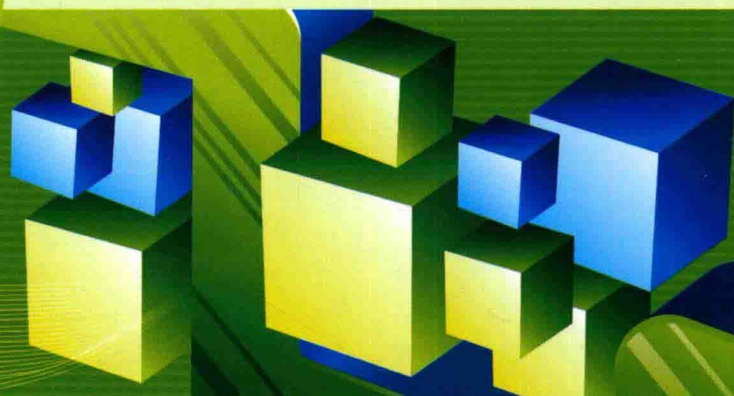


NONGWANG 35kV PEIDIANHUA
SHEJI YU YINGYONG

农网35kV配电化 设计与应用

盛万兴 王金丽 王金宇 寇凌峰 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

NONGWANG 35kV PEIDIANHUA
SHEJI YU YINGYONG

农网35kV配电化 设计与应用

盛万兴 王金丽 王金宇 寇凌峰 编著



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书是关于农村电网新型建设模式的专著,旨在提出解决我国农村无电地区供电问题和偏远农村、山区供电质量问题的新方法。本书系统介绍我国农村地区用电现状与问题、配电化建设内容与建设模式、配电化建设特点与适用范围,重点论述35kV线路配电化设计、35/10kV变电站配电化设计以及35/0.4kV直配台区设计,并具体介绍35kV配电化建设应用实例,为读者提供参考。

本书可供电网设计、建设、运行和管理人员学习阅读。

图书在版编目(CIP)数据

农网35kV配电化设计与应用 / 盛万兴等编著. —北京:
中国电力出版社, 2015.8

ISBN 978-7-5123-6975-7

I. ①农… II. ①盛… III. ①农村配电 IV. ①TM727.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第308693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

*

2015年8月第一版 2015年8月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 11印张 231千字

印数0001—2000册 定价35.00元

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

前 言

我国中西部边远农村、牧区地域广阔,居民分散,电网供电距离长、负荷轻特点显著。农村配电网建设相对滞后,存在35kV电源布点不足、10kV线路供电半径超长、线路损耗大、电网末端电压低等问题。采用常规35kV变电站和线路建设模式,面临造价高、建设周期长、设备利用率低等问题。为有效解决边远地区电网建设面临的现实问题,中国电力科学研究院组织开展了农网35kV配电化关键技术研究,针对边远地区经济社会发展水平、用电需求、负荷特性和地理环境等因素,提出了参照10kV配电规划设计标准将35kV延伸至负荷中心的电网建设模式,实现了35kV电网建设的“变电配电化、线路轻型化和控制智能化”,既保证了用户供电质量,又节省了工程投资,经济和社会效益显著。项目研究成果《35kV配电化建设模式》和企业标准Q/GDW 11019—2013《农网35kV配电化技术导则》已在国家电网公司系统发布并推广应用。

为了配合35kV配电化技术的推广应用,让广大电力工作者尽快熟悉并应用这种供电新思路、新模式,中国电力科学研究院课题组技术人员组织编写了《农网35kV配电化设计与应用》和《农网35kV配电化工程典型设计》2部专著。《农网35kV配电化设计与应用》重点介绍了35kV配电化线路、35kV配电化变电站、35/0.4kV直配台区等供电模式的关键技术、设备选型和典型配置,摘要介绍了边远地区典型供电模式,并给出试点工程典型案例。《农网35kV配电化工程典型设计》以35kV配电化建设模式为基础,参照国家最新颁布的技术标准和技术规程,贯彻全生命周期设计理念和方法,总结、提炼已有内蒙古东部、甘肃、青海35kV配电化试点工程设计、建设经验和成果,综合考虑不同区域复杂地形、气象、温度特点,形成35/10kV配电化变电站、35kV配电化线路、35/0.4kV直配台区典型设计方案。为方便有关设计人员使用,除常规的设计说明、图纸外,还编制了典型设计使用说明。使用说明对典型设计的使用条件、方案选用、组合条件等进行了详细介绍。本套专著可作为电网设计、建设、运行和管理人员参考用书。

