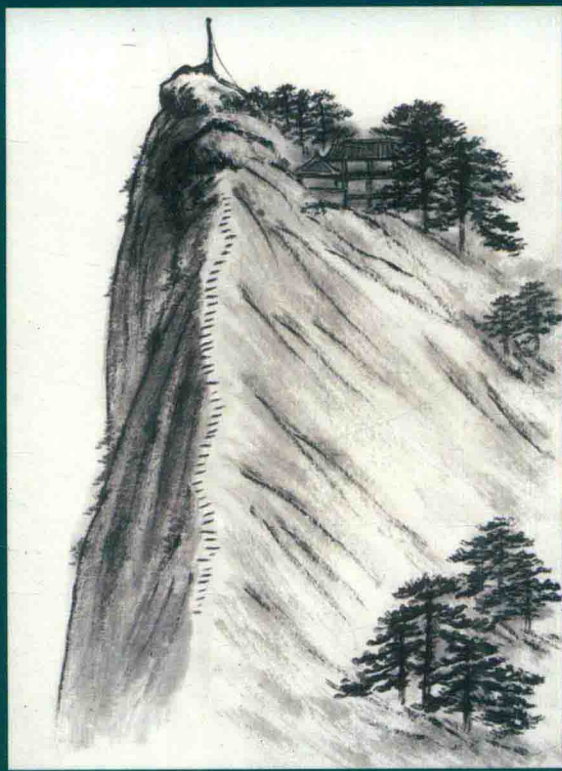
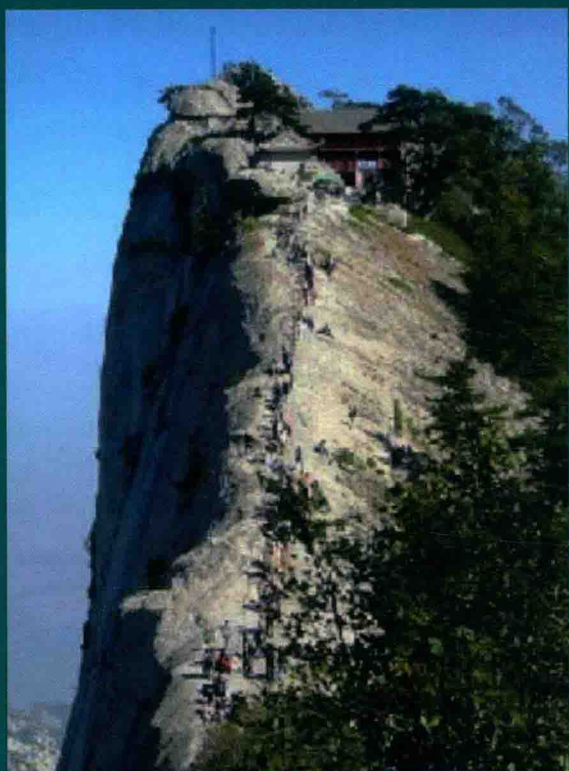


简单配电网

——用简单办法解决配电网问题

刘健等著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

简单配电网

——用简单办法解决配电网问题

刘健等著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

配电网具有点多面广的特点,不宜刻意追求复杂和豪华,为了避免浮躁误导建设者造成巨大的浪费,本书系统阐述用简单办法解决配电网问题的途径。

全书分为3篇17章:第一篇“思想篇”包括:“能使配电网的问题简单化的主要途径”、“利用自然适应性改善配电网的性能”、“发挥本地控制作用改善配电网的性能”、“将一些指标当作资源以简化配电网”、“解决配电网自动化问题不必追求完美”、“利用冗余提高配电自动化系统的容错能力”和“配电网的协调控制需尽量简单化”7章;第二篇“研究篇”包括:“利用自然适应性解决配电网电压和线损问题”、“充分发挥继电保护与自动装置的作用”、“分布式电源应对技术”和“海岛配电网防灾减灾及工程实践”4章;第三篇“实践篇”包括:“国家电网公司配电自动化终端规划的实践”、“中国南方电网公司实用型配电自动化实践”、“低负荷密度供电区域实用型配电自动化实践”、“北京架空线路级差配合就地型馈线自动化”、“智能接地配电系统”和“利用快速开关解决配电网问题”6章。

