

基于全寿命周期理念的

# 输电网规划

欧阳俊 主编  
郑旭 杜治 杨东俊 副主编



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

基于全寿命周期理念的

# 输电网规划

欧阳俊 主编

郑旭 杜治 杨东俊 副主编



中国电力出版社  
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

## 内容提要

本书重点介绍基于全寿命周期的输电网规划,全书共分7章,分别为全寿命周期理念和输电网规划基础,输电网规划内容与方法,国内外现有的输电网规划评估概况,并具体阐述几种典型的输电网规划评估方法,基于全寿命周期成本的输电网规划模型及求解方法,基于安全、效能、成本的综合评价指标体系和模型,输电网规划的典型案例。

本书意在让读者尽快了解基于全寿命周期和SEC理念的输电网规划,从基础理论、模型构建、求解方法、评估体系多个角度论述,并列举多个实例进行验证,帮助读者理解和掌握本书的要点。

本书可作为高校理工科本科生和研究生的教学参考用书,也可供电气工程的输电方向、电网规划及其相关领域的工程技术和研究人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

基于全寿命周期理念的输电网规划 / 欧阳俊主编. —北京: 中国电力出版社, 2019.4

ISBN 978-7-5198-2685-7

I. ①基… II. ①欧… III. ①电力系统规划 IV. ①TM715

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第275585号

---

出版发行: 中国电力出版社

地 址: 北京市东城区北京站西街19号(邮政编码100005)

网 址: <http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑: 罗翠兰

责任校对: 黄蓓 常燕昆

装帧设计: 张俊霞

责任印制: 石雷

---

印 刷: 三河市万龙印装有限公司

版 次: 2019年4月第一版

印 次: 2019年4月北京第一次印刷

开 本: 710毫米×980毫米 16开本

印 张: 10.75

字 数: 186千字

印 数: 0001—1500册

定 价: 52.00元

---

版权专有 侵权必究

本书如有印装质量问题, 我社营销中心负责退换

# 《基于全寿命周期理念的输电网规划》

## 编写人员

主 编 欧阳俊

副主编 郑 旭 杜 治 杨东俊

参 编 方仍存 鄢 晶 杜 剑 熊 志

赵红生 徐敬友 王 博 郑云飞

全寿命周期成本 (Life Cycle Cost, LCC) 理念适用于产品使用周期长、材料损耗量大、维护费用高的相关领域。其概念起源于瑞典铁路系统,于 1904 年提出。20 世纪 70 年代之后, LCC 概念在一些发达国家如美国、英国、澳大利亚等国迅速普及,快速发展并达到高潮。我国于 20 世纪 80 年代开始引进 LCC 理论,从消化、吸收,到理论研究探讨、推广应用,经历了 30 多年的历程。目前, LCC 理论体系已基本成熟,并被广泛运用于军用、航空、基础建设、工程管理等领域。近几年,全寿命周期成本理念也逐步融入我国电力系统建设的各环节中。

本书将全寿命周期理念引入输电网规划设计中来,系统介绍了全寿命周期成本和输电网规划的基本概念和内容,建立了基于全寿命周期成本最优的电网规划模型,避免了备选规划方案是由规划技术人员人工制定所导致的不足;在基于全寿命周期成本的规划方案评价方法基础上,以全局最优的思想扩展了评价维度,不仅考虑全寿命周期成本维度,还涵盖了安全和效能维度,构建了适用于电网规划评估的安全 (S)、效能 (E)、成本 (C) 的综合指标体系,提出了多种有效的评估比选方法和决策模型,以保证输电网规划方案的安全、效能、成本综合最优。

本书编写过程中得到了武汉大学电气工程学院丁坚勇教授的指导,国网衢州供电公司王小鑫、国网四川供电公司尚超、国网湖北中超公司李珺、国网河北经研院朱天瞳对书稿中的许多具体内容提出了宝贵意见,三峡大学电气与新能源学