项目研究工作得到了国家电网公司科技项目立项支持,国家电网公司农电工作部领导和有关同志给予了精心指导,吉林省松和电力设计咨询有限公司在工程设计和图纸绘制方面做了大量工作,在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限,错误和遗漏在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2015年4月

目 录

前言

第一章 概述	1
第一节 我国农村电网建设与供电现状	1
第二节 35kV 配电化理论基础	2
第三节 35kV 配电化建设的适用范围与技术优势	7
第二章 35kV 配电化线路	10
第一节 选择建设模式的影响因素	10
第二节 35kV 配电化线路设计与校验	13
第三节 35kV 配电化线路的建设方案	49
第四节 35kV 配电化线路的防雷技术	52
第五节 35kV 配电化线路的技术经济性	58
第三章 35kV 配电化变电站	64
第一节 35kV 配电化变电站的设计基础	64
第二节 35kV 配电化变电站的设计要点	69
第三节 35kV 配电化变电站的建设方案	80
第四节 适用于 35kV 配电化变电站的新型设备	92
第五节 农网 35kV 配电化变电站的智能化设计	109
第四章 35/0.4kV 直配台区	115
第一节 35/0.4kV 直配台区及其设计原则	115
第二节 35/0.4kV 直配台区的典型建设模式	115
第三节 35/0.4kV 直配台区的设备选型	120
第四节 35/0.4kV 直配台区的智能化建设方案	120
第五节 35/0.4kV 直配台区的保护配置	133
第五章 边远地区供电技术及典型供电模式	136
第一节 分布式发电的应用问题	136

第二节	分布式发电并网技术·····	138
第三节	边远地区典型供电模式·····	142
第六章	35kV 配电化工程应用实例 ·····	152
第一节	工程实例·····	152
第二节	技术经济性评估·····	154
第三节	35kV 配电化综合评价与适用条件·····	160
附录 A	35kV 配电化建设模式 ·····	163
附录 B	35kV 配电化线路杆型设计 ·····	166
	参考文献 ·····	168

概 述

第一节 我国农村电网建设与供电现状

一、我国农村电网建设改造历程与存在问题

农村电网通常是指向县级市、区、旗等行政区域内的县城、乡(镇)村或农场及林、牧鱼场等各类用户供电的 110kV 及以下各级配电网。农村电网处于整个电力系统的末端,也一直是电力网中的最薄弱环节。20 世纪 90 年代后期开始,党中央、国务院高度重视“三农”(农业、农村和农民)问题,做出了一系列加快农村电力发展的决策部署,将实施农网改造工程、户户通电工程、新农村电气化工程写入中央“1 号文件”,把农电发展提高到国家推动经济发展和加快社会主义新农村建设的战略高度统筹推进。1998 年,国家做出实施农电“两改一同价”(改造农村电网、改革农村电力管理体制、实现城乡同网同价)工作重大决策,投入巨资全面启动农村电网建设与改造工程,截至 2004 年年底,农网一、二期改造工程基本结束。2004 年,国家深入实施西部大开发战略,针对当地农村电网改造面偏低、供电能力不足等问题,启动了西部农网完善工程。2006 年,中央发布并实施《中共中央国务院关于推进社会主义新农村建设的若干意见》(中发〔2006〕1 号),同时将农网完善工程的投资政策扩大到中部地区。国家实施的一系列重大举措在一定程度上解决了长期以来农网发展中的历史遗留问题,但农村经济的快速发展对农网建设提出了更高的要求。2010 年,国家又启动实施了新一轮农网改造升级工程,为进一步提高农网可持续发展的能力创造了良好机遇。相比农网一、二期改造工程之前,农电发展实现了历史性跨越,为社会主义新农村建设提供了坚强的电力保障。

通过实施农电“两改一同价”,以及不断加大农网建设资金的投入,大幅度缩短了中低压配电网的供电半径,基本淘汰了老旧设备,农村电力基础设施得到改善,农村供电能力和供电质量明显提高。但由于近年来农村经济快速发展,农网建设与发展水平依然不能满足农村实际用电需求,农电发展的一些深层次问题也逐步凸现出来。由于一、二期农网改造工程重点放在中低压配电网,规划设计标准主要考虑满足农村居民一般性生产生活用电需求,再加上农网改造资金有限,电网改造面和改造标准整体偏低,农网结构薄弱的问题依然比较突出。自实行“家电下乡”政策以来,农村电网中的一些 10kV 线路、10kV 配电变压器等环节出现严重满载、过载问题,供需矛盾更加突出,一些已经改造过的电网出现新的供电瓶颈,新农村电气化工程的推进受到一定的影响。随着国家统筹城乡发展、

