

中华人民共和国水利行业标准

SL 566—2012

水利水电工程水文自动测报 系统设计规范

Specification for design of automatic system for
hydrological data collection and transmission
of water resources and hydropower project

2012-09-19 发布

2012-12-19 实施

中华人民共和国水利部 发布

前 言

根据水利部水利行业标准制修订计划，按照《水利技术标准编写规定》(SL 1—2002)的要求，统一水利水电工程水文自动测报系统设计的技术要求，编制本标准。

本标准共 12 章 21 节 93 条和 1 个附录，主要技术内容有：

- 总则；
- 术语和代号；
- 系统建设需求分析；
- 基本资料；
- 水文预报方案；
- 站网设计；
- 通信组网；
- 设备及软件配置；
- 供电与防雷；
- 土建；
- 投资概（估）算。

本标准中的强制性条文有：11.1.3 条。以黑体字标示，必须严格执行。

本标准批准部门：中华人民共和国水利部

本标准主持机构：水利部水利水电规划设计总院

本标准解释单位：水利部水利水电规划设计总院

本标准主编单位：中水东北勘测设计研究有限责任公司

本标准参编单位：广西壮族自治区水利电力勘测设计研究院

本标准出版、发行单位：中国水利水电出版社

本标准主要起草人：王铁锋 刘翠杰 伍 哲 李英士

张永胜 李爱玲 莫 明 朱珍燕
欧辉明

本标准审查会议技术负责人：温续余 张国学

本标准体例格式审查人：陈登毅

目 次

1	总则	1
2	术语和代号	2
2.1	术语	2
2.2	代号	2
3	系统建设需求分析	3
4	基本资料	4
5	水文预报方案	5
5.1	水文预报方案拟定	5
5.2	水文预报方案编制要求	5
5.3	水文预报方案编制	6
6	站网设计	7
6.1	站网规划	7
6.2	站网论证	8
7	通信组网	9
7.1	一般规定	9
7.2	通信方式及工作体制	9
7.3	信息流程及通信组网方案	10
8	设备配置	11
8.1	一般规定	11
8.2	遥测站	11
8.3	中心站	11
9	软件配置	12
9.1	一般规定	12
9.2	系统软件	12
9.3	应用软件	12
10	供电与防雷	13

10.1	供电	13
10.2	防雷	13
11	土建	14
11.1	遥测站	14
11.2	中继站	14
11.3	中心站	15
12	投资概(估)算	16
附录 A	超短波无线电通信电路测试及通信电路设计	17
	标准用词说明	24
	条文说明	25

1 总 则

1.0.1 为满足水利水电工程设计需要，统一水文自动测报系统设计的技术要求，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于水利水电工程水文自动测报系统的初步规划、规划和总体设计。

1.0.3 水文自动测报系统设计应根据工程任务和工程安全需要论证系统建设的必要性、系统建设任务和功能，合理确定系统建设范围，规划和论证遥测站网，拟定通信方式和组网方案，配置和初步编制水文预报方案，拟定设备和软件配置，提出供电与防雷方案，进行土建设计，编制系统建设投资概（估）算。

1.0.4 水文自动测报系统设计，应充分利用系统建设范围内的现有水文、气象站网，重视资料的收集、分析和现场调查。

1.0.5 应按照实用可靠、技术先进、经济合理、便于建设和运行管理的原则进行系统设计。

1.0.6 本标准的引用标准主要有以下标准：

《建筑物防雷设计规范》（GB 50057—94）

《河流流量测验规范》（GB/T 50179—93）

《水文自动测报系统技术规范》（SL 61—2003）

《水文基础设施建设及技术装备标准》（SL 276—2002）

1.0.7 水文自动测报系统设计除应符合本标准的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和代号

2.1 术语

2.1.1 测区 measurement area

为完成防汛抗旱、水资源管理、水环境保护和水工程运行管理等工作的某项任务需要进行水文信息采集的区域。

2.1.2 自报式 automatic reporting mode

被测要素值发生变化或定时等事件触发，遥测站主动发送数据的工作制式。

2.1.3 查询—应答式 inquire - answer mode

遥测站响应查询指令发送数据的工作制式。

2.1.4 混合式 mix mode

包含自报式和查询—应答式两种遥测方式的工作制式。

2.1.5 遥测站网 telemetric network

系统中遥测站、中继站、中心站及其通信网络的组合。

2.2 代号

ADSL——非对称数字用户环路；

ADCP——声学多普勒流速剖面仪；

CDMA——码分多址；

DDN——数字数据网；

FCDMA——频分多址；

FR——帧中继；

GSM——全球移动通信系统，原称为泛欧数字移动通信系统；

PSTN——公用电话交换网；

TDMA——时分多址；

3G——第三代移动通信技术。

3 系统建设需求分析

- 3.0.1 应根据工程任务和工程安全需要论证系统建设的必要性。
- 3.0.2 应根据工程需要合理确定系统建设任务。
- 3.0.3 应根据系统建设任务合理确定系统建设范围、监测项目及主要技术指标。
- 3.0.4 应根据工程需要拟定系统的功能。

4 基本资料

4.0.1 水利水电工程水文自动测报系统设计时应收集有关资料，并进行分析整理。

4.0.2 基本资料应包括以下内容：

1 本工程设计资料及工程所在流域或区域已建、在建和拟建的水利水电工程布局，以及工程任务和相关工程特性、工程运行等资料。

2 流域地形图，区域交通及行政区划图，水文、气象站网分布图。

3 系统设计所需的水文、气象资料。

4 与本系统相关的流域或区域已建、在建和拟建的水文（情）自动测报系统建设（设计）资料。

5 流域或区域供电、公共通信网、雷电、地震烈度等。

6 有关数据采集、传输、处理设备等技术、新产品资料。

5 水文预报方案

5.1 水文预报方案拟定

5.1.1 水文预报方案应根据工程防洪及运行调度对水文预报信息的要求、流域特性以及水文资料情况拟定。

5.1.2 水文预报方案的数量、预见期均应满足工程防洪调度要求。工程防洪和洪水调度仅需预报洪峰水位、流量时，区间来水较少的河流可选用河道经验相关预报方案；工程防洪和洪水调度要求预报洪水过程时，宜用降雨径流经验相关预报方案、流域模型预报方案，有条件时应配置两种方法以上预报方案。在有资料的情况下应分析流域产、汇流特性，确定产、汇流方案类型；无资料地区可根据邻近流域产、汇流特性或通过外业调查分析，拟定本流域产、汇流方案类型。

5.1.3 应根据所处区域和流域下垫面特性分析流域产流方式，拟定产流方案。湿润、半湿润地区宜采用蓄满产流方案；干旱、半干旱地区宜采用超渗产流方案。

5.1.4 汇流可采用单位线法、等流时线法等，大流域还需考虑河道汇流计算，河道汇流计算可采用马氏京干法、河道汇流系数等。

5.1.5 水文自动测报系统的水文预报方案精度等级目标应达到甲级。

5.2 水文预报方案编制要求

5.2.1 系统规划阶段，应在分析工程所在地区暴雨，产、汇流特性的基础上，根据工程运行对水文预报的要求，提出选用的预报方法和方案名称（以下简称预报方案配置）。

5.2.2 系统总体设计阶段，当资料条件具备时，应根据现有站网及资料初步编制水文预报方案；当资料条件不具备时，可只根

据系统对预见期的要求提出预报方案配置。

5.2.3 初步编制水文预报方案采用的场次洪水不宜少于 25 次；当资料不足时，宜使用所有洪水资料。依据的水文资料应可靠。

5.2.4 当工程建成后产、汇流条件明显改变时，应编制受工程影响后的洪水预报方案。

5.2.5 应结合流域产、汇流特性对模型参数或经验相关关系进行合理性检查。

5.2.6 初步编制的水文预报方案应统计预报项目精度，初步确定预报方案等级，评价其是否满足系统任务要求。

5.3 水文预报方案编制

5.3.1 水系相关预报方案应建立上、下游相应流量或相应水位相关，如区间面积较大或流域上、下游降水梯度较大，可增加参数，根据影响程度可选用水位、流量、降水等一项或几项为参数。

