

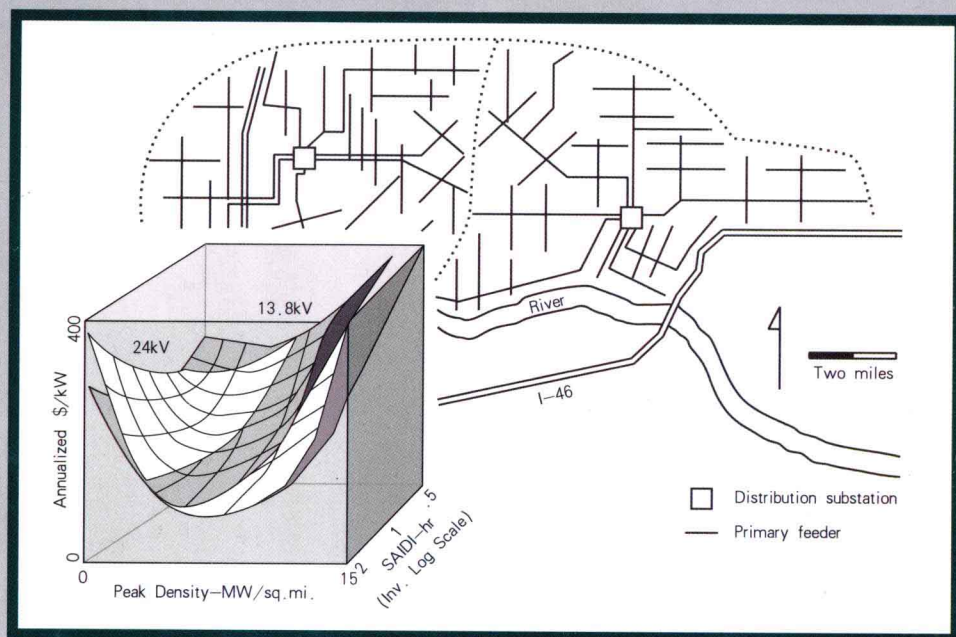
配电系统规划 参考手册(第二版)

Power Distribution Planning Reference Book(Second Edition)

[美] H. Lee Willis 著

范明天 刘健 张毅威 等译

上册



配电系统规划参考手册 (第二版)

Power Distribution Planning Reference Book(Second Edition)

本书系统阐述并展示了国际上配电系统规划与设计的先进理念和技术, 包括四部分内容: 第一部分为基础篇(1~10章), 系统阐述现代配电系统规划的相关理论基础; 第二部分为规划篇(11~19章), 详细论述配电系统规划设计及经济性分析的相关内容; 第三部分为方法篇(20~25章), 重点讨论配电系统规划人员必须掌握的各种现代工具和方法; 第四部分为管理篇(26~30章), 重点介绍配电系统规划的资源组织和 workflows, 并提出开展现代配电系统规划的关键点与相关建议。

本书不拘泥于具体的模型和算法, 主要关注现代规划理念的实际应用, 为建设安全、可靠、优质、高效的现代配电系统提供了丰富的参考资料, 对我国配电系统规划设计人员和电力企业投资决策人员有很高的参考和借鉴价值。本书可作为科研人员和高等院校教师、研究生和高年级本科生的参考工具书, 还可以作为配电系统规划人员的高级培训教材。

作者简介

本书作者H. Lee Willis是国际上配电系统规划、电力企业规划、分布式和可再生能源规划领域的权威专家, 是美国电力工程丛书的主编, IEEE Fellow, IEEE Power System Planning and Implementation Committee 的前主席, 曾任ABB北加州公司副总裁、总工程师。Willis先生有着深厚的理论基础和丰富的实践经验, 从业30多年以来参与和指导了世界上250多个配电网规划项目, 发表了300多篇科技论文; 除本书外, 还出版了*Distributed Power Generation: Planning and Evaluation*, *Spatial Electric Load Forecasting (2nd Edition)*, *Understanding Electric Utilities And De-regulation (2nd Edition)*, *Aging Power Delivery Infrastructures (2nd Edition)*等著作。

ISBN 978-7-5083-8521-1



9 787508 385211 >



CRC Press
Taylor & Francis Group

TM72-62
07
V1

配电系统规划 参考手册(第二版)

Power Distribution Planning
Reference Book(Second Edition)

[美] H. Lee Willis 著
范明天 刘健 张毅威 等译

上册



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

Power Distribution Planning Reference Book, Second Edition/by H. Lee Willis/ISBN: 0-8247-4875-1

Copyright© 2004 by Taylor & Francis Group, LLC

Authorized translation from English language edition published by CRC Press, part of Taylor & Francis Group LLC; All rights reserved; 本书原版由 Taylor & Francis 出版集团旗下, CRC 出版公司出版, 并经其授权翻译出版。版权所有, 侵权必究。

