

[变电站]

变电站二次设备模块化设计方案研究

文/国网新疆电力有限公司建设分公司 李 杨

以现阶段试点工程二次设备模块化建设中存在的问题为出发点，分析了新疆博州750 kV变电站二次设备的模块化设计方案，介绍了应用新技术的情况。

我国变电站建设模式经过几十年的摸索已经形成较为成熟的模式，在提高建设水平促进电网发展的同时也暴露出越来越多的问题：①传统土建施工作业方式工作周期长，施工工艺不环保。②设备标准化程度不足，难以适应大规模建设的需要。③二次设备现场安装接线工作量大，调试周期长。④工程信息模型管理混乱，运行维护与改扩建困难。

采用模块化二次设备，可以有效缩短施工工期，土建施工与二次屏柜安装、接线同时进行，现场仅需安装模块化二次设备即可，其工业化生产，集约化施工符合变电站“两型三新一化”的建设要求。

二次设备模块化建设现状

1. 二次设备模块化划分

变电站二次系统采用模块化设计，模块化二次设备的形式分为预制式二次组合设备、预制舱式二次组合设备、预制式智能控制柜。

1) 站控层及各典型功能设备可根据功能设置站控层及公共设备模块、电源模块、通信模块、主变及无功模块，这些模块主要采用的形式为预制式二次组合设备。

2) 间隔层设备布置方式可结合主接线最终规模，按电压等级及接线形式不同，确定采用预制舱式二次组合设备或就地装配式建筑（预制式二

次组合设备）布置形式。

3) 过程层设备的模块化建设结合一次设备布置于预制式智能控制柜。

2. 二次设备模块化的结构形式

根据模块划分原则，有两种结构形式：①单列结构形式屏柜布置于模块中间，屏前预留操作维护通道，屏后为保护检修更换插件的空间。②双列结构形式屏柜双列靠边布置，采用前开门旋转结构柜体，中间预留操作维护通道。

3. 二次设备模块化技术试点建设情况及需解决的问题

通过对试点工程实际的总结，目前智能变电站建设还存在以下环节需要优化：

1) 前几批试点工程通过优化装置结构和接线，采用2 260 mm×600 mm×600 mm的屏柜，二次设备室内容纳更多的屏柜；但600 mm宽度的屏柜在实际的运行过程中对运维检修接线造成了不方便，由此现有的试点工程，又将屏柜宽度重新调整为800 mm，二次屏柜尺寸及布置的优化需要进一步的研究。

2) 前几批试点工程中预制式设备舱与二次设备室内二次屏柜结构在传统的屏柜的基础上进行优化改造，但是还存在着可以优化的空间，比如采用机架式结构等。

3) 前几批试点工程中，针对预制式智能控制柜，仅规范了柜内的布置及接线的方式，而实际

工程中各厂家生产的智能控制柜不具备通用性，导致与土建专业的接口工作比较繁杂，不能适应变电站标准化、模块化建设的理念，因此，针对智能控制柜的模块化还需进一步的研究。

新疆博州750 kV变电站二次设备模块化总体设计方案比选研究

1. 新疆博州750 kV变电站工程概况

本站规划主变容量 $2 \times 1\,500\text{ MV}\cdot\text{A}$ ，本期主变容量 $1 \times 1\,500\text{ MV}\cdot\text{A}$ 。750 kV出线远景规模6回，本期建设4回；220 kV出线远景规模14回，本期建设5回；经无功优化后，远期每台主变低压侧装设4组60 Mvar并联电抗器和3组60 Mvar并联电容器；本期每台主变低压侧装设 $4 \times 90\text{ Mvar}$ 并联电抗器、 $4 \times 90\text{ Mvar}$ 并联电容器。

