

大容量微波天馈线系统安装调试工法

(TGJGF-03·04-69)

中国铁路通信信号集团公司上海工程公司

一、前言

SDH 数字微波通信具有传输容量大、频谱利用率高,通信质量好的特点,在电信、铁路和电力干线传输中广泛采用,前景广阔。微波通信的设备安装包含铁塔制造安装、室内设备安装和室外设备安装。室外设备安装调试主要指抛物面天线和馈线的吊装、调试,工作难度较大,技术要求高。针对微波通信抛物面天线安装和调试的特点,研究开发了本工法,成功地应用于北京至徐州 SDH 数字微波传输通信工程,取得了工程质量好、施工进度快的显著效果。

二、工法特点

根据天线对准时接收信号可达理论计算值的原理,采取循环往复调整两面天线相对方位角度的方法,高效、快速地完成天线间的方向对准调试。

三、适用范围

大容量微波通信工程的天馈线安装与调试。

四、工艺原理

相对的两面天线“绝对”对准,信号接收强度可达到最佳理论计算值。根据这个原理,采用扫频仪和频谱分析仪,在两站间(相隔 50km 左右)模拟真实信号的发射和接收,首先固定发射站天线方向,调整接收站天线方向,使频谱分析仪接收到的信号最强;然后固定接收站天线方向,调整发射站天线方向,使频谱分析仪接收到的信号最强……。循环往复调整两站天线相对方位,直至两面天线形成最佳对准方向,使实际接收到的信号强度达到理论计算值,使频谱分析仪接收的信号实际值与理论计算值相差不超过 3dB。

五、施工工艺

(一)工艺流程(见图 1)

(二)施工操作

1. 施工准备

(1)天馈线采用运输班组集中运输的方式,现场开箱搬运时着力点必须在微波天线的加固框架上。搬运过程中注意防止碰撞,避免摔坏或碰坏天线主反射面。

(2)安装好绞盘机或卷扬机和导向滑轮,穿上起吊钢丝绳,如图 2 所示。

(3)如果是拼装式天线,先将反射面拼装起来,将天线主反射面朝下平放在垫木上,按照天线说明书连接安装好固定架、方位调节杆,安装位置与铁塔上天线支架的位置和天线方位角一致。再安装馈源,馈源的极化方向与设计一致,做好馈源突出部位的吊装防护。

2. 天馈线吊装

(1)吊装的承力点选择在天线固定架上,将绞盘机或卷扬机微微收力,使天线置于起吊位置正下方,连接好两根牵引绳,起吊时两人分别在两侧牵引,使吊起的天馈线不摇不摆,不碰撞铁塔。

