# 地区电网理论线损计算需求数据合成方法研究

董 楠[1]，杨 柳[1]，吴鸿亮[1]，门 锟[1]，郑全朝[2]

(1.南方电网科学研究院有限责任公司，广东 广州 510080；2.广东益泰达科技发展有限公司，广东 广州 510080)

**摘要：**在研究分析电网理论线损计算需求数据的类型以及数据之间的内部关联关系的基础上，提出一种以映射数据和计量(量测)数据为数据关联映射中心的电网理论线损数据合成方法。结合地区电网理论线损计算需求数据的来源构成情况，推导出地区电网某一理论线损计算方法需求数据合成的详细过程。该合成方法为理论线损计算全面实现数据自动采集、自动合成、自动计算，实现理论线损在线计算与分析提供理论技术支撑。目前该合成方法已在南方电网广东电网佛山供电局实现并成功运行。

**关键词：**理论线损；映射数据；关联映射中心；自动采集；自动合成

## Demand data synthesis method of regional power grid theoretical line loss calculation

DONG Nan[1], YANG Liu[1], WU Hongliang[1], MEN Kun[1], ZHENG Quanchao[2]

(1. Electric Power Research Institute, CSG, Guangzhou 510080, China; 2. Guangdong Yi TEDA Science and Technology Development Co., Ltd., Guangzhou 510080, China)

**Abstract:** On the basis of analyzing the demand data classification of grid theoretical line loss calculation and the inherent incidence relation of data, this paper proposes a grid theoretical line loss data synthesis method which takes mapping data and measure data as the data dependence mapping center. Combined with the source constitute of demand data of regional grid theoretical line loss calculation, a detailed process of data synthesis of regional power demand theoretical line loss calculation method is deduced. The synthetic method supplies a theoretical technique support for the full realization of automatic data acquisition, automatic synthesis, automatic calculations and the implementation of online calculation and analysis for the theoretical line loss. At present, the synthesis method has been implemented and successfully run in Foshan Power Supply Bureau of CSG.

**Key words:** theoretical line loss; mapping data; mapping data center; automatic acquisition; automatic synthesis

中图分类号： TM774+.1 文献标识码：A 文章编号： 1674-3415(2015)09-0047-07

## 0 引言

线损率是电网公司的一项重要的技术经济指标。加强线损管理可以有效降低电网生产成本，提高电网公司经济效益，同时也是电网公司节约能源的重要手段，是落实国家能源政策的需要[1-4]。目前有关理论线损的研究一直只注重算法的研究，而对理论线损计算涉及的电网数据的关系、数据来源构成、理论线损数据合成鲜有研究，导致现有的理论线损计算分析系统只提供简单的计算功能，理论线损计算涉及的原始数据资料仍由人工进行数据的收集、匹配、合成、审核，然后录入计算等繁杂工作[5-7]。随着电网规模的日益扩展，传统的理论线损计算与管理系统已不适应当今电网的高速发展，如何实现理论线损计算原始数据的自动合成，实现理论线损计算在线计算与分析，为线损管理人员提供科学的辅助决策依据已是大势所趋[8-10]。本文根据现有成熟的理论线损计算方法所需原始数据的基础上，进行整合分类，针对理论线损计算所涉及的关联系统数据结构特点，提出了一种适用于地区电网理论线损计算原始数据的高效合成方法，为实现在线理论线损计算提供技术依据[11]。

## 1 电网理论线损计算需求数据分析

### 1.1 电网理论线损计算方法及其需求数据

根据各电压等级电网的不同特点，电网理论线损计算方法存在不同，一般把电网分为主网(35 kV及以上电网)、配电网(10 kV或6 kV电网)和低压网(400 V及以下电网)、其他交流元件分别进行理论线损计算。其中主网常用的方法有潮流算法、均方根

