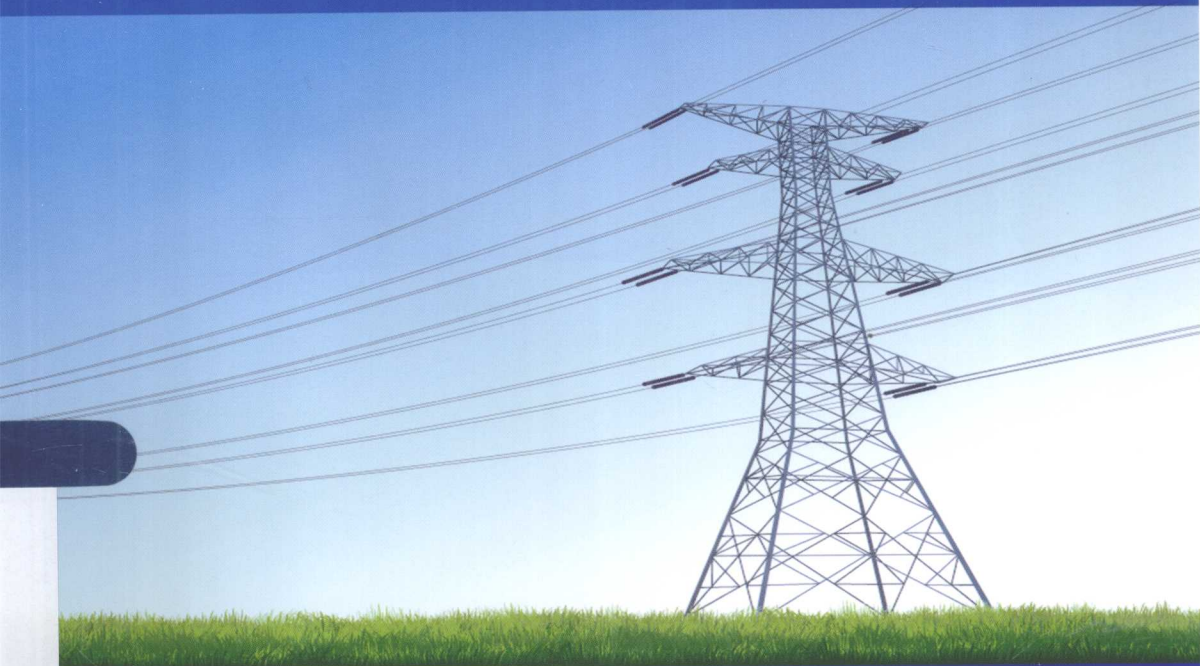


王世祥 主编

变电站继电保护 运行维护实用指南



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

014037864

TM77-62
07

王世祥 主编

变电站继电保护 运行维护实用指南



TM77-62

07



中国电力出版社



北航

C1725995

内 容 提 要

本书详尽地讲解了变电站继电保护运行维护的实用知识, 主要内容包括继电保护工作介绍、继电保护工作常用仪器仪表及其现场应用、电气主接线方式与继电保护配置、保护及二次回路基本知识、保护装置及二次回路调试验收、继电保护现场缺陷分析与处理、继电保护动作录波图识读、变电站继电保护工作票及二次安全技术措施单、继电保护防“三误”事故措施、电网继电保护反事故措施选编等。

本书力求理论联系实际, 内容与现场紧密结合, 由浅入深, 图文并茂, 有助于继电保护人员特别是新入职人员快速领会和掌握继电保护的工作流程和基本方法, 有助于提高继电保护培训的效果, 可作为变电站继电保护运行维护实用指南, 亦可作为电力职工的培训教材及自学参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

变电站继电保护运行维护实用指南/王世祥主编. —北京:
中国电力出版社, 2013. 12

ISBN 978-7-5123-5355-8

I. ①变… II. ①王… III. ①变电所-继电保护-指南
IV. ①TM77-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 300113 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>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2013 年 12 月第一版 2013 年 12 月北京第一次印刷
710 毫米×980 毫米 16 开本 13.25 印张 236 千字
印数 0001—3000 册 定价 48.00 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

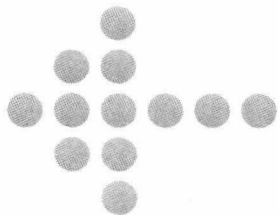
版权专有 翻印必究

审 定 委 员 会

顾 问	赵曼勇	胡子珩		
主任委员	周红阳	刘之尧	黄明辉	
副主任委员	王 玮	徐旭辉	李林发	马镇威
审委委员	吴海涛	詹勤辉	李 艳	张胜宝
	刘顺桂	黄福全	汪楨子	王 炼
	代尚林	巩俊强	李正红	高永强

