



油田电网规划与设计

施 群 王炳国 刘文波 编著
杜正旺 刘仁臣 万克栋

中国石油大学出版社



油田电网规划与设计

施 群 王炳国 刘文波 编著
杜正旺 刘仁臣 万克栋

中国石油大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

油田电网规划与设计/施群等编著. —东营:中国石油大学出版社, 2011. 3

ISBN 978-7-5636-3439-2

I. ①油… II. ①施… III. ①油田—电力系统—系统设计 IV. ①TE43

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 055843 号

书 名: 油田电网规划与设计

作 者: 施群, 王炳国, 刘文波, 杜正旺, 刘仁臣, 万克栋

责任编辑: 杨 勇(电话 0546—8395938)

出 版 者: 中国石油大学出版社(山东 东营 邮编 257061)

网 址: <http://www.uppbook.com.cn>

电子信箱: upccbsyangy@126.com

印 刷 者: 青岛星球印刷有限公司

发 行 者: 中国石油大学出版社(电话 0546—8392565, 8399580)

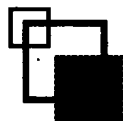
开 本: 185×260 印张: 16.25 字数: 399 千字

版 次: 2011 年 3 月第 1 版第 1 次印刷

定 价: 39.00 元

前言

P R E F A C E



油田电网是油田正常生产及生活保障的基础设施,是促进原油生产、当地经济和社会发展的基础条件。深入研究油田电力需求发展和变化规律,加强油田电网的科学规划和实际,加大对油田电网的建设改造力度,大力提高油田电气化水平,对实现油田电网科学发展具有重要意义。

本书将油田电网建设理论与实际相结合,比较全面系统地介绍了油田电网规划和设计的相关技术以及油田电网优化及升压改造技术。全书共分十一章:第一章由施群编写;第二章由王炳国、施群编写;第三~五章由施群编写;第六章由刘仁臣、刘文波编写;第七~九章由施群编写;第十章由刘仁臣、杜正旺、刘文波编写;第十一章由杜正旺、王炳国、万克栋编写。本书最后由施群进行了统稿,中国石油大学(华东)康忠建教授进行了终审。

另外,在本书写作过程中,中石化胜利石油管理局规划计划部刘明、张奎昌、李洪波,生产管理部倪承波、高月民,电力管理总公司刘军、勾松波及胜利勘察设计研究院冯永训等同志给予了大力支持和帮助,在此一并表示感谢!

由于作者水平有限,书中难免许多不妥之处,恳请读者批评指正。

作 者

2011年2月

目 录

CONTENTS

第一章 绪论	(1)
第一节 引言	(1)
第二节 油田电网规划概述	(2)
第三节 油田电网设计概述	(11)
第四节 胜利油田电网现状	(13)
第五节 规划资料的搜集	(14)
第二章 电网供电负荷预测及特性指标分析	(21)
第一节 概述	(21)
第二节 电力负荷分类及其特性	(21)
第三节 电力负荷预测的分类及特点	(23)
第四节 电力负荷预测的一般过程	(23)
第五节 电力负荷预测的确定性方法	(24)
第六节 电力负荷预测的不确定性方法	(29)
第七节 电力负荷预测的经验技术预测方法	(30)
第八节 电力负荷预测的经典技术预测模型	(30)
第九节 空间负荷预测法	(32)
第十节 油田典型供电区域负荷预测方法举例	(33)
第三章 油田电网发展规划	(38)
第一节 高压配电网规划	(38)
第二节 变电站建设规划	(40)
第三节 中压配电网规划	(48)
第四节 新油田典型供电模式	(52)
第四章 油田电网设计	(58)
第一节 变电站	(58)
第二节 架空线路	(86)
第三节 电力电缆	(97)
第五章 油田电网主要设备的选择	(109)
第一节 电力变压器的选择	(109)
第二节 高压断路器的选择	(116)
第三节 10 kV 开闭所及其主要设备	(133)

第六章 配电网的升压改造	(138)
第一节 配电网升压总原则.....	(138)
第二节 配电设备升压的技术措施.....	(138)
第三节 配电网升压论证.....	(140)
第四节 升压过渡期间的各种措施.....	(142)
第五节 大容量高压电机的启动.....	(144)
第七章 油田电网电能质量和无功规划	(149)
第一节 电能质量的国家标准.....	(149)
第二节 无功、电压和线损之间的关系	(152)
第三节 无功负荷与无功电源.....	(153)
第四节 无功补偿规划原则.....	(155)
第五节 油田电网谐波治理.....	(164)
第八章 油田电网自动化规划	(177)
第一节 油田电网自动化概述.....	(177)
第二节 配网自动化规划.....	(178)
第三节 配网自动化系统设计.....	(179)
第四节 配网自动化通信网规划.....	(187)
第五节 油田电网与智能化.....	(189)
第九章 设计应用案例	(196)
第一节 某 110 kV 变电站初步设计	(196)
第二节 某 10 kV 配电站设计	(218)
第三节 某 10 kV 线路初步设计	(223)
第十章 油田电网指标体系	(229)
第一节 引言.....	(229)
第二节 网架结构.....	(230)
第三节 电能质量.....	(231)
第四节 可靠性.....	(233)
第五节 充裕性.....	(233)
第六节 经济性(网损率)	(234)
第七节 设备选型.....	(234)
第八节 节能环保.....	(235)
第十一章 规划应用案例	(236)
第一节 胜坨、东辛油区电网升压实践	(236)
第二节 胜利油田电网展望.....	(240)
第三节 几点建议.....	(249)
参考文献	(251)