院杨楠副教授为本书的编写提供了相关资料，研究生李雍协助整理和校阅了全书手稿，在此一并向他们致以衷心的感谢。

由于时间仓促，加上作者学识水平有限，书中难免有错误或疏漏之处，恳请广大读者批评指正。

编者

2018年12月

前 言

<b>第 1 章 概述</b> .....	<b>1</b>
1.1 输电网规划基本概念 .....	1
1.2 全寿命周期成本（LCC）基本概念及发展历程 .....	8
<b>第 2 章 输电网规划内容与方法</b> .....	<b>17</b>
2.1 输电网规划中的负荷预测 .....	17
2.2 输电网规划中的计算分析 .....	22
2.3 输电网规划方法综述 .....	41
<b>第 3 章 基于 LCC 最优的输电网规划方案初选</b> .....	<b>51</b>
3.1 输电网建设项目的 LCC 分析 .....	51
3.2 基于 LCC 最优的输电网规划模型 .....	65
3.3 模型求解及待选方案集的生成 .....	68
<b>第 4 章 用于规划评价的 SEC 指标体系构建</b> .....	<b>72</b>
4.1 国内外输电网规划评估概况 .....	72
4.2 评价指标体系构建原则 .....	79
4.3 SEC 指标体系框架 .....	79

<b>第 5 章 基于 SEC 综合最优的输电网规划评估方法</b> .....	<b>92</b>
5.1 基于 SEC 综合最优的决策评估模型 .....	92
5.2 典型应用 .....	97
<b>第 6 章 基于模糊层次分析的输电网规划评估方法</b> .....	<b>133</b>
6.1 层次分析法 .....	133
6.2 模糊数学理论 .....	136
6.3 模糊层次分析法及步骤 .....	139
6.4 典型应用 .....	142
<b>第 7 章 基于改进 TOPSIS 和德尔菲—熵权综合权重法的输电网     规划评估方法</b> .....	<b>151</b>
7.1 德尔菲—熵权综合权重计算 .....	151
7.2 改进 TOPSIS—德尔菲—熵权组合评价计算模型 .....	157
7.3 典型应用 .....	159
<b>参考文献</b> .....	<b>162</b>

# 第 1 章 概 述

本章着重论述了全书两个核心内容：输电网规划和全寿命周期成本，第 1 节介绍输电网规划的相关定义、主要任务、主要分类、特点及原则等基础性内容；第 2 节介绍全寿命周期成本的基本概念、历史起源、发展历程、研究现状及应用难点。

## 1.1 输电网规划基本概念

### 1.1.1 输电网规划的定义及主要任务

#### 1. 输电网规划的定义

电网规划设计作为电网发展前期决策阶段的一项重要工作，直接关系到电网的安全稳定和经济运行水平，也关系到能源资源利用的经济性和电网投资的合理性。所谓输电网规划，指的是以电源规划为基础，以区域的电力电量需求预测为依据，结合变电站的选址、输配电线路的优化，对电网的网架方案进行分析、比选和决策。其中，输电网规划最核心的内容就是对电力输送通道和电网网架方案进行合理规划，确保在一定可靠性条件下满足用户用电的需求。

#### 2. 输电网规划的主要任务

输电网规划的主要任务是根据电力需求预测水平和电源建设规划，在满足电力系统安全稳定导则及相关技术标准的基础上，提出电力输送通道方案和网架规划方案。输电网规划设计应统筹考虑，合理布局，重点研究网架的最高电压等级、输电方式、送电规模、电网结构优化等。其规划对象和范围主要包括以下内容：

- (1) 省级及以上电网的主干输电网规划；
- (2) 大区之间或省级电网之间联网规划；
- (3) 大型电源送出输电系统规划；

(4) 大型水电或火电厂(群)、核电厂及大规模集中开发的风电、光伏等新能源接入系统规划;