塔上作业人员、指挥员和所有操作人员就位,试通对讲机,确保塔上塔下通讯畅通。

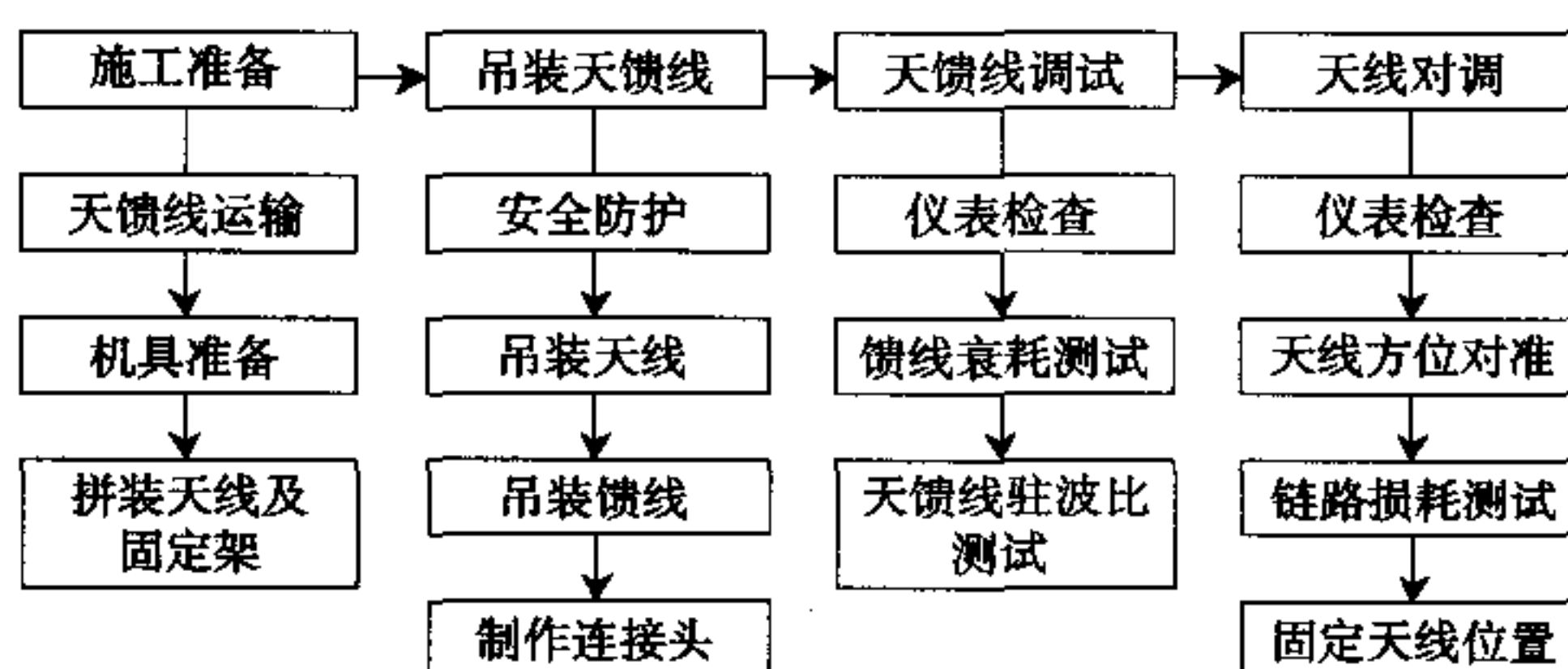


图 1 工艺流程

(2) 吊装天线时缓缓转动绞盘机或启动卷扬机, 天线即将离开地面时, 停止起吊。检查承力点是否合适, 如不合适, 及时调整。天线吊离地面后, 用两牵引绳控制天线平稳提升至塔上天线支架安装位置。在天线支架的抱杆顶部和天线固定架之间用手拉葫芦缓慢将天线就位, 粗略固定, 用罗盘仪定好大致方位后固定, 固定时水平和垂直方向要留有调整余量。

(3) 馈线吊装前, 先将馈线引上铁塔的一端做好法兰盘, 装好椭圆变换连接接头, 并用洁净塑料布包好, 馈线每隔 2~3m 用软绳绑系于吊装绳上。吊装时应缓慢、匀速起吊。塔上每 10m 左右有一人保护波导馈线不与铁塔碰撞, 到位后, 每隔 5m 左右临时加固。连接好波导上端椭圆变换与馈源, 加固后向下理顺, 按规定距离用波导卡子正式加固, 同时解除临时加固。

(4) 根据生产厂家的工艺规程制作椭圆波导法兰盘, 要求截口平整, 无损伤, 不变形, 波导口内无金属屑, 密封良好。

3. 天馈线调试

(1) 校准、备好矢量网络分析仪、定向耦合器、短路器, 接好仪表电源, 电源要稳定。塔上配合人员上塔到位。

(2) 馈线衰耗测试: 按图 3 连接好仪表, 在馈线的工作波段内适当选择四个测试频点, 接入被测馈线进行测量, 记录测量结果。测量结果须符合《微波接力通信馈线系统技术条件》(GB/T 9404—1999)。