5.3.2 流域模型方案应充分考虑地区和流域差异，对较大流域应进行产、汇流分区，分区产、汇流模型参数和河道汇流参数应分别进行率定。模型建立后应用实测资料进行验证。蓄满产流地区，可采用降雨径流相关图、新安江模型、萨克拉门托模型、水箱模型等；超渗产流地区，可采用以降雨强度为参数的经验相关、陕北模型等。冰雪融水补给比重较大的河流，应根据产流特殊性，选择相应模型。

6 站网设计

6.1 站网规划

6.1.1 遥测站网包括雨量站、水位站和水文站等。

6.1.2 规划阶段应初步确定遥测站网。

6.1.3 遥测站网布设应满足系统功能、建设目标和预报方案配置的要求；应能正确反映系统范围内水、雨情变化，测站宜设置在交通、通信条件较好的地点。

6.1.4 遥测雨量站网布设时应充分利用现有测站，在满足水文预报方案对实时信息要求的前提下，通过站网论证提出增减后的遥测站数量和分布。遥测雨量站网的密度应考虑干旱地区和湿润地区、山丘区和平原区的差异，不具备分析条件的地区，当测区集水面积大于 3000km^2 时，可按不低于 300km^2 一站的密度布设；当测区集水面积不大于 3000km^2 时，可按表 6.1.4 选择遥测雨量站数量，偏远山区和湿润地区可取下限。遥测雨量站布设应具有代表性，满足洪水预报的精度要求。

表 6.1.4 面积和雨量站数量查算表

面积 (km^2)	<10	20	50	100	200	500	1000	1500	2000	2500	3000
雨量 站数	2	2~3	3~4	4~5	5~7	7~9	8~12	9~13	10~14	11~15	12~16

6.1.5 遥测水文（水位）站应根据系统任务和要求设置。水库工程应布设坝上水位站和出库水文（水位）站，梯级电站区间无大支流，且本级电站无调节性，不必每级电站设出库水文（水位）站。按水量平衡法可推求出入库流量过程时，可不增设入库水文（水位）站。灌溉和供水工程可在取水口断面及主要分水口门附近布设遥测水文（水位）站，流量可采用驻测、巡测或遥测

方式测取。

6.2 站网论证

6.2.1 系统总体设计阶段，应进行站网论证，并确定遥测站数量和位置。

6.2.2 遥测雨量站网应根据现有站网及资料条件，采用以面雨量作为目标函数或以流量为目标函数的方法分析论证。以面雨量作为目标函数进行站网论证时，可按相对误差 10% 为标准进行精度评定。在现有雨量站点足够稠密的地区，可用抽站法、相关系数法进行论证；在现有雨量站网密度较低的地区，可用暴雨等值线法等进行论证。以流量作为目标函数进行站网论证时，可按相对误差 20% 为标准，并采用适合本流域产、汇流特性的水文预报模型对站点布设数量、位置进行定量分析和论证。

6.2.3 应根据系统任务、水文预报方案需要论证遥测水文（水位）站。河系预报需要设立的遥测水文（水位）站，具备资料条件时可通过编制预报方案，根据预报精度要求论证其合理性；干、支流控制性遥测水文（水位）站应满足洪水预见期要求；水库入、出库水文（水位）站应根据工程运行需要进行论证。

7 通信组网

7.1 一般规定

7.1.1 通信组网应包括遥测站至中心站和其他中心（部门）与本系统中心站的通信。

7.1.2 通信组网设计时，应考虑与防汛等相关部门进行信息传输的需要。

7.1.3 通信组网设计应综合考虑系统所在地的通信资源和通信条件。

7.1.4 通信组网设计时，数据传输的可靠性和数据畅通率均应满足 SL 61—2003 的规定，重要遥测站可采用双信道通信，应考虑恶劣条件下系统通信的可靠性。

7.2 通信方式及工作体制

7.2.1 水文自动测报系统工作体制有自报式、查询—应答式和混合式，应根据功能要求进行选择。

7.2.2 水文自动测报系统通信方式宜采用超短波、卫星和公网等通信方式。

7.2.3 通信方式选择应按照工作可靠、易于建设、维护和运行费用较低原则确定。

7.2.4 超短波通信方式设计时，应进行通信信道的电路测试与设计。具体规定见附录 A。

7.2.5 其他通信方式设计，应根据实际情况，进行电路测试，并遵循以下规定：

1 采用 DDN、ADSL、FR、PSTN 等有线线路通信方式时，应考虑防雷电及浪涌措施。

2 采用 GSM、CDMA、3G 等无线移动公共通信网时，无线信号强度应满足通信要求。

3 采用卫星通信方式时，应考虑卫星通信设备的工作体制、工作频段的雨衰特性、传输时延和天线方向性。

7.3 信息流程及通信组网方案

7.3.1 应根据系统功能要求设计系统信息流程。

7.3.2 通信组网方案采用的主要通信方式不宜超过两种。

7.3.3 水文自动测报系统中心站与分中心站的通信组网，应根据信息流程、信息量、节点间信息交换频度和节点的地理位置等要求，选择通信方式。

7.3.4 应根据通信方式、工作体制的设计结果拟定几种通信组网方案，经比较，选出能满足预定要求，投资少，建设周期短的最佳方案。

8 设备配置

8.1 一般规定

8.1.1 水文自动测报系统设备应包括传感器、通信设备、遥测终端机、通信控制机、计算机、电源等主要设备，避雷装置、人工置数器等附属设备，以及用于系统安装、调试、维修的仪器、工具等。

8.1.2 应根据技术和环境要求进行设备配置，并说明主要设备的技术指标。

8.1.3 考虑到水文测报系统野外运行的特殊性，应配置必要的备品备件。

8.2 遥测站

8.2.1 遥测站设备应包括传感器、遥测终端机、通信设备、天馈线、电池及太阳能板、人工置数器等。

8.2.2 应根据水文特性和系统功能需要，确定雨量、水位等传感器的型式及指标。

8.2.3 遥测终端机应满足 SL 61—2003 的要求。

8.3 中心站

8.3.1 中心站设备主要包括通信设备、通信控制机、计算机、数据存储备份设备、电源系统和检修工具等。

8.3.2 中心站可配置专用维护车辆、网络设备、视频监控、便携计算机、卫星云图接收设备、投影机、大屏显示仪、对讲机和打印机等。

9 软件配置

9.1 一般规定

9.1.1 测报系统软件应包括系统软件和应用软件。应依据系统规模 and 任务，以安全、稳定、可靠地实现系统功能为目标，提出软件配置、拟定软件功能。

9.1.2 测报系统软件应与硬件配置相匹配。

9.2 系统软件

9.2.1 应选择具有多用户、多任务并被广为采用的操作系统。

9.2.2 应根据应用软件开发的需要，选择适宜的程序开发工具、数据库软件。

9.2.3 应配置保障系统和数据安全的软件。

9.3 应用软件

9.3.1 应根据系统功能要求，进行应用软件功能模块划分，完成逻辑结构和数据流程设计。

9.3.2 应用软件应包括数据接收与处理软件、数据管理软件和水文预报与调节计算软件等。

9.3.3 数据接收与处理软件应具备原始数据的接收、分解、检错并写入数据库等功能；数据管理软件应能实现数据的查询、检索、添加、删除、修改、备份和导入、导出等功能。

9.3.4 根据系统需要可配置水务计算软件、多媒体软件、远程传输软件、水情网页发布软件等。

10 供电与防雷

10.1 供电

10.1.1 水文自动测报系统的电源应稳定可靠，并满足用电设备长期正常工作的要求。

10.1.2 中心站应采用交流供电。为提高供电系统的可靠性，中心站应配备不间断电源，供电容量应满足中心站设备的要求，并维持主要设备连续运行时间不少于 4h。

10.1.3 中心站交流电源宜配置稳压、滤波等设备，满足设备运行要求。

10.1.4 遥测站和中继站宜采用太阳能电池板浮充蓄电池供电方式，应根据设备功耗、当地光照条件和连续阴雨天数进行太阳能电池功率和蓄电池的容量设计。在连续阴雨条件下，应能保证设备连续工作时间不少于 30d。

