「案例分析」

石化企业单电源隐患治理探讨

文/中国石油哈尔滨石化公司机动设备处　王志文

从单电源隐患治理的实践经验出发，探讨单电源隐患问题的由来。并从石化企业电源可靠性的角度对单电源隐患界定方法、治理方向和注意的问题进行了探讨，提出了单电源隐患相关的见解。

石化产业是国家的基础工业，承担成品油和基础化工产品的生产任务。随着经济发展，成品油和石化产品的需求量呈逐年增加的趋势，急需石化企业扩能改造增加产能。另一方面，石化企业属易燃易爆的连续生产型高危企业，还要承担来自产品质量升级和环保的双重压力。因此，近年来石化企业扩能改造、质量升级、环保项目也越来越多。而电能作为石化企业的主要动力来源，消耗量也相应增加，石化企业电气系统的规模随之不断扩大。由于石化生产高温、高压、连续化的特性，电源可靠性对石化企业的安全生产至关重要。尤其是突发的停电、晃电故障会使生产中断，造成产品、设备经济损失，同时还极易引发着火、爆炸等次生灾害，危及周边区域人身和财产的安全。因此，电源可靠性问题一直是石化企业安全生产的核心问题。

从电力负荷分级的原则看，石化企业的用电负荷多一、二级负荷，依据相关设计规范，这样的重要负荷必须有两路电源供电，也就是常说的双电源供电。但由于石化企业大多投产较早，受外部电网结构、地理条件的限制，电源虽然是两路，但一般都直接或间接地取自一个变电所，一旦上级变电所出现故障，就会造成全厂停电，这对石化企业来说会产生严重事故，甚至造成毁灭性灾难，这就是我们常说的“单电源隐患”。笔者全程组织和参与了哈石化单电源隐患治理项目实施，对单电源隐患治理所面临的各种问题有着较为深刻地认识，本文对其进行总结和探讨。

单电源隐患的由来

单电源隐患的提法来源于负荷分级和供电要求，主要依据两个规范和一个文件。其中《供配电系统设计规范》（GB 50052—1995）第2.0.2条第1款规定：“一级负荷应由两个电源供电；当一个电源发生故障时，另一个电源不应同时受到损坏。”在2009规范修订后第3.0.2条规定：“ 一级负荷应由双重电源供电，当一电源发生故障时，另一电源不应同时受到损坏。” 《石油化工企业工厂电力系统设计规范》（SH 3060—1994）第2.2.2条也要求：“一级工厂用电负荷应由两个独立电源供电”，并对两个独立电源的要求做了详细的说明。另外，国家电监会电监安全［2008］43号文件中明确要求：一级重要用户（哈石化已经由市经委确认为一级重要用户）应具备两路电源供电条件，两路电源应当来自两个不同的变电站，当一路电源发生故障时，另一路电源能保证独立正常供电。依据对上述规范和文件的不同理解，很多石化企业认为自己的电源系统存在着以下的问题，具体为：

1）外部接入系统两路电源来自于同一变电站。

2）两路电源同塔架设或同路径敷设。

3）两路电源引自不同的变电站，但上级变电站的电源取自同一变电站。

依据上述判断，石化企业会认定自身供用电系统存在着单电源隐患，这就是单电源隐患的由来。

单电源隐患的界定主要原则

2008年中石油炼化系统开始了以主要整治单电源隐患为核心的新一轮电气隐患治理工作，在实施过程中对单电源隐患的界定一直存在一些争议和误区。很多业内的专家也对原有规范的表述提出一些异议，在《供配电

系统设计规范》（GB 50052）2009版的修订中引入双重电源概念，“双重电源”一词引用了IEC50（601）中的术语第601－02－19条“duplicate supply”，条文解释为：“一个负荷的电源是由两个电路提供的，这两个电路就安全供电而言被认为是互相独立的。”笔者认为：双重电源概念从安全供电的角度来界定两个电源的独立性和可靠性，是判定一个用电系统是否存在安全供电的风险是科学的，进而可以界定是否存在单电源隐患。虽然对于影响安全用电电源方面的问题规范中没有做详细描述，但依照此原则可以从以下几方面进行分析和界定。

