

doi: 10.7690/bgzdh.2022.05.003

## 某型装备搜索雷达天线伺服系统检测诊断系统

杜国祥, 刘洋, 朱磊, 范振钦

(中国人民解放军 32382 部队, 武汉 430311)

**摘要:** 为完成某型装备搜索雷达天线伺服系统的离线快速检测维修任务, 研制一套检测诊断系统。该系统模拟产生外部输入信号、各种控制信号, 通过模拟负载模拟天线伺服系统的执行机构对输出的控制信号进行响应, 在离线状态下复现天线伺服系统控制搜索雷达天线竖起、撤收、旋转的工作过程, 自动判定测试结果, 并给出故障代码以指导维修。实装维修应用结果表明: 该系统具有操作简单、智能化程度高、检测诊断快速高效等特点, 能完成要求的测试项目, 测试结果均达到技术要求。

**关键词:** CPCI 总线; 检测诊断系统; 组合级测试; 系统级测试

**中图分类号:** TP277 **文献标志码:** A

## Detection and Diagnosis System for Antenna Servo System of Certain Type Equipment Search Radar

Du Guoxiang, Liu Yang, Zhu Lei, Fan Zhenqin

(No. 32382 Unit of PLA, Wuhan 430311, China)

**Abstract:** In order to complete the task of off-line rapid detection and maintenance for the antenna servo system of a certain type of equipment search radar, a set of detection and diagnosis system is developed. The system simulates the generation of external input signals and various control signals, responds to the output control signals by simulating the actuator of the antenna servo system through the simulation load, reproduces the working process of the antenna servo system controlling the erecting, withdrawing and rotating of the search radar antenna in an off-line state, automatically judges the test results, and gives fault codes to guide maintenance. The application results show that the system has the characteristics of simple operation, high degree of intelligence, fast and efficient detection and diagnosis, and can complete the required test items, and the test results meet the technical requirements.

**Keywords:** CPCI bus; detection and diagnosis system; combination-level test; system-level test

### 0 引言

随着装备保障信息化建设的不断深入推进, 测试新技术的快速发展极大地提升了高新装备的可维修性<sup>[1-7]</sup>。某型雷达的天线伺服系统主要用于控制天线的竖起、撤收及旋转, 其状态好坏将直接关系到装备能否有效发挥作战效能。目前, 该系统的检测维修主要依托装备自身集成的在线监测系统, 通过收集、分析预先设定的工作状态监测点的数据信息来判断天线伺服系统工作状态是否正常, 尚不能全面检测其性能指标, 而且直接利用装备平台进行检测维修, 遇到突发状况时可能会对装备造成损伤, 风险较大, 需要研制一套专用检测诊断系统。

### 1 总体设计

该检测诊断系统硬件主要由计算机组合、测试台组合、模拟负载以及连接电缆等构成, 系统总体

设计原理如图 1 所示。

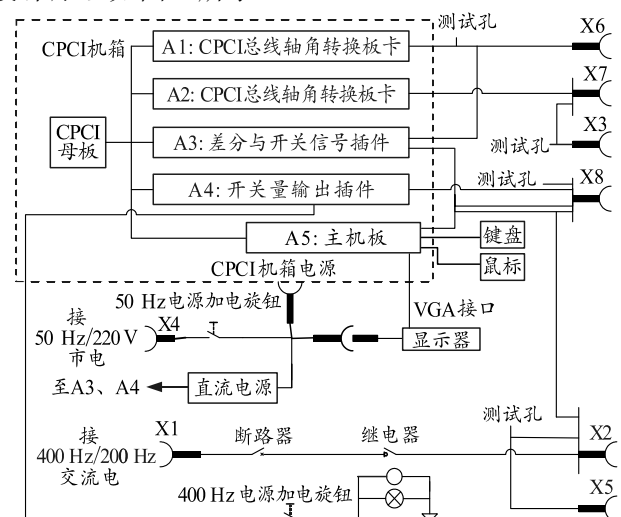


图 1 系统总体设计原理

计算机组合是该检测诊断系统的控制核心, 采用 3U Compact PCI 机箱, 内部装有 1 块控制 CP306

收稿日期: 2022-01-23; 修回日期: 2022-02-28

作者简介: 杜国祥(1979—), 男, 湖北人, 工程师, 从事装备维修能力建设、装备维修保障、装备故障检测设备以及装备维修质量管控等研究。E-mail: duguoxiang1979@163.com。

