GY

中华人民共和国广播电影电视工程建设行业标准

GY/T5092-2016

备案号：J2276-2016

广播电视 SDH 数字微波线路勘察设计规范

Code for survey and design of radio and TV SDH microwave link

2016-09-08 发布　　2016-10-01 实施

国 家 新 闻 出 版 广 电 总 局 发 布

国家新闻出版广电总局文件

新广发[2016]92 号

国家新闻出版广电总局关于发布行业标准《广播电视 SDH 数字微波线路勘察设计规范》的通知

各省、自治区、直辖市新闻出版广电局，新疆生产建设兵团新闻出版广电局，总局直属各单位：

由总局财务司组织、江苏省广播电视总台发射传输台主编的《广播电视 SDH 数字微波线路勘察设计规范》已经通过审查，现批准为广播电影电视行业推荐性标准，予以发布。标准编号为 GY/T5092-2016，自 2016 年 10 月 1 日起实施，原《广播电视微波工程线路勘察规范》（GYJ29-87）和《广播电视微波工程线路设计规范》（GYJ30-87）于同日废止。

《广播电视 SDH 数字微波线路勘察设计规范》的管理、解释和发行工作由广电总局工程建设标准定额管理中心负责。

中华人民共和国国家新闻出版广电总局

2016 年 9 月 8 日

住房城乡建设部司函

建标实函[2016]228 号

住房城乡建设部标准定额司关于同意铝电解槽带电焊接技术规范等 3 项工程建设行业标准备案的函

国家新闻出版广电总局财务司、中国有色金属工业工程建设标准规范管理处：

《国家新闻出版广电总局财务司关于申请行业标准<广播电视 SDH 数字微波线路勘察设计规范>备案的函》（财建字[2016]526 号）、《关于报送<铝电解槽带电焊接技术规范>行业标准备案的函》（中色标字[2016]第 54 号）、《关于报送<钢制焊接立式锥形容器施工及验收规范>行业标准备案的函》（中色标字[2016]第 55 号）收悉。经研究，同意《铝电解槽带电焊接技术规范》等 3 项行业标准作为“中华人民共和国工程建设行业标准”备案，其备案号：

《广播电视 SDH 数字微波线路勘察设计规范》　　J2276-2016

中华人民共和国住房和城乡建设部标准定额司

2016 年 11 月 22 日

前言

根据原国家广播电影电视总局财建字[2012]75号文件的要求，由江苏省广播电视总台发射传输台组成编制组，对《广播电视微波工程线路勘察规范》GYJ29-87和《广播电视微波工程线路设计规范》GYJ30-87进行合并修订。标准编制组经深入调查研究，认真总结实践经验，并在广泛征求意见的基础上修订本标准。

本标准的主要内容是：1 总则；2 术语和缩略语；3 传输技术要求；4 线路设计；5 线路勘察；6 系统设计等。

修订的主要内容是：总则、传输技术要求、线路设计、线路勘察等；增加的主要内容是：术语和缩略语、系统设计等。

经授权负责本规范具体解释的单位：国家广播电影电视总局工程建设标准定额管理中心。本规范在执行过程中如发现需要修改或补充之处，请将意见和有关资料寄送国家广播电影电视总局工程建设标准定额管理中心。

地址：北京市西城区南礼士路13号

邮编：100045

电话：（010）68020046

传真：（010）68020046

邮箱：bz@drft.com.cn

主编单位：江苏省广播电视总台发射传输台

主要起草人：管 锋　展再铭　周保和　张卫伟　许卫行

主要审查人：郭炎生　陈德泽　程瑞庭　高志堂　贺俊丰　韩 磊　李丹江　李 明　李熠星　刘 志　潘哲昕　闫鸿阁　杨志刚　章加兴

目　次

1　总则 1
2　术语和缩略语 1
2.1　术语 1
2.2　缩略语 2
3　传输技术要求 2
3.1　一般规定 2
3.2　差错性能 3
3.3　可用性 3
3.4　复用映射结构 3
3.5　网络接口 4
4　线路设计 4
4.1　一般规定 4
4.2　站址和路由 4
4.3　断面 5
4.4　干扰容限 6
4.5　天线高度和余隙 6
4.6　空间分集 7
5　线路勘察 7
5.1　一般规定 7
5.2　勘察准备 7
5.3　现场勘察 8
6　系统设计 8
6.1　一般规定 8
6.2　频率和极化配置 8
6.3　线路保护和组网方式 9
6.4　网络同步 9
6.5　网络管理 9
6.6　微波天线、馈线和塔 9
6.7　无人值守站 10
附录 A　微波中继段设计程序 11
附录 B　中断概率估算 14
附录 C　分集改善中断概率估算 18

附录D　由降雨引起的不可用概率估算.....21
附录E　天线高度及空间分集间距优化程序.....23
附录F　频率分集间隔优化程序.....26
附录G　角度分集优化程序.....27
本规范用词说明.....29
引用标准名录.....30
条文说明.....31

Contents

1 General provisions 1
2 Terms and abbreviations.....1
2.1 Terms 1
2.2 Abbreviations 2
3 Transmission technology requirements 2
3.1 General requirements 2
3.2 Error performance 3
3.3 Availability 3
3.4 Multiplexing and mapping mechanism 3
3.5 Network interface 4
4 Route design 4
4.1 General requirements 4
4.2 Siting of station and routing 4
4.3 Hop profile 5
4.4 Interference tolerance 6
4.5 Antenna height and clearance.....6
4.6 Space diversity 7
5 Route survey 7
5.1 General requirements 7
5.2 Survey of preparation 7
5.3 Field survey.....8
6 System design 8
6.1 General requirements 8
6.2 Working frequency and polarization config 8
6.3 Routing protection and networking mode.....9
6.4 Network synchronization 9
6.5 Network management.....9
6.6 Microwave antenna,feeder and tower 9
6.7 Unattended station 10
Appendix A Design procedure of microwave hop.....11
Appendix B Estimation of interrupt probability.....14
Appendix C Estimation of interrupt probability with diversity improvement 18

Appendix D Estimation of unavailable probability by rainfall.....21
Appendix E Optimizer of antenna height and space diversity spacing.....23
Appendix F Optimizer of frequency diversity interval.....26
Appendix G Optimizer of angle diversity 27
Explanation of wording in this code.....29
List of quoted standards 30
Explanation of provisions.....31

1 总则

1.0.1 为了规范广播电视SDH微波线路的勘察设计，保证线路设计质量，制定本规范。

1.0.2 本规范适用于新建、改建和扩建广播电视SDH微波线路的勘察设计。

1.0.3 本规范对广播电视SDH微波线路的设计提出了传输技术要求，对微波站站址确定和断面设计、线路勘察及微波线路的系统设计进行了规定。

1.0.4 广播电视SDH微波线路的勘察设计除应符合本规范的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和缩略语

2.1 术语

2.1.1 干线微波线路 main microwave line

省际、省内干线的微波传输线路为干线微波线路。

2.1.2 支线微波线路 branch microwave line

微波干线与广播电视播出、传输单位间的微波线路为支线微波线路。

2.1.3 块 block

块是一组连续的和通道相关的比特集，每一比特属于且只属于一个块。

2.1.4 误块 errored block

有一个以上比特有差错的块为误块。

2.1.5 误块秒 errored second

有一个及以上误块或有一个及以上缺陷的1秒周期为ES。

2.1.6 严重误块秒 severely errored second

有30％及以上误块或有一个及以上缺陷的1秒周期为SES，SES是ES的子集。

2.1.7 背景误块 background block error

不属于SES的误块为BBE。

2.1.8 误块秒比 errored second ratio

在固定的测试期间或可用时间内，ES与可用时间总秒数之比为ESR。

2.1.9 严重误块秒比 severely errored second ratio

在固定的测试期间或可用时间内，SES与可用时间总秒数之比为SESR。

2.1.10 背景误块比 background block error ratio

在固定的测试期间或可用时间内，BBE与可用时间内总块数扣除SES中块数之比为BBER。

2.1.11 **差错性能** error performance

衡量微波线路接收到差错块的性能指标。在任何月份、每个传输方向、通道处于可用状态下，用误块秒比ESR、严重误块秒比SESR、背景误块比BBER等参数评估性能。

2.1.12 **可用性** availability

微波传输通道任一传输方向的数字信号被接收端检测到10个连续的严重误块秒（SES）事件时，不可用时开始，并将这10秒计入不可用时间；当接收端检测到10个连续的非严重误块秒事件时，一个新的可用时间段开始，并将这10秒计入可用时间。年度可用性为一年中可用时间占全部时间的百分比。

2.1.13 **到达角** angle of arrival

到达微波接收天线的微波射线与水平面间的夹角。

2.1.14 **菲涅尔区** fresnel zone

以收发点为焦点的一系列椭球面所包围的空间，每一个椭球面上的各点到收发点距离之和与收发最短路径之差是半波长的整数倍，倍数n即为菲涅尔区的序号。其中，n=1即为第一菲涅尔区。

2.1.15 **第一菲涅尔半径** first fresnel zone radius

第一菲涅尔区垂直于收发点连线的切面圆的半径。

2.1.16 **余隙** clearance

微波收发天线间电波直射线与障碍物之间的垂直距离。

2.2 缩略语

2.2.1 ASI—Asynchronous Serial Interface 异步串行接口

2.2.2 ATPC—Automatic Transfer Power Control 自动发射功率控制

2.2.3 BER—Bit Error Ratio 比特误码率

2.2.4 NNI—Network Node Interface 网络节点接口

2.2.5 SDH—Synchronous Digital Hierarchy 同步数字系列

2.2.6 SEC—SDH Equipment Slave Clocks SDH设备从时钟

2.2.7 STM—Synchronous Transport Module 同步传送模块

2.2.8 UNI—User Network Interface 用户网络接口

2.2.9 VC—Virtual Container 虚容器

2.2.10 XPD—Cross-Polar Discrimination 交叉极化鉴别度

3 传输技术要求

3.1 一般规定

3.1.1 广播电视SDH干线微波线路与支线微波线路，应按实际的通道长度确定差错性能和可用性

指标。

3.1.2 本规范差错性能和可用性指标是微波线路的长期运行指标，设计指标应有一定余量。

3.2 差错性能

3.2.1 微波线路全程端到端27500km假设参考通道的差错性能指标应符合表3.2.1的要求。

表3.2.1 微波线路全程端到端27500km假设参考通道的差错性能指标

通道速率 / 性能指标	1.5Mbps～5Mbps	5Mbps～15Mbps	15Mbps～55Mbps	55Mbps～160Mbps
ESR	0.04	0.05	0.075	0.16
SESR	0.002	0.002	0.002	0.002
BBER	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002

3.2.2 广播电视SDH微波线路差错性能的配额取值应符合表3.2.2的要求。

表3.2.2 广播电视SDH微波线路的差错性能配额取值表

通道长度L(km)	通道性能指标的配额P	备注
L＞100	A_1+（$2\times10^{-5}\times L$）	A_1取1%～2%
50≤L≤100	$1.2\times10^{-4}\times L$	—

3.2.3 线路的差错性能总指标宜按各中继段的性能、分集情况和站距等因素综合分配。

3.2.4 差错性能包含平衰落、频率选择性衰落和XPD降低引起的衰落等传播衰落，可参照附录B和附录C进行计算。

3.3 可用性

3.3.1 广播电视SDH微波线路的年度可用性和中断强度指标应符合表3.3.1的要求。

表3.3.1 广播电视SDH微波线路的年度可用性和中断强度指标

通道长度L(km)	年度可用性	中断强度（事件数/年）
250≤L＜2500	$1-(3\times10^{-3}\times L/2500)$	4%×L+55
L＜250	$1-(1.9\times10^{-3}\times L/2500\sim1.1\times10^{-4})$	6%×L+50

