备和能力向外江(外海)排水时,可根据外江(外海)水位的封圩期,求算设计总净雨量,然后根据圩内起始水位由内涝区库容曲线查算设计内涝积水位。

8.9.5.2 当圩区内有泵站或水闸向外江(外海)抽排时:

1)设计净雨过程应根据地区特点与资料情况选用不同方法计算。对采用的产流计算方法,应能与利用闸站实测水位过程曲线、抽排水量曲线和库容曲线由水量平衡原理反求的净雨量相验证,内涝积水位可根据内河控制水位、泵站装机台数和能力采用水量平衡原理推求。开机利用系数可根据调查确定,并应考虑停止抽排的可能因素和影响。同时有排水闸和泵站时,宜先考虑闸排,然后泵排来计算抽排能力。

2)应选择近年圩区内与较高积水年份相应的实际降雨和抽排能力,用拟定的方法和原则求算其积水位,并与实际调查的积水位相验证,而后在此基础上推算内涝积水位。

8.9.5.3 对于地势平坦的圩区,调查水位与设计水位相差不大时,可采用简化计算。建立圩区内各种水位下的蓄水面积和蓄水体关系曲线,应根据调查历史最高内涝水位、相应年份一定时段实测雨量及相应时段百年一遇雨量,按下式计算内涝积水位:

$$H_{1\%}=H_2+\Delta H \quad (8.9.5-1)$$

$$\Delta H = \frac{A\Delta H}{\Omega} \quad (8.9.5-2)$$

式中: $H_{1\%}$ ——圩区百年一遇内涝水位, m;

H_1 ——调查历史最高内涝水位, m;

ΔH ——百年一遇降雨增加的积水深,可按式(8.9.5-2)计算,也可根据 Δh 从水位—蓄水体关系曲线查得, m;

A ——圩区流域面积, km^2 ;

Ω ——相应 H_1 的蓄水面积,可从 $H-\Omega$ 曲线查得;

Δh ——百年一遇一定时段降雨量与 H_1 年份相应时段降雨量的差值, mm。

8.9.6 河网地区若无完整的水文,气象、流域和河道资料时,可调查历史洪水成因和最高水位,据以计算工程点设计水位和流量,当有较完整的流域降雨及河道断面资料时,可由雨量资料推求入流过程,应用河道洪水演进的方法求算河网圩区调蓄后出流过程。

8.9.7 当工程点受下游人工建筑物或江河湖泊的回水顶托时,应计算回水曲线,推求设计洪水水位,并应充分考虑泥沙淤积的影响。

8.9.8 分洪闸最大分洪流量的推算,可根据上游水文站确定的设计洪水过程线,用河槽洪水演进方法推算出分洪闸前的洪水过程线,扣除闸下河道的安全泄量得闸前分洪流量过程线,其峰值即为最大分洪流量。

8.9.9 河道分洪后应根据分泄洪水出路的不同,分别对原河道的水面曲线重新推算。

8.9.9.1 当分泄洪水直接排入其它河流、湖、海时,则分洪口以下河流均按安全泄量推算新的水面曲线。

8.9.9.2 当分泄洪水仍流回原河流时,按下列情况分别考虑:

1)分洪口和泄洪口距离较近,泄洪口上游河段受泄洪回水的影响,可按天然河道水面曲线计算的方法推求河段回水水面曲线;

2)泄洪口远离分洪口,泄洪回水影响可忽略不计;

3)分泄洪水可全部贮蓄于滞洪区,待河道洪峰过后再行泄洪时,可按分洪口以下安全泄量推算水面曲线。

8.9.10 滞洪区最高水位应根据分洪与泄洪的方式不同,分别采用不同方法进行计算。

不能同时分洪、泄洪时,应根据分洪总量查滞洪区水位—容积曲线,即得滞洪区最高洪水水位。滞洪区为长年积水的洼地或湖泊时,还需考虑原有的积水容积。

边分洪、边泄洪时,应根据分洪流量和泄洪流量进行滞洪区调蓄计算确定。

8.9.11 设计河段行洪能力,可按洪水控制断面,用拟定的控制水位在水位—流量关系曲线上查得。如受洪水顶托、分流、断面冲淤、河道设障等因素影响时,应对控制断面水位—流量关系曲线进行修正,然后进行水面曲线计算,求得设计河段设计水位下的行洪能力。

8.9.12 在两岸堤防设计标准较低、易于溃堤的平原地区,其设计洪水水位可按下列情况分别确定:

1)根据溃堤后历史洪水位的调查,结合目前河道治理情况进行分析,确定设计洪水水位;

2)若溃堤后的两岸洪水泛滥区边界能确定时,则根据泛滥区大断面、滩槽糙率、设计洪水流量来推求设计洪水水位;

3)若溃堤后的两岸洪水泛滥区边界难以确定时,可根据堤防标高、上下游行洪情况、历史溃堤情况,结合暴雨频率调查,适当考虑超高,经分析确定。

9 泥沙与河床演变分析

9.1 一般规定

9.1.1 在发电厂厂区、岸滩灰场、码头、航道、取排水口、输水和输灰管线、地下水取水井的位置选择中, 均应进行设计河段的河床演变查勘和分析。判别河床稳定性年限应接近30年~50年的变化趋势为衡量标准。

9.1.2 应紧密围绕工程设计问题, 充分利用各种图籍、观测和调查资料, 运用各种类型河床演变的基本规律, 结合设计河段水力泥沙因素变化规律, 选用一种或多种途径对设计河段的河床演变进行稳定性分析。

判断河道发展趋势时, 应综合分析设计河段河床演变的周期性和非周期性变化、河床冲淤变化、水流和河床的自动调整作用、天然演变和人为因素影响的演变等。

9.1.3 当流域的设计河段有开发与整治规划时, 应按实施阶段分别分析现状和规划后河床演变发展趋势对电力工程水工构筑物的可能影响。

9.1.4 设计河段的河床演变分析应包括下列内容:

- 1) 河流泥沙来源、数量和特性;
- 2) 设计河段来水来沙组成、年际和年内变化过程分析;
- 3) 设计河段水流泥沙运动特征分析;
- 4) 设计河段的河床形态与地质组成特性分析;
- 5) 河道中水工构筑物等人为影响因素分析;
- 6) 设计河段的河势变化和电力工程水工构筑物河床稳定性分析。

9.2 河流泥沙

9.2.1 流域泥沙来源组成应通过查勘、泥沙资料搜集及观测, 分析干支流来沙组成及其影响因素。

9.2.2 泥沙沉降速度的计算应分析公式适用条件, 选用时应根据设计河段的泥沙特性并结合有关影响因素考虑。

9.2.3 当测站有不少于30年并具有一定代表性的实测悬移质泥沙资料时, 可据此计算下列各项泥沙特征值:

- 1) 多年平均及最大含沙量、年输沙量及其年内分配;
- 2) 丰、平、枯不同典型年的年输沙量及其年内分配;
- 3) 实测断面平均最大含沙量及多年的最大、最小年输沙量;
- 4) 多年平均和汛期平均的悬移质泥沙颗粒级配曲线及泥沙的平均粒径、中值粒径和最大粒径;
- 5) 汛期断面含沙量垂线分布;
- 6) 日平均含沙量累积频率曲线;
- 7) 沙峰过程线。

9.2.4 当测站实测悬移质泥沙资料系列较短时, 可采用下列方法推算各泥沙特征值:

利用年或汛期径流量与悬移质输沙量的关系来延长资料系列, 据上游或下游测站的实测资料, 结合区间的产沙或沉积因素, 来分析估算输沙量, 与流域降雨和产沙条件相似的测站作同期短系列径流、泥沙资料对比分析, 或利用本站年输沙率与年流量之比值来估算输沙量均值。

9.2.5 当工程地点无实测悬移质含沙量资料时, 可通过下列方法估算各泥沙特征值:

1) 利用有关输沙模数图、相似流域测站资料水文比拟、地区性经验公式等估算输沙量均值, 有条件时, 应利用近期实测资料加以比较修正;

2) 沙量平衡法估算悬移质输沙量, 可通过上下游输沙量的对比分析对分析成果进行合理性检查。

9.2.6 当测站有较长系列的推移质泥沙资料时, 可据此统计下列特征值:

- 1) 多年平均和不同典型年的推移质年输沙量及其年内分配;
- 2) 多年汛期平均颗粒级配、平均粒径和最大粒径。

9.2.7 当测站无实测推移质泥沙资料时, 可采用下列方法估算推移质输沙量:

1) 利用上下游已建水库或其它引水工程泥沙淤积测量或清淤资料, 根据其淤积数量及其颗粒级配组成估算推移质泥沙的淤积量, 再考虑区间产沙或沉积因素, 估算测站的推移质输沙量;

2) 测站有悬移质泥沙资料, 且河床主要为沙质河床时, 参照相似河流悬移质输沙量与推移质输沙量的比例关系, 用比值系数法估算推移质输沙量;

3) 利用经验或半经验公式估算推移输沙率时, 应了解公式的适用条件和范围, 并宜选用两种以上的方法相互比较。有条件时, 可利用水槽(或模型)试验的方法估算推移输沙量。

9.2.8 当测站以上有蓄水、引水工程时, 应分析其对输沙量和颗粒级配组成的影响, 必要时, 应进行泥沙还原计算。输沙量还原以输沙率法为主。如用地形法(或断面法)分析水库淤积资料还原计算时, 应着重对淤积干容重值、断面代表性、地形资料的精度等方面进行复查。

9.2.9 选用泥沙起动流速公式时, 应分析公式的适用条件、对影响因素的考虑和处理方法, 并结合工程地点河段的泥沙特性分析使用。

9.2.10 分析冲积河段动床阻力时, 应收集各个流量级的实测糙率资料或利用邻近河床形态、泥沙组成相似的河流实测糙率资料作类比, 用于计算。

9.2.11 悬移质泥沙级配曲线中床沙质和冲泻质, 可根据河床质级配曲线的粒径 d_{10} 划分或以级配曲线上定出床

沙质和冲泻质的组成百分数。

9.2.12 冲泻质的全沙多年平均沙量估算,可按资料情况选用下列方法:

- 1)利用水文站中水偏丰年份的实测流量—输沙率关系推求年沙量;
- 2)根据流域因素利用经验公式估算流域产沙量;
- 3)根据水库淤积量估算流域产沙量。当库容与上游径流来量相比不是很大时,应对部分泥沙可能通过水库下泄加以修正。

9.2.13 用经验公式确定水流挟沙能力时,应分析公式所依据的实测水力泥沙资料的范围、对设计河段实际水流特性的适用性,并应区别其在床沙质、冲泻质及全沙含沙量的应用范围。有条件时,可用当地实测水力泥沙资料验证所选用公式。

9.2.14 对于高含沙水流,应根据测站或现场调查访问确定其流态特点来分析其流动特征、输沙特性。

9.2.15 应从浑水异重流的形成和运动的水力条件方面通过原体观测、水工物理模型试验、数学模型,或几种途径结合分析其特性。

9.3 设计河段河床演变

9.3.1 河床演变分析应详尽搜集各种图集、航卫片、水文与气象年鉴、水力泥沙因子观测成果、流域查勘及地质报告、历史文献、有关河势的分析研究报告、水工构筑物设计运行基本资料等。

9.3.2 对观测资料与图集的代表性、可靠性应进行审查和考证分析,并对各种图集统一比尺,基面换算订正。

9.3.3 河床演变应从纵向变形和平面横向变形两个方面进行分析,同时应分别分析历史演变、近期演变以及人类活动的影响。

9.3.4 设计河段来水、来沙特性的多年和年变化分析可采用下列方法:根据多年平均流量与平均输沙率分析典型年的水沙组合特性,对测站同时段流量和含沙量过程线作对比分析,绘制年径流量与输沙量离均值和累积离均值逐年变化对照图,绘制水面流态图、流速与含沙量断面分布图、垂线平均流速与含沙量平面分布图、床沙代表粒径平面分布图、含沙量与流量关系线,并作一次洪水过程洪峰与沙峰的对对应分析。

9.3.5 设计河段的河道平面变化的分析,可根据历年河势图、水下地形图、航道图、横断面图或局部地形要素(如边滩、砂嘴等)套绘,并结合调查进行分析。

9.3.6 设计河段的河道纵向变化及冲淤量估算,可通过套绘历年河道深泓线或河床平均高程变化图,点绘测站历年水位流量关系图、历年同流量下水位过程线图、河床变形强度分布图(冲淤等值线图)、历年沿程断面冲淤变化过程等多种形式分析。

9.3.7 设计河段的河床边界组成特性的分析,应根据河道大断面图、河谷地貌图、地质剖面图、钻孔柱状图以及床沙平均粒径图等进行。

9.3.8 设计河段河床演变分析应运用多种方法比较,相互印证。根据工程设计要求、资料情况及河道特性采用下列方法:

- 1)对设计河段进行野外踏勘和调查;
- 2)利用多年新老水下地形图进行套绘对比;
- 3)利用航卫片遥感资料结合河流动力地貌特性分析判断;
- 4)利用条件相似河段的实测资料进行类比分析;
- 5)对河床冲淤变化进行各种分析计算;
- 6)进行河工模型试验。

9.3.9 河段内有实测水力泥沙观测资料时,应根据各种水力泥沙因子在空间和时间上的分布和变化进行水流泥沙运动特征分析。可通过勾绘历年河段水流动力轴线变化图,比降与流速变化过程图,水位与比降、流速图,比降、流速沿流程变化图,流速沿河宽分布图,水位—横比降关系图,环流分布图,泥沙特性(如悬沙挟沙能力、含沙量、底沙输沙率、底沙粒径、悬沙粒径等)沿流程和沿断面分布图,水力泥沙因子变化过程和沿流程变化综合比较图等进行。

9.3.10 设计河段的河床演变分析过程中,应对河道中已有的水工构筑物和天然障碍物进行实地调查,结合资料分析,估计其影响程度和范围。

9.3.11 分析河段的平均冲淤变化可进行河床纵向变形近似计算,计算时应处理好下列几个环节:计算年选择和时段划分、河段划分和典型断面确定、糙率的选定、输沙率或水流挟沙能力公式的选用、进口断面输沙和泥沙组成的确定、床沙粗化或细化的考虑、冲淤方式假定。

有条件时,可采用数学模型进行河床变形计算或河工模型试验。

对计算成果应结合实际资料进行多种途径比较,论证分析。

9.3.12 为确定在一定来水、来沙和河床边界条件下,冲积河流较长时期内河床的均衡形态,可采用河相关关系式,并结合本河流或条件类似河流上的实际资料进行验证。

9.3.13 河相关关系分析的造床流量可按河段平滩流量确定,其河段平滩水位可通过点绘不同高程的断面宽深比和水位关系的转折点来定。

9.3.14 为判明冲积河流河段泥沙运动强度,对河床稳定性作一般性评价时,可利用河床稳定性指标进行定性分析。

9.3.15 各种类型的河床演变分析应在天然河流类型共性变化的基础上,综合各方面资料具体分析特定类型河

流的演变特性。

9.3.16 进行山区河流的河床演变分析时,除一般特性外,应对山区河谷平面形态、纵剖面 and 流态特点(即卵石运动、泥石流爆发可能性)进行分析。

9.3.17 进行冲积平原河流的河床演变分析时,除一般特性外,应对顺直型、蜿蜒型(或弯曲型)、游荡型、分汊型等不同河型的河道分别分析其演变特点。在具体工程中,应分析来水来沙条件和河床边界条件发生变化后河型的可能转化。

9.3.18 潮汐河流的河床演变分析,可参见10.6节。

9.4 取排水口河床稳定性分析

9.4.1 取排水口河床稳定性分析工作内容为在设计河段河床演变特性全面分析的基础上进行局部河床变形分析。

9.4.2 位于取水条件不利的河流上取水构筑物位置选择应分析河流淤积的原因和影响范围、淤积强度变化,同时应考虑人类活动对淤积的影响。

9.4.3 弯道取水口位置应选在弯曲河段的凹岸顶冲点稍下游和河道主流深槽处,其稳定性应从河弯的成因、水流与河床相互作用的特点、河弯水流泥沙运动特点、河弯的形态特征、河弯演变过程及发展趋势等方面进行分析。

有条件时,可根据凸岸鬃岗地形的航测照片、该地区的植物群落和生态调查,分析河弯移动方向和不同时期的变化速度。

9.4.4 分汊河道取水口位置应选在较稳定发展的、或有整治措施保持稳定的汊道内,其稳定性应从汊道的成因、河床平面形态和入口段水流条件、汊道水流泥沙运动特性,汊道的演变过程及其发展趋势等方面进行分析。

9.4.5 邻近有浅滩的取水口位置选择,其稳定性应从浅滩的成因、浅滩上的水流泥沙运动和水深变化、浅滩演变过程的发展趋势等方面进行分析,并分析浅滩对取水口位置的影响程度。

9.4.6 山溪河流取水口位置应选在河流凹岸顶冲点下游处、河床稳定(如坚实基岩等)的凸岸起点处及河流的深潭处等河床稳定的主流区之内。其稳定性应从河道流态特点,推移质泥沙运动特性以及泥石流发生可能性等方面进行分析。同时应查明上下暗礁或水下石梁处的回流区范围。

当河流出峡谷后河床开阔,应分析泥沙淤积对取水的影响。

9.4.7 含沙量较多的河道中取水口位置应避开涡流区并分析取水口处含沙量垂线分布和泥沙粒径级配特性,还应分析泥沙及推移质运动的可能影响程度。

9.4.8 当取水河段河床变化较大,流态复杂,泥沙、漂浮物含量大,或整治措施较复杂时,取水口位置应通过模型试验确定。

9.4.9 顺直河段取水口位置选择,应通过多年主流线变化特性分析,选在主流近岸、河宽较狭、流速较大、河岸稳定的河段。

9.4.10 在两河汇合区段选择取水口位置时,应通过水力泥沙资料分析并结合实地查勘,避免在其泥沙淤积影响范围之内设置。

9.4.11 河道横断面冲淤变化,可通过现场踏勘、调查访问,套绘实测水下地形图(固定断面),点绘测站水位—流量关系图,点绘测站历年同流量下水位过程线图途径分析断面冲淤量、变化幅度及冲淤发展趋势。

9.4.12 河道人工构筑物对取水口局部河床演变的影响,应按其不同的形式与作用,可能出现的各种副流,从局部泥沙运动方向、冲淤状态及位置等综合分析副流的方向、强度及其各种可能影响。

9.4.13 城市建设对取水口局部河床演变的影响,可从土地利用、沿河施工及沿滩地利用的影响等方面进行分析。

9.4.14 取水构筑物位于常年蓄水水库下游时,应从下游河道的水流挟沙能力与水库下泄和支流汇入沙量的对比关系、水流的冲刷能力与河岸的抗冲性之间的对比关系等方面进行取水口河床冲淤变化特性的分析。

9.4.15 取水构筑物位于日调节水库下游时,可从高中水河槽变化和浅滩上水深的变化等方面分析河床冲淤变化特性。

9.4.16 排水口河床稳定性分析可参见9.3节和9.4节的有关内容。

9.5 河床冲刷

9.5.1 电力工程构筑物基础冲刷计算所用的设计水位、设计断面及河床质粒径等基本资料,应符合下列要求:

- 1)设计水位应考虑工程构筑物位于天然冲淤或回水变化河段的影响;
- 2)计算断面应取天然情况下工程构筑物处对冲刷不利的断面;
- 3)河床质粒径应取河床质组成的代表粒径。当粒径级配很不均匀时,应考虑河床粗化的影响。

9.5.2 冲刷分析计算所用设计流速应视采用的计算方法而具体选用,可通过下列途径确定:

- 1)有实测资料时,应根据测站断面垂线平均流速分布和工程构筑物河床断面特性,分析确定其设计流速;
- 2)无实测资料时,可根据设计洪峰流量、工程构筑物处河床断面、河床推移质粒径、临时实测断面流速分布或比照相邻河流实测断面流速分布资料修正等确定设计流速;
- 3)当工程构筑物设置于河滩时,应分析滩地特性;河流主泓摆动范围,并结合河段实际情况分析确定设计流速。

9.5.3 河岸自然冲刷特性应从成因、水流泥沙运动、河岸边界物质组成等方面进行分析,对于河床自然演变冲刷,应按其成因特点采用下列方法确定:

1)河流发育成长过程引起的冲刷变形如河源段下切等,可通过河流地貌调查或观测确定;

2)对于河段泥沙运动特征所引起的有规律的冲刷变形如边滩和沙洲的下移、河弯的发展等,应在设计断面上下游附近调查选择冲刷最严重的断面来考虑或通过观测、历史调查以及模型试验预估。

9.5.4 当只需进行河床变形极限状态估算时,可利用河相关系式大致估计冲刷极限下的河床形态。

9.5.5 工程构筑物设置于水库库区时,应分析库区水库回水变动区的消落冲刷和充水冲刷、风浪和滑坡引起的库岸坍塌等不同冲刷特性的影响。

9.5.6 对于水库清水冲刷下河道的终极平衡状态,应按下列不同条件分别考虑:

1)水库下游形成抗冲铺盖层时,河床最大的下切深度应按该处床沙组成中粗化粒径的含量来考虑;

2)在不能形成抗冲铺盖层的条件下,冲刷终止时新的平衡比降可以利用挟沙能力接近零的条件求得。对于调节能力较大的水库应按水流挟沙量计算每年冲刷量,对于调节能力较小的水库可粗略地按建库前多年平均床沙质沙量计算。

9.5.7 对于横跨河流、并埋设在床面以下的管线工程,不仅应考虑设计洪水位下河床普遍刷深,还应考虑集中水流在床面上刷出的深槽,可由经验公式估算,并结合现场调查确定。

10 滨海、潮汐河口水文计算

10.1 一般规定

10.1.1 滨海、潮汐河口水文分析计算内容包括:潮汐要素、波浪要素、海流、泥沙运动、岸滩演变、盐度、水温等项目,对潮汐河口尚包括潮流过程、盐水楔运动和冰坝壅水等项目。

10.1.2 滨海、潮汐河口工程水文分析计算,应以当地的水文实测资料为主要依据,并进行审查和合理性分析,必要时,可会同有关部门进行订正。

10.1.3 位于滨海、潮汐河口地区的电力工程岸滩稳定性分析年限,应考虑近期30年~50年。

10.2 潮位

10.2.1 滨海、潮汐河口电力工程设计的潮汐特征应为潮汐类型、特征潮位、潮差、涨落潮历时等特征值。其设计潮位应包括不同重现期的设计高、低潮位和设计潮位过程线。

高、低潮位的年频率统计分析应根据不少于连续20年的年最高、最低潮位系列进行计算,并应加入调查的历史特高(低)潮位。

10.2.2 对潮位系列的可靠性、代表性和一致性应进行审查。潮位原始资料在统一基面后,可从潮位特征值与天文周期的对应关系、潮位过程线的连续光滑程度、沿海岸各站资料的协调等方面进行合理性检查,如资料反常应查明原因。

对工程点附近海域应进行风暴潮年内发生时间、出现的频数、增减水幅度及其影响因素等的调查和统计。对风暴潮增减水显著的海域,必要时,应进行风暴潮增减水分离、组合计算或数值模拟推算。

应列出工程点当地基准面的换算关系。

10.2.3 不同重现期的年最高(低)潮位可采用第一型极值分布律进行计算。

$$h_p = \bar{h} \pm \lambda_{pn} S \quad (10.2.3-1)$$

$$\bar{h} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n h_i \quad (10.2.3-2)$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n h_i^2 - \bar{h}^2} \quad (10.2.3-3)$$

式中: h_p ——与频率 P 对应的高(低)潮位,式中高潮用正,低潮用负, m;

λ_{pn} ——与年频率 P 和资料年数 n 有关的系数,可查表得;

\bar{h} ——年最高(低)潮位的平均值, m;

h_i ——逐年最高(低)潮位值, m;

S ——均方差;

n ——资料年数。

按递减(对低潮按递增)次序排列系列中,第 m 项的经验频率 P 按下式计算:

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100\% \quad (10.2.3-4)$$

点绘经验频率点和理论曲线,检验其配合程度,若拟合不好,可变动 S 值重新定线,或采用其它线型作分析比较。

10.2.4 若在原有 n 年的验潮资料以外, 根据调查得出在历史上 N 年中出现过特高(低)潮位值, 则应改用下式计算:

$$h_p = \bar{h} \pm I_{p_n} S \quad (10.2.4-1)$$

$$\bar{h} = \frac{1}{N} \left(h_N + \frac{N-1}{n} \sum_{i=1}^n h_i \right) \quad (10.2.4-2)$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left(h_N^2 + \frac{N-1}{m} \sum_{i=1}^n h_i^2 \right) - \bar{h}^2} \quad (10.2.4-3)$$

式中: λ_{p_n} ——年数等于 N 时, 在第一型极值分布律的 λ_{p_n} 表中查出的系数;

h_N —— N 年中特高(低)潮位值, m;

N ——调查期。

其余符号同前。

特大值的经验频率

$$P = \frac{1}{N+1} \times 100\% \quad (10.2.4-4)$$

其它经验点仍采用式(10.2.3-4)计算。

10.2.5 对于潮位资料短缺的工程地区, 设计高、低潮位可采用“极值同步差比法”或“相关分析法”与附近有不少于连续20年资料的验潮站进行同步相关分析计算。在进行分析计算时, 两站之间应符合潮汐性质相似、地理位置邻近、受河流径流(包括汛期)的影响相似、受风暴潮增减水影响相似等条件。

对于无实测资料的工程点, 应选择符合上述条件的有长系列资料的验潮站作为参证站, 同时结合调查确定设计值, 并应建立短期潮位观测站, 至少积累一个月资料, 进行修正。

10.2.6 对设计潮位成果应通过潮波传播特性、风暴潮增减水幅度和历史最高(低)潮位比较等进行地区性合理性分析。

10.2.7 滨海、潮汐河口地区设计潮位过程线的拟定可根据选择原则和工程特点选用典型潮型法或频率计算法。

10.2.8 典型潮型法应选择具有一定的代表性、潮位与设计潮位相近、对发电厂取排水最不利情况, 并考虑其它特殊要求的典型潮型。

在确定设计潮位和潮差后, 用下列方法推求设计潮位过程线:

1)从实测资料中选取一段具有接近该潮位和潮差的潮位过程线进行缩放, 求得设计潮位过程线;

2)从实测资料中找出若干段符合该潮位和潮差的潮位过程线, 求出其特征值(如高潮位、低潮位、历时等)的平均值, 然后根据这些平均特征值在各段潮位过程线中选出最有代表性的一段作为设计潮位过程线。

10.2.9 频率计算法应将潮差和高潮位(或低潮位)等潮型要素分别作频率计算, 从而求得设计潮差和高潮位。对于正规半日潮, 总历时应为12h25min, 根据设计潮差和高潮位绘出设计潮位过程线。

10.2.10 潮位资料短缺时, 可将参证站的潮位过程线移用于工程地点, 但应进行比测验证和必要的修正。如工程地点属于正规半日潮海域, 可根据半日潮型的对称特性, 按设计潮位和潮差确定设计潮位过程线。

10.3 波浪

10.3.1 电力工程波浪的设计标准包括设计波浪的重现期(50年、20年等)、设计波浪的波列累积频率(1%、4%、5%及13%等)。对于不同的设计项目, 应采用不同的设计波浪标准。

10.3.2 当工程点所在位置或其附近有较长期的波浪实测资料时, 可用分方向的波高(某一累积频率的波高)年最大值系列进行频率分析, 以确定不同重现期的设计波高。

必要时, 应利用历史天气图对当地历史上大的台风和个别年份缺测大浪的情况进行波浪要素的推算, 以延长、插补实测波浪系列。

10.3.3 与某一重现期的设计波高相对应的波浪周期可按下列方法计算:

1)当地的波浪主要为风浪时, 可按风浪要素计算图直接查出与该设计波高相对应的平均周期;

2)当地的波浪主要为涌浪或混合浪时, 可对与波高最大值相对应的平均周期所组成的系列进行频率分析, 确定与设计波高同一重现期的平均周期。

利用上述两种方法计算时, 还应结合调查情况和类似地区的经验进行对比分析, 以确定合理的数值。

10.3.4 采用工程点附近观测台、站的波浪资料时, 应分析地形和水深的影响, 以及分方向检验资料的适用程度; 在地形不十分复杂时, 可对观测点某一重现期的波浪, 进行浅水折射分析, 以得出工程点所在水深同一重现期的波浪要素。

10.3.5 在进行波高或周期的频率分析时, 连续测波资料的年数不宜少于15年。波浪玫瑰图的绘制应具有1年~3年的测波资料, 波浪玫瑰图也可根据需要, 分别按月或季绘制。

确定某一主波向在不同重现期的设计波要素时, 年最大波高及其对应周期的数据, 可在该方向左右各一个方位的范围内选取。若需每隔 45° 的方位角均进行统计时, 可对每一波向均只归并相邻一个方位内的数据。

10.3.6 波高和周期的理论频率曲线, 可采用皮尔逊III型曲线。

10.3.7 若在原有 n 年的波浪资料以外, 根据计算或调查得出在历史上 N 年中出现过特大值, 则其统计参数的计算可参照一般特大值处理公式。

10.3.8 工程点所在位置及其附近均无较长期的测波资料时, 可按下列方法进行设计波浪要素计算:

1) 工程点至对岸距离小于100km时, 可按其对岸距离和某一重现期的风速值查算风浪要素计算图表, 确定该重现期的波浪要素;

2) 工程点至对岸距离大于100km时, 可在历史天气图上选择各方向每年最不利的天气过程, 利用风浪要素计算图表查算波浪要素年最大值, 进行频率分析计算。

利用气象资料计算设计波浪要素时, 应根据具体情况选择有关计算方法, 或利用多种方法推算, 并结合短期测波资料(不宜少于1年)的经验频率分析成果, 加以验证选用。

10.3.9 在利用气象资料计算设计波要素时, 应采用船舶及岸上台站的测风资料, 并从观测方法的特点、天气形势以及各观测资料间的协调性等方面对测风资料进行检验。当用船舶测风资料时, 可不作风速订正。当用岸站测风资料时, 应根据风浪计算方法要求分析选用, 并将观测风速订正到海面上10m高度处的2min平均风速。

风浪计算的水深应采用某一标准设计潮位下的水深。

当风区内的水域深度大致均匀, 无明显的逐渐变浅或变深的趋势时, 可取其平均水深来计算风浪要素; 当风区内的水深沿风向变化较大时, 应将水域分段来计算风浪要素(水域的分段止于海岸附近某一水深处, 此水深即为折射起始水深)。

风区上、下沿之间的距离为风区长度。如计算点位于风区以内, 则自计算点逆向量至风区上沿的距离为其风区长度。当影响的风场范围较大时, 可同时划出一个以上的风区。

10.3.10 受外海风浪影响的工程点, 应进行台风浪和涌浪的推算。

台风浪的计算可根据台风的气压场模式推求风场要素, 再利用国内外台风区内波浪推算方法进行。

涌浪要素可根据风浪的累积频率为4%时的波高、平均周期、最小风区、传播距离以及传播角, 查算涌浪要素计算图来确定。

10.3.11 对于不超过20km的小风区, 可不考虑风时和水深的影响, 风浪要素可按小风区风浪要素计算图确定。

江、河、湖泊及水库的风浪可按小风区算法或其它国内外风浪推算方法计算, 并加以验证。

10.3.12 对于不少于一整年的短期测波资料可用全部观测次数不分方向的某一累积频率波高, 进行经验频率分析。将波高以均匀坐标表示, 大于或等于某波高的经验频率以对数坐标表示, 频率曲线可近似直线外延。其频率转换可按式计算:

$$P_b = \frac{a}{b} P_a \quad (10.3.12)$$

式中: P_a ——观测 a 年中最大值的频率;

P_b ——重现期为 b 年一遇的频率;

a 、 b ——分别为观测系列年限和设计重现期。

当地大浪主要为涌浪或混合浪时, 可对平均周期参照10.3.3条2)款方法进行频率分析, 当地大浪主要为风浪时, 可参照10.3.3条1)款方法计算。

10.3.13 波浪周期应采用平均周期, 波长可按下式计算:

$$l = \frac{g \bar{T}^2}{2p} \tanh \frac{2pd}{l} \quad (10.3.13)$$

式中: \bar{T} ——平均周期, S;

λ ——波长, m;

g ——重力加速度, m/s²;

d ——水深, m。

当 $d \geq \frac{l}{2}$ 时, $\tanh \frac{2pd}{l} \approx 1.0$, 称为深水波(λ_0)。

浅水波长按浅水波高、波速和波长与相对水深关系表查算。

10.3.14 当两系列的波浪(如风浪和涌浪或涌浪和涌浪等)相遇时形成混合浪, 其波高可按下式近似计算:

$$H = \sqrt{H_1^2 + H_2^2} \quad (10.13.14)$$

式中: H ——混合浪波高, m;

H_1 、 H_2 ——分别为两系列波浪的波高, m。

10.3.15 海岸附近的波浪要素, 应按不同的波向、周期、水位作浅水变形分析计算。

绘制波浪折射图进行近似计算时, 可根据计算起始水深离岸远近, 分别采用不同比例尺的地形图。不同比例尺的折射图应相互衔接, 其同一位置的波向线应一致。

10.3.16 当波浪于浅水中发生破碎时, 某一水深处的极限波高可根据水深与波长的比值和由水底坡度查算的破碎波高与破碎水深的比值图确定。当工程点处推算的波高大于浅水极限波高时, 设计波高应按极限波高采用。

10.4 近 岸 海 流

10.4.1 电力工程中码头位置选择、岸滩冲淤分析以及水工取排水口的布置均应考虑当地的海流状况。

10.4.2 对近岸海流应分析其基本特性。近岸海流特征值应根据现场实测资料经整理分析后确定, 水工建筑物建造以后的海流状况, 根据工程需要可用模型试验或数学模拟方法进行预测。在实测资料不足的情况下, 风海流分量可按经验公式估算。

10.4.3 大、中、小潮期间潮流平均最大流速和近岸海流最大可能流速及其它海流特征值可按有关公式计算, 或近似地采用不同潮型的实测最大值。

10.4.4 海流观测工作应与风速、风向、潮位、波浪、含沙量、水温及盐度等观测工作密切配合, 必要时, 应进行同步观测。

海流观测区域的大小、观测的方法和时间应根据工程的要求、当地的水文气象状况和地形条件等确定。观测区域应在拟建工程及其邻近位置。观测日期必须符合良好天文日期的选择。

10.4.5 在近岸海区, 为了较好地分离出潮流, 应在风浪较小的状况下进行海流观测工作。当分析风海流、波浪等其它类型的海流时, 应在不同季节和不同气象状况下进行观测工作。

10.4.6 在潮流比较显著的近岸海区, 海流观测资料的整理分析可采用下列方法:

- 1) 直接对实测资料进行整理分析;
- 2) 潮汐—潮流比较法(适用于半日潮海流区);
- 3) 一次或多次周日观测的准调和分析方法。

10.4.7 海岸带余流的分离可通过矢量法或算法进行。

10.5 潮汐河口水文计算

10.5.1 潮位和波浪分析计算可参照10.2节和10.3节有关内容。潮位资料的审查和设计潮位成果还应进行河段各站沿程变化的合理性分析。

若潮位资料受挡潮闸影响, 应予还原, 使潮位系列前后统一。

10.5.2 潮汐河口的水力计算和河床变形计算, 应按工程求解问题的设计要求、工程所在潮汐区段特点分别确定初始条件和边界条件, 合理选定计算参数。对潮波运动的基本方程组和输沙平衡方程可采用不恒定流差分法、特征线法及有限元法等, 通过电算数值计算得出不恒定流水力要素随流程和时间的变化以及河口地形的变化。

10.5.3 对于潮汐河口的不同区段, 应分析其径流和潮流双向水流的不同消长作用。

10.5.4 潮汐河口段应从不同潮、风、浪、流以及上游径流变化分析盐水楔的进退变化规律和对水体含盐度的影响。必要时, 应布置测点进行垂向和平面的监测。

10.5.5 河口区的径流分析应在洪水期和枯水期分别进行观测工作。对潮流观测资料的分析, 可采用下列方法:

- 1) 直接用实测资料整理分析;
- 2) 在潮波变形不显著的河段内, 可利用准调和分析方法。

10.5.6 对河口段的潮流和风海流的分析, 可参照10.4有关内容。

10.6 泥沙和岸滩演变

10.6.1 电力工程岸滩稳定性应按工程布置、岸滩泥沙运动特点及水文泥沙资料情况, 采用调查访问、现场冲淤观测试验、海洋水文泥沙观测、遥感技术应用、水下地形测量、理论分析与计算、海岸与河口动床模型试验等途径, 并参照河床演变的有关分析方法进行多种途径综合分析比较。岸滩稳定性分析年限应考虑近期30年~50年。

10.6.2 河口和海岸岸滩冲淤分析应具有下列基本资料: 气象、海洋和河口水文、地形和地貌、地质、泥沙特性等。

10.6.3 对岸滩冲淤变化趋势的预测, 应在分析区域泥沙来源, 岸段泥沙特性, 岸段波浪破碎区以内的沿岸流输沙和输沙动力因素强弱对比、余流大小和方向, 纵向和横向泥沙运移的形式、速度和数量大小等的基础上进行。同时, 应分析邻近现有的和规划的水工和港工建筑物对本岸段岸滩演变的输沙影响。

10.6.4 工程岸段沿岸流输沙方向、输沙率的沿程变化以及沿岸输沙带宽度随时间的变化, 可从下列几个方面进行分析:

- 1) 由新老地形图和海图的低潮岸线涨退、沿岸的地形演变、海堤走向和位置的变迁等分析泥沙运移方向和岸线冲淤变化速率;
- 2) 从邻近现有水工和港工建筑物的拦沙和进港航道的淤积情况, 对比分析沿岸输沙方向和输沙量大小;

3)由河口和潮汐口门(如泻湖通道)的岸滩形态变化、口门处深槽的演变等来判断沿岸输沙方向;

4)分析海岸侵蚀和堆积的动力地貌形态特征、沿岸组成物质的粒径变化以及重矿物分布特征,来判断泥沙来源和运移方向;

5)绘制波浪折射图,用波浪能量的沿岸分量计算沿岸输沙率;从波浪破碎前的波向与岸线的交角,来判断沿岸泥沙运动的方向;

6)从海岸滩地泥沙粒径和矿物组成的沿岸变化、河流泥沙的粒径和矿物组成,来推论泥沙来源及输移方向;

7)根据海洋水文测验、波浪观测以及示踪沙测验的成果资料,来估计沿岸输沙量和输沙方向。

10.6.5 淤泥质海岸的岸滩演变分析。应从泥沙来源、潮流和波浪的水动力特征、泥沙输移、近岸波浪破碎带范围、海岸地貌特征、余流大小和方向、海水絮凝作用、含沙量变化、浮泥异重流运行状况、邻近水工和港工建筑物对本岸段的影响等方面,来分析潮间带潮滩和潮下带的泥沙运移特点、潮滩和潮下带冲淤变化总趋势。

10.6.6 沙质海岸的岸滩演变分析。应从泥沙补给来源、波浪特征、潮流和余流的大小方向、输沙的主导因素、岸滩动力地貌特征、近岸波浪破碎带范围、沿岸漂砂强度与范围、岸滩季节性冲淤变化、含沙量变化、邻近水工和港工建筑物对本岸段的影响等方面,来分析岸滩悬移质泥沙和推移质泥沙的运行特点、岸滩冲淤变化总趋势。

10.6.7 潮汐河口的泥沙运行特点应从泥沙的物理特性和矿物组成、上游江河来沙与输沙动力条件关系、外海来沙影响因素、盐水楔入侵及其细粒悬沙的絮凝影响、近底层浮泥运动强度、河口区高含沙量最大浑浊带的变动范围、人类活动影响等方面进行分析。

10.6.8 潮汐河口的河床演变应从其水流和泥沙运动特性、潮汐和波浪的强弱、不同河口类型的发育特点以及工程措施影响等方面进行分析。

10.6.9 潮汐河口的拦门沙演变应从河口平面外形边界条件、来水和来沙条件、沿岸流、风浪特性以及盐淡水混合对其形成的影响等方面进行分析。

10.7 淤 积 分 析

10.7.1 在滨海地区和潮汐河口选设电力工程取水构筑物、码头,应进行下列两方面的岸滩淤积分析:

1)工程岸段的岸滩自然淤积范围、强度及变化趋势;

2)邻近岸段已建或规划的人工建筑物对本岸段淤积特性的影响,并预测淤积变化趋势。

10.7.2 对海岸主要的淤积体型式如浅滩、沙嘴、陆连岛,沿岸沙坝及其围隔的泻湖等,可从岸线地形发生的变化、沿岸输沙障碍物影响、水流扩散、波浪的折射和绕射降低输沙能力等方面判明输沙条件的变化,从而分析沿岸泥沙的动态。

10.7.3 对岸线的沿岸输沙障碍物,应分析平行岸线的岛屿、深入海中的岬角、天然潮(港)汉等天然输沙障碍物,以及离岸堤、突堤、排水口、人工挖槽等人工输沙障碍物的情况。在选设取水构筑物时,应分析在障碍物上下游岸滩的冲淤变化。