处理器板 A5、2 块 CPCI 总线轴角转换板 A1 和 A2、1 块差分与开关信号板 A3、1 块开关量输出板 A4 以及 1 个电源模块和 2 个风机。其中：A1 模拟方位轴的旋转变压器角度信号，经连接器 X6 输出到驱动控制组合；A2 模拟俯仰轴的旋转变压器角度信号，经连接器 X7 输出到翻转控制组合；A3 可对连接器 X6 和 X8 上的差分信号和开关信号进行测试；A4 可经继电器触点输出 4 个开关量信号和经光电耦合器输出 2 个开关量信号；A5 安装运行专用测试软件，测试软件基于 Windows 7sp1 操作系统，运用 Visual Studio2008 编程环境 C++ 语言开发<sup>[8-9]</sup>，包括系统自检测、组合级测试和系统级测试，系统对获取的测试数据信息自动进行综合分析、判定，并给出故障代码。

测试台组合内装有直流电源、断路器、继电器、测试孔、指示灯、旋钮及插座等，用于外部信号的重新分配、转接。50 Hz/220 V 电源由连接器 X4 输入，通过“测试台加电”旋钮控制测试台的加电/断电，可对直流电源、CPCI 机箱电源、显示器进行

加电控制，400 Hz/200 V 电源由连接器 X1 输入，通过“被测设备加电”旋钮和专用测试程序共同控制被测对象的加电/断电，直流电源模块用于提供 +24 V 直流。

模拟负载包括方位电机、锁定电机、翻转电机，检测调试时用于模拟天线伺服系统控制的执行机构对输出的控制信号进行响应，即模拟搜索雷达天线的竖起、撤收、旋转及停止。

## 2 关键硬件设计

### 2.1 控创 CP306 处理器板

控创 CP306 处理器板具有性能高、功耗低、环境适应性强的特点，板上集成 Pentium M 1.8 GHz 处理器和 1 GB DDR 内存，32-bit/33 MHz CPCI 总线，提供 2 个 IDE、1 个 VGA 接口、2 个以太网口、4 个 USB2.0、4 个串口等，通信接口可根据需求进行扩展，通过板上桥电路可实现 CPU 与外部 I/O 的通信，面板上还有 1 个复位按钮、1 个硬盘运行指示灯<sup>[10]</sup>。控创 CP306 处理器板原理如图 2 所示。

