[GIS]

浅谈110 kV变电站中的GIS扩建

文/西安西电开关电气有限公司　靳艳丽

电站在规划和实施时，由于资金投入、用电需求等因素，多采取分期投入建设的方式。GIS设备作为电站的必备设备，其扩建对电站的顺利建设至关重要。在满足功能的前提下，后期设备在扩建时应尽可能地减少对前期已运行设备的影响。GIS的主接线方式、设备结构、扩建接口设计、安装和绝缘试验方式等都会影响GIS扩建。通过对影响110 kV变电站中的GIS（即126 kV GIS）扩建的主接线方式、设备结构、扩建接口、安装和试验等的研究与分析，为110 kV变电站中的GIS扩建提供参考。

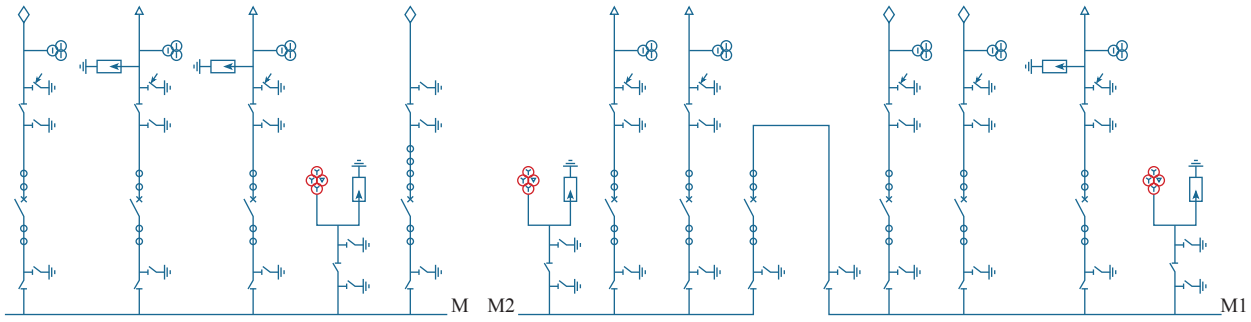
GIS设备的扩建对电站的安全运行至关重要。GIS设备的扩建，基于不停电或少停电的原则，应减少对已运行设备的影响。GIS在设计和实施时，对于GIS设备的分期扩建问题，应在主接线方式、设备结构、扩建接口、安装和试验等方面重点考虑，提供合理的方案。

GIS主接线

1. GIS主接线的基本形式

在电站规划时，电网、设计院等单位综合经济、需求、负荷和分期扩建等因素，选择合理的主接线方式。GIS主接线方式，通常指的是GIS一次设备的电气接线方式。它表示电能发、输、配过程中一次设备相互连接关系的电路，通常以电气主接线图表达。110 kV变电站应用的是电压等级为126 kV的GIS，目前国内常见的126 kV GIS主接线方式基本形式有单母线接线、单母线分段接线、双母线接线和双母线分段接线四种。

如图1a所示，单母线接线就是只有一组母线的接线方式。其特点是电源和供电线路都连接在同一条母线上，结构简单、采用设备少、操作方便且投资少。扩建时，通常需要整套设备停电。图1b通过在母线中间加设一台断路器（及其相关辅助元件），将母线分为两段，其中一段母线或其所连回路扩建时，通过开断分段断路器，切断扩建侧母线，从而保证另一段母线及其所带设备



（a）单母线接线　　（b）单母线分段接线

图1　单母线接线方式

的运行。

双母线接线方式是针对单母线、单母线分段接线方式的缺点而提出的，如图2a所示，它是除了工作母线M1之外，又增设了一组备用母线M2。通过开断母联间隔的断路器及其辅助元件，两组母线可以同时或轮流投入使用。扩建时，通过切换母线隔离开关，可以做到一条母线停电，而另一条母线继续运行。图2b采用分段断路器将工作母线M1分为两段（M1和M3），每段又分别用母联断路器与备用母线M2相联，这样当任何一段母线或其所连接回路扩建时，仍可保持双母线并联运行。实际应用中母线分段常见双母线单分段形式和双母线双分段形式（即两条母线都采用分段断路器分段的形式）。

