

ZPW-2000A 无绝缘移频自动闭塞设备 安装及调试工法

(TGJGF-03·04-67)

中国铁路通信信号集团公司天津工程公司

一、前言

ZPW-2000A 无绝缘轨道电路是为满足主体化机车信号和列车超速防护对轨道电路高安全、高可靠的要求而研制的,是统一我国铁路自动闭塞制式的主流制式。

为保证 ZPW-2000A 无绝缘轨道电路的可靠运行,工程施工时,必须确保设备安装正确、可靠,调试全面。我们根据 ZPW-2000A 无绝缘轨道电路系统设备的特点,总结了北京、石家庄枢纽自动闭塞改造工程(北京西—黄村段)中的安装及调试经验,开发了本工法,在京沪自闭改造工程(天津枢纽—静海段)中成功应用。两项工程均取得了工期短、质量高的效果,保证了机车信号的可靠连续接收,为铁路第五次大提速提供了质量保障。

二、工法特点

1. 为施工作业规范化、标准化、系统化奠定了基础。
2. 用自制定位尺完成调谐区设备安装位置测量定位,定位精确,简单,易用。
3. 系统的可靠性高。施工中,采取内栅格分开布线、成对配线采用扭绞线或屏蔽线等多项防干扰措施,有效避免干扰信号对设备的影响。
4. 细化调试项目及层次,调试项目全面,调试方法规范、系统。

三、适用范围

本工法适用于 ZPW-2000A 无绝缘移频自动闭塞设备安装及调试。

四、工艺原理及关键技术

利用定位尺,实施调谐区设备定位,确保设备安装位置误差在系统允许范围内。

运用电磁感应及屏蔽原理降低设备间的干扰。设备间配线用对绞线或金属屏蔽线,电源线人工扭绞,以抵消或屏蔽外界信号对轨道电路的干扰,减小轨道电路信号对其他设备的影响;布线时,不同用途配线相互隔开,通过增加空间距离降低相互干扰。

应用电气绝缘节的谐振原理,检查调谐区设备,实现室外设备的单点试验。

选用适宜的电阻组成串并联电路,模拟室外钢轨线路,系统全面地检查主轨道、小轨道电路及设备的工作性能。

本工法的关键技术为:ZPW-2000A 调谐区设备定位和安装技术;室内设备的布线工艺;ZPW-2000A 无绝缘移频自动闭塞调试技术。

五、施工工艺

工艺流程见图 1。

(一)施工准备

审核设计文件,进行施工现场勘测调查,做出物资、机具、仪器、仪表申请计划。

(二)室外设备安装

1. 安装位置测量定位

(1)定位信号机位置时,根据设计文件给定的信号机坐标位置,复测所属线路实际里程;依据《铁路信号施工规范》、《ZPW-2000A 系列无绝缘轨道电路施工技术标准(暂行)》规定,确定信号机的实际位置,