2. 新疆博州750 kV变电站二次设备模块化设计可选方案

根据二次设备模块化划分原则，并结合变电站建设规模、总平面布置、配电装置形式等，按功能和设备对象合理选择，提出以下几种750 kV变电站二次设备模块化方案。

(1) 方案一：“全舱”方案

根据设备功能，站内二次设备划分为主变及无功、750 kV串、220 kV母线段、站控层公用设备、交直流电源、蓄电池组、通信设备等模块，全部采用预制舱布置。各电压等级过程层设备就地布置于各间隔预制式智能控制柜。

(2) 方案二：“建筑物+预制式智能控制柜”方案

根据设备功能，设置站控层及公用二次设备、交直流电源系统、通信设备等模块，设备集中组屏布置于二次设备室。主变及各电压等级间隔层、过程层设备就地布置于预制式智能控制柜。

(3) 方案三：“舱+预制式智能控制柜+建筑物”方案

根据设备功能，设置站控层及公用二次设备、交直流电源系统、通信设备等模块，采用预制式二次组合设备布置于二次设备室。主变及各电压等级间隔层设备就地布置于二次设备舱。750 kV、220 kV过程层设备就地布置于智能控制柜；66 kV采用保护、测控、考核计量、合并单元、智能终端多合一装置，就地布置于66 kV预制式智能控制柜。

(4) 方案四：“舱（机架式结构屏柜）+预制式智能控制柜+建筑物（预制式二次组合设

备）”方案。

根据设备功能，设置站控层及公用二次设备、主变设备、交直流电源系统、通信设备等模块，采用预制式二次组合设备布置于二次设备室。750 kV间隔层设备按串设置模块、220 kV间隔层按母线设置模块，均就地布置于二次设备舱。各电压等级过程层设备就地布置于各间隔预制式智能控制柜。预制舱内屏柜采用一体化设计、安装的机架式屏柜，在横向、纵向上按标准机柜和典型二次装置进行模块化分隔。

3. 新疆博州750 kV变电站二次设备模块化设计方案比选分析

对750 kV户外变电站，方案一～方案四采用不同型式的模块化二次组合设备。

方案一实现了站内二次系统全预制配送，取消建筑物。实现最大化工厂化加工，大大减少现场二次接线。然而由于预制舱数量较多，投资巨大，经济性较差，此外，蓄电池采用预制舱，需要额外考虑预制舱的承重，不利于预制舱的标准化生产。

方案二采用过程层设备结合一次设备安装、间隔层设备全部就地下放的方案，是未来发展的方向，然而户外站采用预制式智能控制柜，仍然无法解决保护设备就地化相关技术问题，工程实施性较差，阻力也较大目前。需要今后在解决相应标准、设备可靠性等问题后，方可采用。

方案三现有一些智能站已采用，只是在采用此方案时，屏柜尺寸采用 $2\,260\text{ mm} \times 600\text{ mm} \times 600\text{ mm}$ 的屏柜，二次设备室内容纳更多的屏柜；但600 mm宽度的屏柜在实际的运行过程中对运维检修接线造成了不方便。

方案四结合750 kV、220 kV以上保护装置采样方式变化电缆数量多，预制舱内采用机架式屏柜，解决预制舱内保护前接线、前显示方式，屏柜布置、电缆走线困难的问题。

预制舱内采用一体化设计、安装的机架式屏柜，在横向、纵向上按标准机柜和典型二次装置进行模块化分隔。预制舱内二次设备屏柜按照机架式结构与舱体进行一体化整体设计，弱化舱内屏柜的概念，采用“舱与屏柜视为一体”，实现真正意义上的组合二次设备。屏柜骨架与舱体紧密连接，整体结构的稳定性高，节省材料用量，最大限度地利用舱体空间，方便设备线缆连接，模块化安装，改扩建方便。

综上所述,建议新疆博州750 kV户外变电站二次设备模块化方案采用方案四。

机架式预制舱二次组合设备模块实施方案

1. 预制舱技术发展历程及现状

自预制舱开展试点应用以来,舱内屏柜的尺寸及结构形式出现多次变化。2013年首批试点工程中,由于预制舱内屏柜采用单列布置,为了尽可能提高舱内屏柜容量,制造厂家采用了基于GB/T 19520.2的宽度为600 mm的屏柜,机柜采用前后接线结构。后来提出的“前接线、前显示”装置设计理念,已被各生产厂家接受,并通过了入网检测,具备工程投运条件。在“前接线、前显示”装置应用的基础上,屏柜双列靠墙的布置方式得到广泛应用,使预制舱内可容纳屏柜的数量成倍增加。