编 写 委 员 会

主 编	王世祥			
参 编	钱 敏	高柳明	周 陵	谷 斌
	宋 华	车向北	宋传盼	郭松伟
	王秀菊	陈祎亮	刘惠聪	刘振宗
	王志坚	付 威	晏 离	周 贺
	胡慧贞	修荣堃	王 江	羊积令
	乔中伟	厉 冰	唐建宇	邓 鑫



前 言

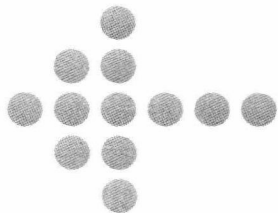
继电保护是电网安全稳定运行的“静静哨兵”。电网正常运行时，继电保护装置实时监控设备及系统状态；电网异常或故障时，继电保护装置必须迅速做出反应，确保一次设备安全，避免故障范围进一步扩大。保证继电保护设备及其二次回路的完好性与正确性，是确保电网设备正常运行的关键，也是电力系统继电保护运行维护工作的主要内容。继电保护技术要求高、设备种类多、二次回路复杂、工作危险点多、风险控制难度大，给现场运行维护工作带来了很大的困难。目前，系统讲解继电保护运行维护的实用指导书比较少，工作在生产一线的继电保护维护人员如何快速掌握运行维护的基本技能和标准化操作方法，以及如何做好风险控制和防范，已成为继电保护专业培训的关注点。

本书是在总结多年现场工作及培训经验的基础上编写而成的，旨在快速提高继电保护人员的运行维护技能，使其快速掌握继电保护专业运行维护工作的规范流程和方法，有效控制继电保护的运行维护风险。本书结合大量现场实际情况，分析了继电保护专业人员在现场运行维护工作中需要开展的工作和可能遇到的实际问题，讲解了继电保护人员需要掌握的岗位技能，有助于现场运行维护人员特别是新入职人员快速入门、提升技能水平。

本书由深圳供电局有限公司的王世祥同志主编，参加编写的还有深圳供电局有限公司的钱敏等 24 位同志。在本书的编辑及出版过程中，得到了许多领导和专家的指导和帮助，在此谨表示衷心的感谢。本书仅从继电保护运行维护实用技能的快速入门出发，主要来源于现场的工作经验，加之编者水平有限，不妥之处在所难免，恳请各位专家及读者批评指正。

编 者

2013 年 8 月



目 录

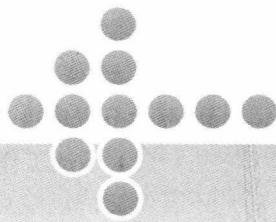
前言

1	继电保护工作介绍	1
1.1	概述	1
1.2	工作流程	1
1.3	保护定检	3
1.4	工程验收	5
1.5	缺陷消除	6
1.6	定值执行	6
1.7	事故处理	7
1.8	日常巡视	7
	本章思考题	7
2	继电保护工作常用仪器仪表及其现场应用	9
2.1	概述	9
2.2	万用表	10
2.3	绝缘电阻表	15
2.4	钳型相位表	18
2.5	光功率计	20
2.6	保护测试仪	22
2.7	螺钉旋具	28
	本章思考题	30
3	电气主接线方式与继电保护配置	31
3.1	概述	31
3.2	电气主接线方式	32
3.3	继电保护配置	39
	本章思考题	43

4	保护及二次回路基本知识	44
4.1	概述	44
4.2	测控装置回路	44
4.3	保护装置回路	53
4.4	操作箱回路	58
4.5	断路器机构控制回路	67
	本章思考题	71
5	保护装置及二次回路调试验收	72
5.1	概述	72
5.2	保护回路验收	72
5.3	保护装置功能调试	77
5.4	相关二次回路验收	83
5.5	光纤通道验收	85
5.6	设备投产前保护定值执行	86
5.7	设备投产前检查及投产	89
	本章思考题	90
6	继电保护现场缺陷分析与处理	91
6.1	概述	91
6.2	缺陷分析与基本处理方法	92
6.3	缺陷分析与处理实例	97
6.4	缺陷信息归结案例	106
	本章思考题	110
7	继电保护动作录波图识读	111
7.1	概述	111
7.2	线路故障保护动作录波图识读	112
7.3	母线故障保护动作录波图识读	120
7.4	主变压器故障保护动作录波图识读	125
7.5	电力系统常见非正弦电气波形图识读	130
7.6	保护动作录波信息归结案例	133
	本章思考题	136

