

中华人民共和国铁道行业标准

TB/T 3367—2016

铁路数字移动通信系统 (GSM-R) 数字光纤直放站

Digital optical repeater of
Global System for Mobile communications-Railway (GSM-R)

2016-02-22 发布

2016-09-01 实施

国家铁路局 发布

目 次

前 言 III

1 范 围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语、定义和缩略语 1

 3.1 术语和定义 1

 3.2 缩 略 语 4

4 系统构成 4

5 系统功能 4

 5.1 中继传输功能 4

 5.2 上行底噪抑制 4

 5.3 时延调整 5

 5.4 光旁路功能 5

 5.5 光环路功能 5

 5.6 自动载波跟踪 5

 5.7 操作维护功能 5

 5.8 其他功能 6

6 系统性能 7

 6.1 射频指标 7

 6.2 光纤中继性能指标 10

 6.3 网络性能指标 10

 6.4 电源适应性要求 11

 6.5 环境要求 11

 6.6 可靠性要求 11

 6.7 安全要求 11

 6.8 电磁兼容要求 12

 6.9 结构与外观 12

 6.10 接口要求 12

7 检验方法 12

 7.1 测量条件及判决依据 12

 7.2 无线指标检验 13

 7.3 光纤中继性能指标测量方法 23

 7.4 网络功能和性能指标测量方法 23

 7.5 电源适应性 25

 7.6 环境试验 25

 7.7 可靠性要求 26

 7.8 安全要求 27

附录 A(资料性附录) 近端机和远端机组网方式 29

附录 B(规范性附录) 测试设备要求 31

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由北京全路通信信号研究设计院集团有限公司提出并归口。

本标准起草单位：中国铁道科学研究院通信信号研究所、中国铁路总公司、中铁二院工程集团有限责任公司、赛乐新创通信技术有限公司、南京泰通科技股份有限公司、深圳市虹远通信有限责任公司、泉州市铁通电子设备有限公司。

本标准主要起草人：蔺 伟、姜永富、徐 钧、段永奇、陈建平、赵 抗、刘道生、蔡胜敏。

铁路数字移动通信系统(GSM-R)数字光纤直放站

1 范 围

本标准规定了铁路数字移动通信系统(GSM-R)数字光纤直放站(以下简称 GSM-R 数字光纤直放站)的系统构成、系统功能、技术性能指标要求和检验方法。

本标准适用于 GSM-R 数字光纤直放站的产品制造、质量检验和工程设计。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB 4208—2008 外壳防护等级(IP 代码)

GB 4943.1—2011 信息技术设备 安全 第1部分:通用要求

GB/T 15844.2—1995 移动通信调频无线电话机环境要求和试验方法

GB/T 24338.5—2009 轨道交通 电磁兼容 第4部分:信号和通信设备的发射与抗扰度

YD/T 2355—2011 900 MHz/1 800 MHz TDMA 数字蜂窝移动通信网数字光纤直放站技术要求和测试方法

3 术语、定义和缩略语

3.1 术语和定义

下列术语、定义适用于本文件。

3.1.1

数字直放站 digital repeater

通过模数/数模转换数字滤波和数字信号处理技术实现信号滤波和处理的一种无线信号中继设备。

3.1.2

数字光纤直放站 digital optical repeater

通过近端机将射频基站输出信号通过中频数字处理后经光电转化成光信号,采用光纤中继传输方式送至特定的覆盖区域,通过远端机转换成原有的射频信号发射出去的一种无线信号中继设备。

3.1.3

上行链路 uplink

由移动台到基站的链路。

3.1.4

下行链路 downlink

由基站到移动台的链路。

3.1.5

载波池 carriers pool

数字光纤直放站系统与一个或多个基站施主信源连接,提供总有效载波数所形成载波资源库。根据不同区域或时间段覆盖区话务量需求和网络优化的要求,通过软件对载波资源进行区域分配、预时分配或容量突变分配,实现对数字光纤直放站系统的不同区域远端设备的载波资源配置和调度。

TB/T 3367—2016

3. 1. 6

标称线性输出功率 **nominal linear output power**

直放站在线性工作区内所能达到的最大输出功率。

3. 1. 7

自动电平控制 **automatic level control**

当数字光纤直放站工作在最大增益下输出为最大功率时,增加输入信号电平,数字光纤直放站对输出信号电平控制的能力。

3. 1. 8

最大增益 **maximum gain**

直放站在线性工作范围内对输入信号的最大放大能力。

3. 1. 9

最大增益误差 **maximum gain error**

最大增益的实测值与规定值之间的差值。

3. 1. 10

增益调节范围 **range of gain adjustment**

直放站线性工作范围内最大增益和最小增益的差值。

3. 1. 11

增益调节步长 **gain adjustment step**

直放站增益的最小调节量。

3. 1. 12

增益调节步长误差 **gain adjustment step error**

实际增益步长与标称增益步长的差值。

3. 1. 13

频率误差 **frequency error**

直放站在工作频带内实际输出频率对额定输出频率的偏差。

3. 1. 14

矢量幅度误差 **error vector magnitude**

理论波形与接收到的实际波形之差,是平均误差矢量信号功率与平均参考信号功率之比的均方根值。

3. 1. 15

最大允许输入电平 **the maximum allowable input level**

被测直放站能承受而不致引起损伤的输入电平。

3. 1. 16

带内波动 **in-band fluctuation**

被测直放站在 GSM-R 的工作频率范围内最大电平和最小电平的差值。

3. 1. 17

输入、输出电压驻波比 **input/output voltage standing wave ratio(VSWR)**

电压的波腹点与波节点之比。计算方法如下:

$$S = (1 + |\gamma|)/(1 - |\gamma|) \dots\dots\dots(1)$$

式中:

S——输入、输出电压驻波比;

|\gamma|——输入、输出电压反射系数,是指从输入、输出端口反射的信号电压与输入的信号电压的比。

3. 1. 18

带外抑制 out-of-band rejection

被测直放站对工作频率范围外的信号的抑制能力。

3. 1. 19

互调产物 intermodulation signal

当工作频带内有两个及以上信号输入直放站后,由直放站的非线性在其输出端口产生的与两个或多个输入信号有特定关系的产物。

3. 1. 20

互调衰减 intermodulation attenuation

对互调产物的抑制能力。

3. 1. 21

杂散发射 spurious emission

除去工作载频以及与正常调制相关的边带以外的频率上的发射。

3. 1. 22

噪声系数 noise factor

被测直放站在工作频带范围内,正常工作时输入信噪比与输出信噪比之比,用 dB 表示。

3. 1. 23

传输时延 transmission delay

被测直放站输出信号与输入信号的时间差,分为单机时延和系统时延。其中单机时延是指被测直放站单机设备输出信号与输入信号的时间差;系统时延是指级联拉远系统输出信号与输入信号的时间差。

3. 1. 24

时延校正补偿精度 accuracy of the delay correction & compensation

不同远端机时延偏差的校准补偿能力。

3. 1. 25

带内载波泄漏抑制 inband carrier leakage suppression

由于数据的直流漂移和上下变频的折叠效应引起的带内载波泄漏对带内其他载波造成的同频干扰影响。

3. 1. 26

阻塞 block

干扰信号对直放站增益的影响。

3. 1. 27

上行噪声抑制比 uplink noise suppression ratio

关闭和开启噪声抑制功能时底噪功率电平之比,用以衡量数字光纤直放站对所接收噪声的抑制能力。

3. 1. 28

抑制门限 suppression threshold

噪声抑制启动时的门限电平。

3. 1. 29

射频输入动态范围 dynamic range of RF input

在线性工作区内工作时,数字光纤直放站接收大小信号变化范围放大的能力。

3. 1. 30

光输出功率 optical output power

光传输系统在正常工作条件下光输出端的最大功率。

3. 1. 31

光路动态范围 dynamic range of the optical path

在射频额定输出功率不变和矢量幅度误差不超出 6% 的条件下,光路衰减允许的变化范围。

3. 2 缩 略 语

下列缩略语适用于本文件。

- ALC:自动电平控制(Automatic Level Control)
- CSD:电路交换数据(Circuit Switch Data)
- CW:连续波(Continuous Wave)
- EVM:矢量幅度误差(Error Vector Magnitude)
- GSM:全球移动通信系统(Global System for Mobile Communications)
- GMSK:高斯滤波最小频移键控(Gaussian Filtered Minimum Shift Keying)
- GSM-R:铁路数字移动通信系统(GSM-Railway)
- ICS:干扰抑制(Interference Cancellation System)
- MTBF:平均故障间隔时间(Mean Time Between Failure)
- NCS:干扰抵消(Noise Cancellation System)
- NF:噪声系数(Noise Figure)
- PCDE:峰值码域误差(Peak Code Domain Error)
- QoS:服务质量(Quality of Service)
- RBW:分辨率带宽(Resolution Band Width)
- RxLev:接收电平(Received Level)
- TA:定时提前(Timing Advance)
- TDMA:时分多址(Time Division Multiple Access)
- VSWR:电压驻波比(Voltage Standing Wave Ratio)
- 8 PSK:8 相移键控(8 Phase Shift Keying)

4 系统构成

GSM-R 数字光纤直放站系统主要由近端机、光纤、远端机、操作维护设备构成,见图 1。

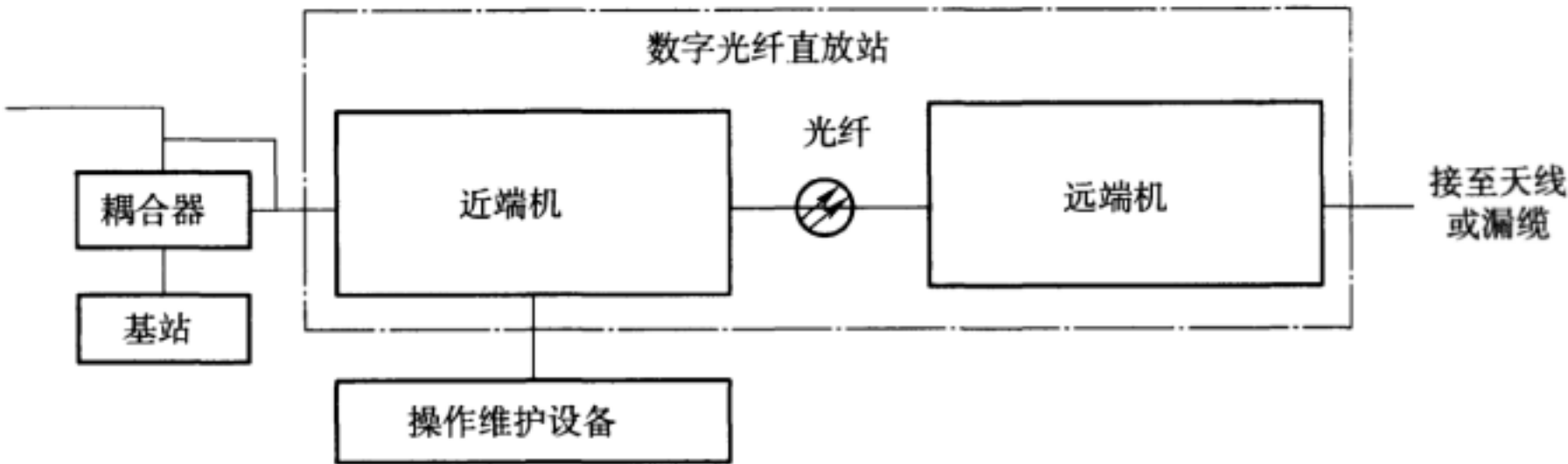


图 1 GSM-R 数字光纤直放站系统构成示意图

5 系统功能

5. 1 中继传输功能

数字光纤直放站应射频放大中继传输功能,远端机应具备光信号再生和放大功能。

5. 2 上行底噪抑制

系统应具有上行底噪抑制功能:

- a) 通过对各远端机上行链路底噪抑制门限进行控制,减小上行底噪叠加;
- b) 设备应采用载波选频方式,滤除非工作频点信号;
- c) 应支持载波/时隙自动关断功能,对处在空闲状态下的载波/时隙进行关断。

5.3 时延调整

系统应具备时延调整功能:

- a) 实时测量各远端机与近端机之间的时延;
- b) 支持手动或自动调节方式,保持各远端机间的系统时延一致,消除各远端机重叠覆盖的时延色散。

5.4 光旁路功能

当采用链型组网方式时,中间某一远端设备出现断电故障时,应进行自动切换至光旁路,其后面串联的远端机设备不受其影响,应正常接收到光纤信号,GSM-R 连接不掉线。

5.5 光环路功能

当采用环型组网方式时,中间某一远端设备出现光路中断时,该环上其他各个远端设备应仍能通过环路两端与近端站连接的节点正常工作,GSM-R 连接不掉线。

5.6 自动载波跟踪

当基站改变载波频率时,远端机应自动跟踪载波变化。

5.7 操作维护功能

5.7.1 本地监控功能

本地监控功能应符合下列要求:

- a) 提供本地监测接口;
- b) 具备状态显示功能,实时显示设备和主要模块的工作状态、电源状态和设备告警状态;
- c) 应具备对参数进行查询和设置、告警查询和软件下载等功能。

5.7.2 远程维护功能

远程维护功能应符合下列要求:

- a) 支持以太网方式将监控数据接入监控中心;
- b) 具备对参数进行查询和设置、告警查询和软件远程下载。

5.7.3 查询功能

操作维护中心应能对下列参数进行查询:

- a) 光功率;
- b) 输出功率;
- c) 增益;
- d) 信道频率;
- e) 控制参数;
- f) 记录查询,包括操作记录和故障记录查询。

操作维护中心可实现对下列参数进行查询:

- a) 设备温湿度;
- b) 驻波比。

5.7.4 故障管理功能

操作维护中心应对下列故障向操作维护中心提供告警信息:

- a) 开门告警;
- b) 温湿度告警;
- c) 电源告警;
- d) 功放故障告警;
- e) 功放过温告警;
- f) 低噪放故障告警;

- g) 本振失锁告警;
- h) 驻波告警;
- i) 自激告警;
- j) 光路故障告警。

5.7.5 控制功能

直放站(室内型除外)操作维护中心应对下列参数进行远程控制:

- a) 输出功率告警门限;
- b) 功放开关;
- c) 信道频率设置;
- d) 增益(衰减值);
- e) 时延调整;
- f) 噪声抑制门限;
- g) 漏缆传输损耗告警门限(适用于主从漏缆监测方式);
- h) 驻波告警门限(适用于漏缆故障定位监测方式)。

5.7.6 安全管理功能

直放站操作维护设备应具有下列安全管理功能:

- a) 操作权限管理;
- b) 操作记录管理;
- c) 故障记录管理。

5.7.7 漏缆监测功能

在采用漏缆方式进行覆盖时,远端机可内置漏缆监测模块,支持漏缆监测功能。

5.8 其他功能

系统除以上功能要求外,还应具有下列功能:

- a) 应提供 FE 传输通道接口;
- b) 应支持分集接收功能;
- c) 远端机应支持射频信号单端口或双端口输出;
- d) 电源模块应支持冗余切换功能。单路电源故障时,应自动、不间断切换到另一电源模块,系统工作状态保持正常;
- e) 功放应支持冗余切换功能:单个功放模块出现故障时,应自动切换至另一功放模块,GSM-R 连接不掉线;
- f) 光模块应支持冗余切换功能:单路光模块故障时,应自动切换至另一光模块,GSM-R 连接不掉线;
- g) 应支持主备光纤冗余,当主光纤故障时,自动切换到备用光纤,GSM-R 连接不掉线;
- h) 数字中频板和变频器可支持冗余切换功能:单个数字中频板和变频器出现故障时,应自动切换至另一数字中频板和变频器;
- i) 载波自动跟踪:基站(或者信号源)频点修改后,数字光纤直放站应跟踪并自动设置其频点与基站(或者信号源)频点设置相同;
- j) 时延自动调整:近端机与远端机采用环形组网条件下,当拓扑结构发生变化时,应自动实现时延的重新调整;
- k) 采用冗余覆盖方式时,近、远端机应设置主路和从路,远端机主、从路分别接入两个基站信号源并采用环形组网,两路输出功率可调;
- l) 采用冗余覆盖方式时,应支持双监测通道冗余:与远端机具有连接关系的两台近端机同时可以监测该远端机的工作状态;两台近端机之间应具备对远端机参数设置权限的切换功能;同时只能有一台近端机对远端机的参数进行设置。

6 系统性能

6.1 射频指标

数字光纤直放站设备的无线性能指标要求见表 1。

表 1 数字光纤直放站射频指标要求

指标名称	指标要求	
频率范围	930 MHz ~ 934 MHz	885 MHz ~ 889 MHz
标称线性输出功率	远端机： 单端口设备：30 dBm, 35 dBm, 37 dBm, 40 dBm, 43 dBm 及以上； 双端口设备：在以上指标基础上降低 3 dB。 容差：常温时，下行信道标称（最大）输出功率容差应在±2 dB 范围内，极限条件时输出功率容差应在±2.5 dB 范围内	近端机： ≥ -10 dBm； 容差：常温时，上行主信道和分集信道标称（最大）输出功率容差应在±2 dB 范围内，极限条件时输出功率容差应在±2.5 dB 范围内
功耗	近端机：≤100 W； 远端机：≤200 W（标称线性输出功率 < 37 dBm）； ≤300 W（标称线性输出功率 ≥ 37 dBm）	
自动电平控制（ALC）	当数字直光纤放站输入信号电平提高达到最大输出功率电平 ALC 启动，继续增加输入信号电平 10 dB（含 10 dB），输出功率应保持在最大输出功率的 ±2 dB 之内；当输入信号电平提高超过 10 dB 时，输出功率应保持在最大输出功率的 ±2 dB 之内或关闭输出	
最大增益及误差	50 dB ± 2 dB	50 dB ± 2 dB
增益调节范围	≥ 30 dB	
增益调节步长	≤ 1 dB	
增益调节误差	增益调节步长误差应不超过 ±1 dB/步长，在 0 dB ~ 10 dB 和 10 dB ~ 20 dB 范围内的累积误差应在 ±1 dB 范围内；20 dB ~ 30 dB 范围内的累积误差应在 ±1.5 dB 范围内	
频率误差	单机不超过 ±0.05 ppm，系统不超过 ±0.1 ppm	
矢量幅度误差（EVM）	EVM（RMS）：≤ 6%（均方根）	
最大允许输入电平	直接耦合直放站射频输入端口：最大允许输入电平 ≥ 10 dBm 直放站能正常工作无损伤	
带内波动	≤ 2.0 dB（峰峰值）	
输入/输出电压驻波比	≤ 1.5	
带外抑制	见表 2	
互调	见表 3	
杂散发射	见表 4、表 5、表 6、表 7	
噪声系数	单机：最大增益及最小增益（G _{MAX} - 15 dB）状态下单端口设备噪声系数 NF ≤ 4 dB；双端口设备噪声系数 NF ≤ 7.5 dB 链型组网：最大增益状态下噪声系数 NF ≤ 7 dB（单端口设备），≤ 10.5 dB（双端口设备）； 星型组网：最大增益状态下噪声系数 NF ≤ 7 dB（单端口设备），≤ 10.5 dB（双端口设备）	

表 1 数字光纤直放站射频指标要求(续)

指标名称	指标要求
传输时延	单机时延: $\leq 18\ \mu\text{s}$; 系统时延: $\leq 25\ \mu\text{s}$; 时延调节范围: $\geq 100\ \mu\text{s}$
时延校正补偿精度	时延校正补偿精度 $\pm 2\ \mu\text{s}$
带内载波泄漏抑制	带内载波泄漏与有用载波之比不小于 60 dBc 或 $-36\ \text{dBm}/30\ \text{kHz}$
阻塞	一般频段的干扰信号要求见表 8, 特殊频段的干扰信号要求见表 9, 在上述干扰的情况下, 直放站增益降低不应大于 6 dB, EVM 不大于 6%
上行噪声抑制比及抑制门限	a) 在最大增益条件下, 开启噪声抑制功能直放站输出底噪应比关闭噪声抑制功能时的底噪低 17 dB; b) 具备不同载波不同时隙分别控制功能; c) 底噪抑制门限可调, 调整范围 $\geq 30\ \text{dB}$, 调整步长 $\leq 2\ \text{dB}$; d) 可调最低门限应低于 $-108\ \text{dBm}/200\ \text{kHz}$
射频输入动态范围	输入信号动态范围 $\geq 40\ \text{dB}$ 或从最大额定输入功率增加 $+5\ \text{dB}$ 至 $\leq -90\ \text{dBm}$ 范围内, EVM 恶化不应大于 6%

表 2 带外抑制指标要求

载波偏离	指标要求
$400\ \text{kHz} \leq f_{\text{offset}} < 600\ \text{kHz}$	$\geq 56\ \text{dBc}$
$600\ \text{kHz} \leq f_{\text{offset}}$	$\geq 60\ \text{dBc}$
注: 1 载波偏离 f_{offset} 以信道载波中心频率偏离。 2 极限条件时带外抑制也应符合上述的指标要求。	

表 3 互调指标要求

类 别	标称发射功率	指标要求
带内互调	$> 46\ \text{dBm}$	$\leq -40\ \text{dBc}$ (2 载频, 最大输出功率时)
	$40 \sim 46\ \text{dBm}$	$\leq -50\ \text{dBc}$ (2 载频, 最大输出功率时)
	$\leq 40\ \text{dBm}$	$\leq -60\ \text{dBc}$ 或 $\leq -36\ \text{dBm}/3\ \text{kHz}$ (2 载频, 最大输出功率时)
带外互调 (偏离工作频段外边缘 2.5 MHz 外)	$9\ \text{kHz} \sim 1\ \text{GHz}$: $\leq -36\ \text{dBm}/100\ \text{kHz}$; $1\ \text{GHz} \sim 12.75\ \text{GHz}$: $\leq -30\ \text{dBm}/1\ \text{MHz}$	

表 4 每载波带外杂散发射指标要求

功率电平 (P)	在规定频偏处的最大相对电平 (dBc)				
	$\pm 100\ \text{kHz}$	$\pm 200\ \text{kHz}$	$\pm 400\ \text{kHz}$	$600\ \text{kHz} \sim 1\ 200\ \text{kHz}$	$1\ 200\ \text{kHz} \sim 1\ 800\ \text{kHz}$
	测量带宽 30 kHz				
$P \geq 43\ \text{dBm}$	+0.5	-30	-56	-70	-73
$30\ \text{dBm} < P < 43\ \text{dBm}$	+0.5	-30	-56	(43 dBm - 最大额定功率) - 70 dB	(43 dBm - 最大额定功率) - 73 dB
$P \leq 30\ \text{dBm}$	+0.5	-30	-56	-60	-63

表 5 有效工作频带内杂散发射指标要求

功率电平(P)	有效工作频带内杂散发射指标	
	上行:882.5 MHz ~ 885.2 MHz; 888.8 Hz ~ 891.5 MHz	下行:927.5 MHz ~ 930.2 MHz; 933.8 MHz ~ 936.5 MHz
$P \geq 43$ dBm	—	≤ -75 dBc/30 kHz
30 dBm $< P < 43$ dBm	—	杂散发射 $\leq (43$ dBm - 最大额定输出功率) - 75 dB/ 30 kHz 或 ≤ -36 dBm/30 kHz
24 dBm $< P \leq 30$ dBm	—	杂散发射 ≤ -63 dBc/30 kHz 或 ≤ -36 dBm/30 kHz
$P \leq 24$ dBm	≤ -63 dBc/30 kHz 或 -47 dBm - (24 dBm - 最大额定输出功率)/30 kHz	
注:被测载频为工作频段中心频点,测试频段为偏离工作频段中心频点 1.8 MHz ~ 偏离工作频段外边缘 2.5 MHz 内。		

表 6 带外一般频段杂散发射指标要求

测试频段		指标要求	测试带宽
工作频带外(偏离工作频带边缘 2.5 MHz 之外)	9 kHz ~ 150 kHz	≤ -36 dBm	1 kHz
	150 kHz ~ 30 MHz	≤ -36 dBm	10 kHz
	30 MHz ~ 80 MHz	≤ -36 dBm	100 kHz
	80 MHz ~ 1 GHz	≤ -36 dBm	100 kHz
	1 GHz ~ 12.75 GHz	≤ -30 dBm	1 MHz
注:偏离工作频带边缘 2.5 MHz ~ 10 MHz 范围内不考虑互调产物。			

表 7 带外特殊频段杂散发射指标要求

特殊频段杂散			
测试频段	指标要求	测试带宽	说 明
885 MHz ~ 889 MHz(含)	≤ -98 dBm	100 kHz	测试设备下行链路输出端口信号的带外杂散
889 MHz ~ 915 MHz	≤ -82 dBm	100 kHz	

表 8 一般频段的干扰信号要求

干扰信号频段	干扰信号电平		干扰信号类型
	无线耦合	馈线耦合	
$F_L - 20$ MHz ~ $F_L - 3$ MHz	-40 dBm	-21 dBm	GSM 信号
$F_H + 3$ MHz ~ $F_H + 20$ MHz	-40 dBm	-21 dBm	GSM 信号
100 kHz ~ $F_L - 20$ MHz	8 dBm	0 dBm	CW 信号
$F_H + 20$ MHz ~ 12.75 GHz	8 dBm	0 dBm	CW 信号
注:1 F_L 为工作频段起始边缘频点。 2 F_H 为结束边缘频点。 3 对于室内直放站,按照馈线耦合要求。			

表 9 特殊频段的干扰信号要求

干扰信号频段	干扰信号电平		干扰信号类型
	无线耦合	馈线耦合*	
851 MHz ~ 880 MHz	- 17 dBm	- 21 dBm	CW 信号
925 MHz ~ 930 MHz	8 dBm	—	GSM 信号
934 MHz ~ 960 MHz (设备下行不做要求)	8 dBm	0 dBm	GSM 信号
1 805 MHz ~ 1 880 MHz	8 dBm	0 dBm	GSM 信号
1 880 MHz ~ 1 920 MHz	8 dBm	0 dBm	CW 信号
2 010 MHz ~ 2 025 MHz	8 dBm	0 dBm	CW 信号
2 110 MHz ~ 2 170 MHz	8 dBm	0 dBm	CW 信号
2 300 MHz ~ 2 400 MHz	8 dBm	0 dBm	CW 信号
2 400 MHz ~ 2 483.5 MHz	8 dBm	0 dBm	CW 信号
2 500 MHz ~ 2 690 MHz	8 dBm	0 dBm	CW 信号
3 300 MHz ~ 3 600 MHz	8 dBm	0 dBm	CW 信号
806 MHz ~ 835 MHz	8 dBm	0 dBm	CW 信号
889 MHz ~ 915 MHz (设备上行不做要求)	- 13 dBm	- 21 dBm	CW 信号
1 710 MHz ~ 1 785 MHz	- 13 dBm	- 21 dBm	CW 信号
1 880 MHz ~ 1 920 MHz	8 dBm	0 dBm	CW 信号
1 920 MHz ~ 1 980 MHz	8 dBm	0 dBm	CW 信号
* 对于室内直放站,按照馈线耦合要求。			

6.2 光纤中继性能指标

光纤中继性能指标见表 10。

表 10 光纤中继性能指标

指标名称	指标要求	
光波长(单纤)	下行:1 550 nm	上行:1 310 nm
光输出功率	≥ - 9 dBm	
光路动态范围	光路动态范围 ≥ 15 dB; 在动态范围之内射频输出功率容差应符合厂家额定功率 ± 2 dB 之内,EVM ≤ 6%	

6.3 网络性能指标

6.3.1 组网及承载能力

组网及承载能力性能指标应符合下列要求：

- a) 至少支持 8 台远端机环型组网和 4 端口星型、菊花型和混合型等组网方式,近端机和远端机组网方式参见附录 A；
- b) 每台远端设备 EVM(RMS)应不大于 6% ；
- c) 最大传输载波数应不少于 4 个。

6.3.2 光旁路切换性能

光旁路切换时间应小于 800 ms,最远端设备应符合 EVM(8 PSK)不大于 6% RMS、增益变化在 ±3 dB 范围内。

6.3.3 光环路切换性能

光环路切换并恢复正常工作时间应小于 10 s(不含时延调整时间),最远端设备 EVM(8 PSK)应不大于 6% RMS、增益变化在 ±3 dB 范围内。

6.3.4 载波自动跟踪时间

载波自动跟踪时间不大于 5 min。

6.3.5 时延自动调整时间

时延重新调整的时间应小于 20 s。

6.3.6 光模块冗余切换

光模块冗余切换造成的 GSM-R 业务中断时间应小于 1 000 ms;输出电平变化不大于 2 dB。

6.3.7 功放冗余切换

功放冗余切换造成的 GSM-R 业务中断时间应小于 1 000 ms;输出电平变化不大于 2 dB。

6.4 电源适应性要求

当输入电源为 AC 220 V ±44 V、45 Hz ~ 55 Hz 或 DC -48 V ±9.6 V 时,直放站的技术指标均能符合本标准要求。

6.5 环境要求

数字光纤直放站的工作环境要求见表 11。

表 11 工作环境要求

指标名称	设备名称	
	近 端 机	远 端 机
工作温度	- 10 ℃ ~ +55 ℃ (A 类) - 25 ℃ ~ +55 ℃ (B 类)	- 25 ℃ ~ +55 ℃ (A 类) - 40 ℃ ~ +55 ℃ (B 类) - 25 ℃ ~ +70 ℃ (C 类)
相对湿度	95% (40 ℃)	95% (40 ℃)
大气压力	70 kPa ~ 106 kPa	70 kPa ~ 106 kPa
振动	10 Hz ~ 30 Hz,0.38 mm 30 Hz ~ 55 Hz,0.19 mm	10 Hz ~ 30 Hz,0.75 mm 30 Hz ~ 55 Hz,0.25 mm
振动方向	垂直方向	垂直方向
冲击	6g,18 ms	6g,18 ms
注:1 近端机分工作温度要求分为 2 类,A 类为通用标准,B 类为宽温要求。 2 远端机工作温度要求分为 3 类,A 类指标是设备的通用标准,B 类指标是设备用于气温较低环境条件下的标准,C 类指标是设备用于气温较高环境条件下的标准。		