10.2 防雷

10.2.1 遥测站、中继站、中心站应配置防雷、接地设施。

10.2.2 遥测站、中继站接地电阻值应小于 10Ω ，中心站的接地电阻值宜小于 5Ω 。

10.2.3 应根据不同的通信方式采取相应的防雷及防浪涌措施。

10.2.4 建筑物防雷设计应符合 GB 50057—94 的规定。

11 土 建

11.1 遥 测 站

11.1.1 遥测雨量站安装方式可根据实际情况选定立筒、站房、高架等形式。

11.1.2 采用超短波通信时，通信铁塔应根据无线电通信电路测试结果确定其型式及高度。

11.1.3 水位站应满足防洪标准和测洪标准的要求。水位站的防洪标准和测洪标准，应按表 11.1.3 的规定执行。

表 11.1.3 水位站防洪标准和测洪标准

水位站类别	防洪标准	测洪标准
水库、闸坝	校核洪水	校核洪水位
河道、湖泊	高于 50 年一遇洪水或相应于堤顶高程时的洪水	高于 50 年一遇洪水位或堤顶高程

11.1.4 水位观测站的布置形式应根据仪器设备技术要求、河道地形、地质地貌、河流水文特征和水力条件，考虑观测便利、经济、安全等因素综合分析确定。

11.1.5 采用浮子式水位计等有测井的测站应提出测井、仪器站房、栈桥、进水管和沉沙池等土建设施的基本要求。

11.1.6 采用超声波、雷达等非接触水位计和压力式水位计等无测井的测站，应提出仪器站房、设备安装支架等土建设施的基本要求。

11.1.7 水文站可参照 GB/T 50179—93 和 SL 276—2002 中的相关规定，提出水位、流量、泥沙测验设施和生产、生活用房等土建设施的基本要求。

11.2 中 继 站

11.2.1 中继站建站位置应根据无线电通信电路测试结果，选择

地形相对平坦开阔、地质条件和交通情况相对较好，岸坡稳定的地点。

11.2.2 中继站土建项目应包括通信铁塔、站房和防雷接地系统三部分。

11.2.3 应根据地质、周围环境条件和防盗、安装维护等要求，提出土建设计方案。

11.3 中心站

11.3.1 中心站土建项目应包括站房建设、站房装修、通信铁塔及防雷接地系统等。中心站站房应首先利用工程办公建设用房。

11.3.2 中心站站房位置应选择 in 交通通信方便、环境整洁，远离强振源、强噪声源，并避开强电磁场干扰，远离贮存具有腐蚀性、易燃、易爆物品的工厂、仓库等的地点。

11.3.3 中心站站房应确保中心站仪器设备稳定可靠运行及满足运行维护人员操作需要，应包括机房、电源室、维修间等，总使用面积不宜小于 60m^2 。

11.3.4 中心站站房室内装饰应提出环境、供电、消防等要求。

12 投资概（估）算

12.0.1 水文自动测报系统概（估）算应依据水利部水总〔2002〕116号文发布的《水利建筑工程概算定额》、《水利工程施工机械台时费定额》、《水利工程设计概（估）算编制规定》和水利部水总〔2006〕140号文发布的《水利工程概算补充定额（水文设施工程专项）》及工程所在省（自治区、直辖市）有关取费规定的要求编制。

12.0.2 水文自动测报系统概（估）算应包括建筑工程费和设备及安装工程费。建筑工程费含各类站的基础设施费用，设备及安装工程费含各类站的设备费、安装调试费和其他费用。

附录 A 超短波无线电通信电路测试及 通信电路设计

A.1 图上作业

A.1.1 宜在不小于 1:50000 比例尺的地形图上标出中心站、中继站和遥测站的位置,按照地形条件和数据流向的要求,初拟组网方案,量算各站点的通信方位角。

A.1.2 应作出每条电路从发射点到接收点的路径剖面图。路径剖面图应绘制在等效地球半径系数 K 值制定的专用坐标纸上。温带地区 K 值宜选用 $4/3$ 。

A.1.3 应根据各条电路的路径剖面图,分析确定其电波传播机理是视距传输还是绕射传输。

A.1.4 应根据路径剖面图量算通信距离、障碍物特征高度等参数。

A.2 查勘电测

A.2.1 现场查勘应按下列规定进行:

1 了解洪水、台风、雷电、泥石流和滑坡等自然灾害对站点安全可能形成的威胁,初定站点位置和地理坐标。

2 了解各站点交通、供电、供水、水文气象和生活条件,以及与最近居民点的距离。

3 调查通信干扰情况,如测区内雷达站、电视差转台的频率和分布等情况,现场查看站点附近地形地貌等。

A.2.2 现场测试应按下列规定进行:

1 现场应对路径损耗、干扰信号强度、中心站和中继站的背景干扰进行测试。对地形复杂的电路还应进行不同天线挂高、方位角、仰角等条件下的测试。

2 现场应对各站点测试条件和测试结果进行整理分析,若电路余量不满足要求时,应调整站点位置,对电路进行补充测试。

A.3 电路设计

A.3.1 在超短波通信电路设计中，除应留出足够的衰落余量和干扰保护度之外，还应具有一定的电路余量，以保证电路通信的可靠性。中继电路的电路余量宜不小于 10dB，测站电路的电路余量宜不小于 5dB。

A.3.2 电路总增益与总损耗的差值为该条通信电路的电路余量，可按式 (A.3.2) 计算：

$$M = G - L \quad (\text{A.3.2})$$

式中 M ——电路余量，dB；

G ——总增益，dB；

L ——总损耗，dB。

A.3.3 总增益为发射机输出功率电平、发射天线增益、接收天线增益与发射馈线损耗、接收馈线损耗、接收机门限电平的差值，可按式 (A.3.3-1) 计算：

$$G = P_t - P_r + G_t + G_r - L_t - L_r \quad (\text{A.3.3-1})$$

$$P_t = 10 \times \lg P_m \quad (\text{A.3.3-2})$$

$$P_r = 10 \times \lg \frac{r^2}{R} \quad (\text{A.3.3-3})$$

式中 P_t ——发射机输出功率电平，dB；

P_m ——发射机输出功率，W；

P_r ——接收天线馈线终端得到的接收信号功率电平，亦称接收机门限电平，dB；

r ——接收机灵敏度， μV ；

R ——阻抗， Ω ；

G_t 、 G_r ——发射、接收天线增益，dB；

L_t 、 L_r ——发射、接收馈线损耗，dB。

A.3.4 总损耗应包括自由空间损耗、绕射损耗、附加损耗、衰落余量、干扰保护度，可按式 (A.3.4-1) 计算：

$$L = L_{bf} + A + \Delta V_p + P + I \quad (\text{A.3.4-1})$$

其中 $L_{bf} = 32.45 + 20 \lg f + 20 \lg d \quad (\text{A.3.4-2})$

式中 L_{bf} ——自由空间损耗, dB;

A ——绕射损耗, dB, 当在传播路径上出现障碍物影响时, 应考虑由此所引起的阻隔损耗, 这部分损耗称为绕射损耗;

ΔV_p ——衰落余量, dB, 衰落余量为超短波在传输过程中受天气、季节、地理等因素影响而产生的衰落值, 取值范围为 0.1~0.3dB/km, 平原地区取 0.1dB/km, 阻隔为两峰以上地区取 0.3dB/km;

P ——附加损耗, dB, 障碍物近距离阻挡带来的信号衰减而附加的理论损耗值, 取值范围为 0~40dB, 应结合现场查勘及图上作业综合分析后确定;

I ——干扰保护度, dB, 干扰保护度为由于外部环境噪声引起的接收机灵敏度降低值;

d ——通信距离, km;

f ——工作频率, MHz。

A. 3.5 绕射分为刃形单峰绕射、刃形多峰绕射、球形障碍物绕射三种类型, 可依据惠更斯-菲涅耳原理进行山峰的绕射损耗计算。

1 刃形单峰绕射 (见图 A. 3.5-1): 一个刃形单峰绕射的衰减因子, 可用式 (A. 3.5-1) ~ 式 (A. 3.5-5) 得到近似值:

$$A = 6.4 + 20 \lg(\sqrt{v^2 + 1} + v) \quad (\text{A. 3.5-1})$$

$$v = -\sqrt{2} \frac{H_c}{F_1} \quad (\text{A. 3.5-2})$$

$$H_c = h_1 + (h_2 - h_1) \frac{d_1}{d} - \frac{d_1 d_2}{2ka} - H_s \quad (\text{A. 3.5-3})$$

$$F_1 = \sqrt{\frac{\lambda d_1 d_2}{d}} \quad (\text{A. 3.5-4})$$

$$\lambda = \frac{C}{f} \quad (\text{A. 3.5-5})$$

式中 v ——绕射参量;