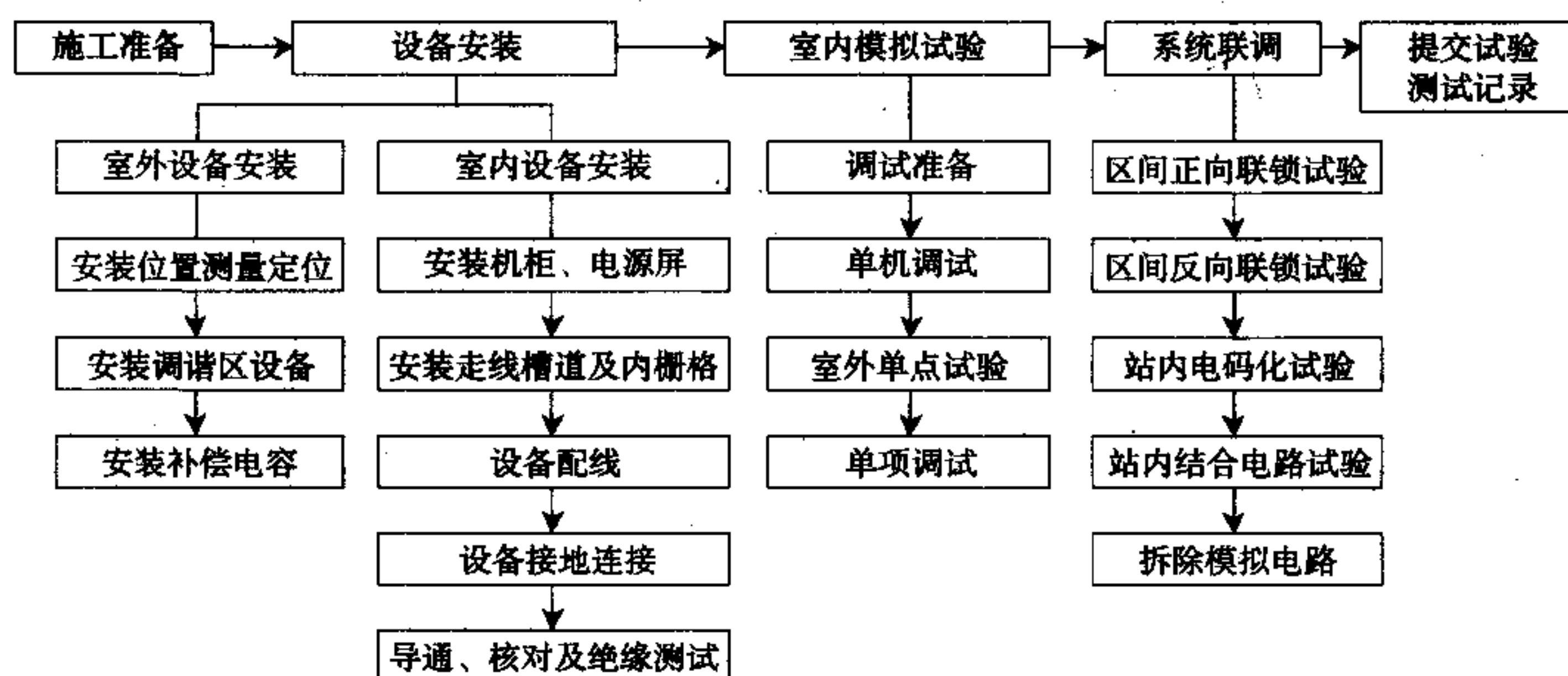


图1 工艺流程

做好标记。

(2)定位调谐区轨道设备位置时,以信号机坐标为基准,在所属线路一侧用定位尺测量,确定设备的安装位置,在钢轨外侧做好标记。设备位置定位尺寸如下:列车运行反方向发送调谐单元中心距信号机机柱中心为 $1_0^{+0.2}$ m,空芯线圈中心距发送调谐单元中心和接收调谐单元中心均为 $14.5_0^{+0.15}$ m。各种设备防护盒内侧边沿距所属线路钢轨内侧不小于1.5m。

定位尺用钢尺制作,长度为30.5m,在定位尺的相应位置用红色自粘带标记设备安装的允许误差范围。信号机为A区、发送调谐单元为B区、空芯线圈为C区、接收调谐单元为D区。定位时顺列车运行方向在所属线路一侧打开定位尺,使做好的信号机标记始终位于A区内,前后移动定位尺,使B区内某一点、D区内某一点、C点均能避开轨枕,并尽可能满足系统标准尺寸的要求,此时C点即为空心线圈与钢轨的连接点,B区内D区内避开轨枕的点即为发送调谐单元接收调谐单元与钢轨的连接点,依次在钢轨上做好标记并沿钢轨的垂直方向将标记点转移至所属线路另一侧钢轨上;标记点即为钢轨引接线钻孔安装位置,室外设备安装位置的中心应分别位于各自对应点连线的延长线上。

(3)进站口(或离去口)处设备位置测量定位。站口不装设扼流变压器时,列车正向运行方向调谐单元(空芯线圈)中心距钢轨绝缘节中心为700mm、防护盒内侧距所属线路钢轨内侧为1500mm,匹配单元中心距调谐单元中心为700mm。调谐单元、匹配单元防护盒安装在同一中心线上,并在钢轨外侧做好标记。

2. 调谐区设备安装

根据设备的安装位置及设备间的距离,集中预制各种连接线。各种连接线均采用多股铜芯电缆,预制完毕,分类集中放置。不同规格的连接线选用相应规格的冷压铜端头。各种连接线的长度、数量及用途见表1。