3.3.2 线路的可用性总指标宜按各中继段的站距线性分配。

3.3.3 不可用时间包含雨衰、设备故障或其他干预等因素，宜按比例分配。雨衰可参照附录D计算。

3.4 复用映射结构

3.4.1 广播电视SDH微波线路的同步传送模块有STM-0、STM-1、2×STM-1、STM-4，对应的标称比特率应符合表3.4.1的要求。

表3.4.1　同步传送模块标称比特率

同步传送模块	标称比特率(kbit/s)
STM-0	51840
STM-1	155520
2×STM-1	2×155520
STM-4	622080

3.4.2　广播电视SDH微波线路的复用映射结构应符合《同步数字系列（SDH）的网络节点接口》ITU-T G.707的规定。

3.4.3　通过SDH传输以太网、ASI等业务，其业务映射到SDH虚容器（VC）应符合《通用成帧规范》ITU-T G.7041/Y.1303的规定。

3.5　网络接口

3.5.1　广播电视SDH微波线路的网络节点接口（NNI）、光接口和电接口应符合《广播电视光缆干线同步数字系列(SDH)传输接口技术规范》GB/T17881的规定。

3.5.2　通过SDH传输以太网业务，以太网接口应符合《以太网UNI和以太网NNI》ITU-T G.8012/Y.1308的规定。

3.5.3　广播电视SDH微波线路的公务接口分为数字接口和语音接口,传输速率为64kbps：

1　数字接口应符合《系列数字接口的物理和电气特性》ITU-T G.703的规定；

2　语音接口应符合《脉冲编码调制信道的传输性能特性》ITU-T G.712的规定。

3.5.4　同步输入和输出接口应符合《系列数字接口的物理和电气特性》ITU-T G.703对2048kbps接口及2048kHz同步接口的规定，并优先选用2048kbps接口。

3.5.5　广播电视SDH微波线路的SDH网管接口应符合《广播电视SDH干线网管理接口协议规范》GY/T 144的规定。

4　线路设计

4.1　一般规定

4.1.1　广播电视SDH微波线路的设计，应符合当地广播电视事业的发展规划，并充分利用已有的广播电视发射台（站）设施，如铁塔、机房、道路和供电系统等。

4.2　站址和路由

4.2.1　广播电视微波站址的选择应符合以下要求：

1　台（站）的设置和分布应符合信号使用和传输质量指标；

2 微波线路的空间通路和电磁环境应符合《数字微波接力站电磁环境保护要求》GB13616的规定；

3 宜利用地质条件较好，地势较高的稳固地形，以利于电波传播，并降低微波塔造价。

4.2.2 广播电视微波台（站）的站址设置应符合以下要求：

1 应符合当地城市规划要求，选择在交通方便、接近可靠电源处；

2 应选择在对建筑物抗震有利的地段，避开断层和有可能塌方、滑波的地段；

3 站址的选择宜符合通信安全保密、消防等各方面要求；

4 站址宜避开有开采价值的矿山区、古遗址和易受洪水淹灌的地点；

5 山区设站应避开风口和冰雪易堆积区；

6 站址宜选择无震动、无污染、较安静的地点。

4.2.3 广播电视SDH微波线路的路由应符合以下要求：

1 二频制线路应设计成折线型，各站夹角宜为钝角，以减少越站干扰的影响；

2 路由选择中，可利用地形阻挡以减少越站干扰；

3 宜少设线路分支，对于必要的分支，应根据天线的增益、方向性图和极化方式确定最小分支角。

4.3 断面

4.3.1 微波中继段的断面根据地形、气候等电波传播条件，可分为以下四种类型：

1 A型断面：由山地、城市建筑物或两者混合组成，中间无宽敞的河谷或湖泊；

2 B型断面：由起伏不大的丘陵地带组成，中间无宽敞的河谷或湖泊；

3 C型断面：由平地、水网较多的区域组成；

4 D型断面：大部分跨越水面或海面的线路。

4.3.2 微波中继段的断面宜选择A型和B型。

4.3.3 微波中继段的电波传播受地形、气候条件、天线高度等因素的影响，应考虑以下因素引起的衰落：

1 由大气吸收引起的衰减；

2 由障碍物引起的衍射衰落；

3 由大气多径、表面多径、波束扩展或闪烁引起的多径衰落；

4 由降雨引起的衰落。

4.3.4 微波中继段应满足差错性能和可用性指标要求，否则应采用分集接收、改变站址、缩短站距等措施。可参照附录A进行中继段设计。

4.3.5 正常传播条件下，各中继段应有不小于30dB的平衰落储备。

4.3.6 C型和D型断面，站距应控制在到达角的有效变化范围内。

4.3.7 某些海拔超过1000m可能出现大气波导的地区，应选择有害反射最小的路径。

4.3.8 可采用两个抛物面天线背对背连接组成无源转接器的方法调整波束传输方向，以避开路径上的阻挡。无源转接器的设置应符合以下要求：

1 无源转接器应靠近路径的一端，且距离满足远场条件d大于等于$2D^2/\lambda$，其中D为抛物面天线直径（m）,λ为工作波长（m）；

2 无源转接器的设置应避开周围的发射波干扰；

3 无源转接通路应保证足够的衰落储备。

4.4 干扰容限

4.4.1 广播电视SDH微波线路应考虑以下干扰源：

1 卫星通信系统发射干扰（包括地球站及卫星发射信号）；

2 微波、雷达、广播、电视和其他无线电发射的同频、谐波和杂散发射干扰；

3 工业、科研和医疗射频设备辐射干扰。

4.4.2 广播电视SDH微波线路与其他业务系统共享同一频段时，由其他业务干扰引起差错性能指标的总恶化量，在任何月份任意一个传输方向都不应超过其通道指标值的10%，并符合以下要求：

1 来自固定业务部分干扰引起的恶化量不应超过总恶化量的89%；

2 来自共用频率的其他主要业务引起的恶化量不应超过总恶化量的10%；

3 来自所有其他干扰源所引起的恶化量之和不应超过总恶化量的1%。

4.4.3 广播电视SDH微波线路的干扰要求应符合《数字微波接力通信系统干扰计算方法》GB/T13619的规定，电磁环境要求应符合《数字微波接力站电磁环境保护要求》GB13616的规定。

4.4.4 广播电视SDH微波线路应避免与卫星地球站之间产生相互干扰，二者之间应按《卫星通信地球站与地面微波站之间协调区的确定和干扰计算方法》GB/T13620的规定进行区域协调或频率协调。

4.5 天线高度和余隙

4.5.1 在等效地球半径系数k值变化范围内，两站间主用天线的电波直射线与下方障碍物之间的余隙应同时符合以下要求：

1 温带和热带气候正常传播条件下（k=4/3），余隙不应小于$1.0F_1$；

2 最小等效地球半径条件下（$k=k_e$），余隙应符合表4.5.1的要求。

表4.5.1 最小等效地球半径条件下的余隙要求

障碍物类型	$k=k_e$时的余隙（H）要求
温带刃形障碍物	$H\geqslant 0$
温带其他	$H\geqslant 0.3F_1$
热带气候	$H\geqslant 0.6F_1$

注：F_1为第一菲涅尔半径（m），H为余隙（m），k_e取值参考附录A。

4.5.2 微波中继段主用天线的电波射线除符合下方余隙要求外，还应符合以下要求：

1 天线前方净空区应符合《数字微波接力站电磁环境保护要求》GB13616的规定；

2 天线前方净空区范围外其余各侧的余隙值不应小于$1.0F_1$。

4.5.3 微波天线的挂高除符合余隙要求外，还应符合以下要求：

1　应利用天线的挂高，控制电波射束反射点，宜将反射点落在陆地的森林、村庄、地形崎岖地带，不要落入水网地带、平原、光滑的小山及建筑物顶部等反射系数较大的区域；

2　应充分利用地形条件，采用高低天线技术，减轻多径衰落的影响。

4.6　空间分集

4.6.1　对于反射系数大、站距长的路径，宜采用空间分集。分集接收天线的设置应符合以下要求：

1　正常传播条件下（k=4/3），下方的分集天线的余隙宜符合表4.6.1的要求；

表4.6.1　正常传播条件下方的分集天线的余隙要求

障碍物类型	k=4/3，下方的分集天线的余隙要求
刃形障碍物	0.3F_1到0
其他	0.6F_1到0.3F_1

2　在易发生多径衰落路径，分集天线的余隙可选用在正常传播条件下（k=4/3）有6dB衍射损耗的天线高度。

4.6.2　对长水面路径等极端情况，可采用多重天线分集配置。主用天线满足余隙要求，中间的分集天线与主天线有较小的分集间距，下方的分集天线的余隙宜尽可能小。

4.6.3　必要时可采用角度分集以进一步提高传输性能。

5　线路勘察

5.1　一般规定

5.1.1　广播电视SDH微波线路在规划设计阶段，应对线路经过地区的建设规划、气象、环境、供电、通信、地质和地震、路由保护等可能影响微波通信的历史资料进行调查。

5.1.2　勘察工作结束时，应提交包含路由、站址选择建议、维护的便捷性、设置无人站或代维站的可能性等内容的勘察报告。

5.1.3　路由调整或站址变更后应重新勘察。

5.2　勘察准备

5.2.1　应根据广播电视SDH微波线路设计原则，初选路由，并确定站址和备选站址，为每一中继段制作剖面图和勘察大纲，剖面图上注明站址、经纬度或坐标、天线高度、站距、可能影响传播性能和余隙的障碍点和反射点，以便现场进行重点勘察。

5.2.2　应携带测地型卫星定位接收机、微波电测仪、地图、相机、对讲机、相机等勘察设备。

5.2.3　应准备勘察必需的安全用具，遵守《广播电视中心和台、站天线工作安全规程》GY62及相关法律法规和工程建设标准，保障勘察人员的人身安全。

5.3 现场勘察

5.3.1 微波台（站）址现场进行设计勘察时应包括以下内容：

1 应记录、拍摄或绘制站址周边环境、道路、供电、排水、通讯等基本条件；

2 应核对站址、天线所在位置的经纬度和海拔高度；

3 应根据站点的频率规划，全频段内进行电磁环境测试，确定干扰的来源、方位及电平值；

4 需新建天线塔的微波台（站），应另作铁塔选址勘察；

5 利用已有发射台（站）新增微波设备的微波台（站），应对发射塔和机房、供电、防雷、接地等设施进行勘察。

5.3.2 应对微波射线经过的路由进行勘察，查看路由上可能的反射点和障碍点，测量其经纬度和海拔高度，记录、拍摄或绘制路由上附近的地形、地貌、建筑物和植被分布情况。

5.3.3 应通过光测或电测确定各中继段的视距传输条件，实测的路径损耗与理论损耗值之差应小于3dB。

6 系统设计

6.1 一般规定

6.1.1 广播电视SDH微波线路选用的设备应符合《SDH数字微波通信设备和系统技术要求及测试方法》YD/T2529的规定。

6.1.2 广播电视SDH微波通信设备应采用自适应信道均衡、无损伤切换及自动发射功率控制（ATPC）等提高传输性能的先进技术手段。

6.2 频率和极化配置

6.2.1 广播电视SDH微波线路的工作频段和波道设置应符合《数字微波通信系统进网技术要求》GB/T 13159的规定，并根据邻近微波通信线路的设置情况及干扰源等因素综合考虑。