6.6 可靠性要求

MTBF 不应小于 1 ×10⁵ h。

6.7 安全要求

设备安全性应符合下列要求:

- a) 接地导体电阻和连接电阻应符合 GB 4943.1—2011 中 2.6.3.4 的规定。
- b) 抗电强度应符合 GB 4943.1—2011 中 5.2 的规定。
- c) 接触电流应符合 GB 4943.1—2011 中 5.1.6 的规定。

6.8 电磁兼容要求

电磁兼容性要求应符合 GB/T 24338.5 的相关规定。

6.9 结构与外观

设备结构与外观应符合下列要求：

- a) 近端机安装于 19 英寸机架。
- b) 远端机外壳防护等级应符合 GB 4208—2008 中 IP 65 的规定,采用铸铝结构,自然散热,对于大功率设备可采用风冷散热,应具有风扇状态监控功能。

6.10 接口要求

设备接口符合下列要求：

- a) 设备外置操作维护接口(采用 RS 232 接口或以太网口等),且所有外部接口(含施主端射频口、重发端射频口、电源接口、数据接口和操作维护接口)标识标注清晰准确；
- b) 各种接头应有防水保护接头盖。

7 检验方法

7.1 测量条件及判决依据

7.1.1 常规测试条件

除特殊规定外,所有测试均应在下列条件下进行：

- a) 温度： $+15\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 相对湿度： $45\% \sim 75\%$ ；
- c) 大气压力： $86\text{ kPa} \sim 106\text{ kPa}$ 。

7.1.2 极限测试条件

极限试验应在下列条件下测量：

- a) 温度：
 - 1) 低温
近端机： $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (A 类)， $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ (B 类)；
远端机： $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ (A 类和 C 类)， $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ (B 类)。
 - 2) 高温
近端机： $+55\text{ }^{\circ}\text{C}$ (A 类和 B 类)；
远端机： $+55\text{ }^{\circ}\text{C}$ (A 类和 B 类)， $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ (C 类)。
 - 3) 相对湿度： 95% ($40\text{ }^{\circ}\text{C}$)。
 - 4) 大气压力： 70 kPa 。
- b) 供电电压
 - 1) AC 220 V；低压 AC 176 V；高压 AC 264 V。
 - 2) DC -48 V；低压 DC -38.4 V；高压 DC -57.6 V。

7.1.3 测试设备要求

测试设备要求见附录 B。

7.1.4 测试不确定度

表 12 是对测试系统不确定度的要求,应该定期对测试系统的不确定度进行评估。

表 12 对测试系统的不确定度要求

测试项目	对测试系统的不确定度要求
输出功率	$\leq 0.7\text{ dB}$
频率误差	$\leq 12\text{ Hz}$

表 12 对测试系统的不确定度要求(续)

测试项目	对测试系统的不确定度要求
带外抑制	≤0.5 dB(测试前需要校准)
EVM	±2.5%
杂散辐射	在 UTRA 和共存接收频段： 当测试结果不小于 -60 dBm 时,杂散辐射不应大于 2.0 dB 当测试结果小于 -60 dBm 时,杂散辐射不应大于 3.0 dB 在其他频段： 0 < f ≤ 2.2 GHz,杂散辐射不应大于 1.5 dB 2.2 GHz < f ≤ 4 GHz,杂散辐射不应大于 2.0 dB f > 4 GHz,杂散辐射不应大于 4.0 dB (信号产生器的 ACLR 干扰应小于基站 10 dB 以上)
互调	≤1.2 dB

7.1.5 测试判定依据

测试结论的判定依据是考虑测试系统的不确定度不为 0 时的情况,表 13 给出测试判定标准和指标要求的关系。

表 13 测试判决标准

测试项目	U_{TS}^*	测试判决标准与指标要求的关系
最大输出功率	0.7 dB	测试判决标准等于指标要求的上限 + U_{TS} 测试判决标准等于指标要求的下限 - U_{TS}
增益	0.5 dB	测试判决标准等于指标要求 + U_{TS}
ALC	0.7 dB	测试判决标准等于指标要求的上限 + U_{TS} 测试判决标准等于指标要求的下限 - U_{TS}
频率误差	12 Hz	测试判决标准等于指标要求 + U_{TS}
EVM	0	测试判决标准等于指标要求
带内波动	0.7 dB	测试判决标准等于指标要求 + U_{TS}
输入、输出电压驻波比	0	测试判决标准等于指标要求
带外抑制	0.5 dB	测试判决标准等于指标要求 + U_{TS}
互调	1.2 dB	测试判决标准等于指标要求 + U_{TS}
杂散发射	0 dB	测试判决标准等于指标要求
噪声系数	0	测试判决标准等于指标要求
传输时延	0	测试判决标准等于指标要求
* 当测试系统的不确定度超出表 1 范围内时, U_{TS} 不能取表中值。		

7.1.6 测试方法规定

如无特殊规定,下列测试方法适用于数字光纤直放站的上下行测量,对具有分集接收端口的直放站,应对主信道和分集信道分别进行测量,测量方法中的连接图为原理图。

7.2 无线指标检验

7.2.1 标称线性输出功率

检验方法如下：

- a) 按图 2 进行连接；
- b) 关闭反向链路(测量前向输出功率)或关闭前向链路(测量反向输出功率)；
- c) 将 GSM 信号源设置为该数字光纤直放站工作频率范围内的中心频率,发送全时隙 GMSK 调制信号；
- d) 设置数字光纤直放站增益为最大增益；
- e) 调节 GSM 信号源的电平直至 ALC 启控点,GSM 信号分析仪上显示的每载波时隙功率应符合厂家声明的最大输出额定功率的容差范围；
- f) 记录数字光纤直放站的输出电平及输入功率电平。



图 2 标称线性输出功率测试连接图

7.2.2 自动电平控制 (ALC)

检验方法如下：

- a) 按图 2 所示进行连接；
- b) 关闭反向链路(测量前向输出功率)或关闭前向链路(测量反向输出功率)；
- c) 将 GSM 信号源设置为工作频率范围内的中心频率点,并设置 8 PSK 信号时隙为 50% (间隔时隙)；
- d) 设置数字光纤直放站增益为最大增益,并设置直放站 ALC 调整门限为厂家额定功率门限；
- e) 调节 GSM 信号源的电平直至数字光纤直放站的输出功率为标称最大输出功率测试值；
- f) 记录数字光纤直放站每载波时隙输出功率；
- g) 将 GSM 信号源的输出信号电平按 1dB 的步长增加直至增加到 10 dB 时,用 GSM 信号分析仪分别测试数字光纤直放站的输出功率,从 ALC 启控直至最大输入功率增加到 10 dB,每载波时隙输出功率数值应保持在最大输出功率的 ± 2 dB 之内；
- h) 将 GSM 信号源的输出信号电平超出最大输入功率增加 10 dB 以外时,用 GSM 信号分析仪分别测试数字光纤直放站的每载波时隙输出功率,应保持在最大输出功率的 ± 2 dB 之内或关闭。

7.2.3 最大增益及误差

检验方法如下：

- a) 按图 2 所示进行连接；
- b) 关闭反向链路(测量前向输出功率)或关闭前向链路(测量反向输出功率)；
- c) 将信号发生器设置为该直放站工作频率范围内的中心频率；
- d) 设置直放站增益为最大；
- e) 依次调节 GSM 信号发生器的电平直至数字光纤直放站的输出功率为标称最大输出功率回退 1 dB 和回退 15 dB；
- f) 最大增益即为数字光纤直放站输出功率与输入功率的比值；
- g) 最大增益误差即为所测最大增益数值与额定增益值之间的差值,取最大偏差值。

7.2.4 增益调节范围

检验方法如下：

- a) 按图 3 所示进行连接；

- b) 关闭反向链路(测量前向输出功率)或关闭前向链路(测量反向输出功率);
- c) 将信号源设置为该数字光纤直放站工作频率范围内的中心频率,并设置 50% 间隔时隙的 GSM 调制信号;
- d) 设置直放站增益为最大;
- e) 调节 GSM 信号源的电平至直放站的输出功率为厂商声明的最大输出功率回退 1dB;
- f) 测量此时直放站输出功率,记录最大增益为此时的数字光纤直放站输出功率与输入功率的比值;
- g) 设置数字光纤直放站增益为最小;
- h) 在射频输出口测量此时直放站输出功率,记录最小增益即为此时的数字光纤直放站输出功率与输入功率的比值。

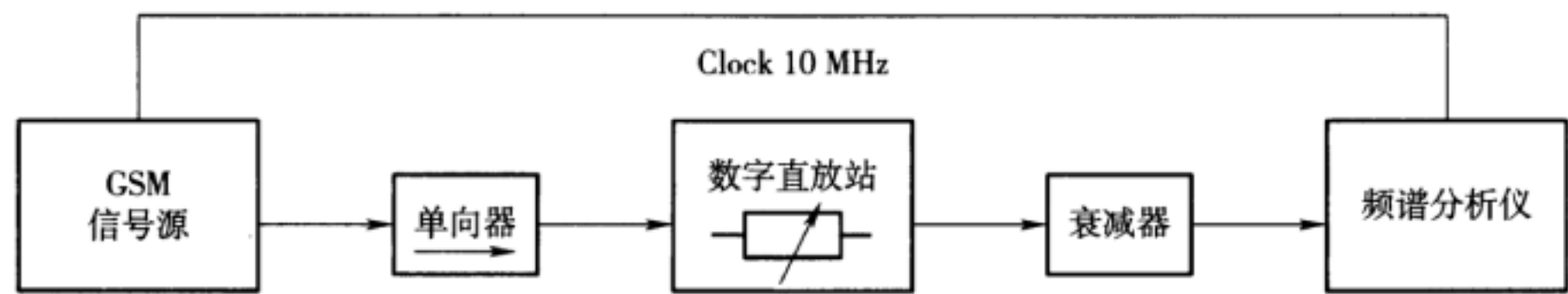


图 3 增益调节范围测试连接图

7.2.5 增益调节步长及误差

检验方法如下：

- a) 按图 3 所示进行连接;
- b) 关闭反向链路(测量前向输出功率)或关闭前向链路(测量反向输出功率);
- c) 将 GSM 信号源设置为该数字光纤直放站工作频率范围内的中心频率,并设置 50% 间隔时隙的 GMSK 信号;
- d) 设置数字光纤直放站增益为最大;
- e) 以增益调节步长降低被测直放站增益,从频谱仪测量出被测直放站实际增益下降每一步长时的功率电平并记录,直至增益为最小;
- f) 实际增益调节步长为每相邻测量功率电平之差;
- g) 步长误差即为声明的增益调节步长与实际的增益调节步长的差值;
- h) 计算 0 dB ~ 10 dB、10 dB ~ 20 dB、20 dB ~ 30 dB 内的累积误差。

7.2.6 频率误差

检验方法如下：

- a) 按图 2 所示进行连接;
- b) 关闭反向链路(测量前向输出功率)或关闭前向链路(测量反向输出功率);
- c) 将 GSM 信号源输出为全时隙 8 PSK 调制信号,其工作频率调到被测数字光纤直放站的高、中、低三个频点上;
- d) 设置直放站增益为最大;
- e) 将信号源输出电平设置为最大输出功率时的输入电平回退 5 dB;
- f) 测试输出信号的实际频率 $f_{\text{实测}}$,频率误差为 $\delta = (f_{\text{实测}} - f_{\text{额定}}) / f_{\text{额定}}$;
- g) 在直放站工作频率范围内分别测量高、中、低三个频点的频率偏差。

7.2.7 矢量幅度误差

检验方法如下：

- a) 按图 2 所示连接测试系统;
- b) 关闭反向链路(测量前向输出功率)或关闭前向链路(测量反向输出功率);
- c) 设置直放站增益为最大;

- d) 将信号源输出电平设置为最大输出功率时的输入电平回退 5 dB；
- e) 设置 GSM 信号源输出全时隙 8 PSK 调制信号,将工作频率依次分别调到被测数字光纤直放站的高、中、低三个频点上；
- f) 从 GSM 信号分析仪读取均方根 EVM。

7.2.8 最大允许输入电平

- 检验方法如下：
- a) 按图 2 所示连接测试系统；
 - b) 关闭反向链路(测量前向输出功率)或关闭前向链路(测量反向输出功率)；
 - c) 将 GSM 信号源输出全时隙 8 PSK 调制信号,其工作频率调到被测数字光纤直放站中心频率点上；
 - d) 电平调到最大允许的输入电平,持续 1 min；
 - e) 重复 7.2.1、7.2.2、7.2.3 的指标项的测试,所测数值应在指标规定范围内。

7.2.9 带内波动

- 检验方法如下：
- a) 按图 4 所示连接测试系统；
 - b) 通过光纤衰减器将近端机和远端机连接在一起,进行系统测量；
 - c) 关闭反向链路(测量前向输出功率)或关闭前向链路(测量反向输出功率)；
 - d) 将信号源和频谱仪在数字光纤直放站有效工作带宽内对输入输出路径进行校准；
 - e) 关闭 ICS 功能；
 - f) 调节被测直放站增益为最大；
 - g) 将信号源输出电平设置为直放站最大输出功率时对应的输入电平回退 5 dB；
 - h) 用频谱分析仪以 1 MHz 间隔扫频信道内输出功率电平,其最大、最小功率电平之间的差值,视为带内波动。