1. 电源接点的安全性和可靠性的界定

随着电网改造和扩容速度的加快，电网联网规模越来越大，可靠性也越来越高。地区级电网也由分区辐射形供电向环网供电发展，电网的网架结构也越发坚固。另一方面，随着石化企业用电量增加，企业电力系统的规模也在扩大，接入系统的电压等级也越来越高，220 kV企业终端变电所也大量出现。因此，从电源点的安全性和可靠性来看，笔者认为：接入220 kV系统多为城市主干配电网，即使两路电源来自同一变电站，只要不是同一条母线，就不存在单电源隐患的问题。因为除非地区电网崩溃，否则几乎没有可能出现两路电源同时断电（此处不考虑线路故障）的可能。对于110 kV电源接入的企业，如两路电源来自于同一变电所不同母线，但上级变电所若为地区的环网上的枢纽变电所，也可以认为电源可靠性满足双重电源的要求。另外，如企业内部存在独立发电机系统且具备孤网稳定运行的能力，也可以作为第二电源考虑，此种情况即使外部两路电源不是相互独立的，笔者认为其电源也是符合双重电源的要求。不满足以上三点的，可以界为企业电力系统的电源存在单电源隐患的。

2. 电源线路的安全性和可靠性界定

从哈石化公司2008年至今的统计看，外部电源故障（包括晃电）中90%以上的原因来自于线路。近年来极端恶劣天气、地质灾害造成的电力系统的故障有增加的趋势，因城市化进程加快线路人为损坏情况也时有发生，从近年来中石油炼化企业的大面积停电事故的统计看：外部线路故障已经成主要原因。按照双重电源定义看，对引发两条线路同时发生故障的相关因素，应作为我们考虑线路安全性的重点。基于这一点，笔者认为以下几种情况不满足双重电源对于线路的安全性和可靠性的要求。

1）两条线路同为电缆线路、路径重合度大于60%，且无隔离防护措施。

2）两条线路同为架空线路，同杆架设路径超过30%。

3）不同路径的两条架空线路防雷设施不完善，两条都没有融冰、深雪措施。

4）两条架空线路都穿越贮罐区、栈桥等易发生大面积火灾的区域。

5）两条电缆线路都与油气管道重合或者穿越未防护的。

6）其他可影响两条线路同时故障的因素。

符合上述6点，可以从电源线路方面界定为单电源隐患。

3. 继电保护和自动装置配置方面的界定

石化企业对电源可靠性的要求不仅仅局限不停电事故，电源回路电压波动超过几十毫秒都会对安全生产造成很大影响，因此在继电保护和自动装置的配置也是电源可靠性应考虑的一个方面。随着大量新技术应用，线路快速保护和自动装置得到快速发展和广泛的应用，二次系统保障电源可靠性能力得到了很大提升。笔者认为满足双重电源可靠性应具备如下条件：

1）接入系统电源线路应有光纤纵差快速保护装置，以满足故障时电源快速切换的要求。

2）在企业电力系统接入系统变电所的低压侧母联和区域集中配电变电所母联应装设双电源快速切换装置，以满足一段电源失电后第二电源可快速投入。

3）企业内部发电机组作为电源考虑时应装设低周减载系统或稳定控制系统，以满足机组脱离电网后可稳定运行保障供电。

不满足以上条件，可以认为双重电源的可靠性达不到要求或者存在隐患。

哈石化公司电气系统单电源隐患治理情况简介

哈尔滨石化分公司是中国石油天然气股份有限公司下属企业，地处黑龙江省哈尔滨市，是中国石油在东北地区的原油加工企业。哈石化原有66 kV变电所1座，安装2台单台容量均为31.5 MV·A 66/6 kV变压器，变压器总容量为63 MV·A。66 kV外电源线路2回，其中一条引自哈东一次变66 kV配电装置即东炼线，线路全长为5.8 km、架空敷设。另外一路电源引自化工热电厂（该电厂电源也引自哈东变）即电炼线，线路全长为1.6 km、架空敷设（见图1）。

2009年4月14日，由于哈东变电所故障，使公司2路电源中断，造成公司全厂性停电。由于2路电源原来都是引自于哈东一次变一段母线，存在着单电源隐患。为保证供电可靠性，公司拟增设66 kV第二电源，解决哈