10.7.4 在滨海区设置取水构筑物时,宜选在岸滩基本稳定、泥沙来源少、沿岸泥沙流弱和深水线靠近岸边的岸段,不应选在两股泥沙流相汇的岸段。

10.7.5 对泥沙流较强的一般海湾,取水构筑物宜设置在湾口岬角的岸段,不宜选在湾顶岸段。对于狭长海湾,取水构筑物设置在海湾断面束窄并靠近深水的岸段。

10.7.6 对于有岛屿掩护的海岸,若岛屿与海岸之间有强海流通过且该海域泥沙粒径细小,宜选设取水构筑物。

10.7.7 在淤泥质海岸与岛式防波堤之间选设取水构筑物时,应分析其间的海流和泥沙运动特性。在沙质海岸与岛式防波堤之间选设时,应分析其间的沿岸流特性和其间有无足够的安全距离。

10.7.8 对潮汐河口淤积体型式的边滩、心滩、江心洲、浅滩、沙嘴等,应分析其不同成因特性对取水构筑物选设位置的影响。

10.7.9 在潮汐河口选设取水构筑物时,宜设置在过水断面较狭窄的顺直河段或稳定的弯曲河段凹岸,对于分汊河段应设置在处于长期稳定或发展阶段的汊道内,必要时,应采取整治措施以固定流量分配和稳定河床。不宜设置在河口拦门沙附近或周期性强烈移动的浅滩河段。

10.7.10 对潮汐河口近底层的泥沙运动,应从泥沙特性、河口咸淡水混合程度、波浪大小、传播方向及其随潮流变化等方面分析底层泥沙落淤特点及其对取水影响,并应分析集中淤积区位置的差异。

10.7.11 在多沙的潮汐河口外,取水构筑物应设置在泥沙出河口后沿岸主要泥沙流的上游一侧。

10.7.12 在潮汐河口上游修建水库,应分析改变径流过程和增减径流量,导致咸淡水混合型式改变或汛期冲刷作用消失对下游取水河段淤积和水质的影响。

10.7.13 在挡潮闸下游取水时,应分析闸下淤积对下游取水河段过水能力和河底高程的影响。

10.7.14 在潮汐河口选设取水构筑物时,对邻近水域的疏浚工程应分析随着水深加大,盐水楔上溯距离增加,拦门沙淤积部位随之上移对取水河段淤积和水质的影响。

10.7.15 在潮汐河口区进行河道束窄整治时,应分析束窄河段上下游对取水河段的淤积影响。

11 工 程 气 象

11.1 一 般 规 定

11.1.1 电力工程的设计气象条件所依据的气象资料应进行可靠性、一致性和代表性分析。气象资料的一致性可通过要素逐年变化图、多站差值或比值序列的比较、多站距平序列的比较以及相关图等方法审查。气象台(站)对工程地点的代表性应分析动力条件相似与热力条件相似,当工程点附近气象台(站)的气象要素资料具有代表性时,可直接移用。

11.1.2 当工程点气象台(站)资料短缺,可选用邻近地区有较大相似性的长期资料站通过差值订正法、比值订正法及回归方程等途径进行订正。

11.1.3 工程点在沿江、沿海或地形条件复杂的地区时,附近气象台(站)的资料代表性不够时,应设临时站进行短期对比观测或根据经验关系修正作为工程设计值。

11.1.4 工程点无资料时,可利用邻近气象台(站)资料,结合地形对气候影响的规律来推算设计气象特征值,如果该地有其它要素观测而缺所需要素资料,则可利用要素间关系来推求该气象要素,或利用某些自然景观现象,结合野外调查来作估计。

11.1.5 设计气象要素特征值应进行多方面成果合理性分析与检查,同时应考虑工程点附近可能引起个别气象要素异常变化的人类活动影响,并通过各种途径加以修正。

11.1.6 气象要素累积频率曲线的绘制可按递减排列用逐点统计法点绘。

11.2 气温、湿球温度

11.2.1 冷却塔热力计算的设计气象条件,应根据最近连续不少于五年夏季最炎热时期(三个月计)的日平均湿球温度资料统计,点绘累积频率曲线,求得频率为10%的湿球温度,以此查找一组或数组相应的干球温度、相对湿度、风速及气压等组合值。

11.2.2 当具有20年以上气温资料时,可直接进行冷却塔结构设计的30年一遇年最低气温的频率计算。对于历年最大风速出现在最冷季节(12月~2月)的地区,与设计最低气温值相应的最大风速可从累年实测最低气温出现日期中挑选其相应的10min平均最大风速。

11.2.3 气温资料不足20年时,可采用相关法或差值法将资料系列展延后再进行频率计算。

11.3 风速、风向

11.3.1 全年、夏季及冬季的风向风速玫瑰图应根据气象台(站)近期10年以上的风向风速资料统计来绘制,少于10年资料时,可按实有资料进行统计,并加注明绘制。

11.3.2 工程点主导风向应按工程地点风向,年、季、日的变化特性,地形影响等不同风向变化的类型选用下列方法进行统计确定:

1)对于风向季节变化型和双主导风向型地区,应以绘制冬季和夏季的分季风向玫瑰图为主,而以全年风向玫瑰图作为参考。

2)对于主导风向型地区,可绘制全年风向玫瑰图。

3)对于无主导风向型地区,应统计其年平均合成风向表示。

11.3.3 对风速整日变化和年变化很大的地区或滨海地区进行强风向分析时,应统计指定时段各风向各级风速出现的频率,绘制各风向各级风速频率玫瑰图。

11.3.4 电力工程设计最大风速标准,应采用当地比较空旷平坦地面上离地10m高,统计所得的30年一遇自记10min平均最大风速。

当风速资料不符合最大风速统计标准时,应进行次数、时距和风仪高度的订正。

11.3.5 年最大风速资料系列的代表性应从当地风的成因、历史最大风速的调查和考证分析,以及与长期站大风资料比较等方面进行分析。

11.3.6 当气象台(站)有20年以上的统一标准的年最大风速资料时,可直接通过频率计算推求设计最大风速。

11.3.7 当年最大风速资料短缺时,可通过下列途径推算设计最大风速:

1)通过本站或合并相似台站的定时2min平均最大风速与自记10min平均最大风速的相关,或两站10min平均最大风速相关,展延年最大风速系列。其参证站选择应主要考虑两站之间的动力条件相似和天气条件相似;

2)通过历史大风调查,增加短期资料系列的代表性;

3)根据附近地区已有规定的基本风压值进行对比分析。

11.3.8 当地没有最大风速资料时,在动力特性、天气特性和大风成因调查基础上,通过下列途径推算:

1)进行历史大风调查,并与邻近地区已有的基本风压值对照分析、修正;

2)参照全国或地区的基本风压分布图内插查图,对地形和气象条件进行分析,并与周围风压值作合理性比较进行修正确定;

3)有条件时,在当地大风季节($v \geq 10\text{m/s}$)进行短期观测,与长期站同步资料点绘风向点聚图,通过风向与两站风速比值关系将长期站设计风速值修正后移用。

11.3.9 对于历年最大风速出现在最冷季节(12月~2月)的地区,与50年一遇设计最大风速相应的低气温可从累年实测10min平均最大风速出现日期中挑选其相应的较低气温。

11.3.10 当工程地点与气象台(站)两地的地貌、地形不相同时,应考虑局部地区地貌、地形不同的影响,对设计风速修正使用。

地形复杂的山区确定基本风压时,应借助邻近气象站的资料,结合实地调查与分析,利用同类地形条件下的风速比值,有条件时也可作必要的对比观测,求出当地与气象站风速间的相关关系,并辅以历史风灾情况实

录, 综合分析得出当地的基本风压值。在一般情况下, 可按相邻地区的基本风压值进行经验修正采用。

11.3.11 对沿海海面和海岛的基本风压, 当缺乏实测资料时, 可通过经验修正短期值或对比观测使用。

11.3.12 根据单站计算的设计最大风速成果应与该地区风压等值线图或“全国基本风压图”对照, 与邻近历史最大风速比较, 或周围站设计最大风速成果及统计参数比较, 如出入较大, 应深入调查, 判明原因, 通过多方面合理性分析确定取值。

11.4 蒸 发

11.4.1 发电厂水源分析计算用的水面蒸发量应选资料系列在10年以上, 观测精度较高, 并具有一定代表性测站的资料, 根据设计要求, 计算多年平均年、月蒸发量或典型年、月蒸发量。

11.4.2 如工程地点附近有大于或等于10m²大型蒸发池的观测资料时, 可直接采用计算, 当两地的自然地理条件有较大差异时, 可通过有关气象因素的对比分析, 对成果加以修正。

11.4.3 如工程地点附近仅有一般常用的蒸发皿观测资料时, 应经折算系数修正后再用于计算。其折算系数应按蒸发皿的大小、结构、形状、安装方式, 以及所处的地理位置等选用。

11.4.4 如工程地点附近有漂浮筏蒸发器的观测资料时, 在了解漂浮筏结构、安装方式、观测方法的基础上, 经分析, 表明其资料具有一定精度时, 可直接用于计算。

11.4.5 工程地点蒸发资料短缺时, 可通过间接途径利用地区的蒸发量经验公式或等值线图估算水面蒸发量, 但应分析经验公式的适用条件、绘制蒸发等值线图的数据依据和水面蒸发量的折算方法。必要时, 应设站观测, 对采用成果值进行检验。年内各月蒸发量的分配, 可参照邻近代表站的分配比例推算。

11.4.6 利用冷却池(如水库、湖泊或天然河道)进行二次循环供水的发电厂, 水面的综合散热系数应根据工程所在地区的热水面实测资料确定, 当缺乏实测资料时, 计算水面蒸发系数和散热系数可采用下列全国通用公式:

$$a = [19.6 + 12.5u_w^2 + 1.6(\Delta T_v)]^{1/2} \quad (11.4.6-1)$$

$$\Delta T_v = T_{sv} - T_{av} \quad (11.4.6-2)$$

式中: α ——水面蒸发系数, $W \cdot m^{-2} \cdot hPa^{-1}$ ($1mm \cdot d^{-1} \cdot hPa^{-1} = 28.24 W \cdot m^{-2} \cdot hPa^{-1}$);

v_w ——水面1.5m处的风速, m/s;

ΔT_v ——虚温差, °C;

T_{sv} ——水面虚温, °C;

T_{av} ——水面1.5m处的虚温, °C。

$$K = (b + k) \epsilon s (T_s + 273)^2 + (80/a)(1 + km)(b \Delta T + \Delta p) \quad (11.4.6-3)$$

$$b = (p/0.632)(C_p/L) \quad (11.4.6-4)$$

$$L = 2500 - 2.39T_s \quad (11.4.6-5)$$

$$k = dp_s/dT_s \quad (11.4.6-6)$$

$$\Delta T = T_s - T_a \quad (11.4.6-7)$$

$$\Delta p = p_s - p_a \quad (11.4.6-8)$$

式中: K ——散热系数, $W \cdot m^{-2} \cdot ^\circ C^{-1}$;

b ——鲍恩比系数;

p ——大气压, hPa;

C_p ——空气定压比热, 取 $C_p = 1.005$, J/(g · °C);

L ——水的蒸发潜热, J/g;

T_s ——水面温度, °C;

k ——对应于水面温度的水面饱和水汽压(p_s)—水面温度(T_s)曲线的斜率;

α ——水面蒸发系数, $W \cdot m^{-2} \cdot hPa^{-1}$;

ϵ ——水面长波辐射系数, 取 $\epsilon = 0.97$;

σ ——斯梯芬—波兹曼常数, 取 $\sigma = 5.6 \times 10^{-8}$, $W \cdot m^{-2} \cdot ^\circ C^{-1}$;

$m = (0.378/p)(T_s + 273)$, 可近似取常数, $m = 1.1$;

ΔT ——温差, °C;

T_a ——水面1.5m处的气温, °C;

Δp ——水汽压差, hPa;

p_s ——对应于水面温度的水面饱和水汽压, hPa。

p_a ——水面1.5m处的水汽压, hPa。

11.4.7 库区陆面蒸发量可按下列方法推求:

1)若坝址以上流域面积不很大,或者坝址以上全流域产流特性相近,可将流域陆面蒸发量直接作为库区陆面蒸发量。

2)若坝址以上流域面积很大,或者坝址以上各区特性不一样,可移用靠近库区、且特性类似的小河站的流域陆面蒸发量。

3)若全流域有多年平均降雨量和径流深等值线图,亦可在等值线图上分别查得水库区的多年平均降雨量和径流深,求得其差值即为多年平均库区陆面蒸发量。

11.5 水 温

11.5.1 电力工程设计水温应按发电厂供水系统类型的不同分别统计下列水温特征值:最近5年水温最高3个月频率为10%的日平均水温、多年平均的年最热月月平均自然水温,多年平均的年最热连续15天平均自然水温,以及累年逐月水温平均、最高和最低值。

11.5.2 当测站水温观测系列在5年以上时,可直接统计有关特征值。水温系列不足5年时,可按不同水体特征建立测站水温与气温等不同影响因素相关,或与邻近站的水温建立相关进行插补延长。当测站无日平均水温资料时,应设站进行短期逐时观测、修正。

11.5.3 当工程地点无水温资料时,应设站进行1年以上的水温观测,并同时观测有关的辅助气象项目。

11.5.4 循环供水设计中频率为10%的日平均水温,应根据最近5年最热时期(3个月)的日平均水温资料用逐点统计法点绘水温累积频率曲线来求得。

11.5.5 水温的空间分布应分析自然水温在取水口附近和水域热影响范围内的平面和垂向分布的变化规律。对于潮汐河口和滨海岸段尚应考虑不同潮型风、浪、流对水温的影响。

9.5.6 对建库后的水温可选择自然地理条件和水库特性与本水库相似的已建水库的水温观测资料,进行类比分析,预估水库设计水温分布和各种特征值。

9.5.7 当水温测站离取水口断面较远,或利用其它水域的水温资料时,应在取水口设站作短期同步对比观测,求出取水口水温与参证站水温的相关关系。

附 录 A(提示的附录)

有关电力工程水文的设计标准

A.1 水 文 资 料

A.1.1 河流

A.1.1.1 水位。

1)厂区、码头、取水建筑物、泵房荷载组合、山谷或岸滩灰场、灰管线或水管线设计,选用频率为0.1%、0.2%、1%、2%、5%和10%时的年最高洪水位;

2)选用频率为1%、2%时的年最高内涝水位或历史最高内涝水位;

3)频率为5%、10%的施工期洪水位;

4)相应设计频率洪水位过程线;

5)设计典型年水位过程线,可取丰水年频率为2%~10%,平水年频率为50%及枯水年频率为97%,或按工程设计要求定;

6)取水建筑物、泵房荷载组合设计,频率为97%和99%时的年最低水位;

7)多年平均年最高、最低及平均水位,累年逐月值;

8)设计典型年水位历时曲线;

9)最热季(一般以3个月计)频率为97%和99%时的最低水位。

A.1.1.2 流量和径流量。

1)选用频率为1%、2%、5%和10%时的年或月最大洪水流量;

2)相应设计频率洪水流量过程线;

3)频率为5%、10%的施工期洪水流量;

4)取水建筑物设计频率为97%及99%时的年最小流量;

5)取水建筑物运行经济效益分析选用最热季(一般以3个月计)频率为97%和99%时的最小流量;

6)多年平均年最大、最小和平均流量,累年逐月值;

7)多年平均年径流和累年逐月值;

8)设计典型年径流分配;

9)设计典型年流量过程线或流量历时曲线。

A.1.1.3 流速。

1)累年实测断面和垂线的最大、最小和平均流速;

2)累年实测断面和垂线的流速分布;

3)设计断面和垂线的设计频率最大流速(常用频率为1%、2%);

4)流冰期断面和垂线最大流速,流冰的最大流速和流向。

A.1.1.4 含沙量及其它泥沙特征值。

1)多年平均年最大、最小和平均含沙量、输沙率,累年逐月值;

2)多年平均年最大、最小和平均输沙量;

3)设计典型年含沙量过程线及实测最大一次沙峰过程线;

4)累年实测断面和垂线的最大、最小和平均含沙量分布;

5)悬沙、底沙和推移质粒径级配曲线,淤泥的容重;

6)岸滩最大和一般冲淤变化强度。

A.1.1.5 水温。

1)累年逐月最高、最低和平均水温;多年平均年最高、最低和平均水温;

2)多年极端最高、极端最低水温;

3)近期5年水温最高时期(以3个月计)频率为10%的平均水温;

4)多年平均的年最炎热连续15天日平均水温;

5)累年实测断面和垂线的最高、最低和平均水温分布。

A.1.1.6 冰情。

1)结冰期、封冻期和流冰期的平均开始和终止日期、持续天数;

2)流冰的最大尺寸;

3)封冻期的最大冰厚和宽度、冰花厚度。

A.1.2 水库(湖泊参照此)

1)在水库内取水时,按频率为97%或99%时的枯水年进行径流调节计算,确定设计库容和最低库水位;

2)在水库下游取水时,按频率为97%或99%时的枯水年进行径流调节计算,确定设计最小调节流量;

当有充分论证时,上述枯水频率标准可作适当提高或降低。

3)多年平均最高、最低和平均水库蓄水位,累年逐月值;

4)设计典型年水库蓄水位过程线;

5)频率为0.1%、1%时的年最高库水位;

6)其它可参照A.1.1的有关项目。

A.1.3 滨海及潮汐河口

A.1.3.1 潮位。

1)厂区、码头、取水建筑物、水泵房荷载组合、海滩灰场、灰管线及水管道设计,选用频率为0.1%、1%、2%和5%时的年最高潮位;

2)频率为5%、10%时的施工期高潮位;

3)设计频率潮位过程线;

4)多年平均年最高、最低和平均潮位,累年逐月值;

5)涨潮和落潮最大和平均潮差;

6)涨落潮平均历时;

7)取水建筑物、泵房荷载组合设计,频率为97%和99%时的年最低潮位;

8)设计典型年高潮位历时曲线;

9)最热季(以3个月计)频率为97%和99%时的最低潮位;

10)风暴潮影响的最大和一般的增水和减水幅度;

11)设计典型大中小潮位过程线。

A.1.3.2 潮流量和潮量。

1)不同潮型实测潮流量过程线;

2)设计频率潮流量过程线;

3)实测不同潮型涨潮与落潮的最大和平均潮流量;

4)实测不同潮型涨潮与落潮的潮量。

A.1.3.3 潮流。

1)实测不同潮型涨落潮最大和平均潮流速、沿断面和垂线的分布和流向;

2)流冰期最大潮流速;

3)实测不同潮型的全潮流速过程线。

A.1.3.4 含沙量及其它泥沙特征值。

1)实测不同潮型及风浪天涨潮与落潮的最大、最小和平均含沙量;

2)实测不同潮型相应潮流过程线的含沙量过程线;

3)实测不同潮型及风浪天涨落潮最大和平均含沙量的断面和垂线分布;

4)实测不同潮型涨落潮及全潮平均输沙率和输沙量;

5)实测不同潮型涨落潮期悬沙、底沙和推移质粒径级配曲线、浮泥运动情况;

6)岸滩最大和一般冲淤变化强度。

A.1.3.5 含盐度。实测不同季节、潮型、涨落潮最大、最小和平均含盐度。

A.1.3.6 波浪

1)频率为2%的波列累积频率为1%的波高(相应频率为1%的年最高潮位);

2)实测各向最大和平均波高、波长及周期;

3)选用设计波向, 频率为1%、2%和5%的不同波列累积频率的波高、波长及周期(相应潮位按设计要求选用);

4)最大和平均波高玫瑰图;

5)实测累年各月最大波高、波向、波长及周期。

A.1.3.7 海水水温。

1)多年平均年最高、最低和平均水温, 累年逐月值;

2)多年极端最高、极端最低水温;

3)最近5年水温最高季(以3个月计)频率为10%时的日平均水温;

4)不同潮型涨落潮时平面和垂线最高、最低和平均水温分布。

A.1.3.8 冰情。

1)结冰期和流冰期的平均开始和终止日期、持续天数;

2)流冰的最大尺寸、流向和最大流速;

3)结冰期的最大冰厚和宽度、冰花厚度。

A.1.4 地下水水文计算

A.1.4.1 山间盆地地下水资源量水文计算。

1)地下水溢出量(河川基流量): ①评价区累年逐月平均流量, 最小月、旬平均流量; ②评价区多年平均、设计枯水年组平均溢出量和 $P=75\%$ 、 90% 、 97% 年份最小年、月、旬平均溢出量。

2)地下水资源量: ①评价区多年平均、设计枯水年组平均和 $P=75\%$ 、 90% 、 97% 年份的补给量、排泄量; ②在现状开采和规划开采条件下, 分析评价区多年平均、枯水年组平均和 $P=75\%$ 、 90% 、 97% 年份的地下水剩余资源量; ③在现状和规划条件下, 评价区工农业用水量。

A.1.4.2 岩溶山区地下水资源量水文计算。

1)岩溶大泉(泉群)流量: ①岩溶大泉(泉群)累年逐月平均流量, 最小月、旬平均流量; ②岩溶大泉(泉群)多年平均、设计枯水年组平均和 $P=75\%$ 、 90% 、 97% 年份的平均流量; ③岩溶大泉(泉群)年最小月、旬平均流量及 $P=75\%$ 、 90% 、 97% 年份最小月平均流量。

2)岩溶大泉(泉群)资源分析: ①在现状和规划条件下, 评价区工农业用水量; ②在现状和规划开采条件下, 分析多年平均, 设计枯水年组和 $P=75\%$ 、 90% 、 97% 年份岩溶大泉(泉群)的地下水剩余资源量。

A.1.4.3 傍河取水水源地地下水资源量水文计算。

1)评价区河川基流量: ①评价区累年逐月平均流量, 最小月、旬平均流量; ②评价区多年平均、设计枯水年组平均和 $P=75\%$ 、 90% 、 97% 年份河川基流量; ③评价区枯水期多年平均和 $P=75\%$ 、 90% 、 97% 年份的河川基流量。

2)评价区地下水资源量: ①现状和规划条件下评价区工农业用水量; ②评价区多年平均、枯水年组平均和 $P=75\%$ 、 90% 、 97% 年份的降水量和降雨入渗补给量; ③评价区多年平均、枯水年组平均和 $P=75\%$ 、 90% 、 97% 年份的地表径流和入渗补给量; ④在现状和规划开采条件下, 分析评价区多年平均、设计枯水年组平均和 $P=75\%$ 、 90% 、 97% 年份的地下水剩余资源量。

A.2 气象资料

A.2.1 气温

1)多年平均年最高、最低和平均气温, 累年逐月值;

2)多年极端最高气温、极端最低气温及其出现时间;

3)最近5年最热季(以3个月计)频率为10%的日平均湿球温度及相应的干球温度;

4)最近5年最热季连续15昼夜的平均气温;

5)50年一遇10min平均最大风速时相应的低气温;

6)30年一遇年最低气温。

A.2.2 湿度

多年平均年最小和平均相对湿度, 累年逐月值。

A.2.3 气压

多年平均年、月最高、最低和平均气压。

A.2.4 风速及风向

1)多年平均年、月平均风速;

2)全年、夏季和冬季的风向玫瑰图;

- 3)多年平均逐月台风发生频率;
- 4)30年一遇和50年一遇离地10m高处10min平均最大风速;
- 5)30年一遇最低气温时相应的10min最大风速;
- 6)累年实测10min平均最大风速、风向及出现时间;
- 7)最热季频率为10%湿球温球时相应的日平均风速;
- 8)多年平均年、月大风日数。

A.2.5 降水量

- 1)多年平均年降水量及累年逐月值;
- 2)降水量最小一年的逐月降水量;
- 3)频率为97%枯水年的逐月降水量;
- 4)地区暴雨强度公式;
- 5)累年最大一日雨量、三天雨量、24h雨量、1h雨量;
- 6)累年连续一次最大降水量及出现时间;
- 7)累年连续最长降水天数及出现时间;
- 8)多年平均年、月降水天数。

A.2.6 蒸发量

- 1)多年平均年蒸发量, 累年逐月值;
- 2)蒸发量最大一年的逐月蒸发量;
- 3)频率为97%枯水年的逐月蒸发量;
- 4)多年最大一日蒸发量。

A.2.7 冰雪

- 1)多年平均结冰日数及其初终期;
- 2)多年最长连续结冰日数及出现时间;
- 3)多年最大积雪深度;
- 4)多年土壤最大冰冻深度;
- 5)多年平均积雪日数及其初终期;
- 6)多年最长连续积雪日数及出现时间。

A.2.8 其它天气日数

- 1)多年平均雷暴日数及其初终期;
- 2)多年平均雾日数及其初终期;
- 3)多年最长连续雾日数及出现时间。

中华人民共和国电力行业标准

P**DL/T 5084-1998**

电力工程水文技术规程 条文说明

主编部门: 华东电力设计院**批准部门: 中华人民共和国电力工业部**

1 范 围

由于SDGJ68—87《500kV输电线路勘测技术规定》已出版, 故本规程适用范围未提输电线路。本规程适用范围以外的电力工程水文勘测工作, 例如一些小电厂或特殊项目, 可结合工程实际情况参照本规程相关条文使用。

2 引 用 标 准

本规程所列为本专业主要的引用标准, 对于应用较少且与本专业有关的未规定的项目, 可参照执行的有关规程、规范, 未予一一列入。

3 总 则

3.0.1 水文条件直接关系到工程的安全与经济, 是供上级对电力工程项目决策的依据之一, 因此, 必须如实客观反映, 不能主观片面。水文气象资料数据、成品报告是电力工程设计基础资料, 是保证电厂今后长期安全运行的主要自然条件之一, 按照全面质量管理体系要求, 贯彻于全过程质量控制, 水文资料要经历电力工程设计、施工直至投产运行后的考验。

3.0.2 具体划分参见《电力工程水文勘测工作内容与深度规定》。本规程主要适用于可行性研究和初步设计阶段, 是因为这是全面提供水文计算设计成果的重要阶段, 其它如初可研阶段可参照本规程的主要原则进行。

这是执行全面质量管理体系的全过程质量控制, 在施工或竣工运行后为设计服务。

3.0.3 当有条件时, 可采用流域水文数学模型、遥感技术等进行水文分析。

3.0.4 本规程是根据现行《火力发电厂设计技术规程》(DL5000—94)、电力工程有关专业的具体设计要求和有关标准, 并结合40年来电力工程水文勘测行之有效的经验制定的, 满足电力工程所需的水文气象设计资料, 同时注意了与本专业技术规程有关的现行水文勘测计算技术标准、规定的横向协调。

4 水文气象查勘

4.1 一般规定

4.1.1 本条强调对当地第一手观测资料应尽可能搜全, 并全面调查流域水文特性。经资料分析, 如当地现有资料不能满足要求时, 就须设站观测或补充水文勘测。有关观测项目、内容和方法应根据电力工程水文工作内容的特点和要求并参照现行有关规定进行。

电力工程水文分析与计算根据设计要求解决如下水文的基本问题:

- 1) 决定各种设计水文特征值的数量大小;
- 2) 确定该特征值在时间上的分配或变化过程;
- 3) 确定该特征值的空间分布或变化方式;
- 4) 估算一定阶段的人类活动对水文过程的影响。

资料可靠性复查的重点应放在观测和整编质量较差的年份, 特别是解放前和动乱时期的观测记录, 同时应注意对设计洪枯水计算成果影响较大的特大洪水、特枯水年份。

对不同的资料项目应有不同的重点复查内容。

系列一致性分析根据人类活动影响方式的不同, 按不同资料项目采用不同的订正还原方法。

系列代表性应根据还原后的天然样本资料系列进行。

4.1.2 水文查勘不仅在无资料或资料短缺的情况下进行, 而且, 如果在多年以前进行过查勘或近期有部分项目查勘资料, 仍须进行补充查勘, 即使有充分资料也应对历史极值等进行查勘了解。

由于测站定位观测受时间和空间的限制, 在代表性方面不能完全满足工程设计需要; 人类活动会导致河流情势、水文规律发生改变, 使测站资料无论在数量上或分配规律上已不能全面地代表天然情况, 须查明人类活动的影响, 以作修正; 我国幅员辽阔, 河流众多, 多数河流无水文观测资料或系列较短, 也须通过水文查勘来弥补水文资料之不足; 目前遇到的某些工程问题尚不能完全依赖计算途径去解决, 也须通过多方面查勘从野外取得实际信息资料以助分析判断。

关于查勘前的准备, 包括两个方面, 一是明确查勘目的、任务及工作内容; 二是搜集已有的查勘资料, 制订工作计划, 包括准备查勘所需的各种仪器用具。

4.1.5 洪水、枯水和河床演变等查勘在被访问者难以肯定或有疑问时, 可召开座谈会进行。

必要的摄影、录音与录像, 尤其对于某些有分歧的现场调查, 此时有了音像资料更具说服力。此外调查时应注意, 有些村民往往会根据工程对自身的利害关系, 提供某些虚伪情况, 故要作深入的分析比较。

4.1.6 对计算成果或分析结论应进行多方面的分析检查, 目的在于通过分析发现问题, 防止因资料的代表性不够或计算方法的某些不足带来差错, 尤其在缺乏实测资料当计算成果可能偏大或偏小而根据又不足时, 往往适当地考虑到安全因素, 以达到现有资料情况下相对合理并尽可能地提高精度。

为了提高水文设计成果的精度, 除重视水文基本规律分析外, 应针对地区水文情势和资料条件特点, 采用多种方法进行分析计算, 在此基础上通过综合分析, 合理确定设计成果。

4.2 洪水查勘

4.2.2 在水文计算中, 进行历史洪水调查和特大洪水处理, 是提高洪水频率计算精度的途径之一。

历史洪水调查的基本任务, 是通过现场调查、历史文献文物考证, 力求查明工程点近一、二百年或更长历史时间内发生过的大洪水情况。历史洪水应力求定量, 如不能定量时, 也应尽可能地推估其为哪一级的洪水, 以便频率计算中考虑使用。

进行历史洪水调查时, 还应注意调查估算与流量有关的各项因素。历史时期的洪水年代较远, 由于自然条件的变化和人类活动的影响, 有可能使河道的泄洪能力发生变化, 如调查时的断面、河床质的组成等仅反映调查时的状况, 故应足够重视。

4.2.5 历史上的大事件系指当地发生如造成民房倒塌、人员伤亡的大水以及战事等事件, 群众自身容易回忆的事件如有关年龄、属相、婚丧、房屋变迁和农业收成等, 以便于记忆判断洪水发生的时间。

通过现场调查, 一般可取得调查期内若干次历史大洪水的定量资料。调查期的长度在我国人口稠密的中部和东部地区一般可达200年, 西部以及边远地区可达100年, 我国历史文献非常丰富, 但其记载多属于描述性质, 难以定量, 但可以了解到文献中有关洪水淹没田地、物资、建筑物的损失、破坏程度、情节等与已有的文字描述和有定量的调查洪水进行对比, 可以分析各次洪水的量级范围和大小序位, 以便合理确定计算系列中历史洪水的重现期。

4.2.6 要求有两人以上现场指认是防止个人指认差错, 在无其它人共同指认的情况下, 应该增加洪痕调查点以便相互比较对照, 防止偏差。访问情况应尽量用群众的原话或原意如实记录, 并在现场及时核对, 当发现有遗漏或矛盾时, 应做进一步补充访问。

使用表4.2.6时, 以1~3项为主, 第4项仅作参考, 应根据具体情况确定, 不能机械套用。

4.2.9 岩溶地区伏流暗河区具有明显控泄、滞洪作用,要查明伏流暗河区无压、有压出流特征和不同量级洪水的滞洪总量大小、滞洪时间长短、峰现滞时、入流和出流差异及其对洪水的影响。

4.2.10 应着重调查河段上、下游的洪水来源及其形成特性,除调查最高壅水位外,还应调查起涨、峰顶、退落的大致过程,以及溶洞、暗河下游出流过程情况。

4.2.11 当点暴雨(含历时10min、1h、6h、24h、3天等各种时段暴雨及次暴雨)超过100年一遇或洪水超过50年一遇的相应面暴雨均应进行暴雨调查。

历史洪水的相应暴雨,时隔已久,调查确有一定难度。一般在调查时拿已知的近期某次降雨与发生大洪水的降雨相比,回忆雨势、降雨时地面坑塘的积水,沟渠的流水等情况,从中分析雨量和降雨过程。同时调查村民院内的水桶、水缸或其它器皿承接雨水的程度,分析估算降水量,还应注意器皿的形状,所在位置、与周围环境的关系,承雨器有无漫溢、渗漏、原器内有无存水或外水加入等。

4.2.12 暴雨调查点的选择,以能绘制出暴雨等值线为宜。暴雨灾情应调查暴雨对建筑物、地貌、农田、道路、居民点和水文观测设施冲蚀或破坏情况。

4.2.14 对山区河流测河底深泓线;对平原河流测主槽坡度。

4.2.19 关于涝灾成因,总的来说,是由于进入涝区的水量过多及排水不畅所致,主要受涝区气象、水文、地形、土壤、水文地质等自然条件及各种人为因素的影响。短期集中的暴雨与长期连续的降雨均能导致内涝灾害。对外水汇入要调查外水与涝区降雨遭遇的情况及外水汇入量,也要调查有否地下水汇入及其数量。

沿江、滨湖、滨海地区或海涂围垦区,地势低洼、地面坡降平缓,外水位长期过高,涝水难以及时排出。分布于各河流中下游两岸的河谷平原区,如雨季坡水较大,河水位较高,即易积涝成灾。平原地区地面坡度平缓或微地形起伏复杂,河网稀疏,造成排水不良。

在上述这些地区建厂(所),必须要考虑内涝积水影响作为建厂条件因素,一般往往缺乏有关分析资料,需深入调查有关项目,进行内涝成因分析、计算,确定厂区设计内涝水位。

涝区的水面率,指涝区内的河流、湖泊、洼地、沟渠、坑塘等全部水面积与涝区全部面积之比。蓄涝率指蓄涝容积与涝区面积之比,单位一般以 $10^4\text{m}^3/\text{km}^2$ 表示,排水站确定装机容量要考虑它。

关于当地治涝规划与设计标准。涝区治理主要采取排水和蓄水两种方式。

目前国内治涝设计标准有以下三种表达方式:

1)以涝区发生一定重现期的暴雨,作物不受涝为标准。

2)以涝区作物不受涝的经验保证率为标准。

3)以某一定量暴雨或涝灾严重的典型年作为标准。

在治涝规划设计时,一般按《水利动能设计规范》(SDJ11—77),采用第一种表达方式,其重现期一般采用5年~10年;条件较好的地区或有特殊要求的粮棉基地和大城市郊区可适当提高,条件较差的地区可适当降低。

关于蓄涝区规划,蓄涝区是指涝区的湖泊、洼地、河流、沟渠及坑塘等可以滞蓄涝水的地方。利用蓄涝区调蓄涝水量是治涝的重要措施之一。蓄涝区设计水位包括正常蓄水位、设计低水位。

工程中对此类设计水位应注意其是按农作物排涝要求确定的,与工程要求含义不同,尤其在滨海地区利用涝水作为部分补充水时更要深入分析。

关于承泄区规划,承泄区是排泄或容纳排出的涝水的区域,一般包括海洋、江河、湖泊、洼地以及地下透水路、岩溶区等。

电厂排水路线往往要结合当地排水出路,故调查中应结合工程设计要求进行。

4.3 枯水查勘

4.3.2 若调查到的是标志水深,测算枯水位时,应考虑断面冲淤变化进行订正。对于枯水位,相应必定有一个且为唯一的枯水断面最大水深,可据此调查断面最大标志水深来确定其相应枯水位;或以调查时水位来确定历史枯水位比此低多少;或以调查时施测枯水流量来确定历史最小流量比此少几成等方式进行。

枯水调查一定要查明河道有否河干或断流。

如果河道发生河干或断流,应着重查明其原因、持续时间及重现期。

由于枯季径流大小取决于地下水的补给,衡量当地地下水的丰枯程度,调查时大体上可按以下情况判断:若流域内有大量利用井水灌田者为多;若仅村庄中有些井,而很少利用井水灌田者为中等;若村庄中井甚少,并且居民饮用困难者为少。

4.3.10 水位传递法即在选定的落水洞通道入口进行堵水,再注水或抽水,在可能的出口处观测水量(水位)的变化过程,判断是否连通。示踪剂法即在入口处任选谷糠、木屑、食盐、漂白粉、染料以及荧光素等投放,在可能的出口处,观测示踪剂出现的情况,判断是否连通。

4.3.11 泉水调查是掌握泉水的大小、地区分布、时间变化、主要补给区、泉水补给量占河川径流量的比例等的方法。

4.3.13 历史枯水调查流量的推求根据河段附近水文资料情况与枯水流量的特点,确定不同的计算方法,若计算断面冲淤变化大时,要进行冲淤变化值修正,断面修正包括水深和水面宽。

延长水文站水位—流量关系线时,如枯痕靠近水文站,枯水发生在畅流期,断面冲淤变化小,可将枯痕水位推算至基本水尺断面,用该站实测的水位—流量关系曲线加以延长,推求历史枯水流量。

在附近有天然或人工控制断面,如急滩、卡口、石梁、堰和闸等,可采用临界流公式相应的堰闸水力学公式推算;

比拟法推算要求查勘河段稳定,断面变化不大,假定河段出现历史枯水时的糙率和比降与枯水调查时的糙率和比降相同,根据调查时实测的流量、断面等水力要素反求系数 K ,以推求历史枯水流量。

实测水位—流量关系曲线法。在工程点设立临时站,观测短期水位、流量,定出水位—流量关系曲线,并以断流水位作控制,进行低水位延长,直接用调查所得历史枯水位查出枯水流量。

上下游沿河历史枯水调查与实测枯水流量法。在本河段上下游调查条件较好的地点沿河进行历史枯水调查,并沿河施测若干断面的枯水流量,建立上下游的水位相关关系,即可用上述方法结合枯水流量沿程变化,确定工程点的历史枯水流量。

4.4 工农(牧)业与城镇用水调查

4.4.1~4.4.3 查清工业、农牧业和生活用水是落实有关发电和变电所工程水源工作的重要组成部分。没有农业用水的水源是极少的,在干旱、半干旱地区很多水源往往不足工农业用水的需要,电厂与变电所用水只是工农业用水中的一部分,必须进行来水量、总用水量的平衡计算。

工农业用水的取水口标高应注意调查,尤其对在电厂进水口标高以下或相同标高的其它取水工程的影响,要特别调查清楚。

应调查过去逐年用水总量,以便对实测年最小流量进行还原计算,求其天然流量系列。

都市化、工业化对枯水径流的影响是多方面的,尽管总流域面积或集水面积不变,但较明显的是径流系数大了,蒸发量减少了,用水量大量增加。

在用水量调查中,每个单项指标在年际、地区间在一定范围内是有变化的。当发现偏大、偏小时,应及时进行复查或复测。

在灌溉水量调查中,灌溉定额和实灌面积是两项主要的指标,对其统计数字应进行审定。

搜集的实灌面积分行政区统计的,要调整为按流域划分的实灌面积,可根据具体情况选用水量比、面积比、动力比等方法进行分配。搜集的统计实灌面积有偏大或偏小的可能,可通过抽样调查(利用航卫片或实地丈量)或抽水、引水能力核查,分析出修正系数(计算实灌面积与统计实灌面积之比)。

4.5 河床演变查勘

4.5.1 河床演变调查既要定性又要定量;既调查变化的现象又要调查变化的原因;既要调查近期的又要调查长远的历史情况;既要了解过去的变化规律又要对今后的发展趋势作出预估,力求定量预估,必要时提出工程措施的建议。

4.5.3 河床演变中的横向变形与纵向变形是相互影响的,应该进行全面的调查,了解并分析两者之间的变化原因。

河道横向变形的调查主要是指对历年来河面宽度和岸线的变化的调查。要调查各种变化的原因,今后的发展趋势。

纵向变形的调查是指对历年来河床平均切割深度或淤积高度的变化的调查,其中包括主槽、心洲、边滩的演变主要原因以及今后的趋势。

4.5.4 不同的河段形态类型有其不同的河床演变特性,故也有其不同的河床演变调查内容。实际工作中遇到的河床演变现象也不一定分得清楚,此时应结合不同河段的形态类型综合调查,同时调查中要注意在一定的来水来沙条件下,河势的可能转化与河段形态类型可能转变的征兆。

4.5.6 影响河床演变的工程措施,诸如丁坝、护岸、护坡、河道整治、围垦、疏浚、桥渡工程、河道引水和流域内的蓄水等工程,这些人类活动直接或间接改变河床演变的规律,应该调查清楚,尤其是预估今后变化趋势时,不能忽视这些因素的影响。

4.6 湖泊查勘

4.6.1 电力工程湖泊查勘的内容应根据工程类型而定,若利用湖泊作发电厂的水源地,则应进行全面的查勘。

4.6.2 我国湖泊水源补给类型有大气降水、冰雪融水以及地下水等,不同补给类型,其水量变化特性也各不相同。工程点历史最高、最低湖水位调查,可参照“洪水查勘”和“枯水查勘”的有关内容进行。

4.6.3 湖泊波漾是由于持续风力或气压梯度力的迅速变化或湖面局部暴雨导致的湖泊整个或局部水域长周期性的摆动、湖水位有节奏地升降。波漾会抬高或降低岸边湖水位,危及堤防和护岸或影响取水。如果调查点与工程点相距太远,应考虑湖面比降和波漾产生的水位差订正,或设临时站观测。

