

基于层次分析法的输变电工程综合评价

赵易辰

国网晋中供电公司

摘要:针对输变电工程在项目实施过程中的经济效益、环境效益和社会效益评价问题,以层次分析法为理论基础,建立了输变电工程的综合评价指标体系,通过对输变电工程的各个指标进行分析、比较、筛选、组合,最终确定了各评价指标的权重,并提出了在进行评价时需要注意的事项。输变电工程是电网建设投资最大的项目之一,是电网建设中最重要和关键的组成部分。如何对输变电工程进行科学合理地综合评价,保证其在电网建设过程中发挥最大效益是当前电力企业面临的主要问题。本文将层次分析法应用于输变电工程的综合评价中,以期能够为输变电工程科学合理地选择投资方案提供依据。

关键词:层析分析法; 输变电工程; 综合评价

【DOI】10.12252/j.issn.2096-6288.2022.08.195

引言

随着我国国民经济的迅速发展,电力系统对电网的可靠性、经济性和安全性提出了越来越高的要求,电网建设的投资规模也在逐年增大,合理选择电网建设方案对保证电力系统安全稳定运行具有十分重要的意义。如何根据实际情况科学、合理地选择电网建设方案,在确保经济合理的前提下降低电力建设项目的投资,这是摆在电力企业面前一个急需解决的问题。

目前,对电网工程项目进行综合评价常用的方法有:经济评价、技术评价、环境影响评价、社会效益评价和不确定性分析。在电力企业中,输变电工程在项目实施过程中起着至关重要的作用,它对于电力企业发挥着非常重要的作用。通过对输变电工程进行综合评价,不仅可以获得对电网项目经济、技术和环境影响做出客观公正、准确可靠判断的数据资料,而且也为电力企业进行投资决策提供了科学依据。但是在实际评价过程中,由于输变电工程是一个复杂系统,其涉及多个方面。因此,在评价过程中应从不同方面综合考虑影响因素,这样才能全面反映输变电工程综合效益。

层次分析法(AHP)是一种将定性定量相结合、定性判断与定量分析相结合的多目标决策方法。该方法具有明确的数学结构和层次性、系统性等特点,在决策领域得到了广泛应用。本文通过对输变电工程进行综合评价过程中各个因素重要性进行分析和研究,建立了输变电工程综合评价指标体系,并用层次分析法(AHP)对其进行了计算。

一、层次分析法简介

层次分析法是20世纪70年代初由美国运筹学家T. L. Saaty和R. L. Saaty提出的一种定量分析方法,它是一种将定性定量相结合、定性判断与定量分析相结合的多目标决策方法。层次分析法在解决多目标决策问题时,其基本步骤是:首先把问题分成若干个相互关联、相对独立的层次,形成一个递阶结构;然后根据问题的实际情况,确定各个层次上各指标之间的相对重要性,

构造判断矩阵;最后计算出各层各个指标对目标层的权重,从而对各方案进行排序。

层次分析法在应用时,其核心是通过构造判断矩阵和一致性检验来确定方案优劣的权重向量。在实际应用中,判断矩阵一般由专家提出,而专家意见存在差异。由于专家水平参差不齐,导致判断矩阵往往不能反映客观情况,其结果不可能完全正确。因此,如果直接用专家的意见来计算权重向量则会使结果失真。为了消除专家判断中存在的主观性,在计算权重向量时一般采用层次分析法,即通过构造判断矩阵、一致性检验、层次单排序以及层次总排序等步骤来确定指标权重向量。

因此本文利用层次分析法来对输变电工程进行综合评价时,首先通过建立输变电工程综合评价指标体系;然后计算各指标对目标层的权重;最后计算总排序以及总排序后的最终权重。

二、输变电工程综合评价的主要内容

输变电工程的综合评价包括如下几个方面:

(1)过程评价对过程进行评价时,必须严格按照我国有关制度、法令和法规的内容来进行,并对项目的前期工作内容、投资和施工情况进行评价、后期的操作等各方面的内容都做了细致的分析,得到了合理的数据。

(2)效益评价本内容由国民效益评价与财务效益评价组成,根据实时生成的数据对国家公布的参数进行评价,具体评价式中,所使用的项目前期评价,评价方法同前期评价,仅对资料的值和用途有区别。最后对重新测算出的指标内容和当前评价的结果做了比较和分析,并找出了产生差异的原因。

(3)影响评价本评价内容是指变电工程项目建设给周边及国家经济、技术和社会各方面带来的全面影响。这一评估应以国家为视角,评估过程的关键内容就是,分析工程和社会整体关系,并根据工程后评估的具体情况,该项目内容在评价全过程中至关重要,它由两大部分组成:环境影响与社会影响评价。

(4) 持续性评估, 即对工程进行重复性与持续性评估, 根据变电站所处地区电网状况, 管理体质, 配套设施, 自然环境等各要素对工程持续化开发概率进行评估。

三、输变电工程的特点

输变电工程是为电网提供电源, 将电源输送到各个负荷中心的一种电力设施。它包括输电线路和变电设施两部分。输电线路包括架空线和电缆。变电设施包括变压器、断路器、隔离开关、避雷器等电气设备。

