

计及输配电成本分摊的不同类型用户输配电价设计

武志锴¹, 潘 霄¹, 张 琦¹, 满林坤¹, 王文德²,
程孟增¹, 谭忠富³

(1. 国网辽宁省电力有限公司经济技术研究院, 沈阳 110015; 2. 国网辽宁省电力有限公司, 沈阳 110006;
3. 华北电力大学 经济与管理学院, 北京 102206)

摘要: 随着各省相继核定第二轮输配电价, 输配电成本计算将会不断细化, 输配电价设计方法也随之不断完善。首先根据输配电网之间的负荷传导关系, 建立了输配电网之间的成本传导模型, 将输配电网总成本在不同电压等级电力用户之间进行公平合理分摊; 其次, 使用综合负荷法, 依据不同类型用户各时点的最大用电负荷, 将某一电压等级的输配电网成本在该电压等级不同类型用户之间进一步分摊, 在此基础上, 设计了分电压等级的一般工商业用户和大工业用户的输配电价; 最后, 以我国东部 L 省作为研究对象, 进行了算例分析, 以验证本文所提模型和方法的科学性和实用性。

关键词: 电力体制改革; 输配电价; 成本传导

中图分类号: TM 73 **文献标志码:** A

Transmission and distribution tariff design for different types of power users considering cost conduction

WU Zhikai¹, PAN Xiao¹, ZHANG Qi¹, MAN Linkun¹, WANG Wende², CHENG Mengzeng¹, TAN Zhongfu³

(1. State Grid Economic and Technological Research Institute of Liaoning, Shenyang 110015, China; 2. State Grid Liaoning Electric Power Supply Co., Ltd., Shenyang 110006, China; 3. Economics and Management School, North China Electric Power University, Beijing 102206, China)

Abstract: As the provinces successively approve the second rounds of transmission and distribution tariff (TDT), the calculation of transmission and distribution costs will continue to be refined, and the design methods for TDT will continue to be improved. Firstly, according to the load conduction relationship between transmission and distribution grid (TDG), the cost conduction model between TDG was established, and the total cost of TDG was shared fairly and reasonably among power users of different voltage levels. Secondly, according to the maximum power load of different types of users at each time point, the TDG cost of a certain voltage level was further shared among different types of users of the voltage level using the combined load method. On this basis, the TDT of general industrial

收稿日期: 2022-02-25

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (72174062); 国网辽宁省电力公司经营类课题项目 (第二轮输配电价成本监审后的公司经营策略研究)

第一作者: 武志锴 (1986-), 男, 高级工程师。研究方向: 电价政策、电力市场。E-mail: yjcc1227@sina.com

通信作者: 谭忠富 (1964-), 男, 教授。研究方向: 电力经济。E-mail: tanzhongfu@sina.com

and commercial users and large industrial users with different voltage levels was designed. Finally, taking province L in eastern China as the research object, an example was analyzed to verify the scientificity and practicability of the model and method proposed in this paper.

Keywords: power system reform; transmission and distribution tariff; cost conduction

输配电价改革是新一轮电力体制改革的重要组成部分,独立核定输配电价是实现电力市场化交易的必要条件,也是放开电力公司竞争性业务的前提条件,其对于降低工商业用户的用电成本,发挥电力价格宏观调控电能供需关系具有重要的现实意义。2020年,国家发展和改革委员会印发了《省级电网输配电价定价办法》(下文简称《办法》),《办法》中提出了省级电网平均输配电价和各电压等级输配电价的核算方法,这为各省级电力公司独立核算输配电价提供了理论依据^[1]。

随着各省相继核定第二轮输配电价,输配电成本计算将会不断细化,输配电价设计方法也随之不断完善。目前,输配电价设计主要面临以下难题:《办法》中提出“各电压等级的输配电价由该电压等级的准许收入和输配电量决定,各电压等级的准许收入由该电压等级的准许收入和高电压等级传导的准许收入构成”,虽然办法中提及了各电压等级的输配电价如何核定,但“高电压等级传导的准许收入”的计算方法尚不明确,且《办法》中仅提出了各电压等级平均输配电价的核算方法。事实上,某一电压等级的电网中,可能同时存在一般工商业用户、大工业用户、居民用户和农业用户,某一电压等级的输配电网成本如何在不同类型用户之间科学合理分摊,用户间的成本分摊方法暂未提及。因此,厘清不同电压等级电网和不同用户类型之间的成本传导及分摊关系,是目前输配电价设计面临的难题。

由于输配电价设计的重要性,国内外学者在这一领域展开了大量研究。如何制定兼顾公平和效率的输电价格和配电价格,是国外研究关注的焦点。输电定价方面,Espinosa等^[2]提出了一种激励性输电价格机制,并将其应用在墨西哥南下加利福尼亚州的独立电力系统中,相比墨西哥政府的输电定价方法,这种激励性输电价格机制能够提供更为丰厚的福利。Telles等^[3]基于长期边际成本和节点交换因子的概念,提出了一种基于电网潮流的输电电价定价方法。Tymorek等^[4]应用空间