4.6.4 可参照“冰情查勘”的有关内容进行。

4.6.5 调查中尤要注意湖泊水深和容积的变化趋势及其变化速率。

4.7 滨海和潮汐河口水文查勘

4.7.1 滨海水文要素变化复杂,潮汐涨落、海岸泥沙运动、波浪变化等均受海域的地理位置、地形特性的影响。目前海洋水文站为数不多,因而在电力工程设计中,若利用邻近海洋测站的资料,必须对工程点岸滩和海域进行海滨水文查勘,据此对参证站资料进行分析比较、移用修正,为滨海工程提供正确的滨海水文气象资料,其中应以潮汐、波浪、泥沙与岸滩变化、潮汐河口的盐水楔运动特性为查勘重点。

4.7.2 潮汐调查应选择在对外海畅通、波浪影响较小、海底平坦、底质坚实的岸段进行,并避开冲刷、淤积、坍塌等易产生变形的海岸。在风暴潮影响严重的海域,尤其要深入调查历史风暴潮影响严重的几个年份的最

高、最低潮位值。潮位调查可参照“洪水查勘”和“枯水查勘”的有关内容进行。

海滨地区最高、最低潮位的调查远比河流洪枯水位调查难度大,有时不易区分风浪高的影响,故要慎重选择调查岸段并多加分析比较。

4.7.3 波浪调查应选择在前方海面开阔,无岛屿、暗礁和沙洲的岸段,同时应结合风况调查进行。

4.7.4 着重调查对取排水口工程、码头位置选择及船舶靠离、航行不利的水流流态。

4.7.5 滨海泥沙运动调查工作的辅助观测项目有水下地形测量、水文观测断面的全潮测验、海底沉积物的表面取样和柱状取样、海岸动力地貌调查等,可根据工程地点岸滩特点和设计要求,并会同地质、测量专业进行。

海岸动力地貌调查应着重海岸类型、地貌形态的分布及其动力条件影响特点、堆积地貌和侵蚀地貌的类型和特性、工程岸段两侧一定范围内岸滩冲淤及动态平衡特性等、海域泥沙主要来源和泥沙重要运移形态、风浪天浑水带宽度范围及波浪破碎带范围变化等。

有关调查还可参照河床演变调查。骤淤现象对于在泥沙运动强烈、风浪大或有高强度浮泥运动的海域内的取水工程,尤其如明渠引水威胁很大,往往有可能短期内泥沙大量堆积影响取水,故要深入查勘海岸动力地貌特点,并调查邻近已建海边工程如取水、码头工程等的冲淤变化强度。

4.7.6 一定的河口形态主要是泥沙运动与河口动力条件两种因素综合作用的结果,入海河流在河口范围内河流淤积体(如沙嘴、心滩、边滩、沙洲或岛屿)的总称为三角洲。

分汉式河口属三角洲河口。河流在河口地带被分成几股汉道,泥沙于各汉道沉积,使岸线曲折。这多发生于河流来沙丰富的弱潮河口。因为沿海波浪力微弱,沿岸流弱,滨外坡度小,沉积物粒径细,所以泥沙能迅速向前沉积,使各汉道之间的海域来不及被充填,而易在河口区淤积,形成三角洲全面向海推进。河口上有许多辐射状的入海汉道,形成扇形分汉河口,普遍有和海岸垂直的指状沙洲,如黄河河口。

多岛式河口亦属三角洲河口。当河流的含沙量较大,河口区的盐淡水异重流较强,而波能中等、潮差大、潮流弱、潮流和沿岸流不能将泥沙带走时,在河口区就易淤积成沙滩,发展成多岛式河口,如长江口。

当河流的含沙量较小,又有较强的潮汐和沿岸流可把泥沙带走时,则往往会形成单一的、河道逐渐放宽而水深逐渐增大的喇叭形河口,即三角港河口。由于河流供沙不足,潮流强大,因此水下三角洲难以发育,河口多向海扩展成喇叭口,受地形影响,潮差较大,如钱塘江口。

查勘应围绕各有关河口演变特点结合工程布置与要求进行,并注意其间在一定条件下的转化。总的来说河口河床演变有冲积河流(包括弯道)的演变、河口浅滩和拦门沙演变及汉道演变,这都是在泥沙来量与潮流强弱两大因素相互作用控制下演变的,某些方面的查勘可参照“河床演变调查”进行。

4.8 泥石流查勘

4.8.1 泥石流是含有大量固体物质(泥、砂、石)的山洪,为高浓度固、液相颗粒流。它是地质不良的山区常见的一种自然灾害。形成泥石流必须同时具备陡峻的地形、丰富松散的固体物质和足够的水源三个基本条件,而三者的发生、发展、转换和组合,则是构成各种不同类型泥石流的重要因素。泥石流是在暴雨(融雪、冰川、水体溃决)激发下发生的。

泥石流对电力工程水工构筑物的岸滩稳定性、取水可靠性会造成严重威胁,甚至造成重大损失。在查勘中应深入调查,判明取水河段邻近上下游范围可能发生泥石流的地段及其发展趋势,在无法避开时,应预估其对河道冲淤及最大含沙量变化的影响或建议必要的工程措施。

泥石流查勘目的在于鉴别泥石流,掌握其活动规律,预估其对电力工程水工构筑物安全运行的影响。

由于泥石流的查勘有些项目与地质特性有关,故应会同地质专业进行。今后是否发生泥石流,应从形成泥石流的三个条件,结合历史上发生泥石流的情况与地质专业共同综合分析判断。

4.8.2 由于描述常因人而异,须特别注意分析掌握。有条件时,现场取堆积物搅拌成不同泥石流体的样品,请当地亲自看见过泥石流流动的居民多人,分别鉴定样品,使之尽量体现某次泥石流当时的实际情况,按下式求出该次容重:

$$\gamma_c = G/V \quad (1)$$

式中: γ_c ——泥石流流体容重, kN/m^3 ;

G ——搅拌成流体样品的总重量, kN ;

V ——搅拌成流体样品的总体积, m^3 。

4.8.3 泥石流实地调查内容有下列几个方面:

泥石流地貌一般可划分为形成区(包括汇水动力区和固体物质补给区)、流通区和堆积区三部分。电力工程水工构筑物不会设置在已知的泥石流河沟,而是要考虑它对取水河段的影响,应侧重调查泥石流堆积区,必要时,对于掌握其活动规律判明发展趋势则应全面了解其三部分地貌。

形成区的地形特征是评价泥石流的重要特征。应调查沟谷发育程度,冲沟切割深度、宽度、形状和密度,流域内植被覆盖率、类别和分布状况,水土流失情况等。

流通区是泥石流搬运通过的区段。应调查流通区的长度、宽度、坡度、沟床切割情况、形态、阻塞地段石块堆积以及跌水、急弯、卡口情况等。

堆积区是泥石流固体物质停积的场所,位于泥石流河沟流域的下游或山口以外坡度较平缓之处。

固体物质补给区调查涉及泥石流河沟流域地质构造,物理地质作用,水文地质条件,地震影响,岩石风化

状况,堆积物的成因、类型、厚度、层次、物质成份、粒径结构、堆积过程等,须由地质人员进行。

水源条件及水文调查内容有,当地气候特性、泥石流泥位痕迹(发生时间、次数、规模大小、泥位标高、弯道泥位超高、阻挡泥位爬高等)、发生过程概况、堵塞情况、泥石流沟床和下游河道变迁(堆积区主流流区变化、沟槽冲淤演变)、扇面淤积情况(淤积速度、最大一次淤积高度等)及其对出口处干河影响。

4.8.4 人类活动影响调查内容包括筑路、开矿、采砂石等工程不恰当的弃碴,任意砍伐、垦荒、破坏植被形成的水土流失,水渠漏失导致的沟坡坍塌,小水库的溃坝失事等。

人类活动对形成泥石流的不利影响主要是破坏自然条件,增加松散固体物质的补给量或水量。

4.9 冰 情 查 勘

4.9.1 工程设计要考虑的冰情为,水工构筑物上的冰压力荷载,防止冰花、冰块堵塞进水口,冰塞、冰坝壅水对工程施工、运行的影响。

冬季结冰与春季解冰对发电厂安全运行影响很大。水内冰常附于拦污栅上堵塞取水口;冬季冰厚增长,会减少枯季流量;春季流冰对取水建筑物有破坏性。

以动力作用为主的河流解冻称“武开”,以热力作用为主的河流解冻称“文开”。河流解冻期间,如果气温升高很快,或上游来水突然增加,可使河冰突然破裂,迅速解冻,则形成“武开”;如果分段解冻,冰凌畅流而下,则形成“文开”。“武开”对水工构筑物威胁很大。

湖水形成薄冰层或薄集块冰后,由于风力与温度变化,逐渐形成稳定的湖泊封冻冰。

北方寒冷海区的港湾和河口都有海冰问题,封冻后的冰凌,特别是流冰,对海岸工程有显著影响和强烈破坏作用。在滨海地区,电力工程水工构筑物设计时必须考虑冰凌的荷载,需调查海冰的冰期、冰型、冰的形态、冰块大小和厚度、冰的密集度和冰量、流冰方向和速度等状况和特征。

4.9.2 河流封冻经历冰盖形成与冰盖增厚两个阶段。在排泄不畅的狭窄段、陡弯和浅滩等处,凌块受阻,互相冻结,逆流而上,形成冰盖,出现封冻。当封冻冰层下有足够数量的冰花时,河道被冰花和细碎冰阻塞,称冰塞。在一定条件下,可形成长距离的冰塞段,使上游水位抬高。

冰盖主要是在冰下增厚,也可以从冰面增厚。在中、小河流上,冰盖增厚直至河底,称连底冻。

河流解冻过程中,流冰有时在河段堆积卡塞,形成冰坝,它多发生在自南向北的河段上。冰坝形成后,上游水位猛烈抬升,极易造成淹没。冰坝溃决,河水迅速下泄,流冰多而密集,对沿河水工构筑物的威胁很大。

4.10 大风、沙暴、导线覆冰与积雪查勘

4.10.1 调查的主导风向要与附近站(台)实测主导风向对照,发现有矛盾时,应结合地形与物象作进一步分析。大风风向可根据建筑物破坏面分布的方位判定。

4.10.2 沙暴(又称尘暴)是大量尘土、沙粒被强劲阵风或大风吹起,飞扬于空中而使空气混浊、水平能见度小于1km的现象,故水平能见度小于1km的沙(尘)暴出现的日数即为沙暴日数。

沙暴一般发生在土地干燥、土质松散而无植被覆盖的地区,我国以西北、内蒙古、华北和东北等地区在春季较常出现。形成沙暴一般需要两个条件,即风速在10m/s以上、空气热力不稳定。

局地性的飚线大风、龙卷风或其它不稳定性天气的大风,皆可造成十几公里乃至几十公里的局地性沙暴;寒潮冷锋后的大风,往往也能造成范围更广、时间更长的系统性尘暴。

在干燥气候条件下,风力在干松裸露的地表作用的现象,称风沙活动。风是风沙活动的动力,同地表丰富的沙物质结合便构成风沙。

4.10.3 本条着重于发电厂、变电所的导线覆冰影响。我国从1958年冬季起对气象站(台)的积冰观测作出统一规定。电力、邮电部门在运行线路上也偶作积冰观测,其资料有参考价值。但这些观测不经常、不正规,限制了使用。

对导线发生实际影响往往是比重大且较厚的雨淞、粒状雾淞或混合积冰,我国南方的湿雪(或冻雪)也较严重会压断电线。

导线积冰一般先在导线迎风一侧形成产生扭转的力矩,档距中央段的扭转要比线夹所固定的线段为大。

通电电线的冰重比不通电线(如气象站雨淞架的铁线)为重,因电场能吸引雾滴。

导线覆冰的重冰地段,由于小地形、下垫面与气流相互作用,往往发生在高寒地区的峡谷、山口、分水岭、迎风陡坡及水体近旁。

对导线设计覆冰厚度可通过实地踏勘,就地调查结合经验进行估计。

导线覆冰厚度与一些自然条件的关系如下:

1)与海拔高程的关系。在水汽充足的情况下,随着高程的增加,容易造成水汽大量凝结,形成严重的电线结冰;到某一高程达到最大,在此高程以上由于气温随高程降低,饱和水汽压也随高程降低,即其含水汽的能力随高度而减小,所以覆冰厚度随高程增加反而减小。

2)与地形的关系。雨淞发生时,近地面层约在1500m~2000m以下必须要有一薄层冷空气,同时在1500m~3500m必须有一层暖的融化层。所以在有利的地形下,如西高东低,且西部山地高度达1500m~2000m,则冷空气常取东路从低层进入盆地,暖空气从西部山区上空移来,造成有利于形成雨淞的条件。反之地形为西低东高也会形成雨淞。但是,冷空气的厚度超过3000m,则雨淞不可能发生。这是大地形的影响情况。

在小地形,雨淞和雾淞通常总是容易在突出的地形下出现,如山顶、山脊、风口等,而且结冰程度也比较严重。

3)与风的关系。相近的温湿条件下,冻结厚度随风速增加而增厚。在线路走向与形成结冰时气流的方向垂直或交叉的情况下,结冰最严重。风与电线正交时的冰厚比平行时大。

4)与水体的关系。当线路通过空气中水汽比较丰富的地区,如湖泊、水库、河流、森林等附近,结冰出现的机会和厚度均较干燥地区的大,时间也长。

4.10.4 《地面气象观测规范》规定,当地面1/2以上的面积被雪覆盖时为积雪。

调查积雪深时要注意降雪时的风速、风向影响,风会引起雪花飘移,使积雪分布不均匀。

冻土是指含有水分的土壤因温度下降到 0°C 或以下时而呈冻结的状态。冻土深度是决定地基基础埋置深度的因素之一。为确保各种工程的地基基础和给水、排水管道不致冻胀而破坏,必须埋置在冻土层以下的深度。

因建筑基础的最小埋深一般不浅于 0.5m ,管线不浅于 0.7m ,故不到 0.5m 的冻土深度对建筑基础和管线埋深没有控制作用。

土壤的冻结深度和持续时间主要取决于当地纬度和气候,地形地貌、土壤、植被等也有影响。

若工程点附近有气象台(站),可收集实测冻土深度资料;如测站距工程点较远,可考虑纬度、地形、地貌、土壤及植被特性加以适当改正。

若工程点附近无测站,可向当地土建施工单位、地质钻探队及村民了解历年一般冻土深度、最大冻土深度及冻土区类型。

4.11 水文气象专用站

4.11.3 由于现行的一些测验、观测规范是按国家基本站(台)的要求制订的,而电力工程的水文气象专用站的设置是按工程目的和要求进行,有些技术要求可具体处理,例如,在观测时次、观测程序上,除与国家站(台)同步之外,有些时次须加密,有的需同步正点观测外,观测程序可自行规定等等,故可以结合设站目的和要求参照这些规范执行。

5 地表水源水文计算

5.1 一般规定

5.1.1 采用的设计保证率标准是根据DL5000—94《火力发电厂设计技术规程》与NDGJ5—88《火力发电厂水工设计技术规定》。

设计保证率是指灌溉、发电、航运、给水等用水部门能按规定用水量保持正常工作不受破坏的频率。对取水工程目前常用的是按缺水年或破坏年的百分数来计算保证率,缺水年是指包括不足保证供水量的任何年份,而不论其缺水持续时间的长短和缺水量大小。

电厂供水设计保证率 $P=97\%$,重现期为33年,是指小于某设计枯水流量值的枯水流量每发生一次的平均间隔,称为以33年一遇的枯水流量作为设计来水标准,即平均33年中有一年的枯水流量可能小于该设计枯水流量,有32年的枯水流量大于、等于该设计枯水流量,说明来水量平均33年中有32年即平均97%的保证程度,这里 P 是代表了供水年限的“保证率”,实际上是一种安全率。对于选定的设计最小值,设计保证率标准属于要求满足的安全率。取 $P=97\%$,表示只有小于此设计最小值时,正常运行才会破坏,其破坏率为3%,也即允许破坏率为33年一遇。本规程使用的设计保证率标准是指要求满足设计的安全率,即保持正常工作不受破坏的频率。《火力发电厂设计技术规程》及水利部门用水都采用设计保证率,为保持提法一致,故也采用“保证率”一词。《火力发电厂水工设计技术规定》用“保证率”提法,也是给水工程中的一种习惯提法,但它与“保证率”的本身概念是有区别的,“保证率”是指在几年内均能保证安全的机率,可见它不但与“安全率”有关,还与需要保证安全的年限有关,即要求保证安全的年限愈短,则可达到的保证率愈高;反之,则保证率愈低。

5.1.3 双累积曲线图解分析法用以对测站记录的不一致性进行判别或校正。把本测站的年或累积值(如每五年累积)与邻近的一个或一组测站的平均同类数值对应点绘于图上,分析曲线斜率的趋势和变化。人类活动影响的水量调查还原,如引走与流入的水量调查还原。

5.1.4 水利设施的现状与规划内容很广泛,如水库、农灌提水、抽水和排水设施、水闸、拦河坝以及引水和分水的分布及其对水量的影响;工农业用水包括不同水平年流域农灌用水量及其它各部门工业用水量,在牧区还有畜牧业用水量。

5.1.5 利用本站水位流量关系展延,适用于山区性岩石河流,河床断面多年来基本上没有冲淤变化,历年水位流量关系相当稳定,可试用它,但一般只能作为检验其它方法成果用。

5.1.6 应取多少项数合宜,在一些水文文献上提法不一,多为10项~15项,刘光文教授的“水文分析与计算”中提15项~20项,同时考虑资料条件,对枯水至少取15项以上,实际上项数还应视 C_V 大小而定, C_V 大时相关项数要多些。相关分析必须先作成因分析,无成因联系,则无意义。

严格地说,相关条件为 $r>0.8$, $|r|>|4E_r|$,且 $r+4E_r$ 与 $r-4E_r$ 的符号不变,认为相关密切。

展延年数不宜超过实测年数,视参证站资料条件、相关插补精度和设计站系列代表性的要求而定。

5.1.7 主要指样本的统计时段,如以湖泊、水库为水源,则为年、季、月径流等;以河流为水源,则视径流变化特性为瞬时、日平均最小径流等。还有些地区枯水发生在冬季与夏季,显然成因不同,此时应分别进行选样统计。

5.1.9 考虑到我国测站大部分已具有较长系列,洪水频率计算系列要求30年,相对而言,枯水资料比洪水资料短缺些,故要求枯水系列为25年以上,为增加系列代表性,要求加入历史枯水调查。

在选择枯水分析用的相似流域时, 应注意下列几个方面:

- 1) 相似流域应具有长期的枯水观测资料, 且与设计站有同时观测资料。
- 2) 它对于设计流域必须在气候上相似, 如降水年内变化相似、干旱成因和特性相似。
- 3) 它对于设计流域应具有相似的地形、土壤、岩性、水文地质特性以及相似的森林、湖泊和沼泽地面积百分率。
- 4) 两个流域应属于同一的流域规模(如大、中、小流域)。
- 5) 流域受人类活动影响的程度相似。

实际工作中, 按上述方面选择可能会有些困难, 但以此可对相似性作一评价。

5.1.10 考虑到我国幅员辽阔, 枯水径流补给特性有些地区差别很大, 如冰川融雪、雨雪混合补给地区, 故规定在特殊情况经分析论证后也可采用其它线型。

5.1.11 由于枯水径流受人类活动影响大, 如引水灌溉、跨流域调水、水库调节、排水、城市化及土地利用的改变等, 若提供的计算成果经分析还不足以反映人类活动的影响, 则仍须考虑它, 而后再计及规划的影响, 原则是对具体问题须根据具体情况进行具体分析, 对于水利规划尤其要注意对实施时间、开发利用规模、达到什么阶段、实施的可靠性作一评价。

5.2 天然河流

5.2.1 水利、交通等部门推算水文特征值目的和标准与电力工程不同, 故必须在数据上按电力工程特点加以分析、处理, 能直接利用则用, 不能直接用则利用其统计基础资料重新计算加以修正使用。

5.2.5 通过这些对比分析, 可从重现期及其量级大小判断在时间与空间分布上是否存在矛盾。

5.2.6 当水源情况复杂时, 应与水工专业共同研究选用适当设计时段的枯水流量作为计算样本。

5.2.7 设计枯水保证率标准的含义, 在枯水统计时, 应按由小到大的递增次序将系列进行排列。现行的将枯水系列由大到小的递减次序排位计算, 确定统计参数, 所得结果虽是一样的, 但其频率的含义与枯水频率的含义是不同的。考虑到电力工程水文的习惯作法, 规程中对连续系列的经验频率公式(5.2.7-1)未予变动, 而在不连续系列中则按递增次序作经验频率计算, 这是要注意的。

对于枯水分析, 保证率与重现期关系随频率线型不同而表达形式有所不同。

5.2.9 为比较客观、合理地确定频率曲线统计参数, 在适线时宜达到下列要求:

1) 对枯水而言, 可侧重考虑曲线 $P=75\%$ 以下部分的点据, 以减少丰水年点据对枯水计算成果的影响, 因为较大值也可能不属于同一总体。

2) 因资料得来的精度不同, 各个点据的位置可能有一定的变动范围, 故适线时要区别对待, 使曲线尽量靠近精度较高的点据。

3) 对考证期内, 为首几位特小枯水要具体分析, 不应机械地通过特小枯水, 而应在其误差范围内调整。

4) 适线的参数还应考虑其在地区上的变化规律, 使之在空间变化上协调。

5.2.10 在枯水流量或水位频率分析中, 常遇到经验频率点往往呈负偏分布, 经验频率曲线向下凹, 此时可利用正偏皮尔逊III型曲线的离均系数值予以修正使用, 举例如下:

求 $C_S=-0.30$ 时, $P=1\%$ 时的 K_p 值。

可先算 $C_S=0.3$, $P=100\%-1\%=99\%$ 的 φ 值, 查表得 $\varphi=-2.10$, 再变号, 为 $+2.10$, 即得 $C_S=-0.30$, $P=1\%$ 时的 $\varphi=+2.10$, 再据以算 K_p 值($K_p=\varphi C_V+1$)。仿此, 可计算得不同 P 的 K_p 值, 便可绘制皮尔逊III型负偏频率曲线。

5.2.11 对年径流通常提两者集水面积相差不超过3%可直接移用, 参照此, 故条文中提小于3%, 程度上对枯水流量要求高些。两者集水面积相差小于15%时用面积比也参考年径流的移用规定, 但对枯水规定了先决条件, 一般面积比指数取1。

由于枯水流量受非分区性因素和人类活动影响非常大, 往往形成面积增大、枯水流量不但不增加反而减小的情况, 故不能盲目用面积比。

5.2.12 在枯水位频率计算中, 若所取基面过低, 均值太大, 则 C_V 变化相对误差增大, 此时宜在系列中取最低水位的数值作为基面, 逐项减去此值进行频率计算, 得出设计特征值后再回加。

5.2.15 利用参证站的实测枯水平均流量模数 M 和 C_V 值考虑流域特性差异, 作适当修正后, 作本站的 M 和 C_V 值, 然后假定 C_S 值, 使假设的模比系数 K 能符合大多数历史枯水流量的模比系数。

此时, \overline{M} 、 C_V 及 C_V/C_S 值即为所求, 据此可推算设计枯水流量模数。

5.2.16 缺乏资料时设计枯水流量估算, 当前最主要途径仍是靠野外枯水查勘并同时施测枯水期流量, 在此基础上再通过各种方法进行估算, 并考虑人类活动影响加以修正。

5.2.17 对设计枯水计算成果进行合理性检查, 目的在于通过分析发现问题, 防止因资料的代表性不够或计算方法的某些不足带来差错, 以达到在现有资料条件下计算成果相对合理, 并尽可能地提高精度。常用途径有:

1) 分析不同时段平均最小枯水流量的均值或设计值与历时的关系。如年最小月平均流量、年最小日平均流量、年最小7天平均流量、年最小流量。一般是随着历时的增加, 不同时段平均最小枯水流量的值或设计值则逐渐增大。分析其 C_V 值与历时的关系, 一般短历时的 C_V 值大, 时段长的 C_V 值小。

- 2)在一般情况下,枯水流量应自上游向下游沿程递增。
- 3)由实测枯水流量资料推算的成果与由其它间接方法推求的成果,相互比较验证,分析其合理性。
- 4)通过成因特性分析成果合理性。

5.2.18 成都科技大学及一些水利部门也逐步应用于随机水文模型模拟枯水分析上,为此,提出有条件时也可应用,从而可从随机模拟系列中选择一个组合恶劣的枯水径流年内过程。

5.2.20 此法可在混合式供水时,在某种情况下已定缺水天数要求有多少补充水量时运用。

5.3 水库和闸

5.3.2 提出“农灌限制供水位”是考虑一些工程利用水库取水与农灌用水矛盾最大,在缺水地区尤甚。当水库水位下降到此需停止农灌,保留此部分水库蓄水量供电厂用水,否则电厂用水不能保证。

5.3.3 各部门的用水量中,尤其是农灌用水不仅量大,往往其提供或规划数据与实际出入很大,故在搜集时需通过多种途径反复调查核实,要从实际灌溉亩数、抽水与引水能力,以往抗旱措施等核实其真正抽引能力,有时在南方一些地区其抽引潜在能力却很大,这都要在调查中加以注意,切忌不加论证分析就用。

5.3.4 当水面蒸发量取自直径20cm~80cm小口径蒸发器皿观测资料时应乘以折减系数,它随蒸发器皿形式及各地气候条件而不同,应选用该地区或邻近地区的蒸发试验数据。

陆面蒸发量不易推求,一般用闭合流域水量平衡方程式估算。

对已建水库的蒸发渗漏损失,通过月初与月末时段蓄水量的变化,并计及降水量、水库放水量和库区工农业直接用水量根据水量平衡方程反推时段损失水量。

5.3.5 水库径流调节计算应把调节年度按统一的水利年划分为蓄水期与供水期。

长系列法算得成果精度较高,但对资料系列要求较高,需25年以上,尽可能插补延长,同时对应来水的长系列用水资料(包括每年逐月农灌用水量)有时难以完整得到,这就限制了它的广泛应用。

目前电力工程水文计算中,从代表性讲往往只算一个设计典型年,显然不够,故规定应选不同分配的典型年2个~3个,从中选用较大库容值作设计库容。

5.3.6 长系列按历时进行多年调节计算,能直接算出设计兴利库容以及水库的蓄水、泄水过程,运用于任何来水、用水(固定或变动的用水)情况。

5.3.7 附加蒸发损失水量是指冷却池中由于电厂温排水进入循环冷却使水体升温,新增加的蒸发损失水量。

5.3.8 此条考虑水库泥沙淤积量对电厂供水库容的影响,关系电厂取水的可靠性。

5.3.9 闸上取水时,从一些电厂工程遇到的闸上最低控制水位变化看,由于大旱年份灌溉用水、闸门检修或管理不善,曾出现破坏原设计最低控制水位的情况,因此须深入调查、分析论证在人为影响下出现比设计最低控制水位还低的可能性。

5.3.11 之所以在进行水源分析时,仍应结合当时水位的实际闸孔过水能力进行分析,是因为引水能力并不都是按保证率为97%枯水位情况下设计的。

5.4 闸、坝下游河流

5.4.1 电厂在闸、坝下游河流取水,有下列几种情况:

1)电厂紧靠闸坝下游附近取水,这时须推算保证率为97%时的枯水年的调节下泄流量与设计最低水位。

2)电厂距闸坝较远,且中间有大支流汇入。此时在推算求出保证率为97%时的枯水年调节下泄流量之后,进行区间枯水组合推算工程点设计枯水流量与设计最低水位。

3)有时,得出区间设计枯水流量后,须根据电厂用水量要求上游水库向下游补偿调节流量,此时要求提出上游水库如何进行补偿调节的方式,同时,电厂工程点也要制定预报调节管理措施,其目的是对水量利用进行节水管理。

5.4.2 如果上游(或下游)有站,可用频率计算求得测站设计枯水流量值,再通过面积比或水量比推求区间设计枯水流量,并适当考虑建库后的影响。

考虑上游站至下游站的传播时间,须错开传播时间相减,否则可能会出现负值等不合理现象。

如果工程点上下游测站在建库前后均有一定的实测资料,但又不足以进行频率计算,可通过水文比拟结合区间调查,分别对建库前后资料求出一个区间设计值,再对工程点与水库之间的区间进行实测和调查修正,最后提出较合理的区间设计值。

5.4.3 与水库内取水的区别在于水库下游要求在水库调节库容和用水量一定情况下推求调节下泄流量,基本方法相同。

5.4.4 当水库调节库容也未定时,通过长系列法的设计保证率调节库容—调节流量曲线选出最佳调节库容和调节流量。

当水库调节库容已确定时,可通过典型年法算出几个调节流量,为保证安全,采用其中较小的调节流量值。

5.5 河网化地区河流

5.5.1 河网地区水源分析应首先对总蓄水量进行保证率为97%时的枯水期水量平衡分析及河段槽蓄水量的估算,判明有多少水量可利用;其次估算自然情况下保证率为97%时的设计年最小流量,若大于电厂取水流量,说明河道断面足够过水,若小于电厂取水流量并不意味水量不足,需推求设计枯水期的河道最大过水能力来检验能否满足电厂取水流量。

5.5.3 按我国平原河网特点,有如下几种类型,不同类型的河网,水源分析采用的计算方法也不一样。

滨海感潮河网如珠江三角洲平原河网,其河流下游直接与海洋相连,受外海潮汐影响,在外海潮汐和上游径流的相互作用下,水流呈不恒定状况。此时的水源分析,若工程点水量丰沛,则需推求设计最低潮位;当需确定取水河段水面线或确定港汊的设计枯水期最大过水能力时,则采用不稳定方程进行数值计算,通过计算机求解。

内陆平原河网如湖北江汉平原,其河流下游与较大的河流相连。河网内的水流状态受上游来水、河网本身的自然条件以及河网水流出口处较大河流的流态、水位等影响。此时的水源分析需考虑工程点受下游大河水流影响,通过推算水面曲线结合各种具体情况进行计算。

独立平原河网如南方的沿江一些圩区,其河流自成一体,或者通过排灌站、或者通过有控制的排水河道与外面的大江大河相连。这种河网的水流涨落往往取决于它本身的排灌能力。此时的水源分析要按河网排灌能力,结合独立河网蓄水量进行水量平衡分析与河道设计枯水期最大过水能力推求。由于此类河网水量有限,往往小型电厂有可能遇到。

联湖平原河网如江浙的太湖流域平原,其河流与大型湖泊相通,河网水流通过湖泊的调蓄,涨落缓慢。其水源分析可简化采用稳定非均匀流试算法推求取水河段设计枯水期河道的最大过水能力。

此外,有的河网还上连湖泊,下通海洋,如浙江的杭加湖平原。由此可见,由于河网本身的几何形态、水流状态以及受上下游边界条件的影响是复杂的,故平原河网水源的计算方法目前还不是很完善,在个别环节处理上尚存在经验性。

5.6 岩溶地区河流、泉

5.6.1 岩溶地区设计枯水分析计算的主要内容是岩溶地表枯水流量,但其水系分布复杂,故可参照天然河流枯水计算途径选用不同方法确定。

5.6.2 流域水量盈亏特征指相邻流域间补给与给出的交换水量,若本流域进入大于出去为盈水;反之则为亏水。在流量相关时要分析和判明设计站和参证站及其相应流域的水量交换情况,对异常的相关点据应多作分析。

5.6.3 当资料短缺时更应加强调查和观测,否则难以确定设计枯水流量。

5.6.4 由于岩溶地区水系分布复杂,往往天然枯水流量特性受到干扰,故本条未强调统一线型。正常情况,岩溶地区河流水量年际变化很小,频率曲线线型较平缓。

5.7 湖 泊

5.7.1 不同湖区的湖泊有不同的水量补给及湖水量变化特点,利用湖泊作电厂供水水源之前,要对湖泊作深入的查勘与分析计算工作,其中主要是通过湖泊的水量平衡计算,确定设计枯水年的湖泊蓄水量变化过程和最低枯水位。

5.7.2 对于不同湖泊的特性分析,应分析计算湖泊特性参数,从而判明湖泊的可利用程度。

湖泊贮水量是表示湖泊蓄水能力大小的一个指标。其估算方法视资料的不同,可分别选用下列方法估算相应于湖泊平均水位下的贮水量:

1)有实测湖盆地形资料时,按水位—容积曲线求取相应于平均水位下的湖泊贮水量。

2)有水深资料时,可算出平均水深后,再乘以计算的湖泊面积求得贮水量。

3)缺乏水深测量资料时,可按省(区)将湖泊进行分类,用类型相近的已知湖泊水深,再比拟推算各类湖泊的贮水量。

湖泊面积为湖泊最高水位下的水面面积。对地形图进行湖泊面积计算时,计算的相对误差控制在1%以内。并要考虑到湖泊面积随自然条件的变化和人类活动影响而有增减的情况,对搜集的湖泊水下地形图应了解测绘年代与其后湖泊变化程度,若变化大,应对计算面积作适当修正。

湖泊长度为沿湖面计算湖岸上相距最远两点之间的最短距离,根据湖泊形态的不同,它可能是直线或折线长度。

湖泊平均宽度是湖泊面积与湖泊长度之比。湖泊最大宽度是近似垂直于长度线方向的相对两岸间最大距离。

湖泊平均深度是湖泊容积与相应面积之比。

湖泊补给系数是湖泊集水面积与湖泊面积之比值。此值大,表示注入湖泊的河流一般源远流长,湖泊水位的年变幅也大,可供比较分析同一区内湖泊补给特性的差异。

湖泊的换水周期表示湖泊贮水量被年平均入湖流量完全替换所需要的时间。换水周期短,说明入湖径流量大,湖水一经利用,能很快得到恢复,而不会引起生态环境的恶性循环;反之,则不然。

5.7.5 在我国东北、西北和西南地区,有些湖泊是闭塞型的,其水量变化从多年情况看是平衡的,利用这种湖泊作为电厂水源时就可能破坏它的天然平衡,这时应从不同湖泊的具体情况,减少水量自然损失来弥补电厂水量消耗,使湖泊在新的条件下重新达到水量平衡,为电厂提供可靠水源,此时湖水位不再下降,称之为平衡水位。

5.7.6 干旱地区的湖面蒸发量变化很大,故要慎重选用。

5.8 水利工程设施和工农业用水、 排水对水源的影响

5.8.1 对城市化地区的一些大型工矿企业的用水量特性应进行详尽调查。城市对枯水流量的影响,既取决于当地供水与废水排水系统的特点,又取决于该区域的气候与水文地质条件。

对人类活动的影响,不分阶段、不作具体分析笼统扣去是不合理的、不合适的。人类活动的影响方式,在流域中的表现往往不是单一的,有直接影响,如灌溉、水利工程的调节运用、跨流域调水等,其影响呈突变型;有间接影响,如土地利用、耕作制度改变、河流治理、城市化等,通过改变局部地区气候和下垫面结构影响水文循环的各个要素,其影响呈渐变型;还有一种影响是随机的,没有规律的。可见人类活动对枯水径流的影响表现方式是多方面的,在时间、空间上影响强度不同,加之遇到的具体问题各种各样,所获得分析资料又往往不够齐全,这些都给实际分析工作带来很多困难。

5.8.2 农田灌溉是一个水量利用率很低的巨大用水户,在一些缺水地区,是与电厂用水有矛盾的主要用水户,农作物的需水量随不同的土壤状况、农业技术以及气候特点而变,尤其干旱年份对枯水径流的影响最大,有的地区在河道中节节打坝截流灌溉造成断流。对农灌用水应深入调查,同时农灌取水方式在我国也多种多样,应作细致调查。

5.8.3 通过修建水库进行流量调节,改变了下游枯水径流,其影响程度视工程目的以及调节程度而异,极为重要的是水库的运行方式以及它相对于工程取水口的位置。

如果水库库区渗漏严重,就会增大下游的枯水径流。一般引水拦河坝对枯水径流的影响视入流量而异。水力发电通常增加枯水径流,调节控制时间越长,影响更显著。

跨流域调水建造水库及其输水系统的目的,不仅使河川流量在时间上重新分配,而且改变其空间分布,通过水库的组合,将减少输水流域的枯水径流,增大受水流域的枯水径流。

故分析水利工程调节对枯水流量的影响,应详细调查、搜集有关水利工程设计指标、运行特性以及设计基本资料进行综合分析计算。

5.8.4 渠化后的水流变化完全取决于闸的调度管理和运行方式,反映在水位流量过程线上,即上下突变和跳动。渠化河道上测站实测成果,并非全系天然枯水径流,缺乏一致性,应根据现有水文资料、船闸开启、运行检修记录和实地调查分析对比,予以整理并消除人为影响后作计算,然后再考虑对设计值的影响修正。

5.8.5 目前有各种不同的方法和途径用来分析和计算水文情势人为改变的影响,主要有实验流域水文模型、流域水文模型数学模拟和水量平衡法。

电力工程实际水源分析工作中,经常遇到各种各样综合利用的水利工程的调节影响,而且往往不是单一措施影响,常用基本方法深入调查,进行水量平衡,估算工程点的设计枯水流量。当一般计算不能解决问题时,尚需依赖流域水文模型数学模拟等途径,例如水库影响问题等。因各种估算方法的成果往往差异很大,故最终应深入进行多方面成果合理性分析检查。

6 年径流计算

6.1 一般规定

6.1.1 年径流资料系列可靠性的审查,对流量着重水位—流量关系曲线的率定,对水位着重水准基面、水尺零点高程的变化,对解放前的水文资料应予重点审查。对系列一致性着重分析年径流系列形成的条件,有无明显增大减小的趋势,如流域人类活动影响显著则一致性破坏,此时须对受影响的系列进行还原修正。

还原计算的方法要视具体情况而定,一般都以水量平衡原则为依据。

年径流代表性分析是在径流系列还原修正的基础上进行。

6.1.2 年径流计算一般采用天然径流系列,如果系列中包含有还原计算的,则分别列出实测径流和还原后天然径流两种系列。

在水文水利计算中,年径流选样以水利年度划分,根据水利调节计算的需要来确定分界,一般以水库蓄水开始为起迄点。

6.1.3 年径流计算成果的合理性分析内容有年径流推算方法的评价、统计参数的地区协调分析、多种方法推算成果的比较论证、考虑人类活动影响后成果的合理性论证分析。

6.2 年径流的还原计算

6.2.1 考虑人类活动影响后的水文计算成果,应将资料修正到未来的规划水平上,再进行水文频率计算,求得各项设计值。

在实际工作中,一般分两步进行,首先是对实测系列作一致性修正,一般是修正到流域大规模治理以前的同一水平上,即“还原”(我国各地流域治理工作一般是从1958年开始的);其次是按照规划的治理水平,对各种水文设计特征值进行修正。

6.2.2 一般情况下,农灌用水的净耗水量是还原计算最主要的项目,应详细计算。跨流域引出水量为直接还原水量,即引出多少还原多少。兴建水库之后,由原来的陆面蒸发变为水面蒸发,蒸发损失增加,这部分损失水量,在我国北方干旱地区是不能忽略的,而南方湿润地区,由于水面和陆面的蒸发差值不大,可略去不计。

6.2.3 还原计算方法的选择还应考虑计算精简,工作量少,且计算精度符合要求。

此外,尚有退水曲线法。

径流还原计算成果可从以下几方面进行合理性检查:

1)检查选用的单项指标;

- 2)上下游、干支流及区间水量平衡检查;
- 3)用径流深和降雨径流关系检查;
- 4)各种影响因素的序列对照及统计参数检验。

还原计算所需的基本资料可通过现场调查、向有关部门搜集以及查阅当地水资源手册与图集等方式搜集。

6.3 系列代表性分析

6.3.1 目前多数水文站的径流系列均不长,直接采用设计站的径流系列进行系列代表性分析有实际困难,通常是借用气候一致性和下垫面相似性的长系列测站的径流资料、或其它有关水文气象要素长系列资料间接分析。同时设计站径流系列的插补延长工作,亦应在系列代表性分析的基础上进行。

年、时段径流系列要求具有足够的代表性,即要求资料系列尽量包括一个完整的丰、平、枯水周期。

6.3.2 选择参证站作对比分析时,要注意设计站与参证站之间气候与径流补给条件相似。

对比分析的基础是认为长系列比短系列有更好的代表性。

6.3.3 如本流域有比径流系列更长的面雨量资料,也可通过面雨量长短系列对比,分析短系列的代表性,这是就降水补给的径流而言。对于冰雪融水补给的径流则要用诸如气温等其它气象资料来对比分析。

6.3.4 通过调查访问和查阅文献,分析本流域径流丰枯交替的规律和大致周期以判断代表性。

6.3.5 此时应尽可能通过多种途径进行地区统计参数协调和成果合理性分析,需要调整统计参数时,由于资料不足应注意偏安全考虑。

6.4 年径流资料的插补延长

6.4.1 年径流资料系列要有连续30年以上资料,不足要插补延长。因为我国多数河流的水文站实测径流资料目前已积累有30年,故定频率分析计算其系列不小于30年。

虽有30年资料,但系列不连续或代表性不足时,可根据资料条件,选用多种插补延长方法对年径流系列进行延长。

6.4.2 主要方法有径流量相关、降雨径流相关、水文比拟法以及流域模型推算。流域模型虽然还需完善,近年已逐渐应用于电力工程水文计算。

用雨量资料系列,通过流域模型计算径流系列是一种很有前途的方法,所以将它列为插补径流系列方法之一。

对年降雨径流相关线,要从物理成因上进行合理性检查,特别是外延部分。对于干旱地区此关系不密切。

6.4.3 水文比拟法是从分析径流的气象和自然地理条件相似性,采用一些比较简单的关系插补延长设计断面径流系列的方法。此法关键在于选择恰当的参证流域,其主要影响因素应与设计流域接近。