6.2.2 广播电视SDH微波线路采用的调制方式、传输容量的选择和配置应综合考虑以下因素：

1 所承载广播电视节目的传输可靠性要求；

2 业务量及网络冗余的需求；

3 微波传输通道的技术条件；

4 微波传输设备的技术条件。

6.2.3 广播电视SDH微波线路射频波道的极化配置应符合以下规定：

1 对有频率复用的SDH数字微波通信系统，应采用交叉极化干扰消除器，合理安排波道，减少同频干扰；

2 在跨越水面或选用较高频段时，宜采用垂直极化。

6.3 线路保护和组网方式

6.3.1 干线微波线路应以N+1方式配置保护波道。

6.3.2 干线微波线路宜按环路传输方式组网。

6.3.3 广播电视SDH微波线路宜采用DS3或STM-1接口与广播电视光缆干线网连通，形成互为备份的传输网络。

6.4 网络同步

6.4.1 广播电视SDH微波线路，应至少在两处引入直接或间接同步于基准时钟的外同步时钟信号，该信号符合《适用于同步网中节点时钟的从时钟的定时要求》ITU-T G.812的规定。

6.4.2 应对线路中各站的时钟源进行优先级设计，避免定时信号构成环路。

6.4.3 网元的内部时钟性能，应符合《SDH设备从时钟(SEC)的定时特性》ITU-T G.813的规定。

6.5 网络管理

6.5.1 广播电视SDH微波线路的网络管理系统应由微波传输系统网管、SDH系统网管等部分组成，承载以太网业务的系统应设置以太网业务网管，并符合以下要求：

1 微波传输系统和SDH网络系统网管应具备故障管理、性能管理、配置管理、安全管理等功能；

2 以太网业务网管应具备故障告警、功能配置、系统性能测试等功能；

3 宜设置综合网管。

6.5.2 广播电视SDH微波线路网管系统的设置应符合以下要求：

1 应设置网络管理中心，并在适当的节点设置备份网络管理系统；

2 网管信息应安排在优先级最高的主业务信道上，随主业务倒换。

6.5.3 各台（站）的本地监控系统应能全线联网，接受远端集中管理。本地监控系统应能实现对本站的信号、机房环境等设备的监控。

6.6 微波天线、馈线和塔

6.6.1 微波天线的增益、半功率角、驻波比、前后比、交叉极化鉴别率等技术要求，应符合《微波接力通信系统抛物面天线型谱系列》GB6361的规定。微波天线的选择应符合以下要求：

1 微波天线的具体型式和口径大小，应依据线路性能指标、衰落储备、干扰防卫度和安装条件确定；

2 对于大气折射率变化较大和较频繁的地区，应考虑电波到达角的瞬时偏移，天线的口径不宜太大。

6.6.2 馈线应符合《微波接力通信馈线系统技术条件》GB/T9404的规定。

6.6.3 新建的微波铁塔，应符合《广播电视微波通信铁塔及桅杆质量验收规范》GY5077的规定。

6.6.4 利用已有广播电视塔安装微波天线，应查看相关设计文件，确定天线可能安装的高度，获得铁塔设计单位对加装微波天线的书面认可，验证在设计风压作用下塔体在天线挂高处的位移，应满

足微波天线射束轴线偏离通信方位的角度不大于天线主瓣宽度的1/2。

6.7 无人值守站

6.7.1 有条件的广播电视微波站宜设置为无人值守站或代维站。

6.7.2 无人值守站应配置完善的供配电系统，保障外电停电期间的正常运行。

6.7.3 无人值守站的运行环境应具有良好的防火、防雷、防盗、防尘、防漏、防虫、保温等安防设施。

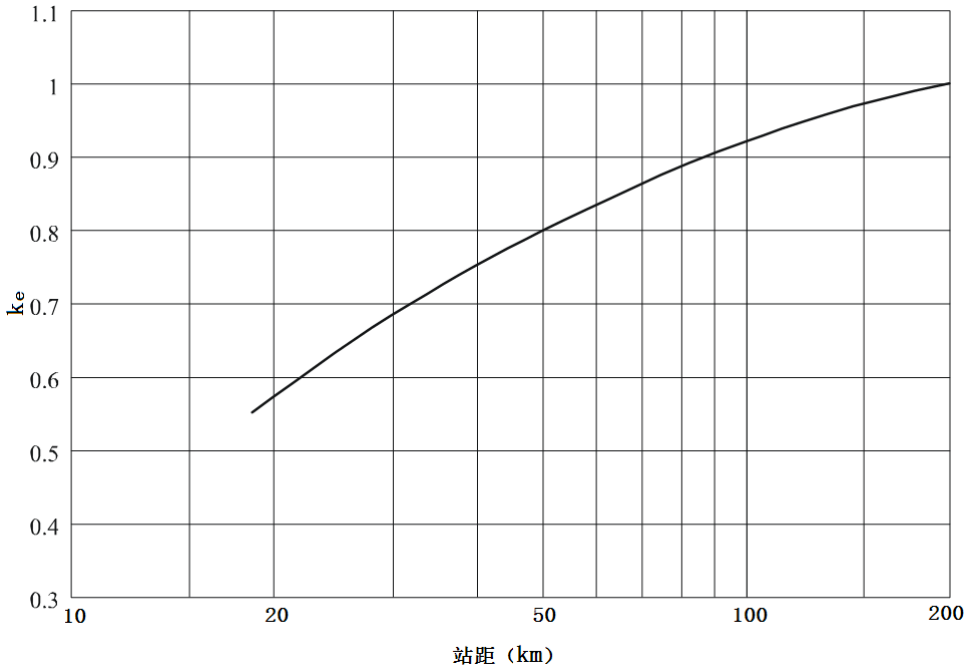
6.7.4 无人值守站应建立远程监控系统，实现对站内信号源、设备、供配电、环境等的远程监控和管理。

附录 A　微波中继段设计程序

A.0.1　微波中继段设计程序：

步骤1：初选出效益高、可靠性好的路由（按本规范4.1、4.2、4.3节的要求）；

步骤2：制作等效地球半径系数k=k_e（最小值）和4/3（标准值）的剖面图（图A.0.1）。k_e的值从图中选取；



图A.0.1 大陆性温带气候，在最差月份约99.9%的时间内，k_e与站距的的关系图

下式为地球凸起高度计算公式：

$$h = \frac{d_1 d_2}{12.75k} \tag{A.0.1}$$

式中：d_1，d_2——分别至中继段两端的距离，km；

k——等效地球半径系数。

步骤3：设定一个最低的天线挂高，该中继段能在k=k_e和k=4/3时同时满足余隙要求。下式为菲涅尔半径F_n的计算公式（n=1即第一菲涅尔半径）：

$$F_n = 17.3 \times \frac{d_1 d_2}{fd} \times \sqrt{n} \tag{A.0.2}$$

式中：d_1，d_2——分别至中继段两端的距离，km；

d——站距，km；

f——工作频率，GHz。

步骤4：在剖面图上注明站址、站距、天线高度及方位角，标出可能影响传播性能和余隙的地形

地貌、障碍点或反射点位置，以便现场进行重点勘察；

步骤5：对微波站及微波射线经过的区域进行现场勘察；

步骤6：根据勘察结果，进行天线高度及分集间距优化（参考附录E），必要时应反复勘察；

步骤7：重新制作中继段剖面图，参考表A.0.1填写中继段路由参数；

表A.0.1　中继段路由参数

	中继段	站1	站2
站址	地图标号		
	经纬度N° E°		
	磁偏角（真磁）°		
	站址海拔高度 m		
	通信方位角（真北）		
	站距 km		
天线	主天线型号、直径 m、增益 dB		
	主天线挂高 m、俯仰角 °		
	分集天线型号、直径 m、增益 dB		
	分集天线垂直间距 m、俯仰角 °		
反射点或障碍点	位置 km（距离站 1）		
	k 值（k_e，4/3）		
	高度		
	余隙		
	F_1		
	是否满足余隙要求		
反射点或障碍点	位置 km（距离站 1）		
	k 值（k_e，4/3）		
	高度		
	余隙		
	F_1		
	是否满足余隙要求		
备注			

步骤8：对各中继段的平衰落、频率选择性衰落、XPD下降引起的衰落、大气吸收及系统内部的干扰进行评估，对中断概率进行估算（参考附录B、附录C、附录D）。对不满足性能指标的中继段，

应通过分集技术改善（参考附录E、附录F、附录G）。参考表A.0.2填写中继段传输参数。

表A.0.2　中继段传输参数

	中继段	站1	站2	备注
站址及天馈线	站距 km			
	主天线增益 dB			
	分集天线增益 dB			
	型号、损耗率 dB/100m			
	长度 m、衰耗 dB			
频率	工作频率　MHz			
	保护频率　MHz			
	传输速率　Mbit/s			
接收电平	自由空间及大气吸收损耗 dB			
	极化分离器、接头、分路等损耗 dB			
	发信功率 dBm			
	正常接收电平 dBm			
平衰落	门限电平（10^{-3}、10^{-6}、 BER_{ses}）dBm			
	其他恶化量 dB			
	平衰落储备 dB			
	微波衰落概率 P			
	平衰落中断概率			
选择性衰落	选择性衰落储备（10^{-3}、10^{-6}、 BER_{ses}）dB			选择性衰落储备法或特征曲线法，参见附录B
	选择性衰落发生因子 R_D			
	选择性衰落中断概率			
XPD	XPD中断概率			
分集	分集方式（频率、空间、角度）			
	分集改善后中断概率			
性能指标	总中断概率			最差月，单向。 对线路的总指标分配至各中继段。
	本中继段SESR指标			
	指标富裕度 dB			
不可用指标	雨衰中断概率			年度，双向
	XPD雨衰中断概率			
	本中继段不可用指标（雨衰部分）			
	中断强度			
	指标富裕度 dB			

附录 B　中断概率估算

B.0.1　微波衰落概率P

1　ITU-R详细计算公式

$$P = Kf^{0.8}d^{3.4}(1+|\varepsilon_p|)^{-1.03}10^{-0.00076h_L}\% \quad (B.0.1\text{-}1)$$

式中：f——工作频率，GHz，有效范围0.45GHz≤f≤37GHz；

d——站距，km，有效范围7.5km≤d≤185km；

h_L——收发天线高度的较小者，m，有效范围17m≤h_L≤2300m；

$|\varepsilon_p|$——倾角，$|\varepsilon_p|=|h_r-h_e|/d$，mrad，$h_e$,$h_r$收发天线海拔高度，有效范围$|\varepsilon_p|$≤37mrad；

K——为环境和地形条件因子，可用下式估计：

$$K = 10^{-4.4-0.0027dN_1}(10+s_a)^{-0.46} \quad (B.0.1\text{-}2)$$

式中：dN_1——大气底层65m的折射率梯度中，年均至多1%时间可超出的梯度值。《无线折射率公式和数据》ITU-R P.453提供全球地面经纬度1.5°精度的点阵数据，实际中继段中心的dN_1可通过最近的四点双线性插值计算；

S_a——110km×110km区域的地形高度的标准偏差参数（分辨率为30″，即gtopo30）。ITU-R提供全球经纬度0.5°精度的点阵数据，实际路径中心的S_a可通过最近的四点双线性插值计算。范围：6m≤S_a≤850m，低于1m的取1m。

