

ZHINENG BIANDIANZHAN
JIDIAN BAOHU XIANCHANG TIAOSHI JISHU

智能变电站 继电保护现场调试技术

宋庭会 主编



 中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

ZHINENG BIANDIANZHAN
JIDIAN BAOHU XIANCHANG TIAOSHI JISHU

智能变电站 继电保护现场调试技术

宋庭会 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

继电保护系统属于智能变电站过程层中智能组件，是变电站的核心设备。现场工作中前期需要大量的调试，以促进智能一次设备状态监测技术与传统二次技术的融合，保障智能变电站的安全投运、可靠运行。共分为四章，分别为现场调试基本要求、智能终端现场调试、合并单元现场调试、保护装置现场调试。附录是调试过程中需要用到的各项仪器仪表及软件工具的使用方法。

本书可供智能变电站继电保护现场调试人员及相关专业人员参考使用。

图书在版编目（CIP）数据

智能变电站继电保护现场调试技术 / 宋庭会主编. —北京：中国电力出版社，2015.5

ISBN 978-7-5123-7317-4

I. ①智… II. ①宋… III. ①智能系统—变电所—继电保护—研究 IV. ①TM63-39②TM77-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2015）第 042884 号

中国电力出版社出版、发行

（北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>）

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2015 年 5 月第一版 2015 年 5 月北京第一次印刷

710 毫米×980 毫米 16 开本 13 印张 188 千字

印数 0001—2000 册 定价 35.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

本书编委会

主 编 宋庭会

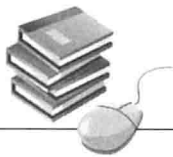
副 主 编 胡 刚 封晓东

参 编 人 员 (按姓氏笔画排序)

王志伟 刘 磊 李 丰 李宏伟

时 晨 张 红 胡东波 周子强

翟建帆



前 言

随着智能变电站的大力推广和快速建设，智能变电站建设投运数量快速增加，其运行的安全性、可靠性、稳定性对电力系统的安全稳定的影响越来越大，如何保障智能变电站的安全投运、可靠运行已经成为当代变电站运行维护人员必须面对的重要课题。

继电保护系统作为智能变电站的核心系统之一，其运行的安全性、可靠性、稳定性不仅影响变电站的安全稳定，而且影响电网及电力系统的安全运行。做好智能变电站的继电保护系统调试和验收工作，已经成为保障智能变电站安全投运，可靠运行的重要措施之一。

智能变电站具有信息数字化、规约统一化、保护网络化、操作及告警智能化、运行状态可视化等技术特点，相比传统变电站其自动化水平有了大幅提高，二次系统物理结构趋于简洁，更加便于物理故障的排查和处理。但与此同时，数字化通信技术的引入也使得变电站继电保护系统信息可视化程度大幅降低，给继电保护现场调试带来了一定难度，对继电保护人员的业务技术水平提出了更高的要求。因此作为智能变电站运维人员，必须了解智能变电站继电保护系统的工作原理，掌握智能变电站继电保护系统运维技术和调试方法，才能满足当前智能变电站运维基本要求。

本书由国网许昌供电公司、国网河南省电力科学研究院、国网河南省送变电建设公司、国网技术学院等相关专家，在调研智能变电站继电保护现场调试需求的基础上，总结智能变电站现场调试经验，依托国网技术学院 220kV 实训智能变电站的设备硬件平台，针对智能变电站继电保护系统调试的难点，精心编制而成。全书共分四章，其中第一章重点叙述了智能变电站继电保护现场调试的安全措施、仪器仪表需求、业务技能需求、参考调试流程等内容；第二章重点叙述了智能变电站继电保护系统的关键设备——合并单元装置的关键调试项目及调试流程，以及各项调试的试验目的、方法和应该注意的关

键问题；第三章重点叙述了智能变电站继电保护系统的关键设备——智能终端装置的关键调试项目及调试流程，以及各项调试的试验目的、方法和应该注意的关键问题；第四章以数字母线保护装置为例，重点叙述了智能变电站母线保护装置关键调试项目及调试流程，以及各项调试的试验目的、方法和应该注意的关键问题；在附录部分主要针对上述调试过程中需要用到的各项仪器仪表及软件工具的使用方法，操作目的等进行了简单介绍。