8	变电站继电保护工作票及二次安全技术措施单	137
8.1	概述	137
8.2	工作票填写常用术语和定义	137
8.3	工作票的选用	139
8.4	工作票填写说明	140
8.5	工作票填写实例	145
8.6	二次安全技术措施单填写	154
8.7	变电站继电保护工作票填写常见错误及原因	159
	本章思考题	161
9	继电保护防“三误”事故措施	162
9.1	概述	162
9.2	误碰类事故	162
9.3	误接/误拆线类事故	168
9.4	误整定类事故	174
	本章思考题	181
10	电网继电保护反事故措施选编	182
10.1	220kV 及以上系统变压器断路器失灵应联跳变压器各 侧断路器	182
10.2	双重化配置重合闸配合原理及二次回路设计要求	186
10.3	电压切换继电器同时动作信号应采用双位置继 电器触点	187
10.4	母差(失灵)保护判别母线运行方式的开关量的 使用要求	190
10.5	220kV 线路保护“远方跳闸”和“其他保护动作停信” 回路规范	192
10.6	220kV 及以上电压等级的断路器均应具备断路器本体 三相不一致保护	192
10.7	500kV 厂(站) 3/2 断路器接线应配置双侧电流 互感器	193
10.8	220kV 与 110kV 变压器中性点接地方式安排与间隙 保护配置及整定	193

10.9 220kV 及 110kV 系统 P 级电流互感器的选型	
要求	196
10.10 变压器非电气量保护	198
本章思考题	199
参考文献	200



1



继电保护工作介绍

1.1 概 述

了解继电保护工作的各项内容及其基本流程，有利于新员工快速进入继电保护工这个角色。

变电站继电保护工作的内容包括变电站的继电保护、安全自动装置、相关二次设备及二次回路的维护管理等，有些供电单位的继电保护工作还包括站内电源系统、变电站自动化系统及相关二次设备的维护管理。按照工作内容的不同，变电站继电保护工作大致可分为保护定检、工程验收、缺陷消除、定值执行、故障分析、日常巡视等几大类。保护定检的全称是保护定期检验，主要是根据检验规程规定的周期和项目对二次设备进行检验，有时在定检的过程中还会执行新颁布的反事故措施（简称反措）；工程验收的全称是工程验收检验，主要是在新安装的一次设备投运前或在现有的一次设备上投入新安装的二次设备前的检验；消缺的全称是消除缺陷，主要是在设备运行中出现了异常或故障后进行的处理工作；定值执行主要是根据调度部门下发的继电保护或安全自动装置定值单进行装置定值的输入整理；日常巡视工作指的是专业巡视，区别于运行人员的日常巡视，通过专业巡视实现设备的状态检修，为设备定检、维护提供数据参考。

1.2 工 作 流 程

虽然继电保护工作有若干类，但其工作流程大体一致，如图 1-1 所示。下

面对整个流程进行介绍：

(1) 下达工作任务。班长（或者专责）向工作班组派发工作任务，部分工作还需要交待危险点和控制措施等，具体形式可以是当面、短信、电话或者书面通知。

(2) 准备工作。工作负责人在收到工作任务后需要组织工作班成员完成准备工作，包括填写工作票，准备所需的图纸资料、作业指导书、仪器仪表和工具，部分工作还需要准备备品备件。

(3) 召开工前会。工前会由工作负责人向工作班成员介绍本次工作的内容、工作时间、工作地点、工作分工、满足工作所需的一次和二次设备状态及本次工作的风险点和注意事项。

(4) 检查安全措施。主要是工作票许可人对工作负责人的安全技术交底，确认工作票中所提出的一次、二次设备状态已满足工作需要。检查一次设备状态，如断路器、隔离开关、接地开关的状态是否满足工作要求，相邻运行设备的带电距离是否足够，对应的围栏、红布帘、标示牌设置是否到位；二次设备状态，连接片的投退、空气开关的投断及转换开关的位置等是否正确。安全措施主要是为了保障工作班成员不触电，以及工作过程中不影响其他运行设备。