统计方法分析边际价格,设计了反映输电网络运营成本的最佳输电价格。Chen等^[5]提出了一种基于PAB(pay-as-bid)的联合电力市场输电定价新方案,相比现有输电定价方案,新方案能够释放强烈的经济信号,促进输电网资源的最大利用。Zou等^[6]根据输电公司和购电方在不完全信息条件下的容量费用比,提出了两部制输电定价方法,以促进跨区域电力交易的可持续发展。配电定价方面,Simshauser^[7]建立了基于峰值容量的配电定价模型,更为高效且更能公平反映用户的配电成本。Huang等^[8-10]建立了动态配电价格模型,以解决配电网日益严重的阻塞问题。

与其他国家输电价格和配电价格相互独立不同,我国的输电价格和配电价格是一体化的。此外,由于我国输配电价改革处于起步阶段,如何设计符合我国国情的输配电价,是国内学者关注的重点。刘思强等^[11]在构建输配电价定价模型的基础上,分析了输配电量、线损率和折旧率等定价参数对输配电价的影响。蔡建刚等^[12]考虑了政府与电力公司之间的信息不对称性,在激励相容引导机制的基础上,建立了输配电价定价模型。上述研究为我国输配电价设计提供了理论指导,但在输配电网成本的核算过程中,没有考虑不同电压等级电网之间的成本传导关系,实质为省级平均输配电价计算。张粒子等^[13]基于峰荷责任法,提出了数据缺失条件下的输配电定价方法,研究显示,所提定价方法可以保障电网成本的全部回收,同时能够有效反映不同类型用户对输配电网的占用程度。黄海涛等^[14]基于负荷率和同时率之间的统计特性,建立了计及最大负荷率的可选择两部制输配电价定价模型。上述研究虽然考虑了不同电压等级电网之间的成本传导关系,但仅提出了分电压等级的输配电价定价方法,尚未涉及分电压等级不同类型用户的输配电价设计。谭忠富等^[15]考虑了大工业用户的负荷率差异和用电时间段的区别,设计了计及负荷率差别的分时输配电价。这一输配电价定价方法可以

兼顾效率和公平,但其输配电成本分摊的机理为边际成本法,与各省级电力公司使用会计成本法对输配电网成本进行分摊的实际情况不符。蒲雷等^[16]使用综合负荷法分摊不同类型用户的输配电成本,设计了不同用户类型的输配电价,但其分摊过程中存在负荷尺度和时间尺度不匹配的问题。

综上所述,现有研究主要存在以下不足:一是未构建完整的输配电价核算机制,大部分研究停留在省级平均输配电价层面,鲜有考虑输配电成本在电压等级间的分摊,此外,尚未提出分电压等级成本分摊后,分用户类型的输配电成本分摊及定价方法;二是输配电价核算方法不符合我国实际情况,在《办法》指导下,我国目前的输配电价核算机理为会计成本法而非边际成本法,此外,输配电成本分摊方法中,大多研究选用峰荷责任法或最大功率法,这两种分摊方法各有优劣,但都无法反映电力用户在不同时段用电负荷的变化特性,导致输配电网成本的分摊结果有失公平。

为解决上述研究中的不足,本文基于会计成本法,根据不同电压等级输配电网之间的负荷传输关系,构建了不同电压等级输配电网之间的成本传导模型,将输配电网总成本在不同电压等级电力用户之间进行公平合理分摊;在此基础上,使用综合负荷法,根据不同类型用户各时点的最大用电负荷,将某一电压等级的输配电网成本在该电压等级不同类型用户之间进一步分摊,并由此设计分电压等级一般工商业用户和大工业用户的输配电价。

1 不同电压等级输配电网之间的成本传导模型

1.1 各电压等级输配电网成本核算模型

本文研究对象为省级电网输配电成本分摊及电价核算,暂不考虑网损的影响。《省级电网输配电价定价办法》中规定了输配电网的准许收入,电力公司的准许收入由准许成本、准许收益和税金构成。电力公司的准许收入即为电力用户的输配电网成本,因此,各电压等级电力用户的输配电网成本 C_m 可表示如下:

$$C_m = PC_m + PR_m + T_m - DI_m \quad (1)$$

式中: m 表示输配电网的电压等级; PC_m , PR_m ,

T_m 和 DI_m 分别表示输配电网的准许成本、准许收益、税金和扣减收入。

a. 准许成本。

输配电网的准许成本从时间维度可以划分为基期和监管周期两部分,具体可表示如下:

$$PC_m = PC_m^{\text{base}} + PC_m^{\text{incr}} \quad (2)$$

式中: PC_m^{base} 表示输配电网基期的准许成本; PC_m^{incr} 表示输配电网监管周期预计新增的准许成本。

基期和监管周期新增的准许成本均由折旧费和运行维护费构成,基期折旧费取决于输配电网的历史成本和折旧率。监管周期新增的折旧费与新增投资和折旧率相关,需要注意的是,并不是所有的新增投资都可以计提折旧,只有新增投资中计入固定资产的部分可以进行折旧。此外,基期的运行维护费由材料和修理费、人工费和其他运营费构成,上述费用与输配电网基期的固定资产净值和相应的费率直接相关,监管周期预计新增的运行维护费的构成与基期相同,因此,基期和监管周期新增的准许成本可表示如下:

$$PC_m^{\text{base}} = FA_m^{\text{base}}(\alpha + \beta + \gamma + \eta) \quad (3)$$

$$PC_m^{\text{incr}} = I_m\theta(\alpha + \beta + \gamma + \eta) \quad (4)$$

式中: FA_m^{base} 表示基期输配电网的固定资产净值; α 表示折旧率; β 、 γ 和 η 分别表示材料和修理费率、人工费率和其他运营费率; I_m 表示监管周期预计新增投资; θ 表示新增投资计入固定资产的比例。

b. 准许收益。

准许收益可以通过输配电网有效资产和准许收益率进行核算,有效资产不仅包括固定资产,也包括无形资产和营运资本。因此,输配电网的准许收益可表示如下:

$$PR_m = EA_m\lambda \quad (5)$$

式中: EA_m 表示可计提折旧的有效资产净值; λ 表示输配电网的准许收益率,取决于电力公司的权益资本收益率、资产负债率和债务资本收益率,由此可见,准许收益率与省级电力公司的经营情况密切相关。

c. 税金。

税金由所得税、城市建设税和教育费附加三部分组成,可根据我国相关税法进行计算。

d. 扣减收入。

准许收入包括了省内用户和省外“网对网”购电用户通过输配电价向省级电力公司缴纳的输

配电费, 但应该扣除以下收入: 通过其他专门的渠道向特定电力用户收取的费用, 例如, 向特定用户提供高可靠性供电服务产生的收入、自备电厂提供备用容量服务产生的收入; 特殊情况下政府给予的补贴, 例如, 国家对农村地区减免的相关税金; 其他应该扣除的收入。

1.2 不同电压等级输配电网之间的成本传导关系

电力潮流由高电压等级输配电网传输至低电压等级输配电网。高电压等级输配电网传输的电

能, 一部分供给本电压等级的电力用户, 另一部分通过变压器降压后, 供给低电压等级的电力用户。也就是说, 低电压等级的电力用户使用了高电压等级的输配电网资源。因此, 为保障公平负担的原则, 低电压等级的电力用户, 需要根据电力潮流在不同电压等级输配电网的传递过程, 分摊部分高电压等级电力用户的输配电成本。不同电压等级输配电网之间的电力潮流传递关系如图 1 所示。

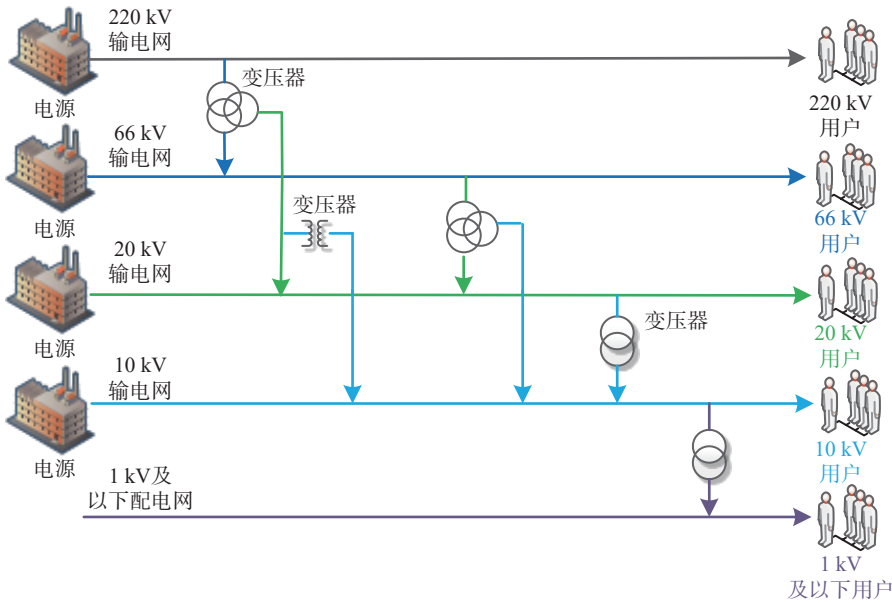


图 1 不同电压等级输配电网之间的电力潮流传递关系

Fig.1 Power flow transmission relationship between transmission and distribution grids with different voltage levels