电流算法；配网常用的方法有前推回代潮流算法、基于配变容量等值电阻法；低压网常用的方法有电压损失法、基于用户电量的等值电阻法；其他交流元件理论线损计算方法则采用本身单耗作运行统计。

理论线损的需求数据为各算法计算电能损耗以及线损率的输入参数数据。

### 1.2 理论线损算法数据自动采集及合成的问题

目前，线损理论计算覆盖范围广，数据非常庞大，造成数据手工录入工作量大，另外还可能由于人工输入造成录入误差，降低线损计算结果的准确度，可靠性低。近年来，随着电网硬件水平和自动化程度不断提高，特别是 GIS 系统、计量自动化系统、EMS/SCADA 系统、生产管理系统、营销系统以及数据中心/信息集成平台的全面推广应用，自动采集数据并在线线损理论计算已成为发展趋势。

理论线损各算法最终需求数据按数据类型可分为基础数据、运行数据、电量数据、拓扑数据等。而这些数据的原始数据来源于各个系统或历史档案资料。各个系统主要维护自身的数据，因此原始数据之间的关系相对独立。

因此，理论线损要实现在线自动计算的前提为理清电网数据的关系、原始数据之间的关联关系、原始数据来源系统构成、由原始数据匹配转换合成理论线损最终需求数据的关系。

## 2 电网理论线损算法需求数据合成方法

### 2.1 理论线损需求数据分类

按理论线损需求数据类型可分为以下几类。

基础数据：送电线路、主变、馈线、配变、其他交流元件等对象的基础参数信息。如送电线路的型号、长度等。

运行数据：送电线路、主变、馈线、配变等对象的电流、功率、电压等运行参数信息。

电量数据：电压等级、区域、送电线路、主变、馈线、配变等对象的小时电量、日电量和月电量等电量数据。

拓扑数据：电网设备之间的连接关系数据，包括端子信息、连接点信息等数据，用于维护电网设备之间的连接关系。

映射数据：区域、电压等级、变电站、送电线路、主变、馈线、配变、用户等对象在各个生产/业务系统之间的唯一标识映射关系。

计量(又称量测)数据：送电线路、主变、馈线、配变等对象的基础档案信息、量测点信息、表计信息。其中基础档案信息与量测点信息为一对多的关系，量测点信息与表计信息为一对多的关系。

这些数据的原始数据来源于电网不同的生产、业务系统，而各生产、业务系统之间的数据相对独立，但理论线损计算所需原始数据包含某个设备或电网的基础数据、运行数据、电量数据、拓扑数据，缺一不可，且理论线损计算时需要将这些数据进行匹配转换合成一条完整的数据才能满足算法计算输入参数的要求。

### 2.2 电网理论线损算法需求数据关联分析

计量(量测)数据包括设备档案数据、量测点数据、表计数据，描述了设备的量测信息，通过以上数据组合可获取某个设备指定点的量测信息，根据该信息再从其他系统/平台可获取电量、电流、电压、功率等电量和运行数据；而映射数据则保存了站、线、变、户等对象在不同系统/平台之间映射关联关系。通过该关系数据以及计量(量测)数据，可以找到某一个设备或电网理论线损计算需求的基础数据、运行数据、电量数据、拓扑数据之间的关联关系，再通过数据匹配转换合成各种算法计算需求的最终数据。

根据电网数据及其数据关联特点，建立起以映射数据和计量(量测)数据为数据关联映射中心，其他数据可通过数据关联映射中心找到同一个设备或电网对象在不同数据类别系统之间的映射关系，最终形成理论线损计算所需的完整数据，见图 1 所示。映射数据和计量数据作为数据关联映射中心，维护同个对象在不同数据类别系统或平台的映射关系。一旦某个设备或电网对象在某个数据类别系统发生变更都会将变更信息发送至数据关联映射中心，由该数据中心对关联关系进行变更维护，以确保关联数据的一致性和正确性。