China Electric Power Press is authorized to publish and distribute exclusively the Chinese (Simplified Characters) language edition. This edition is authorized for sale throughout Mainland of China. No part of the publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of the publisher. 本书中文简体翻译版授权由中国电力出版社独家出版并限在中国大陆地区销售。未经出版者书面许可, 不得以任何方式复制或发行本书的任何部分。

Copies of this book sold without a Taylor & Francis sticker on the cover are unauthorized and illegal. 本书封面贴有 Taylor & Francis 公司防伪标签, 无标签者不得销售。

北京市版权局著作权合同登记

图字: 01-2008-2537 号

图书在版编目 (CIP) 数据

配电系统规划参考手册: 第 2 版/ (美) 威利斯 (Willis, H. L.) 著; 范明天等译. —北京: 中国电力出版社, 2013

书名原文: Power Distribution Planning Reference Book, Second Edition
ISBN 978-7-5083-8521-1

I. ①配… II. ①威…②范… III. ①配电系统-电力系统规划-技术手册
IV. ①TM715-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 180040 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2013 年 2 月第二版	2013 年 2 月北京第一次印刷
700 毫米×1000 毫米	16 开本 86.875 印张 1589 千字
印数 0001—3000 册	定价 240.00 元 (上、中、下册)

敬告读者

本书封底贴有防伪标签, 刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究



中文版序 一

本书《配电系统规划参考手册》（Power Distribution Planning Reference Book）是美国 Marcel Dekker 有限公司所出版的《电力工程丛书》中的第一分册。该书作者 H. Lee Willis 是国际上配电系统规划、分布式能源和可再生能源规划领域的权威专家，从业 30 年以来参与指导了世界各国 250 多个配电网规划项目，发表了 300 多篇科技论文，并出版了多部专著，在配电系统规划领域有着极其深厚的理论基础与丰富的实践经验。

该书体现并展示了国际上配电网规划与设计方面最先进的思想和技术。该书指出，基于明确可靠性目标的规划技术是对当前规划技术崭新的巨大挑战，配电规划人员传统的方法仅按照现有的标准和准则对配电系统进行规划和设计，已无法实现给定的供电可靠性目标。目前我国电力企业也开始越来越注重可靠性、经济性与效益的协调统一，因此迫切需要配电规划人员能够掌握这种基于明确的可靠性目标的规划技术。

该书遵循两个最重要的原则——系统论方法和全过程费用。按照该书的观点，配电系统包括了高压配电层、变电站层、馈线层和供电层这 4 个层级，只有在相互协调、整体性能和费用充分优化的情况下，这 4 个层级才能在给定的投资额度范围内实现尽可能高的可靠性。该书指出，通过巧妙地将配电系统的能力与分布式资源结合，可以创造性地提供不同的可靠性—费用组合方式，这也是西方提出智能电网或未来配电系统概念的基础。另外，该书还强调了应综合考虑各种新技术的应用、企业管理和监管体制的变革等因素对配电系统规划的影响。

以中国电力科学研究院范明天教授为代表的翻译组成员，对该书的翻译倾注了极大的热情和很多的心血，他们一边翻译一边研讨，历经 5 年多的反复推敲和认真修订，终于出色地完成了这本过百万字的译著。在当前分布式电源、储能设备、电动汽车和互动负荷等接入配电系统的大趋势下，配电网将从传统的被动控制网络向未来的主动控制和主动管理的系统发展，这意味着配电系统的规划问题日趋复杂，需要全新的规划工具和方法。我相信本译著的出版，对我国在掌握国际先进的配电系统规划技术和理念、进行供电可靠性精细化管理、进行主动控制和主动管理条件下的配电系统规划等方面，将有极大的借鉴和帮助。

中国科学院院士 周孝信

2012 年 7 月



中文版序二



《配电系统规划参考手册》(第一版)于1997年出版时,美国和世界许多地区的电力工业仍处于传统时期的后期。近一个世纪以来,业界一般认为,发电系统是电力系统最为重要的部分,输电系统(包括其保护和控制)是需要精心设计的主要部分,而处于末端的配电系统仅是电力系统的次要部分。配电系统尽管是电力系统的必要组成部分,但相对简单,只是标准化设计的局部配电网络的集合。因此,在构建配电系统时,仅需要使用给定的中低压电气设备,而无需采用具有很大挑战性的设计规则。所采用的设计规则虽然十分完整但相对保守,在大多数情况下远未达到优化的水准。尽管利用这些设计规则所设计的配电系统也能性能良好,但实际上并未达到满意的系统性能。规划人员在设计局部配电网络时,一般仅会遵照通用的工程标准,而不会考虑具体用户的供电质量和可靠性目标,因此很难使设计方案达到最优。