根据图 1 中不同电压等级输配电网之间的电力潮流传递关系, 可以确定各电压等级电网之间的成本传导关系, 具体如下: 66 kV 的电力用户需要分摊 220 kV 电力用户的输配电网成本; 20 kV 的电力用户需要分摊 220 kV 和 66 kV 电力用户的输配电网成本; 10 kV 的电力用户需要分摊 220 kV、66 kV 和 20 kV 电力用户的输配电网成本; 1 kV 及以下的电力用户仅需要分摊 10 kV 电力用户的输配电网成本。

根据上述分析, 考虑不同电压等级电网之间的成本传导关系后, 各电压等级的输配电网成本 C_m' 可表示如下:

$$C_m' = C_m + \sum_{l>m} C_{l \rightarrow m} - \sum_{m>n} C_{m \rightarrow n} \tag{6}$$

式中: $C_{l \rightarrow m}$ 表示 m 电压等级的电力用户分摊的 l 电压等级电力用户的输配电网成本; $C_{m \rightarrow n}$ 表示 m 电压等级的电力用户传导给 n 电压等级电力用

户的输配电网成本。 $C_{l \rightarrow m}$ 和 $C_{m \rightarrow n}$ 可表示如下:

$$C_{l \rightarrow m} = C_l \frac{L_{l \rightarrow m}}{L_l} \tag{7}$$

$$C_{m \rightarrow n} = C_m \frac{L_{m \rightarrow n}}{L_m} \tag{8}$$

式中: L_l 和 L_m 分别表示 l 电压等级和 m 电压等级输配电网传输的年(月)最大负荷; $L_{l \rightarrow m}$ 表示 l 电压等级输配电网传递给 m 电压等级输配电网的年(月)最大负荷; $L_{m \rightarrow n}$ 表示 m 电压等级输配电网传递给 n 电压等级输配电网的年(月)最大负荷。

2 分电压等级分用户类型的输配电价设计

由于某一电压等级的输配电网中, 可能存在多种类型的电力用户, 因此, 考虑不同电压等级输配电网之间的成本传导关系, 将输配电网成本

在不同电压等级电力用户之间公平合理分摊的基础上, 需要进一步在同一电压等级的电力用户之间分摊该电压等级的输配电网成本, 并由此核算分电压等级分用户类型的输配电价。

最大功率法和峰荷责任法是在同一电压等级不同类型用户之间分摊输配电网成本的常用方法。其中, 峰荷责任法的分摊依据为系统最大负荷时刻, 各类用户的负荷与系统总负荷的比值; 最大功率法的分摊依据为某类用户的最大负荷与各类用户最大负荷之和的比例。上述两种方法均在一定程度上反映了不同电力用户对电网的占用程度, 但都无法反映电力用户在不同时段用电负荷的变化特性, 导致输配电网成本的分摊结果有失公平。因此, 本文考虑不同类型用户在不同时段的负荷动态变化, 利用综合负荷法对同一电压等级的输配电网成本进行公平合理分摊, 在此基础上, 设计分电压等级分用户类型的输配电价。

此外, 需要说明的是, 由于我国居民用户和农业用户由电网企业兜底供电, 即仍执行管制的销售电价, 因此, 在我国现行的输配电价政策中, 未核算居民和农业用户的输配电价。但实际上, 如果未来居民和农业用户符合市场准入条件, 其输配电价核算机制将和一般工商业用户和大工业用户保持一致。本文暂不考虑居民用户和农业用户的输配电价核算, 但其可参考后文的一般工商业用户和大工业用户的输配电成本分摊机制及定价机制。

2.1 各电压等级一般工商业用户的输配电价定价模型

一般工商业用户执行单一制输配电价, 即电量电价。根据一般工商业用户不同时段的负荷特性, 计算各电压等级一般工商业用户的输配电价 p_m^C , 具体可表示为

$$p_m^C = \frac{C_m' \omega_m^C}{Q_m^C} \quad (9)$$

式中: Q_m^C 表示一般工商业用户的用电量; ω_m^C 表示 m 电压等级的一般工商业用户分摊的 m 电压等级输配电网成本的比例, 其计算方法可表示为

$$\omega_m^C = \sum_{i=1}^{24} \left(\frac{L_{m,i}^C}{L_{m,i}^R + L_{m,i}^A + L_{m,i}^C + L_{m,i}^I} \zeta_{m,i} \right) \quad (10)$$

式中: $L_{m,i}^R$, $L_{m,i}^A$, $L_{m,i}^C$ 和 $L_{m,i}^I$ 分别表示居民用户、农业用户、一般工商业用户和大工业用户在 i 时刻的年(月)最大用电负荷; $\zeta_{m,i}$ 表示 i 时刻 m 电压等级