(5) 针对输电网发展中需要解决的问题进行专题研究,例如,新能源接入和消纳、多馈入直流地区电网安全稳定性、无功优化、电网调峰能力、电磁环网解环、短路电流等。

正确、合理的输电系统规划设计实施后,不仅可以大大地提高电力系统的运行效率,减少煤炭、天然气、石油等能源的消耗,还可以最大限度地节约国家基建投资,促进国民经济其他行业的健康发展,提高其他行业的经济和社会效益。因此,研究科学高效的输电规划方法对我国电力系统以及经济社会发展具有重要的理论和实际意义。

### 1.1.2 输电网规划的分类

#### 1. 依据规划形态划分

根据规划形态的不同,可以将输电网规划分为静态规划和动态规划两类。其中,静态规划的目标是根据某一特定年的负荷预测结果而设定的,往往不须考虑其他年份的负荷变化,只需要根据特定年份的负荷需求、电源规划等情况来制定具体规划方案。在实际工作中很少出现这种情况,因此静态规划应用范围具有局限性;动态规划则要在规划周期内,全面考虑包括负荷在内的各种不确定因素的变化情况,还要考虑资金的时间价值问题。输电网的动态规划在实际工作中应用较广,但与静态规划相比,难度也相对较大。

#### 2. 依据规划目标划分

从不同的规划目标出发,可以将输电网规划分为可靠性规划、灵活性规划和经济性规划等。可靠性规划侧重于满足对用户供电的充足性(充裕性)和安全性,其中充足性指系统有足够的发电容量和足够的输电容量,在任何时候都能满足用户的峰荷要求,它表征电网的稳态性能,采用可靠性计算来检验电网的稳态充裕性;安全性指系统在事故状态下的安全性和避免连锁反应而不会引起失控和大面积停电的能力,它表征电网的动态性能,采用稳定计算来检验电网的动态安全性。灵活性指电力系统响应负荷波动与电源变化而进行调节的能力,因此灵活性规划主要是通过分析、适应各种不确定因素的变化来调整规划方案。经济性规划则要求重点考虑输电网建设项目的投资、运行、检修、故障、退役等各项成本的合理性、经济性。

#### 3. 依据规划期划分

输电网规划按照时间来划分,通常包括近期规划、中期规划和远期规划三大

类,并遵循“近细远粗、远近结合”的思路开展工作。设计年限与国民经济和社会发展规划的年限相一致,远期规划为15年以上、中期规划为5~15年、近期规划为5年以内。远期规划侧重于对主网架进行战略性、框架性及结构性的研究和展望;中期规划侧重于输电网网架多方案的研究,提出最优的输电网结构和建设项目的规划方案;近期规划侧重于对近期输电网建设项目的优化和调整。远期规划对中期、近期规划起指导作用,近期规划是远期、中期规划的基础。

(1) 远期规划。远期规划的主要任务是根据国家经济布局和能源发展战略,研究输电网发展方向,侧重考虑输电网整体和长远发展目标。远期规划的主要内容如下。

1) 研究饱和负荷水平、电源结构与布局方案,宏观分析和测算电力流向和规模;

2) 对输电网发展进行远景展望,提出输电网总体格局和结构;

3) 提出电力技术、装备等前瞻性专题研究需求。

(2) 中期规划。中期规划的主要任务是在远期规划确定的输电网发展方向和目标的基础上,根据规划期内电力需求水平及负荷特性、能源资源开发条件、电力流向、环境和社会影响等,通过技术经济综合分析,确定输电网发展的具体方案,重点研究输电网结构和布局。中期规划的主要内容如下。

1) 依据输电网远期发展目标,提出网架结构,通过潮流、稳定和短路电流计算分析,进行多方案论证比较;

2) 提出变电站、输电通道布局和最终规模安排,输变电工程整体建设规模和进度;