鉴于目前智能变电站继电保护系统设备种类繁多，本书主要以国电南瑞生产的 NSR-386 合并单元、许继电气生产的 DBU-814，南瑞继保生产的 PCS-915 数字母线保护装置等设备为例对相关设备的调试方法、调试流程、仪器操作进行叙述，对于非该型号设备的调试，可参考本书相关内容。

衷心希望本书能对读者提高智能变电站继电保护调试技术，做好智能变电站继电保护现场调试工作起到帮助。由于水平有限，不妥之处在所难免，欢迎读者批评指正，作者不胜感激。

作 者

2015 年 2 月



目 录

前言

| | |
|--------------------------------|-----|
| 第一章 智能变电站继电保护现场调试基本要求 | 1 |
| 第二章 智能变电站智能终端现场调试 | 8 |
| 第一节 智能终端配置文件检查 | 8 |
| 第二节 智能终端光纤通道检查 | 19 |
| 第三节 智能终端通道状态监测功能检查 | 22 |
| 第四节 智能终端 GOOSE 开入/开出回路检查 | 24 |
| 第五节 智能终端延时测试 | 41 |
| 第六节 智能终端出口压板检查 | 54 |
| 第七节 智能终端告警功能检查 | 55 |
| 第三章 智能变电站合并单元现场调试 | 61 |
| 第一节 合并单元配置文件检查 | 63 |
| 第二节 合并单元对时功能检查 | 68 |
| 第三节 合并单元光纤通道检查 | 71 |
| 第四节 合并单元通道状态监测功能检查 | 72 |
| 第五节 合并单元 GOOSE 开入/开出回路检查 | 73 |
| 第六节 合并单元 SV 输出报文检查 | 74 |
| 第七节 合并单元采样值特性检查 | 83 |
| 第八节 合并单元电压切换并列功能检查 | 90 |
| 第九节 合并单元告警功能检查 | 99 |
| 第四章 智能变电站保护装置现场调试 | 101 |
| 第一节 母线保护装置配置文件检查 | 103 |
| 第二节 母线保护装置光纤通道检查 | 111 |
| 第三节 母线保护装置通道状态监测功能检查 | 112 |

| | | |
|------|-------------------------------|-----|
| 第四节 | 母线保护装置 GOOSE 开入/开出检查 | 114 |
| 第五节 | 母线保护装置采样值特性检查 | 132 |
| 第六节 | 母线保护整组试验 | 143 |
| 附录 A | 智能变电站 GOOSE 报文解析 | 152 |
| 附录 B | 武汉凯默 DM5000E 手持光数字测试仪相关操作 | 154 |
| 附录 C | 南瑞继保配置文件读取工具使用及 母线保护配置文件解析 | 164 |
| 附录 D | 北京博电 PW802 数字继电保护测试仪操作 | 177 |
| 附录 E | 国电南瑞 NSR-386 配置文件读取操作及解析 | 183 |
| 附录 F | 北京博电 PNI302 合并单元测试仪参数配置操作 | 191 |
| 参考文献 | | 200 |

智能变电站继电保护现场调试基本要求

智能变电站是统一坚强智能电网的重要基础和支撑。智能变电站采用先进、可靠、集成、低碳、环保的智能设备，以全站信息数字化、通信平台网络化、信息共享标准化为基本要求，自动完成信息采集、测量、控制、保护、计量和监测等基本功能，并可根据需要支持电网实时自动控制、智能调节、在线分析决策、协同互动等高级功能。推进智能变电站建设，不仅能够大幅提高我国电力系统自动化水平，减轻变电站运维人员的工作量，而且也是适应当前我国能源多样化发展趋势的必然要求。

随着智能变电站的大力推广和快速建设，智能变电站在电力系统变电站中的比重快速增加，其运行的安全性、可靠性、稳定性对电力系统的安全稳定的影响越来越大，如何保障智能变电站的安全投运、可靠运行已经成为当代变电站运行维护人员必须面对的重要课题。继电保护系统作为智能变电站的核心系统之一，其运行的安全性、可靠性、稳定性不仅影响变电站的安全稳定，而且影响电网及电力系统的安全运行。因此作为当代变电站运维人员，必须了解智能变电站继电保护系统的工作原理，掌握智能变电站继电保护系统运维技术和调试方法，才能满足当前智能变电站运维基本要求，成为一名真正合格的智能变电站运维人员。