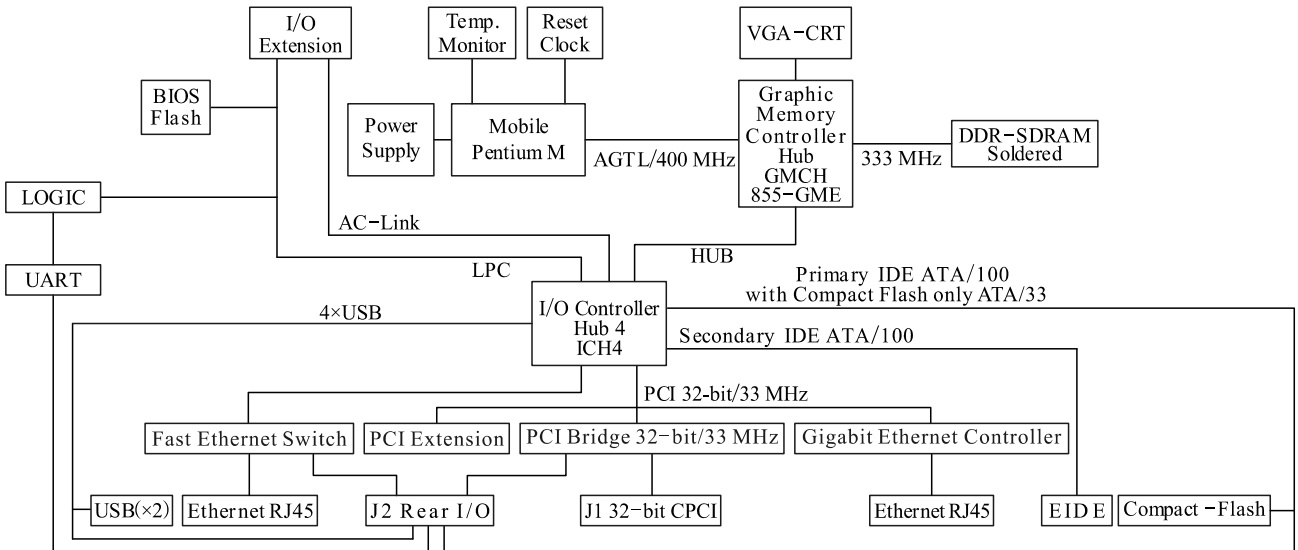


图 2 控创 CP306 处理器板原理

### 2.2 CPCI 总线轴角转换板 A1 和 A2

CPCI 总线轴角转换板是基于 CPCI 总线标准的数字-旋转变压器模拟输出装置，通过轴角转换模块将计算机发送的数字角度量转换成旋转变压器形式轴角模拟量。信号通过 25 芯插座送出，具有精度高、可靠性高、体积小、重量轻及使用灵活方便等特点。该检测诊断系统选用 2 块 CPCI 总线轴角转换板，其中：A1 模拟方位旋转变压器信号，粗/精速比为 1:8，激磁电压为 26 V；A2 模拟俯仰旋转变压器信号，粗/精速比为 1:32，激磁电压 36 V 经串接电阻

变为 26 V。CPCI 总线轴角转换板卡原理如图 3 所示。

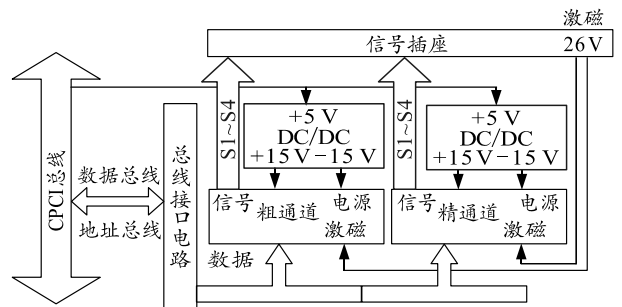


图 3 CPCI 总线轴角转换板卡原理

### 2.3 差分与开关信号板 A3

差分与开关信号板基于 CPCI 总线标准, 输入 6 路 +27 V 开关量信号, 输出 5 路差分信号, 输入 8 路差分信号, 输出 1 路 D/A 信号。

输入 6 路光电隔离信号的原理如图 4 所示。+27 V 电平的信号经光耦 B1~B6 转换为 5 V 的数字信号, 输入到可编程逻辑器件, 经桥电路, 主板可以通过 CPCI 总线读/写数据, 并对接收信号的高低电平进行判断。