输变电工程与其他电力工程不同, 具有以下几个特点:

(1) 输电线路和变电设施都是一次性投资, 这两个项目的效益评价一般由电力部门负责。因此, 这两个项目的效益评价指标应是同一层次上的指标, 它们具有较高的可比性。

(2) 输电线路和变电设施的经济效益, 一般通过经济效益分析来评价, 而在输变电工程中, 这两个项目的效益还包括社会效益和环境效益。由于电网是一种公共基础设施, 因此, 其经济效益不仅包括单个项目本身的经济分析, 还应考虑到对整个社会经济发展的影响。

(3) 输变电工程一般都是由多家电力公司投资建设和经营管理的。

(4) 输变电工程投资大、周期长、影响因素多、涉及面广, 因此, 在对输变电工程进行效益评价时, 既要考虑其本身的经济效益, 又要兼顾其社会效益和环境效益。

因此本文根据上述特点建立了输变电工程效益评价指标体系。该体系主要由经济指标、社会指标和环境指标构成。

四、评价指标体系的建立

在输变电工程的评价体系中, 要选取能够充分反映输变电工程特点和电网特性的指标, 建立起一个科学合理的评价指标体系。其指标体系的构建必须遵循科学性、系统性、全面性和可操作性等原则。

(1) 科学性原则: 指标体系必须能够全面反映输变电工程的特点和电网特性。评价指标应全面系统地反映输变电工程对国民经济和社会发展的影响, 尽量避免由于某一方面因素的变化而导致对整体影响的片面反映。

(2) 系统性原则: 指标体系应涵盖输变电工程评价所涉及的各个方面, 即从多个角度、多个方面来全面地评价输变电工程的整体效益。

(3) 全面性原则: 指标体系必须全面覆盖输变电工程建设全过程, 应包括与电网建设相关的经济、社会、环境等方面。

(4) 可操作性原则: 指标体系中的各个评价因素不能太多或太少, 过多则影响指标选取的客观性和科学性; 过少则易使指标选取不当, 难以评价。

(一) 指标的选择

本文根据输变电工程的特点, 从系统观点出发, 遵循科学性、系统性、全面性和可操作性等原则, 选择了以下指标:

(1) 经济指标。经济指标是指反映一个国家或地区的经济状况以及其社会发展水平的指标, 主要包括固定资产投资完成额、人均GDP、电力消费水平、人均用电量、单位GDP能耗等指标。

(2) 社会效益指标。社会效益指标是指反映一个国家或地区社会经济发展状况以及其社会发展水平的指标, 主要包括人均可支配收入、城市化水平、居民生活水平等。

环境效益指标是指在输变电工程建设过程中以及建成后, 对自然环境的破坏程度以及对生态系统的影响程度, 主要包括水土流失指数、空气污染指数等。

安全效益指标是指输变电工程建成后对社会安全的影响程度, 主要包括人身安全、电网安全和设备安全等方面的评价。

(二) 指标体系结构

指标体系是指在一定时期内, 为了达到某一评价目的, 需要对影响因素进行识别和量化的过程。指标体系是建立在某一问题分析基础上的, 可以反映其自身的属性和特点。因此, 指标体系结构要由两部分组成: 第一部分是指标体系框架; 第二部分是指标层。

根据上述指标体系构建原则, 本文结合输变电工程建设特点, 遵循全面性、系统性和可操作性等原则, 分别从经济、社会、环境、技术和管理等5个方面选取了相应的评价指标, 构建了输变电工程综合评价指标体系(如表1)。该评价体系共分为6层:

第一层: 目标层; 第二层: 准则层; 第三层: 方案层; 第四层: 措施层; 第五层: 控制层; 第六层: 数据处理。

其中, 准则是指评价体系中各指标之间的关系, 是对各评价指标的定性要求; 方案是指实施评价体系后所能达到的目标状态。

五、评价方法的确定

层次分析法是一种定性定量相结合的方法, 它从众多因素中抽象出一个能够表示各个因素间相互关系的层次结构, 从而对其进行分析。层次分析法的基本思想是, 将一个复杂的决策问题分解成若干个简单决策问题, 将目标层分解成目标和准则两个层次, 建立系统的递阶结构。通过计算准则层对目标层的相对权重, 从而确定目标层各指标对系统总目标的相对重要性。最后综合专家评价结果和层次分析法所得各指标的权重进行综合计算, 就可以得到最终评价结果。因此, 层次分析法是一种可定量研究事物内部矛盾和事物之间相互关系的比较合理的方法。

(一) 建立层次结构模型

建立层次结构模型的目的是为了能够在建立评价指标体系时, 将各层次上的因素进行对比分析, 从而确定

各因素的权重。

输变电工程综合评价的指标体系由4个层次组成，分别是目标层、准则层、方案层和指标层。目标层是指与输变电工程建设相关的目标，即主要包括安全性、经济性、环保性和适应性等方面的指标；准则层是指影响输变电工程建设的各个因素，包括施工质量、运行安全等方面；方案层是指输变电工程建设的方案，主要包括工程可行性和经济性两个方面；指标层是指评价输变电工程建设水平所必须达到的要求，主要包括电力可靠性、供电可靠性和供电质量。