调整经济结构、加快新型城镇化建设和发展现代农业等一系列强农惠农政策的深入实施，农村电网将面临新的巨大供电压力。如何解决适应和保障农村安全、可靠、经济用电的问题，已成为农网发展所面临的重要任务。

二、农村地区供电现状

我国农村电网覆盖区域大，部分中西部边远农村、山区或半山区地广人稀，负荷小而分散。相对城市配电网，农村电网建设历史欠账较多，电源布点不足，网架基础薄弱，设备技术性能水平偏低，供电标准有差异。同时，由于农村电网建设资金投入和效果、效益的矛盾，偏远农村地区的通电和供电质量问题一直是困扰我国电力企业的难题之一。

尽管国家及相关电力企业不断加大对农村电网建设资金投入的倾斜力度，但仍然不能满足其实际需求，部分边远农村地区的 35kV 电源布点不足，造成 10kV 线路过度延伸，供电半径长达几十公里，甚至上百公里，线路损耗大，末端供电电压低，由此引发的低电压（当供电电压低于标准规定的允许下限值，则统称为“低电压”）问题严重影响了农村居民的生产生活。居民端供电电压标准为 220V，允许下限值为 198V，严重的低电压（190V 以下）将导致部分家用电器无法启动或无法正常使用。由于农村用电负荷增长不均衡，季节性或阶段性集中用电特征显著，农村低电压呈现出明显的动态性特点，致使农村低电压治理成为一个长期性的系统工程。

另外，据国家能源局统计，截至 2012 年底，全国共有无电人口约 264 万（含地方电力企业经营区域）。无电人口所处的地理环境差，居住分散，通电任务繁重。供电企业为达到“户户通电”的基本要求，不惜代价履行社会责任，在边远农村、山区投入大量资金，按照中长期规划进行常规 35kV 变电站、线路和台区建设，却面临选址难、造价高、施工周期长等一系列困难，由于这些区域的负荷普遍增长缓慢，输配电设备利用率低，造成了大量的资源浪费。同时，通不了电或供电质量差等问题都不利于这些区域农村经济的发展，不符合国家关于农村改革发展的要求，也会影响当地居民的生产生活水平。

因此，寻求解决负荷小而分散的中西部边远农村、山区或半山区等无电地区的农村居民用电，以及那些处于 35kV 线路的沿线区域，却因 10kV 线路供电半径过长或迂回供电造成的居民端供电电压质量偏低等问题，探索经济适用的新型供电模式变得尤为迫切。

第二节 35kV 配电化理论基础

一、35kV 配电化的涵义

2010 年，国家电网公司农电工作部针对中西部农村供电情况，开展了广泛而深入的调研，并结合当前农村电网的建设标准、建设资金紧张与实际用电需求间的矛盾问题，多次召集相关领域内的专家学者进行研讨论证，首次提出了 35kV 配电化建设理念，主要用于解决处于 35kV 输电线路临近的无电区域，以及 10kV 线路迂回超供电半径供电的农村

区域的供电问题。

35kV 配电化建设是综合考虑农村地区，特别是边远地区的经济社会发展水平、用电需求、负荷特性、负荷密度、资源状况、居民生活习惯和地理环境等各种因素，采用 35kV 电压等级直接深入负荷中心，代替原有的 10kV 电压等级或缩短其供电范围，通过对常规 35kV 电网建设的继承与创新而提出的新型电网建设模式。35kV 配电化的应用可以提高配电网的供电能力，填补了常规 35kV 和 10kV 供电的交叉区域，可以有效改善边远农村地区的供电电压质量，并缩短建设周期，降低工程造价。它适用于解决呈带状分布的山区、半山区、丘陵或平原的“走廊”地带的农村用电负荷点和分布于 35kV 线路近侧等区域的居民用电问题。

35kV 配电化技术主要包括 35/10kV 配电化变电站、35kV 配电化线路和 35/0.4kV 直配台区三项内容。研究人员依据项目内容，研究开发了 35/10/0.4kV 三绕组变压器、35kV 配电化变电站站域测控保护装置、35/0.4kV 直配台区智能配电变压器终端等设备，制定了典型建设模式、设备选型、保护配置、绝缘配合和应用条件等规范，形成了完善的技术体系。

35/10kV 配电化变电站是按照 10kV 配电标准进行设计与建设的 35kV 变电站，一般主变压器容量为 3150kVA 及以下，10kV 出线 2~4 回设计，遵循小型化、施工运输方便、低造价、免维护或少维护等原则，并能够达到无人值守的运行标准。根据区域地理环境、布置方式和用电需求等特点，35/10kV 配电化变电站分为 4 种典型建设模式。