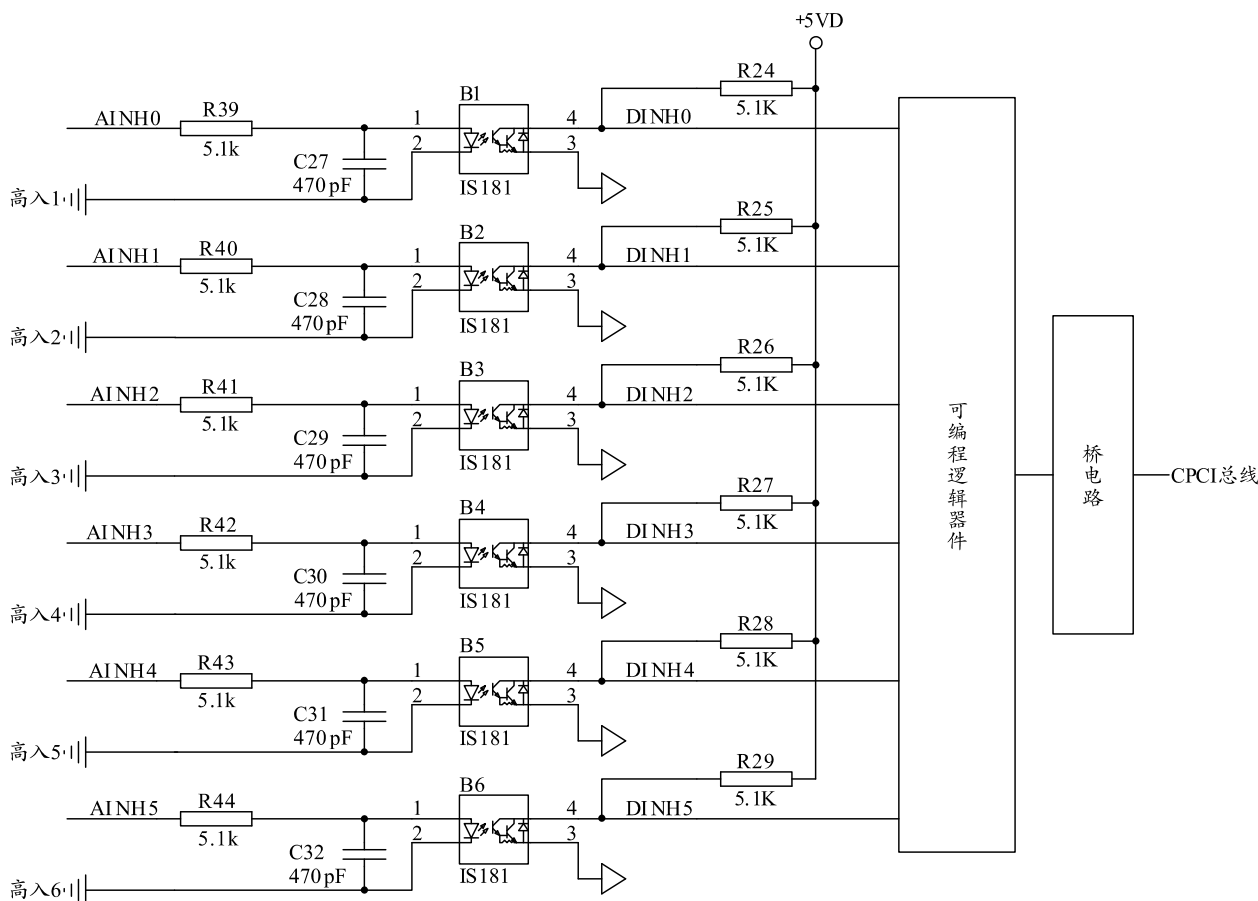


图 4 输入 6 路光电隔离信号的原理

输出 5 路差分信号、输入 8 路差分信号的原理如图 5 所示。D5、D6 为差分输出芯片, D7、D8 为差分输入芯片。信号经可编程逻辑器件输入或输出, 判断接收数据的正确性, 并测量周期信号的周期。

D/A 信号的原理如图 6 所示。N1 为 D/A 变换芯片, N2 为运算放大器芯片。

### 2.4 开关量输出板 A4

开关量输出板基于 CPCI 总线, 用继电器输出 4 路开关信号, 用光耦输出 2 路开关信号。开关量输出板原理如图 7 所示。可编程逻辑器件的输出经光耦 B1~B6 进行电平隔离, 控制继电器的触点。

## 3 软件设计

### 3.1 自检测试

接通 50 Hz/220 V 电源, 加电启动后点击运行

“测试台自检”子程序, 系统读取各插板地址以及固定字, 自动完成 CPCI 总线轴角转换板卡 A1 和 A2、差分与开关信号板 A3、开关量输出板 A4 状态自检, 并显示自检结果。

### 3.2 组合级测试

组合级测试可完成 4 个待测组合(翻转电源组合、驱动控制组合、功放组合、翻转控制组合)共计 15 个测试项目, 各测试项目具体技术要求如表 1 所示。

翻转电源组合、驱动控制组合、功放组合、翻转控制组合测试流程如图 8—11 所示。

### 3.3 系统级测试

系统级测试是在完成组合级测试的基础上进行的, 用于各组合间信号对接测试, 包括旋转功能测

试、竖起功能测试、撤收功能测试、安全保护功能测试(竖起和撤收),各测试项目具体技术要求如表 2 所示。

### 4 实验验证

检测诊断系统实物如图 12 所示,经实装维修检

测验证,该检测诊断系统能够完成其天线伺服系统要求的 15 项组合级测试项目、5 项系统级测试项目,测试结果均达到技术要求,其中组合级测试线缆连接和测试效果如图 13 和图 14 所示,系统级测试线缆连接和测试效果如图 15 和图 16 所示。