(5) 履行工作票许可手续。工作负责人和工作许可人在确认工作条件满足后，双方需要在工作票上签名。此外，工作负责人还需将检查结果向本工作班组成员说明。

(6) 执行二次安全措施。该步骤要根据不同的工作来决定，在工作票填写时需确认是否需要执行二次安全措施。这里的措施主要是对工作票中的措施的补充，是工作中需要满足而又无法由工作票许可人操作的。例如，在测量电流回路绝缘前，需解开接地点。

(7) 现场作业。此时才进入工作正题，若是定检工作则需对装置及回路进行检验，若是消缺工作则需根据现象查找原因，该步骤的具体内容将在后面详细讲解。

(8) 恢复二次安全措施。该步骤与（6）相对应，若之前没有执行二次安全措施，则此处不用恢复安全措施。

(9) 确认设备已恢复到工作前状态。该步骤主要检查设备有无信号未复归、空气开关是否已按开工前投退，确保设备已恢复到工作前状态。

(10) 清理工作现场。保证工作现场整洁，避免遗漏工器具、图纸资料、杂物等。

(11) 填写工作记录。将此次工作的内容及结果记录在二次设备维护记录本上，并告知运行人员。

(12) 履行工作票终结手续。运行人员确认工作结果后，办理工作票终结手续。

(13) 向班长汇报工作结果。

(14) 资料归档。将此次工作的试验数据、工作记录进行归档，对有设备变更的还需更新设备台账。

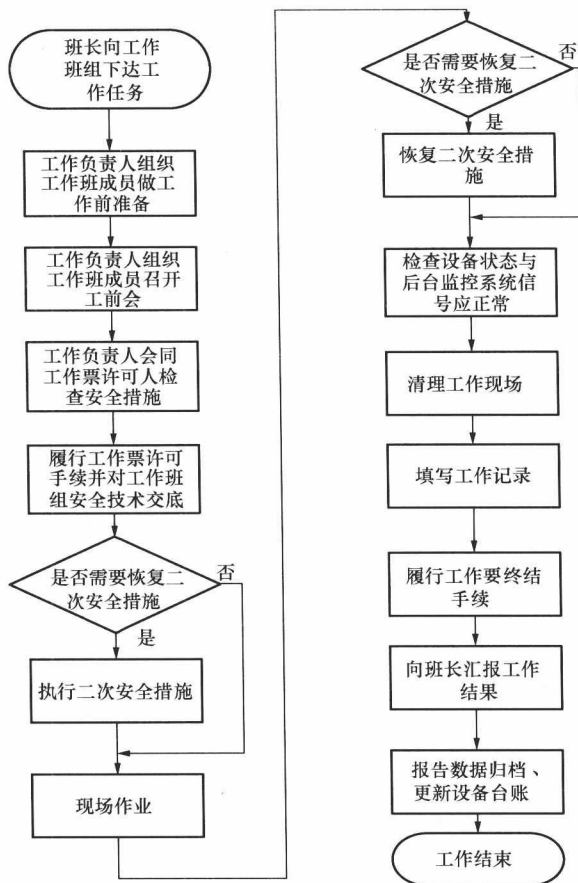


图 1-1 继电保护工作流程

1.3 保护定检

保护定检工作根据检验项目的不同可以分为全部检验（简称全检）、部分检验（简称部检），以及用装置进行断路器跳、合闸试验等。根据 DL/T 995—

2006《继电保护和电网安全自动化装置检验规程》的要求，新安装的装置在投运后一年内必须进行第一次全检，之后微型装置和保护通道每6年进行一次全检、每2~3年进行一次部检；非微型装置每4年进行一次全检、每年进行一次部检。设备运行过程中若出现较差状况或暴露出需要予以监督的缺陷，可以考虑适当地缩短部检周期。

各供电单位已逐步将继电保护装置更换为微型型，设备厂商也基本不再生产非微型型保护装置。微型型保护装置具有较强的“自检”功能，所以定检要着重检验“自检”功能无法检验的项目。主要有以下几个方面：

(1) 二次回路检验。二次回路的检验在整个检验中非常重要，设备在实际运行中因二次回路引起的缺陷占绝大部分，其主要故障有二次接线错接、二次接线松脱、二次接线虚接等。该项工作虽然简单、枯燥，但却非常有成效。二次回路检验的主要项目有绝缘检查、回路寄生检查、回路接地检查及回路功能性检查。