表1 各种连接线

序号	名称	规格/mm ²	长度/mm	数量	备注
1	设备连接线	7.4	250	2根/每个点	调谐单元与匹配变压器之间的连线(区间用)
2	设备连接线	7.4	500	2根/每个点	调谐单元与匹配变压器之间的连线(区间用)
3	设备连接线	7.4	2700	2根/每个点	调谐单元与匹配变压器之间的连线(站口用)
4	设备连接线	10	500	1根/每个点	空芯线圈中点与防雷单元的连接
5	设备防雷地线	25	实测	1根/每个点	防雷单元与贯通地线的连接(区间用)
6	横向连接线	70	实测		根据设计文件设置

根据设备测量定位位置,测定基础中心距所属线路中心位置和基础面距所属轨面高度后,逐点挖坑,引入支线电缆,埋设基础桩。

在电气绝缘节处,空芯线圈面向钢轨单独安装在基础桩的固定板上。防雷单元靠大地侧平放安装在同一基础桩上。空芯线圈型号为ZW·XK1。匹配变压器与调谐单元背靠背固定在基础桩的固定板上,匹配变压器面向大地侧,调谐单元面向所属线路侧。

在机械绝缘节处,匹配变压器面向大地侧单独固定在基础桩的固定板上。空芯线圈与调谐单元背靠背固定在基础桩的固定板上,空芯线圈面向大地,其型号为 ZPW·XKJ,调谐单元面向所属线路侧(安装时校核载频)。

空芯线圈、调谐单元、匹配变压器安装完毕,加装防护盒并加锁。防护盒顶面距所属线路轨顶面 $\leq 200\text{mm}$,防护盒内侧边沿距所属线路钢轨内侧 $\geq 1500\text{mm}$ 。

引接线、连接线安装时,在定位标记的轨腰中部钻孔,孔径与塞钉配套,钻孔及塞钉安装严格按塞钉安装操作说明进行。小枕木埋设及各种卡具的安装按照《ZPW-2000A 无绝缘轨道电路室外设备安装过程工艺标准(暂行)》进行。固定引接线的卡具要安装牢固。成对钢轨引接线应并在一条直线上,禁止盘圈。各种连接线应安装牢固。

调谐区设备安装时须注意:在平交道口附近安装调谐区设备时,应在信号波及范围以外进行;在特殊地段(隧道、大桥上)安装轨旁设备,防护盒内侧边沿距所属线路轨内侧的距离在 $120 \sim 150\text{cm}$ 之间调整;轨道电路范围内有小于 200m 的护轮轨时,在护轮轨两端对角加装钢轨绝缘;当护轮轨长度超过 200m 时,每隔 200m 加装一对绝缘;在护轮轨范围内安装调谐区设备时,在调谐区范围内及调谐区范围两端附近的护轮轨上加装钢轨绝缘。

3. 补偿电容安装

用测距车测量两相邻调谐区内空心线圈距离(轨道电路长度) L ;在电气绝缘节与电气绝缘节组成的轨道电路中,电容补偿长度 $L_{\text{调}} = L - 29\text{m}$;在电气绝缘节与机械绝缘节(站口)组成的轨道电路中,电容补偿长度 $L_{\text{调}} = L - 14.5\text{m}$ 。等间距用 Δ 来表示, $\Delta = L_{\text{调}} / \text{NC}$ (NC:每个闭塞分区补偿电容的数量,根据 L 和设计文件中给定的道碴电阻,从轨道电路补偿电容配置表中查出,同时可查出补偿电容容值)。根据计算得出的补偿电容间距及半间距,补偿电容靠近调谐单元者与调谐单元中心按半间距其余按等间距布置。用测距车从站口向区间测量补偿电容安装位置,在钢轨外侧做好标记。若安装位置不在两轨枕中间,半间距可在 $\pm 250\text{mm}$,等间距可在 $\pm 500\text{mm}$ 范围调整。按做好的标记钻孔,将补偿电容引接线与钢轨连接,用卡具将补偿电容固定在轨枕侧面,或将电容安置在特制的轨枕中。补偿电容要安装在道口信号波及范围以外。

(三) 室内设备安装

1. 机柜、电源屏安装

依据设计图纸排列机柜及电源屏,做到横平竖直、高低一致,底部着地平稳、不悬空,用 $\text{M8} \times 30\text{mm}$ 镀锌螺栓将相邻两机柜密贴连接紧固。电源屏底座下加垫绝缘橡胶板或木方,使之与大地隔离。