本书第一版侧重于在配电系统优化中应用那一时期较新的系统论设计理念,以满足传统电力行业的需求,其具体思路是:配电系统在覆盖较大范围的区域时,可将其作为一个整体系统来进行设计,但仍需针对这个系统的每处街区及其相应的供电需求进行量身定制的调整;配电系统的设计应能满足相应的约束条件,同时仍能使其各方面保持协调一致;局部的每一条线路都应能与邻近的线路相互匹配,并能提供相互支持,从而使整个系统受益。这些规划思路中所采取的新的预测与规划方法,尽管需要海量的数据和强有力的科学计算,但也都在现代工程技术的能力范围内。更重要的是,这种规划方式需要站在一个新的视角,也就是将配电系统看作是一个大系统而不是许多小系统的集合;并且要意识到,尽管系统中单个元件的结构简单且价格低廉,但是当配电系统由大量这样的元件构成时,其复杂性将远远超过电力系统的任何其他部分。本书第一版在讨论上述新观念时带有较强的“哲理性”,因此,在获得了相应赞誉的同时也遭到了一些批评,但时间证明了这些观念的合理性。

本书第二版不仅回顾了传统的规划需求,还回顾了在技术革新和社会需求的变化下不断演变的电力工业发展历程。当前电力系统最重要的一端,已经不再是发电系统而是用户端,而配电系统由于是电力系统最靠近用户端的组成部分,现已和电

力系统的其他组成部分同等重要。本书第二版的重点在于规划具有传统和现代两种作用的配电系统，其中传统作用主要是指从电网向用户供电，而现代作用主要是指作为区域分布式资源的集成者以及作为分布式资源向电力系统反向售电的路径。因此，在当前的发展趋势下，配电系统的现代作用正在不断地增强。

在进行规划和工程实施的过程中，现代的供电可靠性分析与上世纪传统的配电系统容量设计方式相似且同样有效。但现代方法与传统方法的最大差异在于：现代方法既可以应用多种科学计算方法又能考虑各种特殊条件。并且，现代的可靠性规划和设计不再仅限于考虑系统层面上的预期可靠性目标水平。正如笔者的好友和同事 Richard Brown 在他的《配电系统可靠性》（第二版）一书中所指出的那样：现代可靠性规划和设计方法的使用意味着，供电可靠性的标准偏差是可控的，而且供电可靠性在电力系统内随时间和地点也是可变的。在局部的地理环境、约束条件和用户需求等各种变化情况下，如果要求系统在任何时间及任何地点都满足特定可靠性目标水平，以取得满意的用户供电水平和良好的企业效益，那么本书所涉及的系统设计和优化观念就必须与 Dr. Brown 书中所描述的可靠性工程方法相结合。

放眼未来，智能的配电系统将发挥局部地区分布式资源整合者的作用，从而使整个居民区或社区均可共享负荷控制、高效节能、分布式发电和储能所带来的效益。同时，配电系统也会成为将电力从分布式发电和储能装置向电网反送的路径。在设计 21 世纪所需求的配电系统时，配电系统规划人员不仅应谨记配电系统本质上也属于分布式资源，而且还应对此进行全面的考量，从而将用户侧资源、分布式发电和储能、配电网络看作一个整合的系统。而这种资源整合规划需要更多详细的动态特性信息，其中包括用户对电力和可靠性的需求，负荷随时间、天气和环境的变化情况，可再生能源和分布式资源的情况，以及系统和元件的性能等。在资源整合规划中，可靠性工程管理除了考虑配电系统自身的可靠性之外，还必须考虑分布式资源的有效性和可用性；财务评估也必须时常关注用户与社会的业务需求，而不只考虑电力企业的基本利益。由于分布式资源在控制方式和设备配置方面具有更多的选择方案，这就加大了配电网规划的复杂程度。现今日益发展的配电系统规划方法已能够应对上述挑战，但是需要日益增大的数据规模、全面的分析方法，以及复杂的业务评估技能（不局限于工程方面的设计和评估的技能）作为支撑。

当今的中国在经济发展、人民生活和技术应用等领域都取得了令人瞩目的进步，这些领域的进步使社会的各个方面以及电力系统的各个层级对电力和供电可靠性都提出了更高的要求。由于配电系统是保证和支撑这些进步非常关键的基础设施，因此，为适应中国的发展需要，可以预见配电系统规划人员在接下来的年份将

会十分繁忙。此外，配电系统规划人员还须谨记，电力系统仅是现代社会高度综合一体化的公共事业系统（包括电力、通信、供水与交通等）中的一部分，这意味着配电系统规划人员还需要有更为开阔的视野和始终开放的理念。