6.4.4 关于相关同步系列的要求和插补延长年限规定,只是强调插补延长的年限应视参证站资料条件,相关插补精度和满足系列代表性的要求而定。

6.5 年径流分析计算

6.5.2 对有些无法插补的缺测年份,经分析并非为特丰或特枯水年时,该系列仍可当作连续系列使用。对调查历史枯水年或需按特小值处理的实测枯水年,经考证确定其重现期后,仍采用数学期望公式计算经验频率。

6.5.3 由于人类活动造成断流或变为潜流的,应通过调查分析改正。

6.5.4 移用参证流域的降雨径流关系时,用设计站干旱年的降雨量查设计流域的年径流,其月分配过程可按年径流同倍比缩放求得,也可参照6.4.3条水文比拟法推求设计年径流。

使用年径流参数等值线图时,如设计流域不闭合,则不宜直接查用。

6.6 冰雪融水补给和岩溶地区的径流计算

6.6.1 在冰雪融水补给地区河流的基本特征是径流补给来源的多样化,其河流动态特征与径流成因明显不同于降雨补给型,受气温变化影响大。我国大陆性冰川主要分布在西部山区,是在干冷的大陆性气候条件下形成的,其特征是消融缓慢,靠巨大的冰储量维持运行。

岩溶地区河流的基本特征是流域不重合,具有地表和地下两个水系、两个分水岭、两个流域的“二元结构”,其径流有其特殊的规律性。

6.6.2 在对冰雪融水补给的河流进行径流分析计算时,应尽可能调查和搜集针对冰川的物理特性和冰雪融水对河川径流影响的资料。

6.6.3 可根据设计流域或相似的邻近流域有较大冰川末端的水文测流点实测径流资料,按面积比法估算出设计站以上各条冰川总的冰川融水径流量。

6.6.4 可选择设计流域邻近地区有较长的探空资料站(单站或群站)进行统计。

6.6.5 当人工融冰化雪是在冰川末端冰舌范围内进行时,增加的融水量对冰川径流的年际、年内分配均有影响。

人工融冰化雪河段有水文站控制时,可用分割径流过程的方法,粗略估算人工融冰化雪水量。

当缺乏实际水文资料时,冰川湖的溃决水量及其过程可通过对靠近坝址的河段进行洪水调查而初步估算。必要时测量湖区蓄水地形,了解溃决断面,估算蓄水总量和最大泄水能力,并与下游洪水调查成果相印证。

6.6.6 由于不同的河段,不同的月份,径流形成的水热条件和径流组成比例不同,因此径流插补延长的方法和选用的参数也有所不同。基本采用径流与径流相关的方法。参证站宜选择流域冰川覆盖率、径流组成、流域坡向、干旱程度等较为相似的测站。

6.6.8 某些受冰川融水影响的混合补给河流, 由于值较小, 经验频率点据变幅不大, 但遇到个别丰水年点据高挂, 采用皮尔逊Ⅲ型曲线或其它线型适线时, C_S/C_V 倍比变动于2倍~6倍之间。

6.6.9 充分利用已有的区域水文规律性, 可从相邻流域间冰川融水对径流影响的分析比较, 相邻流域间积雪融水对径流影响的分析比较, 上、下游径流参数的比较, 天气类型和水、热条件的分析等方面进行成果合理性分析。

6.6.10 在岩溶地区特别是裸露岩溶区建工程时, 多数情况下, 径流计算不能简单地采用闭合流域水量平衡方程, 应考虑本流域与相邻流域间水量交换, 按非闭合流域水量平衡方程式计算设计径流。

6.6.11 由于种种原因, 岩溶地下水的补给、贮运和排泄条件会有改变, 导致径流组成发生变化, 使径流系列不具备一致性。

1) 根据水库资料进行水量还原计算时, 如库水位变动范围内有较大的地下库容, 需对由地形资料求得的库容曲线进行检验修正。当设计流域水库库区在建库前属补给段或漏失段, 建库后经过防渗处理时, 需要估算影响量即还原水量。影响量计算式为:

$$W = W' - \Delta W \quad (2)$$

式中: W ——建库后经防渗处理后的影响量;

W' ——建库前的补给量(或漏失量);

ΔW_0 ——经防渗处理后的补给量(或漏失量)。

W' 和 ΔW_0 通过调查估算。

当邻近流域修建水利工程而影响设计流域来水条件时, 可仿照上述方法或通过调查分析估算其影响量。

2) 对于给水工程的影响, 应通过现场调查, 查明影响的范围和程度, 并收集实际的供水过程和供水量以及供水量的逐年变化情况; 对于矿山坑道排水工程的影响, 应通过现场调查, 查明泉水变化情况和缺水程度, 并搜集排水过程的观测资料、排水量及排水量的逐年变化情况。

3) 对于地震的影响, 应根据地震前后岩溶地下水补、排关系改变情况调查确定; 对于山洪泥沙堵塞原有落水洞的影响, 应通过调查确定。

各项影响量的估算, 可利用枯水径流的变化资料进行检验, 还可采用分割基流和退水曲线的分析, 进行综合分析比较。

6.6.12 径流相关时, 还要考虑不同水位(流量)条件下, 区间补给或漏失量可能发生的变化对相关线的影响。

降雨径流相关时, 对点据要结合流域水量盈亏特性认真分析, 切忌不加分析地怀疑雨量资料的可靠性。

6.6.14 这里不提统一线型, 而是从流域实际情况出发。

6.6.17 岩溶地区年径流设计成果的合理性检查, 可从下列几方面进行:

1) 设计站不同时段的径流参数比较。对于岩溶地下水占较大比重的设计流域有如下两种情况:

当岩溶地下水的年内变化与河川径流变化一致时, 不同时段的径流统计参数大小决定于不同时段的交换水量大小。

当岩溶地下水的年内变化与河川径流变化不一致时, 如果两者能互相补偿, 则各时段的 C_V 变化较小。

2) 与上下游站径流参数进行比较时, 不能简单采用上下游水量平衡法, 而应该从调查分析区间水量盈亏特征出发来分析参数变化。

与相邻流域径流参数进行比较时, 也可参照上法, 但要考虑到径流参数地区变化的合理性。

3) 降雨径流对比分析。由于岩溶地下水的补给面积很难确定, 因此常利用雨量资料和分析所得的径流系数。

4) 利用径流参数等值线图分析。各省区现有的径流参数等值线图是以闭合流域为基础编制的, 因此, 不能直接用此图检查设计流域成果的合理性, 应在判明设计流域盈亏特征及计算交换水量后, 分别作修正计算, 而后进行设计流域与邻近流域相应参数比较。

7 地下水水文计算

7.1 一般规定

7.1.1 在火电建设中供水水源是重要的建厂条件, 在我国东北、华北、西北地区 and 苏、鲁、豫、皖的煤矿资源丰富的地区, 是火电基地建设的重点, 但多处于干旱、半干旱地区, 电厂供水水源主要靠地下水。

大气降水、地表水与地下水之间相互转化的关系, 决定了在一些地下水水源勘测中, 水文气象和水文地质两个专业在评价地下水资源方面必须紧密结合, 在计算成果上互相验证、互相补充、综合分析研究, 才能获得比较全面的、正确的和合理的结论。

水文专业配合供水水文地质勘探主要是进行地下水资源评价、论证电厂水源的可靠程度。

普查阶段主要就水源条件, 通过搜集资料和现场调查分析及简易水文测验, 作出定性判断, 提出电厂水源的可靠性。

详查阶段是在普查工作的基础上, 进一步搜集资料, 并进行水文调查, 必要时进行适当的水文测验工作, 建立地下水动态观测站。提出在现状开采和规划开采条件下的地下水剩余资源量, 论证电厂水源的可靠性。并根据评价区地下水资源量的条件和综合水量平衡状况, 提出详查阶段结束后进行地下水动态观测的必要性、范围、内容及工作量。

勘探阶段是在详查工作的基础上, 继续对评价区地下水动态进行监测, 一方面延长系列掌握动态变化规律; 另一方面对详查成果进行验证。同时配合大型抽水试验进行水文观测, 了解地表水与地下水之间的水力联系。并对勘探阶段结束后是否继续进行地下水动态观测提出意见。

开采阶段水文工作主要进行开采条件下的水文观测, 掌握开采前后地下水与地表水之间的变化, 并论证电厂水源在开采条件下的可靠性。

水文工作的重点应放在普查和详查阶段, 主要评价地下水资源量及在目前和规划开采条件下地下水的剩余资源量, 论证电厂水源的可靠程度。关于地下水动态观测应根据评价区的水文地质条件及工农业用水状况提出观测的范围、内容和工作量, 以达到延长系列、验证评价成果的目的, 并对电厂运行及开采提出意见。

7.1.2 这些原则是:

1) 考虑任务书的要求。地下水水文计算内容取决于水工专业与水文地质专业提出的任务书的内容, 因此水文勘测工作的范围, 内容与工作量应以满足上述任务书的要求为原则, 并根据任务书安排其工作的范围及工作量。

2) 考虑不同水文地质勘测阶段的工作内容。普查阶段是以搜集资料为主, 必要时配合简易水文测验。详查阶段则以水文调查及水文测验为主, 设立地下水动态观测站, 建立上下游流量相关关系, 转移水文站长系列水文资料。在此基础上进行水文分析与计算, 提出有关地下水资源量的定量依据资料。

3) 考虑地区开发程度的不同。要充分利用评价地区已有的研究成果和区域规划资料, 合理确定水文勘测工作的范围、内容和工作量。但在使用地区研究成果时, 要对其合理性和可靠性进行分析后方可采用。

4) 考虑水文及水文地质条件的复杂程度。例如山间河谷盆地的闭合程度、岩溶山区的补给、径流和排泄条件的复杂程度, 傍河取水地区地表水与地下水之间水力联系的密切程度, 评价区地表分水岭与地下分水岭重合程度及工农业用水开发程度等。因此在制定勘测大纲以前必须了解和掌握评价区的水文及水文地质条件、地下水的补给、径流和排泄条件、“三水转化”的机理, 工农业用水现状及规划情况, 评价区地表水与地下水均衡状况等。

5) 考虑水文观测系列的长短。考虑灌区及上下游水文站, 观测系列的长短和精度。

6) 考虑需水量的大小。鉴于今后电站向大机组、大容量过渡, 需水量将越来越大, 当天然径流量与需水量相当时, 其工作量应考虑充分和完善, 以使成果有充分的依据。若天然径流量较电站需水量大得很多, 那么工作量可以适当安排即可。

7) 考虑地下水资源量的计算方法。应根据评价方法安排工作量, 以保证计算方法中某些参数和系数的合理确定。

7.1.3 在供水水文地质勘探中, 水文气象专业进行地下水资源评价是在一些特定的水文地质条件下进行的, 因此正确划分评价区的类型是正确计算和评价地下水资源量的前提。

根据火电建设供水水源地的分布特点, 按地形地貌特征和取水方式, 分山间河谷平原或山间盆地、岩溶山区和傍河取水等类型。这些类型各具有下列不同的特征:

1) 山间河谷平原地区。山谷开阔、四周被群山环抱, 多呈椭圆形或扇形, 河流在其间发育, 第四纪松散沉积物较厚, 河谷宽长, 多呈条带状平缓地形, 称为山间盆地。地下水类型以第四系孔隙水为主。受水文地质条件的制约, 按地下水排泄条件可分为全排型和部分排泄型的水文地质单元体。例如, 河北省张家口地区的柴沟堡—张家口—宣化盆地是一个全排型的山间盆地, 盆地内的地下水在盆地出口全部排泄于地表、补给洋河; 又如北京市东部平谷盆地是一个部分排泄型的山间盆地, 盆地内地下水一部分溢出地表, 一部分通过盆地出口第四系沙卵石层排向下游, 另一部分则通过边缘山区的基岩裂隙排泄。

2) 岩溶山区。指由可溶岩构造的山地, 多呈裸露型、半裸露型或隐伏型。地下水类型以岩溶水集中出露为主。

由于可溶岩受水的侵蚀、冲刷作用, 因此, 地下水的补给、径流和排泄的条件复杂, 地表水与地下水分水岭不尽一致, 并且地表水与地下水转化频繁。根据水文地质条件, 按地下水的排泄条件也可分为全排型和部分排泄型的水文地质单元体。

3) 傍河取水类型的水源地。电厂水源地位于一个水文地质单元的一部分, 地表起伏小, 地面切割微弱, 河漫滩宽广, 第四系松散沉积物较厚, 且富水条件和透水性能好的宽广平地, 河流在其间发育, 评价区没有明显的边界条件, 地下水类型以第四纪孔隙水为主。地下水的补给主要是大气降水入渗补给和地表径流垂直入渗补给。

水文地质类型区的划分, 反映了地下水的贮存条件与分布, 运动规律不同的水文地质类型区有不同的地下水补给、径流、排泄条件和地下水动态特征, 也决定了不同的评价方法。

7.1.4 对于具有较好的封闭条件, 可以构成独立的水文地质单元, 在盆地的下段或出口处, 地下水全部溢出地表, 以泉水的形式补给河川基流量。在这种情况下, 研究和评价泉水溢出量, 基本代表该单元体内的地下水剩余资源量, 用于分析电厂用水的可靠性, 是一个较直观, 又简便宜行的方法。

地下水资源量, 不仅随时间而变, 而且与开采条件有关, 因此所计算的地下水资源量必然与时间、开采水平和条件有关。所以条文中规定地下水资源评价对象必须以现状和规划条件作为评价基础, 研究和评价在现状和规划条件下可供电厂开采的水量。

条文中的补给项及排泄项是以地下水面作为地下水补排划分的原则。在补给项中, 地表径流入渗补给量包

括评价区内,地表径流在评价区汇流中入渗补给地下水的水量;灌溉入渗水量是灌溉评价区内农田以后补给地下水的水量;灌溉回归水量是在评价区内开采地下水后灌溉农田回渗地下水的水量。在排泄项中地下水溢出量即河川基流量是通过河川基流分割求得,它已经是还原后的水量,无须进行评价区内灌溉引水量的还原。

在进行山间盆地地下水资源量评价时,不但要注意地下水各种补给量和排泄量的确定,而且还要注意地下水重复利用量的确定。地下水重复利用量是指那些本来是地下水,被人们开采出来或受水文地质条件制约从地下溢出来成为河川基流量,后来被引灌溉农田回归地下重复利用的水量。它包括灌溉回归水量、引评价区河川基流量灌溉回归量和引评价区内水库蓄水中那部分河川基流量灌溉回归量。

在进行山间盆地补排均衡计算时,应结合评价区的水文地质条件确定各项补给量和排泄量的计算方法。特别是有关越流补给与排泄、边缘山区侧向补给与排泄,必须征求水文地质专业的意见来确定。

7.1.5 评价内容是那些具有较大调蓄能力的、地下水位年际变化较小的山间盆地(或山间河谷平原区),评价的基本方法是水均衡法,其计算时段一般采用多年平均或枯水年组平均的补给量和排泄量来评价。对调蓄能力较小,地下水位年际变化较大的盆地,计算时段除计算多年平均或枯水年组平均外,还要考虑这些补给量和排泄量逐年、逐月变化过程,考虑评价区是否具有足够的调节能力保证电厂供水。因此计算时段可视调节能力按枯水期、最小月或旬进行评价,还可以按 $P=75\%、90\%、95\%、97\%$ 不同保证率年份的平均值进行均衡计算,评价电厂在相应保证率年份供水的可靠程度。

7.1.6 以岩溶大泉集中排泄的岩溶山区的评价内容,主要是以研究和评价泉水溢出量作为岩溶山区的剩余资源量。而这些溢出量是以已有上下游水文站历年水文资料作为分析计算的基础,因此它反映水文站实测系列期间开采条件下的剩余地下水资源量。由于这种资源量只能反映过去,而不能反映未来,所以在进行电厂水源地用水量可靠性分析时,还应考虑未来开采条件下剩余地下水资源量的变化,对电厂水源的安全运行带来的影响。

7.1.7 傍河取水类型的水源地的评价内容,设计时段长短的确定,应以水源地地下水库调节能力的大小为准,对于各项补给量原则上应以最枯三个月、逐月或旬的平均补给量进行评价,并在此基础上进行补排均衡计算,分析电厂水源的可靠程度。

条文中所提评价区上游人类活动对天然径流的影响,是指上游规划中的水库、提水设施、引灌能力及跨流域引水等水利措施。

条文中地表径流入渗补给量应在还原后的天然径流的基础上,考虑上游现状和规划用水后的剩余地表径流量,再进行地表径流入渗补给量的计算。

7.2 计算参数的确定方法

7.2.1 计算参数的确定原则它不同于水文地质专业的参数来源,主要选自水文系统的试验、观测和研究成果,用水资源水文学的方法及有关资料来确定。这样的计算结果可以同水文地质专业的计算成果对比,起着两个专业成果相互验证的效果。

7.2.2 条文中式(7.2.2-1)是用均衡场地中渗透仪测定不同地下水埋深、不同岩性和不同降雨量条件下的 α 值。该公式通过推求次降雨入渗补给量后,来推求年降雨入渗补给系数 α_y 。

分析 α 值应选用具有较长系列资料的长观井(长期观测井)。受抽水、灌溉以及侧向径流影响的长观井资料不宜用,否则应注意修正。与生产井结合的观测井,要考虑停抽后动水位回升对 Δh_e 的影响。在选取水位升幅 Δh_e 计算 α 值时,必须绘制地下水位动态过程线,在图中标出各项降水量及其发生时间,地下水开采量及开采时间等,不得仅按水位观测记录数字进行演算。

目前地下水位长观井基本上是5日观测一次,往往漏测地下水位峰谷值,需要进行修正。修正方法:用5日观测资料计算的年降雨入渗补给系数(用 α_5 表示)乘以修正系数 K'' ,即得实际的 α 值,即 $\alpha = K'' \cdot \alpha_5$ 。修正系数 K'' 是根据逐日观测或自记水位计的观测资料,分别先用逐日(或自记水位计)观测资料算出年降雨入渗补给系数 α_y ,并用同一资料算出 α_5 ,则: $K'' = \alpha_y / \alpha_5$ 。

条文中式(7.2.2-2)是通过年内各次降雨后地下水位升幅 Δh_e 之和与变幅带的给水度来推求年降雨入渗补给系数 α_y 。该方法是大面积上确定 α 值的最基本、最常用的方法。单站选取多年平均值,分区则用各站点的算术平均值或面积加权法取值。有条件的地区,尽量作出不同岩性地区的降雨入渗补给量 P_r 、地下水埋深 Δ 、降雨量 P 之间的关系($P_r - \Delta - P$)曲线推求 α_y 和 P_r 值。

在西北干旱地区,一年内仅有几次较大的降雨对地下水有补给作用,称有效降雨,其相应的 α 值称为有效降雨入渗补给系数 α_{yc} 。它是通过年内降雨入渗补给地下水的水量之和($\mu \Sigma \Delta h_e$)与年内各次有效降雨量之和(P_{yc})之比求得的。计算公式为:

$$\alpha_{yc} = m \Sigma \Delta h_e / P_{yc} \quad (3)$$

α 值受多种因素的影响,定量与分区都要综合考虑岩性、地下水深、降雨量、地形地貌、植被等因素。

我国一些地区降雨入渗补给系数的试验成果,详见有关计算手册。

7.2.3 给水度 μ 值是指饱和岩土层在重力作用下自由排出重力水体积与该饱和岩土层相应体积的比值。确定 μ 值的方法有地下水动态资料分析法、抽水试验法、地中渗透仪测定法和实测开采量法等。

分析表明,地下水埋深 Δ 一般在小于2.5m时,相关关系较好。不同地下水埋深的退水段都要摘取计算点

据;一次退水过程只能取1~2个计算点据;总计算点据应在15个以上;退水水位差不宜过大;消退时间不宜过短,一般在10天以上为宜。在分析计算时,应注意分析岩性变化和不同植被对 μ 值的影响。在选择长观井时,要注意其在面上的代表性。

条文中式(7.2.3-4)适用于地下水埋深较大,潜水蒸发量可忽略不计,且受灌溉入渗、侧向径流、河道补排的影响十分微弱的井灌区。在选取计算时段时,应注意避免动水位的影响,一般可选取开采强度大、开采前后地下水位观测值稳定、且具有较大降幅的集中开采期分析,以提高计算精度。

在含水层满足均匀无限(或边界条件允许简化)的地区,可通过抽水试验测定给水度 μ 值。也可通过均衡场地中渗透仪或特制筒内饱和土柱的排水试验,直接测定 μ 值。试验方法和计算公式可参阅有关专业书籍。

由于岩土组成与结构的差异,使给水度在水平方向和垂直方向变化较大。目前 μ 值的试验研究与各种确定方法存在一些问题,主要是点据资料的代表性、开采量的精度、动水位的影响等,都影响 μ 值的计算精度。因此规定应至少采用两种方法计算,互相对比验证,并结合相邻地区采用值进行综合分析、合理定量。 μ 值的选取要参照0m~4m, 4m~8m的岩性,若地下水变幅带存在多种岩性时,应按厚度取加权平均值,并结合评价区的岩性分布、分区确定 μ 值。

国内几个典型土壤剖面 μ 值的测定成果、不同岩性给水度的经验参考值和国内几个地区松散层潜水位变动带 μ 值的计算成果,详见有关计算手册。

7.2.4 潜水蒸发是指蒸发的水源来自潜水,潜水蒸发系数 C 是潜水蒸发量 ε 与水面蒸发量 ε_0 的比值,即 $C=\varepsilon/\varepsilon_0$ 。影响潜水蒸发量的主要因素是地下水埋深、气象条件、岩性条件和植被条件等,因此在确定 C 值时,必须考虑这些因素的影响。

1)地下水埋深。潜水蒸发随地下水埋深而变。一般情况是埋深愈小,潜水蒸发愈大;反之愈小。但实验资料表明, C 随埋深的增加并不呈单一递减关系。 C 的最大值不是在 $\Delta=0$ 处,而是在 $\Delta=0.2\text{m}$ 左右,由0.2m开始 C 随 Δ 的增加而减小。在点绘潜水蒸发量与地下水埋深关系时,经验点据不应点在起始埋深处,而应点在起始与终止埋深的平均处。例如,日潜水蒸发量应点在本日起始地下水埋深与本日最终地下水埋深的均值处。

2)气象条件。一般地说,同一地下水埋深的潜水蒸发量随水面蒸发量的增加、气温和地温的增高、风速和水汽压力差大以及空气相对湿度的降低而增大,随降雨量增加而减少。在岩性、毛细管力和潜水埋深相同条件下,气象因素将直接影响潜水蒸发强度的大小。在诸多气象因素中,水面蒸发量的大小能反映其它气象因素,因此在建立相关关系时,气象因素一般只选择水面蒸发量 ε_0 。

3)岩性条件。不同岩性具有不等的毛细管上升高度与输水能力。粘性土的粒径小,毛细管上升高度大,但输水能力弱,所以潜水蒸发量小;中等粒径的亚砂土的毛细管上升高度小于粘性土,但输水能力强,故潜水蒸发量大;粒径大的砂粒石的毛管上升高度小,输水能力也差,故潜水蒸发量小。因此在研究和确定 C 值时应分不同岩性进行选择。

4)植被条件。作物是影响潜水蒸发量的一个重要因素,有无作物,直接影响到潜水蒸发量的大小。一般情况下,有作物的潜水蒸发量比无作物影响的潜水蒸发量要大。不同作物种类,同一作物不同生长期对潜水蒸发的影响程度也不同。在华北及黄河流域的平水年,小麦需水量为 $250\text{m}^3/\text{亩}\sim 400\text{m}^3/\text{亩}$,玉米需水量为 $150\text{m}^3/\text{亩}\sim 200\text{m}^3/\text{亩}$,棉花需水量为 $350\text{m}^3/\text{亩}\sim 500\text{m}^3/\text{亩}$ 。需水量大,植物蒸腾大,潜水蒸发量大。因此在研究和确定 C 值时,应分析不同植被条件进行选择。

目前,国内在计算潜水蒸发量时,通常采用仪器实测法和经验公式法。一种方法是根据均衡试验场中通过仪器实测成果,经过分析确定 C 值;另一种方法是选用经验公式。不论采用那种方法,都必须经过分析论证,合理确定 C 值。

在有条件时,可根据工程需要设立潜水蒸发观测点,采用地中渗透仪测定潜水蒸发量。

国内一些地区径流试验场的试验成果,详见有关计算手册。

7.2.5 灌溉入渗和灌溉回归是两种不同的概念。引地表径流灌溉入渗对地下水是一种补给水源,而灌溉回归是地下水的一种重复利用量。影响灌溉入渗和灌溉回归补给系数的主要因素有灌溉定额、地下水埋深、岩性、植物种类及其生长期、气象等因素。各种影响因素对灌溉入渗补给系数 M_1 的影响,与这些因素对降雨入渗补给系数的影响极为相似,因此 $M_1-W_0-\Delta_0$ 的关系形式与 $\alpha_0-P_0-\Delta_0$ 相一致。 $M_1-W_0-\Delta_0$ 的关系有以下几个特点。

1)对于任一灌水量都存在一个最大的灌溉入渗补给参数 M_{1m} ,称 M_{1m} 为次最佳灌溉入渗补给系数。 M_{1m} 对应的地下水埋深 Δ_{om} ,称次灌溉入渗补给地下水的最佳埋深。不同的灌水量有不同的 M_{1m} 与 Δ_{om} 。

2)在灌溉水量 W_0 相同的条件下,当 $\Delta_0=0$ 时, $M_1=0$; $\Delta_0=\Delta_{om}$ 时, $M_1=M_{1m}$ 。当埋深很大时, M_1 趋于零;当埋深由零到最佳埋深范围内, M_1 递增;当埋深由最佳埋深增大时, M_1 递减。

3)埋深相等时有两种情况,当埋深较浅时, M_1 随 W_0 的增加而减小;埋深较深时, M_1 随 W_0 的增加而增大。

由于 $M_1-W_0-\Delta_0$ 关系的存在, 因此在确定 M_1 时, 不仅要考虑 W_0 , 而且还要考虑 Δ_0 。

灌溉入渗补给系数可分为次灌溉入渗补给系数及年、多年平均灌溉入渗补给系数。

次灌溉入渗补给系数是指一次灌水的灌溉入渗补给量与次灌水量之比值, 它是计算年与多年平均灌溉入渗补给系数的基础。

年灌溉入渗补给系数是指年灌溉入渗补给量与年灌水量的比值, 现行的计算方法是把年内每次灌水形成的灌溉入渗补给量之和除以灌水总量; 或者利用次灌溉入渗补给系数以灌水量为权重求得。

显然上述两种现行计算方法都未考虑地下水埋深的影响, 当地下水埋深较浅时, 利用该系数计算的年灌溉入渗补给量可能出现比埋深值还大的不合理现象。因此在计算 M_1 时至少应考虑灌水量与地下水埋深, 建立 $M_1-W_0-\Delta_0$ 关系曲线, 然后按计算降雨入渗补给系数的方法计算 M_1 。

多年平均灌溉入渗补给系数应分现状条件和规划条件进行计算。现状条件是指现有开采、人类活动和自然界的各种情况的综合, 可用以年灌水量为权重的平均法求得, 规划条件则根据评价区不同水平的发展规划, 利用年灌溉入渗补给系数与年灌水总量及年内第一次灌水前地下水埋深的关系, 求得不同埋深的以年灌水量为权重的多年平均灌溉入渗补给系数, 建立多年平均灌溉入渗补给系数与埋深之间的关系。不同的埋深反映了评价区不同开采水平的发展规划的结果。因此多年平均 M_1 随相应开采水平的埋深而变, 其变化的特点是埋深由零到多年平均最佳埋深, M_1 随埋深增加而增大, 最佳埋深对应的 M_1 为最大值, 称之为多年平均最优开采水平对应的 M_1 , 即为多年平均最佳灌溉入渗补给系数。由最佳埋深起, M_1 随埋深增加而减少, 不同的灌水总量 W_0 其对应的最佳埋深不同, W_0 愈大对应的最佳埋深愈大。

原状亚砂土和粗砂的不同灌水定额及埋深的灌溉入渗补给系数 M_1 , 详见有关计算手册。

在取当地地下水灌溉时, 由于灌水定额过大, 或灌水定额不大但被灌土地不平坦, 在低洼处积水过多, 使部分灌水量通过下渗又以重力水形式返回地下, 这种现象称为地下水灌溉回归, 下渗的重力水量称为地下水的灌溉回归量, 把灌溉回归量与灌水量之比值称之灌溉回归系数 β_w 。

应当指出, 开采承压水灌溉时, 承压水的灌溉回归系数为零, 用承压水灌溉对潜水形成的重力水下渗量, 其实质是灌溉入渗补给, 由此可见灌溉回归是对潜水或浅层水而言。

灌溉回归系数一般随 Δ 的增加而减少, 随灌水量的增加而增大。次、年及多年灌溉回归补给系数与灌水量及相应埋深之间的关系也与年及多年灌溉入渗补给系数与灌水量及埋深的关系相似。

灌溉回归系数的确定, 常用与灌溉入渗试验相似的方法, 即灌溉入渗试验法。

7.2.6 灌溉水量在渠系引水过程中的入渗补给量, 称为渠系渗漏补给系数 M 。渠道中的灌溉水量在重力作用下, 以渗流形式补给地下水。当地下水位低于渠底时, 渗流以垂直运动为主; 若地下水位高于渠底但低于渠道水位时, 渗流则以水平运动为主。影响渠系渗漏补给量大小主要有岩性、渠道引水量及地下水埋深等。

确定渠系渗漏补给系数 M 值常用的方法是断面测流法, 通过渠道中一定距离的两个测流断面, 计算 M 值。

无论选用那一种确定 M 值的方法, 都需从评价区实际情况出发, 通过合理比较确定 M 值。

7.2.7 条文中列举的几个水文地质参数都是目前水文气象专业无法定量解决的, 因此由水文地质专业提供更为合适。

7.3 地下水评价计算方法

7.3.1 采用水文学的方法进行地下水的水量评价时, 必须具备下列条件:

1) 首先必须通过搜集、调查等手段掌握评价区的水文地质条件, 确定评价区的类型, 如山间盆地、岩溶山区或平原地区等。不同的类型, 评价的内容并不相同, 此外还通过掌握含水层的特性、分布和边界条件, 地下水的补给、径流的排泄条件, 了解三水转化机理的补给项、排泄项的种类及相互间的关系。

2) 搜集评价区的开采现状及规划资料, 了解评价区开采量及其变化, 对地下水动态的影响, 只有掌握过去、现在和未来地下水开采状况, 才能较好的评价该区域的剩余地下水资源量, 论证电厂水源的可靠程度。

通过搜集评价区地下水溢出量和动态观测资料, 掌握评价区地下水剩余资源量和地下水动态变化的关系, 为今后进行地下水动态预报创造条件。

在进行地下水的水量计算和评价时, 应根据工程实际与水文地质条件确定计算和评价方法。工程实际包括工程规模、需水量大小、供需矛盾状况、地下水溢出量(河川基流量)与电厂需水量的差异等。水文地质条件包括评价区的类型、含水层的特性与分布、边界条件(含与外流域地下水的水力联系)、地下水的补给、径流和排泄条件等。

评价人类活动的影响程度是指影响评价区主要补给来源和激化供需矛盾的人类活动。如上游水库及人工拦截河川地表径流, 评价区工农业开采现状及规划, 评价区水土保持措施增加降水入渗, 外流域引水增加灌溉入渗等, 都需要进行综合评价。

7.3.2 在计算补给量时, 应结合降水和径流过程线, 按天然状态和人类活动影响条件下的情况分别进行。其天然状态就是对人类活动的影响进行还原或修正, 求出不受人类活动影响的天然状态下的地下水补给量; 而人类活动影响就是在天然状态下, 把人类活动影响分不同情况和程度进行分析和计算, 求出人类活动影响对地下水的补给量、排泄量的影响程度。重点研究在各种人类活动影响下的剩余资源量。

由于地下水的开采, 降低地下水位, 因而增加了降雨入渗补给量、地表径流入渗补给量、灌溉入渗(回归)

补给量等, 当这些补给量显著增加, 将对评价区的供需平衡带来影响时, 条文中规定应主要计算开采条件下的补给量、排泄量和剩余资源量, 进行新的平衡计算。

7.3.3 降雨入渗补给量是指降雨通过包气带下渗补给地下水的重力水量, 可分为次降雨、年降雨及多年平均降雨入渗补给量。根据工程实际情况计算相应时段的降雨入渗补给量。

在有降雨入渗补给系数 α 的地区, 可直接采用式(7.3.3-1)计算降雨入渗补给量。根据计算时段的长短来决定降雨入渗补给系数 α 的选择。例如计算年降雨入渗补给量, 应选择年降雨入渗补给系数计算成果; 若计算多年平均降雨入渗补给量, 应选择多年平均降雨入渗补给系数的计算成果, 这就是参数选择的往复一致的原则。

两种降雨入渗补给量的计算方法立足于有降雨入渗补给参数 α 和地下水动态资料。在缺乏地下水长年观测资料的地区, 也可应用水文资料, 以水文学的方法推求流域平均的降雨入渗补给量, 主要有地下水分割法。地下水分割的主要任务是把地下径流与地表径流分割开, 采用地下径流来推求降雨入渗补给量对山区河流是适用的。

降雨入渗补给量在许多因素的影响下, 呈明显的随机性, 它与降雨量 P 和地下水埋深 Δ 呈良好的曲线相关关系。在计算多年平均降雨入渗补给量时, 应当考虑不同的开采水平下, 地下水埋深不同对多年平均降雨入渗补给量的影响, 可采用各年的 $P-\Delta-P_r$ 的关系曲线, 以年降雨量为权重求得各相同年埋深下的多年平均降雨入渗补给量 P_r 。

7.3.4 当河道水位高于岸边地下水位时, 河水在重力作用下, 以渗流形式补给地下水, 称之河道渗漏补给量。若地下水位低于河底时, 渗漏以垂直运动为主; 若地下水位高于河底但低于河流水位时, 渗漏以水平运动为主。影响河道渗漏补给的主要因素有岩性、河道流量及地下水埋深, 这些影响因素的存在及其综合影响的结果, 致使河道渗漏补给量遵循一定的规律变化。从以往的研究成果可知, 河渠渗漏补给量的变化主要取决于河道流量与地下水埋深。在埋深相同时, 河床流量愈大, 一般渗漏补给量亦愈大; 相同流量时, 渗漏补给量随埋深的增加而增大, 当达到某一埋深时, 渗漏补给量达最大值, 这一埋深可称之渗漏补给的最佳埋深。

计算河道渗漏补给量的三种方法, 选用时应根据工程具体情况和资料系列确定。在选用对比观测分析法进行计算河段短期流量对比观测时, 其测验方法、观测期的长短应根据河道流量大小及水文条件而定。一般来说, 河道流量较大时, 测流误差影响成果精度, 不易采用此法。观测期长短应以上下游流量关系及断面水位流量关系好坏为准。在选用水文比拟法时, 必须考虑河段水文及水文地质条件的差异, 包括水位、流量、含沙量、河床组成岩性及地下水埋深等因素的差异, 通过对比相似性分析综合确定。

在计算多年平均河道渗漏补给量时, 应分两种情况计算:

- 1) 在目前地下水埋深条件下, 采用年径流量为权重进行加权平均, 推求多年平均渗漏补给量;
- 2) 在规划开采条件下, 地下水埋深发生变化的情况下, 可根据变化后的地下水埋深, 以年径流量为权重, 推求多年平均渗漏补给量。

7.3.5 条文中式(7.3.5-1)是计算降雨入渗补给量 W_p 和地表径流入渗补给量 W_r 的公式。公式中 P 、 W_1 、 W_2 、 W_r 、 E_{e0} 、 W_{gy} 和 W_g 可以通过评价区内雨量站、水文站的系列资料和调查、搜集及实测来确定, 关键是 W_{ez} 的计算。

W_{ez} 包括下列四项:

- 1) 裸露岩石表面的蒸发损失水量 W_{e1} 。可根据一些流域径流实验站的实验成果计算。
- 2) 第四纪土层陆面蒸发损失水量 W_{e2} 。可根据包气带中水均衡的原理, 通过蒸发计算模型进行陆面蒸发损失水量的计算。
- 3) 植物截留与填注水量中消耗于蒸发的损失水量 W_{e3} 。可根据有关径流实验站提供的资料计算。
- 4) 河道及河漫滩降雨后蒸发损失水量 W_{e4} 。可参照岩面蒸发量 W_{e1} 的计算方法, 用面积比计算。

该公式把降雨入渗补给量 W_p 和地表径流入渗补给量 W_r 合并起来加以推求。曾在河北省张家口地区沙岭子电厂水源勘探工程中试用过, 具体计算柴沟堡—张家口—宣化盆地及沙岭子电厂水源地范围内的 (W_p+W_r) , 取得初步成果, 并通过评价区的补排均衡计算验证了计算成果的可靠程度。

7.3.6 当水库(湖泊、闸坝)水位高于库区地下水位时, 水库(湖泊、闸坝)水体在重力作用下, 以渗流形式补给地下水, 称之水库(湖泊、闸坝)蓄水渗漏补给量 W_{kr} 。计算时段有年及多年平均渗漏补给量。在计算多年平均渗漏补给量时可采用典型年法或长系列时序法。典型年可近似选用70年代接近平水年的资料代替; 长系列时序法可选用包括丰、平、枯水年在内的系列进行计算。

7.3.7 引地表径流的灌溉水经过包气带下渗补给地下水的量称为灌溉入渗补给量。它是浅层地下水的重要补给来源, 是地下水资源计算的重要组成部分, 也是三水(降水、地表水、地下水)相互转化定量关系与地下水排水的重要依据。

灌溉入渗补给量可分为次灌溉入渗补给量和年与多年平均灌溉入渗补给量。次灌溉入渗补给量是计算年与多年平均灌溉入渗补给量的基础。

影响灌溉入渗补给量的主要因素有岩性、灌水定额、地下水埋深等。

次灌溉入渗补给量的确定方法有:

- 1)田间灌溉实验法;
- 2)器测法;
- 3)系数法;
- 4)相关分析法。

在有条件时才能采用第1)、2)种方法确定次灌溉入渗补给量;常用的方法是系数法,是利用次灌溉入渗补给系数计算次灌溉入渗补给量;而相关分析法是根据次灌溉入渗补给量与次灌水量和灌前地下水埋深之间的相关关系来计算次灌溉入渗补给量。这种方法需要大量的实验数据,建立相关关系后才能采用。

年灌溉入渗补给量的计算一般采用下列两种方法:

- 1)年内次灌溉入渗补给量求和法;
- 2)年灌溉入渗系数法。

在计算次灌溉或年灌溉入渗补给量时,应根据次(年)灌溉补给量(系数)与次(年)灌水量和次(年)灌前地下水埋深的相关关系,计算灌溉补给量。

多年平均灌溉入渗补给量的计算一般采用算术平均值,如果开采水平有较大变化时,应该采用各年的灌溉入渗补给量 W_c —灌溉水量 W_{gy} —地下水埋深 Δ 关系曲线,以年灌溉水量为权重推求相同年埋深下的多年平均灌溉入渗补给量。由此可建立不同埋深下的 W_c — Δ — W_{gy} 关系,这个关系说明 W_c 随 Δ 而变化, Δ 在一定程度上反映地下水的开采水平。

列出的计算灌溉入渗(回归)水量的方法,主要是系数法和一些经验公式。在使用时,应考虑这些系数的来源和经验公式的适用条件,参照上述计算原则和具体作法进行计算。

7.3.8 地下水溢出量(河川基流量)是地下水的主要排泄量。分割河川基流量的方法较多,应按人类活动影响程度和补给水源的不同分别选用直线斜割法、加里宁试算法、退水曲线外延法。

水文站点选择的要求如下:

1)水文站所控制的流域应闭合,地表水与地下水的分水岭基本一致。如果不闭合,应考虑对地下水均衡带来的影响。

2)若评价区内有若干个水文站点,应按地形地貌、植被和水文地质条件,选择各种有代表性的水文站点,分别推算,综合平衡,进行合理性检查。

3)应尽可能选用有长期实测流量资料的水文站点。如有困难,所选水文站点至少应具有丰、平、枯典型年在内的10年以上的流量资料。

4)所选用的水文站点,如果其中某些年份实测河川径流受人类活动影响较大,则这些年份的资料不能被选为分割河川基流之用。如调蓄能力较大的水库控制面积超过水文站控制流域总面积的20%以上,水文站控制流域内河道有较大的引提水灌溉或从外流域引水的数量较大且未作还原时,均不能选用。

一般采用直线斜割法分割河川基流量。无明显地表径流的枯季河川径流量,应全部作为基流量。对于连续峰型的洪水过程可采用加里宁试算法分割,但应注意与直线斜割法的成果相互验证。

拐点的确定方法有:

1)综合退水曲线法。根据实测资料,绘制逐日流量过程线,把各次无降水影响的退水曲线绘出,将各个退水段在水平方向上移动,使其尾部重合,作出外包线,即为综合退水曲线。并绘在透明图纸上,将此曲线在欲分割的退水曲线上水平移动,两线的分叉处即为拐点。