图1 “前接线、前显示” 预制舱

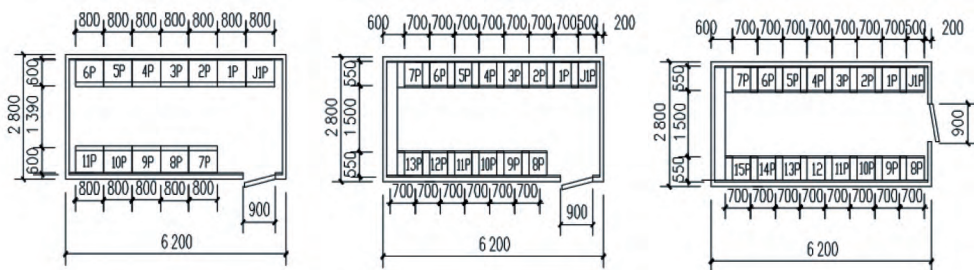


图2 现用预制舱与一体化机架式预制舱屏柜布置方案区别

预制舱内采用机架式结构,采用机架外廓部分与舱体合成制造方案,增加机架的强度,解决单独安装机架存在的装配精度不高的问题。预制舱内采用模块化整体布线的方案,将整个机架视为一个大型机柜,在机架内布置以走线槽为主题的行线网络。在机架下部设置一根公用走线槽盒,在机架内实现走线地面化。

3. 一体化机架设计的预制舱的优势

(1) 基于一体化设计的机架结构与舱一体化设计,取消传统屏柜,搭建设备安装平台。

现行预制舱式二次组合设备存在一些问题:

1) 仍保留有二次设备屏柜,存在舱体及屏柜重复防护处理、进舱操作、厂家间屏体规格尺寸统一等问题。

2) 二次设备按间隔组屏,屏柜内空间利用率低,造成舱体尺寸大、数量多。

3) 屏间连线多,接线复杂,工艺及生产周期不可控。

4) 二次设备舱内空间狭小,不方便维护。

5) 尚未形成屏柜内设备的模块化安装,终远期改扩建操作复杂,施工难度大。

6) 温湿度控制系统有待优化,舱内噪声大。

2. 机架式预制舱内的二次设备布置方式

预制舱内二次设备采用单舱双列布置,舱内二次设备采用“前接线前显示”装置。由于传统预制舱还存在一些问题,本工程采用一体化机架优化设计的预制舱。

与现用预制舱内二次设备的布置方式不同,机架设计的预制舱内设备机架的尺寸为:2 260 mm×700 mm×600 mm,且优化后的预制舱改变舱体舱门的位置,这样可以释放更多的空间布置设备。开放式安装方式取消屏门,使机架的深度尺寸由标准的600 mm缩减为550 mm,使舱内过道宽度增大为1 500 mm,增加了舱内人员活动空间。优化后一体化机架式预制舱与现用预制舱布置屏柜区别如图2所示。

(2) 舱内、机架间、机架内开放式安装维护通道,增大操作空间。

1) 预制舱内开放线缆的安装维护通道,分别为两侧屏柜之间的电缆、尾缆接线提供了专用的通道,对设备的安装、维护起了重要作用。针对舱内设备双列布置的模式,在两列机架之间的靠舱两端部位设置走线通道和方便拆卸的走线通道盖板。使预制舱过道中间的防静电地板在维护时不必拆卸。

2) 机架间开放线缆的安装维护通道,为同侧屏柜之间的电缆、尾缆接线提供了专用的通道,

整齐了舱内设备间布线的通道和方式。预制舱内采用模块化整体布线的方案，将整个机架视为一个大型机柜，在机架内布置以走线槽为主题的行线网络。在机架下部设置一根公用走线槽盒，在机架内实现走线地面化。

