

# 电力通信网备品备件配置策略研究

史雪涛

(江苏省电力公司淮安供电公司, 江苏 淮安 223002)

**摘 要:** 备品备件在保障通信网络稳定高效的运行方面起着十分重要的作用, 支撑着整个通信网络的正常运行。随着电网的发展和管理集中集成的发展趋势, 各级电力信网络的规模急速的增长, 用于保障设备正常运行的备品备件的数量也在不断的增加, 备件备品的配置资金逐年显著增加, 由于库存备件有品种多、高库存成本、低周转率等特点, 从优化资源管理、成本控制出发, 要求设备及其备件备品的配置应向资金使用最优化方向发展。本文重点研究如何合理配置备品备件, 在确保运维需要的同时, 节约成本, 实现智能化集中调度管理, 提高通信网络对电网的支撑能力。

**关键词:** 电力通信网; 备品备件; 配置; 研究

## 0 引言

随着电力通信网规模也不断扩大以及通信技术的不断发展, 通信设备数量以及通信设备的种类都在不断增加, 通信设备及其备品备件的配置和资金在企业成本中的比例逐年增加, 备品备件配置不当易造成生产安全及经济损失。

从运维需要, 优化资源管理, 成本控制出发, 要求设备及其备品备件的配置应向资金使用、运维保障最优化方向发展。通过电力通信网备品备件配置策略研究将最大限度的减少备品备件配置的盲目性而又能保证通信网运行维护的需要, 同时实现通信网备品备件集中调度管理, 达到提高和优化备件资源的利用率, 信息互联共享, 保障重要系统的备品备件合理配备到位, 从总体上降低运行维护成本, 这也是当前电力通信部门面临的一个急需解决的问题。

## 1 国内外研究水平综述

国内外在各行业的设备备件配置研究都取得了许多成果, 对于通信设备备品备件的配置策略和标准, 目前国内尚未查到有成熟的规范和标准, 只有相关管理办法及管理规定等规章制度<sup>[1]</sup>。传统电信运营商在库存方面进行了一些配置研究, 取得了一些成果, 为本次研究提供了参考。进入 21 世纪后, 电网公司大规模网络建设, 粗放式的设备及库存管理, 使设备及备件数量增长迅速。近些年, 电网企业的对电力通信网络的更新、精确的网络资源管理、

网络安全稳定运行有了更高的要求。以江苏电网为例, 江苏电网近些年正逐步开展大规模的网络设备的归并工作, 归并完成后大量的通信设备成为在网设备的备品备件, 这些设备数量大, 种类多, 急需合理高效的配置策略; 同时, 大量新设备的使用, 对于备品备件的库存管理, 资源配置都提出了更高的要求。

## 2 备品备件配置现状

目前电力通信网备品备件的来源有以下几个: 工程建设中配的备件, 退网设备转为备件, 出于维护目的购买的备件; 在备件存放方面: 备品备件基本上都是分级存放, 省一级、市一级到县一级都有存放备品备件; 备件的使用及周转方面: 当网络发生硬件故障, 需要更换板卡进行解决时, 从备件库中取出相同或可替换型号的备件, 与网上故障件进行更换, 更换下来的备件将送到相关的硬件维修厂家就行维修, 修复的硬件返回备件库作为备件保存<sup>[2]</sup>。

由上面的分析可知, 在现行的备件配备流程中, 存在较多的主观因素和经验因素, 现有备品备件的配置策略中缺少一套具有分析和决策功能的最佳配置和分析策略, 用以指导企业备件备品的科学和合理配置, 达到备件备品资源的优化和最佳利用。在这种情况下难以保证备件的合理配置, 需要通过科学的方法对备件配置的经验进行总结和分析, 来获得科学的配置方法<sup>[3]</sup>。

### 3 研究理论和实践依据

#### 3.1 原理简述

本研究先从实际的备品备件管理及决策部门收集与备品备件相关的因素。对采集得到的信息进行分析并按一定的原则进行筛选，对筛选得到的因素进行分组，以分组的结果作为每个子模型的范围，同时对筛选出的因素进行数据采集，对采集的数据进行清洗处理，通过经典数学理论对数据与各种随机过程进行拟合，建立子模型，对子模型进行整合得到备品备件配置评估模型，对模型的输出结果进行分析和综合，反过来指导建模的不断优化。

在整个评估模型建模的过程中，都不断融合从备品备件管理及决策部门从实际操作中获得的经验数据以及建模方面的专业理论和知识。根据通信网设备的不同类型（交换、传输、数据、光缆、配套辅助设备）、使用规模、重要程度、使用年限及故障率等因素分别研究备件配置策略，合理配备备件规模。

#### 3.2 原理简述相关理论技术介绍

由于备品备件的是用于修复网络的硬件故障，网络故障情况直接决定备品备件的配置情况及数量。备件周转过程可以通过运筹学的模型进行建模，对于各种因素之间的关系将选用层次分析法确定其对备件配置优化程度的影响。在各种影响备件配置情况的因素内，包括许多主观无法量化的因素，对于这部分因素，将通过模糊数学的方法对其进行量化。