注：1 该公式适用于平均最差月份、具有较大衰落储备的路径；

2 衰落储备较小或需要平均年度数据时可参考《设计地面视距系统所需的传播数据和预测方法》ITU-R P.530建议书计算；

3 可参考《设计地面视距系统所需的传播数据和预测方法》ITU-R P.530测量得到本地较为精确的K值；

4 dN_1和S_a的值可在ITU-R第三研究组网站（http://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg3/Pages/iono-tropo-spheric.aspx）下载。

2　ITU-R快速计算公式

$$P = 10^{-4.6-0.0027dN_1}f^{0.8}d^{3.1}(1+|\varepsilon_p|)^{-1.29}10^{-0.00089h_L}\% \quad (B.0.1\text{-}3)$$

该公式未考虑地形粗糙程度，适用于规划等快速计算场合；

3　中国经验公式一

$$P = \frac{Kf^{1.2}d^{3.5}}{10+\sqrt{|h_2-h_1|}}\% \quad (B.0.1\text{-}4)$$

该公式考虑天线高差影响，四种类型地区的环境和地形条件因子K值如表B.0.1-1；

表B.0.1-1　中国经验公式一地形条件因子

地区类型	K值	地型说明
A	6×10^{-5}	山区
B	1.26×10^{-4}	丘陵地带

续表B.0.1-1

地区类型	K值	地型说明
C	6×10^{-4}	平原地区
D	3.25×10^{-3}	跨海线路、衰落严重的水面

4 中国经验公式二

$$P = Kf^{1.0}d^{C}\% \qquad (B.0.1\text{-}5)$$

该公式考虑距离因子的变动，四种类型地区的环境和地形条件因子K和距离因子C值如表B.0.1-2；

表B.0.1-2 中国经验公式二地形条件因子和距离因子

地区类型	K值	C	地型说明
A	1.072×10^{-2}	1.3	山区
B	2.75×10^{-3}	1.8	丘陵地带
C	2.884×10^{-3}	2.2	平原地区
D	2.63×10^{-4}	3.2	跨海线路、衰落严重的水面

B.0.2 平衰落储备

$$A = (P_t - P_{th}) + (G_t + G_r) - (L_{ft} + L_{fr}) - (L_{bt} + L_{br}) - L_s - D_{th} \qquad (B.0.2\text{-}1)$$

式中：P_t——发信功率，dBm；

P_{th}——某一误码的接收电平门限，dBm。P_t-P_{th}即系统增益。若已知10^{-3}和10^{-6}的门限电平P_{th-3}、P_{th-6}，用以下公式（对数插值）求SESR对应的门限电平P_{th-ses}；

$$P_{th-ses} = P_{th-6} + \frac{P_{th-3} - P_{th-6}}{3} \times (\lg BER_{SES} + 6) \qquad (B.0.2\text{-}2)$$

BER_{ses}为SESR要求的误码率（如对STM-1通道，可取2.3×10^{-4}）

G_r，G_t——收发天线增益，G_r，G_t =20lgB+20lgf+17.8，dB，B为天线直径（m），f为频率（GHz）；

L_{fr}，L_{ft}——收发馈线损耗，dB；

L_{br}，L_{bt}——收发分路系统损耗，dB；

L_s——自由空间损耗，dB，L_s =20lgd+20lgf+92.4， d为距离（km），f为频率（GHz）；

D_{th}——干扰恶化量（取0.5dB～1dB，不考虑D_{th}即为设备的热衰落储备），dB。

B.0.3 平衰落中断概率（无分集保护）

$$P_{ns} = P \times 10^{-A/10} \qquad (B.0.3)$$

式中：P——微波衰落概率；

A——平衰落储备，dB。

B.0.4 频率选择性中断概率（无分集保护）

1 特征曲线法

$$P_s = 2.15\eta\left(K_{n,M} + K_{n,NM}\right)\frac{\tau_m^2}{T^2} \qquad (B.0.4\text{-}1)$$

式中：η——多径活动参数，$\eta=1-\exp[-0.2(P)^{0.75}]$ ，P为微波衰落概率；

$K_{n,M}$，$K_{n,NM}$——规一化系统参数，分别表示最小相位和非最小相位衰落，取值见表B.0.4；

表B.0.4　特征曲线法最小相位和非最小相位衰落规一化参数

调制方法	$K_{n,M}$，$K_{n,NM}$
64QAM	15.4
16QAM	5.5
8PSK	7.0
4PSK	1.0

应用自适应基带横向均衡器改善后的K_n值减小到上表数值的 1/10～1/30 左右。

τ_m——平均时间延迟，ns，$\tau_m=0.7(d/50)^{1.3}$,d为路径长度（km）；

T——系统波特时间，ns。

2　频率选择性衰落储备法

$$P_s = PR_D \times 10^{-A_D/10} \qquad \text{(B.0.4-2)}$$

式中：P——微波衰落概率；

A_D——超过BER_{ses}的等效频率选择性衰落储备（如给出10^{-3}和10^{-6}的储备，用对数插值法计算）；

R_D——选择性衰落发生因子，A型地区取0.5～1、B型地区取3、C型地区取5～7、D型地区取9。

B.0.5　晴空时XPD下降引起的中断概率

$$P_{XP} = P \times 10^{-[XPD_g+5-10\lg(\eta K_{XP}/P)-C_0/I+XPIF]/10} \qquad \text{(B.0.5)}$$

式中：XPD_g——发射和接收天线视轴的XPD最小值（确保值，若大于35取35）；

K_{XP}——$1-0.3\exp[-4\times10^{-6}(S_t/\lambda)^2]$，两个发射天线$S_t$是垂直间距(m)，λ是载波波长(m)；一个发射天线$K_{XP}=0.7$；

P——微波衰落概率；

C_0/I——未采用交叉极化干扰抵消器时的载波干扰比，dB；

η——多径活动参数，见式（B.0.4-1）；

XPIF——交叉极化改善系数，典型值20dB，未使用交叉极化干扰抵消器时取0。

B.0.6　晴空引起的总中断概率（计入差错性能）

1　未使用分集技术应按下式计算：

$$P_t = P_s + P_{ns} + P_{XP} \qquad \text{(B.0.6-1)}$$

式中：P_s 、P_{ns} 、P_{XP}——频率选择性中断概率、平衰落中断概率、晴空时 XPD 下降引起的中断概率。

如果 P_t 不能满足设计指标要求，则需要采用某种分集技术。该公式得出的是单向的差错性能，如需双向的差错性能，应计算两个方向的差错性能之和；

2　使用分集技术应按下式计算：

$$P_t = P_d + P_{XP} \quad (B.0.6\text{-}2)$$

式中：P_{XP}——晴空 XPD 中断概率；

P_d——分集改善后的中断概率，由本规范附录 C 估算。

附录 C　分集改善中断概率估算

C.0.1　空间分集中断概率估算

步骤 1：根据附录 E 确定空间分集间距 S；

步骤 2：用下式估算陆上路径上窄带信号的垂直空间分集改善系数 $I_{ns,s}$：

$$I_{ns} = [1 - \exp(-0.04S^{0.87}f^{-0.12}d^{0.48}P^{-1.04})] \times 10^{(A-V)/10} \quad (C.0.1\text{-}1)$$

该式适用范围：43km≤d≤240km，2GHz≤f≤11GHz，3m≤S≤23m。

式中：f——频率，GHz；

d——路径长度，km；

A——平有效衰落储备，dB；

P——微波衰落概率，%；

S——接收天线的垂直间距（中心到中心），m；

V——两天线的增益差，$V=|G_1-G_2|$，dB。

步骤 3：计算非选择性相关系数 k_{ns}：

$$k_{ns}^2 = 1 - \frac{I_{ns}P_{ns}}{\eta} \quad (C.0.1\text{-}2)$$

式中：η——多径活动参数，见附录B.0.4。

步骤 4：计算选择性相关系数 k_s：

$$k_s^2 = \begin{cases} 0.8238 & ,r_w \le 0.5 \\ 1 - 0.195(1-r_w)^{0.109-0.13\lg(1-r_w)} & ,0.5 < r_w \le 0.9628 \\ 1 - 0.3957(1-r_w)^{0.5136} & ,r_w > 0.9628 \end{cases} \quad (C.0.1\text{-}3)$$

其中相对幅度的相关系数 r_w 由下式给出：

$$r_w = \begin{cases} 1 - 0.9746(1 - k_{ns}^2)^{2170} & ,k_{ns}^2 \le 0.26 \\ 1 - 0.6921(1 - k_{ns}^2)^{1034} & ,k_{ns}^2 > 0.26 \end{cases} \quad (C.0.1\text{-}4)$$

步骤5：计算非选择性中断概率 P_{dns}：

$$P_{dns} = \frac{P_{ns}}{I_{ns}} \quad (C.0.1\text{-}5)$$

式中：P_{ns}——为平衰落中断概率，见本规范附录B.0.3。

步骤 6：计算选择性中断概率 P_{ds}：

$$P_{ds} = \frac{P_S^2}{\eta(1-k_S^2)} \quad (C.0.1\text{-}6)$$

式中：Ps——无保护中断概率，见本规范附录B.0.4。

步骤 7：计算采用空间分集后总中断概率 P_d 如下：

$$P_d = (P_{ds}^{0.75} + P_{dns}^{0.75})^{4/3} \quad (C.0.1\text{-}7)$$

C.0.2 频率分集中断概率估算

步骤 1：根据附录 F 确定频率分集间隔 Δf；

步骤 2：用下式估算平衰落频率分集改善系数 $I_{ns,f}$：

$$I_{ns} = 80 \times \frac{1}{fd} \times \frac{\Delta f}{f} \times 10^{A/10} \quad (C.0.2\text{-}1)$$

该式适用范围：1+1系统，2GHz≤f≤11GHz，30km≤d≤70km，Δf/f≤5%。

式中：f——工作频率，GHz；

d——站距，km；

A——平衰落储备，dB；

Δf——频率分集间隔，（应不大于0.5GHz，如果大于0.5则取0.5），GHz。

步骤3～步骤7：同本规范C.0.1空间分集中断概率估算步骤3～步骤7。

C.0.3 角度分集中断概率估算

步骤 1：估计平均的到达角 μ_θ（度）：

$$\mu_\theta = 2.89 \times 10^{-5} \times G_m d \quad (C.0.3\text{-}1)$$

式中：d——站距，km；

G_m——折射率梯度的平均值（N个单位/km，参考ITU-R P.453）。当路径存在强镜面反射时，可通过在标准传播条件下（k=4/3）反射射束的到达角（附录G）来估算 μ_θ。

步骤2：计算非选择性缩减系数r：

$$r = \begin{cases} 0.113\sin[150(\delta/\Omega) + 30] + 0.963 & ,q > 1 \\ q & ,q \le 1 \end{cases} \quad (C.0.3\text{-}2)$$

式中 $q=2505\times 0.0437^{(\delta/\Omega)} 0.593^{(\varepsilon/\Omega)}$，其中：

δ——主用、分集两天线的夹角；

ε——上部天线的倾角（向地面方向为正）；

Ω——天线半功率射束宽度。

步骤3： 计算非选择性相关参数 Q_0：

$$Q_0 = r \times 0.9399^{\mu_\theta} 10^{-24.58\mu_\theta^2} 2.469^{1.879^{(\delta/\Omega)}} 3.615^{(\delta/\Omega)^{1.978}(\varepsilon/\delta)} 4.601^{(\delta/\Omega)^{2.152}(\varepsilon/\delta)^2} \quad (C.0.3\text{-}3)$$