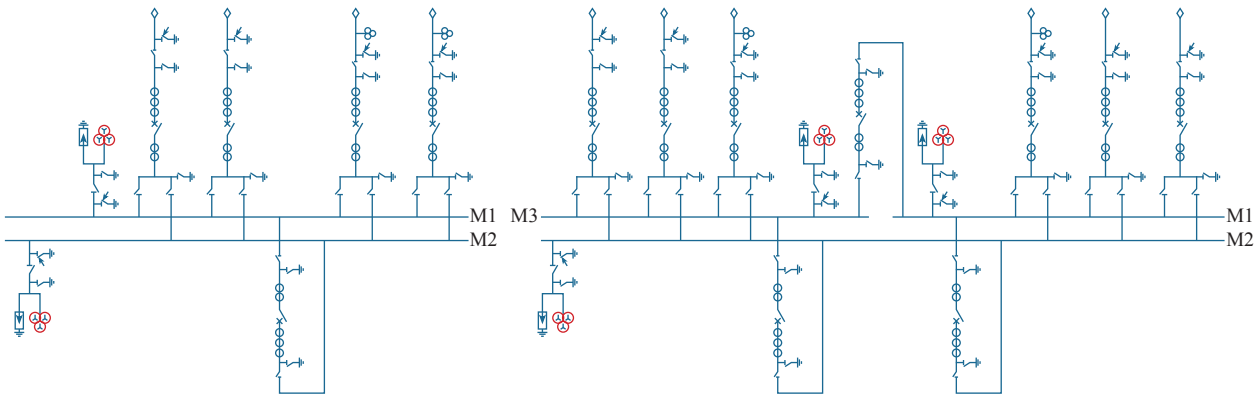
原则上扩建设备的接口与运行设备间在对接时需要至少保持一个断口，而其工频耐压试验则需要保持至少两个断口，以保证安全。

2. GIS主接线方式的应用

通常，GIS主接线的基本形式都会在实际中得到应用，电站的电网容量、供电范围、用电需求和地理位置是选择主接线方式时需要综合考虑的因素。对于供电回路较多、用电量较大、人口较多和电力调度困难的地域，选择分段接线方式较妥。因双母线接线方式较单母线接线方式的优点，目前在国内各电网中，双母线接线方式应用较为广泛，而单母线接线方式仅在一些中小型发电厂以及出线数目较少的项目中应用。

图3为国内某110 kV变电站的主接线方式，其选用的是双母线分段接线。（图中框内为预留的扩建设备）

该站共有1～20个间隔，为较大型变电站，其有14个进出线回路，1个母线分段间隔，2个母联间隔，3个保护间隔。该站供电回路多、供电范围广，选用双母线分段接线方式，分期扩建。双



（a）双母线接线　　（b）双母线分段接线

图2　双母线接线方式

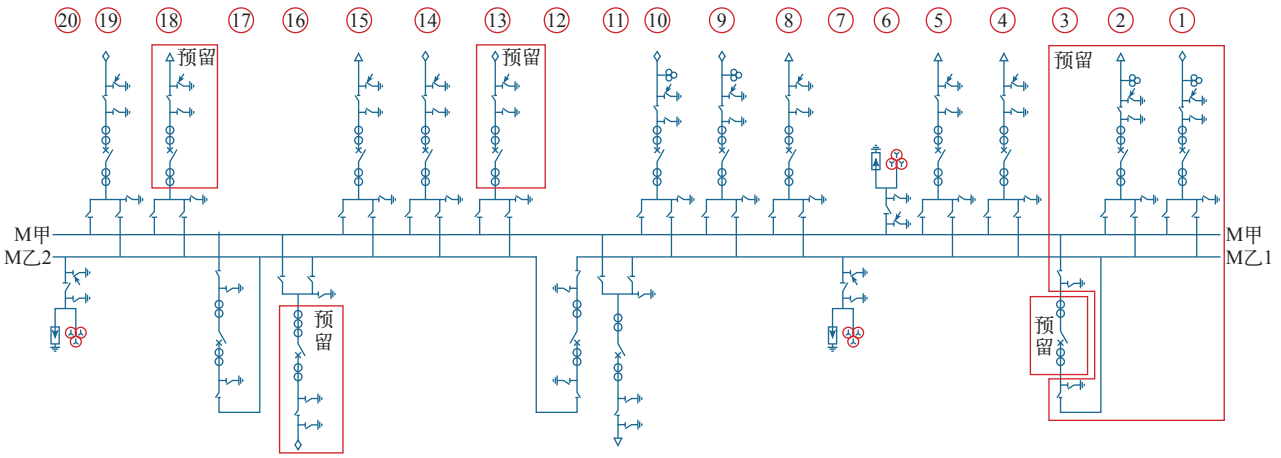


图3　双母单分段接线方式实例

母线分段接线方式，适合于回路较多，母线较长的电站。该站分期扩建，选用双母线分段接线方式，可较大程度地避免在扩建时大范围、长时间的停电。

3. 扩建设备的选择

由于实际需要，主接线中的某些元件或间隔留待后期进行扩建。在选择后续扩建元件或间隔时，不应破坏主接线方式的优点，以免给扩建作业的停电范围和停电时间带来较大的影响。通常，在首次安装时，将母线、母线隔离开关、母联间隔和母线分段间隔进行安装，之后的扩建安装即可避免大范围，长时间停电的可能。需要进行母线扩建的部位，宜处于主接线的两端，通过设置合理扩建接口，实现扩建设备先安装、试验，后与前期设备对接。