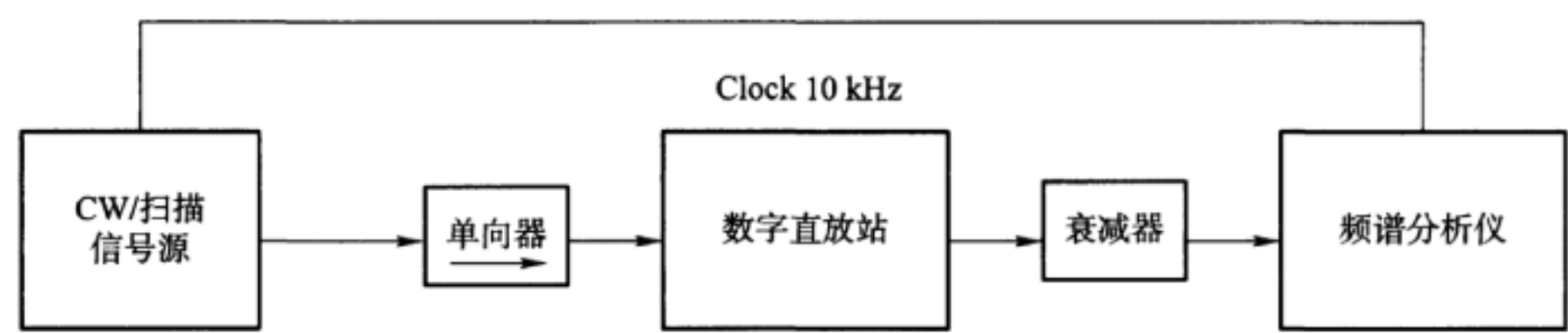


图 4 带内波动测试连接图

7.2.10 输入、输出电压驻波比

- 检验方法如下：
- a) 按图 5 所示连接测试系统；

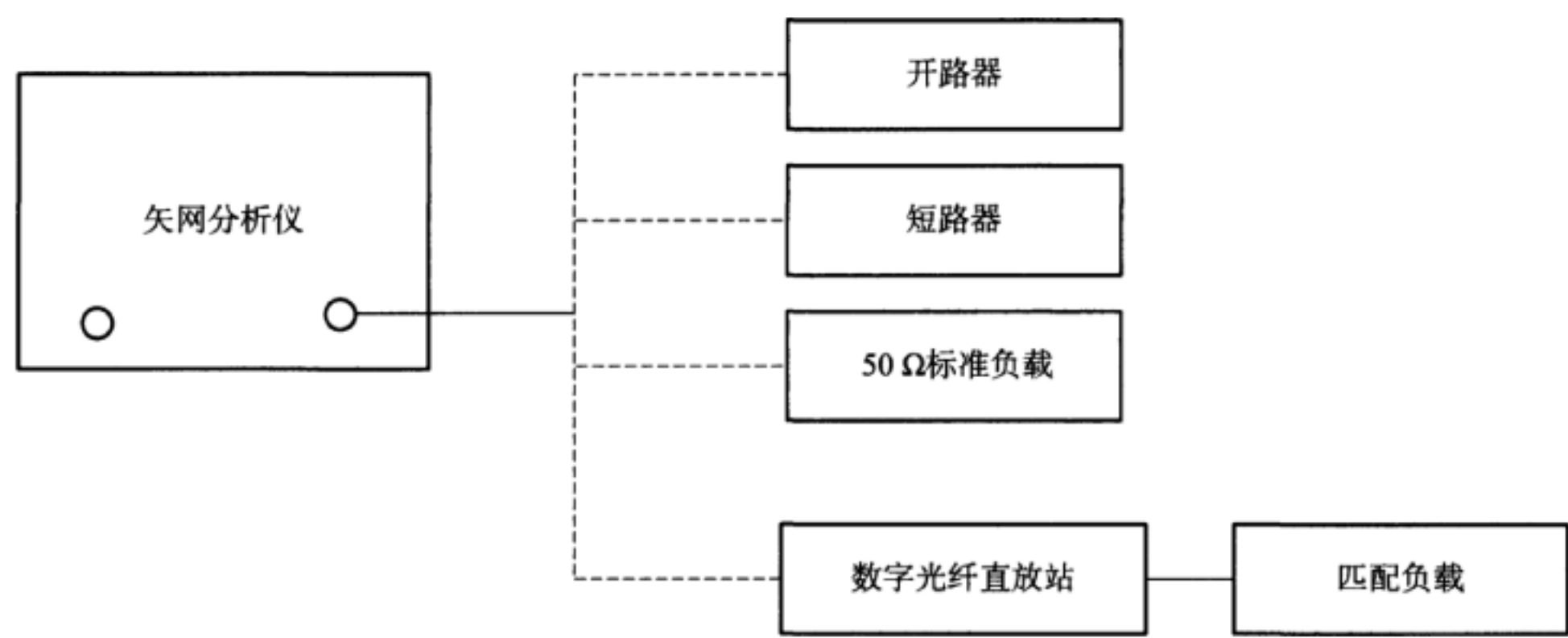


图 5 电压驻波比测试连接图

- b) 关闭反向链路(测量前向输入输出驻波)或关闭前向链路(测量反向输入输出功率驻波);
- c) 设置矢量网络分析仪的频带为数字光纤直放站工作频带,输出电平为 -30 dBm;
- d) 在网络分析仪测试端口进行开路、短路、负荷校准后设置为测量;
- e) 设置直放站的增益为最小增益,将其输入或输出端口接到测试端口,输出或输入端口接负载,从矢网分析仪读出被测直放站工作频带内最大的电压驻波比。

7.2.11 带外抑制

检验方法如下:

- a) 按图 4 所示连接测试系统;
- b) 关闭反向链路(测量前向输出功率)或关闭前向链路(测量反向输出功率);
- c) 将直放站的增益调节为最大增益,关闭 ICS 功能;
- d) 将信号发生器设置为 CW 信号,调节其输出电平为直放站最大输出功率时的输入电平回退 5 dB;
- e) 按照表 2 带外抑制载波偏离表所示频率分别设置信号发生器,用频谱仪分别测试直放站的相对频段的输出功率,并计算出相对带内信号输出功率的差值为带外抑制数值。

7.2.12 互调

检验方法如下:

- a) 按图 6 连接测试系统;
- b) 调节信号发生器 1 为 CW 信号,频率为直放机工作的中心频率,将信号输入电平设置在直放站每载波规定的最大输出功率;
- c) 调节信号发生器 2 为 CW 信号,频率 f_2 与信号发生器 1 的频率 f_1 间隔 0.6 MHz,输出电平与 f_1 等幅;
- d) 在频谱分析仪上读出频率 f_1 和 f_2 与 $2f_1 - f_2$ 和 $2f_2 - f_1$ 之间的最小差值,即为三阶互调失真;
- e) 在频谱分析仪上读出频率 f_1 和 f_2 与 $3f_1 - 2f_2$ 和 $3f_2 - 2f_1$ 之间的最小差值,即为五阶互调失真;
- f) 在有效工作频带外(即偏离工作频段外边缘 2.5 MHz 外)的 9 kHz ~ 12.75 GHz 频段范围内读取带外互调产物电平。

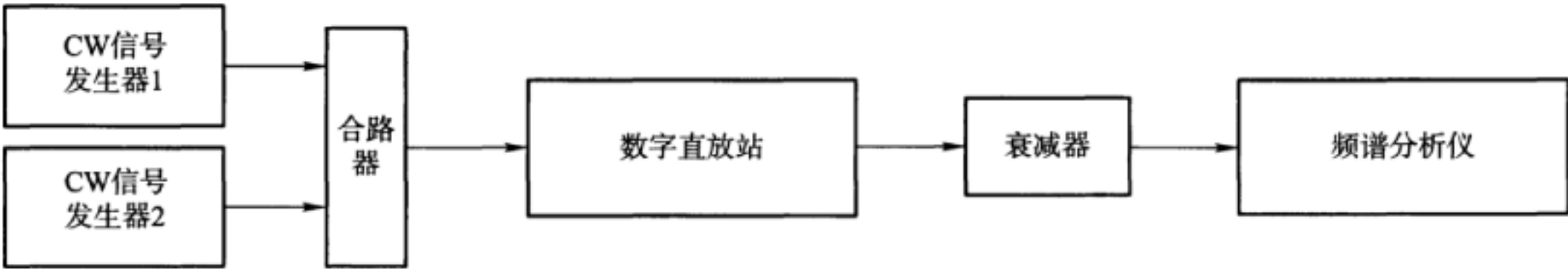


图 6 互调产物测试连接图

7.2.13 杂散发射

7.2.13.1 每载波带外杂散

检验方法如下:

- a) 按图 2 所示连接测试系统;
- b) 关闭反向链路(测量前向输出功率)或关闭前向链路(测量反向输出功率);
- c) 将 GSM 信号发生器输出 1 个 8 PSK 调制的载波信号,并将其设置在有效工作频带的中心频点上;
- d) 设置直放站增益为最大;
- e) GSM 信号发生器的电平设置为 L_{inmax} ,使直放站输出功率达到最大值;
- f) 设置频谱分析仪测量带宽为 30 kHz,检波方式为峰值检波;
- g) 按表 4 中频段要求,采用频谱分析仪分别读出各个频段范围内的杂散发射功率电平。

7.2.13.2 有效工作频带内杂散发射

检验方法如下：

- a) 按图 2 所示连接测试系统；
- b) 关闭反向链路(测量前向输出功率)或关闭前向链路(测量反向输出功率)；
- c) 同时将 GSM 信号发生器输出 1 个 8 PSK 调制的载波信号,中心载波设置在有效工作频带的中心频点上；
- d) 设置直放站增益为最大；
- e) GSM 信号发生器的电平设置为 L_{inmax} ,使直放站输出功率达到最大值；
- f) 按表 5 设置频谱分析仪测量带宽,检波方式为 RMS 检波；
- g) 采用频谱分析仪分别读出各个频段范围内的杂散发射功率电平。

7.2.13.3 带外杂散发射

检验方法如下：

- a) 按图 2 所示连接测试系统；
- b) 关闭反向链路(测量前向输出功率)或关闭前向链路(测量反向输出功率)；
- c) 同时将 GSM 信号发生器输出 3 个等幅 8 PSK 调制的载波信号,并将其分别设置在有效工作频带的高中低三个频点上；
- d) 按表 6、表 7 设置频谱分析仪测量带宽,检波方式为 RMS 检波；
- e) 设置直放站增益为最大；
- f) GSM 信号发生器的电平设置为 L_{inmax} ,使直放站输出功率达到最大值；
- g) 按表 6、表 7 中频段要求,采用频谱分析仪分别读出各个频段范围内的杂散发射功率电平。

注:高、低频点的选取应为工作频段内的最高、最低频点向工作频段内偏离 0.8 MHz 的频点。

7.2.14 噪声系数

7.2.14.1 单机测试

检验方法如下：

- a) 按图 7 虚线所示校准噪声测量系统；
- b) 远端站加电打开,关闭下行链路中的功率放大器；
- c) 调节被测直放站增益为最大增益；
- d) 关闭数字光纤直放站噪声抑制功能；
- e) 用噪声系数测量仪测试直放站高中低三个频点的噪声系数；
- f) 调节被测直放站增益为最大增益回退 15 dB；
- g) 用噪声系数测量仪测试直放站高中低三个频点的噪声系数。

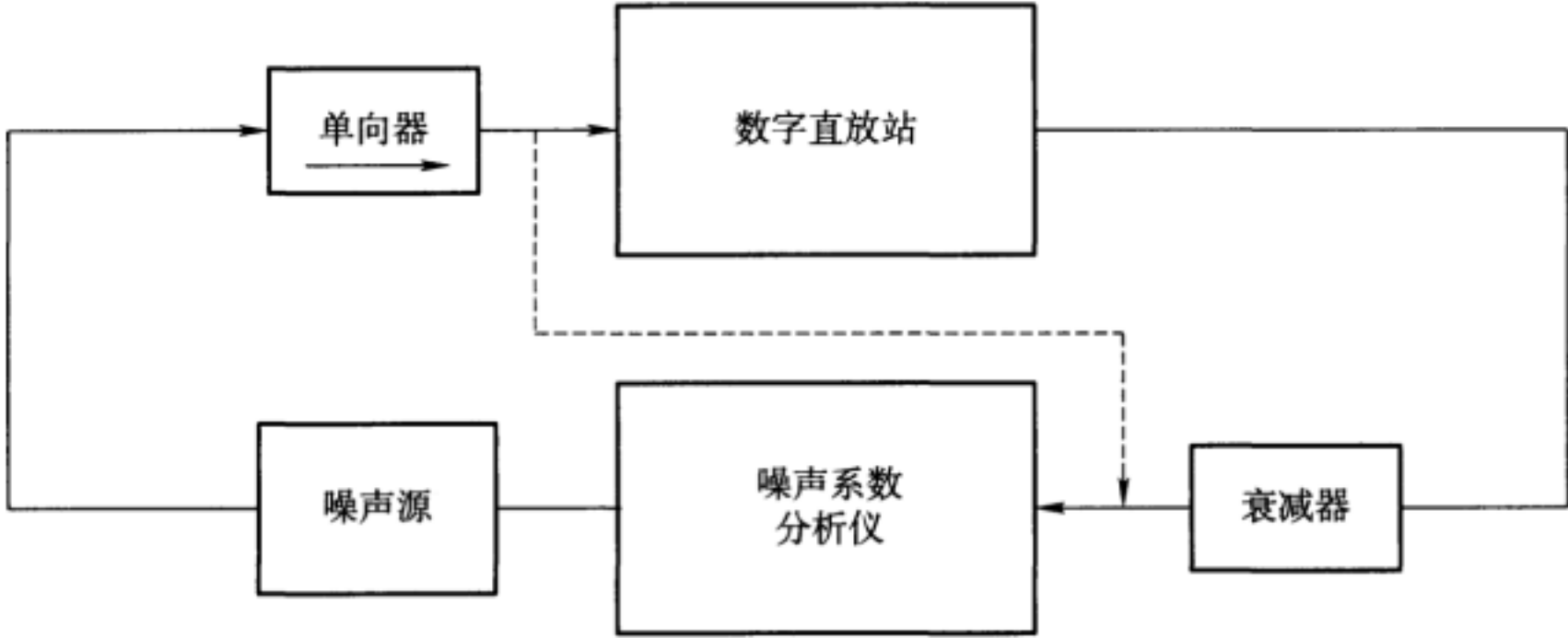


图 7 单机噪声系数测试连接图

7.2.14.2 链状连接测试

检验方法如下：

- a) 按图 8 虚线所示校准噪声测量系统；
- b) 按图 8 实线把所有远端站按照链状组网方式采用尾纤进行连接；
- c) 将链状组网的所有远端站加电打开,调节被测直放站增益为最大增益；
- d) 对采用手动预设工作信道的直放站设备,需将链状组网的所有直放站设置为共同分配的高中低 3 个信道载波频率上；
- e) 仅关闭需要测试的远端设备及相邻任意一台远端的噪声抑制功能,其他远端站打开噪声抑制功能并将其射频端口进行负载终接；
- f) 用噪声系数测量仪分别测试直放站近端上行输出端口高中低三个频点的噪声系数。