3) 机架内开放式安装维护通道，为同一屏柜内设备之间的电缆、尾缆接线提供了专用的通道。

(3) 光纤法兰和中转方案，解决了尾缆的布线安装问题。

解决尾缆长度不易计算，难收纳的问题；解决尾缆尾纤备用纤过多，占用走线通道，难运维的问题。

4. 本工程实施方案

根据屏体布置方案及本站建设规模，主变、750 kV系统及220 kV系统都选用II型舱，尺寸为9 200 mm×2 800 mm×3 133 mm。

750 kV二次模块采用了“以串为单位”的模块化设计概念、220 kV二次模块采用了“以间隔为单位”的模块化设计概念，按工程规模及主接线形式为750 kV配置2个II型预制舱、220 kV配置2个II型预制舱。

模块化二次组合设备实施方案

二次设备模块划分体现“安全性、独立性、适应性、灵活性、通用性、先进性、经济性”相协调统一的原则，对二次设备按功能分区，以模块为单位布局。各模块服务对象清晰，根据内部二次设备的具体功能再划分子模块。各模块在工厂内完整组装和调试，每个模块整体运输和安装，出厂后不再拆解。到现场后只需要完成不同模块之间的联结和调试，解决传统建设模式存在的现场施工量大、施工周期长、建设质量难以掌控、二次设备接线工作量大的问题。

1. 本工程二次设备室设备模块划分

本方案中，公用二次设备室中模块二次组合设备的划分主要包括公用设备模块、主变设备模块、通信及自动化设备模块、交直流电源一体化模块。

(1) 公用设备模块布置

公用设备模块中共包含4个子模块：监控系统子模块+公用及定时子模块+网络分析系统子模块+故障录波子模块+辅助控制系统子模块整合为1个预制式二次组合模块，为监控一体化系统模块。

(2) 主变设备模块

主变模块中共包含4个子模块：1面主变测控

柜+2面主变保护柜组成的子模块，共2个子模块；2面无功补偿保护测控柜+1面站用变保护测控柜组成的子模块，共1个子模块；2面主变消防智能控制柜+1面主变故障录波器柜+1面主变功角测量柜组成的子模块，共1个子模块。

(3) 交直流电源一体化模块

交直流电源一体化模块中包含4个子模块：直流电源模块、交流电源模块、直流分屏模块、UPS及事故电源模块。

(4) 通信及自动化设备模块

将光电数字传输设备子模块、音频配线及综合数据网模块、光纤配线模块整合为1个预制式二次组合模块，为通信一体化模块，用于布置通信用柜。

2. 预制式二次组合设备主要技术

(1) 结构布置

二次设备室内采用预制式二次组合设备。采用金属材料制造整体框架式模块化二次设备的整框架，框架内具备安装装置的横梁和支架，按功能划分模块区域，模块区域内预留装置安装孔，整体框架的长度和宽度根据具体工程实施方案确定。

装置直接安装于对应的模块区域中，摒弃了传统的以屏柜为单元的装置集成，取消了屏柜的使用，如图3所示。



图3 预制式二次组合设备结构布置图

(2) 接线方案

户内模块化二次设备采用框架下方进线的方式，将整体框架式模块化二次设备各模块中的装置通过电缆、光缆及其他线缆根据图样实现互连。

光缆采用预制接头、电缆采用航空插头，在现场直接通过屏柜背面下放的集中转接模块与其他模块或室外接插，实现“即插即用”。户内预制式二次组合设备接线实现全部厂内加工，实现施工现场预制舱内“0敷设”，舱内屏柜“0光配、0端子排”。

(3) 接地

每个屏位下方设置接地铜排，首尾相连，形成二次等电位接地网。屏柜内部二次接地铜排与二次等电位接地网连接实现屏柜二次接地。

(下转第90页)