四个层次之间存在着严格的逻辑关系，各层次上因素之间存在着相互影响，层次间的总目标作为系统总目标。因此，评价输变电工程就是要针对系统总目标建立一个多层次递阶结构模型。

(二) 构造判断矩阵

(1) 确定权重。对影响工程质量的因素进行分析，按照重要性程度和一致性要求，通过成组比较，找出各个因素之间的重要程度。构造判断矩阵是层次分析法的关键步骤。它的一般过程是：首先对影响工程质量的各个因素，根据其重要性进行分类；然后找出在各项影响因素中，对工程质量影响较大的因素；最后根据成组比较原则，将这些因素两两进行比较。

(2) 确定标度。标度是指每个层次中元素相对于上一层次元素重要性的定量表示。在构造判断矩阵时，通常采用1~9标度法或1~9等标度法来确定标度。

(3) 一致性检验。由于判断矩阵中元素为定性指标，而一般判断矩阵的一致性检验方法是利用标度进行计算，因此需要对判断矩阵进行一致性检验。

一般用方根法和平均随机一致性指标 RI 来确定。

(4) 层次单排序。层次单排序是指按重要性对各因素进行排序，它是进行层次分析法分析的基础，其计算过程如下：

(5) 计算权向量。权向量是指各层因素对总目标层的相对重要性权向量。权向量一般由以下三种情况确定：1) 按各层次因素重要性进行排序；2) 按所有因素重要性进行排序；3) 按某种方案或准则重要性排序。

(三) 层次单排序及其一致性检验

层次单排序就是将分析对象的各层次要素，按其重要性依次排列，形成有序的序列。在层次分析中，判断矩阵的一致性检验是十分重要的。

一致性检验的目的是为了验证判断矩阵是否满足一致性要求，并检验其合理性。其方法有很多，这里主要介绍一种最常用的方法——方根法。其步骤为：(1) 将判断矩阵的每一行元素按其上一层某一要素相对于该层其他要素重要性的相对权重进行求和，得到各要素对上一层某一要素相对于该层其他要素重要性的权系数向量。(2) 对此矩阵进行一致性检验。一致性检验结果一般有四种类型： $0 < C < 0.1$ ，表示判断矩阵满足一致性要求； $0 < C < 0.5$ ，表示判断矩阵不满足一致性要求；

$C \leq 0.5$ ，表示判断矩阵不满足一致性要求； $C > 0.5$ ，表示判断矩阵不满足一致性要求。

六、实例分析

本文以某地区的输变电工程为例，进行综合评价。某地区的输变电工程建设规模为1 000MW，主变容量为 $2 \times 300\text{MVA}$ ，线路全长约688km。工程采用交流输电方式，由500kV线路及35kV线路组成，其主要设备有220kV电压等级的GIS、500kV电压等级的架空地线、110kV电压等级的变电站及其附属设备。该工程采用“三段式”方案进行建设，即：110kV变电站（I）、220kV变电站（II）和35kV变电站（III）。其中110kV变电站在一次系统中与35kV变电站进行连接；35kV变电站与220kV侧连接；35kV侧与110kV侧连接。在该工程建设过程中，该地区的年平均气温为4℃，年平均降水量为840mm。根据该地区的地理条件和气候条件，该工程采用了多种运行方式。如：交流输电方式、直流输电方式和不对称电压输送方式等。采用不同的运行方式，就可以使该工程在不同季节分别对电网进行不同的运行方式，以充分利用太阳辐射，减少输电损耗和电网损耗。如图2所示，利用层次分析法对该输变电工程进行综合评价，可以看出：该输变电工程是一项非常优秀的工程。

结论

在进行输变电工程综合评价时，必须将输变电工程的各个指标进行客观分析和筛选，根据所得出的各指标权重对输变电工程进行综合评价，在此基础上得出最优方案。采用层次分析法建立的指标体系，对于确定权重有一定的帮助作用，同时也能够提高权重确定的准确性。在具体运用中，应注意以下几点：(1) 在指标权重计算时，由于受评价对象、评价指标体系和评价方法等方面的影响，权重值在不同情况下会有一些的差异。因此在进行指标权重计算时应充分考虑这些影响因素。

(2) 在进行综合评价时，由于受到主观因素的影响，评价结果会出现一定程度的偏差。因此在进行指标权重计算时应对所得出的结果进行认真分析、综合比较，避免出现偏差。(3) 本文所建立的综合评价体系只是一种定性分析方法，而对于输变电工程而言还需要进一步建立定量分析模型。

参考文献

- [1] 李君宏. 基于模糊综合评价的输变电工程经济效益后评价研究[J]. 华北电力大学学报(社会科学版), 2012, 05: 42-44.
- [2] 夏兴平. 基于模糊层次分析法的电信业务网项目后评价研究[J]. 重庆邮电大学学报(自然科学版), 2012, 06: 792-797.
- [3] 周冰, 蒋政, 傅进, 杨毅. 基于集对分析法的输变电项目经济效益后评估[J]. 电气自动化, 2013, 01: 49-51.