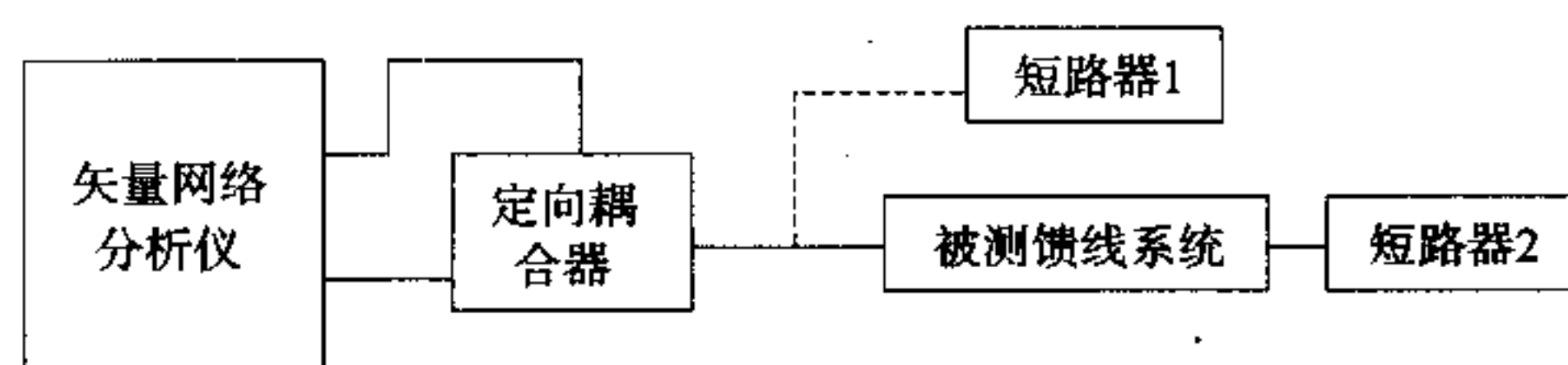


图3 馈线衰耗测试配置

(3) 天馈线驻波比测试: 按图 4 连接好仪表, 在天馈线的工作波段内适当选择四个测试频点, 接入被测天馈线系统进行测量, 记录测量结果。测量结果符合《微波接力通信馈线系统技术条件》。

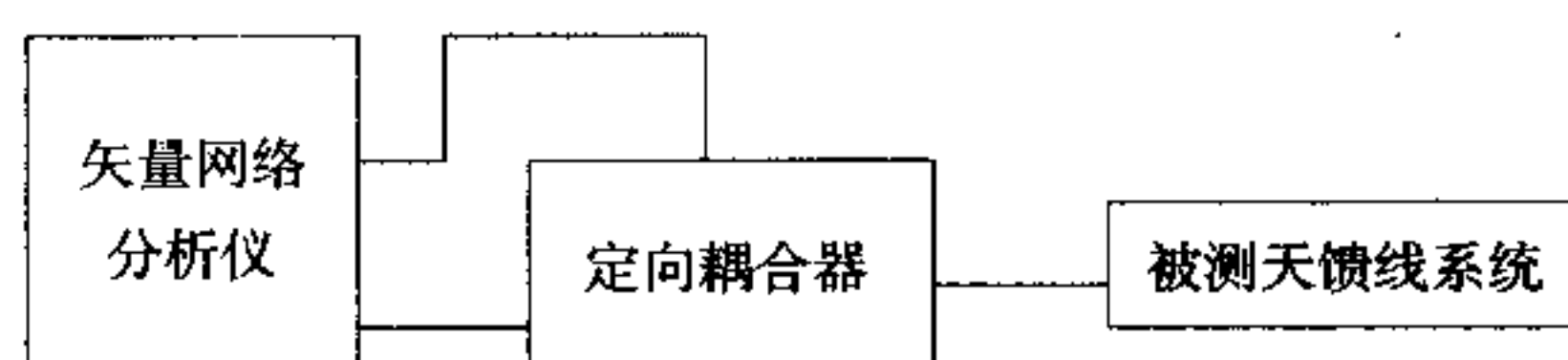


图4 天馈线系统驻波比的测试配置

4. 天线对调

(1) 准备好扫频仪、频谱分析仪, 接好仪表用电源, 电源要稳定。两站塔上操作人员上塔到位, 测试对讲机通信效果, 保证通信畅通。

(2) 天线方位对准。A、B 两站塔上操作人员及塔下配合人员使用罗盘仪在不同位置多次测量磁北及通信方位, 粗调微波天线, 使天线方位角符合施工设计要求。接通两站仪表电源。