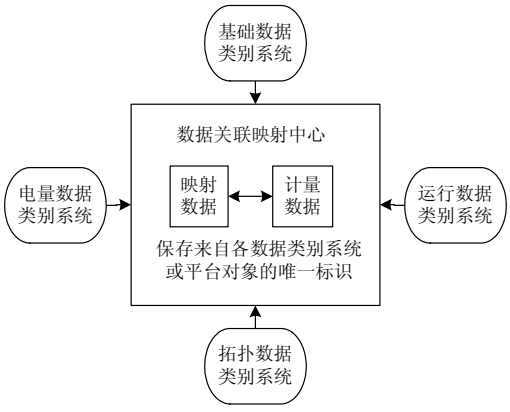


图 1 电网数据关联关系

Fig. 1 Grid data association

### 2.3 电网理论线损计算方法需求数据合成方法

根据电网数据关联关系以及各电压等级理论

线损算法需求数据的特点，提出理论线损计算方法需求数据合成方法，流程图见图 2 所示。

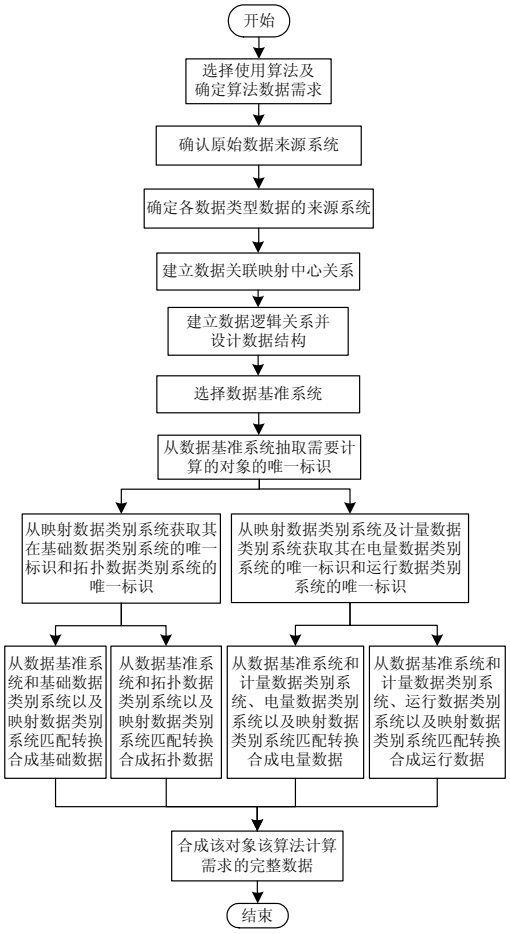


**图 2 电网理论线损计算数据合成流程**

Fig. 2 Data synthesis process of grid theoretical line loss calculation

电网理论线损计算方法需求数据合成的具体步骤如下：

步骤一 选择某电压等级理论线损计算使用的算法，确定该算法需要的输入数据，包括基础数据、运行数据、拓扑数据、电量数据。

步骤二 确定该算法需求数据的原始数据来源系统。

步骤三 确定各数据类型数据的来源系统，即确定基础数据类别系统、运行数据类别系统、电量数据类别系统、拓扑数据类别系统、映射数据类别系统、计量数据类别系统，存在一个来源系统能提供多种类别数据，也存在一个数据类别系统数据来源于多个系统。

步骤四 理清数据关联映射中心提供的数据，建立数据关联映射中心关系。

步骤五 理清该算法需求数据的特点，结合数据的来源情况建立数据之间的逻辑关联关系，并设计该算法需求数据的表结构，表与表之间存在关联关系。

步骤六 选择数据比较全面，数据质量较高、与其他系统存在较多关联的数据类别系统作为数据基准系统，以此系统数据作为基准，其他系统数据通过该数据类别系统或映射数据类别系统关联，并且合成的最终数据以该系统数据为基准。