业界对本书及其整体设计方法和系统优化概念的关注，使笔者倍感荣幸。最后祝愿本书的每位读者在这个令人兴奋的世纪获得好运和成功！

H. Lee Willis
Cary, NC USA
November 2012



译者前言

翻译是跨越不同文化的沟通。诚如钱钟书先生所说，翻译犹如“一路上颠顿风尘，遭遇风险，不免有所遗失和损伤。”该书中文版的翻译和修校耗时5年，译著字数过百万。译者殚精竭力数载，一方面在遣词造句方面力求达到“信、达、雅”，另一方面还尽量忠实于原著，希望能尽可能准确地传达原著作者的思想精髓。

然而，我国与美国的配电系统之间毕竟存在着较大的差异，加之管理理念上有较大的不同，因此，原著中的许多概念难以用我国所熟知的术语加以一一对应翻译。为帮助我国读者能更好地领会作者思想和理念，现将译者的一些体会以及对译著中部分术语和概念的处理加以简要说明。此外，由于该书的翻译凝聚了许多参与人员的大量心血，特地对翻译的主要分工情况也加以介绍。

1. 该书的配电系统规划理念及对我国相关工作的启示

本书采用了系统论的方法来阐述现代配电系统的规划问题，非常清晰地阐明了欧美配电系统规划工作的发展历程和理念，包括从注重数量到注重质量、从注重质量向注重客户价值、再从注重企业的经济效益到注重企业的业务发展，对我国配电系统的发展战略有很大的借鉴作用。本书所介绍的许多技术和方法对我国配电系统规划而言是较新的，例如，成本效益最大化的优选方法、基于资产管理和业务的规划技术、基于可靠性最大化和费用最小化的规划技术、基于规划目标对设备的运行进行全过程管理的方法，以及规划中避免出现偏向性和错误的规则和方法等。译者认为，以下几方面对我国的配电规划工作有较大的启示：

(1) 4个层级的概念。本书指出，配电系统由高压配电层、变电站层、馈线层和供电层4个层级构成。这4个层级术语的译法见下节“部分术语的相关翻译处理”。作者强调，配电系统的整体可靠性和全过程费用的优化，既取决于层级之间的协调优化，也取决于层级内的优化。这种系统的协调优化的理念很值得我国借鉴。

(2) “双Q”规划的思路。本书指出，双Q规划的实质就在于，在原来“单Q”规划（数量与费用）的基础上，增加考虑质量与费用的关系，以此建立了数量（容量、电量）、质量（供电可靠性、电能质量）与费用三维的规划价值体，使所获得的最优费用既可满足数量又可满足质量的双重目标。“双Q”规划理念对我国的配电系统规划很有启示意义。

(3) 现代的规划技术。本书指出,现代的规划技术是按照给定的可靠性目标来规划配电系统,并在尽可能低的费用下实现可靠性目标。传统的规划技术则是靠技术原则和准则来隐含地保证可靠性,这就无法达到最优的水平。当前我国的配电系统基本上仍采用传统的规划方法。

(4) 系统论方法的理念。本书指出,在对配电系统的可靠性指标和全过程费用进行优化时,应综合考虑可靠性指标在配电系统4个层级的分配,从而以最小的费用实现总体可靠性目标。其优化过程应以客户供电可靠性为依据,而不应以电力系统和设备的性能为依据。这值得我国在未来配电系统发展中认真加以研究与探讨。

(5) 全过程费用的理念。本书将其作为配电系统规划的重点内容进行了阐述。所规划的配电系统要能够随着负荷的发展而可持续发展,以避免在设备寿命周期结束前就不得不进行改造。近年来,资产全寿命周期管理的理念在我国也逐渐得到重视。

(6) 备选方案的设置。本书考虑规划项目时一般要设置多种备选方案,而且每个方案均由多种选项构成。而且应综合考虑备选方案的完整性、准确性以及可比性,从而在设计阶段就能涵盖决策过程中的所有重点事项,从而能够确保规划结果的有效性。我国目前在规划项目的评估和备选方案的设置方面还较为笼统,有待于进一步的细化。

(7) 规划的基本流程。本书指出,配电系统规划的基本流程应基于以目标为导向的5个步骤:分析问题、设定目标、识别备选方案、评估备选方案、确定最优方案。分析问题时首先要自下而上地罗列问题,然后自上而下地确定需要优先解决的问题;设定目标时应设定力所能及且满足客户需求的可靠性目标;在识别和评估方案过程中以及最后确定最优方案都应该进行成本效益分析。这个基本流程在我国配电系统规划中值得应用和推广。

(8) 长期规划和短期规划的关系。本书认为,短期规划的结果是一系列决定及其实施计划,长期规划作为一个目标,是规划人员用来确保短期规划符合长期需求,长期规划无需过多的细节和论证工作。长期规划可以提供评估短期决定所需的背景。这种既能较好地处理长短期规划的关系,又能保证短期规划效益的思路非常值得我们借鉴。