A 站扫频仪发送 10dBm 的模拟信号, 观察 B 站频谱仪是否有信号显示。无论是否收到信号, A 站天线位置保持不动, 按水平和垂直方向调整 B 站天线, 直至收到信号且信号强度达到最大。然后, 保持 B 站天线位置固定不动, 按照以上方法调整 A 站天线, 直至 A 站收到信号且信号强度达到最大……。经过两站间如此反复调试, 使每次接收到的信号强度不断得到增大直至两面天线间的相对方位最终精确对准, 信号强度接近理论计算值。

(3) 微波链路损耗测试。两站天线精确对准后, 在天馈线的工作波段内适当选择四个测试频点, 测量微波链路损耗, 记录测试结果, 将结果与 A 站至 B 站间的微波链路理论值进行比对。四个测试频点的测试结果应保持频谱上的平坦, 没有凹陷; 损耗值与理论计算值相比不超过 3dB。

(4) 天线位置固定。当两面天线精确对准, 测试的微波链路衰耗和频谱特性符合要求, 即可将天线位置予以固定, 固定时须使用仪表实时监测, 以防止在固定的过程中天线位置发生偏离。

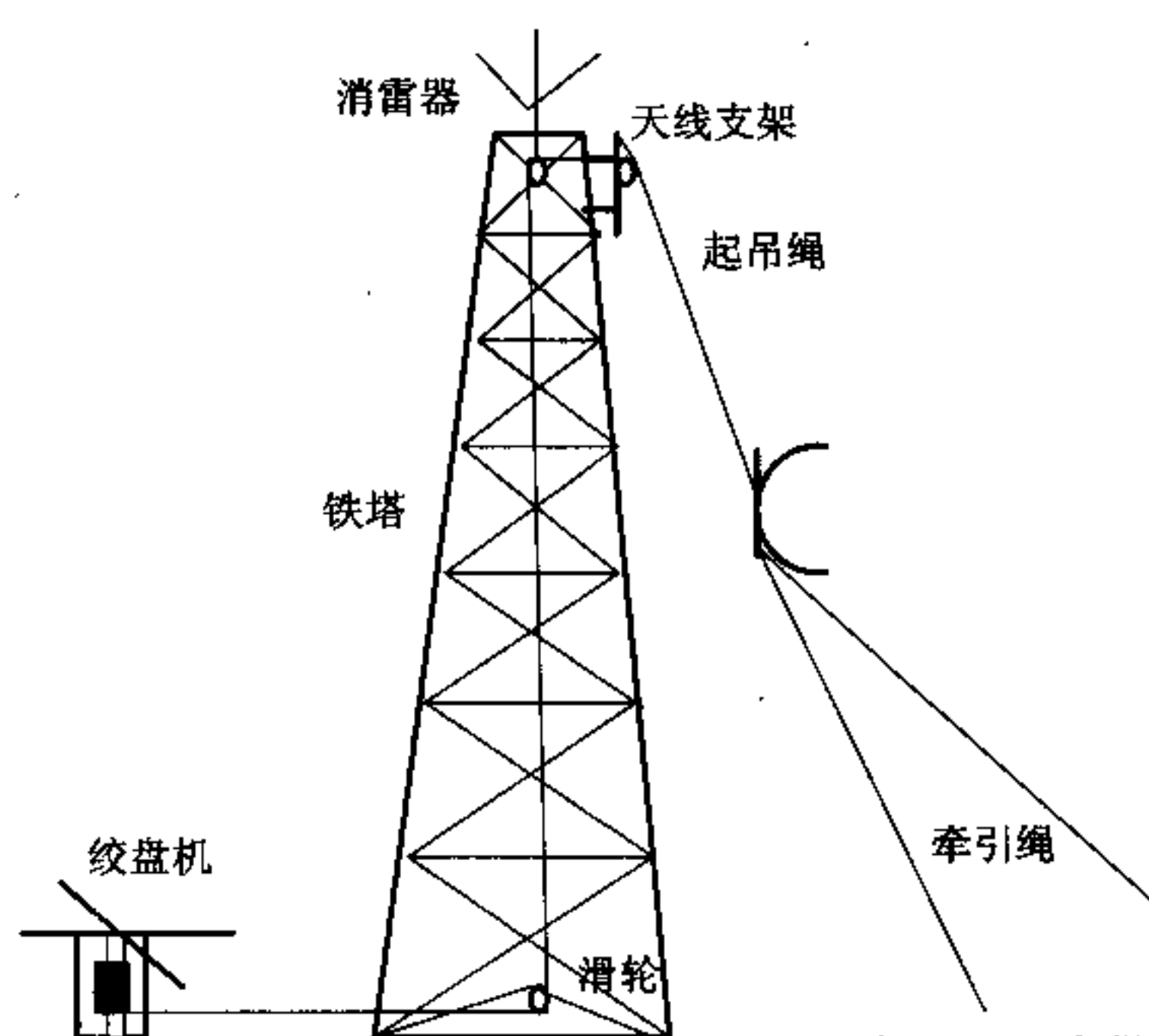


图2 天线吊装

六、机具设备(见表1)

表1 机具设备

序号	名 称	单位	数量	主 要 用 途
1	20kN 绞盘机(或卷扬机)	台	1	为起吊提供动力
2	钢丝绳	m	200	与绞盘机(或卷扬机)配套