(2) 屏柜及装置检验。设备缺陷的另外一部分原因主要是装置硬件损坏，所以定检的另一项重点工作就是对装置硬件的检验。主要检查装置内、外部是否清洁无积尘；检查装置插件印刷电路板是否有损坏或变形，连线是否连接良好；检查装置元件是否焊接好，芯片是否插紧；检查装置背板配线是否连接良好等。装置通电后，应能正常工作，且显示的装置的硬件和软件版本号、校验码等信息符合要求，装置开关量的输入回路及输出回路正确。

(3) 装置整定值检验。该项检验是按定值通知单上的整定项目，依据装置说明书或制造商推荐的试验方法，对保护的每一功能元件进行逐一检验。

(4) 保护通道检验。需要采集多端数据的保护装置一般都有保护通道及其配套设备，例如，线路保护的光纤通道。保护通道是保护的重要组成部分，在定检中需对其进行检验。保护通道的检验主要有：测量通道的传输衰耗，通过测量通道两侧的收发电平来判断其是否满足要求；测量通道的误码率和传输时间，若其超过规定值，将会引起保护装置的不正确动作，当前主要规程中要求误码率不超过 10^{-7} 。

(5) 整组试验。做完每套保护（元件）的单独检验后，需要统一对被保护设备的所有保护装置进行整组试验，以校验各装置及重合闸的动作情况和保护回路设计的正确性及其调试质量。试验方法为：在装置外部通入电流和加上电压，完全模拟一次系统的区内、区外故障，查看保护装置动作情况及断路器动作情况。对于母线差动保护、失灵保护及电网安全自动装置的整组试验，定检时允许用导通方法验证每一断路器接线的正确性。一般情况下，母线差动保护、失灵保护及电网安全自动装置回路的设计及接线的正确性，要根据每一项检验结果（尤其是

电流、电压的极性关系)及保护本身的相互动作检验结果来判断。

1.4 工程验收

验收工作主要在新安装的一次设备投入运行前或者在现有的一次设备上安装二次设备投入运行前进行。由于验收是设备投入运行前最关键的一个环节,同时设备在投入运行前具有较好的检验条件,如母线差动保护在验收时可以带断路器传动,所以其验收的项目比定检的项目更多、更细致。设备投入运行前进行细致周密的验收检验工作,能及时处理工程实施中存在的错误和缺陷,大大减少运行中的缺陷量,提升继电保护装置的可靠性。

下面就验收要做的一些检验项目进行说明,并对较前面定检项目增加的内容进行补充。

(1) 电流、电压互感器检验。检验的具体项目包括:所有绕组的极性(这里所有电流、电压互感器基本相同,大部分保护装置均需要明确的电流、电压互感器极性以进行方向性的判别),绕组的分布是否合理、有无死区,各绕组的准确级及容量是否满足要求等。电流互感器一般需要测量各绕组的伏安特性、内阻和负载阻抗。有条件的,还可以自电流互感器(或电压互感器)的一次侧分相通入电流(或电压),检查工作抽头或绕组的变比及回路是否正确。

(2) 二次回路检验。该项目与定检不一样的地方主要是所有的信号必须在源头以实际模拟方式检验,与其他装置有联系的回路在条件允许的情况下也要实际模拟,而不能通过短接接点方式进行检验。

(3) 屏柜及装置检验。该项需要增加逆变电源的检查。定检时只测量额定电压下各级输出的电压值,而验收检验时还需检验直流电源缓慢上升时的自启动性能。具体方法为合上装置逆变电源插件上的电源开关,试验直流电源由零上升至80%额定电压值,此时逆变电源插件面板上的电源指示灯应亮。固定试验直流电源为80%额定电压值时,拉合直流开关,逆变电源应可靠启动。

(4) 装置整定值检验、保护通道检验和整组试验。该部分与定检完全同,不再赘述。

(5) 一次电流及工作电压检验。即带负荷测试,它是通过实际运行的负荷再次检验回路及装置设置是否正确,主要测量电压、电流的幅值及相位关系,用于判断各类保护的差流、功率是否满足要求。对使用电压互感器三次电压或电流互感器零序电流的装置尤其要注意,因为正常情况下电压互感器三次电压或电流互感器零序电流是没有输出的,若回路不正确可能导致故障时保护不能正确动作。