电力用户的年(月)最大用电负荷占该电压等级各时刻电力用户年(月)最大用电负荷之和的比例。

上述综合负荷法中, $\zeta_{m,i}$ 为某时刻系统最大负荷在时间尺度上所占的权重, 当一般工商业用户在高峰负荷时刻($\zeta_{m,i}$ 相对较大的时刻)最大负荷所占比例越大时, 一般工商业用户分摊的成本相对越多。相比文献 [16], 本文的综合负荷法实现了成本分摊负荷尺度和时间尺度的统一, 使得成本分摊更为公平。该方法既克服了峰荷责任法无法体现用户负荷动态变化的缺点, 也克服了最大功率法忽略用户负荷与系统负荷错峰的缺点, 从时间尺度和负荷尺度上综合考虑用户峰荷对系统的影响, 使得输配电成本分摊更为公平。

2.2 各电压等级大工业用户的输配电价定价模型

大工业用户执行两部制输配电价, 即容量输配电价和电量输配电价。根据大工业用户不同时段的负荷特性, 以及大工业用户容量电费和电量电费的比例, 分别计算各电压等级大工业用户的容量输配电价和电量输配电价^[16-17]。具体可表示为

$$p_m^{\text{capa},I} = \frac{C_m' \omega_m^I \kappa_m^I}{L_m^I} \quad (11)$$

$$p_m^{\text{elec},I} = \frac{C_m' \omega_m^I (1 - \kappa_m^I)}{Q_m^I} \quad (12)$$

式中: $p_m^{\text{capa},I}$ 和 $p_m^{\text{elec},I}$ 分别表示大工业用户的容量输配电价和电量输配电价; ω_m^I 表示 m 电压等级的大工业用户分摊的 m 电压等级输配电网成本的比例; κ_m^I 表示大工业用户的容量输配电费占总输配电费的比例, 该比例由前一年大工业用户支付的输配电费的构成比例确定; L_m^I 表示大工业用户的年最大用电负荷; Q_m^I 表示大工业用户的用电量。

由于不同类型用户的成本分摊方法必须保持一致, 从而确保同一电压等级的输配电成本在不同用户间分摊的公平性, 因此, ω_m^I 的计算方法与一般工商业用户的成本分摊比例的计算方法同为本文提出的综合负荷法, 具体可表示如下:

$$\omega_m^I = \sum_{i=1}^{24} \frac{L_{m,i}^I}{L_{m,i}^R + L_{m,i}^A + L_{m,i}^C + L_{m,i}^I} \zeta_{m,i} \quad (13)$$

进一步, 根据大工业用户的容量输配电价和电量输配电价, 可以得到各电压等级大工业用户的平均输配电价(考虑容量电费和电量电费后的度电输配电价), 具体可表示如下:

$$\bar{p}_m^I = \frac{p_m^{capa,I} L_m^I + p_m^{elec,I} Q_m^I}{Q_m^I} \quad (14)$$

3 算例分析

3.1 基础数据

本文选取我国东部地区的 L 省作为研究对象，通过实地调研采集了 2020 年该省电力公司的

经营成本数据、用电量数据和用户负荷数据。其中：L 省的经营成本数据如表 1 所示；L 省各电压等级工商业用户的用电量如表 2 所示；L 省不同电压等级输配电网之间的负荷（月最大用电负荷）传输关系如表 3 所示；L 省不同类型用户各时点的月最大用电负荷如图 2 所示。由于 L 省 20 kV 电压等级的用电量较少，将 20 kV 电压等级和 10 kV 电压等级进行合并，作为一个主体进行分析。

表 1 L 省电力公司的经营成本数据
Tab.1 Operating cost data of an electric power company in province L

电压等级	输配电网基期的固定 资产净值/亿元	输配电网监管周期预计 新增投资/亿元	准许收益/亿元	税金/亿元	扣减收入/亿元
220 kV	380.00	35.86	5.91	1.34	0.60
66 kV	464.63	43.85	7.24	1.64	0.73
10 kV	792.06	74.76	12.34	2.80	1.24
1 kV及以下	90.36	8.53	1.41	0.32	0.14

表 2 各电压等级工商业用户的用电量
Tab.2 Electricity consumption of industrial and commercial
users at various voltage levels

电压等级	大工业用户/亿(kW·h)	一般工商业用户/亿(kW·h)
220 kV	195.26	—
66 kV	605.42	12.91
10 kV	429.11	247.93
1 kV及以下	—	116.24