λ ——工作波长, m;

f ——频率, Hz;

C ——电波在自由空间中的传播速度，接近于光速，m/s；
 H_c ——传播余隙，m，在 TR（通信方向）视线被阻时，
 H_c 为负值；视线不受阻时， H_c 为正值，不需计算
 绕射损耗；

d_1 、 d_2 ——路径障碍物到发射端和接收端的距离，m；

d ——总路径长度，m；

F_1 ——第一菲涅尔半径，m；

H_s ——地形高度，m；

h_1 、 h_2 ——收、发天线的海拔，m；

k ——等效地球半径系数，根据所在纬度适当选取；

a ——地球半径，m。

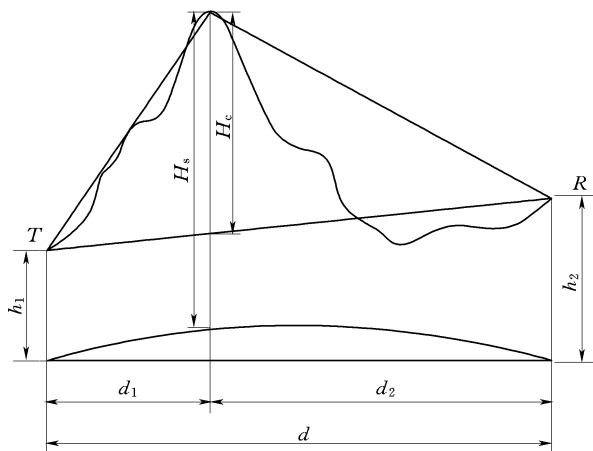


图 A.3.5-1 刃形单峰剖面示意图

2 刃形多峰绕射：若遇到两个或多个山峰，且山峰之间距离较远，可分别研究每个障碍物的绕射，近似地认为衰减因子是多个障碍物引入的衰减因子之和，如式 (A.3.5-6) 所示：

$$A = \sum_{i=1}^n A_i \quad (\text{A.3.5-6})$$

式中 n ——障碍物个数；

A_i ——第 i 个障碍物在没有其他障碍物时引入的衰减因子值, dB。

在计算第一峰时,把第二峰看成接收点;在计算第二峰时,又把第一峰当做发射点,对于每个山峰的阻挡损耗按刃形单峰来计算。以此类推,将计算的损耗相加即为总的绕射损耗,见图 A.3.5-2。

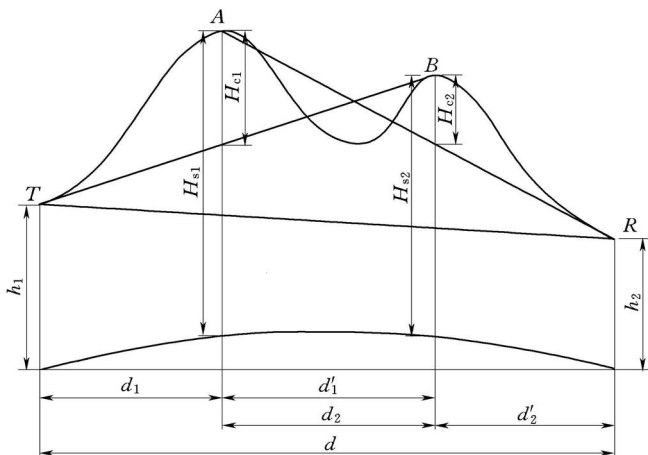


图 A.3.5-2 刃形双峰剖面示意图

3 球形障碍物绕射可按式 (A.3.5-7) 计算:

$$A = |V_0(\mu)| \left(1 - \frac{H_c}{F_0}\right) \quad (\text{A.3.5-7})$$

$$\mu = \left(\frac{64\pi}{3}\right)^{\frac{1}{3}} \left[\frac{x(1-x)}{L}\right]^{\frac{2}{3}} \left[1 + \frac{L^2}{4x(1-x)} \times \frac{H_c}{F_0}\right]^{\frac{1}{4}} \quad (\text{A.3.5-8})$$

$$F_0 = 0.577 \sqrt{\frac{\lambda d_1 d_2}{d}} \quad (\text{A.3.5-9})$$

$$x = d_1/d_2 \quad (\text{A.3.5-10})$$

$$L = r_0/d \quad (\text{A.3.5-11})$$

式中 F_0 ——最小菲涅尔半径, m;

r_0 ——球形障碍物在通信方向上的阻挡距离, m;

μ ——地形参数；

$V_0(\mu)$ —— $H_c=0$ 时的衰减因子，dB， $V_0(\mu)$ 值可由图 A. 3. 5 - 4 中曲线求出。

r_0 的确定方法如图 A. 3. 5 - 3 所示，在障碍物顶点向下截取

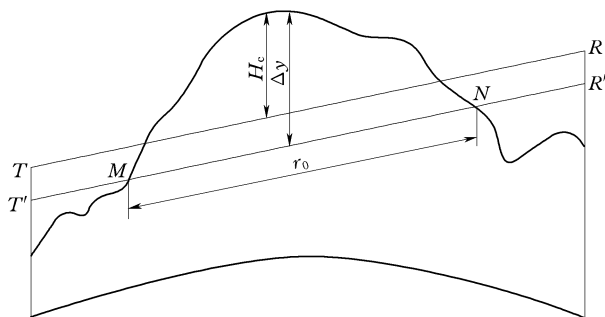


图 A. 3. 5 - 3 求 r_0 值示意图

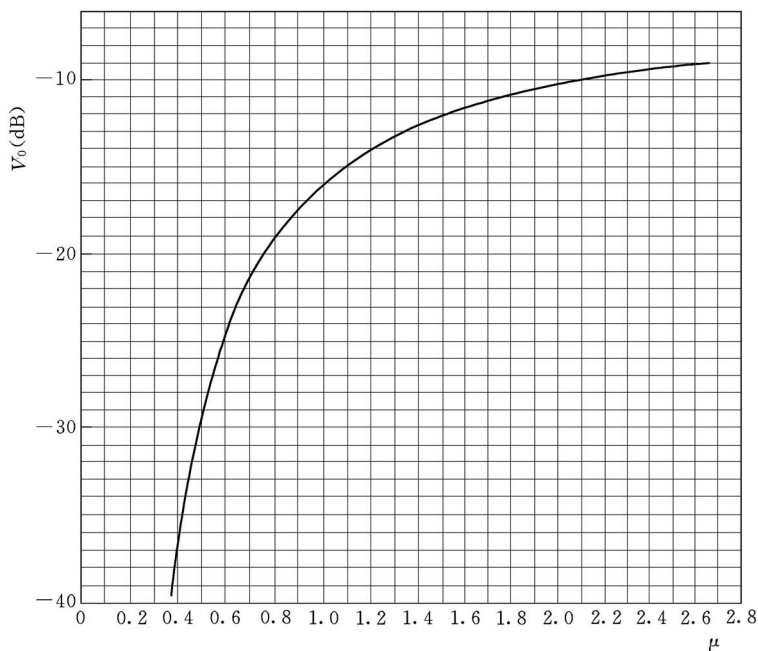


图 A. 3. 5 - 4 衰减因子 V_0 与地形参数 μ 的关系曲线

等于最小菲涅尔半径 $\Delta y = F_0$ 处作一条平行于发射站到接收站的连线 TR 的 $T'R'$ ，在障碍物上截取的 NM 即为 r_0 。

A. 3. 6 设计条件下总损耗可按无线电通信电路测试的实际路径损耗和依据测试结果合理取用的衰落余量、干扰保护度计算。

标准用词说明

标准用词	在特殊情况下的等效表述	要求严格程度
应	有必要、要求、要、只有……才、允许	要 求
不应	不允许、不许可、不要	
宜	推荐、建议	推 荐
不宜	不推荐、不建议	
可	允许、许可、准许	允 许
不必	不需要、不要求	

