

DOI: 10.7667/PSPC151929

供电企业检修运维班组工作量评估方法研究

陈海涵

(广东电网有限责任公司, 广东 广州 510600)

摘要: 我国电力行业尚无电网检修运维的配套班组定额。基于企业生产业务工作量评估需求, 以合理外委生产业务工作量, 有必要开展电网检修运维班组工作量评估方法研究。以作业任务的具体工序为最小单元模块, 合理测算检修、试验、运行维护项目(作业)和班务工作各工序人工消耗量, 形成电网检修运维班组定额, 并结合设备台账信息, 应用班组定额, 设计工作量评估算法。以某供电局为例, 统计分析全年变电和输电业务工作量, 并具体以继电保护班工作量以及以某主变保护消缺项目为例进行工作量合理性分析。案例证明, 该方法可为供电企业统计已完年度生产业务工作量, 评估外委比例和预测年度生产业务工作量提供工具。

关键词: 检修; 运行维护; 班组; 工作量; 继电保护

Research on team workload assessment of overhaul and maintenance operation of power supply enterprise

CHEN Haihan

(Guangdong Power Grid Corporation, Guangzhou 510600, China)

Abstract: There exists no supportive team quota of power grid overhaul & operation and maintenance in China power industry. Based on production workload assessment which power supply enterprise needs, it is necessary to carry out the team workload assessment method so as to entrust a reasonable workload of production business. This paper considers the specific process of tasks as the smallest unit modules, estimates manual consumption of each process for overhaul, testing, operation and maintenance and class work in reason to form a team quota. And combining equipment account information, this paper applies team quota, designs workload assessment algorithms, statistics substation and transmission production business workload yearly, and carries out reasonable workload analysis of the relay team, a main transformer protection eliminating defects project is used as a specific example. This example shows that the method can provide a tool for power supply enterprises with gathering the completed production business workload yearly, assessing the proportion of entrustment, and forecasting production business workload.

Key words: overhaul; operation and maintenance; team; workload; relay

0 引言

电力行业基本建设班组定额在八十年代初由原电力部组织, 抽调行业内专家队伍进行大范围修订, 形成1981年版《施工班组定额》。近年来, 随着施工工艺和设备材料不断更新、管理工作加强、电力体制改革深化, 预算定额与概算定额以81版《施工班组定额》为基础经过近7次修编调整, 尽管如此, 施工班组定额本身至今也未再次修编。而在生产检修运维领域, 定额管理更为滞后, 中国电力企业联合会于2008年委托广东电网公司编制完成《电网检

修工程预算定额与费用计算标准》, 2010年由国家能源局批准颁发, 正式成为行业检修运维的计价依据^[1]。

随着电网企业由传统的粗放式管理逐渐向精细化管理深化, 标准化管理意识的加强, 企业逐渐意识到定额管理的重要性, 国内检修运维先进管理单位之一的上海电力公司从2005年实行精益化生产管理, 按照检修运维“五步法”即准备、诊断、方案设计、计划实施和固化完善系统开展公司精益生产体系建设, 将班组人员的工作量进行打分, 并与绩效挂钩进行考核, 并委托埃森哲咨询公司编制完