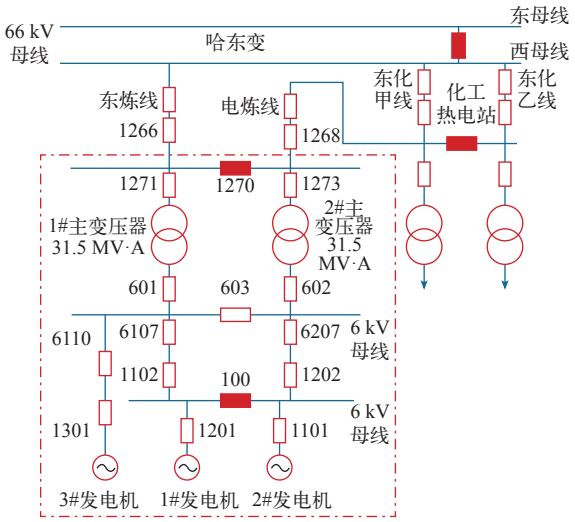

图1　哈石化改造前内外部电网接线图

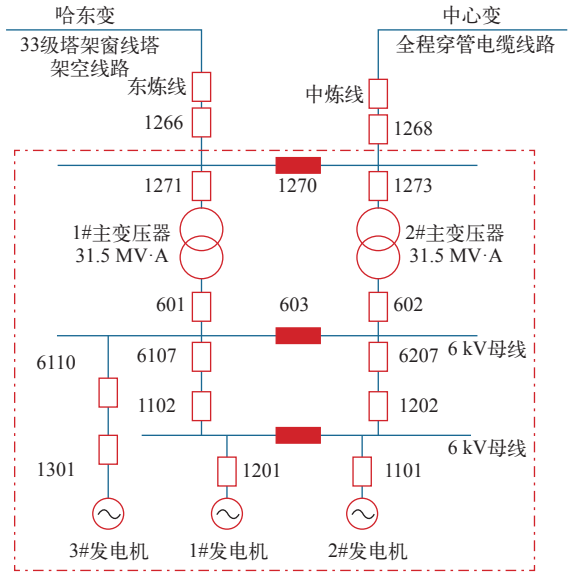

图2　哈石化改造后内外部电网接线图

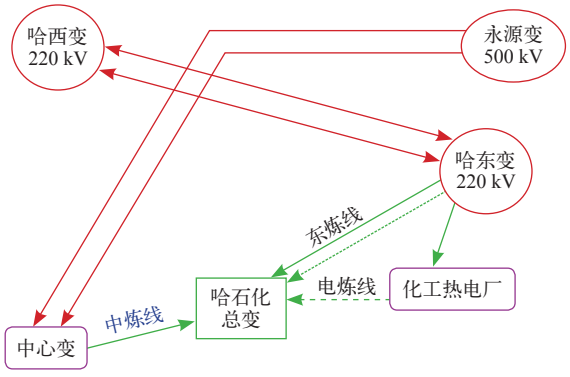

图3　哈石化外部电电网地理位置图

石化单电源隐患问题。另外，按照双重电源可靠性的要求，电气系统还存以下隐患：

1）原“东炼线”和电炼线都为架空线路，有7级电塔是属于双线同塔架设且穿越公司油罐区，抗极端天气、地质灾害、突发事故能力都很差，易出现毁灭性停电事故。

2）原有公司6 kV系统是单母线并列运行方式（合环运行），6 kV系统存在着环流增加损耗，系统短路电流大，所有配电设备的短路容量都达到40 kA。合环运行后，一旦系统出现低电压故障时，全厂电压都会波动、影响较大。

3）原有总变电所投用近20年，设备老化十分严重。

4）原有线路保护都为基本保护，且都为电磁性保护，不能满足快速性和可靠性的要求。

2011年1月哈石化单电源隐患项目正式立项，改造后内外部电网接线见图2。在项目论证和实施过程中，我们充分考虑双重电源可靠性要求的三个方面：电源点选自距公司只有3 km的中心变（为区域变电所见图3），线路采用电缆线路，新建线路安装光纤差动保护，主6 kV变电所母联安装快切装置，这些方案都使电源可靠性大大提高。

2012年8月份哈石化公司全厂停工检修30天，利用全厂低负荷有利时机，在原有变电所分段停电作业，实现了在线更换全所全部设备。9月10日哈石化公司第二路电源引自中心变的“中炼线”一次送电成功，标志单电源隐患改造项目顺利完成，实现了双电源供电，供电可靠性大为提高。一方面是：电源点分别引自哈尔滨地区的枢纽变电所——哈东变，和引自哈尔滨地区主要区域变电所—中心变，这两个电源点的可靠性都非常高。另一方面：电源线路实现了重化配置。原有引自哈变的“东炼线”为架空线路，与另一条电源线“电炼线”有7级电塔是属于双线同塔架设且穿越油罐区，抗极端天气、地质灾害、突发事故能力都很差，易出现毁灭性停电事故。改造后的“东炼线”取消了同塔架设，穿越罐区部分改为电缆敷设，可靠性大大提高。新增电源线路“中炼线”为全程电缆敷设，而且是沿城市主要干道规划线位备案，人为非正常损坏、极端天气影响的概率都大大降低。在继电保护和自动装置的配备上，也充分考虑故障快速切除和双电源切换的要求，实现全数字化、微机化，二次系统保障可靠性的能力上也得到加强。单电源隐患治理项目达到了预期目的。