2. 走线槽道及内栅格安装

先安装机柜顶部槽道,后安装排与排之间槽道,在槽道拐角加橡胶板防护,保证配线不受损伤,走线槽道采用延长或另附角钢支架与墙壁连接固定。槽道内栅格将整个走线槽道纵向分为五个小槽道,根据配线的用途不同分别布放,以避免不同信号间的相互干扰。栅格使用厚度为 2mm 左右的钢板制作,固定在走线槽道内侧底板上,并在走线槽下线孔处、转弯处及槽道直线段每隔 1m 处安装一列栅格(图2)。A 槽道布放电源线,B 槽道布放室内电缆及接地线,C 槽道布放轨道发送线,D 槽道布放其他配线(RV 型铜芯塑料软线),E 槽道布放轨道接收线。

3. 设备配线

(1) 布线及电缆引入

严格按照设计要求的规格型号配线,不同用途的配线用线色区分,放置在规定的小槽道内,各种配线禁止盘圈和迂回。布线顺序依次为:电缆、电源线、轨道发送线、轨道接收线、其他 RV 型铜芯塑料软线。柜间电源线成对手工扭绞。轨道信号传输线用对绞线或金属屏蔽线,必须成对使用,到达配线端子前不得提前开绞。

使用“穿线板”布线:根据组合柜侧面 3×18 柱端子板样式,用厚 $1 \sim 2\text{mm}$ 塑料板制作“穿线板”,标明端子号,对应组合柜侧面每块 3×18 柱端子板放置。配线时,将线穿入对应端子的穿线孔内,并在线端打节,以防掉落。