成生产运维作业标准成本, 归集人材机消耗量, 形成企业生产业务标准作业成本, 量化了人工工作量^[2]。大连电力公司按照国家电网公司建立统一标准成本体系的工作部署, 在电网检修运维和运营管理方面参照《国家电网公司电网检修运维和运营管理成本标准(试行)》, 按照“调控成本总量、监控业务分项、严格标准体系、实现集约高效”的总体要求, 以作业标准和动因分析为基础, 对公司生产经营活动的资源耗用状况进行定性定量分析^[3]。无论是上海电力公司还是大连电力公司, 均以实现企业标准化和集约化管理为最终目的, 按照作业标准成本对各活动的资源消耗量作定量统计分析。佛山供电局以标准化作业表单代表班组工作任务, 综合平均工时、平均用工人数、风险度等因素、集体工作的分配、岗位岗级不同, 建立起工作量计算模型^[4], 该模型主要用于班组绩效考核。而纵观设备检修运维领域, 目前更多的是在设备状态检修、运维方法以及状态监测信息数据的评估方法等方面开展研究, 设备状态检修、运维方法方面, 如基于保信系统的继电保护状态评价系统, 包括实现可行性、评价规则、实现方法、流程、预警机制及实际应用情况等方面^[5], 基于可靠性评估模型和综合风险的基础上的继电保护系统状态检修方法^[6], 计及融冰因素的输电线路故障概率计算方法^[7], 基于概率神经网络的高压断路器故障诊断方法^[8], 基于可视化技术、智能告警、故障诊断和状态评估等的智能电网二次设备运维关键技术^[9], 一种综合考虑可靠性与经济性的变压器检修方案优选方法^[10], 基于模糊熵权 Vague 集的配电网检修决策方案^[11]; 状态监测信息数据的评估方法方面, 如基于统一数据结构的输变电设备状态监测平台技术^[12], 基于实时大数据处理技术的设备状态监测技术^[13], 基于大数据的配电网运行和设备监测技术^[14]。这些新技术新方案的应用也必将推动后续设备检修运维工艺水平的提升, 从而提高定额水平, 达到降本增效。

上述电网企业已经在生产成本管理方面做了一些工作, 在设备状态检修方面做了方法论的研究, 可为后续定额编制提供了检修运维工艺上的参考, 但目前, 我国电力行业尚无电网检修运维等生产项目的配套班组定额的情形仍未改变。而为合理评价企业生产业务工作量, 需一套班组定额, 用以量化明确生产业务和外委工作量, 为合理下达工作任务提供量化与计算工具及决策依据。同时, 为提高企

业管理水平, 也需一套企业定额, 用以促进企业改进现有工艺, 推广先进施工技术, 合理配置各项资源, 降本增效。因此, 基于目前国内现状和企业实际需求, 有必要开展电网检修运维班组工作量评估方法研究工作, 包含班组定额编制及生产业务工作量评估方法研究。不同于《电网检修工程预算定额》, 电网检修运维班组定额子目包含输变配检修、运维、试验检验和班务工作, 几乎涵盖了电网企业生产经营性业务, 其人工消耗量也反映了企业现阶段检修技术水平和组织水平。

1 研究思路和方法

1.1 研究思路

根据人工、机械配备和合理的技术水平、组织水平进行综合分析, 通过现场实测、统计分析和人工神经网络等方法, 合理测算检修、试验、运行维护项目(作业)和班务工作各工序人工消耗量, 并进行定额水平测算, 形成主网电气检修、主网二次检修、主网送电线路检修、配网电气检修、配网线路检修、通信检修、试验检验、运行维护和班务工作生产班组定额, 并根据设备台账信息, 应用班组定额, 设计工作量评估算法, 统计已完年度生产业务工作量, 评估外委比例合理性, 或预测单位年度生产业务工作量。并以某供电局为例, 应用算法, 评估继电保护班工作量以及以主变保护定检项目为例进行相关工作量的澄清说明。

1.2 研究方法

研究可主要采用现场实测、调研座谈、实际资料测算、统计分析、人工神经网络等方法。

① 现场实测: 采用“2+5”方式, 即选取 2 个典型供电企业作为主要实测试点, 同时, 本着增大样本容量, 解决地区差异性问题的目的, 另选取 5 个不同地区供电企业, 依据作业前准备、作业过程和作业终结等三个阶段写实记录实测项目基本信息和各具体工序各工种工时消耗, 并注意对非定额时间和实测收资表单中未列明细节的捕捉和记录。实测项目尽量覆盖各生产业务类别。

② 调研座谈: 针对不适宜现场实测的大修项目和班务工作, 通过设计调研表单或座谈方式收集基础数据。对象包含供电企业项目管理人员、各专业班组人员、施工单位人员和设备厂家等。