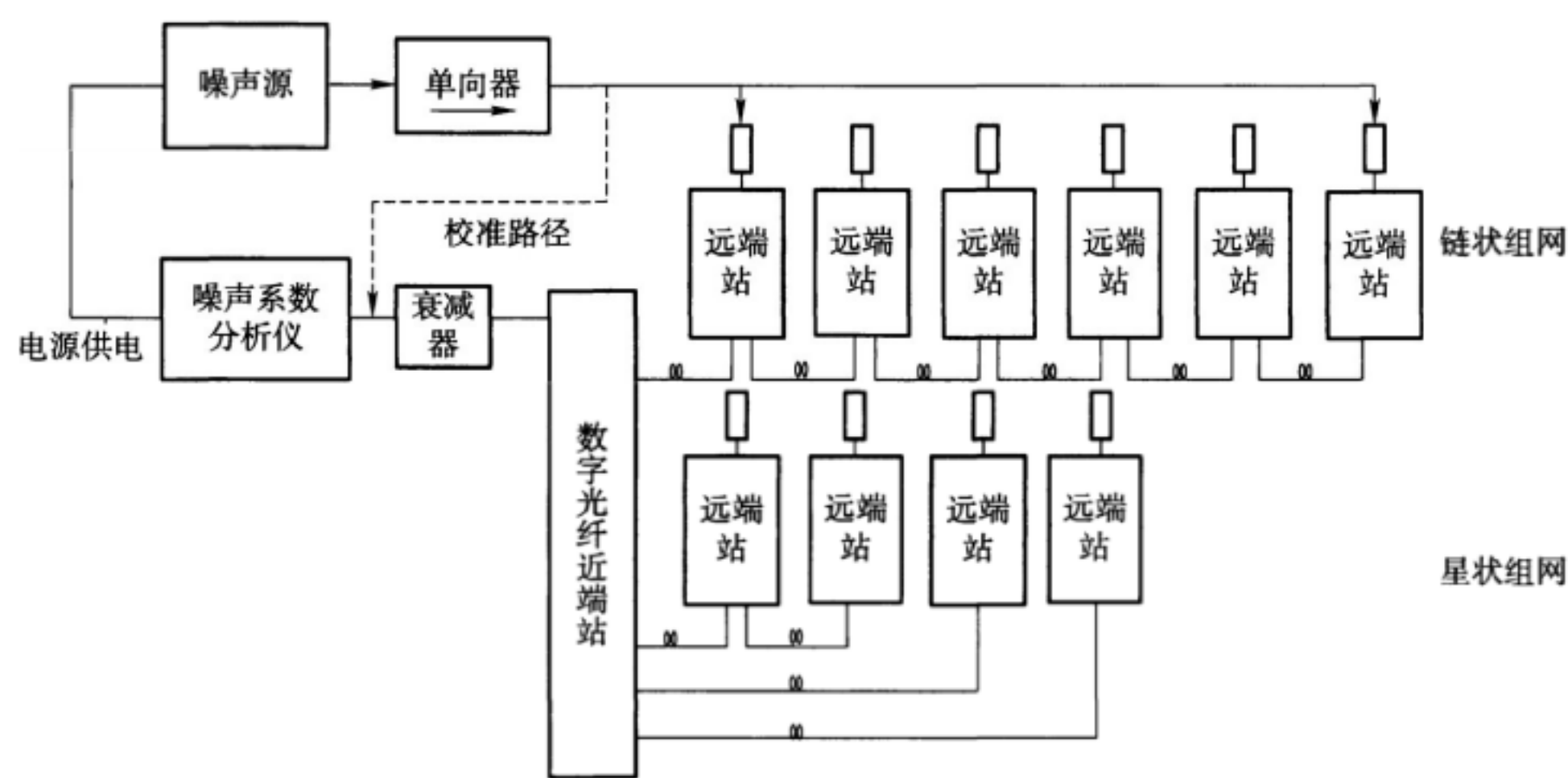


图 8 组网状态下的噪声系数测试连接图

7.2.14.3 星状组网连接测试

检验方法如下：

- a) 按图 8 虚线所示校准噪声测量系统；
- b) 按图 8 实线把所有远端站按照星状组网进行测试连接；
- c) 将同一支路的所有远端站设置为相同高中低 3 个信道载波频率上,将相邻一支路的远端站设置为间隔一个工作信道的频率点；
- d) 将所有支路的远端站加电打开,调节被测直放站增益为最大增益；
- e) 仅关闭需要测试的远端及相邻任意一条支路的第一级远端设备的噪声抑制功能,其他远端站打开噪声抑制功能；
- f) 用噪声系数测量仪分别测试数字光纤直放站系统近端上行输出端口高中低三个频点的噪声系数。

注:对于选频直放站,需要将被测直放站设置为低、中、高三个频点工作,其他每一独立支路的第一远端站的工作频点设置为与被测直放站间隔一个频点处工作。

7.2.15 传输时延及时延校正补偿精度

7.2.15.1 单机时延

检验方法如下：

- a) 按图 9 所示连接测试系统；

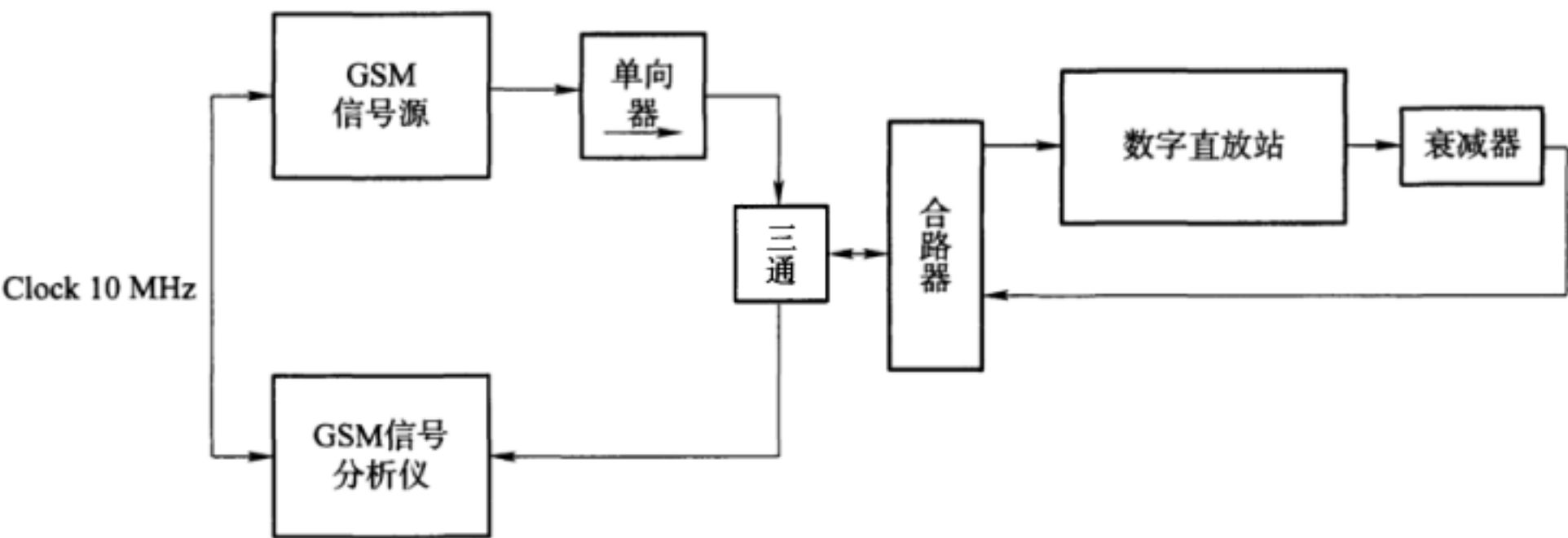


图9 单机时延测试连接图

- b) 将信号发生器输出为 GMSK 调制单时隙载波信号，工作信道调制在有效工作频率范围内的中心频率点上；
- c) 调整信号源输出电平为直放站最大输出功率时的输入电平回退 5 dB；
- d) 将直放站增益设置为最小；
- e) 频谱仪设置为时域模式,同时显示输入信号和经直放站放大后的输出信号时隙波形；
- f) 在频谱仪上测试出两个时隙波形之间的时间偏差为设备单机时延。

7.2.15.2 系统时延

检验方法如下：

- a) 按图 10 所示用尾纤将近端站与多个远端站按串接方式连接；

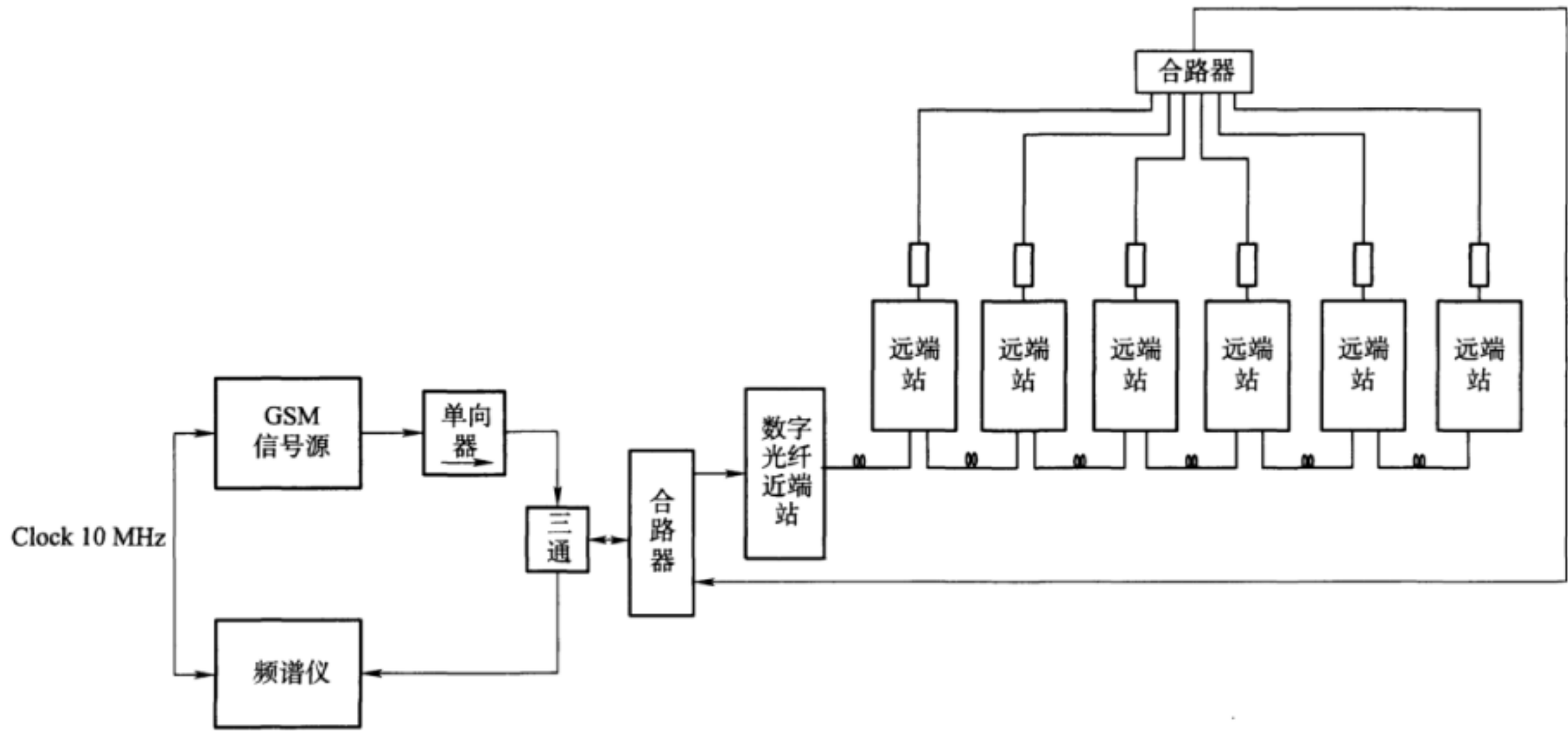


图10 系统时延测试连接图

- b) 将串接的所有远端站信道设置为同一载波频率工作状态；
- c) 将信号发生器输出为 GMSK 调制单时隙载波信号，工作信道调制在有效工作频率范围内的中心频率点上；
- d) 信号源输出电平设置为最大输出功率时的输入电平回退 5 dB；
- e) 设置所有的远端站增益为最小；
- f) 用频谱仪显示信号源和经最后一个远端站放大后的输出时隙波形；
- g) 在频谱仪上测试两个时隙波形之间的时间偏差为系统时延。

7.2.15.3 时延校正补偿精度

检验方法如下：

- a) 按图 10 所示组成测试系统,采用光纤距离为 5 km、10 km、20 km 等光纤模拟器串接每一个远端设备；
- b) 将串接的所有远端站设置为同一载波频率工作状态；
- c) 将信号源输出电平设置为最大输出功率时的输入电平回退 5 dB；
- d) 将信号发生器设置为该工作频率范围内的中心频率,并设置为 GMSK 单时隙信号；
- e) 设置每一个数字光纤直放站增益为最小；
- f) 开机后,设备进行时延校正；
- g) 将模拟最远的远端站所测时延与其他远端站时延进行比对,取其最大差值为时延校正补偿精度。

7.2.16 带内载波泄漏抑制

检验方法如下：

- a) 按图 3 所示连接测试系统；
- b) 关闭反向链路(测量前向输出功率)或关闭前向链路(测量反向输出功率)；
- c) 设置直放站增益为最大；
- d) 将信号发生器设置为 GSM 信号,电平设置为 L_{inmax} ,使直放站输出达到最大值；
- e) 信号发生器设置载波频率以 1 MHz 为间隔,从工作频带范围内的 GSM 指配起始频率至终止频率；
- f) 用频谱分析仪测量载波落到带内的谐波分量数值,其数值与有用信号相比应符合其指标要求。

7.2.17 阻 塞

检验方法如下：

- a) 按图 11 进行连接；
- b) 设置直放站为下行长开或上行长开状态；
- c) 设置 GSM 信号发生器的输出信号电平,使得直放站的有用信号输出为最大输出功率回退 10 dB,计算增益数值 G_1 ；
- d) 打开干扰信号发生器,按照表 8、表 9 中的频段和电平要求进行设置；
- e) 用 GSM 分析仪测量直放站射频输出端口的有用信号输出功率电平,计算增益数值 G_2 ；
- f) $G_1 - G_2$ 差值和 EVM 应符合指标要求。