中华人民共和国水利行业标准

水利水电工程水文自动测报
系统设计规范

SL 566—2012

条 文 说 明

目 次

1	总则	27
3	系统建设需求分析	28
5	水文预报方案	30
6	站网设计	34
7	通信组网	37
8	设备配置	39
9	软件配置	43
10	供电与防雷	45
11	土建	46
12	投资概（估）算	48

1 总 则

1.0.1 水文自动测报系统是利用电子、通信、计算机及网络等技术，完成流域或测区水文、气象等要素的实时采集、传输、处理及水文预报，为水利水电工程运行调度服务的自动化系统。

1.0.2 水利工程项目建议书阶段进行水文自动测报系统初步规划，可行性研究阶段进行水文自动测报系统规划，初步设计阶段进行水文自动测报系统总体设计。

1.0.3 水文自动测报系统规划，应根据工程任务和工程安全需要论证系统建设的必要性，初步拟定系统建设目标，合理确定系统建设范围，规划遥测站网，初步拟定通信方式、组网方案，水文预报方案配置，初步拟定设备和软件配置，初步拟定土建方案，编制系统建设投资估算，并按建筑工程费和设备及安装工程费两部分纳入工程投资；水文自动测报系统总体设计，应在系统规划基础上，根据工程任务确定系统建设目标和功能，确定系统建设范围，论证并基本确定遥测站网，进行现场查勘和无线电通信电路测试，拟定通信方式、工作体制和组网方案，初步编制水文预报方案，拟定设备和软件配置，提出土建工程设计方案，编制系统建设投资概算，并按建筑工程费和设备及安装工程费两部分纳入工程投资。

1.0.4 水文自动测报系统设计，应充分利用流域或测区内的现有水文、气象站网，调查并收集已经建设的水文（情）自动测报系统资料，以避免重复建设，并注意水文、气象资料的收集，加强流域产、汇流特性分析，深入开展站点查勘和必要的测试研究。

1.0.5 水文自动测报系统涉及的专业和领域较为广泛，通信、计算机等技术发展较快，设计时应积极合理地采用新技术。应优先选择可靠性高的定型产品和实用可靠、经济合理的先进技术，便于系统的建设和运行维护。

3 系统建设需求分析

3.0.1 水文自动测报系统应依据水利水电工程的任务进行建设，系统建设应以实现工程任务的需要为最终目标，承担防洪、供水或发电任务的水库工程，应实时掌握来水信息，特别是承担下游防洪任务的枢纽工程，因防洪调度的需要，不但需要实时水情信息，还需要未来一段时间内的水情信息，用以进行洪水调度决策；河道防洪工程应根据保护区及堤防自身安全，论证配置水文自动测报系统的必要性；供水工程可从用水户对水量水质的要求，论述建设水量水质自动监测系统的必要性。

3.0.2 系统建设应以实现工程任务的需要为最终目标，对于综合利用的水利水电工程，需要掌握实时水情、工情等信息，还应进行入库洪水的预报，有防洪任务时，还应进行防洪控制断面的洪水预报。洪水预报应根据工程任务需要提出明确的预见期要求，实施水库防洪和兴利调度的洪水预报方案精度目标为甲级，站网布设和测报项目确定时，应充分考虑预见期和方案精度的要求。在工程需要根据洪水预报信息进行洪水调节计算时，测报项目应满足洪水过程预报的要求，以确定场次洪水调度方案。

3.0.3 系统建设范围是指遥测站覆盖的流域或区域。系统建设目标不同，所需要的系统建设范围也不相同。对于中小流域的枢纽工程，在上游无调蓄能力较大的水库时，系统建设范围一般为枢纽或枢纽下游防洪控制断面以上全流域，以满足工程调度对实时信息数量及预报信息预见期的要求；工程所在流域较大时，一般以上游某一水文站或某一枢纽工程出库为控制，下游至工程坝址或防洪控制断面；灌区系统的建设范围宜控制到干渠的全程和支渠口门。不同工程的水文自动测报系统因其

建设目标不同，所需采集的信息不同，设计时应根据需要选定降水、蒸发、气温、水位、流量、水质、闸门开度等几项参数作为监测项目。

3.0.4 系统的功能包括数据采集、传输、接收处理、水文预报、告警、信息共享等。

5 水文预报方案

5.1 水文预报方案拟定

5.1.1 不同工程对水文信息要求不同（有些工程只需要预报洪峰流量，有些工程需要预报洪水过程），不同的流域产、汇流特性不同，以及水文资料情况不同，因此水文预报方案应根据工程防洪及运行调度对水文预报信息的要求、流域特性以及水文资料情况拟定不同方案，如河道经验相关预报方案、降雨径流预报方案、流域模型预报方案等。

5.1.2 多种任务的水利水电工程，由于任务不同，要求不同的洪水预见期，在有条件时，应配置不同预见期的多种预报方案以及不同方法预报方案，以满足工程任务要求。流域产、汇流特性应根据流域的地形、地貌、降雨特性、洪水特性等进行分析。对于资料短缺或无资料的地点，可利用邻近流域资料进行分析或利用其已有分析成果，选择的流域以及主要影响因素应有相似性，流域面积不宜相差太大。

5.1.3 应根据流域所处区域、干燥指数（干燥度）、流域下垫面特性分析，确定流域所处湿润、半湿润（秦岭、淮河以南、东北部分地区）、半干旱、干旱（西北黄土高原、华北平原等地区）地区，进而分析流域产流方式，拟定采用的产流方案。对冰雪融水补给为主河流的预报方案，应进行专项研究。

5.1.4 流域汇流可分为坡地汇流和河网汇流两个阶段，坡地汇流可采用单位线法、等流时线法等，河网汇流可采用马氏京干法、河道汇流系数等。单位线（UH）可选择有代表性的场次洪水与降雨资料分析计算，分析计算的单位线要进行综合，如果各次洪水求得的UH变化不大，则可取其平均线作为汇流计算的单位线；如果各次洪水的UH变化较大，一般通过分析影响UH变化的主要因素（降雨强度、暴雨中心位置、水源比例等），分

类求得平均 UH。等流时线法是将流域降雨的空间分布和流域形态同流域出口断面流量建立关系，进而进行流域汇流计算。各汇流单元汇流到河道的洪水距流域出口断面距离较远时，可采用马氏京干法、河道汇流系数等，进行河道内洪水向下游出口断面的汇流演算。

5.1.5 水文预报方案应按照《水文情报预报规范》（GB/T 22482—2008）的精度评定要求进行等级评定。初步编制的水文预报方案由于站网及资料条件的限制，预报方案等级常达不到甲级，对此类方案应分析主要原因，使其在测报系统运行一段时间、积累资料，进行方案修编后达到甲级等级。

5.2 水文预报方案编制要求

5.2.1 水文测报系统应根据工程运行对水文预报的要求，在分析工程所在地区暴雨，产、汇流特性的基础上，选择流域水文模型、河系相关、降雨径流经验相关、其他经验相关等方法，初步分析各种预见期的可行组合方案，为系统拟定的各种预报方法和方案简称预报方案配置。

5.2.2 编制水文预报方案应按照 GB/T 22482—2008 的相关方法进行。初步编制水文预报方案可适当简化，一般可采用流域水文模型，初步率定主要参数，初步分析洪水预报方案的预见期。水文资料匮乏或无资料地区的水利水电工程，总体设计阶段往往不具备编制预报方案的条件，可根据工程需要提出预报方案配置。

5.2.3 按照 GB/T 22482—2008 要求，编制洪水预报方案要求使用不少于 10 年的水文、气象资料，场次洪水资料要求湿润地区不少于 50 次，干旱地区不少于 25 次。水文自动测报系统总体设计阶段，由于设计周期和资料条件的限制，多不具备编制预报方案的条件，只需初步编制水文预报方案，以分析系统可能达到的预报精度和预见期。初步编制水文预报方案的场次洪水不宜少于 25 次，当资料不足时，应使用所有洪水资料。所选场次洪水

应有代表性，大、中、小水资料应尽可能利用。采用的水文资料，应经各地区水文主管部门整编、审查，必要时应进行资料复核；未经整编、审查的水文资料，需复核后使用；由于流域内水利工程治理、开发等原因明显影响水文资料的一致性时，应分析影响程度并进行适当处理。