用布线模板预制配线:模板使用五层胶合板或硬质塑料板比照组合柜各部尺寸制作,对应每层组合侧

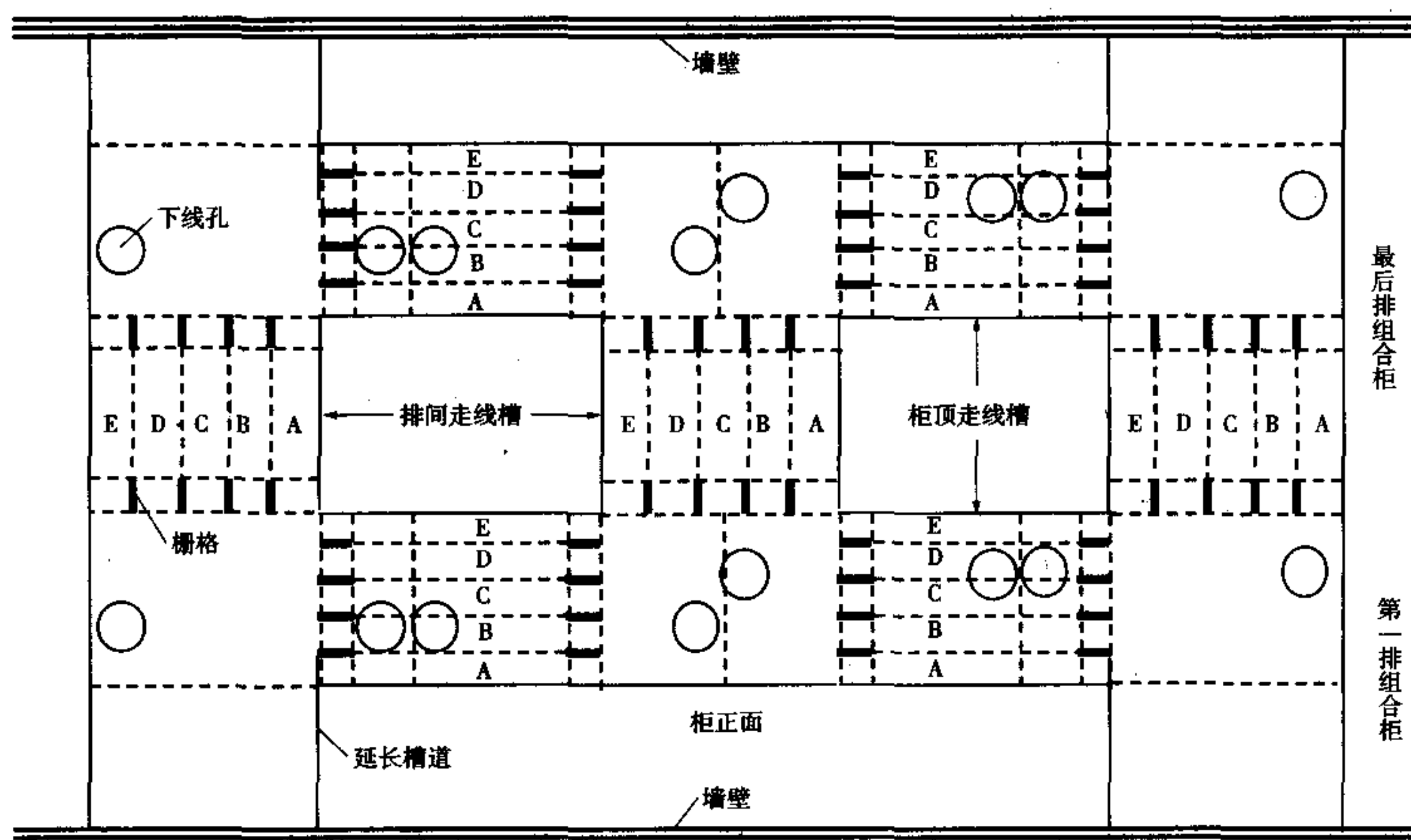


图2 走线槽道及内隔安装

面端子板制作穿线孔。预制柜间配线时,注意柜间线的预留长度。

电缆引入:室外电缆引入室内后,严格按照电缆成端工艺制作;电缆内屏蔽四芯组的铜质屏蔽层在柜顶下线口处做成端。电缆内屏蔽四芯组、非屏蔽四芯线组、对绞线组在出线到端子前不得提前开绞。

(2)根据机柜提供的配线端子类型不同,分别采用冷压接、弹簧式回拉端子(WAGO端子)插接及焊接等方式接线。

4. 设备接地连接

采用星型捷接方式,且金属屏蔽线采用焊接或冷压接方式单端接地。

5. 配线核对、整理、导通及绝缘测试

对照图纸检查配线是否遗漏、错放;通用线、接收线、发送线、电源线单独绑扎,在线槽内分开放置。如侧面线槽内配线过多需要绑扎时,松散绑扎,以减小相互间干扰。对照图纸导通配线。导通完毕,使用500V兆欧表检查电源线的对地和线间绝缘。

(四)室内模拟试验

1. 调试准备

检查电源屏输入、输出电源指标、主备电源转换性能是否符合设计及产品说明书要求。使用500V兆欧表,测试电源端子对地绝缘是否符合设计要求;核对机柜零层电源的电压、极性是否符合要求,检查是否有混电或接地;严格依照设计图纸规定的位置、型号插装设备;再次检查机柜内电源是否有混电或接地。

制作模拟盘,接入并核对。在网络接口柜(分线柜)的信号机点灯输出端子上直接接入220V/40W白炽灯泡模拟区间通过信号机;在网络接口柜(分线柜)端将本站咽喉的上、下行两套方向电路的外线环接,使本站的四套方向电路构成闭环。接入方向电路按钮条件;根据轨道电路模拟电路方式,将轨道电路发送、接收线及由区间组合柜引出的正向进站、反向进站信号机条件接入模拟盘;接通电路后依次接通模拟开关,检查开关状态是否与相应的继电器对应。

模拟盘接入条件的多少,视模拟试验需要而定。

2. 单机调试

(1)调试准备:根据设计图复核发送器载频、载频类型、输出电平选择线和低频编码条件线、接收器主、并机主轨道载频、载频类型及小轨道载频、载频类型选择线。移频柜发送器、接收器保险全部置于断开位置。电源屏送电,在移频柜零层测量+24V、-24V电源电压应在23.5~24.5V范围内。

(2)调试发送器:接通发送器电源,发送器经约5s延迟,“工作”表示灯亮,FBJ励磁吸起,表示发送盒工作正常。测量发送功出的电压、载频、低频信息。如表示灯不亮,其原因是:发送器电源断或不符;发送载频选择条件未给或有一个以上载频选择条件,发送载频类型选择条件未给或有一个以上载频类型选择条件,低频编码选择条件未给或有一个以上低频编码选择条件,功出电平选择条件未给。检查调试至“表示灯”亮。