##### 3.2.1 运筹学-随机服务系统理论

运筹学是本世纪新兴的学科之一，它在工业、商业、农业、交通运输、政府部门和其他方面都有不同程度的应用。现在它已经成为经济计划、系统工程、现代管理等领域的强有力的工具。

##### 3.2.2 模糊优化方法<sup>[4]</sup>

最优化问题一直是模糊理论应用最为广泛的领域之一。其主要研究集中在一般义下的理论研究、模糊线性规划、多目标模糊规划、以及模糊规划理论在随机规划及许多实际问题中的应用。主要的研究方法是利用模糊集的  $\alpha$  截集或确定模糊集的隶属函数将模糊规划问题转化为经典的规划问题来解决，应用模糊关系合成原理，可以解决一些边界不清、不易量化的因素量化分析和优化的问题。

##### 3.2.3 层次分析法

层次分析法(Analytic Hierarchy Process, AHP)

是一种定性和定量相结合的、系统化的、层次化的分析方法。可以解决在面临各种各样的方案时，进行比较、判断、评价、最后作出决策的过程中，主观因素占有相当的比重给用数学方法解决问题带来不便。

在本项目的研究中，对于影响备件配置的因素中的客观定性的数据，通过运筹学、概率论和数理统计方法进行分析。收集备件的损坏和维修周期等数据，用各种随机过程进行拟合，对实际问题抽象和简化，在相关因素间建立确定的数学关系，作为子模型。

对于影响备件配置的因素中的主观定性的因素，通过模糊数学的方法对其构造模糊集的隶属函数将边界模糊的因素变成可以通过经典数学可以描述的形式。对有需要细化的因素结合层次分析法进行分析，构成子模型。

将上述子模型的输出描述之间逻辑关系进行，最后通过层次分析法获得各因素相对于最终模型的输出的权重，得到所需的结果。

##### 3.2.4 项目研究的关键和难点

在现行的备件配备流程中，存在较多的主观因素和经验因素，在这种情况下难以保证备件的合理配置，如何通过科学的方法对备件配置中涉及的各方面的因素及其内在的关系从感性的认识转变为理性的描述、将备品备件配置的经验进行在总结，来获得科学的配置方法是本研究的难点所在。

### 4 研究内容与实施

#### 4.1 项目研究内容

1) 对运行设备板卡及配件的故障影响因素，以及故障造成的影响程度，设备备件配置情况进行分析研究，得出在备品备件配置中涉及的各方面的因素；对各种因素进行分析及处理，找出各因素之间内在的关系。将备品备件配置的经验进行再总结，确定关键指标。

2) 运用运筹学及模糊数学理论，确定符合备件配置情况的应用模型确定模型参数，研究并确定各因素的量化方法，建立备品备件配置情况评估模型。

3) 根据该配置评估模型，确定一套具有实用性、完整性的备品备件管理体系和方法，科学地指导备品备件配置及更新补充。

#### 4.2 模型建立

##### 4.2.1 备件最佳配置模型因素的选择

结合实际情况综合考虑,按以下原则选择主要的因素:

(1) 系统全面的原则:选取的指标必须反映影响备件配置的各个方面。

(2) 稳定可比的原则:适合进行指标的纵向和横向比较。

(3) 科学简单的原则:考虑的指标应有概括性,避免重复。

(4) 含意明确的原则:便于数据的收集和定量分析。

#### 4.2.2 备件最佳配置模型的数学模型指标体系的选取

尽量对其共性的部分进行抽象和量化,从众多的的影响配置的指标中挑选一些典型的指标。选取的指标必须可以进行量化并在实际操作中可以获得。并且是对应于某种特定的备件进行优化配置,而不是对一个地区或一个厂家的设备进行最优化配置,以简化模型的结构。

本次的数学建模选取的因素包括:备件的周转情况、设备的发展趋势、备件的重要程度、设备的不稳定性、资金的使用情况等。

按照各个因素间的相互影响以及隶属关系将因素按层次进行分解聚合,将备件最优配置分解成为多层次的网络结构进行分析,以备件配置的优度(即备件配置的优化程度)作为模型的输出,通过分析结果对备件的配置进行优化。

#### 4.2.3 建立各因素子模型

##### 1) 子模型(一):随机服务系统(排队模型)

分析备件的配置对网络保障能力的影响主要有正常运行概率,平均库存数量,平均故障历时等关键考核指标,上述的关键考核指标可通过对设备的损坏、使用备件更换以及送修这个故障处理流程的分析中得到。因为设备的损坏为一随机事件,使用备件及送修可以看作是一种服务,所以采用随机服务系统理论来分析网络保障能力指标。

备件周转模型的简化模型:对于某种设备网上的设备数量比较大难以统计出准确的数量,同时该种设备的备件的数量相对也较多,厂家对该种设备的维修为一般分布(一般用户级的设备的备件满足上述情况,如光端机的板卡)。设备的损坏情况满足泊松分布,由于网上设备数量较大,可以看作是一个无限客源的排队系统,到达规则为以其单位时间的损坏数量为流密度的泊松过程。服务时间的分布