③ 实际资料测算: 通过收集 5 个不同地区供电企业的工作票、工作计划和施工方案等实际的历史

资料作为支撑分析材料，合理校验大修项目人工消耗量。

④ 统计分析：依据现场实测、实际历史资料和调研座谈三种方式收集的基础数据群，统计分析同类项目不同地区数据差异性，进行失真分析等，筛选出初始样本。

⑤ 人工神经网络：针对小样本、贫信息、不确定的项目，引入人工神经网络，形成训练样本。通过训练样本来预测输出测试样本的人工消耗量。研究流程具体见图 1 所示。

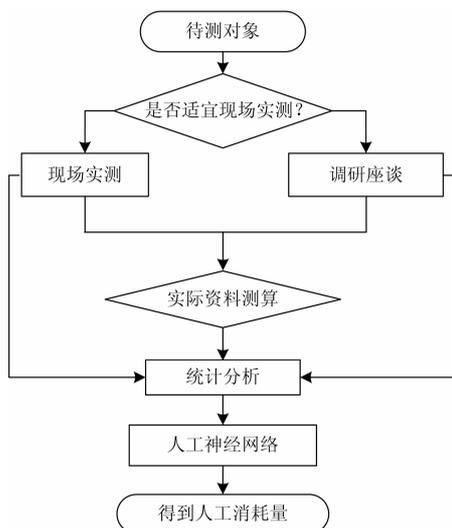


图 1 工作量研究方法及其研究逻辑

Fig. 1 Workload research methods and research logic

2 供电企业检修运维班组工作量评估方法

2.1 项目范围

研究对象涵盖输变配检修、试验、运行维护等专业生产性项目和班务工作等公共部分业务，具体包含以下三类。

① 输变配检修(含大修和日常修理)、试验：主、配网电气、线路检修，通信检修，试验检验等。

② 运行维护：变电和线路日常巡视，特殊巡视，配合验收等。

③ 班务工作：计划管理、安全管理、技术培训管理、作业管理、图纸资料管理、班务管理、工器具管理、绩效管理等。

2.2 定额消耗量水平确定原则

在合理的组织设计、人工和机械配备以及正常工作条件下，按照平均先进水平确定定额人工、材料和机械消耗量，其反映的是现阶段生产班组完成下达的生产任务的技术水平和组织水平，其中人工工日按高级技师工日、技师工日、高级工工日、中

级工工日和初级工工日表现。

① 关于人工：人工按高级技师、技师、高级工、中级工和初级工等 5 个工种配置，定额时间包括基本工作时间和不可避免中断时间等，不包含材料从供货地至仓库运输和班组从出发地至施工现场的往返，办理工作票等均不包含等待时间。

② 关于材料：定额中的材料用量已包括场内运搬损耗、堆放和实施调试过程中的损耗；周转性材料按摊销量计列。

③ 关于机械：本定额中的机械是指属于固定资产的仪器仪表及常规机械。

2.3 定额子目设置原则

按照主网电气、二次、送电线路，配网电气、线路，通信，试验检验，运维和班务工作划分形成 9 册定额，各册定额子目覆盖主网修理、配网修理、试验检验和委托运行维护项目及生产班组一体化工作手册内容等生产经营性项目，各定额子目以一体化作业标准为基础，分解至具体工序(划分为作业前准备、办理相关手续、风险评估、布置安全措施、具体作业过程、清理和恢复现场、结束工作手续、工单和资料录入，若无其中某项工序，则该项工序资源消耗量设为 0)，形成最小单元模块，每一定额子目的各具体工序均有明确的工作内容与其一一对应，各工作内容按照生产班组一体化工作手册规定的标准内容和规程规范设置。具体见表 1，共计 1534 个定额子目。

表 1 电网检修运维班组定额子目

Table 1 Team quota item of overhaul & operation and maintenance

序号	定额子目
第一章	变压器检修
1.1	变压器标准大修
1.1.1	绕组检修
1.1.2	引线及绝缘支架检修
1.1.3	铁芯检修
1.1.4	油箱、储油柜检修
1.1.5	分接开关及操作机构检修
1.1.6	冷却系统检修
1.1.7	套管及套管电流互感器检修
1.1.8	外部导体检修
1.1.9	变压器附带的保护、测量装置、表计检修
1.1.10	接地检修
...	...