3	粗麻绳	m	200	揽风绳
4	15kN 滑轮	只	6	固定绞盘机(或卷扬机)和为起吊提供承载
5	15kN 手拉葫芦	只	2	天线最后定位
6	管子钳	把	1	制作波导接头
7	扳手	把	4	固定天线
8	钢锯	把	2	制作波导接头
9	平滑刀	把	2	制作波导接头
10	万用表	台	2	测试
11	罗盘仪	台	1	天线粗调
12	矢量网络分析仪	台	1	天馈线测试
13	扫频仪	台	1	天馈线测试
14	频谱分析仪	台	1	天馈线测试
15	无线对讲机	台	6	安装和调试通信

七、劳动组织(见表2)

施工组织分安装和调试两步实施。安装阶段一个组,调试阶段分两个组。

表2 劳动组织

序号	工作内容	人数	备注
1	工长	1	现场指挥
2	塔上操作	4	设备安装
3	牵引绳操作	2	设备安装
4	塔下配合	2	设备安装
5	操作绞盘	4~6	调试
6	塔上操作	2~3	调试
7	操作仪表	1	调试
8	记录	1	调试
9	通信协调	1	调试
10	司机	1	

八、质量控制

(一)质量标准

《铁路通信施工规范》(TB10205—99);《铁路通信工程质量检验评定标准》(TB10418—2000);《铁路数字微波通信工程施工规范》(TB10220—2000),《微波接力通信馈线系统技术条件》(GB/T9404—1999)。