3) 提出无功补偿方案和提高系统稳定性的措施。

(3) 近期规划。近期规划的主要任务是根据中期规划提出的网架方案,对输电网存在的问题进行针对性改进,侧重论证输电项目建设时序,指导工程建设实施。近期规划的主要内容如下。

1) 网架方案论证,对方案进行潮流、稳定、短路电流等电气计算校核;

2) 对输电网项目建设时序进行研究,提出规划期内输电网建设项目、建设时机,提出逐年建设方案;

3) 结合近期发展情况,对中、远期输电网规划提出调整建议。

### 1.1.3 输电网规划的特点、原则和技术标准

#### 1.1.3.1 输电网规划的特点

从传统意义上讲,输电网规划方案通常是依据电源规划及负荷预测情况而

制定的。在新的电力市场改革背景下，电源规划和负荷预测中出现了越来越多的不确定因素，因此“不确定性”成为输电网规划的主要特点之一，同时也是输电网规划工作的难点所在。随着输电网规划工作变得日益复杂，在电力市场环境环境下，我国整体的输电网规划情况也呈现出新的特点和趋势，具体如下：

### 1. 不确定性

“不确定性”是输电网规划最主要的特点之一。输电网规划的不确定性主要来源于电源规划的不确定性、负荷预测的不确定性、系统潮流的不确定性等。电源规划方面，随着电力市场改革背景下的厂网分离，发电企业和电网企业出于自身的利益各自开展规划工作，这就容易导致电源、电网规划的不配套；负荷预测方面，由于合理的规划方案往往依赖于较为准确的长期负荷预测，而某一地区的长期负荷变化通常受到该地区国民经济、产业规划政策等因素的影响，这就加大了长期负荷预测的难度，间接导致输电网规划的不确定；系统潮流方面，在新的电力市场环境下，电力交易的实时变化通常会引起系统潮流的改变，潮流的紊乱往往具有一定的不确定性，给输电网规划工作带来一定的困难。

### 2. 多目标性

随着电力市场改革的不断推进，输电网规划目标日益多样化，主要规划目标包括经济性、可靠性和灵活性。经济性目标强调输电网建设成本的最小化，是电网企业衡量规划方案经济性时采用的主要标准；可靠性目标主要考虑供电充裕性和安全性，从用户角度对输电网安全性提出更高要求，从而体现出电网企业的社会责任；灵活性目标要求基于电力调度、设备检修、输电网扩建等方面，通过综合考虑各种技术问题制定灵活的输电网规划方案。需要注意的是，不同的规划目标之间不是完全孤立的，而是存在一定联系和矛盾的。例如，可靠性目标往往要考虑系统故障时可能造成的缺电成本，为了方便计算和比较，缺电成本通常要量化成相应的费用指标，这在一定程度上又体现了规划方案的经济性水平。再如，灵活性目标在考虑设备检修时，不仅要从经济性角度对检修费用进行分析，还要基于可靠性的角度，综合考虑检修时输电网的供电能力。因此，在进行输电网规划研究时，必须综合考虑各个目标之间的矛盾和联系，才能制定出合理的规划方案。

### 3. 复杂性

输电网规划的复杂性主要体现在规划模型和规划维度上。由于输电网规划模型涉及众多参数，参数之间的非线性关系烦冗复杂，从而造成了输电网规划的复杂性。另外，从维度角度来看，输电网规划维度主要有时间维度和空间维

度。在进行动态规划时，费用、负荷等因素的变化都与时间有着密切关系，随着时间维度的增加，规划难度也会加大；从空间维度来看，输电网线路的架设通常会跨越多个区域，架设线路越长，需要考虑的环境因素也就越多，规划工作也就越复杂。