2.4 定额表现形式

班组定额表现形式在现行电力行业定额表现形

式的基础上进行了进一步细化,各定额子目细分至具体工序,人工工时消耗量具体细分至各工序各技能等级工种对应的人工工时消耗量,每一具体工序增加了人员基本配置,人工工时消耗量按单人工作时间计列。班组定额表现形式如表 2 所示。

表 2 班组定额表现形式(工作内容)

Table 2 Manifestations of team quota

单位:

定额编号				
项目		工序名称		
		步距		
名称	单位	数量		
基本配置	高级技师	人		
	技师	人		
	高级工	人		
	中级工	人		
	初级工	人		
人工耗时	高级技师	工日		
	技师	工日		
	高级工	工日		
	中级工	工日		
	初级工	工日		
计价材料				
机械	台班			

其中计量单位按最小单元模块——工序设置,每一工序对应一个计量单位,其设置遵循计算简便和准确性原则;由于作业前准备、办理相关手续、风险评估、布置安全措施、清理和恢复现场、结束工作手续、工单和资料录入等 7 道工序不受影响,均以次为单位,作业过程工序应具体结合检修、试验、运维和班务工作特点,归集各工序的影响因素,利用因子分析,找出最主要因素,确定各单元模块计量单位。定额步距的设置按最小单元模块——工序设置,每一工序设置相应的步距,常用的对人工、材料消耗影响大的定额项目步距应小一些,反之步距可大一些;具体根据检修、试验、运维和班务工作特点,明晰人工、材料消耗的主要划分,结合企业特点确定各单元模块步距。

2.5 数据采集

样本数据的采集以现场实测、调研座谈和依据实际资料为主,采取“2+5”的方式,即一方面通过选取 2 个典型供电局作为实测点,对输变配检修、试验、运维项目人工、材料、机械消耗量进行现场实测,以部分当时开展的大修项目、日常修理和运维为主;另一方面,本着增大样本容量,解决地区

差异性问题的目的,从另 5 个不同区域分别选取 1 个供电局和相关外委单位进行现场调研座谈,着重对班组人员配置、检修工艺和工作量进行调研,调研范围包含大修、试验检验、运维和班务工作,并收集各单元模块相同计量规则不同步距下各类基础数据、已实施的检修、试验检验和运维项目作业表单、工作票、检修记录、施工方案、路程记录、分组派工单等历史资料。按照实测、调研和实际资料相结合的方式,形成三类数据:实测数据、经验数据和历史数据。通过 2 家实测点的分阶段实测、9 家单位(含 5 个供电局和 4 家外委单位)的调研座谈,分阶段实测 56 项,分阶段调研和收集历史资料 6 600 份,完成 1 534 个定额子目基础数据的收集。

2.6 数据测算步骤

Step1: 根据分阶段调研和收集的历史资料,按同类项目不同地区不同步距归纳整理各具体工序人工工日,作横向比对,开展数据偏差和失真分析,主要从施工班组技术水平差异性、施工班组的工作经验、熟练程度、施工工艺差异、施工环境的差异性等方面进行分析,进而剔除失真数据,形成初始有效样本;

Step2: 形成初始有效样本后,计算在现场实测、调研和实际资料等三类数据群下同类项目(作业)不同地区相同计量规则下的人工工时消耗量,形成样本向量 P_1 ;

Step3: 计算样本向量 P_1 的均值 μ_1 和标准差 δ ,并剔除 $(\mu_1 - \delta, \mu_1 + \delta)$ 区间外数据,形成样本向量 P_2 ;

