

油田配电网无功优化探讨

访中石化胜利油田分公司生产运行管理中心副主任刘玉林

■ 史海疆/本刊记者



刘玉林 副主任
中石化胜利油田分公司生产运行管理中心

无功补偿的目的是减少无功功率在网损上的潮流流动，进而降低因无功功率的传输造成的电网损耗，提高电网的经济性及提升线路末端电压确保设备的可靠运行。

早期的油田配电网由于在建设过程中缺乏全面考虑，导致后期在油田生产过程中出现电能质量问题，影响了油田设备的生产运行。在油田配电网进行无功补偿，可以有效提高功率因数，降低线损，保障油田生产设备的正常运行。为了深入了解油田配电网无功优化的技术方案，本刊特别采访了中石化胜利油田分公司生产运行管理中心副主任刘玉林，请他介绍一下胜利油田配电网在无功补偿方面采取的方案以及实施情况。

早期油田配电网无功补偿方面存在的问题及原因分析

电气应用：刘主任您好！非常感谢您在百忙之中接受我刊的采访！我国早期的油田配电网由于缺乏全面规划，导致在无功补偿方面存在许多问题，请问出现这些问题的主要原因是什么？对油田配电网进行无功补偿会产生哪些积极意义？

刘玉林：《电气应用》的各位读者，大家好！很荣幸有机会接受《电气应用》的采访，很感谢杂志社提供这个平台与各位读者交流，向各位专家学习。下面我就胜利油田近几年在无功优化方面做的一些工作和大家交流，不当之处请大家批评指正。

油田生产的特点决定了油田配电网的发展方式，大部分油田在刚开始开发时由于地处偏远，电网建设十分落后。随着油田的开发建设，油田电网的建设逐步展开，哪里发现了新的区块电网就建设到哪里，没有一个统一全面的规划，主要是以给油井供电为首要目标。油井供电的主要考虑因素是可靠的有功电能，对于配电网无功的考虑放在其次。因此会有如下普遍存在的问题：①功率因数较低，不满足规范要求；②无功在电网中长距离传输，线路线损大；③占用系统资源，降低设备利用率。

随着油田建设进入相对稳定期，油田电网也进入相对稳定的运行期。这一时期就由最初的主要考虑有功电能的输送，逐步开始考虑无功功率的平衡的问题。因为油田电网存在大量感性负荷，如抽油机、电泵井和注水电动机等，这些负荷的自然功率因数都比较低，对于无功功率的需求非常大，这些现象的存在不但造成上面提到的3种问

题,关键是因为无功不足,造成电压低,配电网线路末端的油井无法工作,影响了油田的正常生产。因此,陆续开始在电压低、影响油田生产的线路上进行了一些无功补偿,主要是为了提高电网末端电压。之后随着管理的精细化,在油田的单井上也开始陆续安装无功补偿,以降低配电网的网损。进行无功补偿在开始阶段取得了良好的成效,配电网末端电压提升了,网损也有所下降。但近年来,原有的许多无功补偿装置陆续开始出现问题,退出运行。

全面分析出现大量无功补偿设备停运的原因,主要有以下几个方面。

1) 无功补偿设备本就是易损装置,油田油井又都在户外,运行环境比较恶劣,时间一长容易损坏。

2) 初期安装的都是简易固定补偿装置,无任何继电保护功能,油井的起停经常对其进行冲击,造成固定补偿的电容器的损坏。

3) 为了实时补偿运行中的油井的功率因数,部分油井采用了继电器等方式的动态无功补偿,由于频繁动作也容易损坏。

4) 现今电力电子设备的大量应用,油田配电网出现了大量谐波,这些谐波在电容器回路中易引起谐振,一旦谐振发生,电容器等设备极易损坏。

油田配电网的无功补偿在当今电网出现一些新问题的情况下,应及时研究与分析,适时采用新技术、新设备,在确保设备长周期、高质量的条件下不断提升配电网的无功补偿水平。

油田配电网无功补偿的积极意义

对于油田配电网进行无功优化,不但会解决油田感性负荷重、无功功率不足等配电网自身碰到的问题,而且对于胜利油田这样一个集发电、供电和用电为一体的大型企业电网,对于提高电厂出力、降低输电网络损耗也有十分重要的意义。对配电网进行无功优化主要有如下作用。

1) 对电动机、变压器等感性设备进行就地无功补偿,将变电所交接点处功率因数提升至0.9,满足规范要求,降低了力率调整电费支出。

2) 对电动机、变压器等感性设备进行就地无功补偿,避免大量无功在线路上传输,降低了线路实际运行负荷,从而降低线损。

3) 提高线路功率因数,可以降低线路运行电流,增加线路的输电能力,增加设备利用率,促进能效倍增的实施。

4) 提高了配电网的电压水平,解决了末端电压过低油井等电动机负荷起动困难的问题。

电气应用: 请您介绍一下对油田配电网进行无功补

偿可以采取哪些措施? 其各自的技术特点是什么?