(9) 分布式资源的应用。本书指出,通过巧妙地使用配电系统的能力以及不同类型的分布式资源,可以创造性地提供不同的可靠性—费用组合方式,这也是西方提出智能电网或未来配电系统概念的基础。该部分内容对于我国分布式资源的应用和发展有一定的启示。

2. 部分术语的翻译处理

在本译著中,根据我国行业内的使用习惯,对原著一些术语的翻译进行了统一

处理:

(1) 将“sub-transmission level”统一翻译为“高压配电层级”,指中压电网的上一层级电网,可对应于我国 10kV 电网的上一级电网,如 110kV 电网。

(2) 将“substation level”统一翻译为“变电站层级”,是指高压变中压(HV/MV)的变电站,如我国的 110kV /10kV (或 110kV /20kV) 变电站。

(3) 将“feeder level”统一翻译为“馈线层级”,其中将“branch”统一翻译为“分支”,将“lateral”统一翻译为“短分支”。在美国,“branch”为三相支路,“lateral”为单相或双相支路,一般直接连接用户。另外,该书的馈线层级不包括配电变压器。

(4) 将“service level”统一翻译为“供电层级”,该层级包括“service transformer”配电变压器和“secondary circuit”低压线路和接户线。对应于我国的“低压台区”。

(5) 将“customer”统一翻译为“客户”,一般指电力系统的客户;将“consumer”统一翻译为“用户”,指用电的用户。

(6) 将“cost”翻译为“费用”时一般指支出或投资的费用;将“cost”翻译为“成本”时一般指财务意义上的支出,通常带有修饰语,如“人工成本”;将“cost benefit”译为“成本效益”。

(7) 将“outage”翻译为“停运”,一般指系统或设备的事故;将“interruption”翻译为“停电”,一般意味着有用户失去供电。停运不一定导致停电。

(8) 将“contingency”翻译为“事故”,一般指事件,包括失效、故障和紧急事件;将“failure”翻译为“失效”,主要指设备本体方面发生的事故;将“fault”翻译为“故障”,主要指系统方面发生的事故(如系统发生短路、断线等故障);将“emergency”翻译为“紧急”,一般指意外事故。

(9) 将“consumer value”翻译为“用电价值”,一般指用户通过用电的数量和质量所产生的价值。其中将“quantity of power required”翻译为用电容量;将“quality of service”翻译为供电质量。

3. 一些新概念

在本译著中,对在原著中出现了一些新概念采用了以下译法:

(1) 将“loading range”翻译为“载荷范围”,其中包括 3 种载荷范围:经济(economical)载荷范围、热稳定(thermal)载荷范围、紧急(emergency)载荷范围。这 3 种载荷范围的关系为:经济载荷范围<热稳定载荷范围<紧急载荷范围。

经济载荷范围是指,在某一载荷范围内,某截面导线的费用低于其他所有可选导线截面的费用的载荷范围。

(2) 将“load reach”翻译为“载荷供电距离”,指某一具体截面的线路在某种

载水平下的电力传输距离，包括 3 种载供电距离：经济（economical）载供电距离、热稳定（thermal）载供电距离、紧急（emergency）载供电距离。这 3 种载供电距离的关系为：经济载供电距离 > 热稳定载供电距离 > 紧急载供电距离。

（3）将“conductor economical sizing”翻译为“导线经济截面”，是以实现导线全寿命周期费用最低为基础，动态考虑负荷密度变化、能源价格增长的情况，在正常载水平条件下，该导线截面能够保证满足供电距离和电压降的要求，并能够为事故条件下的载水平和电压降留有一定的裕度，其可变费用（损耗费用）与载水平呈线性关系。即导线的载水平要能够保证线性经济性“linear economy”。

（4）将“set of conductor sizes”翻译为“导线截面系列”，是以较少的导线截面数量（3~6 种截面）能够覆盖供电区域所需的载水平范围，其中每个截面都具有最小的传送单位英里电力的费用，导线截面系列的费用现值—载水平曲线呈近似线性特性。

（5）将“reliability planning”翻译为“基于可靠性的规划”，其中包括三种基本的规划方式，即传统方式、现代方式和过渡方式。传统方式是以满足技术准则和导则的方式，隐式地考虑可靠性；现代方式是以满足可靠性目标的方式，显式地考虑可靠性；过渡方式是前两种方法间的过渡方式。

（6）将“distributed reliability”翻译为“可靠性指标的分配”。改进可靠性有两类方式，层级内的改进和层级间的改进，而改善系统层级间的措施往往是更具成本效益的。可靠性指标 [美元/（客户·min）] 的分配是指，根据层级间的边际成本效益（iB/C），对不同层级间的可靠性进行规划，是一种考虑了所有层级及其相互作用的系统论方法。