步骤4：计算非选择性中断概率 P_{dns}：

$$P_{dns} = \eta Q_0 \times 10^{-A/6.6} \quad (C.0.3\text{-}4)$$

式中：A——平衰落储备。

步骤5：计算选择性相关系数 k_s：

$$k_s^2 = 1 - 0.0763 \times 0.694^{\mu_\theta} 10^{23.3\mu_\theta^2} \delta(0.211 - 0.188\mu_\theta - 0.638\mu_\theta^2)^{\Omega}$$（C.0.3-5）

步骤 6：计算选择性中断概率 P_{ds}：

$$P_{ds} = \frac{P_S^2}{\eta(1-k_S^2)} \quad (C.0.3\text{-}6)$$

式中：Ps——无保护中断概率，见本规范附录B.0.4。

步骤 7：计算采用角度分集后总中断概率 P_d 如下：

$$P_d = (P_{ds}^{0.75} + P_{dns}^{0.75})^{4/3} \quad (C.0.3\text{-}7)$$

C.0.4　使用空间分集和频率分集的中断概率估算(四接收机)

步骤 1：分别使用空间分集、频率分集中断率估算方法计算 $k_{ns,s}^2$ 和 $k_{ns,f}^2$（各自的步骤 1～3）；

步骤 2：计算等价非选择性相关系数：

$$k_{ns}^2 = 1 - \eta^{0.5}\left(1 - K_{ns,s}^2\right)\left(1 - K_{ns,f}^2\right) \quad (C.0.4\text{-}1)$$

步骤 3：计算等价选择性相关系数 k_s^2（同本规范 C.0.1 空间分集步骤 4）；

步骤 4：计算非选择性中断概率：

$$P_{dns} = \frac{P_{ns}^4}{\eta^3(1-K_{ns,s}^2)(1-K_{ns,f}^2)} \quad (C.0.4\text{-}2)$$

步骤 5：计算选择性中断概率：

$$P_{ds} = \left[\frac{P_S^2}{\eta(1-K_S^2)}\right]^2 \quad (C.0.4\text{-}3)$$

步骤 6：计算总中断概率 P_d（同本规范 C.0.1 空间分集步骤 7）。

附录 D　由降雨引起的不可用概率估算

D.0.1　降雨中断概率（40GHz以下的频率、60km以下的路径）

步骤1：得到超过0.01%时间的降雨率$R_{0.01}$（统计时间为1分钟，可从《陆地移动业务和固定业务传播特性 第三部分视距微波接力通信系统传播特性》GB/T14617.3获取本地数据，如无本地长期测量数据，可参考《传播建模的降水特性》ITU-R P.837建议书得到一个估计值）；

步骤2：针对不同的频率、极化计算衰减γ_R：

$$\gamma_R = k(R_{0.01})^{\alpha} \tag{D.0.1-1}$$

其中，k、α用表D.0.1中相应极化的参数（更多频率可参考《用于预测方法的降雨特定衰减模型》ITU-R P.838建议书）：

表D.0.1　雨衰极化参数

频率(GHz)	k_H	α_H	k_V	α_V
4	0.0001071	1.6009	0.0002461	1.2476
4.5	0.0001340	1.6948	0.0002347	1.3987
5	0.0002162	1.6969	0.0002428	1.5317
5.5	0.0003909	1.6499	0.0003115	1.5882
6	0.0007056	1.5900	0.0004878	1.5728
7	0.001915	1.4810	0.001425	1.4745
8	0.004115	1.3905	0.003450	1.3797
9	0.007535	1.3155	0.006691	1.2895
10	0.01217	1.2571	0.01129	1.2156
11	0.01772	1.2140	0.01731	1.1617
12	0.02386	1.1825	0.02455	1.1216
13	0.03041	1.1586	0.03266	1.0901
14	0.03738	1.1396	0.04126	1.0646
15	0.04481	1.1233	0.05008	1.0440
16	0.05282	1.1086	0.05899	1.0273
17	0.06146	1.0949	0.06797	1.0137
18	0.07078	1.0818	0.07708	1.0025
19	0.08084	1.0691	0.08642	0.9930
20	0.09164	1.0568	0.09611	0.9847

步骤3：计算距离系数r：

$$r = 1/\{0.477d^{0.633}R_{0.01}^{0.073a}f^{0.123} - 10.579[1 - \exp(-0.024d)]\} \tag{D.0.1-2}$$

步骤4：估算年度0.01%的时间会超过的路径衰落（d为距离）：

$$A_{0.01} = \gamma_R dr \tag{D.0.1-3}$$

步骤5：对于0.001%～1%范围内的P%和平衰落储备A_p的关系，可用以下公式计算：

$$A_p = A_{0.01} C_1 P^{-(C_2 + C_3 \lg P)} \tag{D.0.1-4}$$

或：
$$P = 10^{\frac{\left[C_2^2 + 4C_3 \lg(A_{0.01} C_1 / A_p)\right]^{0.5} - C_2}{2C_3}} \tag{D.0.1-5}$$

式中：$C_1 = 0.07^{C_0} 0.12^{1-C_0}$，$C_2$=$0.855C_0$+$0.546(1\text{-}C_0)$，$C_3$=$0.139C_0$+$0.043(1\text{-}C_0)$，其中：

$$C_0 = \begin{cases} 0.12 + 0.4 \lg\left(\frac{f}{10}\right)^{0.8} & ,f \geq 10\text{GHz} \\ 0.12 & ,f < 10\text{GHz} \end{cases} \tag{D.0.1-6}$$

步骤6：在指定的BER条件下，超过等于平坦衰落储备A(dB)的雨衰的概率为：

$$P_{rain} = P/100 \tag{D.0.1-7}$$

D.0.2　XPD系统降雨中断概率

步骤 1：确定等价路径衰减 A_p(dB)：

$$A_p = 10^{(U - C_0/I + XPIF)/V} \tag{D.0.2-1}$$

式中：U——U=U_0+30lgf,U_0平均取15dB，下限为9dB（对大于15dB的衰减）,f为工作频率，GHz；

V——当8GHz≤f≤20GHz时，取$V=12.8f^{0.19}$；当20GHz＜f≤35GHz时，取V=22.6；

C_0/I——未采用交叉极化干扰抵消器时的载波干扰比，dB；

XPIF——交叉极化改善系数，典型值20dB，未使用交叉极化干扰抵消器时取0。

步骤 2：计算参数 m：

$$m = 23.26 \lg\left(\frac{A_P}{0.12 A_{0.01}}\right)，\text{最大取 40；} \tag{D.0.2-2}$$

步骤 3：计算参数 n(有效范围为-3～0，否则取-3)：

$$n = (-12.7 + \sqrt{161.23 - 4m})/2 \tag{D.0.2-3}$$

步骤 4：计算中断概率P_{xpr}：

$$P_{xpr} = 10^n/100 \tag{D.0.2-4}$$

D.0.3　由降雨引起的总中断概率

降雨引起的总中断概率一般计入不可用时间，总中断概率为 P_{rain} 和 P_{xpr} 二者中的较大者 P_r。该公式得出的是双向的不可用概率。

D.0.4　降雨引起的一年中的中断次数（中断强度，OI）

$$OI_{rain} = 1 + 1313(100P_r)^{0.945} \tag{D.0.4}$$

附录 E　天线高度及空间分集间距优化程序

E.0.1　天线高度优化

步骤1：制作天线高度剖面图（图E.0.1）；

步骤2：对路径剖面附近可能的镜面反射区，估算反射面距发射和上部接收天线的高度h_1和h_2：

$$h_1=h_{1G}+y_1-y_0+x_0\times10^3\times\tan(\nu) \qquad (E.0.1\text{-}1)$$

$$h_2=h_{2G}+y_2-y_0-(d-x_0)\times10^3\times\tan(\nu) \qquad (E.0.1\text{-}2)$$

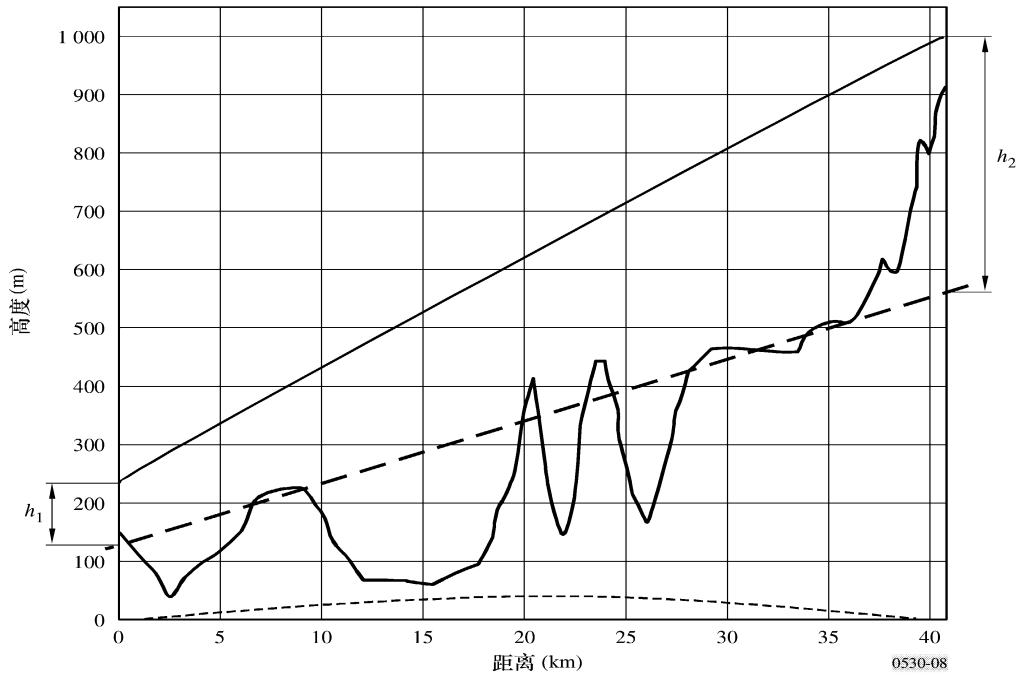


图 E.0.1　天线高度剖面图

式中：y_1，y_2——分别为站点1和站点2地面的海拔高度，m；

h_{1G}，h_{2G}——分别为站点1和站点2天线高出地面的高度，m；

y_0——反射区中点的海拔高度，m；

x_0——反射区中点距离站点1的距离，km；

ν——反射区的倾角，°。

镜面反射区可能是大片水域、平原、没有树木的光滑小山顶或建筑物顶部，反射区可能不是水平的。实际地形斜面可能与地形图有较大误差，必要时可进行实地勘察，建议估算时倾角ν有一个小的误差范围（如按±10m的剖面高度计）。如果反射区位于海面上，则需特别注意潮汐引起的变差。

步骤3：对于有效k系数范围从k_e到无穷大（工程中可选用1.0×10^9），用h_1和h_2计算该反射面分别距离站点1和站点2的距离d_1和d_2：

$$d_1=d(1+b)/2 \quad \text{(E.0.1-3)}$$

$$d_2=d(1-b)/2 \quad \text{(E.0.1-4)}$$

其中b由下式计算：

$$b=2\sqrt{\frac{m+1}{3m}}\cos[\frac{\pi}{3}+\frac{1}{3}\arccos(\frac{3c}{2}\sqrt{\frac{3m}{(m+1)^3}})] \quad \text{(E.0.1-5)}$$

$$\text{其中：}m=d^2\times10^3/[4a_e(h_1+h_2)]，\ c=(h_1-h_2)/(h_1+h_2) \quad \text{(E.0.1-6)}$$