### 1.1.3.2 输电网规划的原则和技术标准

在开展输电网规划工作时，必须遵循一定的技术经济原则，在国家或地方产业发展政策的统筹指导下，顺应电力市场改革变化趋势，结合相关电网企业的规划战略，科学、合理地制定相应地区的输电网规划方案。输电网规划要以安全可靠性和技术可行性为前提，综合考虑输电网工程建设经济效益指标，切实为电网供电能力的提升起到积极促进作用。同时，要充分结合新电力市场环境输电网规划的特点和目标，尤其是对不同区域输电网所呈现的不同特点进行具体分析，合理指导输电网工程的建设、投资。基于前文所述的输电网规划特点，总结归纳输电网规划的基本原则和技术标准如下：

#### 1. 输电网规划的基本原则

输电网规划设计应围绕国家能源战略部署，统筹规划目标区域的资源禀赋、环节空间、经济社会发展，远近结合、统筹兼顾，科学制定电网发展的技术路线和方案，适应电网长远发展需要，为经济社会科学发展提供安全可靠的电力供应保障。输电网规划设计应遵循以下基本原则：

(1) 可靠性原则。可靠性主要指应当具有《电力系统安全稳定导则》所规定的抗干扰的能力，满足向用户安全供电的要求，防止发生灾难性的大面积停电。

大电网具有很多优越性，但大电网若发生恶性事故的连锁反应，波及范围大，将会造成严重的社会影响和经济损失。因此对大电网的可靠性要求更高。为提高电网可靠性，输电网规划设计应执行以下技术准则：

- 1) 加强受端系统建设；
- 2) 分层分区应用于发电厂接入系统的原则；
- 3) 按不同任务区别对待联络线建设的原则；
- 4) 按受端系统、电源送出、联络断面等不同性质电网，分别提出不同的安全标准；
- 5) 简化和改造超高压及以下各级电网。

(2) 灵活性原则。输电网规划过程中将会遇到很多不确定因素，规划完成到项目实施投产前，系统中电源、负荷也可能发生一定程度的变化。规划的输

电网应该能够在变化不大的情况下仍然满足应有的技术经济指标,对电源建设和用电负荷具有较强的适应能力。

(3) 经济性原则。在满足前述可靠性原则和灵活性原则的条件下,规划设计方案还要兼顾投资的经济性,尽可能节约电网建设投资和减少运行维护费用,使规划方案的整体经济性最优。

(4) 环保节能原则。输电网规划还需满足环境保护要求,节约土地资源和占地走廊,尽可能要选用新型节能设备,提高利用效率,实现输电网可持续发展。

以上四项原则往往受到许多客观条件(如资源、财力、技术及技术装备等)的限制,在某些情况下,四者之间即相互制约又会发生矛盾,因此还需进一步研究上述各方面综合最优的问题。

## 2. 输电网规划的技术标准

DL 755—2001《电力系统安全稳定导则》、SD 131—1984《电力系统技术导则》和 DL/T 5429—2009《电力系统设计技术规程》,对电力系统规划设计标准做了详细规定,现将有关电网规划设计的技術要求和标准归纳如下。

(1) 电力系统“三道防线”。DL 755—2001《电力系统安全稳定导则》、GB/T 26399—2011《电力系统安全稳定控制技术导则》对电力系统规划进行多方面的约束,其中针对系统功角稳定、频率稳定、电压稳定,将安全稳定的标准分为三级,也即“三道防线”。

1) 第一道防线。第一道防线针对常见的单一故障(例如线路发生瞬间单相接地),以及按目前条件有可能保持稳定运行的某些故障,要求发生这种故障后,电网能保持稳定并对负荷正常供电。

2) 第二道防线。第二道防线针对概率较低的单一故障,要求在发生故障后能保持电网稳定,但允许损失部分负荷。在某些情况下,为了保持电网稳定,允许采取必要的稳定措施,包括短路时中断某些负荷的供电。

3) 第三道防线。第三道防线对大电网是最为重要的最后一道防线,它针对极端严重的单一故障(例如多处同时故障;一回线故障而另一回线越级跳闸或保护拒动、断路器拒动等)。此时电网可能不能保持稳定,但是必须从最不利条件考虑,采取预防措施,尽可能使失稳的影响局限于事先估计的可控范围内,防止由于连锁反应造成全网性崩溃的恶性事故。