此外，根据实地调研结果，模型中的其他参数的设定如下：折旧率为 5.27%；新增投资计入固定资产的比例为 0.75；材料和修理费率为 1.59%；

人工费率为 6.04%；其他运营费率为 1.47%。大工业用户的容量输配电费占总输配电费的比例为 0.3^[16]。

3.2 算例结果

3.2.1 不同电压等级输配电网之间的成本传导关系分析

准许成本由折旧费和运维费构成，运维费包括材料和修理费、人工费和其他运营费。因此，为核算输配电网的准许成本，首先根据各电压等级输配电网基期的固定资产净值和监管周期的预计新增投资，结合新增投资计入固定资产的比例、折旧率和人工费率等参数，计算输配电网基期和监管周期新增的运维费，具体如表 4 所示。

表 3 不同电压等级输配电网之间的负荷传输关系
Tab.3 Load transmission relationship between transmission and distribution grids with different voltage levels

电压等级	本电压等级传输的 电力负荷/万kW	本电压等级用户的 用电负荷/万kW	传输至66 kV的 电力负荷/万kW	传输至10 kV的 电力负荷/万kW	传输至1 kV及以下的 电力负荷/万kW
220 kV	21 724	7 603	6 517	7 604	—
66 kV	21 899	24 036	—	4 380	—
10 kV	31 175	29 129	—	—	14 030
1 kV及以下	14 030	14 030	—	—	—

由表 4 可知，由于输配电网的人工费率高于材料和修理费率及其他运营费率，因此，人工费在输配电网运维费中所占的比例最高。具体地，材料和修理费、人工费和其他运营费分别为 29.40 亿元、111.70 亿元和 27.18 亿元，在输配电网运维费中所占的比例分别为 17.47%，66.37% 和

16.16%。此外，相比其他电压等级，10 kV 输配电网基期固定资产净值和监管周期预计新增投资较大，因此，10 kV 的运维费在输配电网总运维费中所占比例最高，达到了 45.86%。在此基础上，根据输配电网的折旧率，核算输配电网基期和监管周期新增的折旧费，结合输配电网的运维费，可

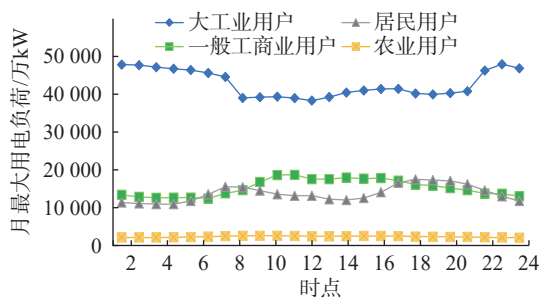


图2 不同类型用户各时点的月最大用电负荷

Fig.2 Monthly maximum power load of different types of users at each time point

以得到输电网的准许成本，具体如表5所示。

由表5可知，输电网基期的准许总成本为248.12亿元，约为监管周期新增准许成本的14倍。

准许成本内部，折旧费和运维费分别为97.40亿元和168.28亿元，运维费在输电网准许成本的比例较高，达到了63.34%。进一步，根据各电压等级输电网的准许成本、准许收入、税金，可以得到各电压等级的输电网成本，即准许收入。上述研究中尚未考虑不同电压等级输电网之间的成本传导关系，由表3可知，高电压等级输电网中传输的电力负荷，一部分供本电压等级的电力用户使用，另一部分传输至低电压等级输电网，供低电压等级的电力用户使用。因此，根据不同电压等级输电网之间的负荷传输关系，由低电压等级电力用户承担部分高电压等级电力用户的输电网成本。考虑成本传导关系前后，各电压等级的输电网成本如表6所示。

表4 输电网基期和监管周期新增的运维费

电压等级	基期运维费/亿元			监管周期新增运维费/亿元		
	材料和修理费	人工费	其他运营费	材料和修理费	人工费	其他运营费
220 kV	6.04	22.95	5.59	0.43	1.62	0.40
66 kV	7.39	28.06	6.83	0.52	1.99	0.48
10 kV	12.59	47.84	11.64	0.89	3.39	0.82
1 kV及以下	1.44	5.46	1.33	0.10	0.39	0.09

表5 输电网的准许成本

电压等级	基期准许成本/亿元			监管周期新增准许成本/亿元		
	折旧费	运维费	合计	折旧费	运维费	合计
220 kV	20.03	34.58	54.61	1.42	2.45	3.87
66 kV	24.49	42.28	66.77	1.73	2.99	4.72
10 kV	41.74	72.08	113.82	2.95	5.10	8.05
1 kV及以下	4.70	8.22	12.92	0.34	0.58	0.92

表6 考虑成本传导关系前后各电压等级的输电网成本

Tab.6 Transmission and distribution grid cost of each voltage level before and after considering the cost conduction relationship

电压等级	考虑成本传导关系前的输电网成本/亿元	考虑成本传导关系后的输电网成本/亿元	变动额度/亿元
220 kV	65.13	22.80	-42.33
66 kV	79.65	83.26	3.61
10 kV	135.77	113.40	-22.37
1 kV及以下	15.49	76.59	61.10