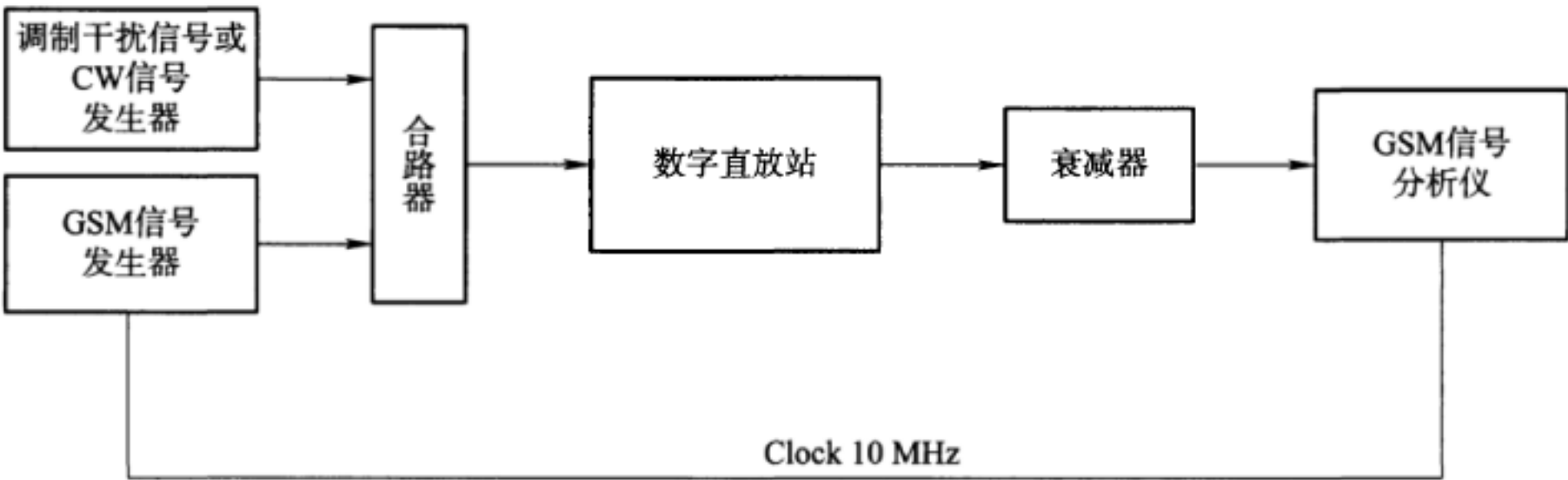


图 11 阻塞测试连接图

7.2.18 上行噪声抑制比及抑制门限

7.2.18.1 上行噪声抑制功能

检验方法如下：

- a) 按图 12 所示连接测试；
- b) 关闭前向链路(测量反向输出功率)；
- c) 设置并确认数字光纤直放站增益为最大增益；关闭 NCS 噪声抑制功能，将频谱仪分辨率带宽 RBW 设置为 30 kHz，在近端机射频端口读取此时的背景底噪数值 $-124\text{ dBm}/30\text{ kHz} + G$ 实测；
- d) 启动噪声抑制功能，用频谱仪观察底噪变化，读取此时的背景底噪数值。
关闭和开启噪声抑制功能时的底噪之差即为噪声抑制能力。



图 12 上行噪声抑制测试连接图

7.2.18.2 底噪抑制门限调整范围及调整步长

检验方法如下：

- a) 将数字光纤直放站的底噪抑制门限设置为最低，开启噪声抑制功能；
- b) 调整单时隙 GSM 信号的输出电平直至噪声抑制门限点；
- c) 将频谱仪分辨率带宽 RBW 设置为 30 kHz，观察并记录临界启动噪声抑制功能前输出功率数值；
- d) 将数字光纤直放站的底噪抑制门限设置为最高；
- e) 调整单时隙 GSM 信号的输出电平直至噪声抑制门限点；
- f) 用频谱仪观察并记录临界启动噪声抑制功能前输出功率数值；
- g) 调整范围即为最大启动噪声抑制门限与最小启动噪声抑制门限前输出功率之差；
- h) 将直放站噪声抑制门限调整为 -90 dBm ；
- i) 调整信源单时隙 GSM 信号的输出电平直至噪声抑制门限点；
- j) 将噪声抑制门限减低 1 挡；
- k) 再次调整信源单时隙 GSM 信号的输出电平直至噪声抑制门限点；
- l) 用频谱仪记录 GSM 输入信号减低的相对数值，即为噪声门限调整步长。

7.2.18.3 不同载波不同时隙分别控制功能

检验方法如下：

- a) 打开直放站噪声抑制功能，选择直放站的某一载波信道，测试未加信源时直放站上行链路射频输出端口的噪声输出功率；
- b) 在间隔 1 MHz 信道上，用信号源输入大于门限的单时隙 GSM 载波信号，使该载波信号输出时隙期间不被抑制；
- c) 在原有的载波信道上，用频谱仪观察其信道同时隙的噪声电平输出变化情况，应符合与原有噪声抑制后的输出电平偏差 $\pm 3\text{ dB}$ 之内即判定为不受其他载波控制影响。

7.2.19 射频输入动态范围

检验方法如下：

- a) 按图 2 所示连接测试系统；
- b) 将噪声抑制功能的启动门限设置为最低，当启动门限无法调整时，可关闭抑制功能；
- c) 关闭反向链路(测量前向输出功率)或关闭前向链路(测量反向输出功率)；
- d) 将信号发生器输出的全时隙 8 PSK 调制信号设置为该直放站工作频率范围内的中心频率点；

- e) 设置直放站增益为最大增益；
- f) 调整信号源输出电平至最大额定输入电平增加 5 dB,测试此时的 EVM 数值；
- g) 降低信号源的输出电平 40 dB 或降至 -90 dBm 以下,当 EVM 为 6% 时回退 1 dB,记录此时信号源输出的电平值；
- h) 记录输入范围:最大输出功率时的输入电平 +5 dB 至 EVM 为 6% 情况下回退 1 dB 时的电平变化范围。

7.3 光纤中继性能指标测量方法

7.3.1 光输出功率

检验方法如下：

- a) 按图 13 所示连接测试系统；

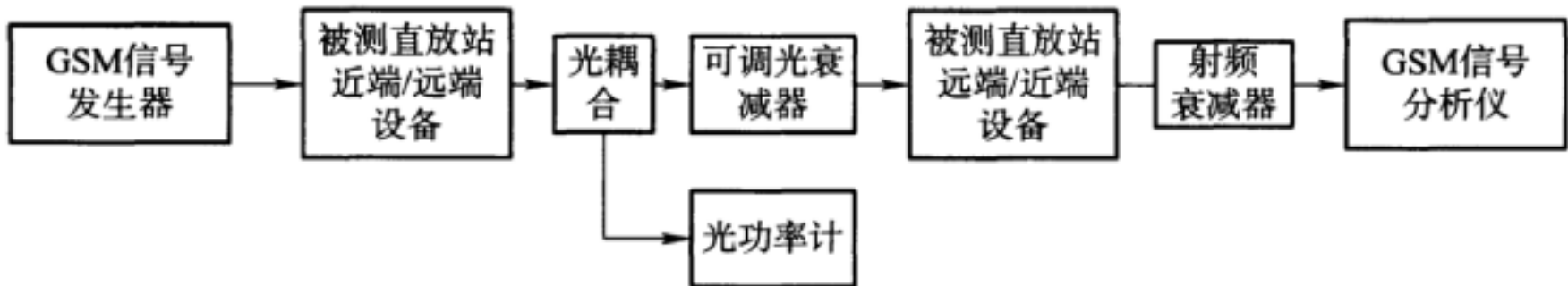


图 13 光特性要求测试连接图

- b) 将被测数字光纤直放站增益调到最大,光可变衰减器设为 0 dB 或旁路状态；
- c) 调 GSM 信号发生器频率到被测设备的信道中心频率点,电平调到使系统达到额定最大输出功率电平；
- d) 在近端站(或远端站)光路输出口耦合端上接光功率计,记录光输出功率。

7.3.2 光路动态范围

检验方法如下：

- a) 按图 13 所示连接测试系统；
- b) 将被测设备增益调到最大；
- c) 调 GSM 信号发生器频率到被测设备的信道中心频率点,调整其输入电平使系统达到最大输出功率电平；
- d) 改变光可变衰减器,观测射频输出功率和 EVM,直至功率超出厂家额定功率 ±2 dB 或 EVM 超出 6% ,回退 1 dB 光衰减器,记录此时系统光可变衰减器的变化范围应符合指标要求。

7.4 网络功能和性能指标测量方法

7.4.1 组网及承载能力

检验方法如下：

- a) 将测试系统按图 14 所示混合模式组网情况搭接测试系统,其网络连接模式为 2 条星状支路,其中支路按 2 级远端环形组网方式。
- b) 将第 1 组支路配置 3 个载波,载波频率间隔为 1 MHz,载波时隙配置为不同编号的单时隙,见表 14。
- c) 将第 2 组支路配置 4 个单时隙(见模式 1)的 8 PSK 调制载波信号,见表 15。
- d) 光缆距离设置方式见表 16。
- e) 将所有远端站开启,输出功率为直放站单个远端站最大输出功率回退 5 dB;增益设置为最小,启动噪声控制功能。
- f) 通过调度系统将第一支路按每一支路 3 个载波为一组进行配置,见表 14,第二个支路按共用 4 个载波信号发送至每个远端站接收射频天线端口见表 15。
- g) 将光纤连接线路按表 16 所示分别接至 10 km、5 km、20 km。

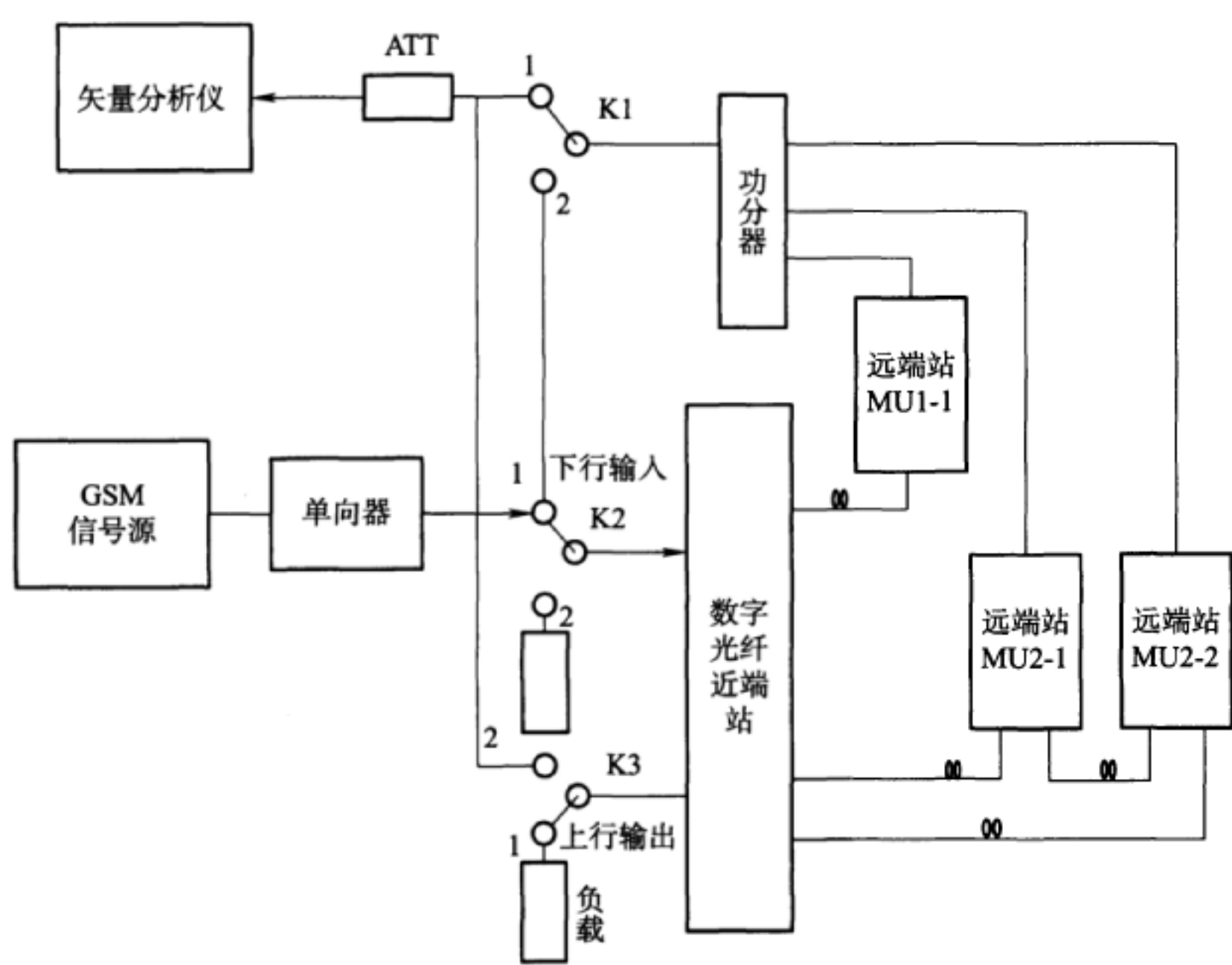


图 14 组网能力测试连接图

- h) 测试下行链路时,将图 14 中开关 K1、K2、K3 设置到 1 的位置,信号发生器产生模式 1 调制信号,接至近端站的下行输入端。
- i) 测试下行链路第一支路最近端和最远端的设备 EVM 和频率偏差即符合系统指标要求,当测试结果不能正常通信或不符合 EVM 和频率偏差要求时,应将测试系统中的末端光纤逐级变换成尾纤直至 EVM 和频率偏差符合要求。此时所测光纤拉远长度为最大实际可使用的光纤距离。
- j) 然后测试第二支路最远端设备的 EVM、频率偏差和增益。
- k) 测试上行链路时,将图中开关 K1、K2、K3 设置到 2 的位置,信号发生器产生模式 1 调制信号,依次接至远端站的上行输入端。
- l) 在极端站上行输出端口测试分别对应的各远端站 EVM 和频率偏差即符合系统指标要求,当测试结果不能正常通信或不符合 EVM 和频率偏差要求时,应将测试系统中的末端光纤逐级变换成尾纤直至 EVM 和频率偏差符合要求。此时所测光纤拉远长度为最大实际可使用的光纤距离。