5.2.4 一般水库工程的坝址洪水与入库洪水差异不大时，仅需编制坝址洪水预报方案。若水库形成后产、汇流条件有明显改变，应编制入库洪水预报方案。如入库断面与坝址区间面积相差较小，仅需对坝址预报方案进行适当修正；当预报断面受上游长河段堤防建设影响、明显改河道汇流特性时，应编制与工程影响相适宜的洪水预报方案。在工程建成后，可根据积累的资料，对产、汇流方案进行检验、修正。

5.2.5 对建立在物理概念基础上的流域水文模型，应结合流域产、汇流特性分析参数取值的合理范围；经验相关关系应主要检查相关要素之间的合理性。条件具备时，可利用实测资料进行验证。

5.2.6 初步编制的水文预报方案应按照 GB/T 22482—2008 的规定对洪峰流量、洪峰出现时间、洪量和洪水过程等预报要素进行精度评定，并初步评定预报方案的精度等级。

5.3 水文预报方案编制

5.3.1 河系相关预报可采用上、下游单站相应流量或相应水位相关，或上游合成流量与下游相应流量相关。如区间面积较大或流域上、下游降水梯度大时，可增加参数，并根据影响程度参数可选择区间较大支流的相应水位（流量），也可选择下游站同时水位（流量），或选择区间相应站的同期降水等。资料条件充足时，一般取用相应洪峰流量或相应洪峰水位建立相关；资料条件不足时，可选用所有资料，建立相应流量或相应水位相关。

5.3.2 流域模型方案应充分考虑地区和流域差异，对较大流域应进行产、汇流分区，确定产流形式，合理选定模型，分区产、

汇流模型参数和河道汇流参数应分别进行率定。产、汇流模型参数可根据其物理意义，依据实测资料在合理取值范围初步选定，有些不敏感参数可根据地区规律合理取值，最后通过实测资料进行率定。模型建立后应用实测资料进行验证，可选择未参加方案编制的实测资料进行预报方案的检验。我国幅员辽阔，地区间产、汇流差异较大，特殊地区冰雪融水补给所占比重较大，应提出系统建设时进行预报模型专题研究的要求。

6 站网设计

6.1 站网规划

6.1.3 遥测站网布设应密切结合本流域的特性，反映流域暴雨洪水特性。遥测水文（水位）站应能满足工程运行调度所需要的水位、流量等信息要求；遥测雨量站网应能正确反映各类型暴雨及暴雨中心的分布规律，能够求得足够精度的面平均雨量值。测站设置应考虑交通方便，便于通信组网、建设和运行维护，还应避开可能发生坍塌、滑坡和泥石流等不安全因素的区域。

6.1.4 遥测雨量站网布设时应充分利用现有站网，包括国家和地区的水文站网以及已建成的水文测报系统的遥测站网。遥测雨量站布设应具有合理性和代表性，一般情况下均匀布站，但流域干、支流、常见的暴雨中心或暴雨高值区以及不同高程均应布设测站，所布设站网能够反映流域暴雨的空间分布特性；遥测雨量站网可按照《水文站网规划技术导则》（SL 34—92）或适用于本地区的经验公式及其他计算方法布设。遥测雨量站布设应满足面平均雨量计算的精度要求，进而满足洪水预报方案精度要求。

6.1.5 水库工程需要建设坝上水位站、出库水文站，坝上水位站应选择合适的位置，避开受水库放流等波动影响的区域；出库水文站以控制水库全部出库水量为宜，综合利用水库出水口较多、不易集中控制时，可在各出水口下游分别建站。配置河系洪水预报方案时，应根据预报方案要求，在流域上、下游逐河段设立遥测水文（水位）站；对于集水面积较大的系统，分区产、汇流预报方案中分区干、支流控制站可设遥测水文（水位）站；系统覆盖范围为部分流域时，上游入流控制断面应设遥测水文（水位）站。水利水电工程承担下游防洪任务时，可在防洪控制断面设立遥测水文（水位）站。灌溉和供水工程可在取水口断面及主要分水口门附近布设遥测水位站。

6.2 站网论证

6.2.1 系统总体设计阶段，在系统规划阶段初步分析确定的站网基础上，条件具备时，应以定量分析方法分析确定站网数量，合理确定遥测站数量和位置。

6.2.2 以面雨量作为目标函数进行站网论证，是通过比较各方案平均误差来确定站网数量和分布。计算面平均雨量可用暴雨等值线法、泰森法、算术平均法、两轴法等，计算中宜用暴雨等值线法计算的面平均雨量作为近似真值，所选雨量样本应考虑不同的暴雨成因，选择大、中型暴雨。

抽站法是选择几场典型暴雨，统计各站时段雨量，在总数 N 个雨量测站中，抽取 M 个测站，分别计算 N 和 M 个测站的面平均雨量，以 N 个雨量站的面平均雨量作为近似真值，选取不同的 M ，对多次抽取的 M 个测站的面平均误差进行评定比较，经分析后合理选定遥测站网。

相关系数法主要是对相邻站点的取舍进行分析，设计中经常采用建立单站与多站、相邻站间的多种时段降雨量的经验相关，若两站之间的相关系数大，可取其中的一站。

等值线法是统计流域或区域现有站时段暴雨量，勾绘典型时段暴雨等值线图，拟新增站点的雨量可用等值线内插估算，通过泰森法等方法计算遥测站网的面平均雨量与等雨量线法计算的面雨量进行比较，论证增加遥测站网的合理性。

以流量作为目标函数进行遥测雨量站网论证是确定遥测雨量站网的最佳途径，可采用水文预报模型，通过拟合预报断面流量过程，对站网布设数量、位置进行定量分析和论证，以相对误差 20% 为标准确定的遥测雨量站点的位置和数量能够达到预报方案精度要求。

6.2.3 为满足工程防洪、调度需求而设立遥测水文（水位）站，其布设是为了掌握水情信息、检验水文预报成果、进行实时校正等，应主要结合设站目的进行站网论证说明。

如为配置河系洪水预报方案而设立的遥测水文（水位）站，是为了满足预报方案的要求，同时可对预报结果进行实时校正；上游入流控制断面设立的遥测水文（水位）站，是为了掌握流域上游来水过程；水库坝上、坝下遥测水文（水位）站是为了掌握水库实时水情信息并进行水量平衡计算的依据站；防洪控制断面的遥测水文（水位）站是为了了解水情信息并进行防洪预报结果的检验等。

7 通信组网

7.1 一般规定

7.1.1 根据通信方式不同，通信组网方案差别较大，测站到中心站之间的组网形式多为星型结构；当采用超短波通信方式时，通信组网包括遥测站至中继站，中继站至中心站的通信链路；通信组网亦包括中心站与相关部门实现信息共享互通的通信网络。

7.1.4 采用双信道通信时，应选用两种不同种类的通信方式；超短波通信方式因中继站将整个通信组网分成了相互连接的几部分，故为提高通信的可靠性，应尽量减少中继站的数量，在合适的位置布置中继站，中继站级数不宜超过 3 级，当个别测站中继级数超过 3 级时，应对无线电通信电路测试结果进行充分论证。

7.2 通信方式及工作体制

7.2.1 自报式是在遥测站设备控制下，每当被测参数发生一个规定的增减量变化或按设定的时间间隔，即向中心站发送所采集的数据，接收端的数据接收设备始终处于值守状态。

查询一应答式是由中心站自动定时巡测或随机呼叫遥测站，遥测站响应中心站的查询指令，将所采集的数据发送给中心站。定时自动巡测的时间间隔可根据数据处理和预报作业的需要确定。

混合式是指系统兼有自报式和查询一应答式两种工作制的功能。

7.2.4 拟定超短波通信方式时，在系统规划阶段应根据遥测站、中继站、中心站分布初拟组网方案、绘制电路路径剖面图、选择工作频段等，进行电路余量理论计算；在总体设计阶段应进行现场查勘及通信电路测试，对测试结果进行整理分析，依据测试结果进行设计条件下的电路余量计算。