如表6所示，考虑不同电压等级输电网之间的成本传导关系前后，电力用户的输电网成

本存在差异。由表3中不同电压等级输电网之间的负荷传输关系可知，220 kV输电网传输的电力负荷，仅有35%供本电压等级的电力用户使用，其余30%和35%分别传输至66 kV和10 kV电力用户，因此，考虑成本传导关系后，220 kV电力用户承担的输电网成本大幅度降低，减少了42.33亿元。66 kV的电力用户一方面承担了220 kV输电网成本的30%，另一方面，其也将自身20%的输电网成本传导给了10 kV电力用户。因此，考虑成本传导关系前后，66 kV电力用户承担的输电网成本变化不大，略微提高了3.61亿元。对于10 kV电力用户而言，虽然其承担

了 220 kV 和 66 kV 的部分输配电网成本, 但 10 kV 配电网传输的电力负荷, 45% 传递至 1 kV 及以下的电力用户。因此, 考虑成本传导关系后, 10 kV 电力用户承担的输配电网成本也一定程度降低, 减少了 22.37 亿元, 同时也使得 1 kV 及以下的电力用户承担的输配电网成本增加了 61.10 亿元。

3.2.2 各电压等级工商业用户的输配电价分析

根据不同电压等级输配电网之间的负荷传导关系, 将输配电网成本在不同电压等级输配电网之间进行了合理的分摊。在此基础上, 需要进一步将某一电压等级的输配电网成本在该电压等级不同类型用户之间进行分摊。根据图 2 中不同类型用户各时点的月最大用电负荷, 可以得到各电压等级不同类型用户承担的输配电网成本的比例, 如表 7 所示。

表 7 不同类型用户承担的输配电网成本的比例
Tab.7 Proportion of transmission and distribution grid cost shared by different types of users

电压等级	大工业用户	一般工商业用户	居民用户	农业用户
220 kV	1	—	—	—
66 kV	0.9760	0.0240	—	—
10 kV	0.5365	0.3569	0.0541	0.0525
1 kV 及以下	—	0.2692	0.6963	0.0345

由表 7 可知, 由于 220 kV 中只存在大工业用户, 因此, 220 kV 的输配电网成本, 全部由大工业用户承担。66 kV 中包含了大工业用户和一般工

商业用户, 相比一般工商业用户, 66 kV 的大工业用户的用电负荷较高。因此, 其承担了该电压等级大部分的输配电网成本。10 kV 电压等级同时包括了大工业用户、一般工商业用户、居民用户和农业用户, 其中, 大工业用户成本分摊比例最高, 一般工商业用户次之。1 kV 及以下输配电网中, 居民的用电负荷较高, 其分摊的输配电网成本也相应较多, 成本分摊比例达到了 0.6963。根据各电压等级工商业用户承担的输配电网成本的比例, 可以进一步核算不同电压等级大工业用户和一般工商业用户的输配电价, 如表 8 所示。

表 8 为大工业用户的两部制输配电价和一般工商业用户的单一制输配电价, 为方便两者对比, 同时核算了大工业用户的平均输配电价。由表 8 可知, 不同电压等级大工业用户的容量输配电价均为 20 元/(kVA·月), 但电压等级越低, 其电量输配电价越高, 10 kV 大工业用户的电量输配电价比 220 kV 的高 0.0175 元/(kW·h)。同一电压等级的输配电网中, 一般工商业用户的输配电价高于大工业用户, 以 10 kV 为例, 一般工商业用户的输配电价为 0.1632 元/(kW·h), 比大工业用户高 0.0214 元/(kW·h)。需要注意的是, 本文核算的工商业用户的输配电价尚未考虑电价交叉补贴, 即工商业用户对居民用户和农业用户的电价补贴, 因此, 核算结果理论上低于工商业用户实际执行的输配电价。

表 8 各电压等级工商用户的输配电价
Tab.8 Transmission and distribution tariff of industrial and commercial users at each voltage level

电压等级	大工业用户			一般工商业用户/(元·kW ⁻¹ ·h ⁻¹)
	电量电价/(元·kW ⁻¹ ·h ⁻¹)	容量电价/(元·kVA ⁻¹ ·月 ⁻¹)	平均电价/(元·kW ⁻¹ ·h ⁻¹)	
220 kV	0.0817	20	0.1168	—
66 kV	0.0940	20	0.1342	0.1545
10 kV	0.0992	20	0.1418	0.1632
1 kV 及以下	—	—	—	0.1774

4 结 论

本文建立了分电压等级的输配电网成本核算模型, 为保证输配电网成本在各电压等级电力用户之间分摊的公平性, 根据不同电压等级输配电网之间的负荷传输关系, 构建了输配电网之间的成本传导模型, 即由低电压等级的电力用户承担