刘玉林: 无功补偿的目的是减少无功功率在网损上的潮流流动,进而降低因无功功率的传输造成的电网损耗,提高电网的经济性及提升线路末端电压确保设备的可靠运行。提高配电网功率因数,是从两个大的方面进行的,本着减少无功功率流动的原则进行的无功补偿,首先要提高油田用电设备的自然功率因数,其次才是根据负荷特点采取不同的无功补偿措施。

首先是提高油田用电设备的自然功率因数,油田的用电设备主要分为注水、采油与集输等三大类,这三大类用电设备主要是高、低压电动机负荷,无功功率需求大,自然功率因数偏低。这几年随着新设备、新技术的出现,各油田开始采用了如永磁电动机、开关磁阻电动机等自然功率因数高的设备,这也是提高无功功率最直接的方式。

其次是对于油田配电网进行无功补偿,以油田配电线路功率因数达到0.9,“先低压、后高压”的方式进行补偿,具体来说。按照《电力系统安全稳定导则》的要求可根据油田电网构架特点采用分层、分区的“二级电容补偿方式”。

第一级在油井、电泵等终端用电设备的安装点设置分散式低压无功补偿装置,使补偿点的功率因数均能达到0.9左右。一变一井的抽油机采用就地补偿方式,在每口油井安装静态电容补偿装置;丛式井及一变多井的抽油机采用集中补偿方式,在变压器低压母线增加动态补偿;泵站配电室采用集中动态补偿方式,在变压器低压母线上进行补偿。

第二级在采油厂配电网6/10 kV线路上设置高压无功补偿装置,采取“动静结合,以静为主”的无功补偿方式,对于无功控制难的长线路采用动态无功补偿方式,其余采用静态补偿方式。补偿装置增加后,使得线路功率因数达到0.9,以满足规范要求。

配电网高压线路的无功补偿主要是补偿高压电力线路与配电变压器的无功消耗,同时补偿低压用电负荷不足的无功功率,特别是对于电泵井等电压等级为1 140 V以上不方便进行补偿的负荷。

与配电网自动化相结合进行高压补偿。因为高压无功补偿装置有两种方式:一种是只通过PT采集电压数据,通过电压高低情况投停补偿装置;另一种是加装了线路的CT,能实时监测到线路高压补偿装置安装点之后的电压、电流及功率因数。对于整条线路的总功率因数在高压补偿装置安装处是无法了解的,只有通过配电网自动化来予以判断分析并决定投入与否及投入量的大小。

电气应用: 胜利油田电网的特点和负荷特性是什

么? 根据胜利油田的具体情况应采取哪种无功补偿方案?

刘玉林: 胜利油田电网是20世纪60年代开始逐步建立发展起来的, 集发、变、输、配和用电为一体的大型企业自备电网。经过近40年的建设, 形成了以220 kV网络为构架, 110 kV网络为主网, 35 kV、6(10) kV网络遍布胜利油田各油区的供电网络。胜利油田电网设有一座自备发电厂——胜利发电厂, 装机容量为: $2 \times 22 \times 10^4 \text{ kW} + 2 \times 30 \times 10^4 \text{ kW} = 104 \text{ 万 kW}$ 。网内共有35 kV及以上电压等级变电所192座, 6(10) kV及以上输配电线路共有1 600条, 约12 000 km, 并通过多条220 kV线路与山东省网连接, 网内年最高负荷100万kW。

胜利油田企业电网主要生产用电约占总用电量的85%, 而生产设备的大部分拖动设备大都是由不同容量的异步电动机构成, 其中以中小容量(22~100 kW)异步电动机比例最大。由于有的生产工艺决定的电动机负载特殊性和地下油层变动原因, 有相当数量的拖动设备, 异步电动机通常利用率较低, 普遍存在“大马拉小车”的现象。按照采油方式不同, 油井主要分抽油机井与电泵井。