智能变电站继电保护系统是以合并单元、智能终端、继电保护等智能组件为核心，以光纤网络为信息媒介，以光数字通信为技术依托的变电站智能化控制系统。与传统的继电保护系统不同，智能变电站的继电保护系统包括合并单元、智能终端、继电保护装置、过程层交换机、故障录波（网络状态监测分析仪）、继电保护信息子站等主要设备，其中继电保护装置是继电保护系统逻辑运算和故障判断的核心，合并单元、智能终端等智能

设备则肩负了电流/电压采集、开关量采集、保护出口跳闸等继电保护系统的核心功能。可见只有在继电保护、合并单元、智能终端等智能组件同时正常工作前提下，继电保护系统才能正确动作，也就是说合并单元、智能终端等智能组件已经成为智能变电站继电保护系统不可或缺的关键设备。

但是，目前变电站运行维护人员由于习惯于微机继电保护系统调试工作，仍然沿用传统的调试思路，在智能变电站继电保护系统调试时往往只重视对继电保护装置本身的调试，忽略了对合并单元、智能终端等核心组件的检测，这已经埋下了智能变电站运行的安全隐患。因此笔者建议，对于智能变电站继电保护系统调试，绝对不能仅仅检验继电保护装置，应在保护装置检验的同时，兼顾合并单元、智能终端、交换机等设备的测试，在进行单个装置的检验的同时，兼顾整个系统的检查，只有如此才能保证智能变电站继电保护的调试不留“死角”，确保继电保护系统的完好性。

智能终端、合并单元等新型设备的应用，光数字通信技术的引入，对智能变电站继电保护系统调试工作提出了更高的要求，具体如下。

一、掌握基本知识及关键技能

做好智能变电站继电保护系统的调试工作，首先要学习智能变电站继电保护系统的工作原理，了解合并单元、智能终端、继电保护装置工作原理、结构、功能及其在智能变电站中的作用，了解智能变电站继电保护系统核心设备的信息交换方式及通道监测原理。

做好智能变电站继电保护系统的调试工作，必须学会正确使用智能变电站网络配置文件（SCD）软件工具、网络报文抓取分析工具、智能设备配置文件读取工具、网络交换机配置读取及设置工具等软件工具的使用方法。

做好智能变电站继电保护系统的调试工作，必须掌握查询智能变电站网络配置文件，抓取分析智能设备的网络报文，读取解析智能设备的配置文件，读取及设置网络交换机配置等关键技能。

做好智能变电站继电保护系统的调试工作，必须掌握数字化继电保护测

试仪、光功率计、便携式网络分析仪、光万用表、合并单元测试仪、光衰耗器等数字化仪器仪表的使用方法。

二、采取全面安全措施

智能变电站现场调试工作的安全性主要体现在人员安全、被测设备安全、调试仪器仪表和其他运行设备安全等几个方面。

(一) 人员安全

调试人员应严格遵守《电力安全工作规程》、《继电保护调试规程》等相关安全及技术要求，做好防止高空坠落、低压触电、踏空跌落等防范措施，确保调试过程中的人员安全。

(二) 设备安全

1. 光缆防护

由于智能变电站普遍采用光纤或光缆作为继电保护系统设备信息交互的物理通道，因此在智能变电站继电保护系统调试过程中要特别注意光纤和光缆的防护工作，如：

- (1) 插拔跳纤前应做好跳纤及跳纤安装接口的标示；
- (2) 插拔跳纤时应注意方向和力度，防止方向错误或用力过大而折断跳纤；
- (3) 跳纤拔下后要及时盖上跳纤和设备光口的防尘帽，并盘放整齐；
- (4) 调试过程中严禁踩踏光缆或光纤。