式中：a_e——等效地球半径，$a_e=k\times a$,a为实际地球半径6375km；

d——站距，km。

如在有效k范围内，反射波都不会破坏性地干扰直达波，则该镜面反射区可以忽略；如反射区面积较小或反射点在反射区边缘，可调整一端或两端天线的高度避免强反射（满足余隙要求的前提下，宜尽量采用高低天线），估计改变量并重新计算。调整天线高度也可以用于将反射位置置于较差的发射面，降低反射影响。

步骤4：对于不可避免的镜面反射区，按步骤3中相同的有效k值范围，计算直达波和反射波的路程差（以波长为单位）：

$$\tau=\frac{2f}{0.3d}\left(h_1-\frac{d_1^2}{12.74k}\right)\left(h_2-\frac{d_2^2}{12.74k}\right)\times10^{-3} \quad \text{(E.0.1-7)}$$

随着k的变化（k=2/3、4/3等），波长数τ每出现一个正整数，表示接收信号电平出现最小值；τ≈0.5，此时接收电平最大。在任何情况下均应调整天线的高度，使得在k=4/3时τ≈0.5，保证正常传播条件下接收电平最大。

如果随着k的变化，$\tau_{max}-\tau_{min}$始终小于1，一般可不需要分集。

E.0.2　空间分集间距优化

如果按照附录B得到的无分集保护的中断概率不能满足指标要求，或步骤4中$\tau_{max}-\tau_{min}\geqslant1$，并且$\tau_{max}-\tau_{min}$的整数值越大越需要分集。以4.6.1条得到分集间距作为参考值，以下步骤优化得到的分集间距不能超过该值。

步骤5：对于步骤3中相同的k，计算接收信号电平两个相邻最小值或最大值（由直达波和表面多径波间的干扰引起）之间的距离（m）：

$$\theta_2=150d/\left[f\left(h_1-\frac{d_1^2}{12.74k}\right)\right] \quad \text{(E.0.2-1)}$$

用h_2和d_2分别替代上式中的h_1和d_1可以计算出站点1的距离θ_1。

对每一个可能的镜面反射区域执行这一步骤。

步骤6：计算可能的分集天线的优化间距：

$$S_1=\theta_1/2，\ 3\theta_1/2，\ 5\theta_1/2\ \text{等} \quad \text{(E.0.2-2)}$$

$$S_2=\theta_2/2，\ 3\theta_2/2，\ 5\theta_2/2\ \text{等} \quad \text{(E.0.2-3)}$$

对每一个可能的镜面反射区域执行这一步骤。

步骤7：对于有强反射的路径进行分集间距的选择：

在正常传播条件下（k=4/3），预计表面反射信号电平接近直达信号电平（如大面积水面或湿雪覆盖的平原等），应选择由步骤6得到的k=4/3时的最小间距即$S_1=\theta_1/2$（所有镜面反射区取最小值），该间距能对最大的k值范围提供空间分集保护。

在正常传播条件下，预计表面反射信号电平不会接近直达信号电平（如天线高出反射面很多），则可选择较大的间距，如$S_1=3\theta_1/2$，$S_1=5\theta_1/2$等，该间距能降低表面多径衰落概率、提高分集效果。

在较长的水面路径可采用三重空间分集，此时上部和中部天线之间的间距应为最小值（k=4/3时的$\theta_1/2$），下部天线的间距应为4.6.1条得到的间距。

步骤8：对于无强反射的路径，可使用步骤6得到的较大的分集间距（不超过23m）。

附录 F　频率分集间隔优化程序

F.0.1　如果无分集保护的中断概率不能满足指标要求，或系统需要较高的可靠性，则需要频率分集。对于无强表面反射的路径应用步骤5计算，对于有强表面反射的路径应用步骤6～步骤8优化。

步骤1～4：同本规范附录E；

步骤5：对于无强表面反射的路径，选择可用规划频率中的较大间隔，将中断概率减至最小；

步骤6：对于在步骤3中相同的有效k值范围，计算主信道与保护信道间最小的优化频率间隔（MHz）：

$$\Delta f_{min} = 7.5 \times 10^4 \times d / \left[\left(h_1 - \frac{d_1^2}{12.74k}\right)\left(h_2 - \frac{d_2^2}{12.74k}\right)\right] \qquad (F.0.1\text{-}1)$$

对每一个可能的镜面反射区域执行此步骤；

步骤7：由下式计算主要信道与保护信道间可能存在的优化频率间隔（MHz）：

$$\triangle f = \triangle f_{min},\ 3\triangle f_{min} \ldots \qquad (F.0.1\text{-}2)$$

对每一个可能的镜面反射区域执行这一步骤；

步骤8：对于有强反射的路径进行频率分集间隔的选择：

在正常传播条件下（k=4/3），预计表面反射信号电平接近直达信号电平（如大面积水面或湿雪覆盖的平原等），最小间隔即$\triangle f=\triangle f_{min}$（所有镜面反射区取最小值）能在最大的k值范围提供有效的频率分集保护。工程中可在该间隔和可用规划频率之间折衷，选择靠近k=∞时步骤6得到的间隔$\triangle f_{min}$。

在正常传播条件下，预计表面反射信号电平不会接近直达信号电平（如天线高出反射面很多、或者采用交叉频带分集的情况），则可选择k=4/3时步骤7中的较大间隔，提高分集效率（该间隔不会在较大的k值范围内有效）。

附录 G　角度分集优化程序

G.0.1　在足够倾斜或者有较大余隙的路径上，直射波和表面反射波之间的夹角较大，可以利用天线的辐射方向性来降低反射波的影响。角度分集可与空间分集结合起来以进一步加强性能。

G.0.2　上抬天线一定角度，利用天线的辐射方向性降低强反射波。

本附录给出了在标准传播条件下（k=4/3）的优化方法。

步骤1～4：同附录E天线高度及空间分集间距优化；

步骤5：对步骤3中，计算k=4/3时站点1和站点2直达波和表面反射波之间的夹角：

$$\alpha_1 = \frac{180}{\pi}\left(\frac{h_1}{d_1} - \frac{h_1 - h_2}{d} - \frac{d_2^2}{12.74k}\right) \times 10^{-3} \tag{G.0.2-1}$$

$$\alpha_2 = \frac{180}{\pi}\left(\frac{h_2}{d_2} - \frac{h_2 - h_1}{d} - \frac{d_1^2}{12.74k}\right) \times 10^{-3} \tag{G.0.2-2}$$

步骤6：下式估算由天线鉴别度引入的，表面反射波信号相对于直达信号的电平损耗：

$$\alpha_2 = 12\left[\left(\frac{\alpha_1 + \alpha_{t1}}{\alpha_{a1}}\right)^2 + \left(\frac{\alpha_2 + \alpha_{t2}}{\alpha_{a2}}\right)^2\right] \tag{G.0.2-3}$$

式中：α_{a1}，α_{a2}——天线的半功率波束宽度；

α_{t1}，α_{t2}——天线上抬的角度（没有上抬时取0）。

如果表面反射波离开和进入一副和两副天线一半宽度的范围内，相关的天线通常应被抬起约波束宽度的一半，以增加天线鉴别度。即使表面反射波的到达角略微超出了天线的一半宽度，稍微向上抬起仍可能是有利的。

若考虑有效表面反射系数（ρ_{eff}），则电平损耗为：

$$L_s = L_a - 20\lg\rho_{eff} \tag{G.0.2-4}$$

不同的地面ρ_{eff} 不同，估算上抬角度时，设$\rho_{eff}=1$。

步骤7：上抬一副天线或同时上抬两副天线，由下式估算k=4/3时直达信号的电平损耗：

$$L_d(k = 4/3) = 12\left[\left(\frac{\alpha_{t1}}{\alpha_{a1}}\right)^2 + \left(\frac{\alpha_{t2}}{\alpha_{a2}}\right)^2\right] \tag{G.0.2-5}$$

步骤8：估算k=4/3时直达信号和表面反射信号之间的破坏性干扰的最大可能衰落深度：

$$A_{max} = -20\lg\left(10^{-L_d/20} - 10^{-L_s/20}\right) \tag{G.0.2-6}$$

步骤9：优化天线上抬角度使表面多径衰落最小或表面多径幅度失真最小。

让表面多径衰落达到最小：设衰落在2.5dB～4dB，得到上抬角Φ_1，此时反射波电平比直达波电平下降的更多、直达电平下降较小。

让表面多径幅度失真达到最小：进一步增大上抬角度，直到针对表面反射波的相对天线鉴别度达到最大，建议直至出现6dB的衰落，得到上抬角Φ_2，此时直达波和表面发射波的幅度间的相对差值达到最大。

如果Φ_1不需要增加天线尺寸，选择Φ_1；如果Φ_2能改善性能而不需要分集，则选择Φ_2。

G.0.3　角度分集和空间/角度混合分集系统中的角度间隔：

角度分集可与空间分集结合起来以进一步加强性能。主天线上抬Φ_1或Φ_2用于有效的接收直达波信号，而分集天线下抬Φ_3用于加强接收表面反射信号，在直达波因波束扩展而产生严重平衰落的情况下，保证接收到的直达信号和表面反射信号的组合维持在噪声门限以上，提高角度分集的效率。

步骤10：计算主天线（上部或是并排角度分集的天线）上抬角度：按照本规范G.0.2得到角度（Φ_1或Φ_2）。这会导致平坦衰落储备大致损失2.5dB～6dB，必要时可用更大的天线来补偿平衰落储备的损失；

步骤11：计算分集天线（下部或并排角度分集的天线）下倾角度：分集天线从本地水平线向下倾斜一个角度（Φ_3），该角度为下列值中的较小者：

1　k=∞时，路径的主要镜面反射方向的角度；

2　相对于视轴给出3dB损耗的角度。

如果沿着路径有多于一个的显著镜面反射，应选择一个折中的指向角，如果没有明显的镜面反射，可从地形或植被情况估计一个最强漫反射方向上的角，或者在正常条件下该天线应指向视距的方向，如果视距方向被遮挡的话则指向地平线方向。

本规范用词说明

1　为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1）表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2）表示严格，在正常情况均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3）表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4）表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2　条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

1 《广播电视光缆干线同步数字系列(SDH)传输接口技术规范》GB/T17881
2 《数字微波通信系统进网技术要求》GB/T13159
3 《数字微波接力站电磁环境保护要求》GB13616
4 《数字微波接力通信系统干扰计算方法》GB/T13619
5 《卫星通信地球站与地面微波站之间协调区的确定和干扰计算方法》GB/T13620
6 《微波接力通信系统抛物面天线型谱系列》GB6361
7 《微波接力通信馈线系统技术条件》GB/T9404
8 《陆地移动业务和固定业务传播特性 第三部分视距微波接力通信系统传播特性》GB/T14617.3
9 《广播电视微波通信铁塔及桅杆质量验收规范》GY5077
10 《广播电视 SDH 干线网管理接口协议规范》GY/T144
11 《广播电视中心和台、站天线工作安全规程》GY62
12 《SDH 数字微波通信设备和系统技术要求及测试方法》YD/T2529
13 《系列数字接口的物理和电气特性》ITU-T G.703
14 《同步数字系列（SDH）的网络节点接口》ITU-T G.707
15 《脉冲编码调制信道的传输性能特性》ITU-T G.712
16 《适用于同步网中节点时钟的从时钟的定时要求》ITU-T G.812
17 《SDH 设备从时钟(SEC)的定时特性》ITU-T G.813
18 《通用成帧规范》ITU-T G.7041/Y.1303
19 《以太网 UNI 和以太网 NNI》ITU-T G.8012/Y.1308
20 《传播建模的降水特性》 ITU-R P.837
21 《无线折射率公式和数据》ITU-R P.453
22 《用于预测方法的降雨特定衰减模型》ITU-R P.838
23 《设计地面视距系统所需的传播数据和预测方法》ITU-R P.530