第一章 绪 论

第一节 引 言

我国石油工业从无到有,从弱到强,原油产量从解放之初的 12 万吨猛增至 2009 年的 1.9 亿吨,成为世界第五大原油生产国。油田用电企业生产规模越来越大,工艺越来越复杂,电气自动化程度越来越高,电力工作对生产的影响越来越大。电力是工业企业正常生产的“心脏”,对石油行业生产运行起保障作用。目前,国内石油开采企业的电费普遍占到了油气生产成本的 20%~30%,石油行业对电气专业的重视程度也越来越高。各油田电力网络与一般电力终端用户不同,它既是主供电网的一个用电大户,用电量由几亿千瓦时到上百亿千瓦时不等,而其内部又构成一个完整的企业电网,并由油田专业供电部门进行管理,负责对各采油厂等终端用户供电,各终端用户又构成了自身专业供电部门。油田电力系统必须在满足生产用电配置要求的同时,严格考虑供电安全及事故处理等方面的内容。

油田企业主要包括石油、天然气勘探开发,采油(陆地、海上),天然气生产,储运集输等部门,具有点多、面广、线长、区域跨度大、环境恶劣、开放性生产等特点。供电安全可靠对油田企业的影响主要体现在:(1)原油、天然气产量受到较大影响。电网电压波动或突然断电时将造成部分或大面积油、气井停产,因供电半径大、线路长、压降较大,电动机启动困难,且生产井分散,因而恢复时间长,对油、气产量易造成严重影响。(2)易造成部分设备损坏。油井深度一般在几百米至几千米不等,主要采油设备为抽油机、电潜泵、螺杆泵等。突然断电将导致采油设备工况发生突变,易造成设备损伤,一般需进行局部检修或整体检修,严重时可能造成设备或油井报废。(3)造成储运系统瘫痪。电加热装置断电将导致井筒内原油温度降低、黏度增大,稠油管线堵塞,原油结蜡,接转站、联合站停运,单井储油罐无法卸油,原油无法输送。(4)导致钻机停转、相关设备受损、井体变形等重大事故。(5)导致天然气管网压力波动或中断供气。天然气生产装置和输气管线是一体化系统,具有易燃、易爆,运行控制精度高,输气管线距离长,地形复杂等特点,下游企业生产装置停车,将造成巨大的经济损失和难以预料的安全事故。

油田电网是电力系统到企业电力用户的最后一环,与用户的联系最紧密,对用户的供电可靠性和供电质量的影响也最直接。电网的安全、可靠、经济运行不仅关系到油田企业的经济效益,而且对提高企业内部用电的满意度和树立良好的企业形象有着重要意义。但是,目前我国油田地面工程建设始于“滚动开发”,油田电网的可持续发展仍面临着困境。我国在电力工业发展的过程中,长期以来存在“重发轻供不管用”的倾向,致使配电系统特别是油田电网网架薄弱,甚至有些油田主干网不满足 $N-1$ 准则。由于投资规模所限,油田电网技术装备水平与安全、可靠、优质供电的标准和国家电网等供电企业还有很大差距。同时,油田电网至今已运行多年,电力设施不断老化,加上油田配电线路及设施运行环境较差,促使老化速度加快,增加了配电网隐患,同时维护成本不断攀升。特别是近年来,由于经济持续发展和生产工艺水平的不

断提高,使得油田配电系统面临的问题更加严峻,其具体表现为:(1) 油田电网系统建设明显滞后于电力企业建设标准和石油建设需求标准。(2) 网架薄弱,供电不合理,送电能力不足。(3) 供电质量差,可靠性低,损耗高。(4) 设备技术更新换代慢,配电自动化程度低。(5) 变电站布点和馈线布线比较困难。

随着我国经济的快速增长、油田建设的不断推进和电力技术的快速发展,作为油田发展保障能力的电网建设水平将得到进一步发展。油田电力事业的进一步发展,将不再决定于以电源建设为中心的电力供给能力的发展,而是决定于油田电力用户对电力的需求。深入研究油田电力需求的发展和变化规律,加强油田电网的科学规划,加大对油田电网的建设改造力度,大力提高油田电网智能化水平,具有重要的现实意义。

第二节 油田电网规划概述

一、油田电网的主要特点

油田电网主要指为产能区域内的井口装置、计量站、接转站、注水站、注聚站、注汽站及各种工艺联合站用户供电的 110 kV 及以下输变配电网,部分大型油气田还建有 220 kV 高压输变电系统。油田电网是油田生产和生活保障的基础设施,是促进石油生产、当地经济和社会发展的基础条件。油田电网具有以下特点:

(1) 用电单元数量多,负荷分布随产能滚动,布点分散,负荷密度较小。由于地理条件的限制,往往造成油田电网输配电线路过长,有的甚至几千米的山区线路只带几十千伏安的配电变压器,投资成本和维护费用很大,投资回报率很低。同时,由于低压线路长,高损耗配电变压器比例大,又造成油田电网线损率很高,并导致了电能质量下降,供电成本上升,供电效益很低。

(2) 电网结构复杂,分支级数多。油田配电网中,由于石油装置分散,线路分支级数多,有的甚至达五六级之多,安装使用自动化装置非常困难,分支线路若发生事故,将造成整条线路停电,查找故障难度很大。