35kV 配电化线路采用 12~15m 的钢筋混凝土电杆架设，线路截面不超过 95mm²，选用瓷横担或复合横担等进行绝缘连接，具有轻型化设计与建设的特点。根据电网的结构特点，35kV 配电化线路分为 3 种典型建设模式。

35/0.4kV 直配台区是将 35kV 线路延伸至负荷中心，采用 35/0.4kV 直配变压器供电的台区，简化了变电层级，有效降低了线路损耗，提升了供电能力。根据台区布置方式，35/0.4kV 直配台区分为 3 种典型建设模式。

二、35kV 配电化的基本特征

与常规电网建设相比，35kV 配电化建设可以有效缓解农网资金紧张、增加布点难、建设工期长等难题，优化农网结构和供电方式，提高农网电能质量。

35kV 配电化主要具有以下 4 个方面的特征：

(1) 变电配电化。35/10kV 配电化变电站按照 10kV 配电标准建设，在安全运行标准允许的范围内简化 35kV 变电站设计，主要体现在布置方式、设备选型方面，可以达到节省投资、缩短建设工期等目的。

(2) 线路轻型化。35kV 配电化线路采用轻型化设计，对线路截面、杆塔、绝缘子、档距进行优化设计，与常规 35kV 线路相比，具有轻型化、投资少、建设工期短等特点。

(3) 控制智能化。35/10kV 配电化变电站可采用智能监控、集成式保护和现代通信方式；35/0.4kV 直配台区可采用智能配电变压器终端及与之配套的智能配电箱/柜/配电室，

进行智能化、免维护、全绝缘设计与建设，实现智能化控制与管理。

(4) 信息采集远程化。35kV 配电化应用区域一般地处边远、交通不便，为便于运维管理，35kV 配电化建设同步架设相应的通信网络，实现信息远程自动采集，提高工作效率，降低运维管理成本。

三、35kV 配电化建设的理论依据

1. 35kV 与 10kV 线路传输容量比较

输电线路的传输容量可表示为

$$S = \sqrt{3}U_N I_N \quad (1-1)$$

在相同的线路规格和传输电流的情况下，传输容量大小为

$$\frac{S_{35}}{S_{10}} = \frac{\sqrt{3}U_{35}I_{35}}{\sqrt{3}U_{10}I_{10}} = 3.5 \quad (1-2)$$

式中 S ——输电容量；

U_N ——线电压；

I_N ——线电流；

下标 10 和 35——分别为 10kV 和 35kV 情况下的量。下面出现相似变量的意义与此类同。

根据经济电流密度及导线截面积，可以估算导线在正常环境条件下的允许持续电流，从而可得 10kV 和 35kV 线路的最大输送容量。不同截面积下，10kV 和 35kV 配电网输电导线在正常环境温度下的最大输电容量见表 1-1。

表 1-1 正常环境温度下不同电压等级的线路在各种截面积下的最大输送容量 MW

导线型号	10kV 线路输送容量	35kV 线路输送容量	导线型号	10kV 线路输送容量	35kV 线路输送容量
LGJ-16	1.819	6.367	LGJ-95	5.802	20.307
LGJ-25	2.338	8.183	LGJ-120	6.582	23.037
LGJ-35	2.944	10.304	LGJ-150	7.708	26.978
LGJ-50	3.811	13.339	LGJ-185	8.920	31.22
LGJ-70	4.763	16.671	LGJ-240	10.566	36.981

2. 35kV 与 10kV 线路电压降落比较

输电线路的电压降可以表示为：

$$\Delta U\% = \frac{PR + QX}{U_N^2} \times 100\% \quad (1-3)$$

式中 $\Delta U\%$ ——电压压降比；

P 、 Q 、 R 和 X ——分别为有功功率、无功功率、电阻和电抗。

在相同的输送容量下，有

$$\frac{\Delta U_{35}\%}{\Delta U_{10}\%} = \frac{U_{10}^2}{U_{35}^2} = \frac{1}{12.25} \quad (1-4)$$

在电压降一定时，输送相同大小容量时，线路的最大输送距离为

$$L = \frac{\Delta U \% U_N^2}{(Pr_0 + Qx_0)} \quad (1-5)$$

式中 r_0 ——单位线路长度的电阻；

x_0 ——单位线路长度的电抗。

对于相同型号的线路，线路输送的容量相同时，电压降与额定输电电压的平方成反比，电压等级越高，线路的电压降越小；电压降一定时，输送相同大小的容量，采用不同的电压等级供电，可输送的距离与电压等级的平方成正比。