(2) 不同系统的安全标准。SD 131—1984《电力系统技术导则》把电力网络分为受端系统、电源接入系统与系统间联络线三部分,根据各部分的重要性及技术经济条件规定了不同的安全标准,这是与国外标准的显著不同点。

1) 受端系统的安全标准。受端系统是电力系统的核心,它的安全稳定是整个系统的基础与关键,因而对它有较高的安全要求:

a. 在正常运行情况下,受端系统内发生任何严重单一故障(包括线路及母线三相短路),即 $N-1$ 时,除了保持系统稳定和不得使其他任一元件超过负荷规定这两项要求外,还要求保持正常供电,不允许损失负荷,《电力系统安全稳定导则》对全系统规定应校核计算三相短路,并采取措施保持稳定,但允许损失部分负荷。

b. 在正常检修方式下,即受端系统内有任一线路(或母线)或变压器检修,而又发生严重单一故障或失去任一元件时,允许采取措施,包括允许部分减负荷的切机、切负荷措施。当然,这必须按照可能的事故预想,做大量分析工作,确定所应采取的措施。规定这一标准的目的是,即使出现这种概率不大的情况,也要保住受端系统,以便完全防止全系统性的大停电事故。

2) 电源接入系统的安全标准。

a. 对220kV及以下的线路和已基本建成的500kV网络,原则上执行 $N-1$ 原则,即在正常情况下突然失去一回线时,保持正常送电。

b. 在500kV电网建设初期,为了促进500kV电网的发展,只要送电容量不过大,并采用单相重合闸作为安全措施,在加强受端系统的基础上,允许主力电厂初期先以500kV单回线接入系统。

c. 对长距离重负荷的500kV接入系统的线路,为了取得较大的经济效益,可允许利用安全措施在一回线切除时,同时切除相适应的送端电源(对水电厂)或快速压低送端电源输出功率(对火电厂),以保持其余线路的稳定运行。允许这样做的基础同样是加强受端系统。

当送端电源容量占全网容量的比例不大时,其电源接入系统的安全标准可比受端系统低,这是从建立第三道防线,防止全系统性大停电事故的观点考虑的。实际上,受端系统内部线路一般距离短,尚易于加强,而电源接入系统的线路往往很长,建设一回线需要大量投资,稍微降低电源接入系统的安全标准,并采取一些技术上可行的措施加以弥补,具有重大的经济意义。

3) 系统间联络线的安全标准。系统间联络线的安全标准,应根据联络线路的不同任务区别对待。

a. 联络线故障中断时,各自系统要保持安全稳定,这对输送较大功率,并正常做经济功率交换的联络线尤为重要。

b. 对于为相邻系统担负规定(按合同)事故支援任务的联络线,当两侧系

统中任一侧失去大电源或发生严重单一故障时,该联络线应保持稳定运行,不应超过事故负荷规定。

c. 系统间如有两回(或两回以上)交流联络线,不宜构成弱联系的大环网,并要考虑其中一回断开时,其余联络线应保持稳定运行并可传送规定的最大电力。

d. 对交直流混合的联络线,当直流联络线单极故障时,在不采取稳定措施条件下,应能保持交流系统稳定运行;当直流线路双极故障时,也应能保持交流系统稳定运行,但可采取适当的稳定措施。