本书适合于从事配电网规划、设计、建设、运行、检修以及配电设备研究开发、产品制造等工作的技术人员和管理人员阅读,也可供高等院校电力系统自动化及配用电专业的师生学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

简单配电网:用简单办法解决配电网问题/刘健等著. —北京:中国电力出版社,2017.8
(2017.9 重印)

ISBN 978-7-5198-0863-1

I. ①简… II. ①刘… III. ①配电系统—基本知识 IV. ①TM727

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第144579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:刘 薇(010-63412787) 韩雪姣

责任校对:朱丽芳

装帧设计:张俊霞 张 娟

责任印制:邹树群

印 刷:三河市万龙印装有限公司

版 次:2017年8月第一版

印 次:2017年9月北京第二次印刷

开 本:710毫米×1000毫米 16开本

印 张:14.5

字 数:261千字

印 数:2001—4000册

定 价:68.00元

版 权 专 有 侵 权 必 究

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

序

“简单”其实不简单

事物的发展、认知的演变和经验的积累往往都会经历一个从简单到复杂，再从复杂回到简单的过程。但后者的简单绝非是前者的重复，而是一个质的变化与升华。

改革开放以来，尤其是近十多年来，我国在配电网的网架建设与改造、一次设备更新、配电自动化示范工程建设与全面推广等方面开展了大量的工作，使配电网尤其是城市配电网有了较为明显的改观。其目的就是要解决长期以来我国配电网网架薄弱、设备陈旧，有电供不出、用不上，且供电可靠性平均水平不高等突出问题，把原先过于简单（确切地说有不少地方是简陋）的传统配电网建设成安全可靠、灵活互动、经济高效的现代配电网。以自动化、信息化为基础的配电网智能化应用在这些年也有了长足的进展，配电网的科学管理水平有了较大提升。但是，随着上述各项工作的开展，也出现了不从配电网体量巨大、点多面广且差异性强的特点考虑，不从本单位实际出发，而一味地求新求全、盲目攀比的现象，导致有些项目花钱多、成效少，往往事倍而功半。

刘健教授在多年从事配电领域研究和实践工作基础上，认真总结和反思正反两方面的经验及教训，提出了简单配电网的建设新思路，既体现经济务实的技术路线，又不失科学先进的创新元素。

刘健教授提出的简单配电网有着清晰完整的思路和丰富切实的内涵，在他的《简单配电网——用简单办法解决配电网问题》这本书里共分为3篇：“思想篇”提出了简单配电网的基本理念、性能特点和构造原则；“研究篇”介绍了采用相关技术方法和实现手段去解决配电网建设与改造以及一些特

定应用场景中经常遇到的一些实际问题；“实践篇”归纳了运用简单配电网理念，在国家电网公司、中国南方电网公司近几年的配电网规划、差异化建设与改造、配电自动化示范工程以及某些专项工程的应用实践，以及这些工程项目所取得的明显成效。

简单是一种艺术，是一种追求。能用寥寥数语讲清一个深奥的道理，能用淡淡几笔勾勒一幅精彩的画面，这不是一般人所能及，必须有深厚的功底，且用心为之，才可以达到如此的境界。看了刘健教授的《简单配电网——用简单办法解决配电网问题》这本书，就会知道简单配电网的建设并不是一件简单的事情，需要我们结合本地区、本单位的配电网实际，在网架及设备改造，以及自动化、信息化和智能化应用等方面认真研究、规划和设计，用正确的方法和恰当的手段去实施，总体上体现化繁为简、能简则简的理念，做到投资省、见效大，从而达到符合预期乃至事半功倍的效果。

刘健教授在配电领域辛勤耕耘 20 多年，是我国配电领域的知名专家。他承担过多个国家科技项目和国家电网公司重点科技项目，撰写过多部专著，在国内外的一些重要期刊上发表过大量高水平论文。本人与刘健教授合作多年，不但共同完成过科研项目，编写过多部国家标准、电力行业标准和国家电网公司企业标准，还参加过他领衔的科研项目的验收评审和成果鉴定，对他深厚的专业功底和严谨的科研作风印象深刻。当前正值配电网又迎来一轮新发展的大好时机，希望刘健教授的《简单配电网——用简单办法解决配电网问题》一书可以为电力管理部门和广大电力运行单位（各级电力公司、供电企业等）提供指导或参考，为我国的配电网建设改造、新技术研究与应用，以及配电生产和运行管理发挥积极作用。