线路负载率和输电容量确定时，不同电压等级下的线路最大输电距离与电压等级及不同电压等级线路允许的电压降有关。按照 DL/T 5131—2001《农村电网建设与改造技术导则》的规定，农网功率因数应不低于 0.9。功率因数按补偿至 0.9 计算，10kV 和 35kV 线路负载率相同时，可得到不同截面积的导线最大输电距离，见表 1-2。

表 1-2 相同负载率时不同电压等级的线路在各种截面积下的最大输电距离 km

导线型号 \ 负载率	0.1		0.3		0.5		0.7	
	10kV	35kV	10kV	35kV	10kV	35kV	10kV	35kV
LGJ-16	29.54	73.84	9.85	24.61	5.91	14.77	4.22	10.55
LGJ-25	34.29	85.74	11.43	28.58	6.86	17.15	4.90	12.25
LGJ-35	36.35	90.88	12.12	30.29	7.27	18.18	5.19	12.98
LGJ-50	37.55	93.87	12.52	31.29	7.51	18.77	5.36	13.41
LGJ-70	38.89	97.21	12.96	32.40	7.78	19.44	5.56	13.89
LGJ-95	39.74	99.34	13.25	33.11	7.95	19.87	5.68	14.19
LGJ-120	40.92	102.31	13.64	34.10	8.18	20.46	5.85	14.62

由上表可知，不同负载率时 35kV 和 10kV 线路的输送距离变化较大，如负载率为 0.1 时 10kV 线路输送距离达到 30km 以上，负载率为 0.7 时 10kV 线路最大输送距离仅为 5km 左右。同时，可以看出在相同负载率时 35kV 线路的输送距离为 10kV 线路输送距离的 2.5 倍，若在相同负载情况下二者输送距离差距将更大。

如果将线路功率因数补偿至 0.95，10kV 和 35kV 线路负载率相同的情况下，不同截面积的导线最大输电距离见表 1-3。

表 1-3 相同负载率时不同电压等级的线路在各种截面积下的最大输电距离 km

导线型号 \ 负载率	0.1		0.3		0.5		0.7	
	10kV	35kV	10kV	35kV	10kV	35kV	10kV	35kV
LGJ-16	30.37	75.94	10.12	25.31	6.07	15.19	4.34	10.85
LGJ-25	35.71	89.27	11.90	29.76	7.14	17.85	5.10	12.75
LGJ-35	38.33	95.81	12.78	31.94	7.67	19.16	5.48	13.69
LGJ-50	40.25	100.63	13.42	33.54	8.05	20.13	5.75	14.38
LGJ-70	42.47	106.17	14.16	35.39	8.49	21.23	6.07	15.17
LGJ-95	44.23	110.58	14.74	36.86	8.85	22.12	6.32	15.80
LGJ-120	46.30	115.74	15.43	38.58	9.26	23.15	6.61	16.53

当线路功率因数提升至 0.95 时，线路输送距离得到提升，如负载率为 0.1 的导线型号为 LGJ-95 的 10kV 线路，当功率因数为 0.9 时输送距离为 39.74km，功率因数为 0.95 时输送距离为 44.23km，提升约 11.3%。

3. 35kV 与 10kV 线路有功损耗比较

线路的有功损耗可以表示为

$$\Delta P = \frac{P^2}{U_N^2 \cos^2 \alpha} \quad (1-6)$$

式中 ΔP ——有功损耗；

$\cos \alpha$ ——线路功率因数。

在相同的有功功率、线路参数与功率因数下，35kV 与 10kV 线路有功损耗情况为

$$\frac{\Delta P_{35}}{\Delta P_{10}} = \frac{U_{10}^2}{U_{35}^2} = \frac{1}{12.25} \quad (1-7)$$

4. 35kV 与 10kV 线路耗费线材的比较

导线截面积与导线输送容量、额定电压及导线经济电流密度之间的关系为

$$A = \frac{S}{\sqrt{3}U_N I_j} \quad (1-8)$$

式中 A ——导线截面积；

I_j ——导线经济电流密度。

经济电流密度为常量，在输送容量 S 不变的情况下，导线截面积随电压变化。因此，在相同的负荷下，两种电压等级所需导线的截面积之比为

$$\frac{A_{35}}{A_{10}} = \frac{U_{10}}{U_{35}} = \frac{1}{3.5} \quad (1-9)$$

综上所述，在同样的负荷条件下，以 10kV 为基准，35kV 和 10kV 的经济性指标关系见表 1-4。因此，35kV 电压等级在上述四个方面与 10kV 相比具有较好的经济性。