表 14 远端站载波配置表

载波频率号	F1	F2	F3
时隙号	S1	S2	S3
注:格局实际情况确定频点。			

表 15 载波配置表

载波频率号	F1	F2	F3	F4
时隙号	S1	S2	S3	S4

表 16 近端站与远端站光纤距离配置表

距 离	MU ₁₋₁	MU ₂₋₁	MU ₂₋₂
近端站	10 km	5 km	13 km

7.4.2 光旁路及光环路功能

测试过程如下：

- 按图 14 所示组成测试系统,采用光纤模拟器串接每一个远端设备,使远端距离近端的光纤长度为 5 km、10 km、13 km,将最远端设备用 5 km 光纤模拟器环回；
- 将所有远端站开启,增益设置为最小,所有远端均设置 4 载波,启动噪声控制功能；
- 将信号发生器产生 8 PSK 全时隙信号；
- 测试此时最远端设备的 EVM 和增益应符合指标要求；
- 关闭任意中间远端站,最远端设备测试的 EVM 和增益应符合指标要求。

7.4.3 载波自动跟踪

测试过程如下：

- 按图 12 所示连接测试；
- 修改 GSM 信号源频点,并开始计时；
- 观察频谱仪,当数字光纤直放站输出信号频点自动跟踪与 GSM 信号源相同时,及时停止；
- 反复测试 10 次,统计载波自动跟踪时间。

7.4.4 时延自动调整

测试过程如下：

- 按图 14 所示链形组网方式连接测试系统；
- 断开 5 km 环回链路；
- 设备开机后,自动完成时延校正,利用 GSM-R 测试终端读取每个远端站的 TA 值；
- 恢复 5 km 环回链路；
- 断开主用链路,开始计时；
- 利用 GSM-R 测试终端测试每个远端站的 TA 值,记录每个远端站完成延时自动调整所需的时间。

7.5 电源适应性

7.5.1 电源电压变高试验

在电源电压为 AC 264 V 或 DC -57.6 V 时测量系统频率误差及矢量幅度误差(EVM)、最大输出功率、带外抑制,均应符合技术要求。

7.5.2 电源电压变低试验

在电源电压为 AC 176 V 或 DC -38.4 V 时测量系统频率误差及矢量幅度误差(EVM)、最大输出功率、带外抑制,均应符合技术要求。

7.6 环境试验

按照 GB/T 15844.2—1995《移动通信调频无线电话机环境要求和试验方法》的规定执行。

7.6.1 低温试验

检验方法如下：

- 将正常配置的直放站系统不加电放置环境试验室里以 1 ℃/min 速度降温,直至设备最低工作温度,稳定后保持 4 h,对直放站加电,按 7.2.1、7.2.6、7.2.7、7.2.11、7.2.14 中规定的方法进行测量；
- 恢复常温并稳定 4 h 后,再进行同样项目的指标恢复情况测试。

7.6.2 高温试验

检验方法如下：

- 将正常配置的直放站系统放置环境试验室里以 1 ℃/min 速度升温,直至设备最高工作温度,稳定后保持 4 h,按 7.2.1、7.2.6、7.2.7、7.2.11、7.2.14 中规定的方法进行测量；
- 恢复常温并稳定 2 h 后,再进行同样项目的测试。

7.6.3 恒定湿热试验

检验方法如下：

- a) 将正常配置的直放站系统放置环境试验室里以 1℃/min 速度升温,直至(40±2)℃,再加湿至(95⁺²₋₃)%,稳定后保持 2 d,按 7.2.1、7.2.6、7.2.7、7.2.11、7.2.14 中规定的方法进行测量；
- b) 恢复常温并稳定 6 h 后,再进行同样项目的测试。

7.6.4 振动试验

检验方法如下：

- a) 振动频率范围和幅值的选取：
 - 1) 近端机:10 Hz~30 Hz,0.38 mm;30 Hz~55 Hz,0.19 mm；
 - 2) 远端机:10 Hz~30 Hz,0.75 mm;30 Hz~55 Hz,0.25 mm。
- b) 按照设备实际安装方式固定到振动台上。
- c) 振动方向:垂直方向。
- d) 试验时间:3 个循环,扫频速率 1 oct/min,如发现共振点,在共振点进行 10 min 耐振试验。
- e) 最后检测:按照 7.2.1、7.2.3、7.2.9 规定的方法进行测量。

7.6.5 冲击试验

检验方法如下：

- a) 采用半正弦波脉冲；
- b) 按照设备实际安装方式固定到冲击台上；
- c) 冲击等级 6g；
- d) 对设备垂直正反方向各连续施加 3 次冲击,共 6 次冲击；
- e) 最后检测:按照 7.2.1、7.2.3、7.2.9 规定的方法进行测量。

7.7 可靠性要求

7.7.1 电源模块冗余切换

检验方法如下：

- a) 按图 15 所示连接测试系统；

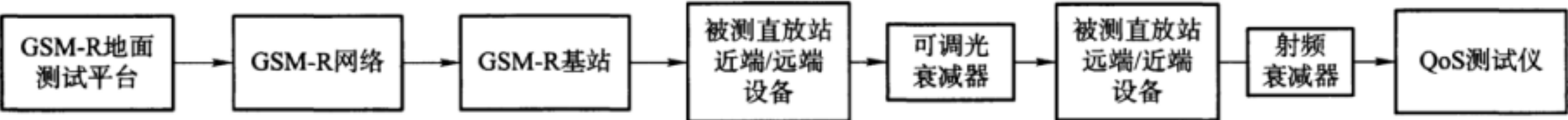


图 15 可靠性要求测试连接图

- b) QoS 测试仪中的 GSM-R 测试模块通过衰减器与直放站远端机连接,调整射频衰减器,测试模块的接收电平 RxLev 不小于 -60 dBm；
- c) QoS 测试仪与 GSM-R 地面测试平台之间建立 CSD 连接,并启动传输干扰率测试；
- d) 交替关断单路电源模块,共测试 10 次,统计算数平均值。

7.7.2 光模块冗余切换

检验方法如下：

- a) 按图 15 所示连接测试系统；
- b) QoS 测试仪中的 GSM-R 测试模块通过衰减器与直放站远端机连接,调整射频衰减器,测试模块的接收电平 RxLev 不小于 -60 dBm；
- c) QoS 测试仪与 GSM-R 地面测试平台之间建立 CSD 连接,并启动传输干扰率测试；
- d) 交替关断单路光模块,共测试 10 次,统计算数平均值。

7.7.3 功放冗余切换

检验方法如下：

- a) 按图 15 所示连接测试系统；
- b) QoS 测试仪中的 GSM-R 测试模块通过衰减器与直放站远端机连接,调整射频衰减器,测试模块的接收电平 RxLev 不小于 -60 dBm；
- c) QoS 测试仪与 GSM-R 地面测试平台之间建立 CSD 连接,并启动传输干扰率测试；
- d) 交替关断单路功放模块,共测试 10 次,统计算术平均值。

7.8 安全要求

7.8.1 接地导体电阻和连接电阻

7.8.1.1 接地导体电阻和连接电阻的要求和试验方法见 GB 4943.1—2011 中 2.6 的规定。

7.8.1.2 当被测电路的电流额定值小于或等于 16 A,试验电流、试验电压和试验时间应按如下确定：

- a) 试验电流为被测电路电流额定值的 1.5 倍；
- b) 试验电压不应超过 12 V；
- c) 试验时间为 60 s。

7.8.1.3 根据电压压降计算出的保护连接导体电阻不应超过 0.1 Ω 。

7.8.1.4 当被测电路的电流额定值超过 16 A,试验电流和试验时间应按如下确定：

- a) 2 倍的电路电流额定值进行 2 min；
- b) 对直流供电的设备由制造厂商规定。

7.8.1.5 保护连接导体的电压压降不应超过 2.5 V。

7.8.2 抗电强度

7.8.2.1 电源电路的抗电强度

电源电路的抗电强度的要求和试验方法见 GB 4943.1—2011 中 5.2 的规定。

试验电压应符合下列要求：

- a) 被测设备工作电压峰值或直流值不大于 184 V,对于有接地保护的被测设备试验电压为交流 1 000 V(50 Hz),或对于无接地保护的被测设备试验电压为交流 2 000 V(50 Hz)。
- b) 被测设备工作电压峰值或直流值为 184 V ~ 354 V(含 354 V),对于有接地保护的被测设备试验电压为交流 1 500 V(50 Hz),或对于无接地保护的被测设备试验电压为交流 3 000 V(50 Hz)。
- c) 试验期间,被测设备的绝缘不应击穿。
- d) 试验电压施加点按下列适用情况选取：
 - 1) 一次电路与机身之间；
 - 2) 一次电路与二次电路之间；
 - 3) 一次电路的零部件之间。

7.8.2.2 通信口的抗电强度

通信口的抗电强度应符合下列要求：

- a) 通信口的抗电强度的要求和试验方法见 GB 4943.1—2011 第 6 章的规定。
- b) 稳态试验电压与试验施加点如下确定：
 - 1) 在正常使用中,对于设备上需要抓握或接触的不接地的导电零部件和非导电零部件(例如电话的受话器或键盘),应在这些零部件与通信口之间施加交流 1 500 V(50 Hz)的试验电压；
 - 2) 对于其他零部件和电路以及与其他设备相连接的接口,应在这些零部件、接口与通信口之间施加交流 1 000 V(50 Hz)的试验电压。
- c) 试验期间,被测设备的绝缘不应击穿。

7.8.3 接触电流

7.8.3.1 电源电路的接触电流

电源电路的接触电流应符合下列要求：

- a) 电源电路的接触电流的要求和试验方法见 GB 4943.1—2011 中 5.1 的规定。
- b) 最大接触电流不应大于 3.5 mA(r. m. s)。

7.8.3.2 通信口的接触电流

通信口的接触电流应符合下列要求：

- a) 通信口的接触电流的要求和试验方法见 GB 4943.1—2011 中 5.1 的规定。
- b) 每个通信口与其他零部件之间的最大接触电流不应大于 0.25 mA(r. m. s)。

附录 A
(资料性附录)
近端机和远端机组网方式

近端机与远端机设备之间应支持星型、链型、菊花链、环型、混合连接、交织冗余覆盖等连接方式。采用星型、链型、菊花链组网方式时,要求近段及与远端机之间支持双光纤冗余连接。连接方式可参考图 A. 1、图 A. 2、图 A. 3、图 A. 4、图 A. 5 和图 A. 6。