沈兵兵

2017 年 1 月

自序

大道至简

“大道至简”出自《道德经》，意思是说大道理是极其简单的，简单到一两句话就能说明白，弄得很深奥往往是因为没有看穿实质，搞得很复杂往往是因为没有抓住关键，所谓“真传一句话，假传万卷书”，这是大智大慧。

“大道至简”的智慧对于配电网的研究与实践也具有指导意义。

将问题复杂化是配电网领域最常见的错误做法，例如：为了自动化而自动化、为了创新而创新、盲目求大求全求豪华、刻意创造新概念、盲目追求时髦概念、将尚不成熟的科技试点项目过早地大面积推广等，不仅造成巨额浪费，也给运行和维护带来困难。20世纪末我国开展的那一轮大规模配电网自动化建设高潮最后以失败告终的教训十分深刻。

由于配电网具有点多面广的特点，不宜刻意追求复杂和时髦，宜尽量采取简单的方法，因为简单容易可靠、可靠才能实用。如果不能够坚固耐用，先进豪华也只能是昙花一现。

作者从事配电网研究已经超过20年，也曾经将问题复杂化过，正当作者洋洋得意于自己所建立的“宏伟庞大”的配电网理论体系之际，时任宁夏电力公司副总工程师的杨晓宪先生和时任陕西省电力公司总经理的吕春泉先生分别亲自或委托专人结合丰富的现场经验善意地提醒作者，配电网的问题宜简单并避免过于复杂化，使作者幡然醒悟。后来，作者又有幸与中国电力科学研究院范明天先生和清华大学张毅威先生合作翻译了美国专家 H Lee Willis 的名著《配电系统规划参考手册》，其中的务实理念更坚定了作者追求简单和避免复杂的思想。

当然，所谓“简单”并不是“简陋”，而是指坚固耐用和运行维护简单、

能够采用简单方法的就不采用复杂方法、避免为了“蝇头小利”而大动干戈、避免刻意追求不必要的性能指标等含义。如何做到上述简单，实际上并不容易（就如同任何人使用傻瓜相机都能拍出不错的照片，但是研制出傻瓜相机却并不容易一样），需要对具体问题进行深入的研究，而且还需要克服好大喜功、盲目追求先进、为了炫耀而非应用等错误的思想观念。

目前，正值国家加大配电网投资力度的大好时期，为了避免上述浮躁误导了建设者造成巨大的浪费，作者深感时间的紧迫性，已经先将主要思想在《供用电》期刊以“简单配电网”为专辑进行了系列连载，反响热烈。从反馈信息了解到供电企业普遍认为“简单”两字抓住了关键、系列论文表达了基层的心声，作者已收到大量要求培训和指导的邀请，这使作者深受鼓舞。

在本书中，作者将更加深入系统地阐述采用简单方法解决配电网问题和避免复杂化方面的思考及研究成果，并详细描述各个电力公司的典型实践案例。

作者除了要感谢杨先生、吕先生、范先生、张先生和 Willis 先生之外，还要感谢国家电网公司、中国南方电网公司、陕西地方电力公司实践书中的思想和方法，感谢许继集团有限公司、南瑞集团公司、上海合凯电气科技有限公司、安徽一天电气技术股份有限公司、西安兴汇电力科技有限公司等制造企业将本书理念体现到其优秀产品中，感谢广大同行、网友的热情鼓励和中肯建议。全国电力系统信息交互标委会配电网工作组组长沈兵兵先生为本书以“简单其实不简单”为题作序、中国电力科学研究院赵江河先生题写本书书名，中国电力出版社邓春等编辑精心编辑本书和连载论文，在此一并表示衷心感谢。书中不妥之处敬请读者批评指正。

刘 健

2017年2月

前言

近年来，配电网领域的研究项目、研究成果以及建设项目非常丰富，各种专业期刊中有关配电网的学术论文也占据了较大比例。与 20 年前作者刚刚开始涉足配电网领域的研究时几乎不被看好的情形相比，配电网领域空前繁荣。