7.2.5 采用 GSM、CDMA、3G 等公网通信方式组网时，应进行通信信道测试，且重要遥测站应配置备用信道，以确保数据通信的可靠。卫星通信体制有频分多址（FDMA）、时分多址（TDMA）和码分多址（CDMA）等，不同的工作体制技术性能各有其优缺点。在选用卫星信道时，应考虑暴雨天气对卫星通信的影响。一般情况下上行频率越高，雨衰现象越严重，应选择雨衰小的卫星通信信道。耗电量、数据传输速率、传输时延等也应作为卫星信道选择的重要指标。

7.3 信息流程及通信组网方案

7.3.1 应说明信息从遥测站至传输节点、中心站或相关部门信息流向和隶属关系，给出信息流程图。

7.3.4 系统总体设计阶段应按不同通信方式拟定多种组网方案。遥测站至中心站通信组网应根据当地的地形、通信等条件，宜采用单一通信方式组网；当单一通信方式组网确有困难时，可采用混合通信方式组网，但一般不超过两种。中心站至分中心站或中心站至其他部门间的通信组网应首选工程通信网络或安全可靠的公共通信网。通过各种组网方案的对比分析，在满足要求前提下，选择投资少、建设周期短的方案。

8 设备配置

8.1 一般规定

8.1.1 系统主要设备包括各种传感器及水文测验设备、遥测终端机、中继机、通信控制机及其他通信设备、计算机、计算机输出设备、电源。附属设备包括避雷装置、人工置数器，以及用于系统安装、调试、维修的仪器、工具等。采用超短波通信组网且有中继站时，中继站设备包括中继机、通信设备、天馈线、电池及太阳能板等。中继机是中继站的核心设备，应满足相关规范技术指标要求，配置时宜增加发送超时、强迫掉电功能，并满足低功耗及可靠性高的技术要求。

8.2 遥测站

8.2.1 遥测站应根据监测项目选择相应的传感器，传感器选择应考虑仪器的工作环境（温度、湿度等）、观测精度、发射频次、功耗等技术指标；遥测终端机和通信设备应按照拟定的通信方式选择；电池及太阳能板容量应根据当地的气候条件和设备的日平均功耗计算，太阳能板选择应与电池容量相匹配。

8.2.2 应根据系统功能需要配备雨量、水位、流量、水质、泥沙、土壤墒情、闸门开度等传感器。雨量传感器普遍采用的是翻斗式雨量计，浮子式雨量计、容栅式雨量计、压力式雨雪量计也可用于遥测系统。翻斗式雨量计又分为单翻斗式雨量计和双翻斗式雨量计，其中双翻斗式雨量计分辨力和准确度较高。雨量传感器类型可根据系统对雨量精度的要求和所在地区的降雨强度合理选用，选用设备指标应满足《水文自动测报系统技术规范》（SL 61—2003）的规定。

水位传感器按其传感原理划分为浮子式水位计、压阻式压力水位计、振弦式压力水位计、恒流式气泡水位计、非恒流式气泡

水位计、超声波水位计、微波水位计（也称雷达水位计）、激光水位计、电子水尺等，各种型式水位传感器的主要技术指标和适用范围见表 1。

表 1 水位传感器特性表

序号	型式	主要技术指标	适用范围
1	浮子式水位计	分辨力 $<1\text{cm}$ ； 量程 $<40\text{m}$ ； 变率 $\geq 40\text{cm}/\text{min}$ ； 在量程变化范围内，水位的允许误差为 $\pm 3\text{cm}$	能长期工作、结构简单、维护方便、准确度较高。适用于含沙量不大、引水管淤积不严重的河流； 环境温度： $-10\sim+50^{\circ}\text{C}$
2	压阻式压力水位计（扩散硅）	分辨力 $<1\text{cm}$ ； 量程 $<40\text{m}$ ； 变率 $\geq 60\text{cm}/\text{min}$ ； 在 $0\sim 10\text{m}$ 量程变化范围内，水位的允许误差为 $\pm 4\text{cm}$	结构简单、安装方便、土建工程量少，适用于含沙量不大的河流； 环境温度： $0\sim+40^{\circ}\text{C}$
3	振弦式压力水位计（多用于渗流监测）	分辨力 $<0.1\%$ 量程； 测量范围具有 1m 级、 10m 级的不同档次，最大可达 35m ，在量程变化范围内，水位的允许误差为 $\pm 2\text{cm}$	结构简单、安装方便、土建工程量少，受环境影响大，仪器精度不高； 环境温度： $0\sim 40^{\circ}\text{C}$
4	恒流式气泡水位计（氮气）	分辨力 $<1\text{cm}$ ； 量程 $<40\text{m}$ （大量程可达 70m ）； 变率 $\geq 40\text{cm}/\text{min}$ ； 在量程变化范围内，水位的允许误差为 $\pm 3\text{cm}$ ； 最小测量周期 6min	防雷和抗干扰性能好，结构较复杂，需要供气（氮气）源，易受大气压力变化、流速和波浪、含沙量及地理位置影响，较适用于冰下水位测量； 环境温度： $-40\sim+80^{\circ}\text{C}$
5	非恒流式气泡水位计（空气）	分辨力 $<1\text{cm}$ ； 量程 $<15\text{m}$ ； 变率 $\geq 40\text{cm}/\text{min}$ ； 在量程变化范围内，水位的允许误差为 $\pm 2\text{cm}$ ； 最小测量周期 1min	性能优于恒流式气泡水位计，安装较复杂，适用于水位变幅小于 15m 的地区，较适用于冰下水位测量； 环境温度： $-25\sim+60^{\circ}\text{C}$

表 1 (续)

序号	型式	主要技术指标	适用范围
6	超声波水位计 (气介式)	分辨力 $<1\text{cm}$; 量程 $<40\text{m}$; 变率 $\geq 40\text{cm}/\text{min}$; 盲区 $0.5 \sim 1\text{m}$; 在量程变化范围内, 水位的允许误差为 $\pm 2\text{cm}$; 最小测量周期 1min	仪器不需要水下安装, 适用于含沙量大、主流摆动冲淤变化较大的河流; 环境温度: $-20 \sim +60^{\circ}\text{C}$
7	微波水位计 (也称雷达水位计)	分辨力 $<1\text{mm}$; 量程 $<90\text{m}$; 变率 $\geq 40\text{cm}/\text{min}$; 在量程变化范围内, 水位的允许误差为 $\pm 1\text{cm}$	具有量程大、准确性好的优点, 安装较复杂; 环境温度: $-20 \sim +70^{\circ}\text{C}$
8	激光水位计	性能同微波水位计, 但水面需设反射体	具有量程大、准确性好的优点, 但对环境要求高, 安装复杂, 应用不普遍
9	电子水尺	单尺长 1m , 3m , 可设置多根; 分辨力 $<2\text{cm}$	准确度较高, 理论上不受水质、含沙量、水的流态影响; 实际使用时, 易受外界干扰; 防护困难, 防干扰能力差; 环境温度: $-30 \sim +50^{\circ}\text{C}$

流量数据采集方法有流速面积法、堰槽法、水位流量关系法等, 可根据测站实际情况确定数据采集方法。流速面积法适用于各种情况, 堰槽法需要建设堰槽, 水位流量关系法适用于水位流量关系单一的河道。

水质自动观测仪器分为电极法水质仪和水质自动分析仪两大类, 可按水质检测精度要求选用。电极法水质仪应用范围广, 设备简单, 易于安装, 但测量准确度稍低, 低浓度时相对误差大; 水质自动分析仪测量准确度高, 但结构复杂, 野外安装难度大。

悬移质泥沙数据采集方法有光电测沙仪、超声波测沙仪、同位素测沙仪和振动法测沙仪等。光电测沙仪可长期工作, 测量速度快, 适用于低含沙量河流; 超声波测沙仪与声学多普勒流速剖

面仪（ADCP）结合在一起使用，适用于低含沙量河流；同位素测沙仪工作性能稳定，测量准确度较好，自动化程度高，测沙速度快，但放射源对人体和环境有一定的影响，故应用较少；振动法测沙仪能长期工作，可于高含沙量河流，但因影响测沙准确率的因素很多，需要定期检测。

土壤墒情传感器常用张力计式湿度仪、雷达土壤湿度仪、中子土壤湿度仪，张力计式湿度仪简便，但测量精度不高；雷达土壤湿度仪安装简单，但需要布设高频电缆；中子土壤湿度仪测量准确度高，应用较普遍。