步骤七 从数据基准系统抽取需要计算理论线损的某个对象(设备或电网对象)，并明确该对象在数据基准系统的唯一标识。

步骤八 根据该对象的唯一标识从映射数据类别系统获取该对象在基础数据类别系统、拓扑数据类别系统的唯一标识，并结合计量数据类别系统获取该对象在电量数据类别系统、运行数据类别系统的唯一标识。

步骤九 从基础数据类别系统获取该对象的所有基础数据，并结合数据基准系统以及映射数据类别系统数据匹配转换合成该对象最终的基础数据，合成的基础数据以基准系统的数据为准。

步骤十 从拓扑数据类别系统获取该对象的所有拓扑数据，并结合数据基准系统以及映射数据类别系统数据匹配转换合成该对象最终的拓扑数据，合成的拓扑数据以基准系统的数据为准。

步骤十一 从电量数据类别系统获取该对象的所有电量数据，并结合数据基准系统以及映射数据类别系统、计量数据类别系统数据匹配转换合成该对象最终的电量数据，合成的电量数据以基准系统的数据为准。

步骤十二 从运行数据类别系统获取该对象的所有运行数据，并结合数据基准系统以及映射数据类别系统、计量数据类别系统数据匹配转换合成该对象最终的运行数据，合成的运行数据以基准系统的数据为准。

步骤十三 通过以上数据的匹配转换合成，最终形成该对象对应该算法计算需求的完整数据(按照步骤五所建立的数据逻辑关系以及设计的表结构合成相关信息)。

本章节提出的理论线损计算方法需求数据合成方法为各地区电网实现数据的自动合成提供参考方法，对于数据条件比较理想的地区，本方法能起到较好的效果。目前由于各地区的电网结构及数据特点非常复杂，在实际应用中需结合当地电网的实际情况进行改进应用。

## 3 地区电网理论线损计算数据合成应用

本章节将以南方电网广东电网各地市供电局为

例，分析地区电网理论线损数据的来源系统构成，并将第 2 章提出的合成方法应用于实际的地区电网理论线损计算需求数据合成中。目前该方法已成功应用于广东电网佛山供电局理论线损在线计算系统中，完成各来源系统数据自动匹配转换合成，实现线损数据的自动采集、自动合成，为线损在线自动计算提供准实时数据。

### 3.1 地区电网理论线损数据来源系统构成分析

目前广东电网各地市供电局与理论线损计算相关的生产、业务系统主要包括 EMS(电能量管理系统)、SCADA (数据采集与监视控制系统)、主网生产管理系统、计量自动化系统、配网生产管理系统、配网 GIS(配网地理信息系统)、营销系统、数据中心/信息集成平台和 DMS(配网自动化系统) [12-15]。通过对各生产、业务系统的数据分析可知，主网理论线损计算需求数据主要由主网生产、EMS、SCADA、数据中心/信息集成平台、计量自动化等系统或平台的数据合成；配网和低压网理论线损计算需求数据主要由数据中心/信息集成平台、计量自动化、配网自动化、配网生产、配网 GIS、营销等系统或平台的数据合成；其他交流元件理论线损计算需求数据主要由主网生产、EMS、数据中心、计量自动化等系统或平台的数据合成。地区电网各生产、业务系统与理论线损计算需求数据的关联如图 3 所示。

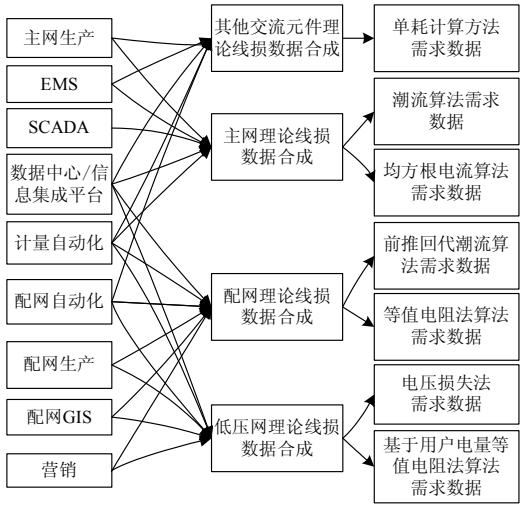


**图 3 地区电网生产业务系统与理论线损计算数据关联图**

Fig. 3 Relationships of regional power production business system and theoretical line loss calculation data