(3)调试接收器:接通接收器电源,接收器经过约5s延迟,“工作”表示灯亮,表示接收器工作正常。如“接收表示灯”不亮,其原因是:接收器电源断或不符,主轨道载频选择条件未给或有一个以上载频选择条件(包括主、并机),主轨道载频类型选择条件未给或有一个以上载频类型选择条件(包括主、并机),小轨道载频选择条件未给或有一个以上载频选择条件(包括主、并机),小轨道载频类型选择条件未给。

3. 室外单点试验(以既有线为例)

(1)准备工作:导通分线柜中相应区段的电缆芯线并与端子连接。在室外核查调谐区设备型号、安装尺寸及限界。确认各种连接线已连接正确、牢固。

(2)发送端试验:开启相应区段的发送器,测量匹配变压器的Ⅱ次侧电压应为500~1500mV。用截面积1.5mm²以上铜芯塑料线17m(两根),将调谐单元与空芯线圈连接起来,再测量匹配变压器的Ⅱ次侧电压应上升20%~30%。

(3)接收端试验:在有双方向设计的工程中,模拟改变运行方向(没有双方向设计时,在分线柜中成对交叉发送及接收线对),按步骤(2)方法进行测量试验。

4. 单项调试

(1)ZPW-2000A无绝缘轨道电路设备调试,调试模拟电路见图3。

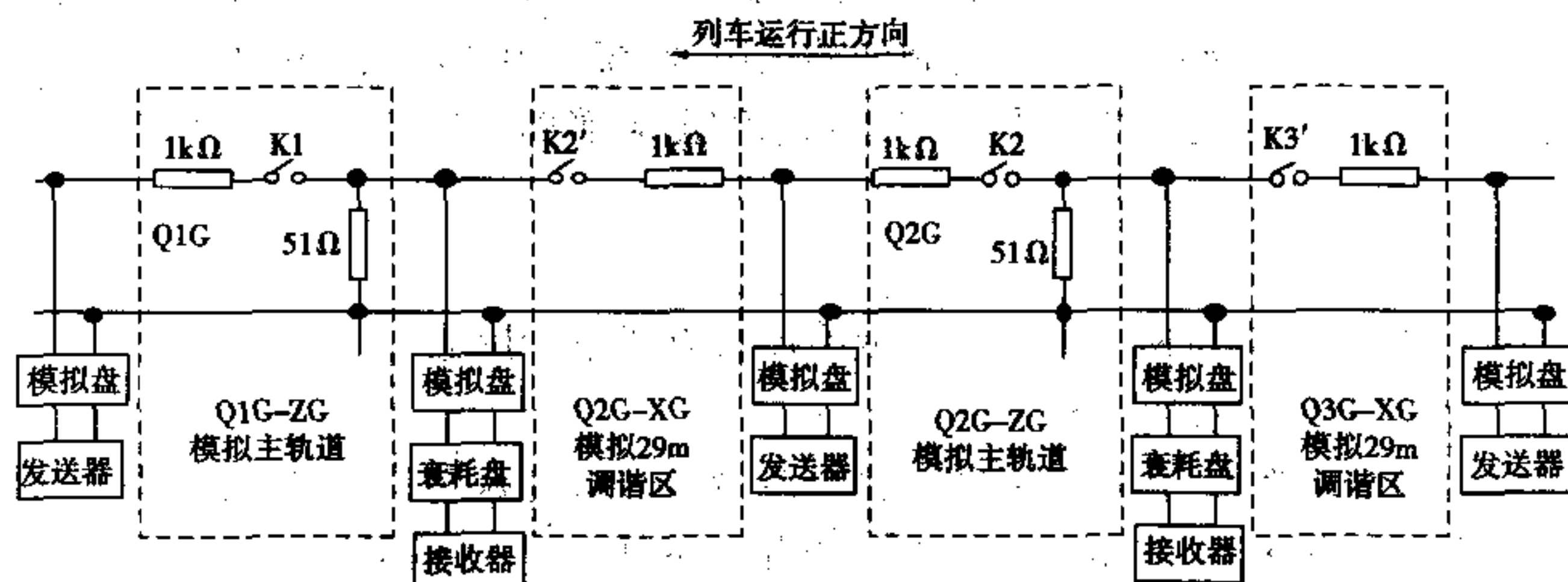


图3 轨道模拟试验电路

将发送器发送电平调至10级,电缆模拟网络调至补偿0km、接收等级按工程实际调整,衰耗盘小轨道不调整(使用最大衰耗约26kΩ)。接通发送器、接收器电源,工作灯亮,然后接通模拟电路钮子开关。此时部分轨道电路处于调整状态。使用UM71参数选频测试表(CD96-3AA型)检查轨道信号载频、低频信息及发送、接收电平是否符合设备参数要求。