4. 规划方案的评价指标

为了对规划方案的静态投资规模进行比较，本书给出的技术经济性评价指标都是有可比性的指标，如可靠性的经济性指标为美元/（客户·min），投资的经济性指标为美元/（kVA·mile），美元/kW，美元/kVA，美元/mile 等。

本书采用的可靠性评价指标不是国内常用的几个 9（如 99.99%），而是系统平均停电持续时间（SAIDI）、系统平均停电频率（SAIFI）、短时平均停电频率（MAIFI）以及停电影响范围（停电影响客户数）。停电影响范围指标是受分段方式和切换策略影响最大的指标，也就是规划人员在规划阶段就能影响系统可靠性的指标。确定各层级的可靠性时，要考虑现有系统层级间的事故支持能力和支出水平的边际效益，确定各层级间可靠性指标的分配时，要考虑客户的可靠性指标的公平性与合理性，以此保证系统中各个节点的可靠性水平处于差距较小的状态，防止出现部分区域可靠性特别差而部分区域的可靠性特别好的情况。

5. 主要分工情况

本书包括 30 章，共 4 家单位 20 余人参与了翻译工作。在本书初稿翻译阶段，中国电力科学研究院范明天教授、刘长浔教授、苏傲雪博士、蒋利民硕士、张祖平教授、周莉梅硕士、梁双博士、杨帆硕士、王天华博士、李蕊硕士、韦涛高工、方竹硕士、王鹏硕士、汲亚飞硕士和清华大学张毅威教授等负责序言、中文版序、第 1、2、6、11、12、13、14、15、16、17、18、19、20、21、22、24、26、28、29、30 章的初稿以及索引表；陕西省电力公司刘健教授负责第 4、9 章的初稿，毕鹏翔教授负责第 7、8、10、23 章的初稿；西安科技大学程红丽教授负责第 25、27 章的初稿，张燕清教授负责第 3、5 章的初稿。

本书的中译版绝非初稿的简单拼接，其校核统稿过程历时约 5 年时间，范明天、刘健、张毅威 3 位教授对各章的术语和内容进行了反复推敲，并对很多章节进行了重新翻译，以求达到全书内容的流畅与术语的统一。苏傲雪博士参加了全书的校核及最终的定稿工作，部分初稿提交者也参加了部分译稿的校核工作。

值此百万译稿完成之际，我们衷心感谢各方面所给予的大力支持和帮助。《供用电》杂志朱良镒总编、上海市电力公司资深专家陈效杰教授、徐圣书先生、戚国彬先生、谢楚民先生，澳门电力公司岳宗斌先生，清华大学鲁宗相教授、程林教授等都对译稿初稿的修改提出了很好的建议；中国电科院梁惠施硕士、刘思革博士、田田高工，我的儿子张东南硕士等参与了本书部分章节的校核工作，在此一并表示感谢！最后，要特别感谢中国电力科学研究院专著出版基金、北京中电普华信息技术有限公司和中国电力科学研究院配电研究所提供的全方位支持。

尽管很多人为本书的翻译付出了多年宝贵的心血，但由于本书的翻译校核工作量巨大，一定还存在一些错误，望读者见谅。读者如若发现任何翻译的不足之处，烦请将相关情况发到以下邮箱：mtfan2006@sina.com，我们将及时予以纠正。

范明天

2012 年 12 月于北京



原 版 前 言

《配电系统规划参考手册》(第二版),既可作为电力企业配电系统规划的参考手册,也可作为相应的培训指南。但第二版绝非是第一版的简单再版。自第一版出版 10 年以来,受诸多因素的共同影响,配电系统规划的内容日趋复杂且影响范围不断扩充。因此,为了适应现代配电规划日益增加的复杂程度,第二版比第一版增加了一倍以上的内容。

在影响配电规划人员的诸多变化因素中,最重要的因素是,电力行业更趋向于对可靠性进行明确的管理。对于客户和监管机构的供电可靠性,传统上电力企业仅按照既定的标准和准则进行规划设计就能满足要求,而在 21 世纪,电力企业则需具有明确的可靠性目标,并努力将其实现才能满足要求。

基于可靠性目标的系统性能需求,也许是规划技术所面临的最大的和最新的挑战,这给很多配电规划人员带来了影响,但是电力企业在企业业务及其财务目标方面的变化,则给大部分规划人员带来了更大的影响。迫使电力企业削减费用和改善财务状况的主要因素包括,基于可靠性目标和固定回报率的规划、传统纵向管理结构的解体,以及投资机构对电力企业的投资策略的细微调整等。在降低费用方面,规划人员面临前所未有的挑战,同时“费用”和“成本”之间还存在着微妙的差别。在新的环境下,对备选方案进行评估和排序的传统方法,通常并不总是适用。