Step4: 计算样本向量 P_2 的均值 μ_2 ,样本的项目类型以运维、班务工作以及样本数较大的检修、试验检验为主;地形调整系数综合各地形比例样本和采集的资源消耗量测定,并转换为以平地为主,形成目标向量 T ;对于定额调整系数,分为作业任务和项目的调整系数;对于如绝缘油试验等作业任务的定额不能按工程量进行简单累加时,通过采集的资源消耗量进行综合测算,确定作业任务的调整系数;若某项检修工程为多个作业任务的组合,则对各作业任务按项目进行组合形成典型项目,通过采集的资源消耗量进行综合测算,确定各类型项目的调整系数;

而针对开展较少项目,可能是该类型电压等级较高项目,即小样本、贫信息、不确定的项目,引入人工神经网络,该方法代替了传统的类推比较法和趋势分析法。

Step5: 确定输入层、隐含层和输出层神经元数

分别为：步距数、资源数和步距数，对应向量元素分别为定额步距、资源消耗量和对应工时，其中资源数等于 1+价值量占 95%的材料和机械种类数；

Step6: 采用 BP 网络，使用 P 、 T 对构建的人工神经网络进行训练；

Step7: 当训练误差满足要求后，网络输出值即为项目(作业)定额时间；

Step8: 该样本可作为训练样本，输入电压等级较高项目的测试样本，即可得出输出值。

2.7 生产业务工作量评估算法

生产业务工作量评估可主要应用于两方面：一方面可通过统计已实施工作量，定量评估外委合理性；另一方面可通过应用班组定额，预测年度检修运维工作量，通过比较班组人员数量，确定可外委生产业务工作量比例。评估算法主要由人员配置数量、生产业务(检修、试验、运维项目和班务工作)、班组定额和班组往返路程时间构成。

对于统计已实施工作量，一方面可以评估定额水平，另一方面可以评估生产业务外委合理性，根据该单位当年度已实施的检修、试验和运维任务，通过班组定额测算的班组人员可承担的生产业务工作量、可外委工作量与实际的班组自行承担生产业务工作量和外委业务工作量的比较分析，判定外委业务工作量是否合理。对于班组往返于作业现场时间，可按平均路程时间给定。

对于预估工作量、确定外委比例，一种方法是直接预估各类生产业务工程量，应用班组定额统计工作量，但这种方法工作量大；另一种方法是统计

设备规模，根据周期和缺陷故障率预估工作量，这种方法可作为预估工作量的快速简易方法,通过一定算法可以实现，具体实现步骤如下所述。

Step1: 对于周期性的检修、预试和定检，可查阅规程；对于非周期性任务，统计近几年所有设备投运后的缺陷故障率或年检修概率(年检修概率主要针对不易统计数量的设备，主要针对附件或附属设施)。

Step2: 根据检修、预试、定检周期和设备缺陷故障率(检修概率)，结合设备台账信息，确定年检修运维任务。

Step3: 根据年(月或周)检修试验任务，应用检修运维工作量评估算法，可预估该年(月或周)检修工程工时。结合该单位现有人员配置情况和年度工作日，可分析得出外委比例。

对于 Step1，设备缺陷故障率主要统计设备投运后故障发生次数及其对应的设备数量，主要针对设备台账已经统计或易于统计数量的设备；对于年检修概率，以各类设备为单位，主要统计近几年该类设备附件检修频次。

对于 Step2，以继电保护班全年工作量为例，检修运维任务的确定简要描述如下：统计设备数，以设备类型为单元，按表 3 所示统计该设备装置到期检修、定检数量，可通过设备台账信息直接获取；结合历年缺陷故障率，确定预估工程量；由于划分至工序，除具体的作业过程工序外，其余工序的工作量则通过近几年开具工作票数的平均数与各工序定额时间的乘积确定；运维则按巡视工作原则，按巡视频次和巡视数量确定；班务工作量按工作频次统计。

表 3 继保班生产业务

Table 3 Production business for relay team

	类别			
	检修	运维	定检	班务
	周期性检修、缺陷故障检修			
生 产 业 务	主变保护装置检修	日常巡视	主变保护	计划管理
	线路保护装置检修	特殊巡视	线路保护	安全管理
	母线及失灵保护装置检修		母联保护	技术培训管理
	母联及分段装置保护检修		母线保护	作业管理
	接地变及站变保护装置检修		独立失灵保护	图纸资料管理
	备自投装置检修		安稳装置	班务管理
	异常蓄电池消缺		备自投	工器具管理
	直流感地检查		...	绩效管理
	继保高频通道消缺			
...				