表 1-4 35kV 和 10kV 的理论经济性指标对比

电压等级 (kV)	传输能力 (%)	电压降落 (%)	线路损耗 (%)	导线截面 (%)
10	100	100	100	100
35	350	8	8	28.5

四、提高 35kV 配电化性能的措施

1. 提高供电可靠性的措施

35kV 配电化设计与建设，通过适当简化配置，采取以下措施可以提高供电可靠性：

- ① 采用全绝缘变压器，同时在中性点加装避雷器，增加安全性；
- ② 35/10kV 配电化变电站一次侧采用高性能熔丝或负荷开关+熔断器保护，提高变电站安全运行水平；
- ③ 35kV

线路出口设限时速断保护,防止越级跳闸;④在35kV配电化线路中间相分段(1~2km)加装线路避雷器,提高线路防雷水平。

2. 实现免维护或少维护的措施

为解决边远地区电网运维困难和费用高等问题,35kV配电化设计与建设考虑增大设备清扫周期和不检修周期,实现免维护或少维护:①35/10kV配电化变电站采用无人值班设计,实时自检,方便维护与维修;②35/10kV配电化变电站和35/0.4kV直配台区采用远程抄表,可对电能表设备进行远程控制,减少运维与人员成本;③35/10kV配电化变电站和35/0.4kV直配台区的设备尽量采用固定螺栓安装,提高免维护性能;④35kV配电化线路采用复合横担绝缘子,可降低线路杆塔的重量,提高湿闪污闪能力,提高供电可靠性。

3. 增强附加功能的措施

在35kV配电化建设时,可同步架设相应的通信网络,在有条件的部分区域也可因地制宜,综合实现电力、电话、电视、宽带等多网融合功能,提高边远农村居民区的现代化和信息化水平。

第三节 35kV 配电化建设的适用范围与技术优势

一、35kV 配电化建设适用区域的确定

35kV配电化建设的适用区域可以根据负荷密度和负荷距两种方式进行选择。在满足供电负荷需求的情况下,考虑到提升35kV配电化线路的对地距离和经济性,目前可选的导线型号有LGJ-50、LGJ-70和LGJ-95。在理论计算中,主要考虑供电电压合格和有功损耗这两个限定因素要符合规定。按照GB/T 12325—2008《电能质量 供电电压偏差》的规定,10kV供电电压允许偏差为标称电压的 $\pm 7\%$,35kV供电电压正、负偏差绝对值之和不超过标称电压的10%,而35kV配电化线路用来替代10kV电压等级配电线路进行供电,因此,电压降落也严格按照不大于7%进行考虑。对比10kV线路和35kV线路,在满足供电电压合格和有功损耗符合规定的前提下,可从理论上初步确定35kV配电化线路的适用范围。

(1)按负荷密度确定。当采用LGJ-50、LGJ-70和LGJ-95三种导线型号时,表1-5给出了不同供电半径的情况下,采用35kV配电化线路进行供电所适用的负荷密度范围。

表 1-5 不同导线情况下 35kV 配电化线路适用负荷密度范围 kW/km²

供电半径 (km)	导线型号	kW/km ²		
		LGJ-50	LGJ-70	LGJ-95
15		17.46~61.10	20.66~72.30	24.06~84.22
30		4.79~21.60	6.20~25.56	7.71~29.78

续表

供电半径 (km) \ 导线型号	LGJ-50	LGJ-70	LGJ-95
45	2.13~11.76	2.75~13.91	3.43~16.21
60	1.20~7.64	1.55~9.04	1.93~10.53
75	0.77~5.47	0.99~6.47	1.23~7.53
90	0.53~4.16	0.69~4.92	0.86~5.73

(2) 按负荷距确定。目前, 35kV 配电化线路可选导线型号有 LGJ-50、LGJ-70 和 LGJ-95 三种。不同导线型号 35kV 配电化线路适用的负荷距范围具体见表 1-6。

表 1-6 不同导线型号 35kV 配电化线路适用负荷距范围

导线型号	LGJ-50	LGJ-70	LGJ-95
负荷距 (MW·km)	4.11~50.40	5.76~70.56	7.82~95.76

按照 Q/GDW 1738—2012《配电网规划设计技术导则》对供电区域的划分标准, 35kV 配电化建设一般适用于 D 类和 E 类区域, 即农村或农牧区。我国无电地区和农村低电压问题主要分布在云南、新疆、西藏、四川、内蒙古等中西部区域, 当采用电网延伸方式解决供电问题时, 可通过综合技术经济性比较, 科学选用 35kV 配电化建设模式。