2)消退流量比值法。在退水曲线上取连续两点,且时距相等的流量之比值为常数,即:

$$Q_n/Q_{n+1}=Q_{n-1}/Q_n=Q_{n-2}/Q_{n-1}=\dots=e^{-\beta\Delta t}=\text{常数} \quad (4)$$

在分割计算时,如发现比值发生变化,则以比值发生变化的时刻为拐点。

3)消退系数比较法。鉴于地表径流与地下径流有不同的衰减系数 β 值,将河川径流退水段的 $Q-t$ 关系点绘于半对数纸上,则呈现坡度不同的两条直线。坡度大的一段为地表径流,坡度较缓的一段为地下径流。两条直线交点即为拐点。

加里宁试算法是假定含水层的来水量(即河川基流量)与地表径流之间存在比例关系,符合水均衡方程式。式中 β_1 值为比例系数,可用试算法确定,先假定一个 β_1 值,按下式演算:

$$U_1 = Q'_0 / b + b_1(\bar{Q} - Q_g)\Delta t - Q_g\Delta t \quad (5)$$

式中: Q'_0 ——时段初退水流量;

β ——衰减指数;

\bar{Q} ——时段 Δt 内的平均流量;

Q_g ——时段 Δt 内的平均地下水流量;

β_1 ——比例系数。

求出 Q_g 过程,并绘于逐日河川径流过程线上。如发现个别时段的 Q_g 大于实测河川径流量或 Q_g 为负值,则调整 β_1 值另行演算,直到地下径流过程与河川径流的比例关系合理为止。演算时可先在逐日河川径流量过程线

上选出其中规律较好的一段, 求出衰减指数 β , 然后按旬统计全年河川径流量; 并从上半年最枯旬流量开始, 根据式(5)演算出全年的河川基流量旬平均流量过程, 其总量即为河川基流量。

有些水文站的实测河川径流量受人类活动影响较大, 特别是受灌溉影响(包括渠道灌溉或井灌), 不能简单采用直线斜割法和加里宁试算法计算河川基流量, 可以采用退水曲线外延法计算河川基流量。首先分析非灌溉时期河川径流量的退水规律, 分析方法可采用直线斜割法或加里宁试算法, 然后用于非灌溉季节, 外延灌溉季节的河川基流量, 进行计算年河川基流量。

7.3.9 为了减少长系列多年分割计算的工作量, 条文中规定可选用包括丰、平、枯水年份在内, 且不少于10年的实测流量系列进行河川基流量的分割, 并点绘年河川径流量与河川基流量关系曲线图。在此曲线上, 对应于 $P=50\%$ 的实测河川径流量的河川基流量, 可以代表该站的多年平均河川基流量; 也可用包括丰、平、枯水年在内的多年河川基流量的均值作为该站的多年平均河川基流量。

要把水文站的多年平均或 $P=97\%$ 的河川基流量转移到评价区上来, 条文中提到一般采用的方法有基流模数法、上下游流量相关法。

(1)基流模数法。该法适用于设计站以上流域与评价区下垫面条件基本一致的情况。可按下述步骤进行:

1)计算各测站控制流域的基流模数, 计算公式为:

$$M_{ig} = R_{gz} / A_z \quad (6)$$

式中: M_{ig} ——基流模数, $10^4 \text{m}^3 / (\text{年} \cdot \text{km}^2)$;

R_{gz} ——测站的多年平均基流量, $10^4 \text{m}^3 / \text{年}$;

A_z ——测站控制的流域面积, km^2 。

2)将评价区按植被、岩性及构造特征划分若干均衡计算区, 每个均衡计算区可包括一个或几个测站控制流域。均衡计算区平均基流模数可用区内各测站控制流域基流模数按控制面积加权平均求得。计算公式为:

$$\bar{M}_{ig} = (\sum M_{ig} A_z) / \sum A_z \quad (7)$$

式中: \bar{M}_{ig} ——均衡计算区平均基流模数;

M_{ig} ——均衡计算区内各测站的基流模数;

A_z ——均衡计算区内各测站控制面积。

3)在某些没有河川基流分割站点的地区, 可按植被、岩性、构造特征以及附近地区的成果, 用类比法确定其基流模数。

4)评价区河川基流量的计算。计算公式为:

$$R_g = \sum \bar{M}_{ig} A_i \quad (8)$$

式中: R_g ——评价区河川基流量;

\bar{M}_{ig} ——评价区内各均衡计算区的平均基流模数;

A_i ——评价区内各均衡计算区的面积。

(2)流量相关法是通过在评价区进行一个或若干个水文年的短期流量观测, 建立评价区与上下游水文站之间实测流量相关关系, 然后将水文站的多年平均和 $P=97\%$ 时的年平均河川基流量转移到评价区上来。该法适用于上下游流量相关较好的地区。

7.3.10 潜水蒸发量指潜水在毛细管作用下, 向上运动造成的蒸发量(包括棵间蒸发量和被植物根系吸收造成叶面蒸发量两部分)。

潜水蒸发系数法推算评价区多年平均潜水蒸发量按下列具体步骤:

1)将评价区按包气带岩性划分成若干个潜水蒸发量均衡计算区, 在每个均衡计算区内选择一个具有代表性的浅层地下水动态观测孔, 绘制出该动态观测孔平水年或接近平水年的浅层地下水动态历时曲线;

2)将历时曲线按月划分12个时段, 并求出各时段平均地下水埋深;

3)依均衡计算区岩性和各时段平均地下水埋深, 从 $C \sim \Delta$ 关系曲线上查得相应的 C 值, 该 C 值与相应时段水面蒸发量 ε_0 和均衡计算区面积 A 的乘积即为均衡计算区该时段的潜水蒸发量, 各时段潜水蒸发量之和为均衡计算区年潜水蒸发量。

4)将各均衡计算区年潜水蒸发量之总和即为评价区多年平均潜水蒸发量。

经验公式法推算评价区多年平均潜水蒸发量按下列具体步骤:

1)将评价区按包气带划分若干潜水蒸发量均衡计算区, 在每个均衡计算区内选择一个或几个具有代表性的浅层地下观测孔, 绘制各观测孔平水年或接近平水年的浅层地下水埋深历时曲线;

2)将各条历时曲线按月划分为12个时段, 并求出各时段平均地下水埋深;

3)根据各时段平均地下水埋深 Δ 及相应时段的水面蒸发量 ε_0 , 用式(7.3.10-2)计算潜水蒸发量;

4)各时段潜水蒸发量之和即为该观测孔处的多年平均潜水蒸发量;

5)将均衡计算区内所选择的各动态观测孔的多年平均潜水蒸发量进行算术平均或加权平均,再乘以均衡计算区的面积,得出均衡计算区多年平均潜水蒸发量;

6)各均衡计算区潜水蒸发量之总和就是评价区的多年平均潜水蒸发量。

7.3.11 工农业净耗水量(含生活耗水量)等于实际开采量与灌溉回归水量之差。工农业实际开采量和净耗水量的计算是地下水资源调度使用的重要组成部分。由于现有工农业实际开采量和耗水量的观测资料十分缺乏,因此目前对地下水的实际开采量和耗水量一般通过调查和搜资计算而得。

实际开采量调查一般采用以下几种方法进行:

1)根据水泵的出水能力与开机时间计算实际用水量;

2)根据耗水量或耗油量计算开采量;

3)根据灌水次数和灌水定额计算开采量。

通过上述各种调查途径而计算得到的开采量,再减去灌溉回归水量即为净耗水量。

以上各种计算结果的精度取决于调查资料的精度。为了保证成果的精度,应尽量采用多种方法计算,以便对比分析,合理确定。

7.3.12 地下水剩余资源量是在现状或规划开采条件下,考虑电厂用水量以后评价区地下水的剩余量。它的大小反映电厂用水的可靠程度,是地下水资源评价的一个重要数据。

地下水剩余资源量是根据评价区的总补给量扣除包括电厂用水量在内的各项排泄量以后的剩余水量,应分现状开采和规划开采两种情况计算。

评价标准应根据评价区地下水的调节能力的大小来确定。对那些调节能力大,地下水资源较丰富的地区,以多年平均值计算地下水剩余资源量;而对那些调节能力较小,地下水资源较紧张的地区,除了评价多年平均值以外,还要评价 $P=97\%$ 年份或枯水年组的地下水剩余资源量。

目前,国内在评价地下水资源方面,有的采用计算可开采量进行评价。浅层地下水的可开采量指在“合理条件”下可以开采的水量。常用的方法有下列几种。

(1)实际开采量调查法。

适用于浅层地下水开发利用程度较高,开采量调查统计较准,潜水蒸发量较小,水位动态处于相对稳定的地区。若平水年年初与年末浅层地下水位基本相等,则该年浅层地下水实际开采量即可近似的代表多年平均浅层地下水可开采量。

(2)开采系数法。

适用于水文地质研究程度较高,对浅层地下水有一定的开发利用水平,并积累了较长系列开采量调查统计与水位动态观测资料的地区。

对浅层地下水有一定开发利用水平的地区,多年平均浅层地下水实际开采量、水位动态特征、现状条件下总补给量等三者之间紧密相关,互为平衡因素,通过对这些因素的综合分析,确定出合理的开采系数 ρ ,则多年平均可开采量等于 ρ 与多年平均现状条件下总补给量的乘积。

开采系数 ρ 按下述原则确定:

1)由于在浅层地下水总补给量中,有一部分不可避免地要消耗于自然排泄和潜水蒸发,故 ρ 一般小于1。

2)对于开采条件良好[单井单位降出水量大于 $20\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m})$]、地下水动态特征埋深较深、水位连年下降的超采区,应选用较大的 ρ 值,参考取值范围为 $0.85\sim 0.95$ 。

3)对于开采条件一般[单井单位降出水量在 $5\sim 10\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m})$]、地下水埋深较深、实际开采程度较高的地区,或地下水埋深较浅、实际开采程度较低的地区,应选用中等的 ρ 值,参考取值范围为 $0.75\sim 0.85$ 。

4)对于开采条件较差[单井单位降出水量小于 $2.5\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{m})$]、地下水埋深较浅(一般在 2m 左右)、开采程度低、开采困难的地区,应选用较小的 ρ 值,参考取值范围为 $0.6\sim 0.7$ 。

按下列方法和步骤分析确定开采系数 ρ :

1)根据浅部(包气带及水位变幅带)含水层主要岩性和厚度、单井单位降出水量、水文地质特征等编制浅层地下水开采条件分区图。

2)选择相当于平水年份的浅层地下水实际开采量资料、编制实际开采模数分区图。

3)编制现状条件下浅层地下水多年平均总补给模数分区图。

4)绘制平水年或接近平水年的地下水埋深等值线图及水位年际变幅等值线图。

5)在以上图件基础上,划分并确定开采系数的分区。

根据实际开采模数及总补给模数按下式计算出各分区现状条件下多年平均实际开采系数:

实际开采系数=实际开采模数/总补给模数

并根据实际开采系数确定出开采程度。

6)编制确定各分区开采系数表,并将各分区的水文地质特征、地下水动态特征、实际开采系数、开采程度填入表中。

7)在充分考虑“合理条件”的基础上,结合表中所列各项因素进行综合分析,确定出各分区合理的开采系数。

(3)多年调节法。

地下水的调节计算,是将历史资料系列作为一个循环重复出现的周期看待,并在多年总补给等于总排泄量的原则基础上进行的。

通过多年调节计算,推求下列要素:

1)根据一定的开采水平或用水要求以及地下水的补给量,分析地下水的补给与消耗的平衡关系和地下水位的逐年变化情况,推求在连续干旱期地下水可能降到的最低水位,从而确定开采模数、允许开采深度及可开采量。

2)推求在连续丰水期,地下水最高水位的持续时间。

3)推求在丰、枯交替的降水年份及多年的开发利用中,以丰补欠,从而得出用水量的保证程度。

多年调节计算的适用条件如下:

1)已求得计算区不同岩性、不同地下水埋深的各个计算参数。

2)具有为水利规划或农业区划制订的井、渠灌区的划分,农作物组成及复种指数,水利化程度,灌溉制度和定额等指标。

3)具有连续多年降雨系列资料。

多年调节计算方法的种类:

1)长系列调节计算法。选取测站的长系列资料,以年为调节时段,算出逐年的补给量与排泄量,按时序排列,逐年进行补排的平衡计算及地下水的变化计算。计算时先确定一个适宜的起调水位,在调节计算过程中,如计算的地下水埋深低于起调水位时,则在起调水位以上的水量全部被蒸发或排泄掉,作为废弃水量。起调水位可根据计算区多年平均地下水埋深、作物适宜的地下水埋深及潜水蒸发极限埋深等因素确定。调节计算期间的总补给量与总废弃水量之差,即为调节计算期的可开采量。

2)代表周期调节计算法。在多年系列资料中,选取包括丰、平、枯在内的8年~10年一个代表性降水周期为调节计算期,以补给时段和排泄时段为调节时段,计算出各时段的补给量和潜水蒸发量。计算时,先通过试算确定合理的起调水位。各时段补给量的总和为调节计算期的总补给量,各时段潜水蒸发量的总和为调节计算期的总潜水蒸发量。总补给量与总潜水蒸发量之差,即为调节计算期的可开采量。

(4)类比法。

对于缺乏浅层地下水实际开采量、水位动态资料而又不具备调节计算条件的地区,可以根据水文及水文地质条件相类似地区可开采量计算成果,采用可开采模数类比法或开采系数类比法估算可开采量。

(5)平均布井法。

平均布井法是根据当地的开采条件,确定单井出水量 q 、影响半径 R 、年开采时间 t ,在计算区内进行平均布井,用这些井年内开采量代表该区的可开采量。计算公式为:

$$Q_k = 10^{-8} q N t' \quad (9)$$

$$N = 10^6 F / F_0 = 10^6 F / 4(R')^2 \quad (10)$$

式中: I ——计算区内平均布井眼数;

F ——计算区布井面积, km^2 ;

F_0 ——单井控制面积, m^2 ;

R ——单井影响半径, m ;

q ——每眼单井出水量, m^3/h ;

t' ——机井多年平均开泵时间, $\text{h}/\text{年}$;

Q_k ——计算区多年平均可开采量, $10^8 \text{m}^3/\text{年}$ 。

平均布井法不属于水均衡法,使用本法时应注意与该地区现状条件下多年平均浅层地下水总补给量相验证,可开采量一般不应大于现状条件下多年平均浅层地下水总补给量。

用上述5种方法来确定计算区的可开采量是目前水利部门计算和评价地下资源量常用的方法,尚未在电力部门使用,缺乏经验,这里仅作方法介绍,供参考。

7.3.13 本条适用于直接从岩溶大泉(泉群)取水,只对岩溶大泉或岩溶泉群进行评价。

岩溶大泉是指那些泉群中集中排泄的泉,如娘子关泉群中的坡底泉、城西泉,威州泉群中的坡头泉、西庙泉,神头泉群的小泊泉、司马泊泉等。

岩溶泉群是指由一些集中出露的大泉和分散出露的许多小泉组成的泉组,如河北省的威州泉群、黑龙洞泉群;山西省的神头泉群、辛安泉群等。

(1)按下列方法评价岩溶大泉:

1)建立岩溶大泉动态观测站。为了掌握岩溶大泉变化规律,在岩溶大泉集中出露的地方,设立水位流量观测断面,进行泉水流量长期观测。

2)建立岩溶大泉流量与下游水文站流量相关关系。为了延长岩溶大泉流量系列,通过岩溶大泉短期同步观测资料与有关水文站流量资料建立流量相关关系。由于岩溶大泉观测时间不可能很长,相关图又要求满足一定的相关点据,因此一般建立月或旬均值相关关系,并用这个关系插补延长岩溶大泉月或旬均值系列。

3)使用上下游水文站径流资料时,要考虑资料基础的一致性,扣除地表径流的影响。

4)在插补延长系列的基础上,提出岩溶大泉多年平均流量和 $P=97\%$ 时的最小流量。

(2)按下列方法评价岩溶泉群:

1)建立岩溶泉群动态观测站。为了掌握岩溶泉区地下水溢出量在时间上和空间上的分布规律,在岩溶泉群溢出带设立流量观测站。按下列原则布设断面:

——控制岩溶泉群在溢出带的分布规律,查清岩溶地下水主要溢出带;

——断面的设立要能控制岩溶地下水溢出量,包括那些为灌溉服务的引水渠道和退水渠道;

——既要控制集中出露的岩溶大泉,又要控制片状出露的岩溶泉群。

2)建立岩溶泉群流量与上、下游水文站相应流量之间的相关关系,并用此关系插补延长岩溶泉群的流量系列。

3)在插补延长系列的基础上,提出岩溶泉群多年平均流量及 $P=97\%$ 时的最小流量。

岩溶泉群动态观测不可能很长,一般建立月或旬均值相关关系,并用此关系插补延长岩溶泉群的流量系列。

7.3.14 有些岩溶山区是封闭条件较好的、全排型的水文地质单元,地下水的补给、径流和排泄均发生这个单元体内。对于这些全排型或几乎全排型的岩溶山区中的岩溶地下水作为供水水源,水文专业技术人员可以采用水文水资源学的原理和方法,配合水文地质专业进行地下水资源评价。按下列方法和步骤进行评价:

1)充分掌握评价区的水文与水文地质条件。根据水文地质专业搜集和掌握的技术资料,研究评价区的水文地质条件,了解评价区岩溶地下水的补给、径流和排泄条件,确认评价区是一个独立的、封闭条件较好的全排型或几乎全排型的水文地质单元体。

2)建立岩溶地下水溢出量动态观测站。在确认评价区水文地质条件后,建立岩溶地下水溢出量动态观测站,掌握评价区地下水动态变化规律。

3)通过评价区地下水动态观测资料与上下游水文站长系列流量资料建立相关关系,进行系列插补延长,其步骤和方法与岩溶泉群的相同。

4)对岩溶山区地下水资源进行评价。由于评价区是封闭条件较好的、全排型的水文地质单元体,因此要用总排泄量来评价岩溶山区地下水资源量。

7.3.15 有些电厂水源地位于傍河地区,除了接受地下水补给和大气降雨入渗补给外,袭夺地表径流成为地下水的重要补给来源。这类水源地主要评价降雨入渗补给量、地表径流渗漏补给量、工农业开采量及消耗量、潜水蒸发量等;还要配合水文地质专业抽水试验进行地表径流的观测,分析开采条件下对地表径流渗漏量的影响。

在进行傍河地下水资源评价时,应注意下列几个问题:

1)对评价区各雨量站雨量系列进行插补延长,尽量采用长系列进行插补延长,系列长度不得少于30年。

2)计算多年平均降水入渗量时应采用多年平均降雨入渗补给系数 α ;当地下水动态观测系列很短时,可采用根据接近多年平均降雨量年份的动态资料计算 α 值。

3)对评价区上下游水文站历年流量资料要进行可靠性、代表性和一致性分析,提出现状条件下丰、平、枯三个典型年或设计枯水年组的逐日平均流量和流量累积频率曲线,必要时还应提出枯水段的累积频率曲线。应对上游工农业引水量进行调查和还原,提出上游引水在现状和规划用水情况下,将对天然径流量带来的影响。

4)为了掌握评价区流量沿程变化规律,建立评价区流量与水文站流量之间的相关关系,必要时建立评价区流量观测站,进行水位、流量观测。一般采用旬、月均值建立相关关系,相关点据至少20个,并根据往复一致的原则进行流量插补延长。

5)在计算评价区历年地表径流渗漏补给量时,应尽量根据评价区地表径流观测成果分析评价区地表径流渗漏损失规律,建立地表径流渗漏补给量与地表径流量、地下水埋深、河床组成之间的关系。

7.3.16 如果评价区河川径流量较大时,水文测验的允许误差使评价区的地表径流渗漏补给量的计算误差较大,精度难以保证。在这种情况下,可 adopt 水文分析法或水文比拟法计算,也可采用地下水动力学法或通过注水试验推算。

8 设计洪水计算

8.1 一般规定

8.1.1 本章中设计洪水频率标准是根据《火力发电厂设计技术规程》(DL—5000—94)及《火力发电厂水工设计技术规定》(NDGJ5—88)确定。

与水电工程不同,电力工程通常遇到的设计洪水计算问题,主要是预估工程地点可能出现的设计洪水特征值,用于工程防洪安全设计。至于电力工程中建坝抬高水位的回水计算、河滩灰场束窄河道的壅水计算以及电厂排水影响一类问题均属于预估工程点设计洪水的影响范围,必要时尚应分析计算厂区、泵房、灰场以外受洪水影响的范围。

本条中仅列出设计洪水频率标准,至于超高,在设计上考虑,水文专业主要提供设计洪水特征值。风浪影响考虑,对于厂区及泵房按频率为1%时的设计洪水位另加频率为2%时的风浪高;对滨海及河口采用重现期为50年一遇的波列累积频率为1%时的波高值;对一般江河、湖泊、水库采用重现期为50年一遇的最大波高值,

两者推算方法不同。关于另加频率为2%时的风浪高,对于滨海、河口工程是明确的,对于其它区域水工规定提得笼统,故条文中未一一列出。原则上,当处于频率为1%时的设计洪水水位时,确有大风浪,应加以考虑。

根据《火力发电厂水工设计技术规定》,地表水取水建筑物和水泵房的布置的规定:频率为2%时的浪高可采用重现期为50年一遇的 $H_{1\%}$ (波列累积频率为1%时的波高)乘以折减系数0.6~0.7后的波高值。

贮灰场洪水标准与水库特性不同,故相对水库洪水标准要低些。对于厂区及变电所小流域雨洪计算仍按频率1%设计洪水标准。

8.1.2 洪水系列的一致性就是产生各年洪水的流域和河道的产流和汇流条件在调查观测期中应基本相同。

如因流域内修建蓄水、引水、分洪、滞洪等工程,以及发生决口、溃堤、河流改道等情况,明显地影响到各年洪水,资料应统一改正还原。

修建水库后,可以把建库前的洪水资料经过水库调洪计算,统一修正成为已建库情况下的洪水;也可以把建库后的实测资料经过反调节计算,求得未建库情况下的洪水。

当洪水受上游水库调蓄、溃堤、分洪及滞洪等影响时,可将不受影响的上游洪水过程线,按原来河道条件推演至下游,再加区间洪水,得出天然情况下的洪水过程线。

对溃堤决口经过调查用水量平衡法予以还原修正。

对于水保措施用统一已达到的某种规划水平作为修正计算基础。

修正的基本方法是,直接作流域情况调查,结合当地实测暴雨洪水资料进行产汇流分析,并和一些典型流域或实验流域的观测资料对比,把资料一致性检查与资料还原结合在一起。

当流域的产汇流条件有显著改变时,可用改变后各年的暴雨和改变前的暴雨径流关系及汇流曲线推求相应的洪水流量过程线。

8.1.4 利用暴雨与洪水相关时,是用暴雨推洪水。

当邻近地区测站较多时,大水年份可绘制同次或年最大暴雨等值线图进行插补,一般年份可采用邻近各站的平均值。对距离较近且地形差别不大的暴雨可直接移用。

8.1.5 选择的各样本洪水的形成条件应具有同一基础,例如为同类暴雨所形成的洪水或同为融雪所形成的洪水,且要独立取样。

当工程位于水利化地区时,应根据流域特殊的自然条件和水文特性计算设计洪水。当资料条件较好,洪水的类型、成因可明显划分时,可按不同类型进行计算。如洪水的类型、成因难以区分,可采用年最大洪水进行计算。

冰川积雪地区的洪水由融冰雪洪水和降雨洪水混合组成,融冰雪为主的洪水过程受气温影响有明显日变化。

采用年最大混合型洪水系列计算设计洪水时,应分析年最大洪水系列中各类型洪水出现频次、序位及洪水组成遭遇的水文气象条件,了解固态降水量、固态降水区界的变化,不同量级洪水过程中不同成因洪水组成变化特征。有条件时,将洪水分降雨洪水为主和融冰雪洪水为主,分别计算设计洪水;当设计流域水文站点较多,且上游可明显划分为以融冰雪洪水为主、下游以降雨洪水为主时,可分区计算设计洪水。通过综合分析,检查年最大混合型洪水计算成果的合理性。

典型洪水过程线选择,需了解设计条件下融冰雪洪水、降雨洪水组成比例,并根据融冰雪洪水与降雨洪水相互制约的特点,检查设计洪水过程线成果的合理性。

8.1.7 原规定对系列要求为20年以上,当时为1980年制定。这里考虑多数测站系列情况,即多数站已具有30年系列。对系列不足的测站则应插补延长。

8.1.8 在我国水利水电工程及电力工程中,目前仍在广泛应用皮尔逊Ⅲ型曲线,统一线型便于在相同基础上进行综合、分析、比较,但在干旱半干旱、岩溶以及冰川融雪地区等,若适线不好,也可改用其它线型。

8.1.9 流域内人类活动对洪水影响主要有拦蓄作用(如坡面、水田及库塘等拦蓄)、滞洪作用(如滞洪区、林牧、坡面及库塘等蓄水滞洪)以及水库垮坝失事。如设计流域内由于大量的水利和水保措施或其它原因,尤其是应估算遇超标准洪水造成失事的影响,应以对洪水影响较大的已建、在建工程措施为主,适当考虑近期的发展。

8.2 天然河流

8.2.1 对水利部门的水库、水闸及分洪工程等,或交通部门的桥涵等设计成果、统计系列都可利用。如经审查,符合电力工程设计要求,则可直接引用,否则,应加以修正应用或另行计算。

当直接通过调查多次历史洪水来确定设计洪水流量时,历史洪水流量资料可根据河段特性选取相应的 C_V 、 C_S 值,再根据相应于历史洪水流量重现期的模比系数反求均值,然后再按与设计频率相应的模比系数及推算的流量均值推算设计洪水流量。

8.2.2 对稀遇的设计洪峰除与本地区最大洪水作比较外,还要与暴雨洪水相比较,因实测洪水系列短,通过暴雨还可考证历史重现期。

8.2.3 如果通过历史洪水的调查考证,在实测和插补延长的资料系列中,没有特大洪水值需作单独处理,而就各项洪水值直接按其大小顺序统一排位,即为连序系列。我国目前常用数学期望公式来计算经验频率。

8.2.4 洪水频率曲线统计参数的计算方法,可采用矩法、三点法或绘线读点法,初估统计参数,再用适线法进行调整选用。近年来水利部门也有用概率权重矩法等方法计算。

8.2.5 经验点据的精度不是相同的,应考虑特大历史洪水的可能误差范围,故不宜机械通过也不能偏离过远,

适线时还要考虑参数的时间和空间变化规律的协调。

8.2.6 由暴雨资料推算设计洪水。

8.2.6.1 如暴雨资料系列短或代表性不足应设法插补展延。由于暴雨的局地性,使相邻站同次暴雨资料的相关关系很差,用相关法插补延长暴雨资料较困难,一般可采用下列几种方法插补展延:

1)距离较近、地形差别不大时,可直接移用邻站资料。

2)邻近地区测站较多时,对大暴雨年份可绘制次暴雨或年最大值等值线进行插补;一般年份当相邻站雨量相差不大时,可移用邻近各站的平均值。

3)当暴雨和洪水的相关关系较好时,可利用实测或调查洪水资料插补。

4)如个别大暴雨年份缺测,用其它方法插补较困难,而邻近地区已观测到特大暴雨时,通过气象条件分析,认为该暴雨有可能发生在本地附近时,可移用该特大暴雨资料,并注意相邻地区气候、地形及重现期等条件的差别,如迎风坡与背风坡的差异。

暴雨特大值处理的关键是确定重现期,如超过系列观测年限较多,应按特大值处理,不能只看偏离大小。由于不能直接考证,一般只能通过小河洪水调查并结合当地历史文献中有关灾情资料的记载来分析判断。一般可将相应洪水的重现期作为流域各站雨量的平均值(或中值)的重现期,而实际暴雨中心点雨量的重现期要比相应洪水更为稀遇;对短历时和长历时暴雨的重现期应分别根据洪水的峰和量作出估计;还可点绘暴雨特大值分布图,区域性分析各站特大值的重现期,从而对本站特大值的稀遇程度作出估计。

由于目前暴雨特大值的处理较粗略,故必须十分慎重,若没有充分的把握与考虑,不宜贸然作特大值处理,避免计算成果偏小。

设计暴雨的计算内容为一定时段的设计雨量和设计暴雨时段分配的雨型。

使用暴雨参数等值线图时,应了解该等值线图绘制的时间、方法和所应用的资料情况,必要时应搜集近期内新增加的暴雨资料,对等值线图进行检验和修正。

暴雨频率推算的分区综合法是假定同一分区内的各雨量站,具有一致的暴雨概率分布函数,分区必须具有气候条件、地形条件基本相似,故分区一般不宜过大。具体综合资料的方法有站年法和中值法两种。

在我国应用较多的是中值法(或均值法),据研究,在站数不多的情况下,均值往往受到其中个别特大值影响显著,而中值较均值稳定,故中值法可消除个别特大值影响带来的偶然误差。此法的关键是分区是否得当,一般情况下,其分析成果的精度较单站计算为高,如两者有矛盾时,一般应选用分区综合分析的成果。

8.2.6.2 设计洪水计算要求采用流域设计面平均暴雨量,根据国内部分地区径流实验站、雨量站群的观测资料分析,说明小流域以点代面求设计暴雨量是可以允许的,对电力工程而言,经常遇到的是特小流域。但是,当流域面积增大,点雨量与面雨量之间的差异就明显了。

面雨量资料的插补展延,一般取当地具有长期观测记录的雨量资料为参证系列,最好取2个~3个站的平均雨量,相当于由少站平均面雨量插补展延多站平均面雨量。由于两者具有相似的影响因素,所以其相关关系一般较好。还可以用一年多次法选择,以增添一些点据,便于相关定线。

根据资料条件和流域面积大小,设计面暴雨量推求方法有直接算法,即根据流域内实测面平均雨量直接进行频率计算,成果精度高,但须具备足够的雨量资料;有间接算法,即通过设计点暴雨和点面关系推算,成果精度较差,仅适用于资料短缺的中小流域。点面关系一般由当地水文手册列出。

点面雨量关系应采用邻近地区固定点和固定流域面雨量的综合关系,即定点定面关系,但需要当地具有充分的资料才能建立。选用的折算系数应符合指定的降雨历时及相应的设计雨量。实际上,往往以暴雨图上的暴雨中心及其四周等雨量线范围内的平均雨深的点面关系(即动点动面关系)代替定点定面关系,据实用结果,此法计算常遇的或设计标准较低($P > 10\%$)的设计面暴雨量会偏小,且面积愈大偏小愈甚,故动点动面关系在流域面积不大(一般 $A < 300\text{km}^2$)和设计标准 $P < 10\%$ 时成果尚可。现行的两种点面关系属于经验性处理方法,由于大、中流域点面雨量关系一般都很微弱,故在有条件的地区应尽可能采用直接法。当资料不足时,应优先考虑用点面雨量相关插补;当缺乏资料时,才考虑用点面关系间接推求。当地水文手册列出的为动点动面关系,在流域面积较大时(面积具体分界可见当地水文手册规定)成果往往偏小,应用时要注意分析与定点定面关系之间的差别,根据成果合理性进行修正。

8.2.6.3 计算中小河流的最大流量,其成峰暴雨历时一般较短,往往需要几十分钟或几小时的最大设计暴雨量,目前一般由暴雨公式或雨量一历时一重现期关系曲线求得。在目前自记和分段雨量资料短缺的情况下,暴雨公式的参数应根据最大24h暴雨资料订正。雨量一历时一重现期关系也可以最大24h雨量为基础,简化为雨量百分率一历时曲线。但在间接推算短历时暴雨时,应注意分析暴雨量的大小,以及面暴雨与点暴雨的差别。

推求年最大24h设计雨量的方法有两种,视当地雨量资料条件而定。

1)由年最大一日设计雨量间接推求;

2)查用年最大24h雨量统计参数等值线图。

雨量一历时一重现期关系的分析,有两种表达形式:一种为曲线图形;另一种为经验公式。其方法首先对地区内少数具有长期自记雨量记录的测站,分别作单站分析,建立各单站的关系,再作地区综合,即将单站关系都变换成24h雨量的百分率一历时曲线,绘在同一张图上,定一条平均线作为本地区综合的雨量百分率一历时曲线,据此可推求指定历时的设计暴雨量。

暴雨公式是反映在一定频率情况下24h以下时段平均暴雨强度与历时的关系,是根据各站雨量一历时一频

率关系曲线作出来的, 是一种经验配线的公式。

根据有关研究, 暴雨参数 n 值随频率的减小而递减, 面雨量的 n 值又较点雨量的 n 值为小。当流域面积较大时, 如不计此两项因素的影响, n 值可能偏大0.05~0.10, 即1h设计雨量可能偏大17%~37%, 由此算得的最大流量, 可能偏大23%~51%以上。故为了减少 n 值对计算成果的影响, 避免由24h雨量间接推算的误差, 应尽可能根据6h、3h或1h雨量来修正或推算 S_p 值。目前各地区已有6h、1h雨量资料。

当无足够短历时雨量资料, 不能求出不同历时—雨量—频率曲线时, 可根据1983年水利电力部批准试用的中国年最大1h、6h、24h点雨量的均值和变差系数 C_V 图, 查得设计流域的各历时的均值和 C_V 值, 并令

$C_S=3.5C_V$, 按皮尔逊III型频率曲线, 即可得出设计频率的1h、6h、24h暴雨量。可按下式分别得1h~6h暴雨量及6h~24h之间的暴雨指数:

$$n_{1\sim6} = 1 + 1.2851 \lg \frac{P_1}{P_6} \quad (11)$$

$$n_{6\sim24} = 1 + 1.6611 \lg \frac{P_6}{P_{24}} \quad (12)$$

式中: $n_{1\sim6}$ 、 $n_{6\sim24}$ ——分别为1h~6h、6h~24h的暴雨衰减指数;

P_1 、 P_6 、 P_{24} ——分别为1h、6h、24h的设计暴雨量, mm。

以上暴雨强度公式在电力工程小流域雨洪计算中常用。另外, 在电力工程厂区雨水排水设计以及城市排水设计中的雨水量计算, 常用如下暴雨公式形式

$$i = \frac{A}{(t+b)^n} \quad (13)$$

$$i = \frac{A}{t^n} \quad (14)$$

$$A = A_1(1 + c \lg T) \quad (15)$$

式中: i ——暴雨强度, mm/min;

t ——降雨历时, min;

T ——设计重现期, 年;

A 、 A_1 、 c 、 n 、 b ——参数, 根据不同重现期的 $i \sim t$ 关系曲线在双对数格纸上用图解法或最小二乘法求得。

当点绘为直线时 $b=0$; 当点绘为曲线时由试凑变直线求得 b 。

城市室外排水的雨水设计流量按下式计算:

$$Q = q \psi S \quad (16)$$

式中: Q ——雨水设计流量; L/s;

q ——设计暴雨强度, L/(s·hm²);

ψ ——径流系数, 按各种路面情况有表可查;

S ——汇水面积, ha。

对具有10年以上自动雨量记录的地区, 一般采用下式:

$$q = \frac{167 A_2 (1 + c \lg T)}{(t+b)^n} \quad (17)$$

对没有自动雨量记录或自动雨量记录少于连续5年的地区, 可采用下列方法:

1) 湿度饱和和差法;

2) 最大日降雨量法。

暴雨强度 i 以反映当地暴雨特性, 参数稳定或呈明显的地区分布规律为选择标准。从目前实际使用看来, 城市排水单位用L/(s·hm²)表示。

在电力工程中使用城市排水暴雨公式计算厂区雨水排水时应注意其特点, 水工上习惯用此式, 但由于城市排水大都用于重现期10年左右, 标准不高, 故其暴雨资料选样采用超定量法, 系列要求仅10年以上, 其绘点频率按下式采用次频率计算:

$$P_n = \frac{N}{(n+1)T} \quad (18)$$

式中: P_n ——某一重现期相应的绘点频率;
 N ——资料记录年限;
 n ——总项数(超定量项数);
 T ——重现期。

而水利部门暴雨公式制订, 选择采用年最大值法, 系列要求30年以上, 绘点频率用数学期望公式。可见两类公式是有区别的, 当用同样长系列制定的两类公式, 低重现期时城市排水暴雨公式值高于水利部门暴雨公式值。

故水利上暴雨公式适用于重现期标准高的设计暴雨, 城市排水暴雨公式适用于重现期标准低的排水。

设计暴雨时程分配、典型暴雨的选择原则为在暴雨特性一致的气候区内, 选择雨量接近设计暴雨、强度也大的暴雨过程, 雨峰数目以及主雨峰位置和历时均应是暴雨中常见情况, 以及对工程不利分布, 即雨量分配较集中, 主雨峰位置偏后的雨型。一般在各地区水文手册中有列出。

8.2.6.4 由设计暴雨推求设计洪水, 必须进行流域产流、汇流计算, 应根据设计流域的水文特性、流域特征和水文资料条件, 选用不同方法。

不同的流域, 由于气候条件和下垫面条件的不同, 降雨产流情况也就不同。

对湿润地区(或干旱地区的多雨季节)一次降雨损失由流域最大蓄水量减去降雨开始时的土壤含水量求得, 可通过降雨径流关系分析, 用设计暴雨量与前期影响雨量推求设计径流深。

净雨时段分配计算中的时段长短问题, 一般要考虑流域面积大小、汇流时间长短、雨量观测时段、计算方法和精度要求等因素。

干旱地区(或湿润地区的干旱时期), 只有当降雨强度超过下渗强度时, 才有地面径流产生, 产流计算可用初损后损法。

下垫面条件和暴雨分布不均匀的流域宜采用分区扣损的方法。汇流计算应根据工程所在地区自然地理、水文学特征、资料条件合理选用方法。当流域面积在 1000km^2 以上, 且降雨分布很不均匀时, 可采用河网汇流曲线或流域数学模型方法。流域面积在 1000km^2 以下的山丘地区, 可采用单位线; 流域面积在 300km^2 以下的山丘地区可采用推理公式与单位线; 资料都较齐全的流域, 可结合本流域的自然地理、产流、汇流条件, 选用流域水文模型。水文资料短缺、面积在 500km^2 以下的地区, 也可考虑选用地貌单位线法。流域一次雨洪的汇流过程包括地面径流和地下径流两种汇流过程。由于地下径流的影响相对很小, 所以通常只计算地面径流的汇流过程, 它包括坡面汇流和河网汇流两个阶段。由于坡面流程短, 调节作用小, 故常略去, 而直接用净雨代表坡面出流, 经河网汇流计算出口断面流量过程。

由净雨过程推求流量过程实践中常用单位线法。

通常在各地区水文手册中都给出各单位线。

考虑到地下径流占洪峰流量的比重很小, 因此在由设计暴雨推求设计洪水时, 常采用简化方法计算地下净雨形成的地下径流过程, 在各地水文手册中都有处理说明。

8.2.6.5 在干旱地区用暴雨资料推算设计洪水时, 应合理选定计算时段、分析产流期雨强与下渗的关系, 当流域面上产流汇流条件差异较大时, 可采用局部产流与局部汇流方法计算设计洪水。

干旱地区暴雨可分为局地对流雨和锋面雨两种, 其洪水特性也不同。用设计暴雨推求设计洪水时, 可根据工程特点, 选用不同的暴雨类型。干旱地区以超渗产流为主, 当产流区面积较大时, 入渗率地区变化亦较大。

因干旱地区设计流域一般缺少大暴雨、大洪水资料, 故需将邻近流域的大暴雨、大洪水资料, 根据自然地理因素的差异, 采用地区综合法分析确定洪水统计参数和设计值。由于干旱地区洪水的 C_s 较大, 因此当皮尔逊III型曲线拟合不好时, 可考虑采用其它线型。

移用上、下游洪水资料插补峰、量或用邻近地区产汇参数时, 应根据坡面与河道沿程水量损失变化等分析论证其合理性和适用性。因干旱地区清、浑水分别计算的产流、汇流参数和径流深差异较大, 故由设计暴雨推算设计洪水时, 应考虑其影响。

8.2.7 当引用或推算的是参证站的洪峰流量时, 应转移到工程地点来。

当两站同次洪水特征值相关关系不甚密切时, 可考虑加入能反映区间来水或洪水波展开等因素影响的参数, 如区间雨量、下游同时水位和比降等, 以改进相关关系。

过程线叠加法: 当两支流上有较长观测系列, 合流后实测系列较短, 则可利用两支流过程线考虑洪水传播时间进行叠加, 推算合流后的设计流量。若其区间仍有较大汇入, 须另加修正。

在流量转移到工程点的问题中, 如遇到天然河道洪水沿程传递、水库下泄洪水沿河传播、分洪及其对下游河道的作用、湖连通洪水演算等, 解决河道中的洪水变形问题, 均需要根据工程具体情况应用不同的洪水演进计算方法进行计算, 方法种类很多, 有水文学方法, 常用的如马斯京干法、特征河长法、汇流曲线法等; 水力学方法, 常用的如隐式差分迭代法、显式差分网格法、隐式与显式相结合差分法等。

一般来说, 洪水演进计算引用的基本资料为上下游及沿程水位流量关系曲线、河道平面图、河道纵横断面图及河道糙率系数等。

8.2.8 当引用或推算的是参证站的设计洪水位时, 应转移到工程地点来。

位于大河倒灌、河床严重冲淤或水库壅水等影响范围内的工程点, 设计洪水位和设计洪水流量并不同时发

生,有遭遇组合问题,此时应分别确定。

当断面有严重冲淤变化时,应先对过水断面进行还原改正,调查考证冲淤变化的数量,再将目前的断面还原到当时洪水断面;当一次洪水有涨落冲淤变化时,可绘制水位与冲淤变化关系曲线进行分析,据以改正过水断面,然后按水文资料整编方法用水位延长水位流量关系曲线。