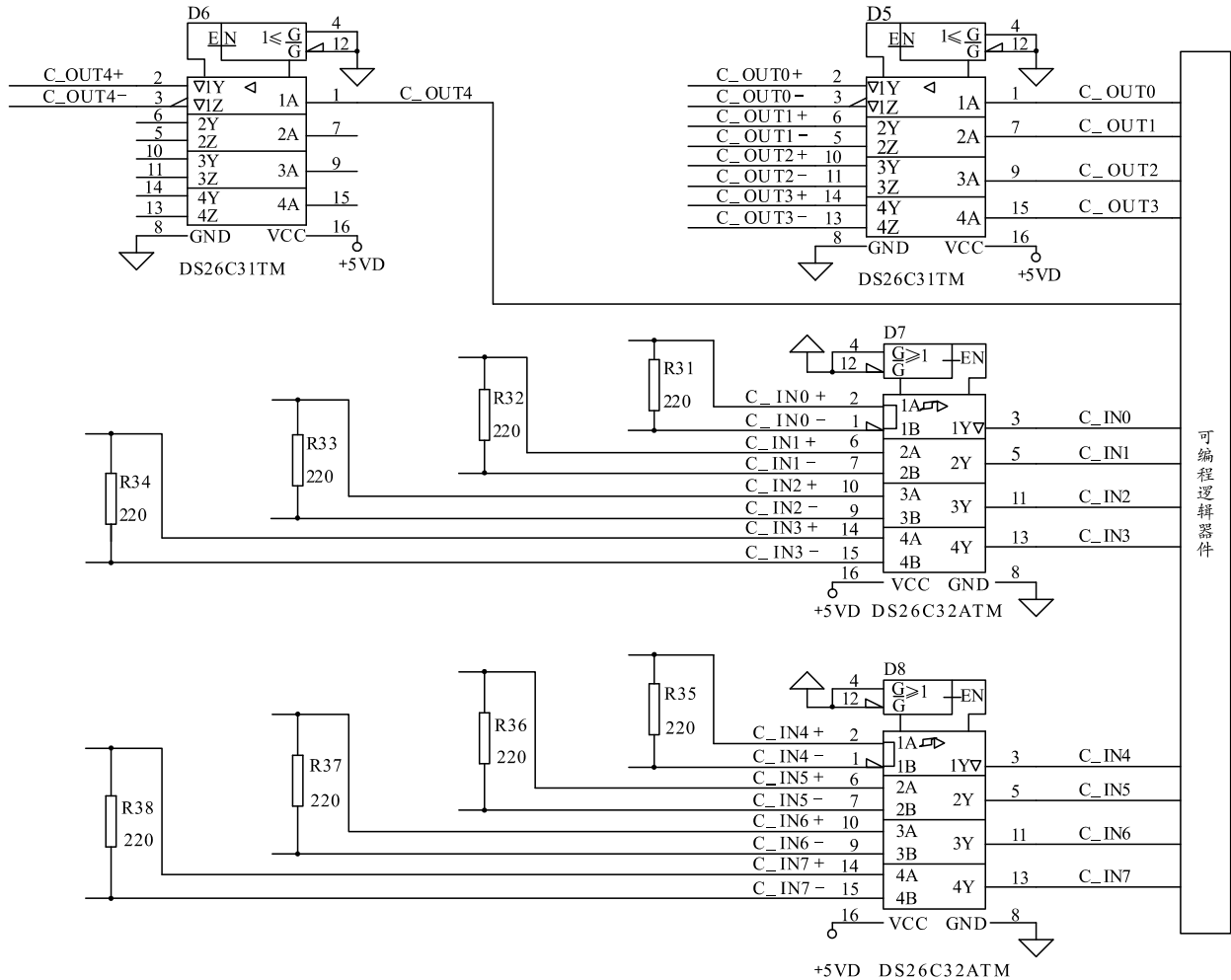


图 5 输出 5 路差分信号原理

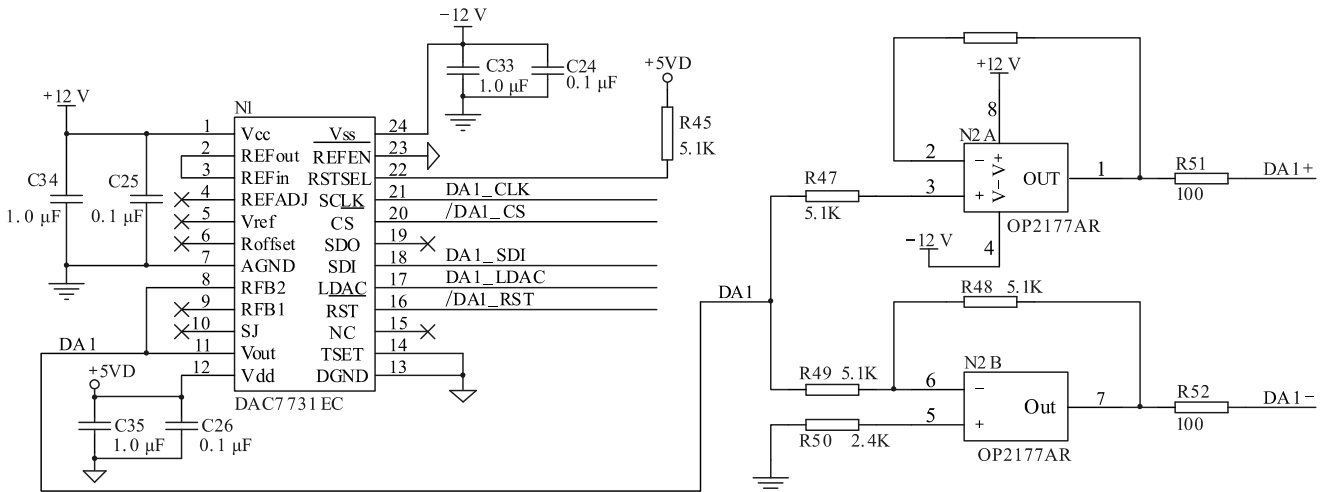


图 6 D/A 信号原理

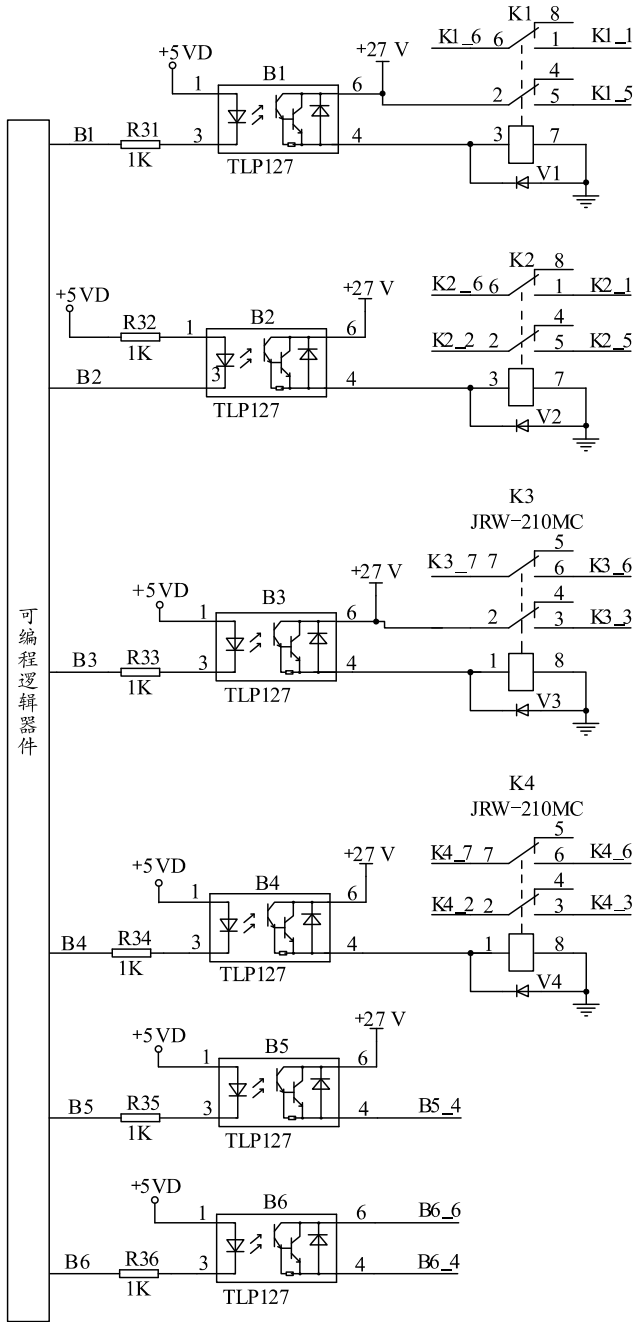


图 7 D/A 信号原理

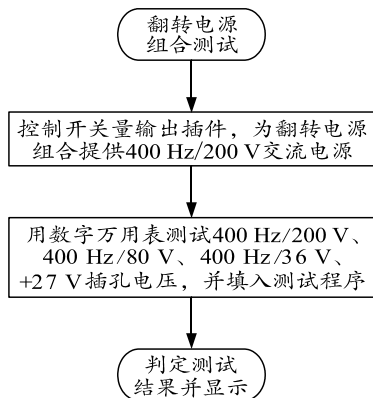


图 8 翻转电源组合测试流程

表 1 组合级测试技术要求

| 序号 | 测试项目         | 技术要求  |
|----|--------------|---|
| 1  | 400 Hz/200 V | AC 200(1±15%) V   |
| 2  | 400 Hz/80 V  | AC 80(1±15%) V  |
| 3  | 400 Hz/36 V  | AC 36(1±5%) V   |
| 4  | +27 V        | DC 27(1±5%) V   |
| 5  | 互校状态测试       | 自动给出测试结果，真实角编码误差：±0.5°，零度信号频率：1±0.05 Hz                   |
| 6  | 模拟状态测试       | 自动给出测试结果，零度信号频率：1±0.05 Hz                                 |
| 7  | 差分信号测试       | 自动给出测试结果，2 组差分信号接收的数据一致                                   |
| 8  | I/O 信号测试     | 自动给出测试结果，发-互校、旋转、制动，收-制动、允许旋转                             |
| 9  | 激磁电源测试       | 方位 AC 26(1±5%) V  |
| 10 | 变频器状态测试      | 由检测诊断系统控制变频器的加热/断电，加热时相电压小于 180 V（方位电机 UVW 相间电压）          |
| 11 | 天线旋转状态测试     | 由检测诊断系统控制接触器的加热/断电，加热时相电压为 AC 200(1±15%) V（方位电机 UVW 相间电压） |
| 12 | 差分信号测试       | 自动给出测试结果  |
| 13 | I/O 信号测试     | 自动给出测试结果  |
| 14 | 角编码信号测试      | 自动给出测试结果  |
| 15 | RS232 异步串口测试 | 自动给出测试结果  |

