

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。应依据系统规模和任务，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在交通通信方便、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 $0.1 \sim 0.3$ dB/km, 平原地区取 0.1 dB/km, 阻隔为两峰以上地区取 0.3 dB/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 $0 \sim 40$ dB, 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 。

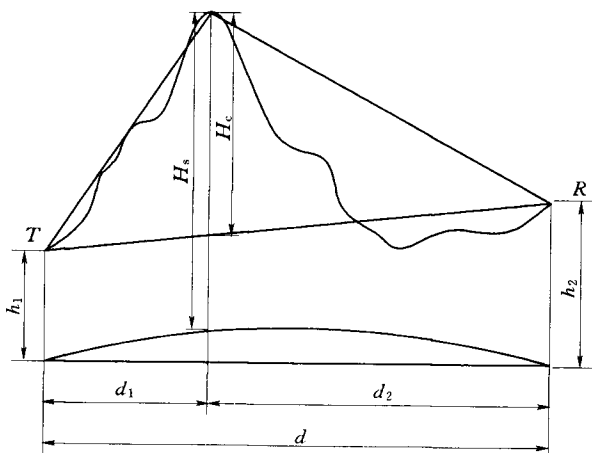


图 A. 3. 5 - 1 刃形单峰剖面示意图

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。

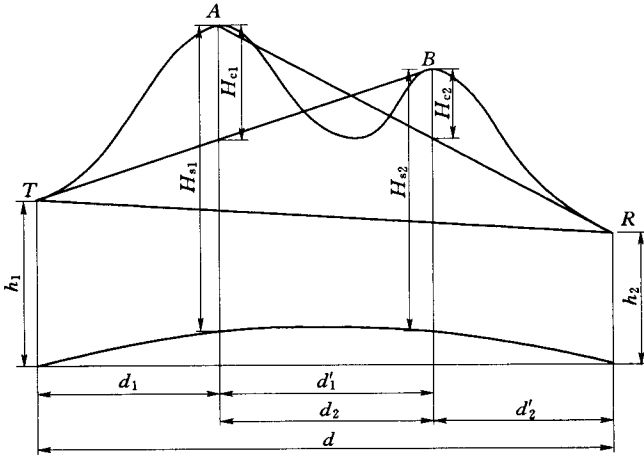


图 A. 3. 5-2 刃形双峰剖面示意图

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

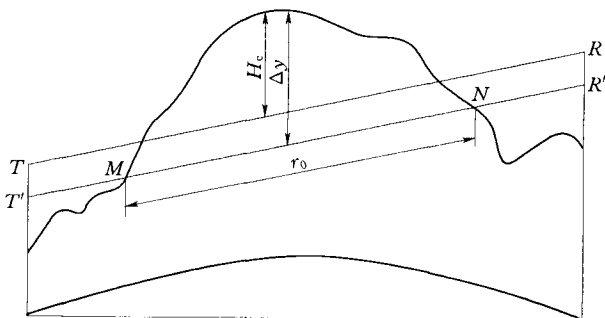


图 A. 3. 5 - 3 求 r_0 值示意图

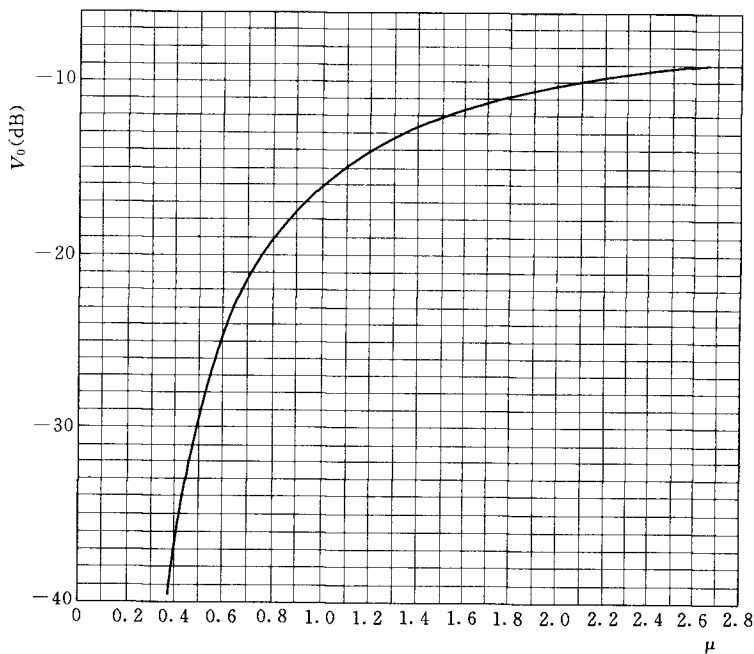


图 A. 3. 5 - 4 衰减因子 V_0 与地形参数 μ 的关系曲线

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 | |