(3) 油田电网日负荷波动不大,输配电设备和线路有效利用率很高。值得一提的是,由于近年来我国经济的高速发展,空调等季节性民用负荷在油田电网中增加很快,这将提高油田电网用电负荷季节性变动程度,全年将呈现冬季、夏季 2 个负荷高峰期。

(4) 电网总负荷中感性电机负荷居多,自然功率因数低,电压质量低。由于油田电网中用电设备自然功率因数低,加之低压线路长,无功补偿不足,导致电网低功率因数运行,造成线损率提高,电压质量下降。

(5) 供电安全可靠要求高。电网电压波动或突然断电,不但对油、气产量易造成重大影响,严重时可能造成设备或油井报废。在海上采油时,受天气、海潮影响大,对电源及采油设备的安全可靠性要求更高。油田生产装置和管线是一体化系统,具有易燃、易爆等特点,中断供电将导致储运系统瘫痪,造成巨大经济损失。

油田电网的上述特点也给人们提出了加强油田电网规划,改造和完善油田电网整体布局,更新改造高损耗配电变压器,合理安排负荷,以及综合治理,降损节能,提高供电效益和电能质量的艰巨任务。

二、油田电网规划及其编制原则

油田电网规划是油田电网发展的“龙头”。油田电网规划通过研究油田电网整体,分析油田电网动态,研究油田电力需求变化规律,优化油田电网结构,提高油田电网供电可靠性,使油田电网具有充分的供电能力,以满足油田电力需求增长的需要,使油田电网的容量之间、有功功率和无功功率之间的比例趋于协调,成为供电、用电指标先进的电网,并使其成为设备得到更新、结构完善合理、技术水平先进的电网。

油田电网规划根据油田地下产能规划情况,一般按时间序列做近期规划(5年)、中期规划(10年)2种。

油田电网规划是油田发展和地面建设规划的重要组成部分,也是电力发展规划的重要组成部分。油田电网规划应纳入当地发展规划,与地(市)区、县城、村镇各项规划相互紧密配合、协调并同步实施,以适应国民经济发展的需要。油田电网规划应与上级电网规划相互配合、协调,根据区域内各阶段电力需求预测和电力平衡状况向上级电网提出电源布点及供电需求,以保证上级电网和油田电网之间合理衔接。油田电网规划应满足以下基本要求:

- (1) 有足够的供电能力,能满足供电区域内各类用户负荷增长的需要。
- (2) 因地制宜地合理确定电网的电压等级、接线方式和点线配置方案,电网结构优化合理。
- (3) 输电、变电、配电容量协调,无功电源配置适当,功率因数达到合理水平(>0.9)。
- (4) 供电可靠性不断提高。
- (5) 优先采用新技术和性能完备、运行可靠、技术先进的新设备。
- (6) 符合环境保护的要求,节约土地。

根据 Q/GDW 156—2006《城市电力网规划设计导则》、DL/T 599—1996《城市中低压配电网改造技术导则》、DL/T 5118—2000《农村电力网规划设计导则》、DL/T 5131—2001《农村电网建设与改造技术导则》,油田电网规划的技术原则主要有:

(1) 油田电网应统一规划,注重整体布局,优化网络结构,简化电压等级,提高电网的经济效益。

(2) 电压等级一般为 110/35/10/0.38 kV、66/10/0.38 kV、35/10/0.38 kV、110/10/0.38 kV;单相供电电压为 10/0.44(2×0.22)kV。

(3) 供电半径:变电站、配电变压器应设在负荷中心,110 kV 线路长度不超过 120 km,66 kV 线路长度不超过 80 km,35 kV 线路长度不超过 40 km;中低压配电线路,10 kV 不超过 15 km,380/220 V 不超过 0.5 km;在保证电压质量的前提下,负荷或用电量较小的地区,供电半径可适当延长。

(4) 井口终端配电网络布局坚持“短线路、轻负荷、双电源”的建设标准,线路的导线截面应按经济电流密度选择,并按电压损耗校验。

(5) 油田电网建设与改造应综合考虑调度自动化、配电自动化、变电站无人值班的建设,暂不具备条件的,也应在结构优化、网络布局和设备选择等方面统筹考虑。

(6) 线损率应符合下列要求:高中压配电网综合线损率(含配电变压器损耗)不大于 10%;低压配电网线损率不大于 12%。

(7) 功率因数应达到:变电站 10 kV 侧不低于 0.95;变压器容量为 100 kV·A 以上的电

力用户不低于 0.9;油田公用变压器不低于 0.5。

(8) 供电电压。电压允许偏差值应符合 GB/T 12325—2008《电能质量—供电电压偏差》的要求,即 220 V 为 $-10\% \sim +7\%$;20 kV 及以下为 $-7\% \sim +7\%$;35 kV 及以上为正负偏差绝对值之和小于 10%。供电电压合格率应符合《国家电网公司电力系统电压质量和无功电力管理规定》的要求,年度电网电压合格率达到 99.0% 以上,年度供电电压合格率达到 98.0% 以上。