4) 我国系统的安全标准与国外标准相比较的特点:

a. 针对稳定标准分三级,设立三道防线,重点强调第三道防线。

b. 保持三相短路时的系统稳定,主要靠加速故障切除时间等稳定措施,经济有效。

c. 对严重的多重化故障,如果保持稳定将需大量投资,因而允许局部失稳,但不仅要采取技术措施,而且要从输电网结构上创造条件,以防止发展为全系统的大停电事故。

d. 电力网络分三部分,分别规定不同的安全稳定标准,主要是在考虑节约总体投资的条件下,加强受端系统。

## 1.2 全寿命周期成本(LCC)基本概念及发展历程

全寿命周期成本(Life Cycle Costing, LCC)理念发展至今,由于在不同领域的广泛应用,研究侧重点也不尽相同,各界人士对其定义也有一定的差异。现今其理论体系已基本成熟,概念也逐渐统一,并被广泛运用于军用、航空、基础建设、工程管理等领域。近几年,全寿命周期成本理念逐步融入我国电力系统各环节的问题中,在输电网规划中也有一定的应用。

### 1.2.1 LCC 的内涵

LCC理论经过长久的发展,已经基本成熟,并形成比较完整的体系,本节从概念定义、主要内容等方面阐述全寿命周期成本的内涵。

#### 1.2.1.1 LCC 的基本概念

全寿命周期成本(费用)指设备(或项目)在预期的寿命周期内,为其论证、研制、生产、使用与保障以及退役处置所支付的所有费用之和。它由设备(或项目)一生所消耗的一切资源量化为货币值后累加而得,明确了一个设备(或项目)在其一生要花多少钱,因而是一个极其重要的经济性参数量值。

美国国家标准和技术局手册对全寿命周期成本进行了定义。全寿命周期成

本大致可以分为两类，即初始化成本和未来成本，具体可以分为工程项目在全寿命周期内建设成本、运行维护成本、退役折现后的货币成本等。这里的初始化成本可以定义为项目正式投入运营前所发生的所有投资成本，即建造投资成本，涉及软硬件的购买及安装等；未来成本是从项目正式运营到项目全部废止期间发生的所有成本消耗，比如能源、劳动力、设备运营维护及保养和二手转让处置成本等。

通常，可将一般产品的全寿命周期成本划分为以下几个阶段：

(1) 产品的开发设计阶段：指企业研究开发新产品、新技术、新工艺所发生的新产品设计费、工艺规程制定费、设备调试费、原材料和半成品试验费等。

(2) 产品生产制造阶段：指企业在生产采购过程中所发生的料、工、费以及由此所引发的环境成本等社会责任成本。

(3) 产品营销阶段：一种产品是逐步进入市场、逐步被人们所认识和接受的，因此产品营销成本包括在此过程中所发生的产品试销费、广告费等。

(4) 产品的使用维护阶段：包括产品的使用成本和维护成本，如车辆的耗油量、电器的耗电量，高级电子产品必须经常更换的附属配件成本等。此外还包括产品退出使用报废所发生的处置成本。

对于电力企业，设备（或项目）的寿命周期可分为投资、运行、维护、故障和退役等五个阶段，基于该阶段划分方法，可得到一种典型的成本分析模型，其具体构成如下：

(1) 初始投资费：设备（或项目）投运前一次性支付的费用；

(2) 运行费：设备（或项目）在寿命周期内正常使用过程中发生的费用，包括人员费、能源费（电、水、汽、燃料、油）、消耗品费、培训费、技改费、诊断检测费等；

(3) 检修维护费：设备（或项目）投入使用以后至退役前，对其进行维修与保障所发生的费用，包括备件与修理零件、各种检测设备、维修和保障设施、维修保障管理、维修培训、人员、各类数据与计算机资源等方面发生的费用；

(4) 故障费用：又称惩罚费用，因发生故障进行修理，不能正常使用（包括设备效率和性能下降）所造成的损失，如电力系统中的停电损失费用；

(5) 退役处置费：设备（或项目）在退役阶段发生的处理费。

电力系统的全寿命周期成本管理是以设备（或项目）的长期经济效益为出发点，以供电质量控制和提高为根本，以实现全寿命周期费用最少为目标，全面考虑由设备（项目）或系统的规划、设计、制造、购置、安装、运行、维修、