轨道电路处于“占用”状态的原因是由于主轨接收电平或小轨接收电平过低或配线错误所致。测试使用UM71参数选频测试表,有关信号参数测试位置为本区段或相邻前方区段衰耗盘、电缆模拟网络盘测试孔。

接通或断开模拟轨道电路钮子开关,改变轨道电路状态,逐一调试、核对低频信息和GJ状态。

(2)接收并机试验:接通所有模拟轨道电路钮子开关,接通接收器电源,使GJ全部励磁;逐个断开接收器电源,GJ应保持励磁状态。

(3)移频报警试验:逐个断开接收器、发送器电源,移频报警继电器落下,且向控制台发送声光报警信息。

(4)发送器N+1系统试验:将本站所有发送器均打开,而后逐一断开发送器电源,+1发送器应自动上线工作,测试载频、低频信息及输出电平;对于任一发送器的所有低频信息应逐一试验。

(5)方向电路调试:接通所有模拟轨道电路钮子开关,使GJ全部励磁;调整区间硅整流输出电压,监

督回路 JQJ1 -4 端电压为 21 ~24V,方向回路 FJ1 -4 端电压在 12 ~18V。试验方向电路的正常办理改变方向和辅助办理改变方向。

(五)系统联调

1. 区间正向联锁试验:利用模拟盘,进行模拟列车压道试验,逐一核对低频码序和信号机显示。核对信号机显示时,拆除信号机模拟电路,接入区间信号机电缆。在既有线施工时,将信号机构偏向大地侧,遮挡信号机灯光;利用模拟盘,进行模拟列车压道试验,逐一核对低频码序和信号机显示,试验红灯断丝灯光转移、主灯丝断丝报警。在新线施工时,可以拆除轨道模拟电路,接入轨道电路,进行系统联调。

2. 区间反向联锁试验:操纵模拟电路,改变运行方向;利用模拟盘,进行模拟列车压道试验,逐一核对低频码序和继电器状态。

3. 站内电码化试验:利用模拟盘,操纵站内轨道复示继电器,模拟列车运行和相关信号机开放等条件,测试预叠加发码的低频、载频信息、发码时机和输出电压。对于每一条电码化进路,逐一核对所有低频信息。模拟发送器故障,采用同样方法试验站内 +1FS。

4. 进行站内结合电路试验。

5. 模拟电路拆除:拆除模拟盘;拆除模拟电路配线;检查核对为模拟试验临时拆改的配线;对复原情况进行复查,保证临时线的拆除彻底。

(六)开通

提交试验测试记录,转入开通阶段。

六、机具设备

一个 10km 区间所需主要机具见表 2。

表 2 主要机具

序号	名 称	规 格	单 位	数 量
1	测距车	专用	辆	1
2	钻具	专用	台	1
3	发电机		台	1
4	光焊机	BB6688 -100A	套	1
5	塞钉拉杆用液压钳	专用		1
6	冷压铜端头液压钳	ZYQ -120	台	1
7	棘轮扳手	专用	个	2
8	转矩扳手或公斤扳手	专用	个	2
9	定位尺	30.5m	个	1
10	手电钻	13cm	台	1
11	冲击电钻	13cm	台	1
12	万用表	数字式、机械式	块	各 1
13	端子压接钳		套	1
14	兆欧表	ZC -7	台	1
15	UM71 参数选频测试表	CD96 -3A 型	台	1
16	小工具	信号专业常用	套	1

施工中对各种施工设备、机具、仪器仪表必须定期检查和保养,建立台帐;电动工具使用前应检查电气、机械性能良好;计量器具,使用前应按照国家计量法的有关规定进行检查,建立检定周期台帐,在检定周期内使用。

七、劳动组织

根据工程数量和工期要求确定施工人员数量,最小单元人员配置如表 3。

表 3 劳动组织

序号	工作项目	人 数	备 注
1	施工准备	2 ~3	其中技术人员 1 名
2	设备安装	10 ~15	其中技术人员 5 名
3	室内模拟试验	8	其中工程师 1 名、技术人员 2 名
4	系统联调	15 ~20	其中工程师 1 名、技术人员 4 名