但是作者对此喜忧参半，因为这种繁荣景象中隐藏着浮躁。近年来作者通过评奖、立项评审、鉴定、验收、督导和审稿等环节接触了大量配电网领域的项目和成果，发现一些项目和成果中存在将简单的问题复杂化、为了自动化而自动化、为了创新而创新、盲目求大求全求豪华、刻意创造新概念、盲目追求时髦概念、将尚不成熟的科技示范项目过早地大面积推广等错误倾向。

实际上，由于配电网具有点多面广的特点，不宜刻意追求复杂和豪华，因为简单才能可靠，可靠才能实用，配电网的建设与改造项目不是为了给人看的，而是为了用的。目前，正值国家加大配电网投资力度的大好时期，为了避免上述浮躁误导了建设者造成巨大的浪费，专门撰写此书。

本书分为“思想篇”、“研究篇”和“实践篇”3篇。

第一篇“思想篇”主要论述能使配电网的问题简单化的 12 个途径，包括：“能使配电网的问题简单化的主要途径”、“利用自然适应性改善配电网的性能”、“发挥本地控制作用改善配电网的性能”、“将一些指标当作资源以简化配电网”、“解决配电网自动化问题不必追求完美”、“利用冗余提高配电自动化系统的容错能力”和“配电网的协调控制需尽量简单化”7章。

第二篇“研究篇”围绕几个重要领域，对作者提出的一些新观点、新思路和新方法的可行性和有效性进行深入的理论分析，包括：“利用自然适应

性解决配电网电压和线损问题”、“充分发挥继电保护与自动装置的作用”、“分布式电源应对技术”和“海岛配电网防灾减灾研究及应对措施”4章。这些内容理论性较强，正如胡适先生所云科学研究需“大胆假设、小心求证”，也体现了“简单”并不意味着“容易”，更需要智慧和匠心。

第三篇“实践篇”主要论述用简单的方法解决配电网问题方面的应用经验，包括：“国家电网公司配电自动化终端规划的实践”、“中国南方电网公司实用型配电自动化实践”、“低负荷密度供电区域实用型配电自动化实践”、“北京架空线路级差配合就地型馈线自动化”、“智能接地配电系统”和“利用快速开关解决配电网问题”6章。

刘健教授负责组织全书内容，并著写第1~10章；侯义明教授著写第11章；刘健教授和程红丽教授共同著写第12章；黄邵远高级工程师著写第13章；郭琳云博士著写第14章；林涛高级工程师著写第15章；刘健教授和芮俊硕士共同著写第16章；李艳军高级工程师著写第17章。

本书采用了张志华硕士、黄炜硕士、魏昊坤博士、刘超硕士、尹海霞硕士、王魁元硕士等刘健教授指导的研究生在攻读学位期间围绕相关领域的研究成果，这些研究生还认真检查和完善了书稿部分内容，在此一并表示感谢。

书中不妥之处敬请读者批评指正。

刘 健

2017年2月

目录

序
自序
前言

■ 第一篇 思想篇

1	能使配电网的问题简单化的主要途径	3
1.1	规模小的系统更加简单	3
1.2	维护少的系统更加简单	3
1.3	先进的技术未必更简单	5
1.4	规划设计中不刻意追求细节更简单	6
1.5	减少尚不明确的预留资源更简单	6
1.6	遵循公共标准和避免专门定制更简单	7
1.7	其他简化途径	8
1.8	本章小结	8
	本章参考文献	8
2	利用自然适应性改善配电网的性能	10
2.1	油田配电网无功补偿	10
2.2	分布式电源的自由消纳能力	12
2.3	利用自然适应性解决农村配电网电压质量问题	13
2.4	发挥自然适应性的运行方式	14
2.5	本章小结	15
	本章参考文献	15
3	发挥本地控制作用改善配电网的性能	17
3.1	发挥继电保护的作用实现快速故障处理	17