3 应用分析

为验证班组定额编制水平及其实用性，选取某供电局 2012 年变电和输电生产业务，应用班组定额测算 2012 年实际的输变电检修、试验、运维及班务工作量，其中变电部分包含变电检修、变电运维、继保和试验四类业务工作量，输电包含输电所全部生产业务。

应用班组定额可测算出全年生产业务工作量，根据班组人员配置数量 706 人，按照 251 个工作日/年和 8 h/工作日计算，可测算出班组人员可承担的生产业务工作量和可外委工作量；通过测算的班组人员可承担的生产业务工作量和可外委工作量与实际班组自行承担生产业务工作量和外委工作量，可得出两者之间的差额，从而判定外委业务工作量的合理性。测算结果具体见表 4 所示。

表 4 变电和输电生产业务工作量测算结果

Table 4 Workload estimation results of substation and transmission production business

序号	应用班组名称	应用班组定额测算工作量/h	班组人员可承担工作量/h	可外委工作量/h	班组实际自行实施工作量/h	外委工作量/h	外委工作量比例	实际外委生产业务工作量比例	定额测算与实际差额	定额测算与实际外委差额
1	变电	1 300 038	1 130 631	169 407	1 220 762	20 774	13.03%	1.67%	4.5%	-11.36%
2	输电	478 519	289 152	189 367	352 439	108 853	39.57%	23.6%	3.6%	-15.97%

从班组定额应用结果分析，变电相差 4.5%，输电 3.6%，班组定额水平适中；而从定额测算的可承担的外委工作量比例与实际外委工作量比例来看，班组实际自行实施工作量较为饱满，整体是合理的。再具体到继保班业务工作量，继保班 88 人，按班组定额测算的继保班工作量为 197 552 h，实际工作量为 188 594 h，其中定检 44 209 h，检修 105 588 h，巡视 15 552 h，班务工作 25 245 h。按班组人员可承担的工作量为 176 704 h 计，该继保班工作量业务较为饱满，占工作量比例较大的主要为检修和定检类，继保班负责定检设备范围共有 110 kV 以上变电站 144 座，其中 500 kV 电压等级 3 座，220 kV 电压等级 21 座，110 kV 电压等级 120 座。2012 年检修工作含 2 904 项，其中更改保护装置定值 627 次，开关 CT 校核 87 次，备自投装置更改定值 136 次，其余为大修实施以及配合监督工作等。再以其中的某 110 kV 主变保护消缺项目为例，见表 5 所示，#1 主变差动保护装置发生 CPU 插件故障，属重大缺陷，因此实际工作为更换差动装置 CPU 插件并进行部分检验；该主变上次定检时间是 2011 年 12 月，未到试验周期，且当时需尽快处理后恢复主变供电，相应试验项目主要针对 CPU 插件进行，未涉及主变高后备、低后备、非电量保护等装置试验，无 CT

和未到定检周 PT 的一次通流升压检验及主变间隔整体二次回路的检查等内容；因此，工作量为 150 min 整体合理。从个例看，部分现场样例因施工实际过程存在各种因素，如停电、部分检验项目根据必要开展等，因此，个别样例不具典型性，但对班组全年工作量统计具有代表性。