### 3.2 地区电网理论线损计算方法需求数据合成

各种理论线损算法所需数据的合成方法近似，但各算法数据涉及的生产、业务系统及合成过程存在不同，限于篇幅长度，本节以配网基于配变容量等值电阻法计算需求数据合成的具体过程做介绍，高压配电网和低压网的数据合成方法和过程可以以此作为参考。

#### 3.2.1 地区电网理论线损计算模型及需求数据分析

基于配变容量等值电阻法的算法基本思想描述如下：

等值电阻法的基本思想是整个配网的总均方根电流流过等值电阻 $R_{dz}$ 所产生的损耗，等于配网内全部配线可变损耗和全部配变的负载损耗的总和。配网等值电阻 $R_{dz}$ 由配线等值电阻 $R_{Ldz}$ 和配变等值电阻 $R_{Tdz}$ 组成。

$$R_{dz} = R_{Ldz} + R_{Tdz} \tag{1}$$

则全网线损功率(MW)为

$$\Delta p_p = 3I_{eff}^2(R_{Ldz} + R_{Tdz}) + \sum_{i=1}^{m} p_{0i} \tag{2}$$

式中，$p_{0i}$ 是全网 $m$ 台配变中，第 $i$ 台的空损(MW)。

如图 4 所示，T 为主变(变电设备)、S1~S7 为配网变压器(变电设备)、r1~r7 为配线节段(传输导电设备)、$R_{Ldz}$ 为配线等值电阻、$R_{Tdz}$ 为配变等值电阻、$\sum_{i=1}^{m} p_{0i}$ 为配变空载损耗之和。

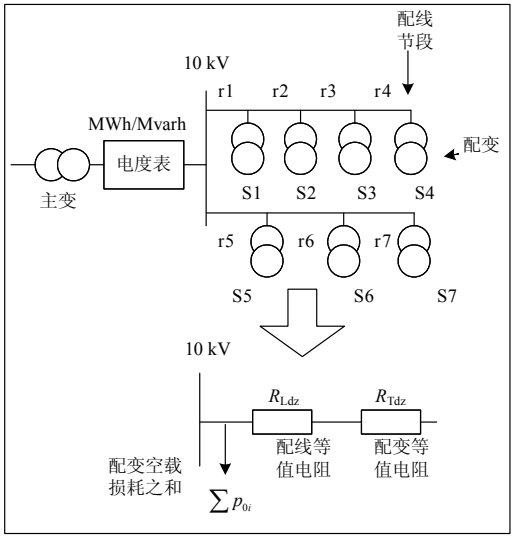


**图 4 配网等值电阻原理图**

Fig. 4 Schematic of distribution network equivalent resistance

根据《中国南方电网线损理论计算技术标准》[16]关于基于配变容量等值电阻法算法模型的描述，可知该算法的原始数据需求如下。

1) 基础数据。(1) 配线基础数据：节段编号、导线型号、单位电阻(Ω/km)、允许电流(A)、分裂数、线路长度(km)等；(2) 配变基础数据：配变编号、配

变型号、容量(kVA)、空载损耗(kW)、负载损耗(kW)、使用类别、用户类型等。

2) 拓扑数据。(1) 线段与馈线关系：线段编号、馈线编号等；(2) 节段与线段关系：节段编号、线段编号等；(3) 配变与线段关系：配变编号、线段编号等；(4) 小电源与节段关系：小电源编号、节段编号等。