3.2	发挥自动重合闸控制的作用	20
3.3	发挥备自投的作用	21
3.4	分布式电源的本地控制消纳方式	21
3.5	本章小结	22
	本章参考文献	23
4	将一些指标当作资源以简化配电网	24
4.1	面向可靠性的配电自动化终端配置规划	24
4.2	将电压指标作为资源	27
4.3	本章小结	28
	本章参考文献	29
5	解决配电网自动化问题不必追求完美	30
5.1	变电站出线断路器配置瞬时速断保护情况下馈线的继电保护配合问题	30
5.2	应用故障指示器提高自动化覆盖面	32
5.3	配电自动化指标亦不必追求完美	34
5.4	本章小结	35
	本章参考文献	35
6	利用冗余提高配电自动化系统的容错能力	37
6.1	“三取二”原则	37
6.2	采用贝叶斯法提高容错能力	39
6.3	本章小结	42
	本章参考文献	42
7	配电网的协调控制需尽量简单化	44
7.1	尽量不依赖通信网络	44
7.2	尽量采用固定的控制策略	46
7.3	尽量减少控制对象	47
7.4	尽量减少控制次数	48
7.5	本章小结	49
	本章参考文献	49

■ 第二篇 研究篇

8	利用自然适应性解决配电网电压和线损问题	53
8.1	部分电缆替代法解决农村配电网电压质量问题	53

8.2	固定电容器与线路改造相结合解决农村配电网电压质量问题	62
8.3	针对油田负荷特性的固定电容无功补偿降损技术	67
8.4	本章小结	76
	本章参考文献	76
9	充分发挥继电保护与自动装置的作用	77
9.1	配电网继电保护配置模式及其选择原则	77
9.2	配电网继电保护配置规划	85
9.3	继电保护配合提高配电自动化故障处理性能	93
9.4	本章小结	97
	本章参考文献	97
10	分布式电源应对技术	98
10.1	分布式电源接入对配电网的影响和消纳方式	98
10.2	分布式电源的自由消纳方式	101
10.3	分布式电源的本地控制消纳方式	111
10.4	本章小结	119
	本章参考文献	119
11	海岛配电网防灾减灾研究及应对措施	121
11.1	海岛自然灾害对配电网的影响	121
11.2	海岛配电网防灾减灾技术原则	122
11.3	提高配电线路建设标准的经济性分析	124
11.4	灵敏度分析	128
11.5	海南配电网防灾减灾应对措施	130
11.6	海南配电网防灾减灾建设改造效果	137
11.7	本章小结	138