位于卡口范围内的工程点,其设计洪水位应根据卡口上、下游水位组合情况,调查分析不利组合来确定。

8.2.9 在选择典型时,应对设计流域内的洪水,尤其是应对特大洪水的形成规律和气象条件加以分析。同时,应分析洪水过程线的特征,如大洪水出现的时间、季节、峰型、主峰位置、上涨历时、洪量集中程度等。参照这些规律和特点,选择有代表性的洪水过程线作为典型。

用流量资料推算设计洪水时放大典型洪水过程线,要考虑工程防洪设计要求和流域洪水特性。峰量都对工程防洪安全起作用时以及峰、量关系不够好的河流,可采用分时段同频率控制放大法,但时段不宜过多,以2个~3个时段为宜。当工程防洪主要由洪峰或某个时段洪量控制时,可采用同倍比放大法,它计算简便,常用于峰量关系较好河流,尤其是对长历时、多峰形的洪水过程,或要求分析复杂的洪水地区组成时更为适用。

在特殊情况下,如决堤、分洪等,还应考虑上游河道过水能力对下游断面设计洪水过程线的影响,此时应通过河道洪水演算推求。

8.2.10 岩溶发育地区地表水系不完整,地表与地下流域面积不一致,伏流暗河区具有明显控泄、滞洪作用。

用流量资料计算设计洪水时,应了解伏流暗河区无压、有压出流特征和不同量级洪水的滞洪总量大小、滞洪时间长短、峰现滞时和入流、出流差异及其对设计断面峰、量组成的影响;分析设计条件下伏流暗河区岩溶洼地、岩溶盆地等蓄满漫溢对设计洪水峰、量关系影响。伏流暗河区的滞洪作用,对瞬时最大出流量和短时段洪量影响较大,对长时段洪量的影响较小;出流量相应入流量的差值,有随洪水量级增大而增大的趋势。

用暴雨资料推算设计洪水时,设计条件下的造洪面积,可通过水文地质调查和水文测验等方法分析确定。当伏流暗河区面积较大且汇流条件与明流区差异较大时,有的省(区)采用分区计算方法。伏流暗河区的设计出流过程,可根据设计暴雨时空分布和实测与调查的洪水资料,运用水文学、水力学方法合理推求。不分区计算时,有的地区也可采用当地分析的反映岩溶特征的产流汇流综合参数计算。

岩溶地区的流量计算与天然河流的主要区别,在于根据流域岩溶特性考虑流量的增减。

当流域内有消水洞,且洪水时其截流面积的水量可全部引入地下时,汇水面积中应扣除此截流面积;当流域内有出水溶洞、泉水、暗河出口等来自其它汇水区的水量时,可在出水口选用各种方法测定。通常来自出水溶洞的水量应与流域内河道流量直接相加。

8.2.11 我国泥石流主要分布于西北、西南、华北很多山区,其它地区的部分山区也有零星分布。泥石流地区,沟床固体物质的积累过程,是个经常而缓慢的孕育过程,当这个过程完成时,紧接着就是来势猛烈的泥石流。对不同地区、不同发展阶段的泥石流,必须具体分析、区别对待。

泥石流按其挟带的泥石情况,可分水石流、泥流和泥石流。一般可分为粘性和稀性两类,以前者破坏力最大。

在泥石流地区进行水文分析计算时,应全面掌握泥石流的分布情况、活动规律、类型、规模及其发展趋势。

由于泥石流形成条件的复杂性,且泥石流沟观测数量较少,目前还没有较理想的计算方法,故在计算时可采用不同途径与方法进行比较,最好在当地运算就地核查,以免与实际情况有过大的出入。由于泥石流的地区性特点很强,故在大多数情况下,还是采用实地调查来获得资料进行分析计算,在调查困难时,对于由降雨形成的泥石流,可利用形成该次泥石流的降雨出现频率近似作为泥石流流量的频率。

小流域泥石流流量可按雨洪修正法计算,能调查到泥痕的较大河沟也可用泥痕调查法计算。必要时兼用两法相互校核。

泥痕调查法与洪水调查方法相同,由于泥石流冲淤变化大,在选择断面时,最好选在冲淤变化较小的流段为宜。粘性泥石流流速公式,由于研究较少,缺乏经验,应尽量搜集当地有关部门制订的经验公式。

8.3 水库和闸上游

8.3.1 入库洪水由入库断面洪水、区间陆面洪水及库面降水组成,与坝址洪水是有区别的。它的计算有两个特点,一是在缺乏流量条件下推求;二是流域汇流过程与未建库时坝址断面处的汇流过程有较大的变动。

根据资料条件及工程特点,可采用以下方法计算入库设计洪水:

当有较长的入库洪水系列时,可采用频率分析法计算入库设计洪水;当入库洪水系列较短,不能采用频率分析法时,可采用坝址设计洪水的放大倍比,放大典型入库洪水,作为入库设计洪水,放大倍比可根据建库前后峰量关系来确定;当汇入库区的支流洪水所占比重较小时,可将坝址设计洪水通过示储流量法或槽蓄曲线法,采用流量反演算推求入库洪水;无流量资料时可用暴雨资料间接推求入库洪水,应考虑建库后的产流,汇流条件的变化。

对于已建水库,可根据水库下泄流量及水库蓄水量的变化采用水量平衡法反推入库洪水。

一般工程点位于河谷型水库库区时仍可按天然流量设计洪水;而位于湖泊型水库库区时,则应考虑入库设计洪水。

8.3.2 水库实际的设计洪水标准指水库竣工运用后的坝体防洪实际达到的设计标准,因有些水库设计标准仅是名义上的,实际未达到设计标准,为此应深入水库现场多作调查了解,掌握竣工验收意见、汛期防洪管理情况

等作多方面分析。

冰塞是在河流封冻过程中形成的,是封冻期的特殊冰情;冰坝一般是在解冻期流冰不畅(如急弯、浅滩、水面狭窄)的河段,因上游大量流冰受阻,冰块积累下插上爬,堵塞河道而形成。

冰塞壅水计算方法有水力学算法,它的条件是冰塞发展到最高壅水位时各断面的水流条件基本达到了平衡,并趋向于某一稳定值,故首先需要本河段的实测冰塞资料,建立稳定流速与流量、平均水深或流量、水面宽的经验关系,使用常受到限制;有经验关系法,如经验比降法、稳定流速法。

冰坝壅水的计算由于问题复杂,目前还没有较为成熟的计算方法,常用简单的经验相关法。通常考虑的因素有上游站开河最高水位(或开河期水位涨差)、上游河道槽蓄水量、冰期降水(雪)量、开河前夕降水量、开河期气温、开河前冰盖强度、开河期流量等,可以单因素相关,也可多因素相关。

冰塞、冰坝的壅水计算在缺乏资料情况下,还可通过类比法估算。调查已建工程修建前后冰情特性的变化分析,结合设计河段影响冰情的条件和成因以及工程布置特点进行对比分析。

对于上述经验公式,一般具有明显的地区性和适用条件,使用时应慎重。有条件时应采用设计河段的冰情资料对经验公式加以验证或反求经验系数。

8.3.3 库区沿程淤积回水推算的一般方法为,依据水库淤积计算确定设计年限期各断面的淤积面积,其淤积形态可按均匀分布考虑重新计算各断面的水力因素,然后按一般回水计算方法进行推算。河道淤积后的糙率,为安全计,建议库尾附近河段采用淤积前糙率,库区采用值可考虑比淤积前小一些,如降低10%~20%。

在淤积影响不大时,可用简易法计算。

8.3.6 当工程点位于分洪闸上游附近则需确定分洪闸上游设计洪水位,计算条件为确定分洪前河道频率为1%时的设计洪水流量、经过分洪降低后的频率为1%时的设计洪水位。

8.4 水库和闸下游河流

8.4.1 本条说明工程点位于水库下游,水库设计洪水标准高于工程点频率为1%时的设计洪水标准时,实际上未达到原定设计标准的险库,有溃坝可能且影响工程点时的设计洪水的推求。

对山丘区水库,在坝体正常情况下,校核洪水都能达到100年一遇以上,但险库则例外;对平原水库,小(1)型及小(2)型水库校核洪水标准仅在100年~200年一遇,库容在1000万 m^3 以下,加上有的为险库,电力工程遇到溃坝问题较多。

有些水库经竣工验收未达原设计和校核洪水标准,称险库,原设计与实际达到的标准可能差别很大,因此,应作现场调查分析判断,必要时应进行水库抗洪能力验算,即按电力工程要求的频率为1%时的设计洪水水库现状起调水位进行调洪演算,检验溢洪能力并考虑风浪、超高、坝顶高程等,若不安全,应进行溃坝流量计算。

大坝溃坝除漫顶以外,有的因坝体质量差,坝下渗漏、堤坝滑坡和决口也会导致洪水未达到坝顶而失事,这种险库也要考虑。

确定水库下游工程点的设计洪水位时,需要分析研究各种类型的水库运用方法(如蓄水拦沙水库、蓄清排浑水库、滞洪排沙水库、低水头电站的泄空冲刷等)、下游河道的性质和形状、水库终极状态时的下泄流量的大小和水流的清浊情况以及支流下泄泥沙情况等,对河道的冲淤影响,尤其注意由于河道淤积导致工程点洪水水位抬高的影响。

8.4.2 本条是指上游水库实际设计洪水标准低于工程点频率为1%时的设计洪水标准或为险库的情况。但有的水库由于坝体质量差,虽设计标准高,但实际未达到,对于此种情况经多方面分析判断后也应考虑溃坝对工程点是否有影响。

8.4.3 水库坝体溃决的可能方式,必要时应作些分析比较。

溃坝宽度应根据溃决口门形状确定,而溃决口门的形状,可参照同类型已溃水库的口门形状,同时也可根据坝体特性通过经验估算确定溃坝宽度。

可泄库容包括溃坝水位以下的水体和沙体两部分,若水库全溃时,水库泥沙淤积量的50%~70%应考虑在可泄库容中,在山区流域坡度很陡的情况下,可把泥沙淤积量全部计算在内。

8.4.4 目前水库溃坝洪水计算的途径有数学模型、水工模型以及两者相结合等途径,当河道情况不复杂时,可采用简化方法演算。

8.4.5 坝址断面溃坝最大流量计算方法很多,有国外的、国内的。国内有铁路、公路、水利系统等方法。由于推导条件、依据资料不同,建立公式类型也不同,选用时要求方法简便,具有一定精度,并注意其适用范围,如溃坝方式、坝下水深、河床类型、水库规模等,对计算成果应结合类比调查进行合理性分析。

常见的溃坝最大流量计算方法有经验公式、波额流量计算、圣维南算法、汇流与波流相交法等。

当坝体全溃或横向局部溃决($b_g < B_g$)时,可采用下列理论公式计算:

$$Q_g = K_0 \sqrt{g b_g H_s^{3/2}} \quad (19)$$

式中: Q_g ——坝址断面溃坝最大流量, m^3/s ;

H_s ——溃坝时坝体上游水深,对未溃水库验算时,可采用坝高值, m ;

K_0 ——系数,查表1;

b_g ——坝体溃决口门平均宽度, m;

g ——重力加速度, 为 9.8m/s^2 。

对一般土坝和堆石坝, 当水库库容大于 10^6m^3 时, b_g 按下式计算:

$$b_g = K_1 K_2 (W^{1/4} B_g^{1/7} H_g^{1/2}) \tag{20}$$

当水库库容小于 10^6m^3 , b_g 按下式计算:

$$b_g = K_1 K_3 (WH_g)^{1/4} \tag{21}$$

如计算得的 b_g 值大于坝长 B_g 时, 则按 $b_g=B_g$ 计算。

混凝土重力坝溃决口门宽等于坝长。

式中: K_1 ——安全系数, 取 $K_1=1.1\sim 1.3$, 按工程重要性及坝体质量选定;

K_2 ——坝体建材系数, 对粘土类、粘土心墙或斜墙和土、石、混凝土坝体取1.2, 对均质壤土坝体取2.0;

K_3 ——坝体材质系数, 质量好的取6.6, 质量差的取9.1;

W ——水库库容, 10^4m^3 ;

H_g ——坝高, m;

B_g ——坝长或坝址断面附近库区宽度, m。

表 1 K_0 值 表

B_g/b_g	1	2	3	4	5	6	7
b_g/B_g	1.000	0.500	0.333	0.250	0.200	0.167	0.143
K_0	0.2963	0.3607	0.4101	0.4382	0.4603	0.4759	0.4895
B_g/b_g	8	9	10	11	12	13	14
b_g/B_g	0.125	0.111	0.100	0.091	0.083	0.077	0.071
K_0	0.5008	0.5105	0.5206	0.5266	0.5331	0.5410	0.5445
B_g/b_g	15	16	17	18	19	20	
B_g/B_g	0.067	0.063	0.095	0.056	0.053	0.050	
K_0	0.5498	0.5541	0.5584	0.5525	0.5660	0.5692	
B_g/b_g	21	22	24	26	28	30	
b_g/B_g	0.048	0.045	0.042	0.038	0.036	0.033	
K_0	0.5726	0.5750	0.5810	0.5874	0.5924	0.5960	

坝体全溃($b_g=B_g$, $h'_b=0$)、横向局部溃决($b_g<B_g$, $h'_b=0$)、竖向局部溃决($b_g=B_g$, $h'_b>0$)、竖横向都局部溃决($b_g<B_g$, $h'_b>0$)等各种情况, 可采用下列经验公式计算:

$$Q_g = 0.27 \sqrt{g} \left(\frac{L_k}{B_g} \right)^{1/10} \left(\frac{B_g}{b_g} \right)^{1/8} b_g (H_s - K'_0 h'_b)^{3/2} \tag{22}$$

式中: L_k ——水库库区长, 可采用坝址断面至库区上游端部淹没宽度突然缩小处的距离, 或近似地按

$L_k=W/H_s B_g$ 计算, 当 $L_k/B_g>5$ 时, 则按 $L_k/B_g=5$ 计算, m;

h'_b ——溃坝后坝体残留高度, 由于坝体系分层建筑, 当某一高程以下坝体质量良好, 该高程以上质量较差并有可能沿该高程溃决时, 则取质量良好这部分高度为 h'_b , 当无法确切估算时, 可假定 $h'_b=0$ 以策安全, m;

K'_0 ——修正系数, 可按下式计算:

$$K'_0 = 1.4 (b_g h'_b / B_g H_s)^{1/3} \tag{23}$$

当 $(b_g h'_b / B_g H_s)>0.3$ 时, 则按 $K'_0=0.92$ 计算。

其余符号意义同前。

根据水库溃决条件可采用上列公式之一进行计算;或分别按上列两公式计算,经分析比较后,确定坝址断面溃坝最大流量采用值。

8.4.6 对大型工程以及区间洪水组合复杂时,应采用溃坝洪水演进计算,考虑因素要全面些。当坝址与工程点之间泛区的洪水调蓄作用影响较大时,不能直接移用坝址溃坝最大流量,此时可用经验公式计算。溃坝最大流量向下游演进计算方法很多,如辽宁省水利局改进公式、黄委会公式、波额流量试算加水量平衡法、圣维南方程组近似解等。工程点断面溃坝最大流量可按下式计算:

$$Q'_g = \frac{W_c}{\frac{W_c}{Q_g} + \frac{L_m}{v \times K''_0}} \quad (24)$$

式中: Q'_g ——工程点处断面溃坝最大流量, m^3/s ;

L_m ——坝址至工程点距离, m ;

K''_0 ——调整系数,山区用1.1~1.5,山前区用1.0,平原用0.8~0.9。

Q_g ——坝址断面溃坝最大流量, m^3/s ;

v ——断面平均流速,在有资料地区,可采用实测最大值,无资料地区、山区用3 m/s ~5 m/s ,山前区用2 m/s ~3 m/s ,平原用1 m/s ~2 m/s ;

W_c ——水库溃坝后下泄的水量体积, m^3 ,如无资料时可按下式计算:

$$W_c = B_g (H_s - h'_b) L_k / 4 \quad (25)$$

符号意义同前。

8.4.7 溃坝洪水过程线与溃坝形式、最大流量、入库流量,可泄库容及下游水位等因素有关,目前尚无统一推求方法。通常通过水量平衡试算求得,采用水量平衡原理分析出来的概化过程线,作为近似的溃坝洪水过程线。

8.4.9 本条中的“有溃坝影响”的含义指水库实际校核洪水标准低于频率1%,或虽高于频率1%但实际为险库,坝体质量较差,经分析判断当频率1%洪水来临时,有多种原因导致仍有溃坝可能的情况,有时还须进行水库抗洪能力的验算。

当上游为水库群时,由于上游水库的影响,设计洪水比没有水库群时要小些,如果上游的水库群中任一座,其设计洪水标准低于工程点设计标准时,则不但不能考虑水库对洪峰的消减作用而且其下游尚有水库时,应当考虑上游水库的溃坝流量和平坝顶时的总库容作为下游水库的入库洪峰流量和洪水总量抗洪能力验算。如上游有大、中型水库数座(设计洪水标准比工程点标准高)则应分别确定上游为空库或满库时抗洪能力各有多大,是否会对工程点构成溃坝威胁,对险库按具体情况分析检验。

当工程点位于上下游梯级串联水库之间时,应根据现有河流规划与实际情况,按工程点设计洪水标准进行全面分析上下游梯级是否相适应、考虑不利组合的抗洪能力的验算。当上游水库小、下游水库大时,下游水库是否已考虑上游可能失事的影响;当上游水库大,下游水库小时可分别确定各自的洪水标准,但注意上游水库的防洪调度是否已考虑下游的安全;当上下游水库的规模相差不多时,应首先考虑要求加大上游水库的防洪库容以提高洪水标准,或要求适当加大下游水库的泄洪能力。

总之,在梯级串联水库中,至少要有一个具有足够抗洪能力的关键工程,以避免失事后造成下游连锁反应。对于其中险库尤要注意。

8.4.10 溃坝洪流演进计算的主要目的,在于估算溃坝洪水向下游传播时的沿程水位和流量,以供拟定必要的防护措施。坝体突然溃决后,溃坝洪水向下游的传播,一般应采用不稳定流计算方法进行洪流演进计算,为简化内外业工作量,有时也可用简易近似方法估算。

出流与槽蓄关系法可按河段槽蓄量与出流成单一关系、受入流影响、受洪水涨落率影响以及受下游支流汇入与分流影响的情况分别采用不同方法演算。

成单一关系时,根据水流运动方程与连续方程通过图解法演算。

受入流影响时,可在水流运动方程中以入流量为参变量通过图解法演算。只考虑入流量的工作曲线一般是通过水面曲线绘制的。

受下游支流汇入与分流影响时,对出流断面会造成壅水或降落影响,演算方法同时受入流影响,在水流运动方程中以总的有效顶托流量值代入入流量为参数(由于下游支流来水顶托使计算河段出流断面正常水位一流量曲线的流量减少值称“有效顶托流量”。

受洪水涨落率影响时,河段不仅应计入入流对槽蓄的影响,还需考虑涨落率对水位流量关系的影响,洪水演进工作曲线的槽蓄作用应计入涨落率影响。

8.4.11 水闸是一种低水头的挡水、泄水水工建筑物,水闸按其功能可分为拦河闸、进水闸、排水闸、分洪闸和挡潮闸等。工程点设计洪水推求按水闸类型、上下游河道特点及工程设计要求进行有关水文、水力计算。其中设置在感潮河段上的挡潮闸,因闸下河段的水位和流量受潮汐的影响,流态为变量变速流,一般可采用有限

差分形式求解明渠不恒定流方程和过闸流量方程。

水闸泄流能力的确定根据拟定的闸孔型式及尺寸,用堰流及孔流公式计算并将成果值与设计流量(或校核流量)进行比较,一般水闸允许差值为5%。

8.4.12 分洪闸下游设计洪水位按其下游分洪区或分洪道不同情况计算,并考虑今后可能的淤积和水位的壅高。对于封闭的分(蓄、滞)洪区,根据分洪流量过程线及分(蓄、滞)洪区的水位蓄量关系曲线进行水量调蓄演算,推求蓄洪区的水位过程线,以各时段蓄洪区的水位及相应的分洪流量用推求水面线的方法推求闸下水位过程线;对于分洪道,确定分洪道出口处的水位过程线,根据已确定的水位及相应的分洪流量用推水面线的方法推求闸下水位过程线;对于边分、边蓄、边排的情况,确定排水河道出口处的水位过程线,假定出流量,用推水面线的方法倒推调蓄区出口处的水位,用试算求得调蓄区入口的水位及该时段的分洪流量,用推水面线的方法倒推闸下水位。

8.4.13 泄(排)洪闸下游设计洪水位,主要决定于泄洪时段承洪水体的设计洪水位或水位过程线。

8.5 设计洪水的地区组成

8.5.1 设计洪水的地区组成计算有两种情况,一为干支流的地区组成,计算支流区间洪水与干流测站洪水的组合;一为水库下游的洪水组成,计算区间洪水与水库下泄洪水组合后的设计洪水。电力工程水文设计洪水计算,多数情况下通过设计洪峰流量推求设计洪水位,以考虑工程点的防洪安全;同时在河道排洪沟开挖,检验河道安全泄量,灰场溢洪道确定等也要考虑设计洪峰流量,在自建水库,灰库设计以及必要时为对上游水库抗洪能力验算等需加推算设计洪量。对于具体工程应根据设计要求及工程的防洪特点确定分析方法。

8.5.2 典型年法是典型地区组成同倍比放大,为工程设计中常用的一种方法,尤其适合于上游分区较多,组成较复杂的情况。对于没有或很少削峰作用的工程也可按洪峰的倍比放大,但要注意各断面及区间峰量关系不同所带来的问题(如上下游水量不平衡等)。所选的典型最好各断面的峰量数值比较接近于平均的峰量关系线。

有时只需要推求上游某一断面或区间的洪峰流量,而不需要洪水过程线。此时,可利用该断面或区间的峰量相关线,由设计洪量查得洪峰流量,也可选择典型年按洪量比直接放大洪峰。

放大实际典型时,一般选取设计断面的控制时段洪量为放大指标,对各断面及区间的洪水过程线进行放大,上游各水库的设计洪水过程经水库调蓄后,演进至下游设计断面,与区间来水汇合后,即为下游断面的设计洪水。

8.5.3 同频率地区组成法适用于当设计流域内各地区洪水的实测资料中未发现有显著超标准以及分区与下游断面两者洪水的相关关系较密切的情况,反之不宜采用。

由于河网调蓄作用等因素的影响,一般不能用同频率地区组成法拟定河网地区设计洪峰流量的地区组成。

8.5.4 推求上游各断面及区间的洪水过程线时,一般可先选择典型年,然后按已求得的洪量作控制,用同倍比放大法推求。但应注意检验上游各断面及区间的洪水过程演算至下游控制断面时,是否符合水量平衡原则,不符合时,应进行修正。

8.5.5 对控制断面及各分区都应采用同一典型洪水过程线进行放大,才可能使各分区逐时段流量组合后与控制断面相应时段的流量基本一致,满足上下游之间的水量平衡。典型年的选择,可根据设计洪水地区组成情况,分别选取以上游来水为主、或区间来水为主的不同典型。

8.5.6 区间设计洪水可根据资料情况,采用不同的计算方法。当区间流域面积较大,区间洪水占有一定比重时,可将历年上游断面的洪水过程演进到下游断面,再从下游断面洪水过程中减去,即得历年区间洪水过程线,从中摘取逐年最大洪峰不同时段的最大洪量进行频率计算;如上下游之间的洪水变形较小时,也可将上游断面的洪水过程,错开一个洪水传播时间后与下游断面洪水过程相减得出,由此统计峰量进行频率计算;如区间支流上有水文站时,也可把该站实测洪水过程演进到下游断面,并与区间无控制区的相应洪水过程(可由暴雨推估)直接求得区间的洪水过程,由此统计峰量进行频率计算;当区间洪水所占比重较小时,可由区间设计暴雨或由地区综合经验公式来推求。

8.5.7 对拟定的设计洪量地区组成和各分区的设计洪水过程线应从洪水地区组成规律、水量平衡及洪水过程线形状等方面进行合理性检查,必要时,可适当调整。

当流域下游控制断面的防洪安全主要决定于洪峰流量时,应经过暴雨洪水的特性分析,结合上游水库的调度计算,考虑各断面出现洪峰时间的提前或错后从而造成更不利遭遇的可能性。

8.6 小流域暴雨洪水

8.6.1 据华东地区对小流域雨洪计算作过的统计,电力工程涉及的大多为集水面积小于 10km^2 的特小流域。

8.6.2 小流域山洪沟设计受设计洪峰所控制,灰场一般库容较小,对洪水调蓄能力有限,设计洪峰对灰库影响较大,洪水过程线形状的影响较小,故而电力工程小流域设计洪水计算多数情况着重于设计洪峰。

我国幅员辽阔,水文气象、地质地理条件差别大,加之所依据资料的局限性,在现有各种类型的方法中,统一使用一种方法比较困难。结合地区特点采用多种途径计算设计洪峰流量,进行相互印证、综合分析仍然是需要的。

8.6.3 不管采用哪种方法计算设计洪峰流量,要使计算成果符合实际,均须对流域自然地理下垫面条件及暴雨洪水特性等方面进行详细查勘和分析,这是一项重要的基础工作。

8.6.4 经验公式具有强烈的地区性,无论在公式之间或地区上,其参数与指数均不得任意移用。并注意大小流域面积之间,参数变化规律上的差别,其计算成果的精度或可靠性取决于设计流域的计算参数的正确选用以及

经验公式本身的精度。各地实践经验表明, 计算成果的质量和可靠程度决定于选用公式所依据资料的质量和适用的范围, 而公式的形式或考虑因素的多寡则是次要的。

推理公式法用于推求设计暴雨所形成的设计洪峰, 关键在于确定设计暴雨强度, 目前工程中一般用流域汇流历时作为暴雨时段, 即成峰暴雨。

8.6.5 地形图比例尺对量算流域汇水面积、地形特征参数的精度影响很大。为此, 根据量算汇水面积制订所要求的不同比例尺的地形图, 这是一般要求图上面积精度不小于 5cm^2 。

8.6.6 为了适应各流域要求不同的统计时段, 利用或统计雨强—频率—历时曲线, 就可由年最大24h设计雨量作历时变换, 求得相应设计流域指定历时的设计雨量。

8.6.7 当雨量的重现期改变时, 其暴雨参数 n 值即随 P 值的减小而递减, 而面雨量 n 值又较点雨量的 n 值为小, 暴雨公式中的 n 值不会是稳定不变的。为了减小 n 值对计算成果的影响, 应尽可能根据6h、1h的暴雨修正或推算雨力 S_p 值。

电力工程水文计算中常遇到特小流域暴雨设计洪水问题, 国内外研究甚少, 在电力规划设计总院主持下, 华东电力设计院等单位开展了此项研究。应用推理公式法研究了特小流域汇流参数的变化规律, 指出对于特小流域的汇流特性, 流域下垫面条件起主导作用, 见表2。经鉴定可供华东地区特小流域暴雨设计洪水分析计算使用, 也可供其它地区和其它部门计算暴雨洪水参考应用。

该表选用华东地区山东、安徽、浙江、江西、福建、江苏六省70、80年代已建在册的径流站(小河站), 共分析了92个测站845场次雨洪对应资料。为了地区综合参数的需要, 又搜集和借用了湖南、四川、辽宁等水文站系统已刊布的34个测站200多场次洪水的分析成果, 资料有如下几个特点: 流域面积小于 10km^2 的测站占多数; 各类下垫面、气候条件比较齐全; 资料年限近, 质量高; 洪峰模数较高。

表 2 华东地区特小流域洪水参数 m 分类表($\theta=L/J^{1/3}$)

类 别		下垫面植被条件、雨洪特性、河道特性描述	洪水参数与 θ 的关系式	$\theta=1\sim90$, m 值范围
I 类 (森林类)		原始森林或树径达15cm以上、以阔叶林为主的林区。覆盖率在80%以上, 远眺呈蘑菇状。树下有灌木藤枝漫生, 潮湿阴暗, 腐殖质枯枝落叶层较厚, 一般在5cm以上。坡面流程长, 拦蓄能力强, 壤中流丰富。河系不很发育、河道两岸灌木丛生。人类活动较少。洪水呈缓涨缓落型, 枯季径流常年为断流	$m=0.175\theta^{0.128}$	0.18~0.31
II 类 (多种植被组成混合类)	II-1型	以针叶林和稠密的高灌木为主, 林下腐殖质覆盖不厚, 或稠密的阔叶林约占60%。河道常年有水。河道两岸有灌木杂草, 沿程河床基岩裸露, 河床坡度较陡, 有跌水。大洪水呈陡涨缓落型, 小洪水缓涨缓落	$m=0.3505\theta^{0.118}$	0.31~0.50
	II-2型	以灌木林和密集高草坡为主, 或针叶林、灌木林、草坡混合组成; 或以稠密的竹林和混交林为主。岩石裸露和少量耕地。河道两岸杂草丛生, 有砾石、卵石, 洪水陡涨缓落	$m=0.395\theta^{0.104}$	0.40~0.63
	II-3型	以不稠密的灌木林和不很密集的草坡为主, 或竹林、松杉林约占60%, 兼有10%~20%的水田; 或以水田塘坝为主, 有裸露岩石, 土层不厚, 河道两岸有杂草	$m=0.510\theta^{0.092}$	0.51~0.77
III类 (荒坡类)		以旱地、荒草坡为主兼有稀疏灌木林(夹的杂草)、幼林、经济林。土层较薄, 岩石裸露明显。河道两岸草木稀少, 有少量塘坝、鱼鳞坑等, 间歇性水流	$m=0.675\theta^{0.079}$	0.68~0.96
IV类 (南方水土流失类)		以荒山为主、植被稀疏、树木矮小的南方水土流失区。土壤贫瘠, 坡面冲沟发育, 滞水能力小。有明显的河槽与滩地, 河道宽浅, 河床淤积严重。间歇性水流, 洪水陡涨陡落, 多为锯齿形	$m=0.840\theta^{0.058}$	0.84~1.09
V类 (北方土石或土)		半干旱地区的土、石或土石地区, 植被差, 或有少量树木, 风化严重; 岩石裸露大部分为荒草; 或以旱地为主, 有梯田, 谷坑, 鱼鳞坑等人	$m=1.500\theta^{0.036}$	1.50~1.77

石地 区类)		类活动。宽浅形河道, 间歇性水流, 洪水陡涨陡落		
-----------	--	--------------------------	--	--

在使用表2时, 尚须注意如下事项:

- 1) 要注意流域下垫面条件的历史变迁对洪水汇流参数的变化。
- 2) 若具体流域在水系分布、形状或水源比例等有其特殊性, 则应从概念上加以分析, 从定量上加以修正。
- 3) 应当强调通过对设计流域进行短期的雨洪对应观测资料的搜集和分析、现场查勘与访问, 采用流域水文比拟法等多种途径来选用洪水汇流参数值。

8.6.8 小流域的设计洪水过程线一般是根据地区上各参证流域的实测洪水过程线资料综合分析所得出的具有一定代表性的洪水过程线模式, 即概化过程线, 按设计洪峰流量, 设计洪量予以放大而得。

主峰段过程可采用五点概化过程线。

设计洪水总量根据设计洪水过程线的时段净雨深, 计算得各时段的洪水量总加而得。

8.7 分期设计洪水

8.7.1 应使分期洪水不仅在成因上, 而且在数量级上(如各期洪水的均值、历年最大值)、洪水过程线形状和峰量出现全年最大值的可能性等方面有比较明显的差异。

8.7.4 合理性检查可将各分期的和全年的洪水频率曲线点绘在同一张概率格纸上, 检查其相互关系合理性。

8.8 水面曲线

8.8.1 试算法根据能量平衡方程采用分段试算, 试算中假设的水位与计算水位的差值, 一般不得超过 $\pm 0.01\text{m} \sim 0.1\text{m}$, 否则应重新假定水位计算, 直至满足计算精度要求。在推算的方案不多, 不便于绘制河段水力特性曲线或由于河道冲淤、水力因素改变等条件下可用试算法、适用性广、精确可靠, 在工程中常用。由于试算较繁, 故一般习惯用图解法, 如控制曲线法、抗阻模数法、断面特性法等。

8.8.2 对于河道比较顺直、过水断面形状基本一致、水流比较平稳的平原河流, 河段划分可长些, 一般可取 $2\text{km} \sim 4\text{km}$, 每段的水面落差不超过 0.75m 为宜; 对于河道变化剧烈的山区河流, 河段划分可短些, 一般可取 $100\text{m} \sim 1000\text{m}$, 每段的水面落差不超过 3m 为宜。

计算断面的选择应根据设计要求及河道变化情况而定。

8.8.3 由于天然河道的形态和床面比较复杂, 糙率选用对水面曲线的计算成果影响较大, 故一般采用本河道实测资料求得。

8.8.5 在确定计算流量、淤积断面与糙率后, 建库后回水曲线可采用分段试算法推算, 有时也可采用简易法推求。

8.9 平原地区设计洪涝水位

8.9.1 对其成果应充分了解其推算方法与考虑的因素, 并结合本工程的设计标准、河段水文特性、对原设计成果进行全面分析后, 决定采用、修正或重新推算本工程的设计洪水位。

8.9.2 水利化地区由于水利设施、河道开挖治理、分洪等影响, 往往不能直接采用水文站实测洪水资料推求设计洪水流量。因产汇流条件有改变, 故需要用雨量资料推求。

8.9.4 当地水利部门制定的排涝公式, 由于排涝设计洪水标准较低, 故其统计的实测资料, 基本是不出槽的洪水, 由于平原漫滩槽蓄的巨大影响并未在排涝公式中予以反映, 因此直接应用当地水利部门排涝公式推求稀遇洪水往往会偏大很多。如淮委和安徽省制定的淮北坡水区排涝流量公式, 据淮委分析, 100年一遇流量的折减系数为 $0.6 \sim 0.7$, 甚至更小。为此, 利用当地排涝公式时应对成果值进行合理性分析, 对折减系数的确定应参照有关成果资料多作比较分析。

8.9.5 影响内涝积水高度的因素除流域的降雨和损失外, 还直接与流域内水利设施和泵闸抽排能力, 遭遇外江外海水位过程等因素有关。外江外海水位的高程和过程, 不仅影响排水闸的启闭和排洪量, 而且当外江水位达到一定高程后, 由于泵闸设备和泵站稳定性的要求将停止抽排或关闸。

1) 当圩内无设备和能力向外江外海抽排时, 内涝积水高度完全取决于关闸封圩期间相应总净雨量的大小, 因为此期间圩区径流量除蒸发、渗漏损失之外别无其它出路。

2) 当圩内有泵站或水闸向外江外海抽排时, 内涝积水水位并不完全取决于某一期间总净雨量的大小, 而是取决于其间某一强度大而雨量集中的暴雨。

选择一年或数年的实测降雨过程为典型年, 根据设计时段的设计降雨量, 采用同频率分段控制的典型年放大法求得设计降雨过程, 再由常用产流方法算得净雨过程, 通过流域面积化为来水过程。

为了校核和修正内涝积水计算中所确定的方法、原则及产流分析中概化所带来的误差, 故要求选择近年较高积水年份的资料进行验证以后, 再推求设计积水位。

8.9.6 河网的水流状态, 一方面受河网几何形态的影响, 另方面也受上下游边界条件如湖泊、潮汐的影响, 水力因素随时随地在变化, 属典型的非恒定流运动。因此河网圩区的调蓄演算是以边界条件为控制(上边界一般是山丘区的入流过程, 下边界是江河、湖泊或潮汐的水位过程)的河段调蓄演算。对于河网中的骨干河道, 一般采用非恒定流的数值解法, 如瞬态法、特征线法、差分法等方法求解; 对于较小的圩内河网和次要河道, 可采用简化计算。

8.9.10 对于不能同时分洪、泄洪的滞洪区, 其承洪水体在分洪时段内, 水位高于或接近滞洪区的水位, 当时

不能开闸泄洪,需待承洪水体水位下降后才能开闸泄洪;对于边分洪、边泄洪的滞洪区,其承洪水体在分洪时段内的水位低于滞洪区的最高水位,可开闸泄洪,其调蓄计算可根据分洪流量和泄洪流量以及滞洪区下泄流量与蓄水量的关系通过列表试算法、半图解法、简化三角形法进行。

8.9.11 对于多数中小平原河流其堤防设计标准未达100年一遇,此时往往漫溢溃堤,其设计洪水位视河段特点而确定。一般宽浅河道在大洪水时范围很大,可根据河段具体情况结合历史漫溢范围和河道两岸地形条件,概化确定边界,利用曼宁公式计算水位。

9 泥沙与河床演变分析

9.1 一般规定

9.1.1 在当前分析工作中这是最基本的分析手段与途径,无资料如此,有资料也可检验分析结论是否符合河段实际变化规律、相互印证,故必须查勘与分析相结合。

关于判别河床稳定性年限的衡量标准,交通部门对桥位设计判别河段的稳定性及变形程度,通常以50年左右的河床演变作为衡量标准。据调查,在水工方面尚无这些明确规定,但从其水泵等常用设备设计寿命考虑为25年,电厂机组设备一般考虑30年(核电厂为50年),水工取水构筑物设计寿命为50年,故水工要求河床稳定性年限要考虑与取水构筑物同寿命,要考虑近30年~50年的河道变化趋势。至于电厂煤港码头河床稳定性年限,水工要求可考虑与电厂取水稳定性年限要求一致,因煤港码头的运行也是从属配合火电厂安全运行的要求。

9.1.2 河床演变分析所要达到的最终目的,是要分析影响河道冲淤变化的主要因素,掌握河道冲淤变化的客观规律,从而推论设计河段在今后30年~50年内的发展趋势与河床稳定性评价。

9.1.3 对流域开发与整治规划的现实性,应作具体分析,一般有早期制订、近期制订以及无具体书面文件报告仅口头介绍等情况。为此,须了解其近期实施可能性以及规划的修正变动,水文相应作出不同程度的影响分析。

首先分析近30年~50年内河床演变现状及发展趋势,其次分析规划后近30年~50年内河床演变的可能发展趋势。

9.1.4 应查明工程点以上流域悬移质和推移质的河流泥沙来源、数量和泥沙特性,包括干支河流泥沙量组成、沿河不同区段泥沙量组成的泥沙空间分布特性。除天然侵蚀泥沙外,还应注意人类活动增加的泥沙来源,如沿河铁路、公路施工、开山挖土、城市建设施工、露天采矿、电厂本身排灰等给局部河段带来的影响。

泥沙特性包括悬移质、推移质及河床质的粒径级配曲线、中值粒径、平均粒径、泥沙沉降速度、干容重(用来确定冲淤泥沙重量与体积关系)等。

设计河段来水来沙条件是用来分析泥沙在时间上变化和空间分布特性的,是影响河床演变的主要因素。根据实测多年平均流量与平均输沙率、逐年平均流量与输沙率,确定要分析的年份是什么类型的来水来沙典型年,并与河道冲淤变化过程相对照,分析其冲淤特性与水流挟沙能力及来沙变化关系,同时分析流域干支流沿河不同区段的来水来沙的空间分布特性。

水流泥沙运动特性分析,是依据河段内进行的专门河床演变观测成果,绘制各种水力泥沙因素在空间(沿水深、河宽、流程)和时间上的分布图以及各个因素相关图,从中得出它们的规律,并分析它们与河道冲淤变化的关系。

河段的河床形态与地质组成特性,是影响河床演变的重要边界条件因素。主要依据河段内的取样、钻探和地形、地貌调查资料绘成各种图表与河床冲淤变化情况进行对照分析,明确其间的关系。

河道中水工建筑物的人为影响,如河道上修建了水库、护岸、丁坝、水闸、桥梁等水利工程、整治工程或其它工程建筑物,往往从根本上改变了河道的天然演变规律,尤其对局部河段的演变影响更大,故对人为因素的影响应作一个单独分析。

设计河段的河势变化包括历史演变与近期演变分析。分析河道在历史上的演变过程,有助于推断今后的发展趋势,主要通过搜集历史图籍(如河道地形图、河势图及航道图等)对比分析,作出平面及纵横断面的演变图加以比较。

近期演变(近30年~50年内)是河床演变分析的重点,主要通过实测的河道图籍结合调查和当地或邻近水文站实测水力泥沙因素关系的综合分析,最后论证水工构筑物的岸滩稳定性以及必要的定量数据(如自然冲刷深度、冲淤变化幅度、淤积强度、取水口离岸远近的冲淤比较等)。

以上所列是工程上河床演变分析的基本内容,对于每一个工程的具体问题,其具体分析因河段特性与河床演变特性而异,必须根据具体河段的泥沙运动和河床演变特点,结合实测和调查的资料灵活运用分析方法,解决工程具体问题。

9.2 河流泥沙

9.2.1 河道中的泥沙,就其来源可分两大类,一类是从流域地表冲刷而来;另一类是从原河床上冲起的。在运动过程中,两者有着置换作用。人类活动对河道泥沙量的变化起着重要影响作用。