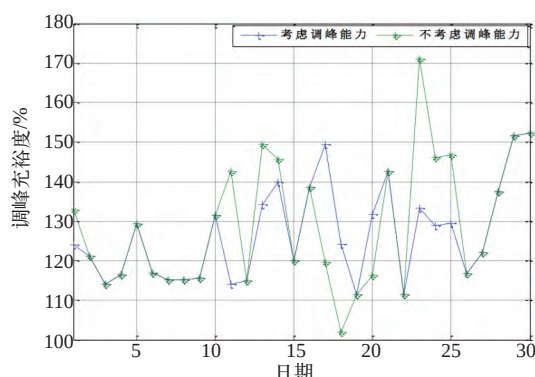


图4 调峰充裕度变化

结束语

本文提出了调峰充裕度指标，通过统计该指标及其均衡度变化来评价检修计划所对应的运行方式调峰能力优劣。通过将该指标引入发电机组检修计划编制模型，提出了考虑调峰能力的月度检修计划优化编制方法。该方法能够有效协调各检修工作工期顺序及时间，提升系统调峰能力，为清洁能源消纳创造更有利的条件。EA

(收稿日期: 2018.07.08)

(编辑: 白文亭)

(上接第67页)

(4) 预制尾缆、预制电缆敷设

全面使用预制尾缆、预制电缆，实现了一次设备与二次设备、二次设备与二次设备之间的即插即用，去除了现场敷设电缆、光缆以及熔接光纤等烦琐工作，大大缩短了工程现场的施工时间，提高了变电站建设的效率。

预制式智能控制柜实施方案

传统一次设备汇控柜由GIS厂家成套生产，一般是指变电站隔离开关和断路器的汇控柜。汇控柜作用就是将单相机构的信号和操作电源等都集中在一个就地柜里。GIS的每个间隔都有一个汇控柜，它是一个间隔里所有设备的二次回路的集合。

标准配送式变电站采用预制式设备，以往的智能变电站建设一般要求GIS汇控柜与智能控制柜整合，一体化设计。

1. 预制式智能控制柜的现状

目前预制式智能控制柜存在的问题：一二次厂家需要配合设计要求高，容易出现扯皮；一二次接口不清晰，多方需要反复确认修改；屏间连线多，接线复杂，工艺及生产周期不可控；尚未形成屏柜内设备的模块化安装。

针对上述问题，本专题提出新型预制式智能控制柜的模块化设计方案。将预制式智能控制柜划分为三个模块：传统汇控模块、过程层设备模块、间隔层设备模块，并将过程层设备模块按功能区划分为3个子模块：设备子模块、低压断路器子模块和辅助子模块。

2. 本工程预制式智能控制柜的方案设计

(1) 过程层设备模块的设计方案

将智能控制柜按功能区划分为3个子模块：设备子模块、低压断路器子模块和辅助子模块。智能控制柜布置按照自上而下顺序依次为：设备子模块、低压断路器子模块和辅助子模块。各个子模块独立完成内部设备、辅助设备的安装及配线后，再通过简单的插接固定即可实现子模块的固定；相同的子模块具有相同的外形，可方便互换，实现子模块的快速检修；

(2) 过程层设备模块的积木式拼接方案

模块内部及模块与模块之间采用组合端子插接式配线方案，方便模块内部及模块与模块之间的线缆快速装配，快速检修更换，也使得中远期装置线缆的预制，方便中远期改扩建工程中的装置快速“插接式”安装，体现预制式线缆优势。

结束语

博州750 kV变电站执行“标准化设计、工厂化加工、模块化建设”的建设模式，根据电压等级和设备功能，二次设备采用模块化设计，优化二次屏柜结构、尺寸及柜内二次设备接线，形成全站“预制式二次组合设备、模块化机架式预制舱、预制式智能控制柜”的模块化及标准化设计方案。从预制式二次组合设备、预制舱式二次组合设备、预制式智能控制柜三个方面针对现有技术存在的不足做出创新，具有现实意义。EA

(收稿日期: 2018.07.08)

(编辑: 白文亭)