■ 第三篇 实 践 篇

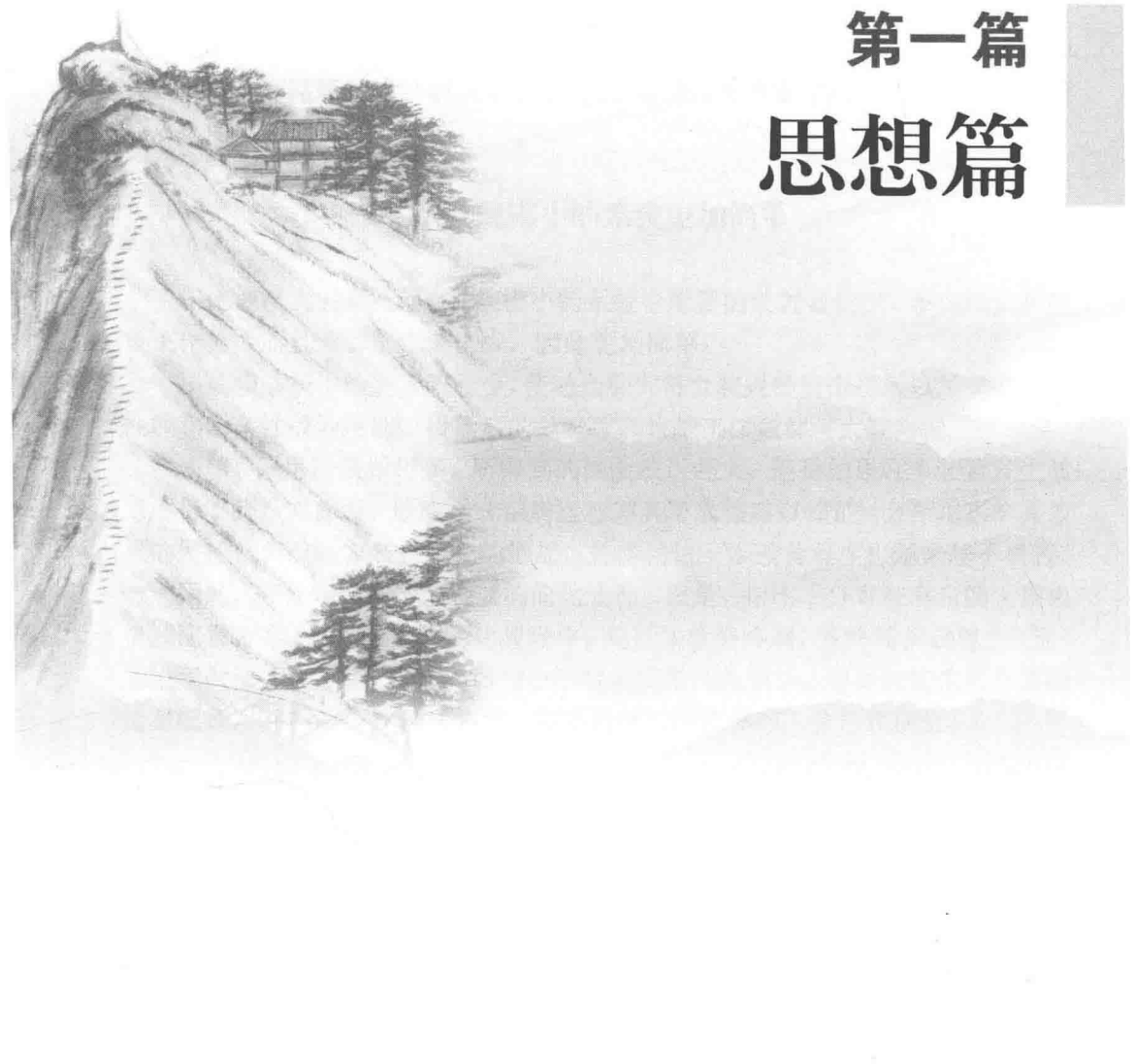
12	国家电网公司配电自动化终端规划的实践	143
12.1	影响供电可靠性的因素	143
12.2	配电自动化终端数量确定方法	145
12.3	配电自动化系统的差异化规划	153
12.4	本章小结	158
	本章参考文献	159

13	中国南方电网公司实用型配电自动化实践	160
13.1	佛山供电局实用型配电自动化建设实践	160
13.2	中山供电局实用型配电自动化建设实践	165
13.3	贵阳供电局就地型馈线自动化建设实践	167
13.4	本章小结	171
	本章参考文献	171
14	低负荷密度供电区域实用型配电自动化实践	172
14.1	低负荷密度供电区域配电自动化面临的主要问题和解决思路	172
14.2	实用型配电自动化建设实践方案	173
14.3	本章小结	180
15	北京架空线路级差配合就地型馈线自动化	182
15.1	规划原则及继电保护配置	182
15.2	馈线自动化的实现	185
15.3	应用效果	189
15.4	本章小结	189
16	智能接地配电系统	190
16.1	问题的提出	190
16.2	基本原理	191
16.3	关键技术问题	192
16.4	例子	195
16.5	智能接地装置的结构形式	197
16.6	智能接地装置的接入方式	198
16.7	继电保护	200
16.8	本章小结	201
	本章参考文献	202
17	利用快速开关解决配电网问题	203
17.1	“首波开断”关键技术	203
17.2	无损深度限流	207
17.3	采用快速开关的串联补偿	211
17.4	基于快速开关的自动解列装置	213
17.5	基于快速开关的电压暂降快速隔离	215
17.6	基于快速开关的一体化成套快切装置	218
17.7	本章小结	219
	本章参考文献	220

简单配电网

——用简单办法解决配电网问题

第一篇 思想篇



1 能使配电网的问题简单化的主要途径

解决具有点多面广特点的配电网问题宜尽量采取简单的方法，因为简单才能可靠、可靠才能实用^[1]。

我们追求配电网问题的“简单”，是指建设简单、运行简单和维护简单，但是如何做到上述简单，实际上并不容易，需要对具体问题进行深入的研究，而且还需要克服好大喜功、盲目追求先进、为了炫耀而非应用等错误的思想观念。