9.2.2 泥沙的沉速是泥沙的重要特性之一,在许多实际问题中,例如水库和河道的冲淤计算、沉沙池设计及抛石筑坝等都要计算沉速。

由于沉速的计算公式较多,选用公式时应分析适用条件、公式考虑的因素。

9.2.3 通常认为若年径流资料经分析已具有代表性,则相应的年输沙率也具有代表性。

9.2.4 当资料不足时,一般先设法延长沙量资料,然后计算多年均值,如年限较短也可尝试建立月流量与月

输沙量关系;若当地汛期降雨侵蚀作用强烈且河流泥沙集中在汛期时,则可建立汛期径流与年输沙率关系。

当测站仅有少数几年实测资料难以建立关系延长时,可考虑采用最粗略的比值法估算。

9.2.5 当缺乏泥沙资料时,多年平均输沙量只能通过下列各种途径作极粗略的估计:

1)可利用各省水文手册中的多年平均侵蚀模数分区图、多年平均含沙量分区图及悬移质输沙模数等值线图。由于此类图精度较低,使用时应进行流域产沙特性调查并作全面分析。

2)水文比拟法关键在于选择一个暴雨、地貌、土壤及植被等主要自然地理因素相似的参证流域的输沙量模数。当某些因素不相似时,应设法加以修正。

3)当设计断面缺乏实测资料,而上游干流及其相邻支流具有实测资料时,可用多年沙量平衡方程估算。

这种方法还可用来作成果合理性分析,综合分析全流域各断面沙量计算成果,检查逐年的和多年的沙量平衡情况。

4)经验公式是以定量指标反映流域的土质、地貌、植被、气候和治理程度等因素,建立输沙量和这些指标之间的经验关系,因此都有强烈的地区性,使用时应深入了解适用条件,成果多作合理性分析。

9.2.7 在山区河道中,推移质泥沙占较大比重对其输沙量必须予以重视。而推移质的实测资料比悬移质资料更为缺乏,且资料精度很差,故进行推移质输沙量估算时,常用多种方法分析比较:

1)利用已建水库的泥沙淤积资料推求推移沙量,即从已建水库的淤积量中根据泥沙的粒径级配,一般以悬移质级配中大于重量97%的粒径作为推移质的粒径下限,区分出推移质的数量。

2)比值系数法国内外广泛应用,利用河道推移质输沙量与悬移质输沙量有一定的比值关系来推求。比值的确定可根据相似河流已有的短期实测资料估计。

由于我国幅员广大,各河流的土质、植被及地貌条件差异较大,比值的具体选用应根据流域实际情况,尽量选用实测和调查资料分析的数据。

3)由于目前对无资料地区推移输沙量的估算方法尚属粗略的,精度不大高,更应对估算成果进行合理性分析比较。

9.2.8 水库淤积测验的地形法能准确地反映全面情况,但工作量较大,一般用于库区面积较小和库区支沟多的水库,或用于地形变化复杂的局部库段。

测算的淤积体积应换算为泥沙重量,淤积干容重应通过试验确定,在泥沙组成较粗和一定沉积时间的条件下,容重沿深度存在梯度变化,底层大于表层,淤积干容重值应作合理性分析慎重选用。

9.2.9 目前关于泥沙起动的各类公式繁多,且计算结果也差别较大,主要原因是对于泥沙起动的判别标准和试验条件各不相同,采取不同的分析途径和表达方式,依据各自的实验数据建立公式,故强调选用公式时应注意其适用条件。

实用时,泥沙的起动流速取泥沙起动时的垂线平均流速。

9.2.10 冲积河流河床上泥沙运动往往形成起伏不平的沙波,它的阻力即为动床阻力,它决定河道的过水能力与输沙能力。河床阻力包括河底阻力与河岸阻力,一般讲河底阻力指动床阻力。

由于泥沙运动和沙波形态尺度随水流情况而变化,故动床阻力是随着水力条件而改变的。糙率表征河床边界对水流阻力大小的度量,对于定床此为常数,对于沙质河流,动床的糙率就不是常数。

选用计算公式应注意适用条件,对成果多加分析比较。

9.2.11 通常把悬移质中相当于组成床沙主体的粗颗粒泥沙称为床沙质或河床质,把悬移泥沙中大部分细颗粒泥沙称为冲泻质或非造床质。但床沙质和冲泻质在一定条件下可相互转化,故对其划分是相对的。目前的划分也是实用上通常的经验性处理。

由于粒径级配曲线是在一定水力条件下得出的,故也仅反映在这个水力条件下的相对划分。

9.2.12 在根据水库淤积量估算流域产沙量时,必须考虑水库排沙比。排沙比指排出水库的沙量占入库沙量的百分比。

9.2.13 鉴于床沙质和冲泻质的性质不同,表达这两部分挟沙能力的公式或计算方法也有所不同,需分别对待。有理论公式、经验或半经验公式,也有床沙质挟沙能力公式,目前大都采用半经验公式,这些公式都是在一定水力泥沙条件下建立的,有其适用范围,故选用时一定要全面分析比较。

9.2.14 高含沙水流的含沙量一般大于 $200\text{kg/m}^3 \sim 300\text{kg/m}^3$,其流态基本上呈紊流和层流。紊流是在比降大、流速高、水流汹涌的河流中出现,运动属悬移质特性;层流在比降小、流速低的河流中出现,水面十分平静光滑,清水下面为浓稠的泥浆。

若支流为高含沙水流应考虑其对于河流挟沙能力及输沙量的影响。

实测资料表明,高含沙水流的挟沙能力特别大,而沙粒的沉速急剧降低,其流态特点可通过测站或现场调查访问,流态不同其属性也不同。

9.2.15 异重流是泥沙运动的一种特殊形式,因含沙量不同而引起为“浑水异重流”,它是潜流形式。异重流通常出现在水库、引水渠和船闸引航道等处,对这些地区的泥沙运动和河床演变有重要的影响。又如河道边滩向下游发展形成倒套,最终为浑水异重流进入淤塞,对取水工程应加注意。

9.3 设计河段河床演变

9.3.1 关于河床演变分析的资料,搜集应尽可能详尽,并进行审查和考证,判明各种资料的可靠性及精度。

9.3.3 人类活动影响通常有水库、水闸、桥梁、码头、护岸工程、河道拓宽与疏浚以及森林砍伐、滩地围垦等

都应在分析中加以考虑。应通过深入的现场调查、访问、分析判明对本工程可能产生的影响。

9.3.4 在河道冲淤演变过程中, 来水来沙量的变化是影响河床演变最活跃的因素, 其特点是丰水少沙年有利河道冲刷、枯水丰沙年有利于河道淤积, 中水中沙年有利于河道稳定。洪峰与沙峰的对应性对河床冲淤变化影响很大, 若沙峰落后于洪峰则易形成泥沙落淤。

绘制水面流态图等可综合分析河床冲淤与水力泥沙因子之间的变化关系。

离均值指某年值偏离多年平均值, 其值有正负; 累积离均值是把逐年离均值累加, 其值有正负, 籍此可反映出多年变化。

在实际应用中, 可根据工程特点、资料情况及河段河床演变特性, 灵活应用多种分析形式, 充分揭示出设计河段演变规律。

9.3.6 作法为选择某个特征流量, 按年份将选定特征流量下的各年水位分别加以平均得各年的平均水位, 据此便可点绘同一流流量下的水位过程线。若此时水位是逐年上升的, 表示河床逐年淤积抬高; 反之, 降低则为冲刷; 水位有升有降则为河床冲淤交替。

河床变形强度分布图的绘制, 可使用一种透明网格标划板, 在两次实测河道地形图上选定起始断面绘制, 逐段量读两次测图上同一座标点的床面高程增减量, 正号淤积, 负号冲刷, 即可勾绘出河床冲淤变形强度等值线图。

9.3.8 由于影响河床演变的因素很多, 又极其错综复杂, 因此, 目前在实际工作中, 主要还是通过实地调查、实测资料分析或参考类似河流的观测资料等方法, 结合设计河段的水力泥沙特性和整治规划, 估计今后可能的演变趋势。对一些计算方法得出的结果应多作分析比较。

利用遥感、航卫片资料结合河流动力地貌特性分析判断, 尤其是在缺乏资料的情况下采用此法分析, 能在较短时间内提出初步判断意见, 可在今后实际工程中逐步探索应用。

河道动力地貌分析实际上就是通过水流(水动力)与河床地貌相互作用分析河床演变, 也即一定形态的河床地貌是在一定的水动力条件下形成, 反映出某阶段河床变化特性, 结合分析推测水动力条件可能的变化, 可预测河床演变的趋势。由于实际工程中往往缺乏水动力条件资料, 而河流动力地貌是能够查勘的, 故可从一定形态的河流动力地貌来推论其形成的当时的水动力作用条件, 它联系了河流动力学、泥沙运动动力学的分析方法。

此仅是初步的, 再深入分析还要做很多工作, 包括水力泥沙条件的观测等。

9.3.9 把所搜集与观测到的水力泥沙因子资料通过各种形式的绘图可充分显示其在空间上(沿水深、河宽及流程)、时间上的分布和变化特性, 充分认识河段水动力条件的变化规律, 有利于深入分析本河段河床演变趋势。

9.3.10 若对工程有严重影响或在其影响范围之内则应予考虑, 并通过各种途径分析可能的影响程度与后果或定量的说明。对一些重大复杂问题, 可通过数模计算或泥沙模型试验分析。

9.3.11 从工程实践而言, 除了结合现场调查访问分析河床冲淤变化的发展趋势外, 还需要对河床演变的规模和位置作出定量的估计。在调查还不能解决时, 尚须结合河床变形计算。此时, 应根据工程具体情况、河道特性和资料条件选择适当的河床变形计算方法。

分析河道的冲淤过程有两类方法, 一是推求冲淤过程的终极平衡状态(或最不利状态), 二是推求整个冲淤过程。

目前多数数模也仅限于处理一维水流问题。故一维数模可用来计算大规模的疏浚和整治工程(如裁弯取直、长距离束狭、大范围浚深、拓宽)所引起河床冲淤变化, 或由于受特殊自然条件影响(如上游来沙特多、下游出现壅水等)使河段出现的普遍冲刷和淤积以及河流渠化工程、建水库后所引起的河床冲淤。

在工程实际问题中, 对于局部河段的河床变形, 须了解某段范围的冲淤分布, 以至于河段内如边滩、心滩等的移动和河岸变形, 则须作细部变形计算, 并作为二维问题来处理。

整治或疏浚浅滩所引起的河床变形, 较短河段的自然变化等都需通过二维数值模型计算。

在解决实际问题时, 一般是从分析实际资料着手, 明确某些工程实施后河床变形趋势, 然后借助模型试验求得解决, 理论计算仅仅作进行方案比较时的一般估算。

利用数模计算时, 要求所选择的数模结构设计合理、适应性强, 并能通过本河段水流泥沙运动实测资料验证。尤其要注意数模对诸如阻力问题和输沙规律问题的处理方法或公式, 目前一些数模还带有经验性, 故对数模计算结果应作适当评价, 对一些重大复杂问题, 必要时还应通过泥沙物模试验论证。

9.3.12 目前还不能通过水流内部结构和泥沙运动的分析, 导出理论性的河相关系式。只能根据观测资料, 建立河相关系的经验公式, 故它是一种经验关系式, 局限性较大, 都是指一河段的平均情况, 而且是在造床流量或某一频率洪水流量下获得的。

河相关系是作为较长时期内的平衡情况来考虑的。

9.3.13 实际工作中, 宜采用一个较长的设计河段。此河段应包括若干实测的断面及水位流量资料。在某一流量下, 如果各断面的水位基本上均与该河段的河漫滩齐平时, 此平滩流量即可作为造床流量。估算平滩流量的关键在于平滩水位的确定, 平滩水位可由点绘不同水位与断面宽深比关系线的转折点来确定, 避免单用一个断面时河漫滩高程难以确定及代表性不强的缺点。

9.3.14 冲积河流的稳定性指标用来表明随着流域来水、来沙条件因时间的变化, 河流所表现出来的局部的、暂时的相对变异幅度, 即相对稳定性。

目前国内外都有这一方面的指标,但都是依据一定河段的实测资料提出的,有地区经验性,故用这些指标时应利用本河段实测资料作适用性验证。

9.3.15 不同类型的河流其来水、来沙和边界条件、河床形态及河床演变均具有不同的特性,从实际应用大体上可分山区河流、平原河流(其中又可分为顺直微弯河道、弯曲河道、分汊河道及散乱河道)以及潮汐河流。由于河道类型本身还可转化,故分析每类型河床演变时应注意其共性规律以及具体河段的特性,甚至在新的来水来沙和边界条件下可能的河型转化。

9.4 取排水口河床稳定性分析

9.4.1 此时应着重分析局部河段上诸如与取排水构筑物设计布置直接相关的个别河弯、汊道、浅滩、边滩的演变趋势,以及人类活动的影响,并应通过各种途径定量表达冲淤变化。

9.4.2 对取水构筑物位置选择,首先要防淤和避免淤积,但实际工作中往往会遇到取水条件不利的河流,位置选择不理想。这时应分析河流淤积原因及影响范围,判断取水口是否会淤积,要全面分析其淤积强度的变化发展趋势及人类活动影响等。

9.4.3 切忌在岸边缓流区、死水区及回水区选择取水口。

鬃岗指河弯凸岸在间歇性发展过程中形成的一组组滨河床沙岗或沙堤。

河弯水流泥沙运动可从水流动力轴线、水面形态横比降变化、环流结构、纵向流速分布变化以及悬移质与推移质运动、挟沙能力等方面分析。

河弯演变特点可从凹岸崩退和凸岸淤长、河弯的发展和蠕动、裁弯取直等方面分析。

河弯形态发展趋势可从来水来沙和边界条件特性、河弯纵剖面形态特征等方面分析平面形态、河弯水深的变化发展。

9.4.4 汊道的产生是由于江心洲的存在。形成江心洲的原因可分为泥沙在河槽中淤积,水流切割边滩或沙咀,裁弯取直使弯道的河漫滩形成江心洲等。

汊道的演变特征表现为洲滩的移动和分合、河岸的崩坍和弯曲、汊道的兴衰和交替。

强调应选在较稳定或发展的、或有整治措施保持稳定的汊道内。汊道水流泥沙运动特性可从分流区和汇流区、汊道的分流比和分沙比等方面分析。

汊道发展趋势可从河床平面形态、入口水流条件、来沙量和挟沙能力对比关系等方面判断。

9.4.5 浅滩为平原河流中各种泥沙堆积体型式之一,它为连续上下边滩的水下沙埂,其成因一般有流速减小,环流减弱或消失,洪枯水流路不一致,局部地区来沙量加大。按位置和形成原因,浅滩一般分布于弯道过渡段、河槽放宽处、束狭口上游、汊道入口处、汊道汇合处、崩岸下游以及弯道凸岸顶点等处。

浅滩演变特点,可从河床高程的冲淤变化、浅滩鞍凹位置的冲淤变化、浅滩水流动力轴线变化等方面分析年内变化。浅滩还具有多年周期性的冲淤变化,这表现在浅滩河段水流与河床相互调整作用方面。

浅滩上水流泥沙运动特性可从比降和流速变化、沿程流速分布变化、环流以及推移质与悬移质泥沙运动等方面分析。

浅滩水深是分析浅滩冲淤变化的一项最基本的资料,具体分析可通过点绘多年水位与水深关系图、浅滩水深与水力泥沙关系的分析等方法进行。

在引用水位资料时,应尽可能直接利用在浅滩上观测的水位资料。如浅滩上无水位站,也可引用浅滩邻近地区水位站的资料,但水位变化过程必须与浅滩一致。在引用水深资料时,应尽可能引用航道中心线最小水深资料,同时,必须进行合理性分析检查。

9.4.6 坚实基岩的凸岸指一般山溪河流在山咀或矾头凸出的江河中,往往系迎流顶冲处,其旁有深潭,有利取水。取水口要放在凸岸起点,可避免顶冲,在其终点为回流区不利取水。同时,查明水下河床情况,应注意暗礁或水下石梁伸出处的回流区引起的污水、泥沙、漂浮物影响取水口。

山区卵石的推移运行具有沿程不连续性以及非恒定性,即卵石输移率波动很大,也表明其施测困难,少数几次测量缺乏代表性。

山区河流取水河床稳定性分析既要考虑泥沙运动防淤,又要考虑水流湍急防冲,冲淤问题都要注意。

9.4.10 因为在两河汇合口区段,主流与支流涨水有先后,涨水幅度不一,易在汇合口处产生壅水现象,导致泥沙大量沉积,形成泥沙堆积锥,其淤积位置又随主流、支流的来水、来沙组成的变化而上下伸缩变化,故取水构筑物的位置应在汇合口淤积区影响范围之外,其安全距离应按主干流宽度、支流汇入口角度、支流与干流的流量比、含沙量比、流速比等水力泥沙因素结合实地调查,并参照汇合口段附近已建工程的水力条件分析确定。

9.4.12 河道人工构筑物对取水口局部河床演变的影响,应按不同人工构筑物的形式与作用进行分析。在取水口河床稳定性分析中注意其各个方面的影响。

人工裁弯导致老河淤废与引河冲刷。护岸工程增强了河流的横向稳定性,崩岸受抑制,凸岸淤长滞缓,河道纵向冲刷显著加剧。

导流工程改善局部河段水流,使主流得到控制。

束窄工程导致河床刷深,增加水深。

渠化工程把天然河流改造成渠道,导致河槽变窄,流速加快,加大排洪能力。

引水工程一般导致引水口下游河道淤积,对断面形态和河型产生影响,河宽缩小,河流分汊不如以前散

乱,原有的河型会有一定的转化。

桥渡工程河段,取水口应避开桥前水流滞缓段和桥后冲刷及回淤段的影响范围。

丁坝工程,取水口不宜设在与丁坝同岸的下游影响范围。当取水口与丁坝群同岸时,应设在丁坝上游,与坝前浅滩上游端相隔一定距离;当取水口处在丁坝的对岸时,经分析有冲刷可能时,须有防冲措施。

拦河坝,在上游应避免在水流滞缓、泥沙落淤区设置取水口;在坝下游设置取水口时,应在其冲刷或冲沙影响区以外,并应征求有关水利部门的意见。

突出河岸的陡崖、石咀与丁坝类似,应避免在其上下游淤积区内设置取水构筑物。

在过水断面形状改变或河弯处,往往伴随着主流在水流内部形成一种规模较大的旋转运动称为副流,它从属于主流存在。副流对泥沙运动和河床演变有着重要的影响,它是引起泥沙横向输移的主要动力,是形成河槽形状多样化的重要原因,因此副流的方向和强度是决定局部泥沙运动方向、冲淤状态和冲淤位置的重要因素。

副流产生的原因一般有内力作用(如离心力、摩擦力、柯氏力及涨落水引起环流等)、外力作用(如风力、波浪、密度不同引起异重流等)。

可见河道人工建筑会影响局部流态,改变局部水流的泥沙运动规律,会引起河床新的冲淤变化,故要分析形成各种副流的方向、强度及其可能影响范围,有的尚须通过水力学方法以及经验公式来加以估算。

9.4.13 城市建设的各个阶段(如施工期)、城市化等以及有关措施都能影响局部水流泥沙运动。施工阶段大量植被遭破坏,流域产沙量大增;城市化后房屋、街道增多,覆盖土地,使产沙量有周期性变化;由于沿河一些工程的施工,大量弃土泥沙进入河槽会形成各种淤积体,导致局部河床冲淤变化;沿河滩地利用人为增加阻力抬高洪水位,易引起河床变化等等,这些都在分析取水口河床稳定性时须加以考虑的。

9.4.14 蓄水水库下游的河床演变较复杂。有的引起下游河道剧变,有的较平缓。

水库清水下泄后,下游河道将发生冲刷。冲刷发展的距离与下泄流量的大小有关,流量大,冲刷能力强,冲刷距离就大,且有下移趋势,同时由于河床细粒泥沙被冲走使河床粗化形成抗冲铺盖层,使河床与来水来沙条件有个相适应的再造床过程,导致河床纵剖面调平比降。河槽断面形态的发展取决于河道水文特性与边界条件、水库运用方式及具体河段位置的水力特性(河道下切与展宽作用随位置而异)。

此外,流域上游修建水库群以后,水沙条件的变化可能出现各种各样的情况,但对下游某一地点的河床演变而言,可能带来的冲淤变化主要取于调整后的挟沙能力和改变了的来沙条件之间的对比关系。

9.4.15 这是因为建库后,洪水的大幅度削减,中枯水时期出现的日调节波对河床演变起着主导作用;此还与库容大小有关,若水库小也可能作用不明显。

9.5 河 床 冲 刷

9.5.1 在计算河床的冲刷深度时,应按不同类型的河段选择计算断面,以考虑河床演变今后的发展。如平原顺直河段,可取工程点上游附近的最大水深可能演变至工程点;平原弯曲河段,因上游河道最深点可能下移,可取工程点上游附近河弯半径最小的河弯顶点断面;游荡性河段,因考虑其河道可能的摆动可取工程点附近若干河床断面重叠后的外包线作为计算断面;山区河段,如周期性冲淤变化不显著,可取工程点处河床断面。

9.5.2 冲刷计算采用的设计流速应按计算方法的要求而定,如测点、垂线平均及断面平均最大流速等等。

平原宽滩河流的河滩流量较大,无资料情况下确定河滩水流流速时,应采用多种方法互相印证核对,尤须注意地形、植被、土壤、水位、流向及滩地冲淤变化等滩地特性,确定死水区边界,正确选定糙率。当主泓摆动,河滩有冲刷时,计算流速应与土壤的容许冲刷流速相核对。

9.5.3 在工程点各类河流的上、下游附近有水文站时,可利用水文站实测大断面的资料,采用最大单宽流量与最大垂线水深关系,或流量与最大垂线水深关系,或其它方法并结合工程点断面形态,分析求出设计洪水时的天然冲刷最大水深,作为考虑天然冲刷的依据。

通常在实际工程中根据具体河道的历史发展情况,实地调查河床特性,比拟类似河流的实际观测资料并考虑河道的规划情况作出适当的估计。

本条还可参见9.5.1条考虑河道天然冲刷的不利断面。

9.5.4 在实际工程中,有时只需知道冲淤达到极限状态下也即冲淤平衡时的河床形态,因此可利用河相关系式估计。冲刷极限状态是指河床冲刷达到相对稳定、冲刷基本停止时的状态,是一种长时期和长河段的平均情况。选用时要注意其适用条件及系数确定的经验性。

9.5.5 水库回水变动区既具有水库的性质又具有河流的性质。消落冲刷是一种自上而下发展的沿程冲刷,回水末端退到哪里,冲刷就延伸到哪里,河槽有明显的粗化现象。充水冲刷是指入汛以后河流流量持续上升,水库在充水过程中处于河道状态的回水变动区的冲刷过程,此时,一方面经历由上而下的沿程冲刷,另一方面,随着库水位的升高和回水上延,又由下而上地沿程由冲转淤。由于入库流量大,充水冲刷较消落冲刷剧烈。

9.5.6 关于抗冲铺盖层的计算,目前已有简化法和详算法,但都不够成熟,带有经验性近似处理,对选用方法的适用范围要作深入分析。

由于抗冲铺盖层阻止了河床继续下切,河床的纵向比降变化不大,计算中可以按原比降值考虑。对具有冲不动层的河床,极限冲刷深度即为泥沙覆盖层的厚度。

当下游河道的床沙组成只有极少量(小于10%)或甚至不存在粗化颗粒而不能形成抗冲铺盖层时,河床的下切将中止于冲刷平衡比降。

9.5.7 电力设计中的管线工程如输油管、输灰管、输水管及水下电缆等,其敷设方式有架空和埋设在床面及以

下,对前者要考虑河岸及支墩的冲刷,对后者要考虑集中水流在床面的刷深,当管线上游河底有障碍物时,易形成局部集中水流引起的床面刷深。

关于冲刷深度的计算,目前主要用经验公式,国内外公式较多,使用较广泛的有铁路桥渡,对于粘性土与非粘性土分别有一般冲刷与局部冲刷公式,有条件时可结合实测资料对经验公式检验。对计算成果值结合现场调查多从各方面进行合理性分析选用。

不同物质组成的河岸具有不同的冲刷过程。非粘性土组成的河岸在被冲刷时,泥沙以颗粒状态被冲走,因此河岸的冲刷率决定于近岸的流速。粘性土组成的河岸,泥沙被冲刷的主要方式是坍岸和滑坡,河岸冲刷率决定于岸坡的稳定性,也就是河岸的滑动力和抗滑力的对比。对于粘性土和非粘性土交互成层的河岸,常常是水流先冲走非粘性土层,而后粘性土层失去稳定而坍落。

在河岸变形分析估算中,根据水沙条件确定河道的宽度是一个重要的问题。国内外一些计算公式包括河相关系式,都属地区经验性,实际应用时会受到种种限制,目前广泛应用的还是现场调查、类比并结合实际测图资料等分析。

10 滨海、潮汐河口水文计算

10.1 一般规定

10.1.1 对于潮位和波浪,是指一定的设计标准及相应的计算方法;对于海流、泥沙运动、岸滩演变,以及潮流量、盐水楔运动、水温、冰坝与流冰影响,则给出其特性或一般规律、观测或调查的基本要求以及有关的计算方法。

10.2 潮位

10.2.1 当工程点或附近海区有验潮资料时,潮汐类型可根据一个太阴月内逐时潮位过程显示的形态特性来判断。如判断有困难,可对该资料及测点地理座标进行各分潮的调和分析,得出潮汐形态系数 K 。

如工程点及其附近海区均无验潮资料而无法判断时,应及时设立临时验潮站,取得一个月资料后,进行调和分析,计算 K 值,再进行判断。

由于我国有30年以上潮位资料的验潮站很少,故规定在频率分析时,资料年数一般不少于20年,并应加入调查的历史上出现的特高(低)潮位,以提高系列代表性。

10.2.2 应注意分析系列中较高(低)潮位出现次数有无偏少或偏多、量级有无偏小或偏大的情况,尤应注意的是有无包括特高(低)潮位。有条件时,应与邻近具有长系列验潮资料的参证站的长短系列统计参数进行对比,来评价本站系列的代表性。

如果工程点海区风暴潮影响显著,系列代表性分析应将实测高(低)潮位系列顺位与当地大风暴潮影响强弱年份及重现期顺位对照,与邻近长系列参证站对比,分析特高(低)潮位出现年份、成因及重现期。

对风暴潮影响,目前主要着重其重系列代表性的分析,若代表性不足,实测系列未能包括历史大风暴潮影响年份,则应加强调查,尽可能加入历史特高(低)潮位。因风暴潮增(减)水值组合计算目前(如水利、港工部门)尚无统一标准,不同组合值得出不同设计潮位值,有时差别很大,故条文中提必要时,在具体工程中有条件时作些分析比较,未强调一定要做。当测站风暴潮影响与工程点差异较大或难判断时,则必须在工程点进行较长期观测,并与测站进行相关分析后,再移用。

提供的设计潮位特征值应统一以设计使用的高程基准面表示,还应列出与海图深度基准面和潮高基准面的换算关系。

10.2.3 年最高(低)潮位系列年极值法选样。在低潮位系列中出现有正负时,须调整计算零点,一般加一个比最大负值稍大的正的常数以消除负值,算得设计潮位后再减去常数。

采用皮尔逊III型分布曲线进行低潮位频率计算时,若经验点据呈下凹形分布,可采用皮尔逊III型负偏分布曲线进行频率计算。

10.2.5 对于有不少于连续5年的最高、最低潮位观测资料的工程地区,其设计高低水位可用极值同步差比法与附近有不少于连续20年资料的验潮站进行同步相关分析。

但须注意,该式系港工部门以50年一遇校核高(低)潮位分析建立的,对其用于推算100年一遇高潮位(低潮位)适用性要作分析论证,对成果要作合理性分析。

对于不足5年而不少于1个月以上观测资料的工程地区,其设计潮位可利用附近有长系列资料的验潮站与工程点同期的日(或月)极值进行相关分析计算。

10.3 波浪

10.3.1 设计波浪的波列累积频率是指其在实际海面上不规则波列中的出现频率,它代表波浪要素的短期(以几十分钟计)统计分布规律。而设计波浪的重现期是指某一特定波列累积频率的波浪平均多少年出现一次,它代表波浪要素的长期统计分布规律。

在进行设计波浪要素推算前,首先应分析工程点海区波浪特性,以便选定恰当的分析计算方法来推求。

10.3.2 在作频率分析计算时,各年必须用同一波列累积频率的波浪要素。

目前,大多数波浪实测资料为每日四次定时观测,没有晚上的数据。另外,在台风等恶劣天气状况下,也可能造成缺测。可根据调查或从天气图进行计算,以补充已有的观测数据。

对测波资料的可靠性应进行审查。检查测波记录是否用同一种仪器、同一种方法在同一地点测到,测波浮筒有无挪动,对存疑资料要进行核查。

10.3.3 波浪周期推算方法2的结果约为方法1结果的1.1倍~1.4倍。对于湾或内海中的地点,当地大的波浪主要为风浪时,方法1的结果比较合理,方法2的结果偏大;但是对于面对开敞海域的地点,受涌浪影响较大时,则只考虑纯风浪情况所得的周期将偏低,宜用方法2。

10.3.4 由于风浪受地形和水深的影响较大,因此,即使两地很近,波浪在传播过程中受水深、地形或障碍物的影响,而产生折射、绕射、反射及其它浅水变形,使得两地和个别方向产生的波浪相差很大。

一般在地形不十分复杂时,相近两地风浪成因基本接近,同一水深处的波浪可看作基本一致,可将附近台、站的某一水深观测的波浪作为工程点相应水深处的波浪,再根据波浪的浅水变形计算,以得出工程点所在水深处的设计波要素。

如测波站与工程点的地形条件相差显著而不能直接移用时,宜先将测站设计波浪要素向深水处推算,得到深水处的设计波浪要素,直接移至工程点的深水区,再按工程点的地形条件进行浅水变形计算推得工程点设计波浪要素。

10.3.5 条文中规定不宜少于15年的资料,主要考虑目前沿海台站一般均只有10余年的资料。

10.3.8 用计算风速的重现期作为设计波浪的重现期时,没有解决延时选择的问题,所以这种方法只适用于可以不考虑延时(波浪只决定于风速和对岸距离)的短风区。根据国内经验此风区的上限暂定为100km。

利用气象资料,尤其利用天气图,在台风等复杂的天气情况下进行波浪要素计算时,其精确度较差,一般不如实测值。

10.3.9 利用气象资料间接推算设计波浪要素,首先要确定风场要素(风区、风速和风时)。当形成风浪的风区靠近岸边或水域较小时,可采用岸上的测风资料来分析海上的风速和风时。对于推算远离岸边的海上风浪,特别是台风浪,则宜采用地面天气图来确定风场的位置和风场的气象要素。风浪要素除与风场有关外,当水域深度较浅时还与风区内的水深有关,所以还须正确确定风区内的水深。

10.3.10 如同时遇两系列的波浪时,须叠加计算。

10.3.11 对工程设计而言,较危险的是波浪为定常状态,由于电厂一般位于港湾之内,近岸水深较小,风区长度也往往较短,风浪可达定常状态。当水深较小,而相对地说,风区又足够大的情况,波浪甚至可达充分成长状态,所以对小风区来说一般应按定常波计算风浪要素而不考虑风时的影响。

江、河、湖泊、水库由于其风区长度较小,可按小风区计算其风浪要素。

10.3.12 此法因资料短、代表性差,其成果应与气象资料计算的成果互相比较。

10.3.13 不同累积频率的波高与其对应的周期的关系还未完全确定,为简化起见,采用平均周期。对于由周期换算波长存在着两种方式,其一既为条文中给出的经典流体力学中规则波的公式;其二为波谱理论。由于波压力计算中均适用规则波的公式,国内模型试验中也主要为规则波,故确定利用规则波的公式由周期换算波长。

10.3.15 在绘制折射图时,不同水深的等深线间隔按工程要求与精度而定,见表3。

表 3 不同水深的等深线间隔水深范围

水深范围 m	200~100	100~50	50~20	20~10	<10
等深线间隔 m	20~10	10~5	5~2	2~1	1

波浪折射图能反映出波向线的辐聚或辐散、波高的衰减或增大,可了解近岸各处波高变化的基本趋势、波浪破碎临界水深,此图有助于近岸带泥沙运动分析。有条件时可利用计算机来推求工程点近岸波场。

10.3.16 一定的水深 d_b 对应的破碎波高 H_b ,即为该水深的极限波高。当某一累积频率的波高 $H_f < H_b$ 时,波浪不破碎;当 $H_f = H_b$ 时,波浪破碎;当 $H_f > H_b$ 时,波浪在较深的水深中破碎。工程点处的设计波要素应根据深水波要素经浅水变形计算,推算到工程点水深处的波要素,当大于浅水极限波高时,设计波高应按极限波高采用。

在近岸波高计算中,海底坡度对计算方法的选择和成果的精度有一定影响,需合理确定海底坡度,可考虑下列两种经验方法:

通过波浪浅水变形计算,确定波高破碎的临界水深,由1:5000~1:10000海图上量出临界水深至海图0m各等深线间的距离,可算出海底坡度;

直接从1:5000~1:10000海图上,量出0m等深线至各等深线间距,直至深度突变处为止,然后计算海底坡度。

以上两法,都须先将所量范围等深线修匀后量算。

10.4 近 岸 海 流

10.4.1 通常所称的海流是指由潮流、风海流、波流、梯度流等的合成流动。由于近岸海区的潮流和风海流、河口区域的潮流和径流,不但量值较大,与电力工程建设关系密切,而且研究方法较为成熟,有普遍公认的、可供实际应用的一些结论。

10.4.2 海流特征值包括潮流性质判别,大、中、小潮期间潮流平均最大流速、近岸海流最大可能流速以及潮

流水质点的平均最大运移距离。

进行电厂取排水口范围不同潮型潮流的时空分布特性分析;分析海岸带余流方向和流速大小。

10.4.4 为了以较少天数的海流观测资料推求尽量准确的潮流调和常数,进而预报任意时刻的潮流情况,海流连续观测应选择在天文条件良好、天气情况比较正常的日期进行,日期的选择还与采用的潮流分析方法有关。观测天数一般不宜少于3天。

10.4.6 直接利用实测资料进行整理分析,指用实测海流值绘制各种海流图,从中选定有关的特征值;用断面测点实测海流值计算断面流量;用大面积流路资料绘制测区流路图。

一次或多次周日观测的准确的分析方法,即采用引入差比数的方法,对海流观测资料进行准调和与分析,计算出主要分潮流的调和常数、椭圆要素和观测期间的余流。

根据工程点实测全潮资料绘制不同潮型、不同层次的潮位、流速、流向过程线时,尽量将同步观测的水温、盐度、含沙量过程绘于同一张图上,以便分析各种水文因素随潮流变化的情况。

10.4.7 分析海岸带泥沙运动的方向应考虑余流的大小和方向。海流去掉周期性潮流之后剩余的平均流动即为余流,是一种非周期性的水流。

通过矢量法或计算法对不同潮流,分层对各测点进行余流分离,然后绘制不同潮型、不同层次的余流图,了解平面各点、各层余流方向和大小,分析影响余流分布的主要因素,判断余流的固定流向。

10.5 潮汐河口水文计算

10.5.1 对潮位资料审查,如了解资料的精度及对整编成果的评价;历年使用的水准基面是否一致;统一水准基面的改正情况;上下游各站特征潮位变化是否协调;对于个别特征值异常可从逐时潮位过程线检查;有无验潮井安装问题影响特征潮位的观测精度,发现问题应会同整编部门处理。

挡潮闸在潮流界以下并离河口有相当距离时,关闸后,涨潮时上溯的潮流完全受阻,产生水位壅高;退潮时,上游无水补给,低水位比不关闸时要落低。

若考虑建闸后的最大壅高,则可用设计最高潮位所相应的潮型。根据明渠不恒定流方程,用差分法严格求解水流动量方程与连续方程。

关闸壅高对重要工程影响较大,则应采用考虑风应力影响的数值解法去确定关闸壅高值。

10.5.2 潮汐河口地区电力工程水文分析计算中常要遇到涉及潮汐河口水力计算问题,例如河口河滩灰场缩窄河道、河口建闸后的取水条件、河滩灰坝合拢的龙口计算以及河口区水面曲线的推求。

当前潮汐河口水力计算方法很多,大体可分为有限差分法及有限元法两类,对一维和二维水流问题又有许多具体方法。目前广泛采用的有不恒定流差分法、特征线法及有限单元法等。按给定的某一初始时刻的水流状态和水体的边界水流条件合理选定计算参数,根据工程问题的性质,选择求解圣维南不恒定流方程组的方法,在计算机上进行数值计算,得出不恒定流水力要素随流程和时间的变化。

对于一些影响不是很大或要求不高的问题,根据资料条件也可通过一些经验的近似的简化方法进行估算。

推算潮汐水力要素的方法属非恒定流水力计算问题,既要考虑上游径流特性,又要考虑河口潮汐的影响以及涨落潮流期间通过各断面的泥沙数量。在河口或海湾地区,必须使用二维数值模型,如极不规则河槽水沙流动、河漫滩上的水沙运动属二维问题。

10.5.3 河口区存在着三条界线。河流水位受潮汐影响的最远点为潮区界,此界潮差为零;涨潮水流上溯的最远点为潮流界,其以上无涨潮流,其以下为涨落潮往复流;涨潮水流中咸水所及的最远点为咸水界。这三条界线随河川径流和潮波的大小在一定范围内上下变动,但其多年平均位置是固定的。

电力工程实际水文工作中,河口区的盐水楔进退变化对电厂取水以及河床冲淤变化都有很大影响,可采用以咸水界为分段标准。以多年平均枯季大潮的咸水界为上极限;以多年平均洪季小潮的咸水界为下极限。

河口区分段一般特性如下:

1)咸水上极限以上的河段为近口段。上游径流大小及上游来沙多少是决定本段河床冲淤的主导因素,以河流特性为主。

2)咸水上下极限之间的河段为河口段。此段是随着不同的水文年,或年内洪、平、枯水季及大小潮的变化,径流与潮流两种动力因素相互影响、互为消长的陆海过渡地段。

3)咸水下极限以下的河段为口外海滨段(河口口门一般指多年平均中潮位水面纵坡降线与平均海平面的交点所在位置),此段以海洋特性为主,通常位于拦门沙以外开敞的口外海滨。

10.5.4 由于各个河口的动力条件和边界条件不同,盐水和淡水在河口地区交汇时发生的混合和环流过程,一般有三种类型:

1)弱混合型(高度成层型)。一般发生在径流与潮流的比值较大、宽度与深度的比值较小的河口。

2)缓混合型。潮汐作用加强时,河口水体的底摩擦加大,产生了湍流,促使底层的盐水和上层的淡水混合,楔形界面破坏,形成了盐度逐渐变化的水带。属此类型的有长江口、珠江口的伶仃洋等。

3)强混合型。多见于潮汐作用强和宽度与深度的比值较大的河口。此类型又有两种情况:

——垂直均匀混合。这时,横向盐度有差异。属此类型如钱塘江口等。

——断面均匀混合。若河口处河道不宽,则湍流不仅使垂直均匀混合,也使其在侧向均匀混合。

上述各种类型,都明显受径流和潮流的比值所控制。此比值往往随时随地而变,使同一河口在不同时间里,或同一时间在河口的不同河段中,出现不同的类型,即可以从一种类型转化为另一种类型。同时,河口几

何形态对混合和环流的类型也有重要的影响。

盐淡水交界面的进退变化规律的分析,对位于潮汐河口区的电力工程取水口位置选择有两方面意义。如在河口区取用淡水时,要分析此交界面位置的变动范围,避免受咸潮影响;分析河口区泥沙运动时,要考虑此交界面位置变动时,对泥沙落淤区位置的影响,避免取水口淤积。

在资料不足时,应在取水河段布置测点,分别在不同潮型、洪枯季进行垂向和平面分布的监测,以供从不同潮型、洪枯季风、浪、流影响等方面分析盐淡水交界面的进退变化以及水体含盐度的变化。

10.6 泥沙与岸滩演变

10.6.1 电力工程在进行厂址取水构筑物与煤码头选址、岸滩围堤以及海底电缆敷设时,应对工程所在的滨海岸段或潮汐河口进行岸滩稳定性分析,以保证工程设施的安全运行。

关于现场观测与试验,主要观测近海水流泥沙在近岸带运动的基本特征,并在潮间带进行挖坑、埋桩的滩地冲淤试验等,以掌握各项动力因素对岸滩变化的相互作用关系。

关于海岸及河口动床模型试验,是为解决预测波浪作用下岸滩冲淤变化趋势、沿岸输沙方向、输沙强度以及整治工程措施的影响。

关于理论分析与计算,目前,由于对泥沙运动的数学物理方程还未处理得满意,有时尚须与物模相结合;此外,利用一些经验公式作某些泥沙特征的近似估算。但不论数模或经验公式都必须深入分析其使用条件,有条件时尽可能用实测资料验证适用性,对数模则必须有实测资料供验证相似性。

遥感技术应用,如利用航卫片分析泥沙运动方向、地貌特征及含沙量变化特性等。

在潮汐河口段的岸滩演变与河床演变的基本特征,既有共性一面,也有特殊性一面,如考虑潮流、盐水楔进退等对水力泥沙运动因子的影响,故也可参照河床演变的有关分析方法。

10.6.3 对岸滩冲淤变化分析,必须查明岸段海域泥沙运动基本特性。对每个具体工程岸段,则须具体分析泥沙来源的组成、以哪种为主以及主要去路。

泥沙运动特性包括输移方向、方式以及数量;输沙动力因素主要有风、波浪以及海流等。

在有泥沙输移的海岸上修建水工建筑物后,形成沿岸输沙障碍,使泥沙运移发生绕行变化,引起岸线局部冲淤演变,有时不是即刻反映出来,要滞后几年,故对此要深入分析。沿岸输沙障碍一般分天然障碍,如平行岸线的岛屿、深入海中的岬、天然潮(港)汊等,人工障碍,如离岸堤、突堤、人工挖槽等。