此外,设备老化突然成为一个严重的问题并逐渐为人们所关注。一些电力企业设备的平均运行年龄已经超出了主电气设备的额定设计年限。并且,几乎所有的电力企业都有一些重要的供电区域面临着这样的问题。与新设备相比,老化设备的失效率高、维护量大、预期寿命短,这些因素都有可能降低供电可靠性并增加供电成本。

如何处理不断增加的老化设备,则带来了更加现实的挑战,除此之外,设备老化使得电力企业的技术手段和企业文化开始出现微妙的变化。传统上,电力企业的各有关部门都认可任何设备都将面临“寿命终结”这一事实,但在工程规划中却往往忽略这一事实。电力企业通常采用“基于预想事故的规划方法”,以此来应对设备因失效或检修等引起的短时“不可用性”。在传统的输配电系统规划中,根本不存在设备寿命周期的概念,而是假设系统中所有的设备(现有的或新增的)都具有无限期的寿命。

当前，许多电力企业的规划、管理和运行人员都意识到，系统中的很多设备在他们的职业生涯期间将会发生故障，其中很大一部分设备在可预见的未来就会失效。受设备规格、使用情况、可靠性要求和维护状况等因素的影响，设备的寿命周期突然成为需要明确进行研究和管理的课题。这些因素及其与可靠性目标和削减预算这两者之间的明显关系，极大地增加了配电系统规划的复杂性。

由于人们越来越关注与设备寿命周期管理紧密相关的问题，于是引入了“资产管理”这一概念作为电力企业的一种业务管理模式。尽管工业界对它有很多不同的解释，但基本上都包含了这样的含义：为了在设备和设施的采购、使用及维护的整个寿命周期内实现最佳的业务目的，必须将企业业务和工程实践、投资计划和运行检修计划等更加紧密地结合。笔者认为，在电力行业应用资产管理方法，其驱动力并非是设备老化的问题，而是寻求一个适合现代监管和财务环境的更为完善的业务模式，然而针对设备老化和寿命周期管理的所有相关问题，资产管理方法提供了一个非常好的基础。因此，资产管理方法不仅适用于企业业务方面的问题，也适用于电力行业许多新技术方面的问题。

尽管存在上述变化，配电系统规划的内容依然是，制定未来新增项目及改造项目的计划，并论证这些计划的必要性和可行性，以确保实现电力企业的供电目标。原则上，配电规划人员必须完成以下三个任务：

第一，必须确定系统的规划目标。规划人员要确定影响系统良好性能的因素及其相关的量化方法，并确定最低费用和最小预算。毫无疑问，对所有规划目标都需要建立量化的指标。

第二，必须了解不同的设计方式和设备规格对实现规划目标的影响程度。配电系统是一个复杂的组合体，其性能和经济性取决于数以万计的单个设备和线路的相互协调配合程度。在世界各地，为使配电系统正常运行，在对其进行布局和工程设计时，有几种基本不同的设计理念，也可以称之为不同的设计模式。所有的模式都是可行的，尽管每种设计模式都有其优缺点，但通常有一个最佳的设计模式，它可用于实现规划人员期望的特定目标和最终结果。

第三，必须从众多的可行设计方案中遴选出适用于系统的最佳设计方案。规划人员须采用全面而完整的规划方法，以确保没有漏掉任何事项，并能充分挖掘每一个节约或改进的机会。

正是为了迎接上述所有这些新的挑战，笔者撰写了第二版，以阐述配电系统规划过程中的问题。笔者认为，可靠性和业务优先的管理必须贯穿在配电系统的整个规划过程之中，而不能仅在规划结束时简单地添加相关的内容。因此，笔者对第一版的修订并不只是简单地增加一些涉及可靠性规划、设备老化的处理以及基于业务的优选法等内容的新章节。

在增加了许多新主题和新章节的内容同时,笔者重写了第一版的大部分内容。因此,第二版的内容大部分是全新的。新增了两章关于可靠性的内容(第21章和第23章),并将可靠性工程和可靠性规划的概念始终贯穿于全书,从第一章直到最后一章。同样,基于企业效益的优选方法(第6章)、老化设备及相关影响(第7章和第8章)、基于企业效益和资产管理的规划方法(第28章),也是新增的全新篇章。更重要的是,所有这些新概念都贯穿于全书的新老章节之中。所有这些增添和改动的内容,再加上分布式资源(第10章)、规划报告的客观性和准确性(第29章)这些新章节,最终使得《配电系统规划参考手册》的内容增加了一倍以上(从第一版的不足29万字增加到60万字^①)。笔者认为,所有这些新增内容都体现了现代电力规划人员所面临的挑战。粗略地讲,规划工作的难度大约是过去的两倍。