假定平稳,即分布的参数不受时间的影响。服务时间应该满足负指数分布。或可以认为厂家的维修为一般分布,平均的维修周期为  $1/\mu$ ,结果是相同的。维修的服务规则一般对同一种设备故障件采取 FCFS(先到先修)的服务规则。

综上所述,设备损坏送修的过程应满足 M/M/ $\infty/\infty$  的排队模型。

$$P_0 = e^{-\lambda/\mu}$$

$$P_n = \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n e^{-\lambda/\mu}}{n!}$$

$$L = \lambda/\mu, W = 1/\mu$$

可以求得需要的相关考核指标如下:

平均备用备件数 ( $L_{\text{备}}$ ):

$$L_{\text{备}} = \sum_{n=0}^{N-1} (N-n) P_n$$

平均损坏的设备数 ( $s$ ):  $s = L = \lambda/\mu$

平均等待的设备数 ( $L_q$ ):

$$L_q = \sum_{n=c}^{N+m} (N-c) P_n$$

同样考虑,当  $\lambda, \mu, m$  及  $c$  给定时,备用数  $N$

越大,越能保证同时有  $m$  台设备进行生产,即越能以较高的概率  $P$  保证同时有  $m$  台设备进行生产,这样单位时间的由于设备故障造成的损失就越低。但  $N$  越大,投资也越大,这个问题可以是:一种是给定  $\lambda, \mu, m$  及  $c$  以及保证同时有  $m$  台设备进行生产的概率不低于给定的  $p(0 < p < 1)$  的条件下,求最小的备件数  $N$ ,即

$$N^* = \min \left\{ N \left| \sum_{n=0}^N P_n \geq P \right. \right\}$$

考虑到除符合一般的泊松流的损坏情况之外,为了应付一些突发事故,在库的备品备件为零的概率不高于给定的  $p(0 < p < 1)$ ,即

$$N^* = \min \left\{ N \left| \sum_{n=N}^{N+m} P_n \leq P \right. \right\}$$

## 2) 子模型(二):使用模糊评价的层次分析法

对于备件的配置优度这个目标,对其起决定作用的几个因素没有同一的量化单位,各个因素对该目标的权重是通过经验进行判断,所以需要通过层次分析法来确定各因素对备件配置优度这个目标的权重关系。

备件的重要性等因素包含多方面的因素,由于各部分因素之间没有明确的数学关系,同时部分指标没有直接的量化手段,所以需要采用多层次的模糊综合评价方法获得备件重要性的量化值。加入设备的余量需求是考虑到损坏情况基本满足泊松分布,但有一定的波动,是由于一些意外的损坏导致的,所有把不稳定性加入考虑作为对损坏模型的补充。

## 4.3 备件备品最佳配置和分析模块设计

通过上述方法建立备件配置优化模型,计算出备件配置的优度,通过不同的配置的优度对比来对备品备件进行配置,计算过程复杂,需要编写相应的程序完成计算过程,其中包括在现有的备品备件管理系统上,建立备品备件优化配置模块,以及用于计算层次分析法各层次各因素权向量的工具软件两部分,最终形成电力通信网备品备件配置标准,实现电力通信网备品备件分级配置策略。

根据通信网设备的不同类型(交换、传输、数据、光缆、配套辅助设备)、使用规模、重要程度、使用年限及故障率等因数,建立基础数据库,通过上述计算模式,合理配备备件规模,最大限度的减少备品备件配置的盲目性而又能保证通信网运行维

护的需要,达到提高优化备件资源的利用率,同时实现所有管辖范围内通信网备品备件集中调度管理,信息互联共享,从总体上降低运行维护成本。

## 5 结论

电力通信是电力生产的安全保障,电力生产对通信网的要求也越来越高。通过本文研究的配置策略,将为合理配置备品备件提供理论与实践依据与参考,将有效提高电力通信网故障应急处理能力,保证正常维护工作的高效运转,满足备品备件标准化、流程化、集中化和科学化管理的需要,提高运维保障水平,降低运行维护成本,为电网安全稳定运行提供可靠保障。希望本文能够起到抛砖引玉的作用,让电网通信从业人员积极探索电力通信网各项管理技术,共同建设好电网通信,为电网安全、经济运行等提供有力的保证。

## 参考文献:

- [1] DL/T 544-2012, 电力通信运行管理规程[S].
- [2] 国家电网公司.电力通信检修管理规程(Q/GDW 720-2012)[Z].北京:国家电网公司,2012.
- [3] 唐宝民.电信网技术基础[M].北京:人民邮电出版社,2001.
- [4] 蒋泽军.模糊数学教程[M].北京:国防工业出版社,2004.

## 作者简介:

史雪涛(1974-),女,江苏淮安人,工程师,主要从事电力通信运维管理工作,E-mail: spiaoxue@163.com。