二、35kV 配电化建设及其选点原则

我国地域辽阔, 各地经济状况不同, 地理条件和电力负荷分布差异也很大。农村电网的供电方式、线路设计不能强求化一。35kV 配电化线路设计既要可靠、经济、适用, 又要符合轻型、施工方便快捷等设计原则。

35/0.4kV 直配供电方式以当地经济发展水平、负荷水平及负荷性质为依据, 并适当考虑地理方位, 突出适用性和科学性, 重点解决以农用为主的 35kV 输电线路沿线上的农村用电问题(非重要用户专线), 达到提高供电能力、提升供电电压质量的目的。35/0.4kV 直配供电方式配电变压器按 1 台考虑, 单台变压器容量可选 50~1600kVA, 推荐配置容量为 630kVA 及以下。

为有效发挥直配方式供电的技术经济优势, 35kV 直配方式工程建设主要运用于下述范围:

- (1) 供电负荷点较稀疏、负荷相对集中的地区。
- (2) 用电负荷点呈带状分布的山区、半山区、丘陵或平原的“走廊”地带, 负荷点分布于 35kV 线路近侧。
- (3) 其他集中负荷且容量较大或供电距离较长, 总负荷距大于 10kV 经济输送条件的情况, 宜考虑采用 35kV 直配方式供电。
- (4) 以农用为主的 35kV 输电线路沿线(非重要用户专线), 解决沿线农村用电

问题。

根据 35kV 配电化建设的主要特征，35kV 配电化建设的应用选点主要遵循以下基本原则：

- (1) 所选点应为边远农村、山区或半山区，距离电源点较远，负荷在 35kV 线路沿线分布，10kV 线路超半径或迂回供电。
- (2) 所选点地广人稀，负荷小而分散。
- (3) 所选点供电区域负荷以生活照明为主，基本没有动力负荷。
- (4) 根据区域规划和预测，所选点在未来 5~10 年内负荷增长较为缓慢。

三、主要技术优势

35kV 配电化建设方式与传统配电方式相比的主要技术优势如下：

(1) 减少变电层次。35kV 直配方式简化了原方案的 10kV 电压等级，减少了变电重复容量，节省了部分变电设备及有色金属消耗量，且使网络的维修工作量及维护费用也有所降低。

(2) 技术特性良好。在供电距离、导线截面积及功率损失分别等同的情况下，其输送容量约为 10kV 线路的 3.5 倍。在输送相同的容量时，供电距离可增大为 10kV 线路的 10~12 倍。当供电距离及输送容量相同时，35kV 直配的电压损失仅为 10kV 线路的 1/3 左右，可有效改善线路电压质量，大幅度提高供电效率。

(3) 节能效果显著。减少一级变压后，网络的有功损失可降低 1%~2%，无功损失可降低 8~10%。由于线路功率损失与供电电压的平方成反比，在相同负荷的前提下，35kV 直配的功率损失仅为 10kV 的 8% 左右，即可在原有基础上降低约 92%。

(4) 35kV 直配的投资费用与配电网络的布局（主要是支线的条数与长度）及负荷点（配电变压器）的多少密切相关。在分支线较短、负荷点不多的情况下，其网络建设（或改造）的投资与 10kV 相比差距不大。在其他情况下，其投资将会有所增加。对于较复杂的网络，要进行经济技术比较，以确定其可行性。

(5) 国内已拥有容量为 50~1600kVA 的 35/0.4kV 直配变压器生产系列，为运用 35kV 直配供电提供了技术装备支撑。

第二章

35kV 配电化线路



35kV 配电化线路是指规划与设计参照 10kV 配电标准,将 35kV 等级的电压延伸至负荷中心供电,在满足安全要求的前提下,针对导线截面、杆塔、绝缘子、档距等进行整体优化设计的 35kV 线路。与 35kV 输电线路不同的是,35kV 配电化线路的输送容量一般比较小,杆塔、绝缘子及金具重量较小,整体设计都体现了轻型化的特点。本章从负荷需求、技术约束、电网现状、设备选型、土地资源及政策因素等不同角度,分析 35kV 配电化线路的适用性;从输送容量、输送距离及电能损耗等方面,与常规 35kV 和 10kV 线路对比,详细分析 35kV 配电化线路在满足供电需求、建设资源节约型和环境友好型农网方面的突出优势;以负荷密度和负荷距为限制条件,讨论不同线路建设模式的适用范围;分析四类 35kV 配电化线路的结构模式,确定不同结构模式的特点和适用范围。