中华人民共和国广播电影电视工程建设行业标准

广播电视SDH数字微波线路勘察设计规范

GY/T5092-2016

条文说明

目　次

2　术语和缩略语 ……33
2.1　术语 …… 33
3　传输技术要求…… 33
3.1　一般规定……33
3.2　差错性能……33
3.3　可用性……34
4　线路设计…… 35
4.3　断面……35
4.4　干扰容限……37
4.6　空间分集……38
5 线路勘察……39
5.1　一般规定……39
5.2　勘察准备……39
5.3　现场勘察……39
6 系统设计……39
6.1　一般规定……39
6.2　频率和极化配置……39
6.3　线路保护和组网方式……40
6.5　网络管理……40
6.7　无人值守站……40

2　术语和缩略语

2.1　术语

2.1.5　缺陷的定义可参考《国际恒定比特率同步数字通道的差错性参数和指标》ITU-T G.828-2000。

3　传输技术要求

3.1　一般规定

3.1.2　该指标是最坏月指标，如果需要年度指标，可以按照《设计地面视距系统所需的传播数据和预测方法》ITU-R P.530 提供的方法进行转换。本规范给出的是长期运行指标要求，设计指标应有一定余量，可按 50%考虑。在系统验收、故障分析、性能优化等需要短期性能测试的场合，《利用数字固定无线系统建成的部分国际准同步数字系列和同步数字系列通道和段在投入使用时的性能限值》ITU-R F.1330 建议书、《维护国际准同步和同步数字系列通道和分段中运行的数字固定无线系统的性能限值》ITU-R F.1566 建议书分别对投入业务性能限值和维护性能限值及测试方法进行了规范。短期指标（投入业务性能限值、维护性能限值等）的要求更加严格，较长期指标（差错性能）更难满足。

3.2　差错性能

3.2.1　影响微波传输系统的主要因素如表 1：

表 1　影响微波传输系统的因素

项目	原因及影响	对抗措施
平衰落	多径衰落的一种，接收到的反射信号与直达信号的延时较小，有用信号的所有频谱分量具有相同的衰落深度。一般七、八、九月份（最坏月）较严重，每次中断一般不超过10秒	增加衰落储备
频率选择性衰落	多径衰落的一种，接收到的反射信号与直达信号的延时较大，出现波形失真、码间干扰，数字微波系统中严重程度超过平衰落，每次中断一般不超过10秒	应用自适应均衡、分集接收
XPD衰落	XPD（交叉极化鉴别度）可能严重恶化，引起同信道干扰和邻信道干扰，晴空、降雨应分别估算	交叉极化干扰抵消，高性能天线

续表 1

项目	原因及影响	对抗措施
雨衰	雨滴的吸收和散射衰减，5GHz以上有影响，10GHz以上衰落明显，每次中断时间较长，超过10秒	控制站距
设备损坏	无线设备（天馈系统、微波设备）、电源系统等设备损坏	设备备份
上衰落	接收到的反射信号与直达信号出现信号增强，超过接收设备最大接收门限。应用自动发射功率控制后，发生的概率较小	ATPC
大气吸收	水蒸气、氧气的吸收损耗，衰落较小	增加衰落储备
到达角/发射角变差	潮湿海岸地区出现的折射异常、使用窄波束天线时，衰落严重、持续时间长	多次天线校准、分集
干扰	短期干扰可能出现时间短、衰减大的干扰，长期干扰一般影响时间长、衰减小	工程设计保留干扰余量0.5dB～1dB
地面阻挡	地面障碍物阻挡引起衍射损耗	工程中控制余隙及利用地形阻挡反射波

微波传输线路指标和计算，目前存在两种计算模型：ITU-R 模型和北美模型。ITU 定义了两项指标：差错性能（EPO）和可用性（AR），将 10 秒以内的信号劣化或中断事件（SES）计入差错性能，超过 10 秒的中断事件计入不可用时间。统计结果表明平衰落、选择性衰落、XPD 晴空衰落每次衰落引起的中断一般不超过 10 秒，因此 ITU-R 在《设计地面视距系统所需的传播数据和预测方法》P.530 中明确规定差错性能为三者之和；而降雨中断与设备（及维护）原因引起的中断一般超过 10 秒，可用性为该二者之和，其中设备一般不进行计算，分配 50%的配额。上衰落、大气吸收、到达角/发射角变差、干扰、地面阻挡等一般通过工程进行控制，不直接计算。ITU-R 模型国际上普遍使用，如链路作为国际链路的一部分，则必须符合 ITU 的要求。一般情况下 ITU-R 标准是最低要求，国内的设计标准应更严格。本规范依据 ITU-R 的相关标准制定，附件中提供了相关的估算方法。

北美模型由贝尔实验室提出，美国、加拿大普遍使用。该模型对各种微波衰落有不同于 ITU-R 的估算方法，且将接收到 BER 大于 10^{-6} 的时间全部计入不可用，其不可用指标要求相当于 ITU-R 的差错性能与不可用之和。

3.2.2　依据《在 27500km 假设参考通道和连接中使用的实际数字固定无线链路的差错性能指标》ITU-R F.1668 建议书制定，按照广播电视节目传输的高可靠要求，干线、支线指标都采用 F.1668 长途指标要求，而不论线路传输距离。

3.2.3　低误码率指标 ESR 和 BBER 在正常传输条件下，主要由设备性能决定，宜各段平均分配；高误码率指标 SESR 主要由各中继段传输性能决定，宜按各段的差错性能、分集情况、站距等综合分配。

3.2.4　本规范附录 B 和附录 C 提供了差错性能的计算方法。

3.3　可用性

3.3.1　依据《在 27500km 假设参考通道和连接中使用的实际数字固定无线链路的可用性指标》ITU-R F.1703 建议书制定，干线、本地指标都采用 F.1703 长途指标要求。

3.3.3　不可用因素具体包括：各种传播衰落引起的中断（如降雨引起的衰落）、设备故障（如微波收发信机、调制解调机、倒换设备、天馈线系统、电源系统等发生故障）、其他因素引起的故障（如维护引起的中断，雷击、大风等自然灾害引起的中断等）。不可用指标应按比例适当分配，如雨衰分配 50%、设备 25%、其他因素 25%。本规范附录 D 提供了雨衰引起的不可用计算方法。

4　线路设计

4.3　断面

4.3.1　断面的好坏主要取决于地面反射和大气不均匀层对电波传播的影响，断面分类的目的是便于在线路规划时期选择断面和评估线路性能。

4.3.3　微波中继段有多种类型的衰落：

1　由大气气体吸收引起的衰减：10GHz 以下的频段衰减较小可忽略，10GHz 以上吸收衰减较大，可参考《无线电波在大气气体中的衰减》ITU-R P.676 建议书计算衰减值。在频率高于 20GHz 的长路径上，应同时考虑路径附近水汽密度和温度数据，计算方法可参考《水蒸汽：地表密度和气柱总含容量》ITU-R P.836 建议书；

2　衍射衰落：大气折射条件的变化导致有效地球半径系数 k 从标准大气压为 4/3 的中值发生变化，当大气有足够的副折射性时（k 较小），射线的路径会往地面方向弯曲，从而地面会遮挡住电波，这种衰落称为衍射衰落。k 系数的详细统计值可参考《无线折射率公式和数据》ITU-R P.453 建议书。衍射损耗与地形和植被的类型相关。刃形障碍物、光滑球面、不规则地形的损耗计算方法可参考《衍射损耗》ITU-R P.526 建议书。对于大于 15dB 损耗的普通地形的衍射损耗可用公式 $A_d=-20h/F_1+10$ 计算。工程设计中，对于大于 6dB 损耗的地形也可以用该式估算。衍射理论表明余隙为 $0.6F_1$，接收电平接近自由空间接收电平（$A_d=0$），这是本规范 4.5.1 条要求的天线高度的依据；

3　多径衰落：微波通信系统中，会出现闪烁衰落（40GHz 以下不明显）、波束扩展、表面多径和大气多径等衰落（含平衰落和频率选择性衰落）。当直达信号波束扩展和表面反射信号相结合会产生严重的频率选择性衰落，严重影响通信的性能和可靠性，这种性能降低不能通过增加平衰落储备改善，可通过接收机自适应信道均衡和分集技术改善。应按照本规范 4.5 和 4.6 节的要求，采用高低天线、调整天线挂高、分集接收等措施对抗多径衰落。本规范附录 B 提供了平衰落、频率选择性衰落的估算方法；

4　降雨引起的衰落：在频率低于 5GHz 时可以忽略不计，高于 5GHz 时频率越高影响越明显，可参考本规范附录 D 进行估算。统计表明，降雨引起的传播中断 95%以上持续时间较长（超过 10s），计入不可用时间，因此一般降雨中断概率只计入不可用概率。而晴空条件下多径引起的衰落持续时间 10 秒以内的计入差错性能指标，超过 10 秒的计入不可用时间（但当衰落储备不足 30dB 时，易出现长时间衰落），对衰落储备足够、设计良好的系统，《设计地面视距系统所需的传播数据和预测方法》ITU-R P.530 的建议是晴空条件下多径引起的衰落只估算差错性能。

其他类型的衰落还包括水汽凝结物引起的衰减、高纬度地区或低纬度地区的高海拔路径上湿雪引起的衰减、大气气体引起的衰减（10GHz 以上）、沙尘暴引起的衰减、高粉尘浓度或高水分含量产生重大的传播效应等。可参考《云雾引起的衰减》ITU-R P.840、《无线电波在大气气体中的衰减》ITU-R P.676 等建议书估算。

4.3.4 本规范附录 B 提供了系统差错性能的估算方法，本规范附录 D 提供由降雨引起的不可用中断概率估算方法。

4.3.5 平衰落储备为实际接收电平与满足 SESR 的接收门限电平之差。满足 SESR 门限电平时的误码率（即 BER_{SES}）如表 2：

表 2 不同通道类型的 BER_{SES}

通道类型	通道速率(Mb/s)	BER_{SES}
VC-12	2	$4.0\times10^{-4}\ \alpha$
VC-3	34	$6.5\times10^{-5}\ \alpha$
VC-4	140	$2.1\times10^{-5}\ \alpha$
STM-1	155	$2.3\times10^{-5}\ \alpha$

α为误码分布系数，正常传播条件下误码满足泊松（随机）分布时取α=1，满足突发分布时可取α=10～30。现代的微波设备采用复合调制、纠错编码、均衡等技术，误码形式一般都是突发的，工程中可取α=10 估算。计算方法可参考《SDH 陆地固定无线系统的差错性能和可用性估算》ITU-R F.1605 建议书。若已知 BER 为 10^{-3} 和 10^{-6} 的门限电平，可用对数插值求 SESR 对应的门限电平，附录 B 提供了计算方法。事实上，由于误码形式一般都是突发的，利用先进的纠错技术后，10^{-3}、10^{-6}、BER_{SES} 三者的接收门限相差很小（北美采用 10^{-6} 作为门限）。