3) 运行数据。馈线首端电流(kA)、馈线运行时长(h)等。

4) 电量数据。馈线首端有功电量(MWh)、无功电量(MWh)；小电源有功电量(MWh)、无功电量(MWh)。

3.2.2 地区电网理论线损计算需求数据合成应用

根据第 2 章提出的合成方法，结合南方电网广东电网各地市供电局的实际数据情况，以下详细描述基于配变容量等值电阻法需求数据的合成步骤。

步骤一 选择 10 kV 理论线损计算方法—基于配变容量等值电阻法，确定该算法需要的输入数据，包括基础数据、运行数据、拓扑数据、电量数据。具体数据需求见 3.2.1 小节描述。

步骤二 确定该算法需求数据的原始数据来源系统—配网生产、配网 GIS、营销、计量自动化、配网自动化、数据中心/信息集成平台。

步骤三 确定各数据类型数据的来源系统—基础数据类别系统为配网生产，运行数据类别系统为计量自动化、配网自动化，电量数据类别系统为计量自动化、营销，拓扑数据类别系统为配网 GIS，映射数据类别系统为数据中心/信息集成平台，计量数据类别系统为计量自动化、营销。

步骤四 建立数据关联映射中心关系。

1) 映射数据表。(1) 馈线映射表：数据中心/信息集成平台唯一标识、配网生产唯一标识、配网 GIS 唯一标识、营销唯一标识、配网自动化唯一标识、计量自动化唯一标识等；(2) 线段映射表：同馈线映射表结构；(3) 节段映射表：同馈线映射表结构；(4) 配变映射表：同馈线映射表结构。

2) 计量数据表。(1) 馈线计量档案表：档案编号、名称等；(2) 馈线计量点表：计量点编号、名称、计量点类型、设备编号、母线编号、所属客户编号等；(3) 表计信息表：表序号、表计资产号、表计类型、所属计量点编号等。

步骤五 建立起数据之间的逻辑关联关系，设计该算法需求数据的表结构，分别如下：

1) 配线数据表。所属配网名称、馈线编号、线段编号、节段编号、导线型号、单位电阻(Ω/km)、允许电流(A)、分裂数、线路长度(km)、线段所带配变编号等。

2) 配变数据表。所属配网名称、馈线编号、配变编号、配变型号、容量(kVA)、空载损耗(kW)、负载损耗(kW)、使用类别、用户类型等。

3) 小电源数据表。所属配网名称、馈线编号、小电源名称、等效变编号、有功电量(MWh)、无功电量(Mvarh)等。

4) 配电网数据表。配网名称、额定电压(kV)、有功电量(MWh)、无功电量(Mvarh)、各实点电流(kA)(或者最大电流(kA)、最小电流(kA))、历时(h)、环境温度($^{o}$C)等。

步骤六 选择配网 GIS 作为数据基准系统，主要从配网 GIS 作为主干系统关联的系统较多、数据质量较高等方面考虑。

步骤七 从数据基准系统(配网GIS)抽取需要计算理论线损的某条馈线，并明确该馈线在数据基准系统的唯一标识。

步骤八 根据该馈线的唯一标识从映射数据类别系统(数据中心/信息集成平台)获取该馈线在基础数据类别系统(配网生产)、拓扑数据类别系统(配网GIS)的唯一标识，并结合计量数据类别系统(计量自动化、营销)获取该馈线在电量数据类别系统(计量自动化、营销)、运行数据类别系统(计量自动化、配网自动化)的唯一标识。

步骤九 从基础数据类别系统(配网生产)获取该对象的所有基础数据，并结合数据基准系统(配网GIS)以及映射数据类别系统(数据中心/信息集成平台)数据匹配转换合成该对象最终的基础数据，合成的基础数据以基准系统(配网GIS)的数据为准，包括配线基础数据、配变基础数据，具体数据需求见步骤一所描述。