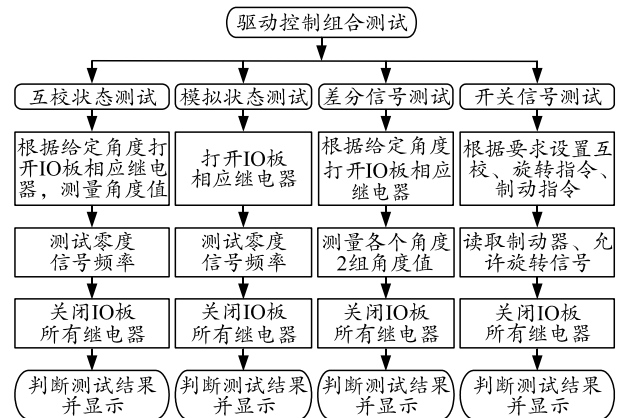


图 9 驱动控制组合测试流程

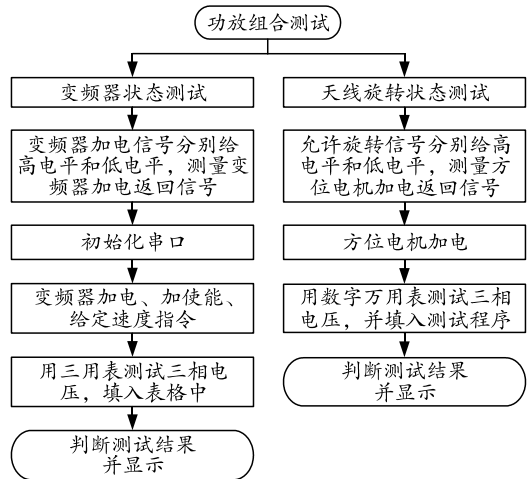


图 10 功放组合测试流程

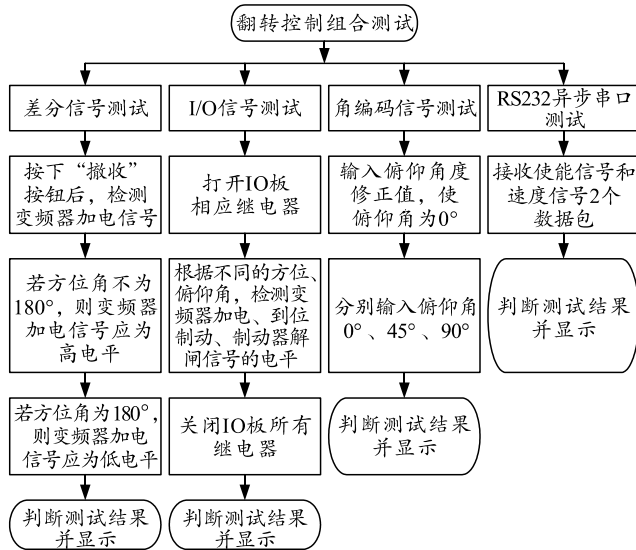


图 11 翻转控制组合测试流程

表 2 系统级测试技术要求

| 序号 | 测试项目         | 技术要求  |
|----|--------------|---|
| 1  | 旋转功能测试       | 由检测诊断系统在显示器上控制方位电机正常旋转  |
| 2  | 竖起功能测试       | 按下翻转控制组合的“竖起”按钮，由检测诊断系统在显示器上控制翻转电机运行和锁定电机运行                   |
| 3  | 撤收功能测试       | 按下翻转控制组合的“撤收”按钮，由检测诊断系统在显示器上控制方位电机转到方位 180° 时停止、锁定电机运行、翻转电机运行 |
| 4  | 安全保护功能测试（竖起） | 方位电机正常旋转时（工作于旋转状态），翻转控制组合的“竖起”“撤收”按钮不起作用                      |
| 5  | 安全保护功能测试（撤收） | 系统处于翻转或撤收状态时，旋转指令不起作用   |



图 12 检测诊断系统实物