10.6.4 对近岸泥沙运动进行调查和分析,要查明工程设计岸段是否处于淤积、冲刷或相对平衡状态,并进一步判明泥沙来源、输沙量大小和净输沙方向等,为判断岸滩稳定性提供依据,其中沿岸输沙量大小是重要条件之一。

沿岸沙咀的指向常表明泥沙运移方向,通常河口偏向也是泥沙运动方向的标志。

与泥沙运动有关的海岸动力地貌类型调查(如海滩、河口沙咀、水下沙埂、沿岸沙埂、海蚀崖等),实测其形态、组成物质和结构,按其平面形态在现场调查中绘于1:10000~1:50000地形图中,配合注明沿岸沉积物特性和水动力各要素,并显示各岸段处于冲刷、堆积或平衡状态的分布。

波能法计算沿岸输沙率公式是考虑了泥沙粒径和波陡对输沙率的影响,可供参考使用。

用海洋水文测验方法时,由于沿岸流和输沙率的季节性变化,故测量时间至少以1年为周期。

10.6.5 这种海岸主要分布在平原河流及大河口附近、海湾和堡岛与岸之间的环境。这些海岸环境的水域比较隐蔽,基本上摆脱了外海波浪的直接作用,它位于泥沙来源丰富、潮汐作用较强的岸段。海岸物质大多由0.05mm~0.001mm的细颗粒泥沙组成,颗粒间有粘结力,在海水中呈絮凝状态。形成广阔平缓的低海岸平原。坡度平缓,一般为1/200~1/500。波浪通过浅滩能量较弱,潮汐作用显得较为活跃。按潮汐、波浪作用差异以及地貌特征来分析其演变特点。

对电力工程的水工构筑物及港工构筑物言,以潮间带的中低潮滩至潮下带外界这一范围的泥沙运动影响最大,波浪破碎区就在潮下带外界,需重点分析这一范围的水动力特性和泥沙输移方式、方向、数量。在这类岸滩取水,尤其要分析强风浪掀沙造成短期内骤淤的可能性,防止挖泥都来不及。

淤泥质海岸的泥沙运移形态以悬移为主,对较细颗粒的海岸,其底部可能有浮泥运动,或对较粗颗粒的海岸注意有推移质运动。

在淤泥质海岸,波浪主要起掀沙作用,掀起的泥沙被潮流输送,在有些港口,涨潮流速大于落潮流速时,涨潮流方向往往就是输沙的方向。对于波浪较弱的海岸区,潮流可能是决定泥沙起动、输送和沉积的主要因素。

10.6.6 沙质海岸一般位于山区河流及小河口附近,由不同粒级的松散泥沙或砾石组成,其泥沙颗粒的中值粒径大于0.05mm,颗粒间无粘结力。分布有海滩、沙堤、沙咀、水下沙坝和风成沙丘等堆积地貌,往往伴有泻湖发育。

据破波线内外海水动力性质的不同,把自(平均低潮的或较低低潮的)破波线向岸的区域称滨岸带,是海岸泥沙的主要活动区;自低潮破波线以外的区域称近海,水深较大,一般超过10m。波浪经过滨岸带并不破碎,漂沙的输沙量远比外滩为小。

分析岸滩的冲淤演变,通常是以低潮岸线的演变为代表。

暴风浪与涌浪作用导致沙质海岸岸滩的季节性冲淤变化,其中海滩、水下沙坝和脊槽型海滩等堆积地貌主要由泥沙横向运移所形成。其海滩是处于沿岸波浪活动频繁的地带,它的演变与沿岸波浪特征、泥沙补给和水

体渗透性质等因素密切相关。

沙质海岸海滩上的泥沙运动,可分为破波带和近岸带两区。破波带泥沙运动复杂,兼有推移质与悬移质,与破波形态有关。近岸带,波浪不破碎,属有限水深情况下的波浪泥沙运动,也有悬移质泥沙,但主要的是推移质运动。

在沙质海岸,波浪是造成泥沙运动的主要动力,大部分泥沙运动发生在波浪破碎区以内,在波浪破碎区,波浪会造成相当大的紊动水流,掀起更多的泥沙。但在沙质海岸,狭长海湾和海峡等特定地形条件下,海流(特别是潮流)流速较大,对泥沙运动起着主要作用,而波浪属于次要地位。

10.6.7 在河口区的动力因素中,落潮流常是主导因素,对河床演变起控制作用,在河口区常有涨落潮流的流路不一致,在此两动力轴线之间的缓流区,泥沙易于淤积,常导致河口心滩的堆积,呈复式河槽。河口河槽的动力条件经常变化,如径流有洪水、枯水变化,潮汐有大潮、小潮之分,加之不同区段其影响又不同,故水流变化复杂。

由于各个河口水文地理、地质条件不同,河流所能带到河口的泥沙性质也是不同的。河口泥沙总的可分为无粘性泥沙和粘性泥沙两大类。我国一般在河口区大部分泥沙粒径都在0.0625mm以下,属于河道中非造床质的冲泻质,在河口淤积体中都存在着大量的淤泥和粘性物质。

河口泥沙运动有如下几个基本特点:

1)在周期性往复水流的涨落过程中,泥沙随着水流的涨落频繁的悬扬和落淤。

2)在咸淡水混合过程中,粘性细粒泥沙存在絮凝现象,加速沉降。粘性细粒其粘结力强,沉积后难以掀起。

3)在咸淡水密度梯度的作用下,在河底滞流点附近(河底净流速接近于零处)悬沙汇聚,形成高含沙量区,即最大浑浊带。

4)有浮泥运动。浮泥是浓度较大的悬浮体,在水流或自重的作用下可以流动。

10.6.8 分析潮汐河口的河床演变,不仅要考虑上游来水来沙或海域来水来沙各自的变化规律,还要深入分析它们之间相互消长的关系,同时还要考虑咸淡水混合的影响以及波浪作用,因此潮汐河口的河床演变分析远较无潮河流复杂。

影响河口段的一些整治工程及水利工程措施,例如上游修水库、挡潮闸、疏浚工程、河道束窄等,都会影响河口段的河床演变。

为了预估工程措施后的河床变形,通常采用动床模型试验;或通过联解泥沙连续方程、水流连续方程及水流运动方程,用计算机进行河床变形计算;也可利用一些河相关系粗略估算,但应全面分析适用范围,河口河相关系不仅要考虑流域来水来沙条件,还要考虑海域来水来沙条件,主要参数为多年平均落潮流量、多年平均落潮含沙量,其它参数相对次要些。

10.6.9 河口拦门沙是入海河口在口门附近的泥沙堆积体。广义的指由心滩、沙岛、浅水航道和某些横亘河口的沙咀所组成的拦门沙系;狭义的仅指口门沉积带航道上的浅段。

拦门沙所在处的不同部位由于水动力条件的差异,涨落潮流的流路往往发生不一致。主要流路的潮流,在拦门沙体上冲刷而形成河槽,在流路之间的缓流区,泥沙容易沉积成心滩,它可进一步发育成沙岛。

盐水和淡水的混合,对拦门沙的形成、发育和构造有重要的影响。

海岸漂沙因挟沙能力降低,在河口落淤而成的沙咀,迫使入海水道转向,并使局部水道淤浅,形成横亘河口的拦门沙。

在河口的发育过程中,拦门沙的前坡向海推进,有些心滩演变成沙岛。由于涨落潮流的流路摆荡不定,造成径流在河口河道中的分配比例经常变化,致使拦门滩上的心滩、沙岛和水道也不断变化,水道的冲淤变化导致岸滩不稳定,对于电厂取水口及码头位置选择影响很大,因此在工程中应对河口拦门沙的变化特点从各个方面深入分析,判明对工程的影响程度。

10.7 淤 积 分 析

10.7.1 对沙质海岸,斜向波可以产生沿岸漂沙,同向的潮流或海流使沿岸漂沙加强。

如果在泻湖内建港和取水,因泻湖口门附近波浪动力减弱,使沿岸漂沙发生沉积,因而会形成拦门沙。泻湖的纳潮量对拦门沙的水深有显著影响,若纳潮量减少,则拦门沙处水深变浅,不利建港和取水。

在多沙海域的岛屿间的海峡内建港和取水,由于峡口的特殊水流条件,也会形成拦门沙。拦门沙和海峡两侧的障碍物会增加过峡水流的阻力,迫使部分水流绕岛他流,以致海峡内流速减缓,加速淤浅,不利建港和取水。

对淤泥质海岸,泥沙呈悬浮状态随涨潮流进港,由于港内流速减缓和平潮时的憩流,落潮流不可能将涨潮流带进的泥沙全部带出港,造成港池和航道淤积。浅滩上的浮泥聚集流入航道,形成较厚的浮泥层,以异重流形式向港内输移,并进一步向有较大水深的港池积聚,造成港口的严重淤积,也不利取水。

在淤泥质海岸修建煤码头和取水口,港池淤积有三种形式:潮位上涨时,浑水进入港池造成的淤积,为了减少此项淤积量,应尽可能缩减港内不必要的水域面积;由于港内外水体的密度差导致异重流淤积,为减少此项淤积量,应缩窄港池口门宽度,以减少入港的异重流流量;水流入港扩散,产生回流造成淤积,为减少此项淤积量,只有采取导堤消除回流。此外尚有浮泥在重力作用下,汇集到航槽和港池低洼处沉积。

在河口和河口附近建港,河流径流挟带的部分泥沙可直接进港或由潮流转输入港。

因此,在结合港池设置取水口的方案中,防淤分析中还要深入考虑码头布置对取水口位置的影响。

在滨海地区或潮汐河口通过水下挖槽(明渠或前池等)、港池或水下明渠建堤等方式取水时,应分析估算设计取水条件下的回淤量与回淤强度;同时,应分析设计风暴条件下不利输沙的可能组合,导致水下渠槽一次骤淤影响取水的可能性。可从涨落潮流速及流向、碎波带范围与碎波波向、泥沙运移特点、垂线平均含沙量分布等方面对引水明渠的轴线走向、口门位置以及减少回淤的措施等方面提出水文方面的建议。电力工程取水构筑物取水方式的回淤强度估算,根据工程特点及资料情况,通过如下途径进行:

1)根据类似输沙动力条件的邻近工程的回淤强度调查或测量资料,从两地的水力条件、泥沙条件、地形条件(滩槽水深比)及挖槽深度等方面进行对比分析,作出本工程回淤强度的近似估算。

2)直接进行水下挖槽试验,同时,结合海洋水文测验以此推测设计条件下取水工程的回淤强度。

3)参照港工航道与港池开挖的回淤强度计算公式。选用公式时应结合本工程布置特点注意其在水力条件、泥沙特性、挖槽前后水深比值、含盐度等方面和适用范围。有条件时,可采用数模计算。对计算成果应尽可能结合调查,采用多种方式进行合理性分析。

4)进行水工模型试验。

在具体解决工程回淤问题的分析估算中,应在调查基础上尽可能多种途径分析比较确定。

10.7.2 在港湾海岸,曲折的岸形促使波浪的能量在岬角处形成辐聚集中,冲蚀海岸;在海湾处,波能发生辐散展开,形成泥沙沉积。

当沿岸漂沙流经岬角岸段进入湾口时,由于水流的挟沙能力减弱,致使一部分漂移的砂砾堆积在岬角岸段,形成一端联接海岸,而另一端以狭长堆积地貌沙嘴形态向海湾的湾口水域伸延。

沙嘴向海伸长的速度随水深的增大而变慢,它的末梢因受来自外海的波浪作用向陆地方向弯曲。海岸沙咀的指向和大小显示了该岸段泥沙流的强度和方向。

把岸外岛屿与陆地连接起来或把两个相邻近的岛屿连接起来,这种起着连接作用的泥沙堆积体称为连岛沙洲。一个岛屿愈近陆地,则愈容易形成连岛沙洲,这与岩性及碎屑泥沙来源有关。其中沙嘴、连岛沙洲等主要由泥沙纵向运移所形成。

海岸沙堤是一种海岸堆积地貌,与海岸平行的狭长沙质堆积体,有的沙堤沿海岸分布在高潮线以上称滨岸沙堤。有的沙堤呈连续或间断地分布在岸外海滨,被泻湖与陆地隔开,称岸外沙堤。而在小潮差或无潮差海区位于波浪破碎带内,由沙质组成的水下斜坡上,有不出露水面的堆积体发育,称水下沙坎,破波是形成水下沙坝的重要因素,在波浪破碎带附近,常出现一条或几条平行于岸的水下沙堤。

海岸泻湖是海岸地带由堤岛或沙嘴与外海隔开的平静的浅海水域,它和外海之间常有一条或几条水道沟通,它多分布于波能较低或中弱潮的海岸地带。堤岛和沙嘴构成泻湖的屏障,波浪作用微弱。

因此,根据这些淤积体形态,也可推测沿岸泥沙的动态,分析以上这些岸滩地貌特征,可以确定海岸工程段特性,为预测修建工程后岸滩的稳定性、分析冲淤的变化趋势等提供依据。

河流作用为主的堆积体,一般与海岸线垂直,如指状沙坝、带状沙洲等;而海洋作用为主时,淤积体主要为与岸线平行的沿岸沙坝。

10.7.3 在分析中尚须注意同样的输沙障碍在不同性质海岸冲淤变化的不同。海岸的泥沙上下游运行是对沿岸流的流向而言。如分别在沙质海岸和淤泥质海岸上建丁坝或离岸堤,形成的冲淤变化就不相同。

沿岸泥沙流遇到障碍物后会绕行,随着上游淤积体的发展和岸线形态的调整,绕过障碍物向下游运行的沙量也会逐渐回升,达稳定后,上游岸线的淤长和下游岸线的侵蚀便趋向停止。

从淤积角度分析以上输沙障碍的特点。另外,人工输沙障碍也对海滩发生侵蚀影响,前面也提到一些。

海岸带人类活动会直接或间接地形成海滩侵蚀,例如:

1)拦河坝减少或阻隔了河流向海洋输送泥沙,在某些情况下,便会使海滩失去输沙平衡,受到侵蚀。

2)海岸采沙扰乱了沿岸输沙平衡。如果采沙量很大,就会导致沿岸流下游的侵蚀。

3)丁坝、码头和垂直于海岸的建筑物影响沿岸输沙,设置不当,即会发生上游淤积和下游侵蚀。

4)海岸防护建筑,如海堤,堤岸和防波堤等,会使邻接区域发生侵蚀的副作用。

10.7.4 选择港址及取水口位置,希望在其主要输沙的一侧或两侧,附近没有泥沙源(例如海中冲刷的浅滩、侵蚀的海岸、多沙的河口等都是泥沙源);或只有少量的泥沙来源。沿岸输沙少,泥沙问题也不会严重。

10.7.5 湾口岬角往往是波能辐聚集中侵蚀地带,而湾顶岸段为波能辐散、泥沙沉积区。

10.7.6 有天然岛屿掩护的海岸应注意泥沙淤积成连岛坝。有强海流通过且泥沙粒径细处的岸段,不致泥沙落淤形成连岛坝。

10.7.7 本条指人工岛式堤。

10.7.8 总的说来,潮汐河口淤积体的形成是由于径流与潮流作用相互消长、风浪掀沙作用、泥沙运动差异等导致局部输沙不平衡,因此须在全面分析河口水流、泥沙特性基础上进行。

10.7.9 在分汊河道选设码头、取水构筑物尤要慎重,往往原先是稳定的或发展的,以后由于特大洪水影响,上游河势变化,导致设计河段趋向恶化,故要分析其汉道演变的可能趋势,必要时应采取整治措施,固定汉道流量比,稳定河床。

10.7.10 着重分析盐水楔进退对水流及泥沙运动的影响。

10.7.11 此时应注意沿岸输沙方向,取水口应在河口的输沙方向上侧。

10.7.12 建水库改变径流量,使径流与潮流的对比关系发生变化。对于靠径流量维持的海域来沙丰富的潮汐河口,一旦上游建库,流量大幅度削减,就会引起感潮河段的淤积。

同时,对水库的作用也应具体分析,如果水库拦沙为主,显著降低下游河道的输沙率,则对增加河口航道水深有利,有利取水。如洪水过程受水库调节以后,可以随着河口的盐淡水混合类型的变化出现有利或不利的河道冲淤演变。

10.7.13 首先,修建挡潮闸后,山水流量下泄减少,非汛期闸下淤积严重;其次,由于闸下潮波反射,使涨潮平均水位降低,而落潮平均水位升高,加之涨潮流历时缩短和落潮流历时延长的影响,造成闸下涨潮流速远远大于落潮流速,输进泥沙量远大于输出沙量,引起闸下河段严重淤积,潮愈大,淤积量也愈大。

10.7.14 拦门沙经过较大规模的疏浚以后,淤积部位会随盐水楔滞流点的上溯而上移,如果上游来水较稳定,则淤积可集中发生于较短的河段内。

10.7.15 如上游山水流量不大,束窄工程未延伸到深水区,则束窄段下游,随着进潮量减少必然带来相应的淤积。

11 工程气象

11.1 一般规定

11.1.1 在工程气象资料统计中,基本的气候统计量有平均值、极端值、变率和频率值等,即把不同时间、不同地点的气象观测记录,经过统计分析整理成能反映工程地区气候特征的数值。

如同水文资料一样,气象资料也应进行可靠性、一致性及代表性分析。

当发现两站之间有突变时,有时还须与第三站对比分析,确定是否本站有非均一性。序列订正的途径是通过与在气象要素上有较大关联站点的比较来进行,两站间气象要素的关联愈密切,则订正效果愈好。

由于受局地小气候的影响,对于站址迁移前后两段记录能否合并统计,这也有个代表性分析问题。

由于我国气象台(站)大都按行政区划建在市、县地区,工程点选用气象站不能拘泥于距离远近,应注意根据两地的条件相似代表性来选用。

对气象台(站)的周围环境变化,如城市建设发展对气象要素带来的影响,在分析代表性时要有所考虑,尤其高层建筑对风速、风向的影响。

气象台(站)对工程点的代表性总的来说,影响两地气象要素的条件要相似,一般分热力条件相似,指影响热状况的因素(如地形、植被、土壤、时间、季节、纬度等)相似;动力条件相似,指影响空气运行状况的因素(如地形、植被和风向等)相似。对不同的气象要素,条件相似仍有所侧重。

在热力条件相似中,地形着重平面几何形状相似,植被着重高度和郁闭度相似;在动力条件相似中,地形着重立体几何形状相似,植被着重森林、林带等木本植被的高度和结构相似。由此,当工程点附近气象台(站)的资料具有代表性时,则可直接移用,不然某几项要素不具代表性或预计差别会较大时,应通过包括对比观测等各种途径进行修正、或作出必要的说明。

11.1.2 当选用台(站)资料短缺,通过长期参证站进行订正时,首先要两站气象要素相关代表性好,使已订正的序列比不订正的序列更能反映该站气象要素特性。

11.1.3 在这种情况下,尤其对风速资料影响最大,可利用邻近地区有对比折算系数的经验关系;如无经验关系,则应设临时站进行对比观测修正,并对成果合理性作分析。

临时测站位置的具体选择应按观测项目而定,要求不同,测点布置也不同。基本途径是将野外小气候考察资料和附近气象台(站)同时期的观测资料进行比较,找出两者之间的内在联系或相互关系以推定长期情况。

在山地把短期观测资料延长为正常系列时,凡受地形影响且与天气条件关系大的要素(如日照、辐射、温度、湿度等),应在不同季节或月份按天气类型找关系;凡受地形影响且与风向关系大的要素(如风向、风速、降水等)应按风向找关系,而且这种关系稳定;凡受地形影响且与天气条件和风都有关系的项目(如极端最低温度等)应在不同天气类型下按风向、风速找关系。对一般特征性项目,如霜冻的分布、风速的日变化和垂直分布、山谷风的起迄时间以及气流通过山地时流场和风场的分布情况等等,只要有短期的野外观测就可确定其基本特点和规律,并不需要进行序列订正。

关于资料修正,要看具体情况和具体条件而定,没有固定方法,总的说来,有下列几种途径:

- 1)根据预选设计的对比观测,确定所修正要素可能产生影响的数量指标。
- 2)根据某些有关野外测点资料,找出所要修正要素的可能影响。
- 3)参考其它地方的有关观测资料,根据相似法确定适当的修正值。
- 4)根据小气候特点和经验估计适当的修正值。
- 5)根据理论计算。

11.1.4 工程点无气象资料有多种情况,但多数为山区地形复杂,气象台(站)资料不能直接用,此时设计气象特征值可通过推算法与自然景观法两个基本途径来推求。

(1)推算法有下列几种:

1)相似移置法。是利用某些在一定条件下得出的气象要素值与同地区特定地形(如平地或山顶)下同一要素的差值,根据条件的相似性来推定没有气象观测地点的要素值的一种方法。

2)分离综合法。在分析地形对气候影响或推定山地一定地点的气候情况时,首先把比较稳定的宏观因素和不稳定的微观因素分开,根据各种地形因素对气候影响的规律,确定它们对该地气候或某种气象要素值的具体

影响;然后,再把各种因素的影响(宏观的和微观的)综合起来,得出该地地形的总影响或总的地形影响订正值。

3)内插外延法。用来推算没有小地形影响地点的某些气象要素值。可利用周围地区的气象资料,找出该区域要素空间分布规律,然后进行水平或垂直方向的内插或外延。

4)公式法。有些气象要素也可以利用理论公式或经验公式直接进行计算。

5)相关法。当一要素和其它某些要素之间存在着很好相关关系时,可用其它要素来推求这一要素。

6)动力相似法。在推求不同地形下的风要素时,应根据有对比观测地方的资料分析风要素变化与地形和风向在不同位置的相对关系,用适当的方法表达这种关系。

7)变换界限法。是把没有气象观测或观测时间太短的地方某些气象要素的某种界限值,变换为附近气象站同一要素相应的界限值,从而根据气象站的长年资料推求该界限值出现的日期、天数或频率的一种方法。

(2)自然景观法有下列几种方法:

1)物象法。是利用自然物体在外界气候作用下所形成的某种现象或特殊形态反推气候情况的方法。

2)物候法。是利用植物由于受外界气候条件影响而表现的生态现象的变化以及动物的迁徙等推定当地气象要素的一种方法。

3)植被法。是利用植物带与气候的关系来推定气候的一种方法。

4)树木年轮法。因树木生长与气候条件密切有关,故树木年轮是一种反映逐年气温变化的指标,利用树木年轮的宽度变化,可以推定当地气候的常年变化。

11.1.5 成果合理性分析可通过周围台站成果的变化规律、工程点周围地形、地貌特性、成因特性与本站各气象要素特征值相互比较进行。对工程点周围环境自然植被的改变、城市与工业建设发展以及工业三废的大量释放可能引起小气候个别气象要素异常变化的人类活动影响应加注意,必要时应通过各种途径加以修正。

设计气象要素特征值中尤以风速、风向对局部地形、地貌影响最敏感,这是工程中通常遇到的问题。当前,进行地面气象观测,除国家气象台(站)及国家海洋水文站外,尚有许多专业性气象观测站、点的资料,应注意充分搜集、调查。在使用各种来源的气象资料时,应审查资料的可靠性,分析其可比性,扩大气象资料的空间分布信息,而这对考虑小气候影响尤为重要。

11.2 气温、湿球温度

11.2.1 气象统计时段根据使用要求划分。季节的划分通常有两种,在气候上常用候平均气温来划分,即候平均气温小于或等于 10°C 为冬季, $10^{\circ}\text{C}\sim 22^{\circ}\text{C}$ 为春、秋季,大于 22°C 为夏季;工程应用上通常按月份划分,统计方便些,一年的3月~5月为春季,6月~8月为夏季,9月~11月为秋季,12月~2月为冬季。最热季的统计时段,不分地区,一般采用夏季3个月。

对查找得到的一组或数组与湿球温度相应的干球温度、相对湿度以及气压值,注意相互关系的协调,若不一致时可修正相对湿度值。

11.2.2 具体反映在两个荷载效应组合系数。 φ_w 可称之为设计最低气温时风荷载控制的荷载效应组合系数。因已指明风速样本为10min平均最大风速,故相应的大风荷载也应同样指10min平均大风才可取比值。水工上最低气温用年最低值,因年最低气温一般都有持续时间,对结构影响大,其次,由于30年一遇最低气温,有时已低出实测系列,无法找相应日期,为此参照各院目前做法,从累年实测最低气温出现的日期找出该天的10min平均大风风速,若这个出现日期有几天,则取其中出现较大的一个10min平均大风风速值。根据NOGJ5—88《火力发电厂水工设计技术规定》关于 φ_w 的条文规定,对于历年最大风速出现在最冷季节的地区,需按上述相应计算,反之,经分析年最大风速不是出现在最冷季节,即为一般地区,则按规定取0.6;但当最大风速出现在夏季或冬季的风力相当,此时也应作相应计算。

另一个荷载效应组合系数 φ_t 可称为设计最大风速时最低气温控制的荷载效应组合系数。

φ_t 的推算方法同上。对于历年最大风速出现在最冷季节的地区,50年一遇设计最大风速时相应的低气温,可从累年实测10min平均最大风速出现的日期中挑选其相应的低气温,若这个出现日期有几天,则取其中出现较低的一个低气温值。

同理,对于历年最大风速出现在最冷季节(12月~2月)的地区,要作此计算,除此之外,一般地区均可取0.6。

11.2.3 主要用相关法,而差值法插补仅适用于个别缺测年份,对于整段缺测资料的插补应采用相关法。

11.3 风速、风向

11.3.1 由于气象台(站)周围环境易受人类活动改变而影响资料代表性,故强调要求近期,对某些气象观测资料若非为近期,但经现场台(站)周围环境踏勘,无显著变化也可应用。

11.3.4 在使用风速资料时,应查明风速资料的时距,不能混用。

目前,我国气象台(站)最大风速观测有下列三种时距型式:

1)定时最大风速,是从定时2min平均风速观测记录中挑取,由EL型电接风向风速计定时观测得。

2)自记最大风速(简称最大风速),是从自记10min平均风速记录中挑取,由EL型电接风向风速计自记观测得。

3)瞬时极大风速(简称极大风速),时距为瞬时,是从自记瞬间风速记录中挑取,由达因式风向风速计自记

观测得。无达因仪的气象台(站)在天气现象记载中还有瞬时大风风速的目测记录(一般记录17.0m/s以上的瞬时大风),有一定参考价值。

对于定时最大风速或极大风速资料可通过一定的相关关系推求得最大风速资料。我国EL型电接风向风速计是在1966年~1979年间陆续被气象台(站)用于测风,而在1954年~1969年系采用维尔德风压仪测风,为定时2min,更早期1951年~1953年测风仪器不统一。1969年以前很多台(站)没有风速自记记录。

在山区由风压板测得的风速要进行订正,才能得到较准确的风速,因此,对搜集到的测风资料应了解其采用的风仪及观测的时距。

我国过去的风速记录资料有瞬时、2min等时距,因而要进行统一时距的换算,需要把不同时距的风速,换算至10min时距的平均风速。

我国很多台(站)在1969年以前,1日定时4次或3次观测,没有风速自记记录,因而需要把定时最大风速换算为自记最大风速。

目前时次换算沿用的一些关系式,是根据1976年以前资料建立的,而EL型电接风向风速计是在1966年~1979年陆续被用于气象台(站)的,一些关系式能应用风速自记资料超过10年的台(站)不多。现今自记风速资料也增长了,气象台(站)已具备较长的定时2min与自记10min平行观测的风速资料,故在实际计算中,对本站以往的资料进行时次换算订正,应另行建立相关换算,以使成果更能符合实际。而目前的一些关系式用于大区或一个省,代表性相对差些。

基本风压推求以“当地比较空旷平坦地面上”的设计最大风速为依据,这是气象台(站)观测场环境条件的要求。若不符合场地要求,要向气象台(站)了解风要素的影响程度,这是从场地本身言。其次对工程点地形环境的代表性,若工程点不是“比较空旷平坦的地面”,说明风速、风向资料还不能移用,代表性不足,要进行地形差别的修正。

气象台(站)场地与工程点地形高差很大时,由气象台(站)资料推算的设计最大风速应进行两地海拔高差修正,修正到工程点10m高处。须通过建立区域性实测不同高程风速比关系曲线来修正。山顶风速随地方海拔高度的变化一般都可下式表示:

$$\frac{v}{v_0} = a - be^{-ch} \tag{26}$$

式中: $\frac{v}{v_0}$ ——系山顶风速 v 与山下平地风速 v_0 的比值 ;

h ——山顶与山下的相对高差, m;

a 、 b 、 c ——经验系数,可根据实测对比资料确定。

对于离地10m高,是指风速器的风杯中心离地高,这是考虑避免气象台(站)周围的房屋、树林等障碍物阻挡,故应看作10m的有效高度,即扣除障碍物高度,因此对风仪高往往还须进行调研和分析,按照气象台(站)周围实际情况加以确定。

对不同时距的平均风速可按表4近似换算,并用实测资料分析比较。

表 4 平均风速按时距换算系数表

时距 T s	3600	600	60	30	20	10	5	0.5
v_T/v_{hr}	1	1.06	1.24	1.33	1.36	1.43	1.47	1.59

上表中: v_T ——某一时距的平均风速, m/s;

v_{hr} ——时距为3600s的平均风速, m/s。

11.3.5 年最大风速资料系列的代表性应在经过次数、时距以及风仪高度的订正及一致性分析后进行。

我国大风的主要天气系统有台风大风、雷暴初降时或飑线移来时的大风、寒潮大风以及地面低压系统发展加深产生的大风等。从大风成因上分析设计台(站)风速系列有无充分反映当地大风特性,有无包括历史大风年份,系列有无突出偏小。实际工作中往往碰到系列偏小,计算偏低,更应加强历史大风调查增强系列代表性。同时要着重分析气象台(站)自然环境有无显著改变,甚至影响最大风速。

11.3.6 这主要考虑到目前大部分气象台(站)自记风速资料年限已具备20年或更长(因1969年以来大部分气象台(站)已配备自记风仪)。

11.3.7 最大风速相关时,为便于定线也可把月最大风速资料加入。两站相关之间须作风仪高度一致性订正。

历史大风值对设计成果影响很大,在分析选用和定重现期时应多方考证比较,进行合理性分析。

附近重要的工程建筑物有已选用的基本风压值时,可把工程点设计最大风速换算到风压值作对比分析。

11.3.8 对于全国或地区的风压分布图要正确使用,要了解分布图编制的资料应用情况及精度。

风压分布图采用的风速资料应用到1981年,距今已有10多年了,由于我国大部分气象台(站)自记风仪是1966年~1969年间陆续普及使用的,故当时实际上掌握的自记10min大风资料到1981年也仅12年~15年,包括

定时记录在内多数站系列长也仅25年之久,说明好多站是通过维尔达风压板测风记录折算到自记的,因此确定工程点的设计最大风速必须以包括近期测风记录在内的气象台(站)资料为主,并进行必要的地形修正;应用风压分布图作对比分析时,要考虑1981年以来出现的特大风速值的影响。同时要注意局部地形的影响。

当计算值与风压图值不一致时,要作具体分析,若算得的设计风速换算风压值后比风压图值小时,不是简单地就取风压图值,应分析原因,如气象台(站)环境条件有无变化、资料均一性、精度上差异,必要时进行区域性多站设计最大风速计算,分析区域上变化是否协调,通过多方面合理性分析后确定。相反,若计算值比风压图值大时,也应分析原因,近年内有无特大风速,台站环境有无特殊变化,1981年前后资料精度上差异等,必要时应作区域性多站计算,经过合理性分析后确定。如长江口崇明岛的崇明电厂风压确定,就出现计算值比风压图值大,经区域性分析成果合理,以后风压图再版修改,崇明风压值也增大,与工程原先计算值一致。

对无资料地区设计风速的确定,基本上是现场调查结合类比,或短期观测类比法参照已有风压值或设计风速值,对两地动力特性,大风成因,地形地貌特点差异,作出经验性修正选用,有条件时尽可能进行短期对比观测后进行修正。

特别是在山区,任何两地之间的风向、风速变化决定于当地的地形与风向,在很大程度上是依风的来向为转移。当两地短期风速对比资料关系散乱时,可先建立两地的风向关系点聚图,再绘测点风向与两地风速比值关系,来推得设计风速。

11.3.10 山区的基本风压应通过实际调查和对比观测,经分析确定。

山区地势崎岖多变,除对风速影响外,还对主导风向有影响。在山地,由于局地环流的影响以及一般环流的气流经过山地时也受地形障碍的影响而被迫改变运行方向,所以即使两地相距较近,其主导风向也可以很不相同,为此应通过现场调查或综合代表性月份短期对比确定主导风向。此外,还要注意近地层的风向随高度有右偏的趋势。

11.3.11 海上的风速比陆上为大,因气流对海面的摩擦力小于对陆面的摩擦力,此外,沿海一带有一定的海陆温差,也使海边风速增大。

根据沿海陆上与海面(或海岛)上的一些同期观测的风速资料,进行对比分析,得出海陆风速比值是随陆上风速的增大而减少,但当陆上风速到达35m/s后,比值已接近常数。同时此项比值又随海面(或海岛)距海岸距离的增加而增大。

11.3.12 由于最大风速变化较大,受局地地形影响敏感,也有可能系列代表性不足导致成果值偏大或偏小,故必须进行合理性分析,以求成果相对合理。

11.4 蒸 发

11.4.1 目前尚无直接测定天然水体水面蒸发的方法,主要通过测站用器测法所测得的蒸发量,要和天然水体的蒸发量进行折算,才能得到水库、湖泊等天然水体的蒸发量。

我国水面蒸发观测比较普遍,很多部门都结合需要开展了各自的水面蒸发观测的研究工作。水面蒸发观测早期多为20cm口径小型蒸发皿,以后增加80cm口径套盆式蒸发器,1960年有了E-601型,一般常用的蒸发器为E-601型、20cm口径及80cm口径。

根据吉林省蒸发观测资料分析,10年左右蒸发资料具有一定代表性,相对误差 $\pm 8\%$,20年系列相对误差在 $\pm 5\%$,因此定资料系列在10年以上即可。

对收集的蒸发资料应进行可靠性复查,了解观测仪器类型及安装方式、观测点有无迁移,蒸发器有无变换,观测是否符合规范要求以及与邻近站成果相比较。

因为影响蒸发量的因素复杂,必须采用多种手段进行比较,使插补值合理。

11.4.2 根据国内各蒸发实验站观测资料分析比较,认为等于或大于 10m^2 的蒸发池观测,已接近自然水面的蒸发。

移用时不能单从距离远近看,还应考虑两地的气候、高程和地形的异同。

11.4.3 通常取折算系数接近为1,而各月K值比较稳定的E-601型蒸发器观测资料去折算为宜。如缺乏E-601型蒸发观测资料,也可根据FTN-300型、80cm口径及20cm口径的观测资料折算。

目前有关文献上大都列有K值表,但各有不同,主要是资料应用的年限不同,若原统计资料短者,应用时须充实对比观测资料修正K值;此外,各省水文手册大都列有K值表,地区针对性强些,可供参考使用。

11.4.4 通过比测,水面漂浮蒸发器观测的蒸发量,一般均较陆上蒸发器观测的为大,故引用时要注意多加分析。

11.4.5 从等值线图查图时,应注意水库大小和形状,对小型水库可查其中心;对大型水库要取平均值;对E-601型年蒸发量等值线图的查图值还应乘以折算系数修正。

关于经验公式有两种类型,一种是用蒸发实验站资料建立的公式,公式中水面温度、蒸发池上面2m(或1.5m)高度处的水气压和风速,一般气象站无此资料,故此类公式难以直接移用;另一种是用普通气象观测资料建立的经验公式,我国各气象站及部分水文站均有大量的气象资料,故此类公式使用广泛。

由于经验公式总是有地区性,在实际选用时,应多加分析适用条件。

需设站观测时,应以E-601型蒸发器观测一年以上的资料对原估算成果进行检验。

11.4.6 水面散热系数是计算水面冷却能力、水体对废热自净能力的基本参数,直接影响电厂规划装机容量、工程布置和环境评价的确定。以往常采用苏联的经验公式计算。1977年水利水电科学研究院提出在全国开展水

面蒸发及水面散热系统试验研究后, 参加单位同时在干旱、半干旱、半湿润及湿润地区建立了8个有代表性的试验观测基地, 见表5。在此基础上, 进一步从面与点两方面深入研究, 由南京地理所负责从面上分析综合各个地区观测基地的试验资料, 提出了适用于全国范围的水面蒸发系数及散热系数公式, 即全国通用公式A; 由水科院和安徽水科所负责从点上在环境参数可控的风洞中进行单因子变化的系统基本试验研究, 结合面上观测经验, 提出了切实可用并有国内外较多资料验证的水面蒸发与散热系数公式, 即全国通用公式B。

表 5 散热系数试验站点简况

站(点)名称		位 置	试验水体及 试验设备	参 数 范 围			
				$W_{1.5}$ m/s	ΔT ℃	R_H %	R_S ℃
淮 南	现 场	安徽淮南 淮河边	φ1.8m绝热池, 热水	0.4~7.0	0~15	47~95	20~40
	室 内 试 验	安徽水科 所(蚌埠)	φ1.8m绝热池, 热水	0	2~15	75~95	10~40
红雁池		新疆乌鲁 木齐	φ1.8m绝热池, E-601蒸发 器, 热水	0~11.0	-11~15	16~87	7~38
晋 阳 湖	现 场	山西太原 市	冷却池水面及陆上φ1.8m 绝热池, E-601蒸发器, 热 水	0.2~8.0	0~38		
	室 内 试 验	山西太原 市	φ1.8m绝热池	0	8		
艮山门		浙江杭 州市	河道冷水及热水区, E- 601蒸发器	0.5~3.0		50~90	9~40
微山湖		山东微 山湖	浅水湖冷却池, 冷水热水 区, E-601蒸发器φ1.8m绝热 池				
汗戈力 水库		内蒙古哲 里木盟	水库水面热水, φ1.8m绝 热池, E-601蒸发器	1.5~7.0	-2~8	23~81	8~23
广东水科所 室内试验		广 东 广州市	φ1.8m绝热池		-2~12	50~92	18~40
陡河水库室 内试验		河北唐 山市	水库型冷却池冷热水区, E-601蒸发器φ1.8m绝热池	0.2~6.1	3~8	49~81	29~37

表中: $W_{1.5}$ ——水面1.5m处风速, m/s;

ΔT ——水汽温差, ℃;

R_h ——相对湿度, %;

R_S ——水温, ℃。

11.4.7 兴建水库或冷却池后, 蓄水区由陆面变成了水面, 库区由陆面蒸发变成建库后的水面蒸发, 出现的水库或冷却池蒸发增损, 可按下式计算:

$$\Delta E = E - E_L \tag{27}$$

式中: ΔE ——蓄水区多年平均蒸发增损深度, mm;

E ——蓄水区多年平均水面蒸发深度, mm;

E_L ——建蓄水区前的原多年平均陆面蒸发深度, mm。

计算用水面面积应取蓄水区运行中多年平均水面面积。

流域陆面蒸发量可按下式推求:

$$E_L = P - R \tag{28}$$

式中: E_L ——流域多年平均年陆面蒸发量, mm;

P ——流域多年平均年降水量, mm;

R ——流域多年平均年径流量, mm。

对于利用内陆的湖泊、水库等作为冷却池的地区, 其水量主要由水面蒸发损失的, 此时应逐年推估蒸发增损, 对成果值应以实际的多年观测资料进行验证。

11.5 水 温

11.5.1 设计水温特征值按火电厂不同供水系统方式的设计要求提供。

当火电厂采用直流或混流供水系统时, 应提供最近5年水温最高3个月频率为10%时的日平均水温; 对于深水型冷却池应提供多年平均的年最热月月平均水温; 对于浅水型冷却池应提供多年平均的年最炎热连续15天平均自然水温; 累年逐月平均、最高与最低水温值。

11.5.2 如湖泊、水库的容积、水深不同, 滨海、河口有大小潮、涨落潮流不同, 河流又有补给来源、地形差异的影响, 但都受纬度位置的影响, 最高水温滞后于最高气温在海域中最显著, 可分别按其具体情况建立年值或月值相关, 或资料较少时建立年月值混合相关。

11.5.3 进行一年以上的水温观测, 并同时观测有关的辅助气象项目。作近似估算时, 可利用邻近相似测站或有水温记录的测点资料结合现场短期逐时观测修正推算; 或通过建立区域性水温与气温、或水温与纬度等特征关系间接推算多年及月水温特征值。

对收集的水温资料应了解测站水温观测地点的水深情况。有否受死水或回流情况影响, 测点附近有否受泉水或城市排水等影响。

火电厂设计水温的统计样本为日平均水温, 而我国目前水文站的水温观测为8:00一次, 但在水温日变化大的地区不能代表日平均。为此应设站短期逐时观测, 建立8:00水温与日平均水温关系进行修正使用。

11.5.6 选择相似水库的条件为地理位置邻近、气温接近(即纬度、地形相似), 水库规模、运用方式差别不大。