4 结论

通过电网检修运维班组定额体系研究，形成 9 项工作量化标准和工作量评估算法，可应用于检修工程生产业务工作量评估和预测，指导供电企业合理编制检修作业任务计划，并形成预警机制，指导供电局制定应对措施，如改进现有检修工艺，达到降本增效的效果；项目研究成果应用于某供电局 2012 年变电和输电生产业务工作量测算，并单独以继保班生产业务和某主变保护消缺项目为例进行工作量合理性分析。案例表明该方法可为供电企业划分外委和班组自行实施工作量提供量化与决策工具。本项目在现场实测、定额编制和生产业务工作量评估等方面积累了大量的技术和经验，基于目前对生产业务工作量评估尚无量化工具等因素，班组工作量评估方法可先于部分地区试点推广应用，并逐步试点推广应用于其他地区，并进一步修编完善。在试点成熟后，全面推广应用成果。

表 5 110 kV 站#1 主变保护消缺项目工作量合理性分析

Table 5 Reasonable workload analysis of 110 kV substation # 1 main transformer protection eliminating defects projects

序号	项目	全检 ^[15]	部检 ^[15]	本工作试验内容	差异	差异原因
1	外观检查	★	★	★	—	
2	直流电源检查	★	★	★	—	
3	绝缘检查	★	★	★	—	
4	电流互感器二次回路检查	★	★		未实施	只是更换后的检查,而非全检,不进行检验
5	电压互感器二次回路检查	★	★		未实施	只是更换后的检查,而非全检,不进行检验
6	装置功能检验					
	软件版本检查	★	★		未实施	只是更换后的检查,而非全检,不进行检验
	逆变电源检验(部检不做80%自启动)	★	★		未实施	只是更换后的检查,而非全检,不进行检验
	电流、电压零漂检验	★	★		未实施	只是更换后的检查,而非全检,不进行检验
6.1	装置通用(每台装置分别进行)					
	电流、电压精度检验	★	★		未实施	只是更换后的检查,而非全检,不进行检验
	保护开入量检查	★	★		未实施	只是更换后的检查,而非全检,不进行检验
	保护开出量检查	★	★		未实施	只是更换后的检查,而非全检,不进行检验
	差动保护检验	☆	☆	★	—	
	CT断线功能检验	☆	☆		—	
	变高后备保护检验	☆	☆		—	
6.2	主变主保护					
	变中后备保护检验	☆	☆		—	
	变低后备保护检验	☆	☆		—	
	非电量保护检验	★	★		未实施	只是更换后的检查,而非全检,不进行检验
	接地变零序保护检验	☆	☆		—	
7	断路器、操作箱、刀闸及二次回路检查	★	★		未实施	只是更换后的检查,而非全检,不进行检验
8	其他关联回路检查	★	★		未实施	只是更换后的检查,而非全检,不进行检验
9	主变本体及调压回路检查	★	★		未实施	只是更换后的检查,而非全检,不进行检验
10	信号及录波回路检查	★	★		未实施	只是更换后的检查,而非全检,不进行检验
11	端子紧固	★	★	★	—	
12	整组试验	★	★	★	—	
13	试验接线恢复	★	★	★	—	
14	并网检查	★	★	★	—	

参考文献

[1] 国家能源局. 电网检修工程预算定额与费用计算标准[S]. 北京: 中国电力出版社, 2010.

[2] 吴均. 上海电力的精益生产实践[M]. 上海: 复旦大学, 2009.

[3] 殷乐. 国家电网公司组织结构优化研究[M]. 长春: 吉林大学, 2013.

[4] 蒋维, 彭涛. 基于标准化作业的电力生产班组绩效工作量计算模型[J]. 中国电业(技术版), 2013(11): 134-137.
JIANG Wei, PENG Tao. Performance workload computing model for electricity production team based on standardized operations[J]. China Electric Power (Technology Edition), 2013(11): 134-137.

[5] 王跃强, 廖华兴, 袁晓青, 等. 基于保信系统的继电保护状态评价系统的开发与应用[J]. 电力系统保护与控制, 2014, 42(8): 134-139.
WANG Yueqiang, LIAO Huaxing, YUAN Xiaoqing, et al. Development and application of relay protection condition evaluation system based on fault information processing system[J]. Power System Protection and Control, 2014, 42(8): 134-139.