部分高电压等级电力用户的输配电网成本。进一步, 使用综合负荷法, 根据某一电压等级不同类型用户各时点的最大用电负荷, 将该电压等级的输配电网成本在不同类型用户之间进行分摊, 在此基础上, 设计了分电压等级的一般工商业用户和大工业用户的输配电价。研究结果显示: a. 考虑不同电压等级输配电网之间的成本传导关系

后, 220 kV 和 10 kV 电力用户承担的输配电网成本大幅度降低, 1 kV 及以下电力用户分摊的输配电网成本则大幅度增加。b. 同一类型的用户, 输配电价随电压等级的降低而提高, 同一电压等级, 一般工商业用户的输配电价高于大工业用户的输配电价。

本文所提不同电压等级输配电网之间的成本传导关系和输配电价设计方法, 对于我国电力体制改革, 尤其是输配电价改革具有一定的借鉴价值, 但论文尚存在不足之处, 比如, 工商业用户实际执行的输配电价中包含了对居民-农业用户的电价交叉补贴, 如何核算居民用户和农业用户的交叉补贴规模, 并将这部分交叉补贴在不同电压等级工商业用户之间进行分摊, 需要进行更深入的研究。

参考文献:

[1] 汪荣华, 杜英, 苟全峰, 等. 考虑输配电价改革的省级电网规划投资效率效益评估 [J]. [电力建设](#), 2020, 41(11): 135–144.

[2] ESPINOSA R, ROSELLÓN J. Optimal transmission tariff regulation for the Southern Baja-Californian electricity network system[J]. *Investigación Económica*, 2017, 76(301): 3–56.

[3] TELLES E, LIMA D A, CONTRERAS J, et al. A new transmission tariff allocation model based on bilevel programming[J]. [IEEE Transactions on Power Systems](#), 2017, 32(3): 2204–2213.

[4] TYMOREK A, NAMYSŁOWSKA-WILCZYŃSKA B, WILCZYŃSKI A. The conception of stratified transmission tariff[J]. *Rynek Energii*, 2011, 93(2): Str.106–Str.111.

[5] CHEN Q X, XIA Q, KANG C Q. Novel transmission pricing scheme based on point-to-point tariff and transaction pair matching for pool market[J]. [Electric Power Systems Research](#), 2010, 80(4): 481–488.

[6] ZOU B, ZHOU Y, HU J H, et al. Z-number-based negotiation model for determining two-part transmission tariffs of cross-regional transmission projects[J]. *IET Generation, Transmission & Distribution*, 2017, 11(7): 1829–1838.

[7] SIMSHAUSER P. Distribution network prices and solar PV: resolving rate instability and wealth transfers through demand tariffs[J]. [Energy Economics](#), 2016, 54: 108–122.

[8] HUANG S J, WU Q W, SHAHIDEHPOUR M, et al. Dynamic power tariff for congestion management in distribution networks[J]. [IEEE Transactions on Smart Grid](#), 2019, 10(2): 2148–2157.

[9] HUANG S J, WU Q W, ZHAO H R, et al. Distributed optimization-based dynamic tariff for congestion management in distribution networks[J]. [IEEE Transactions on Smart Grid](#), 2019, 10(1): 184–192.

[10] HUANG S J, WU Q W, CHENG L, et al. Uncertainty management of dynamic tariff method for congestion management in distribution networks[J]. [IEEE Transactions on Power Systems](#), 2016, 31(6): 4340–4347.

[11] 刘思强, 叶泽, 范先国, 等. 定价参数对输配电价的影响及调控模型 [J]. [电力系统自动化](#), 2017, 41(24): 58–66.

[12] 蔡建刚, 叶泽. 信息不对称条件下激励相容的输配电价模型研究 [J]. *中国管理科学*, 2014, 22(5): 91–97.

[13] 张粒子, 叶红豆, 陈逍潇. 基于峰荷责任的输配电价定价方法 [J]. [电力系统自动化](#), 2017, 41(14): 92–98.

[14] 黄海涛, 王俊伟, 王岱锋, 等. 考虑负荷率的不同电压等级可选择两部制输配电价 [J]. [现代电力](#), 2019, 36(3): 42–50.

[15] 谭忠富, 蒲雷, 吴静, 等. 基于负荷率差别定价的分时输配电价优化模型 [J]. [系统工程理论与实践](#), 2019, 39(11): 2945–2952.

[16] 蒲雷, 谭忠富, 谭彩霞, 等. 计及交叉补贴分摊的输配电价定价方法 [J]. [系统工程理论与实践](#), 2021, 41(6): 1476–1485.

[17] 杨佳澄, 张肖, 王涛, 等. 基于输配电成本监审的转移交叉补贴测算模型应用 [J]. [智慧电力](#), 2021, 49(12): 11–16.

(编辑: 丁红艺)