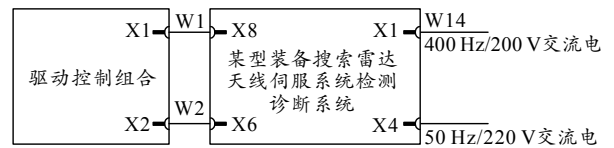


图 13 驱动控制组合测试线缆连接

**某型雷达天线伺服系统检测诊断系统组合级测试—驱动控制组合测试**

互校状态测试

方位角度分真实和模拟两种。互校测试时，方位角度为真实角度，零度信号频率应为 1Hz。

| 发出的方位角度 | 合格判据    | 实测值    | 测试结果 | 故障代码 |
|---------|---------|--------|------|------|
| 180度    | 180±0.5 | 180.00 | 正常   | 无    |
| 90度     | 90±0.5  | 90.00  | 正常   | 无    |
| 45度     | 45±0.5  | 45.00  | 正常   | 无    |

| 零度信号频率 | 合格判据       | 实测值    | 测试结果 | 故障代码 |
|--------|------------|--------|------|------|
| 1Hz    | 1Hz±0.05Hz | 1.0047 | 正常   | 无    |

开始测试      返回主页面

图 14 实装维修组合级测试效果

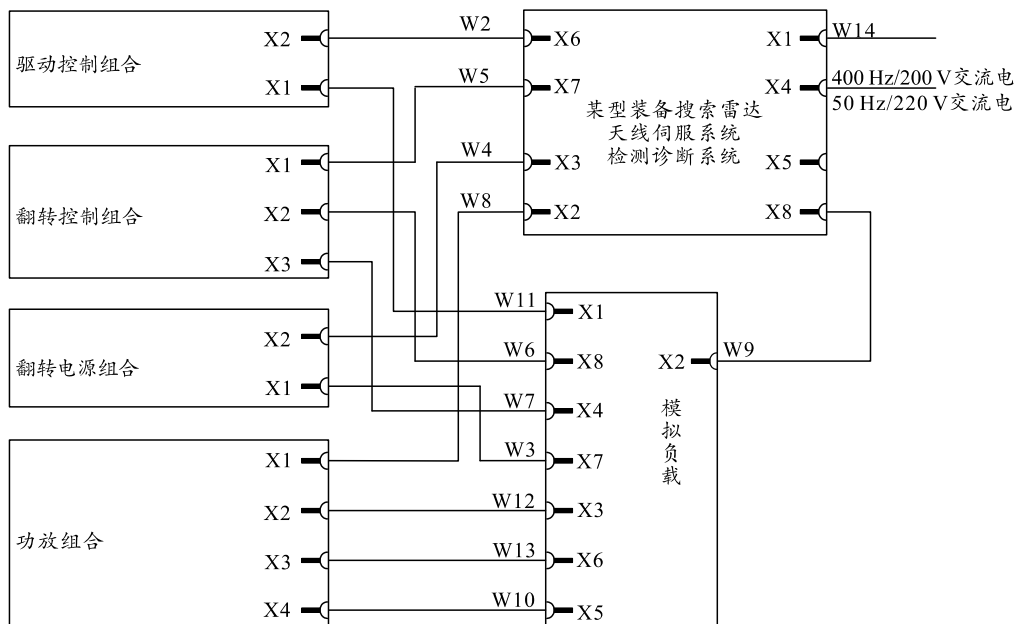


图 15 系统级测试线缆连接