20 世纪末我国开展的那一轮大规模配电自动化建设高潮最后以失败告终的主要教训之一就在于将原本应当简单化的问题复杂化，盲目追求一步到位、大而全造成摊子铺得过大而后期运行、维护不够^[2]。

当前，在国家下决心投入巨资促进配电网建设的形势下，为了避免在建设中国再走类似的弯路既造成巨额浪费也错失发展良机，在本章中阐明使配电网的问题简单化的主要途径。

1.1 规模小的系统更加简单

相比规模大的系统而言，规模小的系统中配置的装置数量少，不仅投资和建设工作量少而且维护工作量也少，因此更加简单。

小规模系统中的装置数量少，使适当加大每台装置的资金投入以尽量提高其性能和耐久性成为可能，投运后的故障率和维护工作量都可大幅降低。

固然，采用的装置越多，所得到的性能改进越大，但是如果许多装置发生故障而得不到及时修复，造成系统带病运行则其可靠性难以保证，会严重影响其效果的发挥，何况随着装置数量的增加，性能的进一步改善程度也越来越不显著。

因此，降低规模是一个重要的简化途径。但是，相比不分青红皂白的大规模资源配置方案（如在配电自动化建设中，见开关就装终端、凡终端都实现“三遥”的错误做法）而言，怎样才能以较小的规模满足性能要求，即如何优化所必需的资源配置，并不是一件容易的事，需要具体问题具体分析和研究。

1.2 维护少的系统更加简单

相比系统的建设过程而言，对系统中各类装置的维护工作贯穿系统的整个运

行寿命周期，是一个更加长期的过程，而维护工作量被低估则是行业的常见误区之一。

如果维护工作量过大，往往造成缺陷不能及时消除，严重影响系统的运行，因此维护工作量小的系统更加简单。

在配电网建设与改造中，将资金主要花费在购置更加可靠和耐久的电气设备上比将资金过多花费在为了减少电气设备失效所带来问题的自动化装置和通信手段上的做法更加可取。对于确有必要建设自动化系统的情形，也应采用可靠和维护工作量少的装置和技术。

比如，过去在配电自动化系统中常用蓄电池作为储能元件，而蓄电池的维护工作量大并且需要经常更换。采用超级电容器替代蓄电池作为储能元件，可以大大降低维护工作量和延长储能元件工作寿命^[3]。

再比如，许多人喜欢要求装置带有液晶显示器以便于本地操作和维护，但是液晶显示器的故障率比较高（尤其是应用于户外恶劣环境时），显著增加了维护工作量。其实配置短距离无线通信手段，通过手持机进行操作和维护而避免配置液晶显示器，就能有效降低终端故障率和维护工作量。

再比如，许多配电自动化终端通过线圈式电压互感器（TV）取电，而TV的故障率比较高。对于架空线路可以采用电容分压取能装置代替线圈式TV，它不仅具有体积小、重量轻和现场安装方便的优点，而且比较可靠，尤其适合于采用GPRS通信的“二遥”配电自动化终端^[4]。

可以带电安装和拆卸的装置更加便于维护，因此比需要停电作业的装置更加简单。比如，故障指示器可以带电装拆，因此比FTU和DTU更加简单易行，此优点在很大程度上减轻了其需要定期更换储能电池的不便。

具有自恢复和自诊断功能的装置比需要人工检测与重新启动的装置维护工作量小，因此更加简单。比如，在许多自动化装置中都设有多级软件和硬件“看门狗”，当受到干扰导致程序“跑飞”时可以自动将其“拉回”正常运行程序，较好地保障了装置连续运行的需要。但是，一定要小心避免因为装置重启导致的错误信息上报。例如，配电终端或子站重启有时往往会造成批量遥信误报，原因在于当配电终端或子站重启时，在完成一轮状态量采集之前，在响应配电自动化系统主站召唤数据时，往往会将初始化时内存中的默认值上报，往往与所反映的状态量的实际状态不相符，造成大批量遥信误报^[5]。解决这个问题的方法是：科学设计配电子站和配电终端的程序，令其在重启或复位后，在还未完成一轮状态量采集之前，不要响应配电自动化系统主站的数据召唤即可。