平衰落储备不小于 30dB 是一般要求，储备要求与中继段的站距、瑞利因子、余隙、分集、干扰等因素有关，应以满足差错性能和不可用性为标准。平均最差月份中超过衰落深度 A 的平衰落概率（%）（图 1）（有效微波衰落概率 P 的范围为 0.01～1000）。

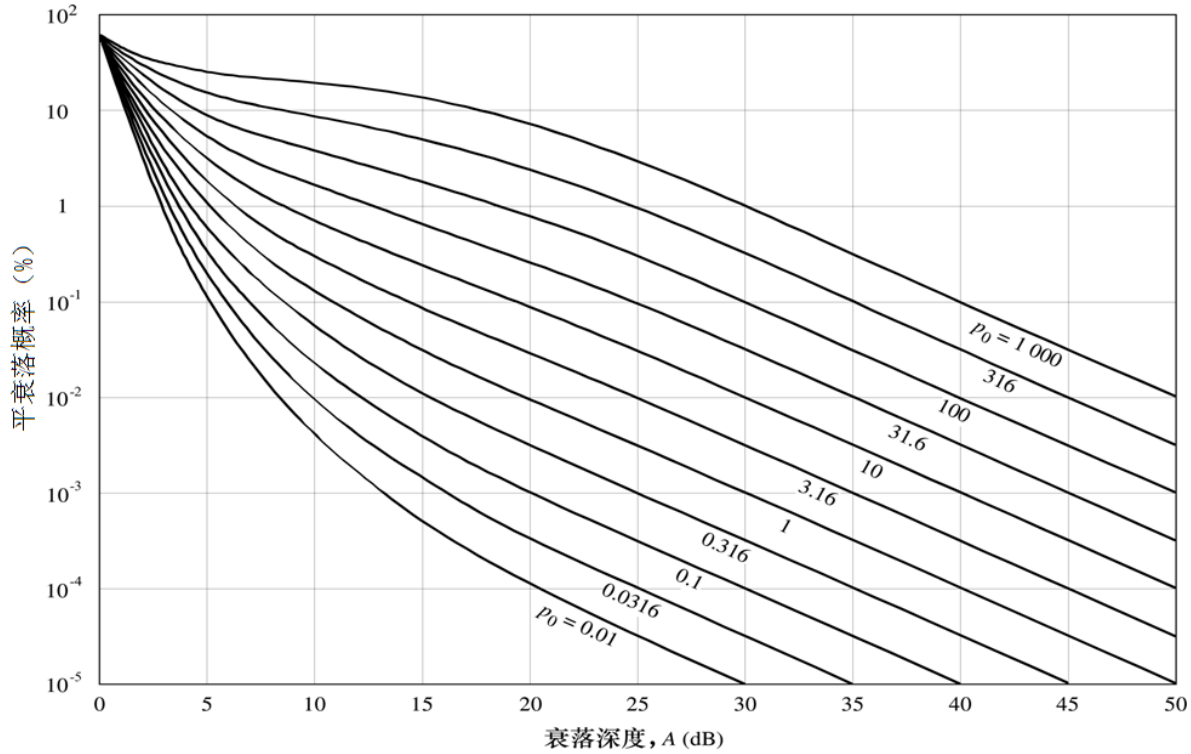


图 1　平均最差月份中超过衰落深度 A 的平衰落概率（%）

4.3.6　在晴空传播条件下，大气折射的异常梯度会导致发射角与到达角变大，对使用高增益窄波束天线的长路径会产生较大影响。发射角、到达角的变大主要是在天线的垂直面上，基本上与频率无关，沿海潮湿地区比内陆干燥地区变化范围大很多，而降雨的影响不大。在海岸、大面积水域或超视距等路径上校准天线时，应进行数周多次校准，找到发射角与到达角的变化范围。

4.3.7　存在大气波导传播现象的地区应注意天线的指向和位置、天线的波束宽度等因素，可参考《对流层折射对无线电波传播的影响》ITU-R P.834 建议书进行设计。

4.3.8　可参考《设计地面视距系统所需的传播数据和预测方法》ITU-R P.530 计算等效路径和雨衰。

4.4　干扰容限

4.4.1　数字微波通道的干扰源示意图（图 2）：

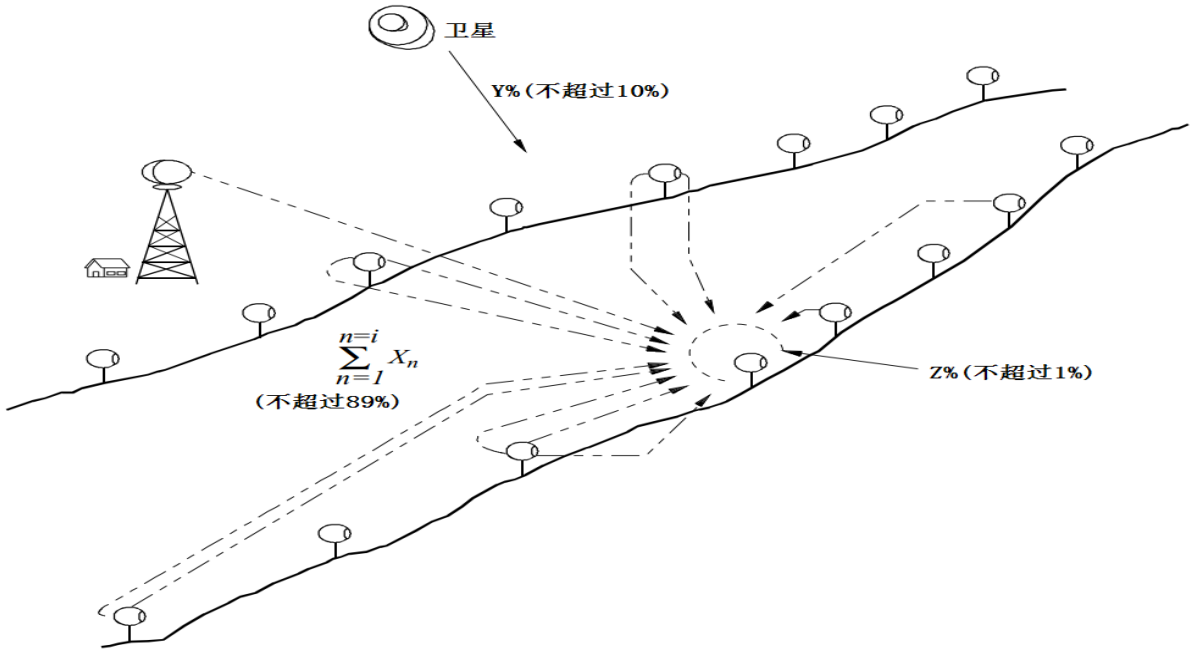


图 2　数字微波通道的干扰源示意图

微波干扰由许多传播因素引起，哪一种传播机理为主取决于气候、无线电频率、距离和传播路径的地形。其中长期干扰包括视距传播、绕射、对流层散射等，短期干扰包括表面大气波导、高层的反射和折射、水汽凝结物散射等。

4.4.3　干扰信号与有用信号的传播路径不同、衰落不相关，《数字微波接力通信系统干扰计算方法》GB/T13619 和《数字微波接力站电磁环境保护要求》GB13616 提供了详细的估算和测量方法。为满足干扰恶化量不超过通道指标 10%的要求，工程中应将干扰恶化量控制在 1dB 以内。

4.6　空间分集

4.6.1　在路径的倾角较小时，宜使用空间分集技术，分集天线的设置原则是信号在一个天线上衰落时，在另一个分集天线上的信号由地面引起的多径衰落的几率达到最小。6dB 衍射损耗相当于 $0.2F_1$ 的余隙，对于有足够平衰落储备的系统，原则上可允许有更大的衍射损耗。可参考本规范附录 E 进行天线高度和分集间距的优化。

4.6.3　有大面积水域等强反射的路径，在无法保证空间分集主用天线和分集天线有足够大的垂直间距时，空间分集和角度分集的组合使用可以取得明显的分集效果。可参考本规范附录 G 应用天线辐射方向图及角度分集优化。

5 线路勘察

5.1 一般规定

5.1.1 调查的内容可包含：该地区电网等级、供电可靠性及架设专用供电线的可能性；无线电相互干扰和净空要求；交通情况；通信覆盖情况；站址及附近地区地震史记录、地质构造等；最大风速、最大温差、降雨、雷雹及雾等自然灾害形成和时间分布情况；站址周围现有或已规划筹建的可能阻挡微波射线的高大建筑物、微波干扰源单位、严重污染单位、文物保护单位等情况；环境卫生、水源水质、最近的居民点、生活必需品供应、医院等社会生活条件。

5.2 勘察准备

5.2.1 可参考本规范附录 A 制作剖面图和勘察大纲。应充分利用路由设计软件自动生成剖面图、进行参数分析，电子地图的精度应不低于 90m（如 SRTM3）。

5.3 现场勘察

5.3.3 对于利旧微波链路、较平坦的地形、较大余隙的山区大开路地形、无障碍的跨海地形等明显满足视通条件的中继段可以免去现场勘察；对于主干微波链路、建筑物密集的城区应进行现场勘察。

6 系统设计

6.1 一般规定

6.1.2 自适应信道均衡分为频域均衡和时域均衡。在数字系统中，一般应用时域均衡技术，判决瞬间出现的干扰，提供适当的干扰抵消信号，同时处理衰落信道中的振幅和群时延偏差产生的各种失真，既可对最小相位特性、也可对非最小相位特性提供补偿。

自适应信道均衡与空间分集结合起来时可以使多径中断的发生率大大减少，所测得的总中断时间的改善一般超过相应的由分集和均衡单独得到改善的乘积。《点对点固定无线系统的分集技术》ITU-R F.752 建议书提供了分集合成技术（无损伤切换、可变相位合成等）的应用方法。

6.2 频率和极化配置

6.2.3 对降雨或水汽引起的衰减，垂直极化比水平极化的衰减要小。可参考本规范附录 D 计算。

6.3　线路保护和组网方式

6.3.1　N+1 系统可以提供有效的传播通道保护。主用信道与保护信道间合适的频率间隔的选择应满足高反射路径在一个频率的信号发射衰落的同时，另一个频率的信号也发生衰落的几率最小。通常，间隔 60MHz 的两个 30MHz 带宽的波道之间的频率选择性的相关性不大。N+1 系统同时提供设备保护，平均故障间隔时间（MTBF），通过 1+1 系统能实现 2 个数量级以上的改善。本规范附录 E 提供了频率分集优化的方法（参考 ITU-R P.530 建议书）。

6.3.2　干线微波线路需要较高的可靠性，环路组网可以实现自愈环保护。

6.5　网络管理

6.5.3　各台（站）的本地监控系统是整个微波线路正常运行的基础保障，应通过网络实现集中监控和管理。本地监控系统应能实现对本站的信号、机房环境、电源、消防、门禁等设备的管理和控制。

6.7　无人值守站

6.7.1　目前微波设备、监控系统、机房等可以达到无人值守的标准，对无业务上传和下载的广电微波台（站）宜优先考虑建设成无人值守站，无人值守的形式可以是代维代管、定时巡查等。