(9) 容载比应与当地的经济水平相匹配,取值范围宜达到下列要求:35~110 kV 变电站取 1.8~2.5;配电变压器取 1.5~2.0。

(10) 供电可靠性。发达地区油田电网中重要的 110 kV 变电站或 35 kV、66 kV 变电站可采用供电安全 $N-1$ 准则,即变电站应设 2 台及以上变压器,并由 2 条回路供电;变电站失去 1 回进线或 1 台降压变压器时,应保证能继续向下一级配电网供电。一般的变电站、中压配电网、低压配电网的配电线路和配电变压器可不采用供电安全 $N-1$ 准则。油田电网满足用户用电的程度应逐步提高,逐步缩短用户停电时间。

(11) 变电站和线路的设计宜采用通用设计或典型设计。

(12) 线路路径和变电站站址应按相关设计规程确定,并应考虑抗洪、抗灾的能力。

(13) 油田电网的接线方式。110 kV 高压配电网宜采用放射式、多回线式或环式接线。35 kV、66 kV 高压配电网宜采用放射式、环式等接线形式,线路和变电站应能满足供应变电站的全部负荷。

三、油田电网规划的特点和难点

油田电力系统规划的推动力是产能负荷的增长和变化。产能负荷的增长和变化必然会引起低压和中压配电系统的变化,这就使得输电系统也要作相应的变动。这种变化形式类似于水波的传播,离负荷增长点较远的输电系统受负荷变动的影响比较小,而较近的中低压配电网则需要作经常性的调整。油田电网属于配电网范畴,这一方面说明了油田电网规划是电网公司一项经常性的任务,另一方面也说明了负荷预测的重要性。

油田电网规划主要包括几个相互联系的部分:油田电网现状评估与分析、电力需求预测(包括空间负荷预测)、电力电量平衡、高压电网规划、中低压配电网规划、无功优化规划和配电自动化规划。

负荷预测是油田电网规划的基础,错误的负荷预测,不管是负荷量的错误,还是增长位置的错误,都会导致不合理的规划,给电力部门和生产部门造成损失。油田电网规划要求配电负荷预测不仅要预测负荷的量,而且要根据开发布局预测未来负荷增长的位置。空间负荷预测正是针对这一需求而产生的。

在数学上,油田电网规划是一个离散非线性的、多阶段多目标的组合优化问题,其目的是:在满足对用户供电和保证各种运行约束的前提下,寻找一组最优的决策变量(变电站位置和容量、馈线路径和型号、开关的位置),使得投资、网损和用户停电损失之和最小。油田电网规划应体现安全、经济、可靠 3 个目标,因而是多目标的。在油田电网长期规划中,为了动态地考虑不同时间段的负荷变动情况,常常将规划分成几个阶段进行,称为油田电网多阶段规划。一个阶段可能是一年,也可能是几年,这需要根据负荷在整个规划年限内的变化来确定。多阶段规划使得油田电网结构随负荷的变化作动态的调整,以寻求一种动态的设备投入方案来保证规

划结果在整个规划年限内是最优的。

与输电网规划相比,油田电网规划的难度更大。首先,油田电网的规模更大、结构更复杂、运行方式更灵活、变动更频繁;其次,油田电网配电管理系统 DMS 和配电自动化系统应用范围有限,实用化程度低,导致油田电网规划严重缺乏数据,不确定因素增加;再次,空间负荷预测需要大量高质量、高可信度数据,但所提供数据量少、质量和可信度差,从而导致预测精度不高。

四、油田电网规划的内容和程序

油田电网规划的重点是网架规划,包括变电站布点、网络接线方式及馈线走廊的确定等,涉及油田产能建设的长期目标和电力运营部门的长期利益。

网架规划按照实用化原则可分成:最优变电站布点和最优布线以确定最优规划网络。布点和布线规划采用多阶段规划以综合考虑短期和长期规划的协调,特别是变电站布点规划要避免“建而复拆”,无功补偿和自动化规划一般只考虑短期规划。现有网络和规划网络的评估、比较应考虑经济性、可靠性和安全性,其算法和工具包括潮流计算、可靠性计算、网络重构、技术经济评价等。

网架规划的重点是布点和布线,配合规划为变电站预留位置以降低电力系统土地征用费,确定馈线走廊以便规划部门统一安排从而降低电力通道费用。网架规划要求比较粗,在算法上要求快速、简单,但模型比较复杂,如在方案评估上要考虑输电系统、配电网和变电站本身投资。

油田电网规划程序如图 1-1 所示,其主要内容包括:

(1) 调查以下各类资料,必要时进行实测和勘察,分析存在的问题,明确规划建设和改造的重点:

① 综合资料,包括油田开发主管部门的产能建设质量、当地国民经济和社会发展规划等综合资料以及影响油田电力需求发展变化的其他资料。

② 电源和电网现状资料,各类用电、负荷基本资料,线损资料。

③ 燃料资源和水力资源状况。

(2) 进行油田电力需求评价,并根据油田总体规划 and 电力需求发展变化情况进行负荷预测,分析预测规划年度的用电水平。

(3) 进行油田电网布局规划和电网结构方案研究。

① 分期对油田电网结构进行整体规划。

② 确定油田变电站的布局及其最佳位置。

③ 确定输配电线路的接线方式和路径。

④ 确定变电站及其输配电线路的建设分期、分期的工程项目及其建设进度。

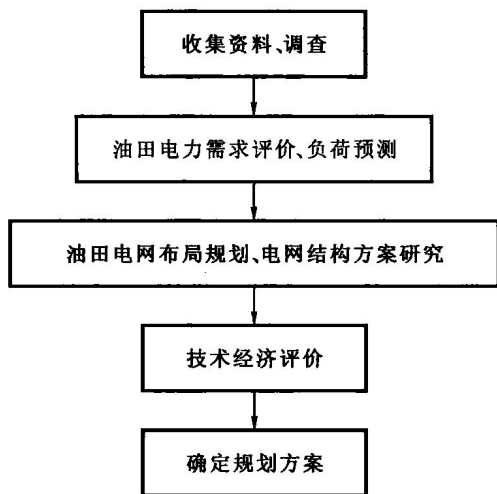


图 1-1 油田电网规划程序

⑤ 分析规划区内无功电源和无功负荷的情况,进行无功平衡,合理地安排无功电源的位置,确定经济的补偿容量。

⑥ 确定调度、通信、自动化的规模及其采用继电保护的方式和要求。

⑦ 估算各规划时期内需要的投资,主要设备、主要材料的需要量。

⑧ 分析计算油田电网规划前后的各项指标,如电网供电可靠率、线损率等。

⑨ 估算规划期末所取得的经济效益和扩大供电能力后取得的社会效益、经济效益。

⑩ 确定规划方案。

(4) 绘制规划期末油田电网地理接线图。

(5) 编制规划报告文本。

五、油田电网规划系统

随着油田建设由“滚动开发”向“规划建设开发”的科学发展,特别是老油田生产管理水平 and 电力保障能力提升的需求,油田电网规划工作越来越得到电力部门和各级主管部门的重视,从而也进一步推动了油田电网规划水平的提高。油田电网规划工作一般可以划分为以下 4 个阶段:

(1) 手工规划编制阶段。

特点:完全依赖规划设计人员的知识、经验等,对方案的分析仅限于定性分析,不仅工作量大,而且容易出现问題,该方法一般能提供较简单的规划文本与方案图纸。

结果:通常规划结果质量较低。

(2) 手工规划与计算机相结合阶段。

特点:主要依赖规划设计人员的知识、经验等,除了定性分析之外,通常能提供规划方案的潮流及短路定量计算分析,该方法工作量较大,也可能出现问題,规划文本的内容较以前有较大的提高。

结果:通常规划结果质量一般。

(3) 规划软件与专家干预相结合阶段。

特点:主要依赖规划软件的功能以及规划设计人员的规划经验。这种方法通常可以提供较丰富的定量分析比较手段,能紧密结合当地政府规划,在目标网架规划、站点位置、线路走廊预留等远景规划内容上具有较高的技术水平和使用价值。规划报告的内容也比较丰富,规划文本的质量较以前有较大的提高。

结果:通常规划结果质量较好。

(4) 基于 GIS(地理信息系统)的油田电网规划系统阶段。

特点:通过建设基于 GIS 的油田电网规划系统(如图 1-2 所示),使规划以及辅助设计软件成为规划设计人员日常工作的重要工具。油田电网规划系统与油田企业现有的信息系统密切结合,能及时反映电网的建设及改造情况,通过不断地滚动规划设计与评估,形成信息的及时反馈,达到规划工作的良性循环。这种方法重点解决了近期电网规划与电网建设改造计划的问题,能显著提高计划的科学性,充分发挥近期电网建设资金的效率,所得成果符合当地实际电网情况,规划结论可行性较高,规划报告的内容更具有针对性。同时由于具有完善的数据接口,人工工作量大大减少,使滚动规划可以及时进行。

结果:通常规划结果质量好。

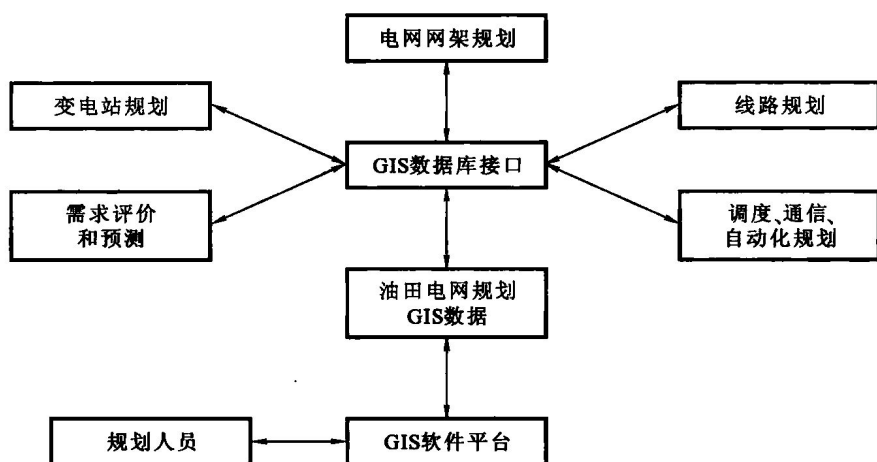


图 1-2 基于 GIS 的油田电网规划系统技术体系

目前,国内大部分规划编制方法都处在第二或第三阶段,大多采用手工规划编制与部分校验工具相结合的方法。

规划节约是最大的节约。在电力系统迅速发展的背景下,电网规划对于提高供电质量、经济性和安全性显得越来越重要。为了提高油田电网规划工作的科学性、规范性和工作效率,油田电网规划工作的信息化成为了该领域的发展方向,其主要内容就是要建设基于 GIS 的油田电网规划系统。就提高油田电网的经济性和可靠性来说,在某种程度上,对电网规划系统的研究比规划方法本身更为重要。目前,国外电力工业先进的国家已经开始广泛应用电网规划智能软件,并取得了突出的效果。国内外电网规划的研究和实践表明,采用优化算法的配电网规划系统能够比专家规划节省 6% 的投资和运行费用,比不规划或非专家规划节省 20% 以上。电网规划系统在提高电网的经济性和可靠性上具有很高的投资回报率,在我国正面临着前所未有的机遇和挑战。国内目前不少单位(如中国电力科学院、清华大学、天津大学、重庆大学等)都在开发研究基于 GIS 的电网规划系统,但由于电网建模复杂、信息化数据共享性差、算法技术落后、人机界面不够直观、多方案技术比较人工干预量大、实用性差等问题,大多尚处于研发阶段,至今还没有开发出一套科学、完善的实用软件。