单电源隐患治理方向、途径和建议

1. 单电源隐患治理的方向

在哈尔滨石化公司单电源隐患治理方案论证过程

中，很多专家给出很多值得借鉴的经验，笔者总结认为：要从文中所论述的三个方面充分分析本企业电源是否存在供电安全性和可靠性问题，界定好单电源隐患都存在哪些方面。按照不同方面对电源可靠性的影响和出现故障的概率，对隐患进行排序和筛选，从中找出突出和紧迫的隐患，有重点地投资进行治理。

2. 单电源隐患治理的途径

（1）电源点方面的隐患治理

在选取第二电源点时，要充分考虑地方电网的构成。在投资允许的前提下，原则上电压等级越高，电源点的可靠性也越高；接入变电所方面，可靠性由高到低依次为：主干网变电所、枢纽变电所、区域变电所、终端变电所；同等级变电所应考虑变电所是接有电网主力电厂可靠性较高；接入变电所的负荷应尽可能避开民用负荷过多的变电所。

（2）线路方面的隐患治理

在新建和改造线路时，应尽可能避免采用同一敷设方式；架空线路要有防冰雪、防雷、防污闪措施；电缆线路要注意保持接头的余量和防外力破坏的措施；路径的选择上考虑避免占压、人为破坏，避免与油气管道并行与交叉。

3）二次系统的隐患治理

在继电保护和自动装置的隐患治理上，要选择具有企业成熟运行经验的产品。线路保护应首选光纤差动保护；总变电站和区域配出变电站应考虑安装双电源快速切换装置。

2. 单电源隐患治理的建议

在哈尔滨石化公司单电源隐患治理过程中，笔者有很多经验和教训，为避免大家在类似项目上少走弯路，建议如下：

1）与当地供电部门沟通协调是项目能否如期完成的关键。

2）项目的组织者要有良好业务能力，保证技术衔接顺畅。

3）要熟知供电管理部门项目管理和调度管理流程。

4）石化企业连续生产的特性，要选择好项目实施的窗口期，避免出现项目方案很好但无操作窗口和实施可能性。

5）在线改造要做好充分的风险管控方案和电源过渡方案，保证项目实施安全可控。

6）新建接入系统变电所要充分考虑负荷转移和调整方案。

7）发电机组电源接入方式变化要经充分核算和论证。

8）企业内部运维电气骨干要参与项目的实施。

隐患治理不可能一步到位，要长远规划、分布实施，做好过渡事故预案。

结束语

要以双重电源可靠性和安全性的角度分析本企业存在着单电源隐患，从电源、线路、二次系统三方面分析存在的隐患，分析和筛选隐患对安全供电的影响，明确治理方向。对单电源治理的途径，结合企业的经验给出明确方法和建议，为单电源隐患治理提供了系统的解决方案。**EA**

（收稿日期：2017.05.30）

（编辑：朱金凤）

（上接第45页）

对于同一配电室配出，且由单母线分段的两段母线供电的电动机群，若需要参与“晃电”分批再起动的电动机台数在20台及以上，采用一套“晃电”分批再起动装置；否则，采用单个配电回路加装“晃电”再起动器的方法来实现。在全公司大检修期间，为重要装置供电的单元变电所0.4 kV系统安装24套低压电动机分批自起动装置；对于数量少或分散的，采用加装单台“晃电”再起动器来实现电动机“晃电”后的再起动。

4. 调整用电负荷

为了平衡现有负荷，在一期炼油扩建项目对总变扩容时，调整部分现有负荷至新增变电站，控制现有电网负荷在110 MW附近，满足在外部电网故障时可以实现孤网运行的模式，由自备电厂两台发电机供电给重要装置负荷，减少停电损失，也可以保发电机组安全，避免安全事故，大大缩短恢复生产的时间。同时在总变35 kV双母线系统的进线、母联处增加同期并网装置，实现孤网运行后的并网，提升电力系统的可靠性和灵活性。

结束语

通过对中化泉州石化有限公司电力系统结构和配置的不断优化，对存在问题的逐步解决，增加系统运行方式的灵活性和抵御风险的能力，实现电力系统“安稳长满优”运行，为炼化装置提供安全可靠的电力供应。**EA**

（收稿日期：2017.05.30）

（编辑：朱金凤）