步骤十 从拓扑数据类别系统(配网 GIS)获取该对象的所有拓扑数据，并结合数据基准系统(配网GIS)以及映射数据类别系统(数据中心/信息集成平台)数据匹配转换合成该对象最终的拓扑数据，合成的拓扑数据以基准系统(配网GIS)的数据为准，包括线段与馈线关系、节段与线段关系、配变与线段关系、小电源与节段关系，具体数据需求见步骤一所描述。

步骤十一 从电量数据类别系统(计量自动化、营销)获取该对象的所有电量数据，并结合数据基准系统(配网 GIS)以及映射数据类别系统(数据中心/信息集成平台)、计量数据类别系统(计量自动化、营销)数据匹配转换合成该对象最终的电量数据，合成的电量数据以基准系统(配网GIS)的数据为准，包括馈线电量和小电源电量，具体数据需求见步骤一所

描述。

步骤十二 从运行数据类别系统(计量自动化、配网自动化)获取该对象的所有运行数据，并结合数据基准系统(配网 GIS)以及映射数据类别系统(数据中心/信息集成平台)、计量数据类别系统(计量自动化、营销)数据匹配转换合成该对象最终的运行数据，合成的运行数据以基准系统(配网 GIS)的数据为准，包括馈线首端电流、馈线运行时长等，具体数据需求见步骤一所描述。

步骤十三 通过以上数据的匹配转换合成，最终形成该对象对应该算法需求的完整数据，即按照步骤五所建立的数据逻辑关系以及设计的表结构合成的相关数据，包括配线数据、配变数据、小电源数据、配电网数据。

以上以中压配电网配变容量等值电阻法需求数据基于实际系统的合成过程进行详细介绍，中压配电网其他算法以及高压配电网、低压网各算法需求数据的合成方法和过程与此类似，在此就不做详细描述。

## 4 结论

本文深入研究分析了电网理论线损计算需求数据，结合电网数据的特点提出了电网理论线损相关数据的分类方法，结合电网数据的内在关联关系，提出了一种以映射数据和计量(量测)数据为数据关联映射中心的电网理论线损数据合成方法。最后结合地区电网各生产、业务系统数据源的实际情况，详细介绍了配电网基于配变容量等值电阻法的数据合成方法，从而为理论线损计算全面实现数据自动采集、自动合成、自动计算提供技术支撑，并为地区电网开展理论线损相关数据接口设计与开发提供参考依据。该方法对于数据条件比较理想的地区如广东电网，本方法能起到较好的效果。另外由于各地区的电网结构及数据特点非常复杂，在实际应用中需结合当地电网的实际情况进行改进应用。

## 参考文献


[1] 虞忠年. 电力网电能损耗[M]. 北京: 中国电力出版社, 2002.

[2] 周士跃, 陈军, 刘海燕. 电力网电能损耗在线计算与分析系统[J]. 电网技术, 2007, 31(9): 88-90.
ZHOU Shiyue, CHEN Jun, LIU Haiyan. Power grid energy loss online calculation and analysis system[J]. Power System Technology, 2007, 31(9): 88-90.

[3] 陆广香, 单渊达, 龚乐年, 等. 最大负荷损耗小时数求取方法质疑[J]. 电工技术学报, 1996, 11(1): 54-59.
LU Guangxiang, SHAN Yuanda, GONG Lenian, et al. Query of solving the number of hours of maximum load loss[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 1996, 11(1): 54-59.

[4] 张宗伟, 张鸿. 基于负荷实测的配电网线损理论计算[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(14): 115-119.
ZHANG Zongwei, ZHANG Hong. Theoretical calculation on distribution network line loss based on measurement-based load[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(14): 115-119.

[5] 苗竹梅, 刘伟, 仇继杨, 等. 电网线损实时监测分析管理系统的开发与应用[J]. 电力设备, 2007, 8(7): 19-22.
MIAO Zhumei, LIU Wei, QIU Jiyang, et al. Development and application of grid line loss management system for real-time monitoring and analysis[J]. Electrical Equipment, 2007, 8(7): 19-22.