第一节 选择建设模式的影响因素

35kV 和 10kV 线路作为农村配电网的主流电力线路,在国内已有几十年的应用经验,在规划、设计、运行及设备等方面的行业标准和国家标准也非常完备。35kV 配电化线路在规划、设计、设备及运行方面与 35kV 线路相似,部分设计和设备选型参照 10kV 等级的配电标准。在电力线路新建或改造过程中,如何合理选择电力线路的建设模式,需要进行用电需求、负荷分布、负荷特性、供电可靠性、投资的合理性等多方面的论证。

一、负荷需求

农村边远地区负荷需求和负荷特性是推动 35kV 配电化技术发展的直接因素。35kV 配电化线路替代 35kV 和 10kV 线路作为电网向用户供电的桥梁,必须满足相应的要求,一方面应满足电网建设的基本条件,如短路电流、电压降等要求;另一方面也受到电网现状、地域环境、设备制造水平等因素的影响。

随着农村改革和新型城镇化建设的深入推进,城乡经济社会发展一体化和农村产业结构调整带来农村电力需求的迅速增长,农村物质文化生活水平不断提高,大家电日益普及,农村用电结构和用电特性会发生较大变化。总体来看,近年来农村经济发展较快,农民生活水平不断提高,特别是国家实行家电下乡政策,农村用电设施发生本质变化,随着冰箱、洗衣机、微波炉、电磁炉、空调、热水器等单台容量超过 1kW 的大容量电器在农村推广使用,农村用电需求剧增,农网售电量逐年增加,2006 年以来农网售电量以年

均增长率 12.74% 的速度持续攀升，2011 年农网售电量达到了 16 346 亿 kWh，相比 2006 年将近翻了一番，其中农村工业售电量和居民生活用电量的贡献较大，农村工业售电量为 10 997 亿 kWh，居民生活用电量为 2993 亿 kWh。

当然，负荷迅速增长也产生了一些新的问题，如部分地区电网不能满足当地的负荷需求，出现了低电压问题，迫切需要进行电网改造，采用何种方式改造也是当前迫切要解决的问题。当前我国仍有部分地区以生活用电为主，负荷增长较为缓慢，而电力供应不能满足用电需求，甚至属于无电地区。针对上述问题，通常的解决方案是采用 10kV 线路延伸供电，但可能造成线路供电容量较大、供电半径过长、线路损耗大、末端电压质量低等问题。而采用常规 35kV 线路建设方式，需考虑新建 35kV 变电站、10kV 线路和配电台区，却面临选址难、造价高、施工周期长等困难，同时又由于负荷增长缓慢，输配电设备长期处于低负荷运行状态，造成了大量的人员和资源浪费。与上述二者相比，35kV 配电化线路的技术经济性较为显著。

二、负荷分布及用电水平

据相关部门统计，截至 2012 年，我国还有 256 个无电乡镇、3817 个无电村、93.6 万户无电户、387 万无电人口，主要分布在新疆、西藏等 14 个省（自治区），还有存在部分“低电压”问题的地区。目前，我国边远地区农村用户用电水平普遍不高，大都以生活用电为主，负荷发展较为缓慢，且分布较为分散，呈点状或片状聚集分布，负荷密度小；现有电网设施较为陈旧，电网损耗较大，存在一定的低电压问题，已不能满足用户日益增长的用电需求。目前，农村电网建设大都采用 35kV 线路—35kV 变电站—10kV 线路—配电台区的供电方式，10kV 均采用三相三线中性点不接地系统，不论负荷性质如何，全都采用三相供电。这种供电制式不灵活、不经济、不易降损节能，严重影响了农村电网投资的经济性和实效性。

三、技术约束

35kV 配电化线路建设模式是在满足 35kV 电压等级安全性的基础上进行建设，即在保证线路符合各种运行约束的前提下满足负荷需求，保证用户端的供电质量和供电可靠性，并能够使输配电设备得到充分合理的利用。因此，在选择 35kV 配电化线路建设模式时，应根据区域经济发展水平、负荷水平、负荷性质、地理条件等统筹兼顾，在满足近期使用要求的同时兼顾远期发展的需要，合理确定规划、设计、建设与改造方案，同时，还应考虑电网供电能力和供电可靠性等技术问题。

四、电网现状

边远地区的电网现状主要有大电网供电、孤网供电和无电三种类型。对于无电地区而言，经过负荷计算与预测、现场勘测设计、测算工程造价，对不同建设方案进行技术经济性分析，择优选择常规线路或 35kV 配电化线路建设模式；对于已有 10kV 供电线路的