2. 被测设备防护

(1) 被测设备通电前应注意检查装置的工作电源设备的电气参数，确保现场的工作电源符合设备的基本要求；

(2) 拆接设备的电气接线时，使用的工器具应符合现场要求，其金属裸露部分应适当地进行绝缘处理，防止电源短路或接地；

(3) 电气二次线拆下后，应立即进行绝缘包扎，防止其短路或接地；

(4) 插拔被测设备的插件时，应提前断开装置的电源并采取必要的防静电措施。

3. 调试仪器仪表的安全

(1) 搬运仪器仪表时，要注意仪器仪表的方向，要轻拿轻放，防止震动

过大；

(2) 采取必要的措施防止仪器在阳光下暴晒或淋雨受潮；

(3) 在接通仪器仪表工作电源前应注意检查所接电源是否符合仪器的要求；

(4) 测试时要注意防止继电保护系统的电源混入仪器的工作电源；

(5) 测试时要注意仪器仪表的输出容量防止仪器过载。

4. 其他措施

还应采取必要措施，防止因调试工作而影响其他相关运行设备的正常工作。在运行中的变电站调试应特别注意采取正确的方法，隔离运行设备与被测设备，防止因设备调试造成运行设备的误动、损坏或影响变电站的正常监控工作。在调试前应采取退出出口压板、投入检修压板、投入设备位置强制压板等技术措施，防止被测设备的信息变化影响运行中设备的正常共组，如：

(1) 退出停运调试间隔（单元）智能终端的“跳闸出口”、“合闸出口”压板；

(2) 退出停运调试间隔保护的“启动失灵”、“解除失灵保护复合电压闭锁”“闭锁重合闸”“闭锁备自投”等软压板；

(3) 退出运行中母线（失灵）保护装置与停运调试设备有关的“SV 通道接收/发送”压板、“GOOSE 通道接收/发送”压板等；

(4) 投入母线（失灵）保护装置中与停运间隔（单元）刀闸（断路器）位置相关的位置强制置位压板；

(5) 在监控系统后台，投入停运调试间隔（单元）的“检修状态”，防止调试过程中信息频繁变化影响变电站正常监控和操作。

三、调试前准备

调试前应根据变电站现场的设备配置情况，做好仪器仪表、工器具、技术资料的准备工作。

1. 仪器仪表准备

应根据智能变电站的设备配置情况选择合适且充足的仪器仪表，常见的

调试仪器见表 1-1。

表 1-1 常见的调试仪器

| 序号 | 设备名称 | 技术要求 | 备注 |
|----|-------------|---|----|
| 1 | 数字化继电保护测试仪 | 具备 SV、GOOSE、标准 FT3、模拟量小信号、硬接点信号的输出及接收分析功能 | |
| 2 | 报文分析设备 | 能分析 GOOSE、SV、PTP、MMS 报文，有统计分析功能 | |
| 3 | 标准光源和光功率计 | 测试光纤通道衰耗 | |
| 4 | 光衰耗器 | 显示精度 0.01dB，调节步长小于或等于 0.1dB | |
| 5 | 常规继电保护测试仪 | 3 路模拟电压/6 路模拟电流输出 | |
| 6 | 合并单元测试仪 | 可测试模拟量输入合并单元的暂态、稳态特性，包括绝对延时、比差、角差、复合误差 | |
| 7 | 数字式故障录波器 | 具备数字量录波及网络报文分析记录功能 | |
| 8 | 时间同步系统测试仪 | 时钟测试工具应具备各种时钟信号进行精度测试的能力 | |
| 9 | 以太网性能测试仪 | 具备满足 100M/1000M 光口/电口交换机测试要求 | |
| 10 | 电子式互感器综合校验仪 | 能够对 9-2、FT3 及标准模拟量进行角差、比差、复合误差、绝对延时测试 | |
| 11 | 标准电压互感器 | 精度达到 0.5 级 | |
| 12 | 标准电流互感器 | 精度达到 0.5 级 | |
| 13 | 试验变压器 | 输出电压达到 120kV | |
| 14 | 大电流发生器 | 短路电流能达到 1000A，负载电流能达到 800A | |