[6] 杜雪. 基于信息系统的线损四分常态化管理研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2012.
DU Xue. Quartile normal management research based on the information system line loss[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2012.

[7] 钱奇. 配电网线损自动生成及在线分析的研究与实践[D]. 保定: 华北电力大学, 2007.
QIAN Qi. Research and implementation of power loss automatic generation and on-line analysis[D]. Baoding: North China Electric Power University, 2007.

[8] 赵茜, 祝云, 梁振成. 理论线损在线计算分析软件设计开发[J]. 广西电力, 2010, 33(6): 16-20.
ZHAO Xi, ZHU Yun, LIANG Zhencheng. Development of theoretical line loss online calculation and analysis software[J]. Guangxi Electric Power, 2010, 33(6): 16-20.

[9] 张彦. 地区电网理论线损在线计算数据接口的设计与开发[D]. 南宁: 广西大学, 2012.
ZHANG Yan. Design and development of regional grid theoretical line loss online calculation data interface[D]. Nanning: Guangxi University, 2012.

[10] 刘甲庆, 张皓, 章健. 中压配电网计及动态无功补偿装置的理论线损计算[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(6): 92-96.
LIU Jiaqing, ZHANG Hao, ZHANG Jian. Theoretical line loss calculation on medium voltage distribution with dynamic reactive power compensation devices[J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(6): 92-96.

[11] 李晓松. 基于 SCADA 系统实现电网理论线损在线计算的方法[J]. 云南电力技术, 2008, 36(3): 5-6.
LI Xiaosong. A method of implementing grid theoretical

line loss online calculation based on SCADA system[J]. Yunnan Electric Power, 2008, 36(3): 5-6.

[12] 陈芳, 张利, 韩学山, 等. 配电网线损概率评估及应用[J]. 电力系统保护与控制, 2014, 42(13): 39-45.
CHEN Fang, ZHANG Li, HAN Xueshan, et al. Line loss evaluation and application in distribution network[J]. Power System Protection and Control, 2014, 42(13): 39-45.

[13] 文福拴, 韩祯祥. 联合采用Kohonen模型和BP模型的配电网线损计算[J]. 电工技术学报, 1993, 14(3): 16-20.
WEN Fushuan, HAN Zhenxiang. Distribution network line loss calculation by jointly using Kohonen model and BP model[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 1993, 14(3): 16-20.

[14] 李洪凯. 供电公司线损在线分析系统的研究和应用[D]. 保定: 华北电力大学, 2008.
LI Hongkai. Research and application of line loss on-line analysis system for power supply company[D]. Baoding: North China Electric Power University, 2008.

[15] 赵争菡, 汪友华, 凌跃胜, 等. 大容量高频变压器绕组损耗的计算与分析[J]. 电工技术学报, 2014, 29(5): 261-264.
ZHAO Zhenghan, WANG Youhua, LING Yuesheng, et al. Calculation and analysis of loss in high-capacity high-frequency transformers[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 2014, 29(5): 261-264.

[16] 中国南方电网有限责任公司企业标准. 1301Q/CSG 1 1301-2008 线损理论计算技术标准[S]. 广州: 中国南方电网有限责任公司, 2008.
Enterprise Standard of Southern China Power Grid Co., Ltd. 1301Q/CSG 1 1301-2008 technology standard of theoretical calculation of line loss[S]. Guangzhou: China Southern Power Grid Co., Ltd., 2008.

**收稿日期：2014-07-30；　修回日期：2014-11-04**

**作者简介：**

董　楠(1987-)，女，山东人，硕士，工程师，长期从事电价及电力市场的研究；E-mail: dongnan@csg.cn

杨　柳(1980-)，女，硕士，高级工程师，主要研究方向为电力系统规划研究；E-mail: yangliu@csg.cn

吴鸿亮(1981-)，男，博士，高级经济师，主要研究方向为电力经济运行研究；E-mail: wuhl@csg.cn

(编辑　魏小丽)