建设电网规划系统需要大量电网参数和其他相关数据的支持,这些数据一般分散于电网自动化、能量管理、负荷监控、用电营业管理、地理信息等其他系统,比较难以收集,数据的准确性、完整性和兼容性对电网规划有着重要意义。油田电网规划系统的发展方向是集成化和智能化。集成化是指系统能够实现异构多数据源的数据无缝集成,实现覆盖设计工程规划设计、优化计算等子系统的横向功能集成,能够实现与自动化数据采集系统和监视控制系统(SCADA)、能量管理系统(EMS)、负荷监控系统等子系统的纵向功能集成,从而实现数据资源一体化和功能一体化。智能化是指系统能够采用最新优化规划算法,采用先进的统计和人工智能技术,全面完整地对待状态数据和其他相关数据进行智能分析计算,为电网规划提供科学、规范和可靠的决策支持,提高电网规划工作的效率。

目前在电力系统中广泛应用的 SCADA、EMS、AM/FM、负荷监控、远程抄表等各种自动化系统、信息系统大多来自不同厂商,由于缺乏统一的开发技术规范和接口标准,加上不同厂商对电力系统的理解不同,致使不同系统之间存在着突出的系统平台、系统开发工具、数据格式和数据模型等不一致的情况,形成了“信息孤岛”,严重阻碍了电力系统在更高层次上进行数

据共享和数据再利用。因此,解决异构环境下不同数据源的数据集成以及统一不同系统对电力系统公共数据模型的理解,就成了电力系统进行深度信息化的必经之路。近年来,电力系统借鉴化工、石油、制造和保险等行业广泛应用基于 XML(Extensible Markup Language)格式的通用信息模型 CIM(Common Information Model)标准取得的成功经验,对 CIM 标准开展了大量的研究,并取得了一系列成果。美国电力科学研究院于 1998 年提出了建立统一的电力企业通用信息模型 CIM 的设想,并在 2003 年首次由 IEC(国际电工委员会)纳入国际标准,已经通过的有 IEC 61970 和 IEC 61968。IEC 61970 系列标准是 IEC 第 57 分会(电力系统控制与相关通信)第 13 工作组制定的一套国际标准,即能量管理系统应用程序接口(EMS~API)标准。该标准的定义使电力系统的各种应用以及 EMS 能够不依赖信息系统内部进行存取公共数据和交换信息。IEC 61968 主要对配电网通用信息模型 CIM 进行定义,目前正式颁布的 IEC 61968 只包含了整体系统规范和部分组件规范的定义,完善的模型定义正在研究之中。上述两标准都采用 OMG UML 2.0 统一过程对象建模语言对所涉及的数据实体及其相互关系,以及总体数据体系结构进行了细致的描述。国内对电力系统通用信息模型的研究自 2001 年展开,目前主要有中国电力科学院、清华大学、南京自动化研究院、重庆大学、东方电子股份有限公司、浙江大学等企业和科研机构、高校对此进行了深入研究。2004 年 4 月,中华人民共和国科学技术部通过了“基于国际标准 CCAPI 的 EMS 接口平台”科研项目的验收,该项目主要利用 IEC 16970 展开对能量管理系统接口的研究,这标志着我国对电力系统 CIM 的研究开始进入快速发展时期。可以预言,电力系统 CIM 将成为今后电力系统信息化建设中的通用标准。根据上述标准,电力系统 CIM 可以采用关系数据库或者 XML 进行实现。在异构环境下对多数据源进行数据集成的手段主要有数据适配器方式和数据总线方式。

六、油田电力需求评价和负荷预测

油田电力需求是指供电区域范围内油田生产和生活用电单元对电力的需求量。油田电力需求评价和负荷预测结果是油田电网规划的依据,因此应充分掌握区域历年用电量和负荷变化情况,研究油田产能建设和电力需求变化规律,合理选择预测方法,使预测值的准确度满足相应规划的要求。

从时间上看,对油田电力需求变化规律的研究主要有 2 类:一类是从保障电力系统安全、稳定、经济运行的角度,主要研究油田电力短期需求变化规律;另一类则是从保障电力系统长期可靠供电能力、减少投资的角度,主要研究油田电力中长期需求变化规律。本书主要研究油田电力中长期需求变化规律。

负荷预测的内容包括规划期目标用电量、最大有功负荷和无功负荷及其分布。此外,对于电源节点与主干线路的年、季、日负荷曲线的主要特征,也应作出估计。

油田电力需求评价和负荷预测可分区、分行业、分电压层次进行。按电压层次预测或预测全区总负荷,应计入本级及以下各级电网的网损。

油田电力需求评价和负荷预测需要收集的资料与采用的分析预测方法有关,包括:

- (1) 本地区总体规划中的有关指标和新增重大项目的用电规划。
- (2) 本地区用电负荷历史资料 and 与用电有关的其他统计(如经济、人口、气象、水文资料等)。
- (3) 电力系统规划中与本地区电网有关部分的资料。

(4) 本地区电力大户负荷预测的参考资料。

电力需求受政治、社会、经济、自然、科技等诸多不同因素的影响,这些因素彼此关系复杂,对电力需求的影响程度也不相同。事实上,迄今为止,国内外对电力需求评价的研究主要集中在探讨影响电力需求的因素和其受影响的程度上。一般认为影响电力需求的因素为电价和相关商品价格、国民经济运行状况和经济结构、国家政策和法律环境、电网结构和管理水平、电力用户的收入状况、人口和家庭规模以及气候等,其中 GDP、电价、气温对电力需求影响最大。

从国际上来看,电力系统需求评价预测的理论研究开始于 20 世纪中叶。在此之前,由于电力系统本身规模的限制及许多其他因素的影响,需求评价预测的研究一直没有成形。1978 年美国学者 Kraft J 和 Kraft A 首先开始研究电力与经济增长的关系,随后在其他国家也相继展开。20 世纪 80 年代,对于中长期电力需求评价预测的理论研究开始兴起,尤其是在发达国家,一系列预测方法,如自回归法、移动平均法、指数平滑法等被提出并相继得到应用。

在我国,20 世纪 90 年代以来,电力需求评价和负荷预测工作也越来越受到电力企业、科研机构和电力主管部门的重视,并在这方面开展了大量工作。自 1993 年以来,我国每年出版《中国电力供需形势分析》(现为《中国电力市场分析与研究》)。我国还实施了一些中外合作研究项目,如 1989 年,华东电管局与法国电力公司(EDF)合作开展华东电网负荷预测研究,引进了电量预测和负荷曲线预测软件包(PVDEC 和 PCCCS);1994 年,中日合作开发中国电力需求模型,提出利用计量经济模型开展电力需求评价和预测;1996 年,国家电力规划设计总院与加拿大 Monenco AGRA 公司合作开展“南方四省(区)能源战略规划”研究,提出考虑需求侧管理,用综合资源规划分析法对电力市场进行研究,利用终端用户法进行电力市场预测等。

黄超等人通过定量分析的办法,利用 Granger(格兰杰)因果关系和 ECM(误差纠正模型)来解析我国电力发展与经济增长的关系,认为电力生产是经济增长的单向格兰杰原因,经济增长对电力生产的推动不是绝对因素,而电力短缺将对经济发展产生极大影响。李翔等人利用状态空间模型对电力需求与国内生产总值(GDP)增长率时间序列分别进行周期项和趋势项的分解,发现电力需求与 GDP 增长率分解的周期项之间存在很强的相关关系,并进一步得出了与黄超等人相同的结论,即电力发展和经济增长的影响关系基本是单向的,经济增长对电力生产的推动力远小于电力短缺对经济发展的制约力。林伯强认为,国内生产总值、电价、人口增长、经济结构变化、效益改进 5 个因素对中国长期电力需求具有重要影响,他利用宏观经济学和计量经济学的方法建立了一个长期电力需求模型,评价和预测中国电力需求。1994 年,中日合作开发了中国电力需求模型,提出利用计量经济模型开展电力需求评价和预测。1995 年,中华人民共和国电力工业部开展了电力监测预警系统研究,对影响电力需求的指标进行定性和必要的定量分析,开展短期预测,并提出用扩散指数 DI 和综合指数 CI 预测电力需求的周期变化。沈志斌等人认为影响电力需求的因素主要有经济增长、工业化、产业升级、体制变革、城市化、社会发展、人民生活质量等因素。万载扬对电力需求增长与经济增长进行了比较研究。史玉波等人在研究国内生产总值(GDP)与用电量关系的基础上,进一步研究了电力发展与经济发展的关系,认为近年来电力需求快速增长的主要原因是重工业用电量增长提速。刘顺达通过国际比较研究认为,随着经济的发展,今后一个时期,我国的居民生活用电量特别是空调电量将迅速增长,消费比例持续上升。李晓梅等人认为气温是影响夏季电力需求的主要因素。张福伟等人研究了社会发展对电力需求的影响,并分别分析了构成社会系统用电量的城镇公共设施用电量和居民生活用电量与主要影响因素的关系,提出城镇公共设施用电量与

城市化率紧密相关,影响人均居民生活用电量的主要因素是电价、人均可支配收入。

影响油田电力需求的因素有很多,预测油田电力需求有许多不确定性。我国目前应用于电力需求总量预测的方法比较多,经常使用的有十余种,这些方法大体可归于2大类:定性预测方法和定量预测方法。定性预测方法是指人们凭借经验、专业知识和判断能力,在对预测问题进行充分深入的了解和分析的基础上,通过对有关资料的分析判断,对未来发展趋势作出性质上和程度上的判别、估计和测算。定性预测方法主要包括专家会议法、头脑风暴法、德尔菲法等。定量预测方法是指依据历史和现实的数据资料,利用统计和数学模型近似地提示出预测对象的数量变动关系,并据此对预测对象作出定量测量的方法。定量预测方法主要包括移动平均法、指数平滑法、趋势外推法、非线性回归预测法、人工神经网络法、弹性系数法、负荷密度法、产业产值单耗法等。表1-1概括了部分常用油田电力需求预测方法的特点。