2. 调试工器具及技术资料准备

应根据智能变电站的设备配置情况选择合适且充足的工器具及技术资料，如：

- (1) 安全工器具：安全带、安全帽、绝缘手套、绝缘垫、仪器接地线；
- (2) 调试工器具：螺丝刀、尖嘴钳、剥线钳、斜口钳、扎带、试验线、电源盘、各种型号接口的跳纤、符合现场需求的通信线或网线、光猫等；
- (3) 软件工具：各智能设备或组建配置文件读取软件工具、报文抓取解析工具、SCD 查阅工具、交换机配置读取工具等。

(4) 技术资料：电气二次图纸、智能设备说明书、试验记录表、与实际相符的全站网络配置文件（SCD）、站控层/过程层五防策略文件、过程层网

路图、光缆熔接图、网络数据流图、全站配置地址分配表（包括 GOOSE 配置表、SV 配置表、Vlan 配置表）、过程层设备至保护装置和保护装置至过程设备的参数分配表等技术资料。

3. 技术信息的收集

对于新建智能变电站，在开始调试前应提前调研，确认变电站具备现场调试条件。一般来说，智能变电站继电保护系统调试工作应在全站系统配置文件（SCD）的制作、全站各智能设备的配置文件的下装、全站光缆的熔接和标示、各智能组件（IDE）的跳纤连接及标示、过程层网络 Vlan 的配置、监控系统数据库制作、远动通道的安装与调试、调度端和监控中心端数据库制作等关键工作完成之后，在全站继电保护系统各组件通信正常，无异常报警的情况下才能开展。因此在调试前应特别关注相关技术文件及重要设备配置信息的收集和整理，在信息收集的基础上确定调试设备的数量、调试工作量、调试工器具的需求、人员需求及工作计划等。

对于运行智能变电站改（扩）建工程及例行检验调试，继电保护系统的调试工作应在待调试间隔或单元高压设备停电操作后，工作票许可且做好被测设备与运行设备的隔离措施后才能进行。在调试前应重点关注运行中继电保护设备的信息交互情况和压板配置情况，在充分掌握运行中设备配置信息的前提下确定合理正确的设备隔离措施。

在调试过程中要注意各种一、二次设备异常信息的收集整理，为智能告警策略文件的完善积累信息。工程移交时还要注意全站系统配置文件（SCD）、智能设备的配置文件、过程层网络 Vlan、监控系统数据库等电子信息的收集和整理，为今后的故障处理和例行检验收集必要的技术资料。

4. 合理安排调试流程

智能变电站继电保护系统现场调试可分为设备单体调试和系统调试两部分。装置单体调试重点调试或检查单个装置的软件配置、动作行为、电气性能等技术指标；系统调试重点检查继电保护整个系统的配置正确性、二次虚端子连线正确性、系统正常及异常状态下的动作行为等。鉴于目前尚无权威发布流程图，做好智能变电站继电保护系统的调试工作可以参考下列流程进行，如图 1-1 所示。