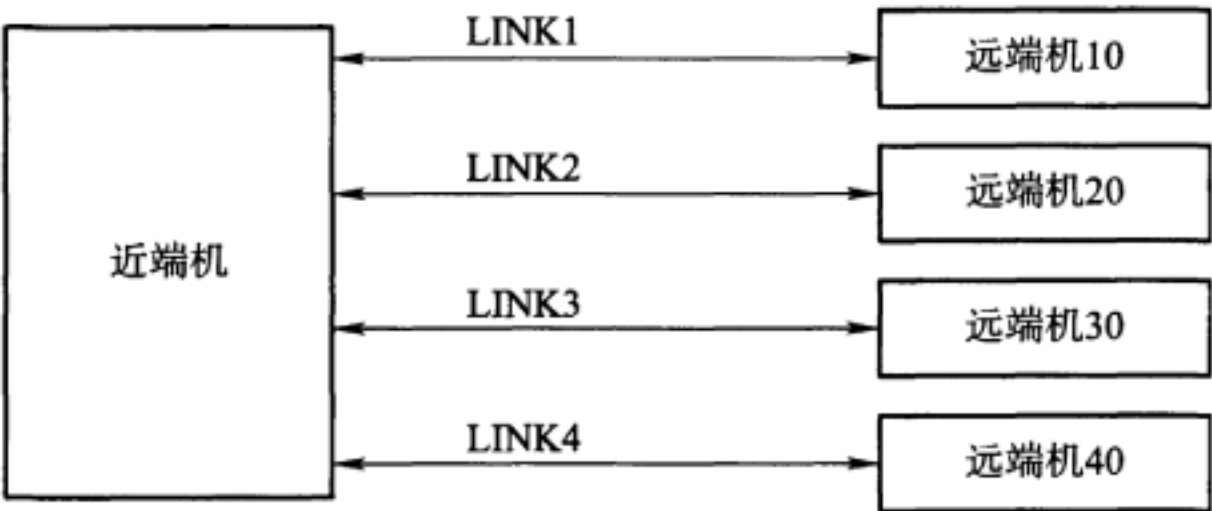


图 A. 1 星型连接示意图

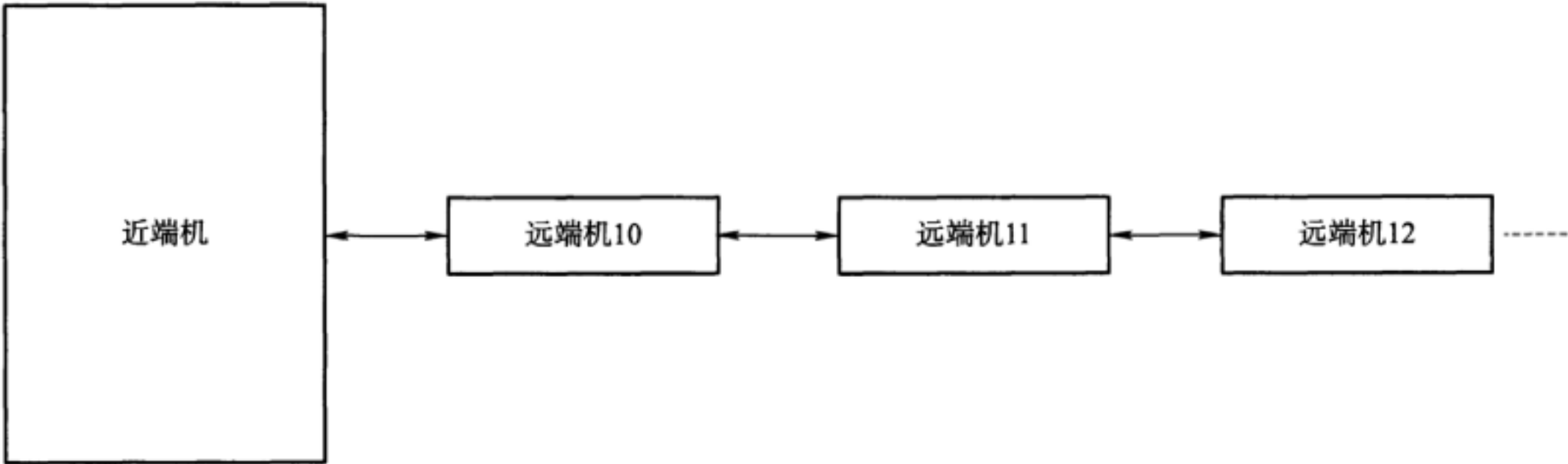


图 A. 2 链型连接示意图

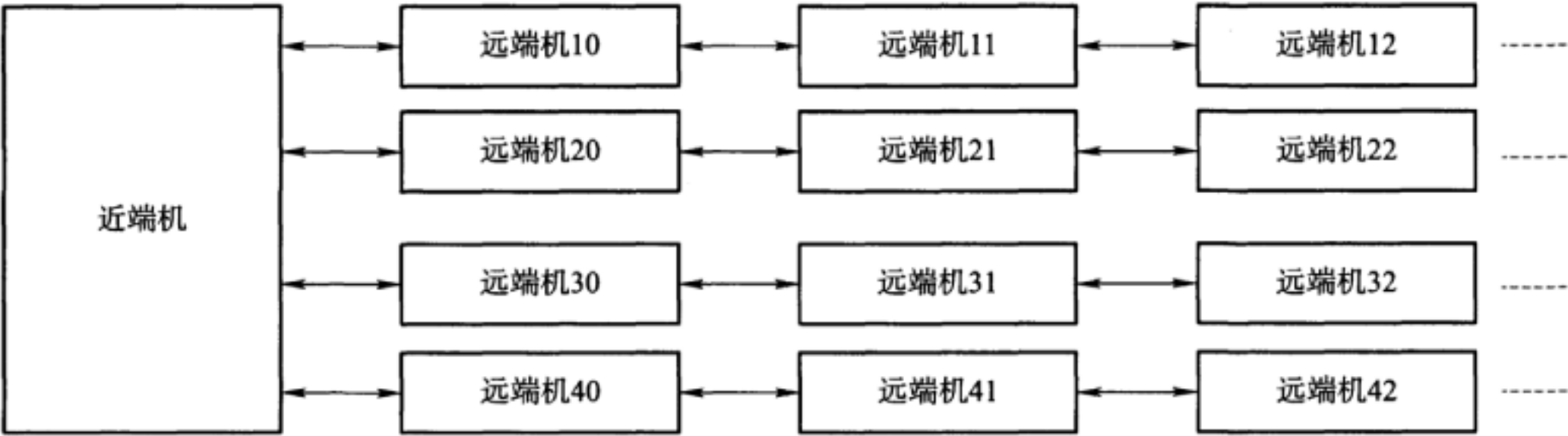


图 A. 3 菊花链连接示意图

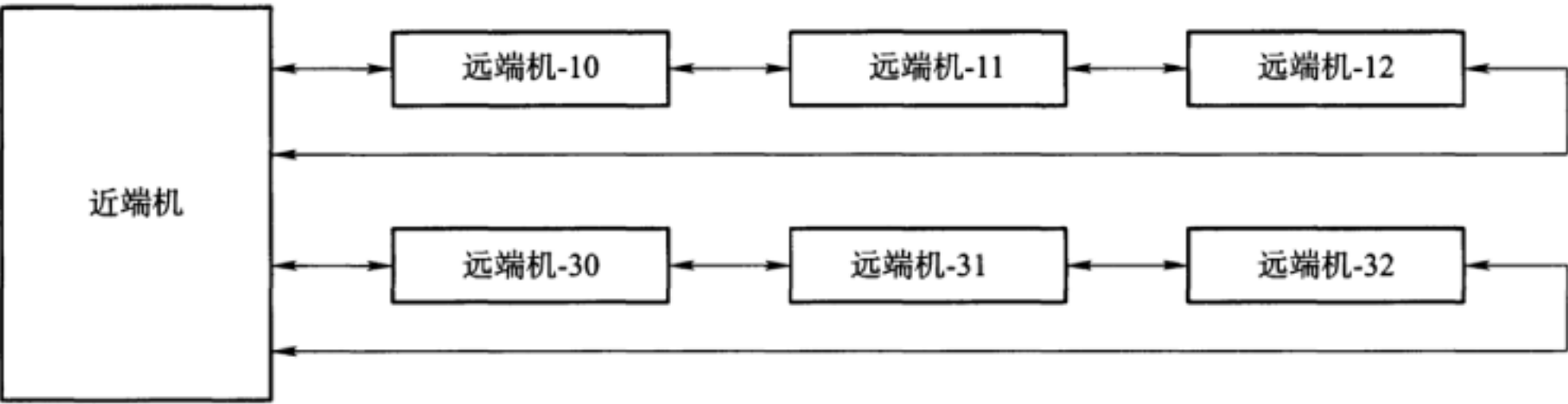


图 A. 4 环型连接示意图

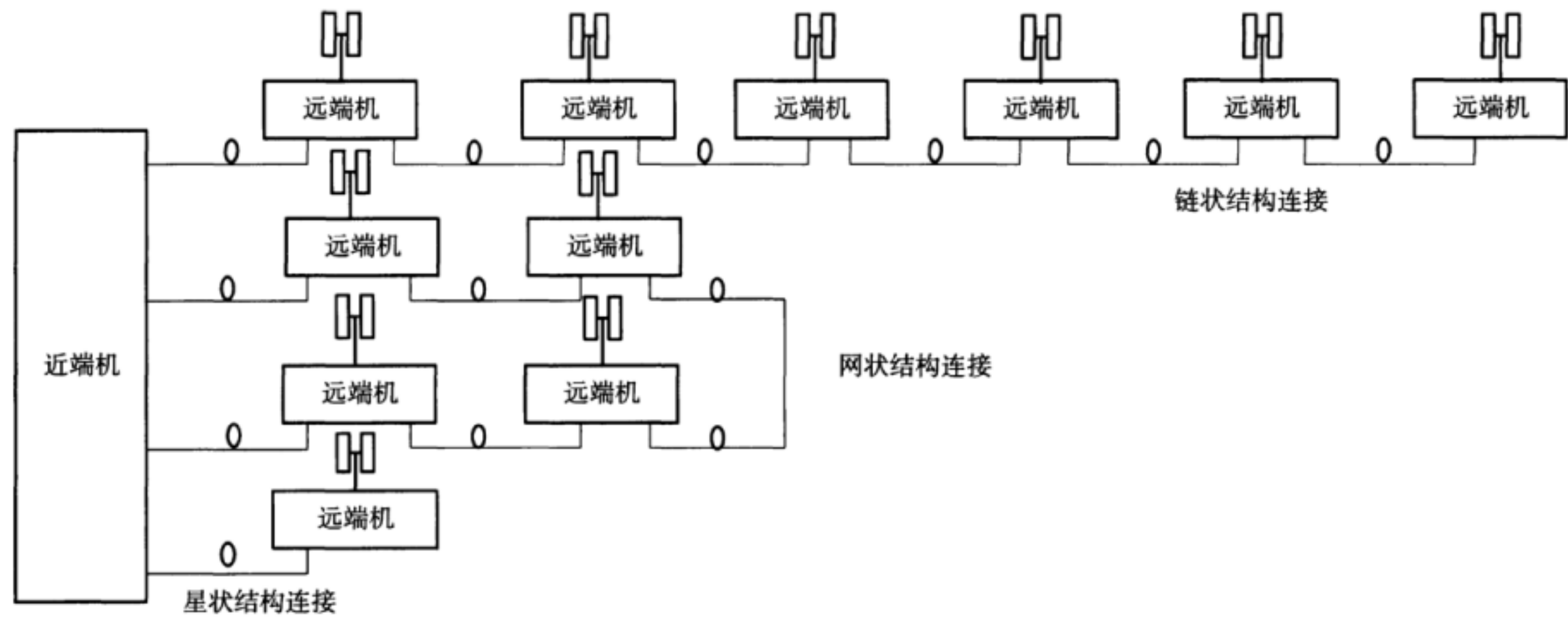


图 A. 5 混合型连接示意图

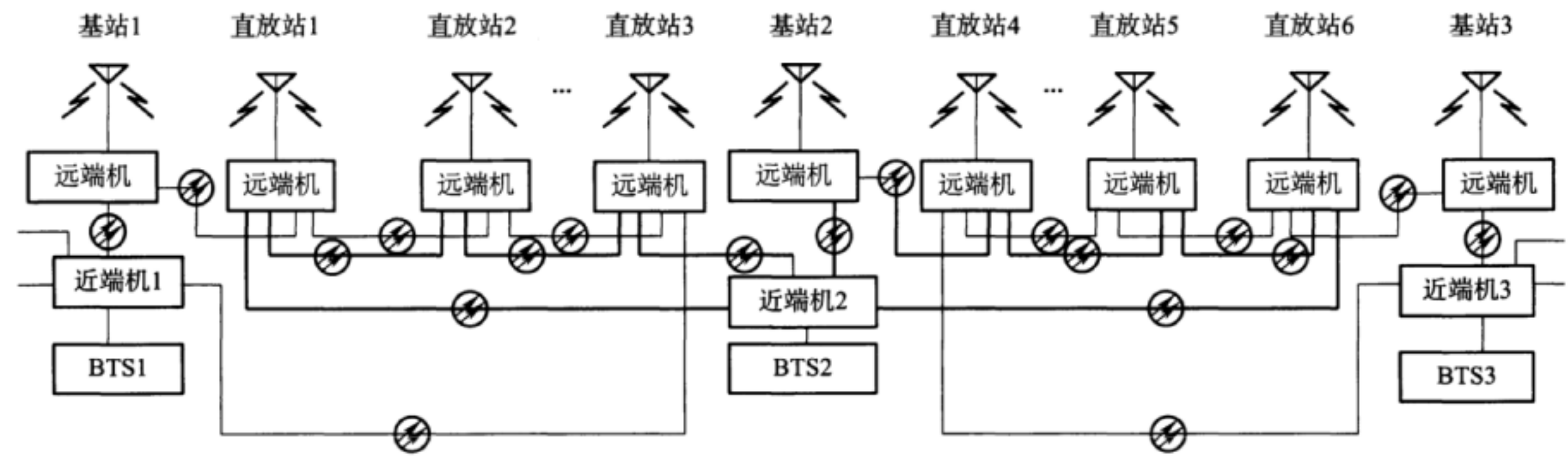


图 A. 6 交织冗余覆盖连接示意图

附 录 B
(规范性附录)
测试设备要求

B.1 GSM 信号发生器

GSM 信号发生器技术指标应符合下列要求:

- a) 频率范围:800 MHz ~ 1 000 MHz;
- b) 频率准确度:优于 $\pm 5 \times 10^{-8}$;
- c) 输出范围: -120 dBm ~ +10 dBm;
- d) 输出电平准确度: ± 1 dB;
- e) 能输出 CW 信号、标准的 GSM(GMSK、8 PSK)信号;
- f) GMSK 调制相位误差不大于 5° RMS 和 20° peak;
- g) 8 PSK 矢量幅度误差不大于 2% (均方根)。

B.2 GSM 信号分析仪

GSM 信号分析仪技术指标应符合下列要求:

- a) 频率范围:800 MHz ~ 1 000 MHz;
- b) 频率测量准确度:优于 $\pm 1 \times 10^{-8}$;
- c) 功率测量范围及准确度: -20 dBm ~ +50 dBm, ± 0.5 dB;
- d) 可以测量和分析相位误差、矢量幅度误差、平均频率误差、功率时间包络和邻道频谱。

B.3 射频信号发生器

信号发生器技术指标应符合下列要求:

- a) 频率范围:800 MHz ~ 1 000 MHz;
- b) 频率准确度: $\pm 5 \times 10^{-8}$;
- c) 输出范围: -120 dBm ~ +10 dBm;
- d) 输出电平准确度: ± 1 dB。

B.4 功率计

功率计技术指标应符合下列要求:

- a) 频率范围:10 MHz ~ 1 000 MHz;
- b) 功率测量范围及准确度: -20 dBm ~ +50 dBm, ± 0.3 dB。

B.5 频谱分析仪

频谱分析仪技术指标应符合下列要求:

- a) 频率范围:9 kHz ~ 18 000 MHz;
- b) 电平测量范围及误差: -110 dBm ~ +30 dBm, ± 2 dB。

B.6 网络分析仪

网络分析仪技术指标应符合下列要求:

- a) 频率范围:10 MHz ~ 2 000 MHz;
- b) 传输测量:可测幅度和相位(时延);
- c) 反射测量:0 dB ~ 40 dB。

B.7 噪声系数测试仪

噪声系数测试仪技术指标应符合下列要求:

- a) 频率范围:10 MHz ~ 2 000 MHz;

- b) 噪声系数测量:0 dB ~ 30 dB, ± 0.5 dB。
- B. 8 QoS 指标测试仪**
- QoS 指标测试仪技术指标应符合下列要求:
- a) 接收灵敏度: -104 dBm;
 - b) 发射功率:8 W;
 - c) 测试指标:CSD 传输干扰率。

- B. 9 功率衰减器**
- 功率衰减器技术指标应符合下列要求:
- a) 频率范围:0 Hz(DC) ~ 18 000 MHz;
 - b) 衰减:30 dB ± 0.3 dB;
 - c) 功率额定值:50 W。

- B. 10 可变衰减器**
- 可变衰减器技术指标应符合下列要求:
- a) 频率范围:0 Hz(DC) ~ 18 000 MHz;
 - b) 衰减范围:0 dB ~ 71 dB。

- B. 11 功分器/合路器**
- 功分器/合路器技术指标应符合下列要求:
- a) 频率范围:0 Hz(DC) ~ 18 000 MHz;
 - b) 插损:6 dB ± 0.3 dB;
 - c) 跟踪误差: ± 0.3 dB。

- B. 12 单向器**
- 单向器技术指标应符合下列要求:
- a) 频率范围:800 MHz ~ 1 000 MHz;
 - b) 插损:0.3 dB ± 0.1 dB;
 - c) 反向隔离度:不小于 20 dB。

- B. 13 耐压/绝缘测试仪**
- AC/DC 0 V ~ 3 000 V。

- B. 14 接地电阻测试仪**
- 1 m Ω ~ 0.2 Ω 。

- B. 15 接触电流测试仪**
- 0.01 mA ~ 10 mA。
-

中 华 人 民 共 和 国
铁道行业标准
铁路数字移动通信系统 (GSM-R) 数字光纤直放站
Digital optical repeater of
Global System for Mobile communications-Railway (GSM-R)
TB/T 3367—2016

*

中国铁道出版社出版、发行
(100054,北京市西城区右安门西街8号)
读者服务部电话:市电(010)51873174,路电(021)73174
中国铁道出版社印刷厂印刷
版权专有 侵权必究

*

开本:880 mm×1 230 mm 1/16 印张:2.5 字数:63 千字
2016年7月第1版 2016年7月第1次印刷

*



定 价: 25.00 元