《数字微波传输系统中所用设备的测量方法》(YD/T828.12—1996)第1部分:地面无线接力系统和卫星通信地球站通用的测量第2节:基本特性。

(二)质量控制措施

1. 人员先培训后上岗,上岗人员应了解微波通信技术基本原理,掌握天线和波导的工作特性,熟悉设备的安装和调测方法。

2. 施工前做好技术交底,详细交代本工程的技术标准,操作工艺及质量要求。

3. 施工中,工作人员必须严格遵守施工工艺规定,认真、及时、详细填写与本工序有关的质量记录,做到“谁施工,谁负责”。

4. 认真做好物资验证工作,设备材料在安装使用前,要认真检查,做好记录,对不合格产品,决不能投入使用,不了解设备性能,不准动设备。

5. 加强施工全过程质量控制,严格执行质量“三检”制,把质量管理纳入岗位责任制,做到纵向到底。

前道工序不合格,后道工序不进行。

6. 机具设备及专用测试仪表专人使用、保养、管理,确保满足施工要求。

7. 制定每道工序质量标准,认真做好各项工序的实时记录和测试报告,以客观、准确地反映施工实际情况。

九、安全措施

遵守铁道部《铁路工程施工安全技术规程》(TB10401—2003),结合微波铁塔上施工涉及登高作业等特殊情况,采取以下安全措施:

1. 班组出工前进行早点名,明确分工及岗位职责。

2. 涉及登高作业施工人员必须持证上岗,定期进行身体检查,患有不适应高空作业病症者,不得进行高空作业。

3. 大雾、六级以上大风及雷雨天气严禁上塔作业。

4. 进入施工现场必须戴安全帽。施工作业区内,必须确定塔下安全范围(塔脚向外 20m),用红白安全隔离带圈定。出入口处立“进入施工现场,请戴安全帽”标语,塔上悬挂“当心坠落”安全警示牌。

5. 作业现场要有专人指挥,统一信号,统一口令。上塔前先检查对讲机频道,确定通信畅通。检查安全带是否齐全和完好。

6. 塔上作业一定要扣好安全带。安全带应系扎在不会滑出的主体结构上。上下铁塔不准携带工具和材料。正在进行起吊作业时不准上下铁塔。

7. 严禁上下抛掷工具材料,小型工具材料的传递一律使用滑轮上下传送。作业点下方不得有人逗留。

8. 卷扬机放置在起吊物的正面,固定牢固,正前方无障碍物阻挡。由专人操作,操作时严禁戴手套,要集中精神,服从指挥。往塔上起吊物件时,物件正下方严禁站人和堆放物品。

9. 安全用电,严禁设备超负荷运行。施工现场附近有高压线路时,应严格按照“与电力设备安全距离规定”施工,达不到规定距离要求时,应向有关部门申请停电作业。

十、技术经济分析

本工法施工工艺具有速度快、效率高、安全性好等优点,安装和调测可分成两个班组,穿插进行。

在施工组织上,每个班组统一指挥,人员各司其职,人数少,效率高,安全性好,每个吊装班组 3 天即可吊装一个微波站 4 面直径 3m 的天线和相应波导馈线,而不用本工法需要一周至十天的时间。

天线对向调测采用逐步接近的对调技术,天线对准快,施工周期短,一般情况下,每跳天线调测和天馈线测试仅需一天时间,而不使用本工法需要四天至一周时间,且调试精确度低。本工法的运用可带来明显的经济效益。

天线调测时,利用微波通信视距传播、铁塔间不存在空间阻挡的特点,采用普通施工用对讲机在相邻铁塔上实现无阻挡传播,结合塔上塔下对讲,通信效率相当高,可节省大量的施工通信费用。

十一、工程实例

由中国铁路通信信号上海工程公司承建的铁道部北京至徐州数字微波通信工程,全线共计 24 个微波站,采用 5G 频段,SDH 通信制式,传输速率为每波道 2X155Mb/s,采用 512QAM 调制方式,天馈线均采用安德鲁公司的产品,天线直径分别为 1.8m、2.4m、3.0m、3.7m,馈线采用的是椭圆软波导。

该工程运用本工法,于 1999 年 7 月底天馈系统设备到货后,开始运输、吊装、调测,仅用 2 个月时间天线吊装完毕,1 个月时间天馈线调测完毕,前后共计 3 个月,至 10 月底该工程的天馈系统吊装、调测即全部完成,为整个工程提前顺利开通、及早投入运营打下了良好的基础。

执笔:李 春