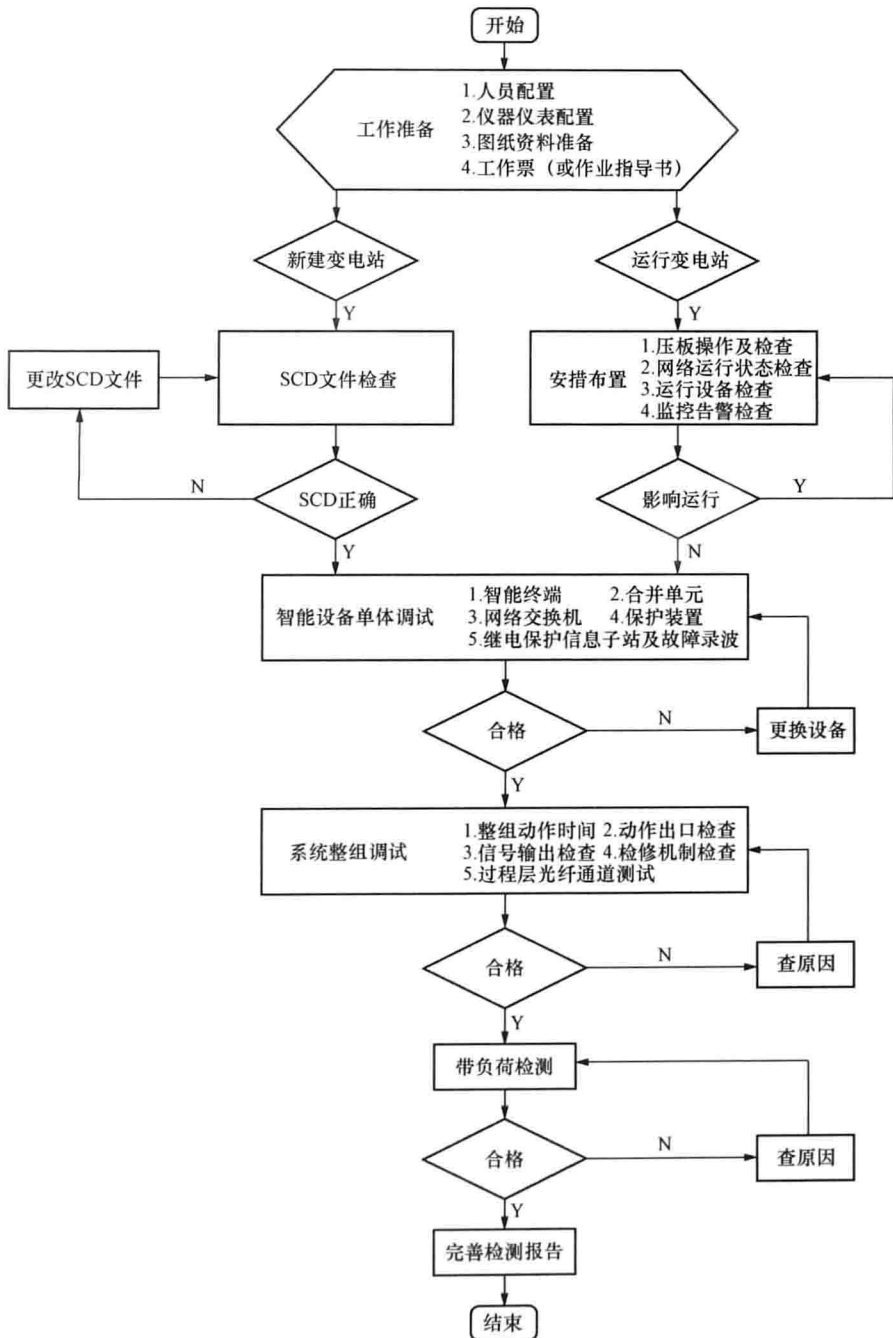


图 1-1 调试参考流程图

智能变电站智能终端现场调试

智能终端装置是智能变电站继电保护系统的核心设备之一，它肩负着继电保护装置开入量信息的采集和转换、保护装置跳闸命令的转换以及断路器操作继电器箱等重要功能，因此智能终端装置的工作的可靠性直接影响保护装置的正常工作及跳闸。参照河南省电力公司《继电保护及安全自动装置检验规程（试行）》及相关技术资料，智能终端装置主要的调试项目有“外观及接线检查”“绝缘测试”“上电检查”“配置文件检查”“光纤链路检查”“GOOSE 开入/开出检查”“动作时间调试”“SOE 精度调试”“检修压板闭锁功能检查”“异常告警功能检查”“断路器本体功能调试”“联调试验”“反措实施情况检查”等多项调试项目，由于“外观及接线检查”“绝缘测试”“上电检查”“断路器本体功能调试”“联调试验”“反措实施情况检查”等项目调试方法与传统综合自动化变电站继电保护的调试方法类似，限于篇幅不再赘述，本章以许继 DBU-814 智能终端为例，重点介绍“配置文件检查”“光纤链路检查”“GOOSE 开入/开出检查”“动作时间调试”“检修压板闭锁功能检查”“异常告警功能检查”等 6 项与传统综合自动化变电站继电保护的调试方法有明显区别，并具有显著数字化技术特色的项目。

智能终端装置的调试项目较多，工作量较大，为了提高调试效率，在进行本章所述的调试项目时，可参考图 2-1，根据调试项目的仪器使用和操作过程的类似性，将部分项目并行实施。