1.5 缺陷消除

设备在运行过程中难免会出现异常或故障，为了确保电网的正常运行，防止事故范围的扩大，需要对异常或故障进行及时处理，这类工作统称为消缺工作。缺陷按照严重程度可划分为紧急缺陷、重大缺陷、一般缺陷。紧急缺陷主要指装置及其二次回路存在的缺陷，这些缺陷会对人身安全造成威胁，影响一次设备运行，导致保护不正确动作，还会使设备失去主保护；重大缺陷指装置及其二次回路发生异常状态，可能导致不正确动作，严重威胁电网安全运行，必须立即着手处理的缺陷；剩余的均属于一般缺陷。不同等级的缺陷要求处理的时限也不一样。

设备缺陷的现象千差万别，实际的处理过程难以形成固定的流程和方法，但总体步骤大致可分为三步。

(1) 收集缺陷现象。不同类型的缺陷会有不同的缺陷现象，即使同一类型缺陷在不同运行环境下，如一次运行方式不同，也会有不同的现象，所以收集缺陷现象越多就越有利于后面的原因分析。

(2) 分析缺陷原因。该步骤是整个缺陷处理中最难的也是最关键的。有些缺陷的现象很少，而且有些现象还是干扰信息，所以需要对所有现象进行综合判断。这就要求处理者对整个装置的原理及二次回路的构成相当熟悉，同时还要有一定的经验积累。

(3) 提出控制措施。在判断出缺陷原因后需提出对应的控制措施，对更换备品备件或者变更二次回路就能消除的，应及时处理；对不能立即处理的，应采取必要的措施，防止缺陷继续发展，避免可能带来的不良后果。

1.6 定值执行

定值执行是依据保护定值通知单对保护装置、电网安全自动装置进行参数设置，该工作是继电保护中最常见的，也是最简单的工作，同时也是最容易出错的工作。继电保护中的“三误”之一就是“误整定”。为杜绝“误整定”，定值执行工作应注意以下事项：

(1) 检查保护定值通知单的完整性。这是在收到保护定值通知单后首先要做的工作，主要检查保护定值通知单中保护设备参数是否与现场一致，避免将其他设备的保护定值通知单整定到本装置。检查字迹是否清晰，若字迹模糊不清应当立即联系整定计算人进行核实；检查保护定值通知单的项目与装置是否对应、一

致，杜绝出现漏整定；检查整定计算人等签名是否齐全，确保保护定值通知单已是完成审批流程的可执行定值单。

(2) 定值执行后的校核。定值执行后的校核是将保护装置执行后的打印定值与保护定值通知单进行校核，确保二者完全一致。同时，对已执行过保护定值通知单的还需将新旧保护定值通知单进行比对，确认更改项目与本次定值执行原因相符。

(3) 定值执行后的归档与反馈。定值执行后，执行人、校核人等需要在保护定值通知单和定值回执单上签名确认，记录所执行的单号、执行结果等。对于定值执行中存在的问题还应及时反馈，以便调度部门及时更正。

1.7 事故处理

事故处理是系统出现设备跳闸后进行的一系列分析和处理工作。事故处理的一般原则为先快速复电再查找故障原因。事故处理过程中，继电保护人员需要尽快到达现场，收集所有保护动作信息，包括保护动作报告、其他保护启动报告、保护动作指示灯、故障录波报告、监控后台 SOE 等，综合所有信息初步判断保护动作是否正确，提供所有信息及参考意见给相关部门及专业，以便快速判断故障点位置，决策如何快速复电。事故处理完成后，继保人员还需要在规定的时间内上报正式的保护动作分析报告，对保护不正确动作的，需调查其详细原因，并对问题提出整改措施，对同类型设备进行排查。

1.8 日常巡视

日常巡视主要是通过目测或一些简单的测量来判断设备的运行状况。继电保护的日常巡视有别于运行的日常巡视，其更加注重保护及二次回路的运行状况分析，除了查看装置的指示、连接片的投退、空气开关的投断和标示的正确与否外，还需要查看装置采样、开入通道是否正确，并对差流等关键数据进行分析，以综合判断设备的运行状况。因此，在巡视过程中应做到对任何异常都不放过，一定要深究其原因，争取做到早发现、早预防、早解决。

本章思考题

1. 继电保护工作流程有哪些基本步骤？
2. 保护定检工作根据检验项目的不同可以分为哪些？

3. 保护定检工作重点检查哪些内容?
4. 继电保护缺陷消除总体可分为哪些步骤?
5. 为杜绝“误整定”，定值执行工作的注意事项有哪些?
6. 继电保护事故处理的一般原则是什么?
7. 巡视工作的主要内容是什么?
8. 继电保护工作还应注意哪些方面?