本书篇幅的大量增加带来了结构上的一些变化,使之既可用作实际规划人员的教学培训指南也可用作参考手册。首先,为便于教学培训使用,本书的每一章都尽可能地自成一体,即围绕其主题展开一系列讨论(第13~15章则是一个例外,共用了130多页^②讨论馈线规划这个问题)。其次,为便于用作参考手册,在各章之间按主题和相互关系给出了许多交叉引用索引,而且为便于读者快速查阅,在各章的最后还以一页篇幅的列表总结了该章的关键点。本书最后增加了一章(第30章),总结了全书的关键概念和要点,并标出了其详细内容所涉及的具体章节。

本书由四部分组成。第一部分为前10章,作为本书的基础和背景,每章在某种程度上都可作为现代配电规划或配电系统中某个特定问题的独立教程(例如,第6章主要介绍优选和排序的方法)。第二部分为第11~19章,自下而上详细地介绍了配电系统,包括其电气特性、可靠性以及相应的费用。第三部分为第20~25章,介绍了配电系统规划的工具和技术。第四部分为第26~30章,介绍及总结了规划过程,包括规划过程中的组织方式、电力企业各部门间的配合方式,以及规划人员的工作方法等。

第1章提供了输配电系统的全面概述,包括输配电系统的主要任务,主导其特性、性能及经济性的基本法则。这一章内容作为概要,是专为那些不熟悉或刚开始学习输配电系统的读者而编写的。经验丰富的规划人员可以跳过该章,但是笔者也建议阅读一下,因为该章介绍了几个关键概念,特别是系统论方法和双Q(数量和质量)法这两个概念。

第2章介绍了用户的电力需求。从电力系统给用户提供满足需求的电力这一最

① 指英文版字数,译者注。

② 指英文版页数,译者注。

终目的出发，给出了考虑用户需求和系统能力这两方面的“双Q”概念：电力需求的数量（Quantity）（峰荷有功值和系统供电容量）和电力需求的质量（Quality）（用电产生的价值和供电可靠性）。成功的电力企业能够以较少的费用而努力使上述两个量（双Q）均达到满意的水平。

第3章介绍了负荷的基本概念。从配电系统的角度分析了电力用户的需求，例如负荷的类型（电阻、电抗）、电器设备的运行周期及其相互影响、气候对电器设备运行周期的影响、负荷曲线形状和负荷率、负荷的同时性效应及峰荷的分散性、负荷需求和负荷曲线的量测方法。

第4章提供了供电可靠性的基础知识。主要给出了可靠性的基本定义和概念，为本书后续章节中基于可靠性的规划和工程的大量论述奠定了基础；并描述了各种可靠性指标的使用方法，包括同业对比和指标比较的目的及一些可能的不足之处。

第5章从配电规划人员的角度回顾了传统的工程经济方法，主要介绍了资金的时间价值分析及其作为决策支持工具的实际应用方法。尽管许多电力企业都使用较新的资产管理方法来对企业的各项费用进行优先排序，但不论电力企业使用什么样的管理模式，在决策支持系统的分析和成本评估中，仍广泛地使用传统的工程经济方法。

第6章重点介绍了项目和费用的优选方法。虽然全面介绍了传统的最小费用法，但实际上重点在于介绍现代的成本效益分析法，后者可用于可靠性规划、定额预算规划以及资产管理。该章也讨论比较了传统的和现代的分析方法，并比较了相应的应用过程和具体步骤。资深规划人员或许会认为，该章的内容是一个有历史意义的分水岭。

第7章和第8章介绍了设备的老化及失效率方面的内容（所提供的资料可用于相应的培训），特别是介绍了老化设备是如何影响电力系统可靠性的。设备失效率的确会随着设备的老化而上升。但正如这两章所述，末期设备很少，不会造成问题，通常是那些大量的中后期设备造成了较多的问题。

第9章着重介绍了不同载荷水平条件下的供电距离（载荷供电距离）。载荷供电距离是一个度量值，用于衡量线路或网络在提供适当电压水平的前提下承担不同负载水平时所能达到的最大距离，这也是笔者所钟爱的配电规划方法之一。电力工程技术在对设备进行优化选择和设计时，一般是基于线路的单位长度，也就是采用单位英尺、单位公里或者类似的计量单位。这些方法代表着一种与电流有关的优化方法且十分重要。相比之下，载荷供电距离则可视作对系统的电压或者电压降的优化。这种方法让规划人员可以从馈线系统的整体要求来看问题，即线路的长度应相当于变电站间距的一半。如果线路的设计和规格能恰好有效地满足这个载荷供电距离的要求，那么该线路通常就是经济可靠的。在对线路设计进行优化时，应该同时