八、质量控制

严格按照 ISO9001:2000 版质量保证体系标准建立质量管理体系,加强过程控制,确保施工质量。

1. 执行质量标准

《铁路信号施工规范》(TB10206—99),《铁路信号工程施工质量验收标准》(TB10419—2003、J289—2004),《ZPW-2000A 无绝缘轨道电路室外设备安装过程工艺标准(暂行)》,《ZPW-2000 系列无绝缘轨道电路施工技术标准(暂行)》,《机车信号信息定义及分配》(TBT3060—2002)。

2. 质量控制点

钢轨钻孔使用专用钻具,钻头规格与钢轨引接线塞钉外径相匹配。

在进行钢轨引接线冷压铜端头线环与钢轨连接安装时,应使用专用扭矩扳手或液压扭力扳手,顺时针方向旋至 $50\text{N}\cdot\text{m}$ 的刻度即止,拧紧后的螺母不得反转。

参加施工人员必须了解 ZPW-2000A 移频自动闭塞系统构成及工作原理,掌握安装标准、工艺方法,技术人员应掌握设备的工作参数、工程技术条件及设备调试方法。

确保为降低电磁干扰而采取的布线工艺实施。

通过单体调试、单项调试,测试的设备各项指标,以及通过系统调试验证的联锁关系必须符合设计规定及《ZPW-2000 系列无绝缘轨道电路技术条件(暂行)》的规定。

3. 质量检验

对安装过程中的每道工序、每个阶段均按质量标准要求,适时严格检查。

九、安全措施

执行部颁《铁路工程施工安全技术规程》(TB10401.2—2003),并遵守以下事项。

1. 既有信号设备室内施工时,按照与设备管理部门签订的安全协议进行。

2. 在铁路运营线路上施工时,按需设驻站联络员,施工地段两侧要设专职防护员,保证驻站联络员、现场施工负责人、防护人员之间的通信畅通,一旦出现通信故障,立即停止施工。

3. 施工设备与既有设备安装连接时,要做好安全防护措施。

4. 室内设备送电之前,应排除各项电源间可能存在的短路、混电,各机柜的安全地线要连接牢靠,在机柜电源部位做好标识,确保人身和设备安全。

5. 设备送电后,通过电源屏电流表测试各路电源的输出电流是否在合理范围之内;经常观察发送器、接收器、网路模拟盘、各型变压器、硅整流状态,避免烧毁,保证室内设备安全。

6. 严禁擅自动用线路上原有使用设备,必须动用时应与有关部门联系登记要点,得到信号值班人员的同意后,方可施工。试验中,严禁动用使用中的设备;临时加入的模拟线路应详细记录,试验完成后专人负责拆除,并复查。

7. ZPW-2000A 设备多为精密设备,运输时确保包装完好,搬运时轻搬轻放。

十、技术经济分析

在北京、石家庄枢纽自动闭塞改造工程(北京西—黄村段)和京沪自闭改造工程(天津枢纽—静海段)均为 ZPW-2000A 无绝缘移频自动闭塞改造工程,采用本工法施工保证了 ZPW-2000A 系统的正常可靠工作,使 ZPW-2000A 设备的功能得以充分发挥,确保了四显示自动闭塞的正常运行和机车信号的可靠连续接收,为铁路第五次大提速提供了质量保障,取得了明显的经济效益和显著的社会效益。

十一、工程实例

北京、石家庄枢纽自动闭塞改造工程(北京西—黄村段)为 ZPW-2000A 无绝缘移频自动闭塞工程,北京西—黄村段包括广安门、李营、黄村三站站内电码化及北京西—广安门—李营—黄村区间四显示自动闭塞,运用本工法,自 2003 年 11 月开工,2004 年 4 月 16 日顺利开通投入使用。

第五次提速京沪自闭改造工程(天津枢纽—静海段)为 ZPW-2000A 无绝缘移频自动闭塞工程,工程包括天津枢纽—静海区间 72 正线公里四显示自动闭塞和 10 个站站内电码化,运用本工法,自 2004 年 1 月 5 日开工,2004 年 4 月 12 日开通投入使用。

执笔:徐国斌 齐进宽 潘书庆 郭立冬