表 1-1 部分常用油田电力需求预测方法的特点

方 法	特 点	要 求
定性预测法	适合对缺乏历史统计资料或趋势面临转折的事件进行预测	需做大量的调查研究工作
线性回归预测法	假设自变量与因变量之间存在线性关系	为变量收集历史数据,此项工作是此预测中最费时的
非线性回归预测法	假设因变量与一个自变量或多个其他自变量之间存在某种非线性关系	需要收集历史数据,并用几个非线性模型试验
趋势外推法	适用于趋势形态的性质随时间而变化	需要收集对象的历史资料
移动平均法	适合不带季节变动的反复预测	需要因变量的历史资料,但初次选择权数时很费时间
指数平滑法	适合具有或不具有季节变动的反复预测	只需要因变量的历史资料
人工神经网络法	因变量与一个或多个自变量之间存在某种非线性关系	需要大量历史数据进行模型训练
弹性系数法	主要考虑经济增长和电力增长的关系	需要收集弹性系数的历史资料
产业产值单耗法	考虑各产业部门具有不同的变化趋势	需要收集产业产值、单耗的历史资料

美国早在20世纪70年代初就开始了空间电力需求评价预测的研究。目前空间电力需求评价预测主要有3种方法:趋势法、多变量法和用地仿真法。前2种方法主要是应用系统电力需求预测方法进行油田电力需求评价预测,精度比较差;用地仿真法在国内外认可度较高,但目前实用化程度还比较低。目前我国的空间电力需求评价预测主要采用负荷密度法,类似于美国20世纪50~60年代广泛采用的“图着色法”,是最简单的用地仿真法。但由于目前我国正处于市场经济的转型期,影响负荷增长的不确定因素较多,目前仍然没有一套完整、科学、实用的空间负荷预测软件。

就目前而言,对油田电力需求评价和负荷预测方法开展的研究基本上还是以借鉴上述主要针对大电网开展的研究成果为主,体现油田电网自身特点的研究还很少。在实际工作中,由于油田电网管理基础相对薄弱、数据资料收集积累不够全面完整等原因,在进行油田电力需求评价时一般仅能作定性的评价结论,而在作负荷预测时,往往是在采用常用的几种预测方法分别进行简单预测后确定高、中、低方案,再进行选择。

空间电力需求评价预测是油田电网规划的重要内容,空间电力需求评价预测不仅可以评

价和预测未来的电力需求量,而且可以提供电力需求及其增长的位置信息,即当前和未来电力需求的分布。只有确定了配电网供电区域内各小区的未来负荷,才能对变电站的位置、容量,馈线的型号、路径,开关设备的装设以及它们的投入时间等决策变量进行规划。

总量负荷预测在空间负荷预测中是作为总量控制的。在地区发展中,各行业、各部门都是相互协调、相互促进的,内在地存在一个比较固定的比例关系。空间负荷预测在负荷分配过程中,不仅要保证所有小区的负荷之和等于总量负荷预测的结果,而且要保持各类负荷间一定的比例关系。

第三节 油田电网设计概述

油田电网设计是油田电网建设的重要组成部分,也是贯彻油田电网规划意图的具体环节之一。油田电网设计是指在建设项目施工前,根据已批准的项目设计任务书,在进行勘测的基础上,按照技术可行性和经济合理性原则,对建设工程进行全面思考和计算,最后提供作为施工依据的文件和图纸。油田电网结构和设备的多样性决定了油田电网设计工作的复杂性,它不仅要求设计人员充分领悟本区块的规划意图,还要求设计人员掌握油田电网设计的各类技术规程,具备变电、线路施工、运行等相关知识。油田电网设计必须全面贯彻国家的技术经济政策,积极慎重地采用新设备、新材料,做到技术先进、经济合理、安全适用。

一、油田电网设计的基本要求

设计质量的高低直接影响到电网的安全可靠运行,因此各级电力部门对油田电网设计工作都给予了高度的重视。油田电网设计工作应遵循以下几项基本要求:

(1) 安全可靠、技术先进、经济合理。

安全可靠是指要在变电站的主接线确定、设备选择、建筑结构安全、地基稳定、抗洪排涝能力、消防设施等多方面采取有效措施,达到电网安全稳定运行及供电可靠的目的。

技术先进是指工程设计应结合地区特点,积极慎重地推广采用成熟的新设备、新材料、新工艺,提高工程的科技水平。

经济合理是指要从油田发展实际出发,采取必要的手段和技术措施,降低工程造价。

(2) 工程设计必须以实际工作为基础。

设计阶段的施工图是直接指导电网建设的依据,为此,在绘制设计图纸前必须进行大量的基础调研和实地勘察工作,充分考虑现场施工的实际条件和政策处理的难度,在经济性和最优方案之间寻找平衡点。注重工程与周围环境的协调一致。

(3) 工程设计必须与规划要求相结合。

设计是规划的具体体现,油田电网要想完成预期的建设目标,设计必须在规划内容的指导下进行。

二、油田电网设计的内容和程序

油田电网设计的主要内容是在开展项目可行性研究等工作的基础上进行施工图设计和编制概预算等工作。工程设计一般分为初步设计和施工图设计2个阶段,对规模庞大、技术复杂的工程项目也有采用初步设计、技术设计、施工图设计三段设计方式的。