抽油机利用曲柄带以配重平衡块带动抽油杆, 驱动井下抽油泵做固定周期的上下往复运动, 把井下的油送到地面。在一个冲次内, 随着抽油杆的上升/下降, 而使电动机工作在电动/发电状态。上升过程电动机从电网吸收能量电动运行; 下降过程电动机的负载性质为位势负载, 加之井下负压等使电动机处于发电状态, 把机械能量转换成电能回馈到电网。抽油机工作原理如图1所示。

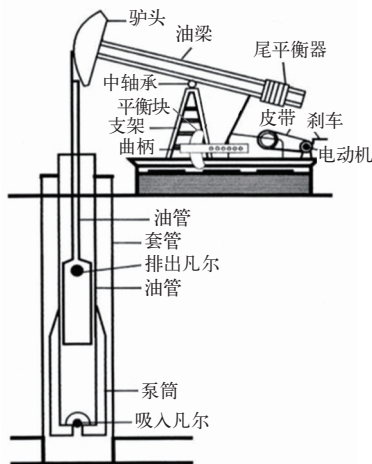


图1 抽油机工作原理图

抽油杆在下降时负载很轻, 相当于“空载”, 而在上升时由于要将原油抽出地面, 故负载很重, 相当于“满载”。因此, 抽油机的负载是不断变化的, 变化周期也很短, 一般游梁式抽油机每分钟有6~7个冲次(周期), 每一冲次中负载变化两次, 而且重载工作时间很短。在实际生

产中, 随着油田开发的深入, 地下原油的储量逐年减少, 抽油机工作时, “满载”的次数逐渐减少, 大部分时间是“轻载”或“空载”。一般来说, 三相异步电动机的功率因数都比较低, 额定负载时约为0.7~0.9, 而在轻载和空载时只有0.2~0.3, 平均功率因数很低, 线路损耗很大。抽油机功率因数变化如图2所示。

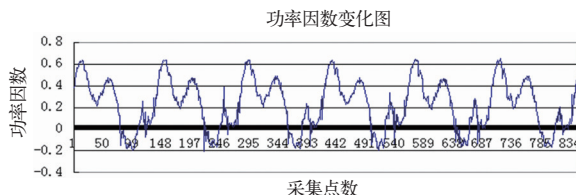


图2 抽油机功率因数变化图

潜油电泵是由井下工作的多级离心泵, 同油管下入井内, 地面电源通过潜油电泵专用电缆输入井下电动机, 使电动机带动多级离心泵旋转, 将井液举到地面。

潜油电泵工作流程如图3所示。

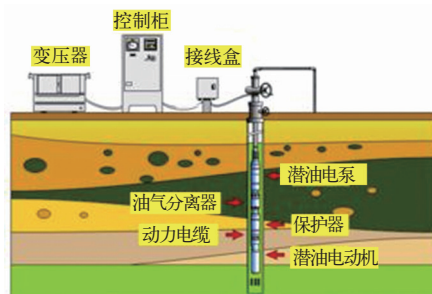


图3 潜油电泵工作流程

根据胜利油田的特点, 近几年在提高电网的功率因数、减少电网输送无功功率方面做了不少工作。

首先就是提高用电设备的自然功率因数。主要采用了高转差电动机、双功率电动机、开关磁阻电动机、抽油机专用超高效永磁同步电动机及12极、16极和24极超低速永磁同步电动机等设备, 设备的自然功率因数得到了一定的提升。通过统计分析看, 油井的自然功率因数近几年由原来的平均0.6提升到了近0.7, 无功需求大幅降低, 目前看无论是从节能还是提高效率方面分析, 这都是一项重要的基础性工作。

另一方面工作是如何实施配电网的无功补偿。重点分析了在提高油田用电设备的自然功率因数后, 配电网的无功缺额的情况。以功率因数0.9作为6/10 kV电网无功缺额判断依据, 对于不足0.9的配电线路详细分析所带负荷的性质, 进行研究与分析, 并进行了谐波的全面测试。对于谐波比较严重的低压配电室采取了APF、SVG等无功补偿及消除谐波的方案; 对于未达到要求的设备采用了加装无功补偿装置的方法。EA