[6] 王献林, 吕飞鹏. 继电保护可靠性及其状态检修方法[J]. 电力系统及其自动化学报, 2014, 26(9): 65-70.
WANG Xianlin, LÜ Feipeng. Relay protection reliability and its state overhaul method[J]. Proceedings of the CSU-EPSA, 2014, 26(9): 65-70.

[7] 朱斌, 潘玲玲, 邹扬, 等. 考虑融冰因素的输电线路覆冰故障概率计算[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(10): 79-84.
ZHU Bin, PAN Lingling, ZOU Yang, et al. Fault probability calculation of power transmission line considering melting ice factors[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(10): 79-84.

[8] 杨凌霄, 朱亚丽. 基于概率神经网络的高压断路器故障诊断[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(10): 62-67.
YANG Lingxiao, ZHU Yali. High voltage circuit breaker fault diagnosis of probabilistic neural network[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(10): 62-67.

[9] 秦红霞, 武芳瑛, 彭世宽, 等. 智能电网二次设备运维技术研讨[J]. 电力系统保护与控制, 2015, 43(22): 35-40.
QIN Hongxia, WU Fangying, PENG Shikuan, et al. New technology research on secondary equipment operation maintenance for smart grid[J]. Power System Protection and Control, 2015, 43(22): 35-40.

[10] 张懿议, 廖瑞金, 杨丽君, 等. 综合考虑可靠性与经济性的电力变压器检修方案优选[J]. 电工技术学报, 2014, 29(11): 191-200.
ZHANG Yiyi, LIAO Ruijin, YANG Lijun, et al. Maintenance decision making of power transformer by integrated considering reliability and economy[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2014, 29(11): 191-200.

[11] 张静怡, 刘艳, 霍明雷. 基于模糊熵权 Vague 集的配电网检修决策优化[J]. 电工技术学报, 2015, 30(15): 37-45.
ZHANG Jingyi, LIU Yan, HUO Minglei. The maintenance decision optimization for distribution networks based on the fuzzy entropy weight of vague set[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2015, 30(15): 37-45.

[12] 谢善益, 杨强, 王彬, 等. 开放式输变电设备状态监测信息平台设计与实现[J]. 电力系统保护与控制, 2014, 42(23): 125-130.
XIE Shanyi, YANG Qiang, WANG Bin, et al. Design and implementation of open information platform for transmission and transformation equipment condition monitoring[J]. Power System Protection and Control, 2014, 42(23): 125-130.

[13] 周国亮, 朱永利, 王桂兰, 等. 实时大数据处理技术在状态监测领域中的应用[J]. 电工技术学报, 2014, 29(增刊 1): 432-437.
ZHOU Guoliang, ZHU Yongli, WANG Guilan, et al. The application of real-time and big data processing technology in the field of condition monitoring[J]. Transactions of China Electrical Society, 2014, 29(S1): 432-437.

[14] 刘巍, 黄墨, 李鹏, 等. 面向智能配电网的大数据统一支撑平台体系与构架[J]. 电工技术学报, 2014, 29(增刊 1): 486-491.
LIU Wei, HUANG Zhao, LI Peng, et al. Summary about system and framework of unified supporting platform of big data for smart distribution grid[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2014, 29(S1): 486-491.

[15] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. DL/T 995-2006 继电保护和电网安全自动装置检验规程[S]. 北京: 中国电力出版社, 2006.
National Development and Reform Commission. DL/T 995-2006 inspection procedures of relay protection and grid automatic security device[S]. Beijing: China Electric Power Press, 2006.

收稿日期: 2015-11-02; 修回日期: 2016-01-21

作者简介:

陈海涵(1971-), 女, 工程硕士, 高级工程师, 研究方向为电网项目管理等. Email: 910585739@qq.com

(编辑 葛艳娜)