第一节 智能终端配置文件检查

一、调试的意义及目的

智能变电站继电保护系统设备在安装配置过程包括系统集成商进行系统

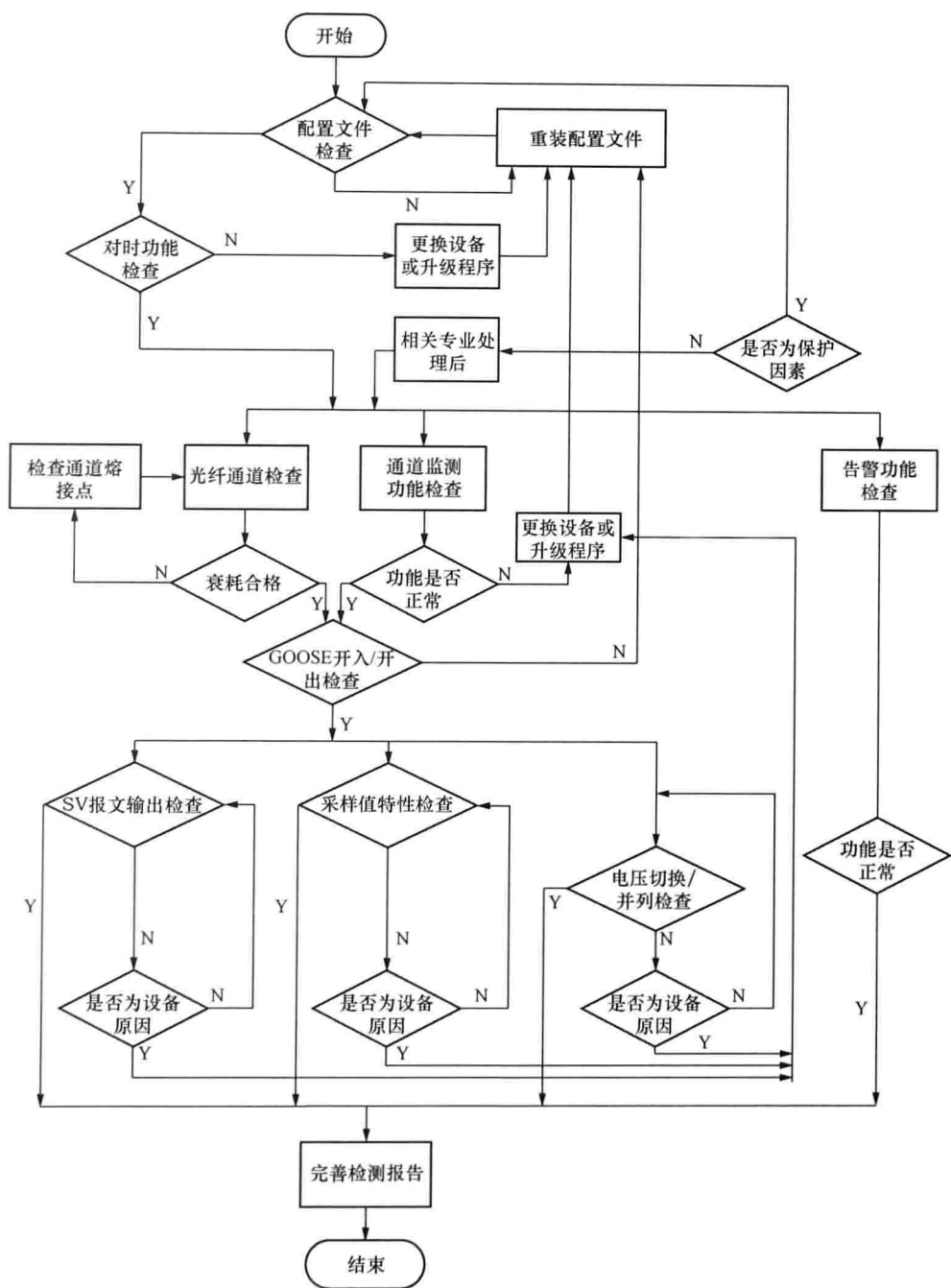


图 2-1 智能终端现场调试参考流程