8.3 中心站

8.3.1 中心站数据接收、存储计算机宜配置为服务器，通常要求具有多串口控制；预报作业计算机宜配置为可靠性高的商用机或工作站。为保证中心站数据可靠性，也可采用双机热备份或冷备份。

8.3.2 中心站维护车辆、网络设备、视频监控、便携计算机、卫星云图接收设备、投影机、大屏显示仪等，可根据系统任务需要，以经济适用为原则适当配备。

9 软件配置

9.2 系统软件

9.2.3 水文自动测报系统应配置操作系统和数据库等系统软件，还应配置防（杀）病毒软件及防火墙等软件，以保障软件系统的运行安全。

9.3 应用软件

9.3.1 应用软件由数据接收与处理、数据管理、水文预报、调节计算、水务计算、远程传输等功能模块组成。系统总体设计时，应根据系统任务，进行功能模块的配置，基本确定逻辑关系和数据流程，绘制相应示意图。

9.3.2 水文预报软件应能实现水文预报、相关参数查询、修改；按照水文预报方案要求进行数据处理，包括时段数据、日平均值、面平均雨量计算等；可与实时数据或历史数据库相连，雨量、水位、流量等可进行动态刷新，进行图形、数据输出；完成预报作业及预报信息的查询，成果输出。调节计算软件应具有进行洪水调节和兴利调节计算等功能，进行成果的输出和存储。

9.3.3 数据接收与处理软件应能实时接收遥测数据和其他水文信息，进行合理性检查，可插补缺测数据；对实时接收信息进行分类处理，实时写入数据库；完成信息查询、数据的统计分析和成果输出。数据接收与处理软件可根据系统需要处理水情电报和其他系统传入的数据，并纳入统一的数据库中。

数据管理软件应具有建立数据库系统、管理接收数据并对其进行合理性检查的功能；支持网络用户的访问和数据库安全管理；对水情、雨情及其他参数的信息进行分类存贮；可实时监测数据库中各种参数的信息，进行越限报警；可建立具有对数据库进行初始化、数据备份和恢复等数据库管理功能，保证数据库安

全和数据的一致性。

9.3.4 水务计算软件应具有入库水量还原计算、日平均库水位、时段库水位统计计算、基本参数输入、查询、修改、存储等功能；多媒体软件应包含流域概况、工程任务、工程特征、自动测报系统概况动态展示等内容；远程传输软件应具有数据格式转换、预留信息交换接口、实现与相关部门信息共享的功能。

10 供电与防雷

10.1 供 电

10.1.4 遥测站通常布设在较偏远的地方，电力线路接入无法保证。从用电可靠性、防雷性能及清洁能源上考虑，宜采用太阳能电池板浮充蓄电池的供电方式。

10.2 防 雷

10.2.1 野外设备防雷应重点防护通信终端、传感器、电源等。采用法拉第筒设计的遥测雨量站可不进行防雷设计。拟采用的防雷方式应在技术经济比较的基础上合理选用。

11 土 建

11.1 遥 测 站

11.1.1 立筒安装方式多采用密封铝合金筒式结构。其基础埋深应考虑南北方差异，北方地区应埋在冻土层以下。采用全电磁屏蔽、全密封法拉第筒结构的雨量站，不需建站房和防雷接地系统。

11.1.4 水位观测站的布置形式，按其在断面上的位置可分为岛式、岸式和岛岸结合式；按其结构和工作方式可分为直立型、悬臂型、双斜管型和斜坡型等。岛式布置形式适用于不易受冰凌、船只和漂浮物撞击的测站；岸式布置形式可以避免冰凌、船只、漂浮物等撞击，适用于岸边稳定、岸坡较陡、泥沙淤积较少的测站；岛岸结合式布置形式兼有岛式、岸式的特点，适用于中、低水位易受冰凌、船只、漂浮物等碰撞的测站。

11.1.5 有测井测站的土建设施，设计时应根据地理位置、环境条件、地质条件和仪器设备技术要求的差别，因地制宜的进行选择，在符合相关规范的要求下，以美观、实用，并与周围环境相协调为宜。

11.1.6 采用超声波、雷达等非接触水位计和压力式水位计等无测井测站，土建设计方案灵活多样，应结合当地条件和仪器设备技术要求，因地制宜的进行选择。

11.1.7 水文站因观测项目、环境条件、测验仪器和方法存在差异，其土建项目亦不尽相同，应结合当地条件和仪器设备技术要求进行选择，并尽量利用现有土建设施。国内已建水文自动测报系统水文站，采用的测验仪器主要有缆道用流速仪、ADCP、雷达流速仪等；采用的测验方法主要有缆道测验、水文测船测验、桥梁测验、浮标测验等。设计时应有针对性地收集水位、流量、流速、流向、地质、地形、岸滩演变、冰情、现有土建设施等资

料，依据其采用的测验仪器和方法，经济合理、切合实际的制定土建项目。必要时，宜开展洪水调查工作。

11.2 中 继 站

11.2.3 中继站一般设置在野外，多采用无人值守工作方式，设计时除应保证仪器设备正常运行外，还应考虑安装维护和防盗要求。例如站房设置防盗门、通信铁塔设置安装平台、站址加围栏防护等。中继站的土建设计方案应在技术经济比较的基础上综合分析确定。

11.3 中 心 站

11.3.1 中心站应根据实际需要选择土建项目。水利水电工程水文（情）自动测报系统中心站站房大多设在工程管理部门的办公楼或调度楼内，因此不需进行站房建设，但现有站房大多不能满足要求，需进行站房改造和装修；采用卫星、无线移动通信公网、有线线路通信方式时，一般不需建设通信铁塔。

11.3.4 中心站站房应满足中心站设备能长期稳定工作的环境、供电、消防等要求。站房室内装修应选择不起尘、易清洁材料；机房应铺设表面抗静电的活动地板；当机房内设有用水设备时，应设置防渗漏设施；供电线路宜相对独立；站房内应设置必要的灭火设备。

12 投资概（估）算

12.0.2 水文自动测报系统建设是水利水电工程建设的组成部分，建设费用由建筑工程费、设备及安装工程费、方案和软件开发费、试运行费及其他费用等组成。为了符合水利水电工程概（估）算编列的要求，将系统建设费用分为建筑工程费和设备及安装工程费两大类。

建筑工程费用包括站房、水位站测井、通信铁塔、防雷接地、水文站建设费用及临时占地费等费用。

站房建设费应按照站房类别（中心站、中继站、遥测雨量站、遥测水位站等）分类编制。

不同高度的水位站测井建设费用差别很大，因此不能采用单位高度价格计费。水位站测井、通信铁塔、防雷接地建设费可按照设计中采用的建筑形式、施工方法分别计列。

水文站建设费用分为新建水文站费用和利用已建水文站但需进行设施改造的费用。

系统建设需要永久征地时，应按有关规定提出征地范围，征地费用纳入水利水电工程总投资。临时占地费包括施工场地范围内的临时占地补偿费及青苗、树木补偿费等，可根据有关规定计取。

设备及安装工程费含各类站的设备费、安装调试费和其他费用。设备费包括设备及材料费；安装调试费包括安装调试和运输保险费等；其他费用包括预报方案编制费、软件开发和购置费、试运行费、鉴定验收费、查勘电测费等。

设备费可根据现行市场价格确定。

安装调试费一般取安装设备总造价的15%。

运输保险费指设备由生产厂家运输至安装现场所发生的一切运杂费用和保险费用，一般取设备总造价的7%~10%。

预报方案编制费包括水文资料收集费、方案编制费等，可按照市场价格和复杂程度编列。

系统软件购置费可按照市场价格确定。

软件开发费包括数据接收与处理软件、水文预报与调节计算软件、多媒体软件、远程传输软件等开发费，可按复杂程度和开发工作量编列。

试运行费指水文自动测报系统中的设备及软件连接安装完毕，在竣工验收前，进行整体试运行所需要的费用。年试运行费可参照 SL 61—2003 的规定，按系统投资的 5% 左右计列。

鉴定验收费指水文自动测报系统建设过程各阶段的材料鉴定检测、项目评审及工程验收等费用。

查勘电测费用可按照系统投资比例计取，一般取系统投资的 5%。