图3中，对于13、18等间隔，前期设备已安装双母线隔离开关，在后期扩建13、18间隔其余设备时，只要其中一条母线停电即可，仅在进行绝缘试验时，需要短暂的双母线停电。

在高压GIS中，隔离开关不具备开断主回路电流的功能，只有断路器具备此项功能。作为母联间隔的3间隔的断路器对设备的安全运行非常重要，有必要在初次进行安装。

扩建1、2、3间隔时，在前期设备不停电的情况下，通过在3、4间隔之间的母线接口处设置合理的扩建接口，可以做到先安装1、2、3间隔并在绝缘试验合格后，再短时停电对接3、4间隔之间的母线及绝缘试验。

设备结构

设备结构包括设备自身各组成部件的结构及设备在电站中的结构布置、气室布置等。126 kV GIS由断路器、隔离开关、接地开关、电流互感器、电压互感器、避雷器、母线、套管（或电缆）和控制柜等组成。根据确定采用的主接线方式，各组件可以调整搭配进行组合。

1. 结构布置

常见的双母线结构布置如图4所示。

图4a所示，双母线隔离开关（GR型）之间直连，其断口位于下侧靠近母线处，起投切母线与回路的作用。在前期已有双母线隔离开关，后期进行回路扩建时，双母线隔离开关需分闸，其所连接的接地开关接地，靠近电流互感器侧的母线隔离开关气室降压、所连接的母线停电，保持外侧的母线运行。而在扩建设备进行工频耐压试验时，两条母线需要同时停电。

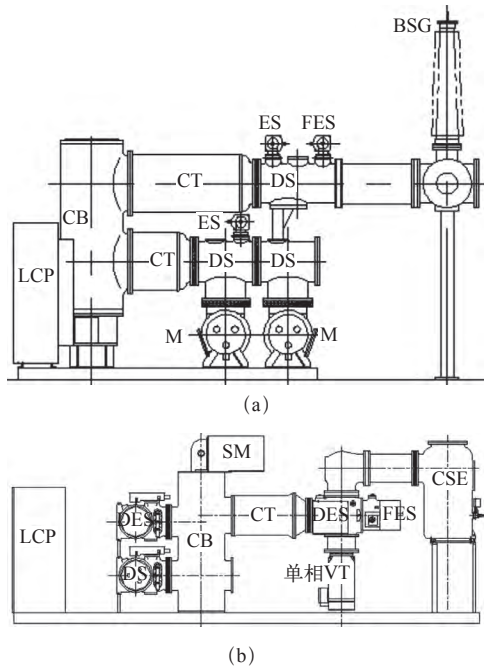


图4　双母线布置断面结构

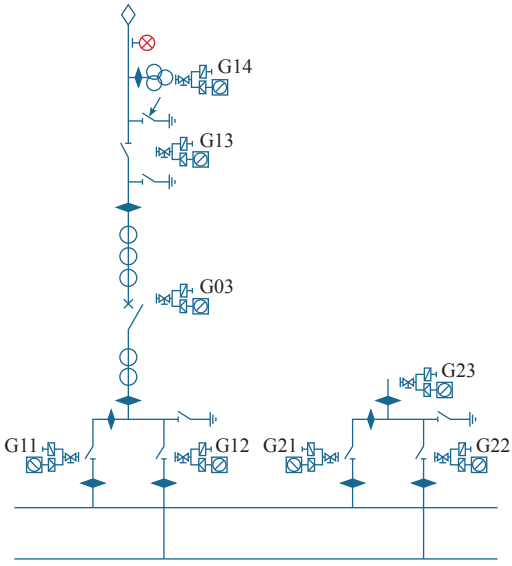
图4b所示，母线隔离开关与母线串接布置，上侧的隔离开关与下侧的隔离开关在断路器内部连接在一起，之后再与断路器下方的静触头连接，断路器同时开断两个隔离开关。在前期已有双母线隔离开关，后期进行回路扩建安装和工频耐压试验时，两条母线需要同时停电进行。

从扩建和检修角度考虑，图4a较图4b有利。

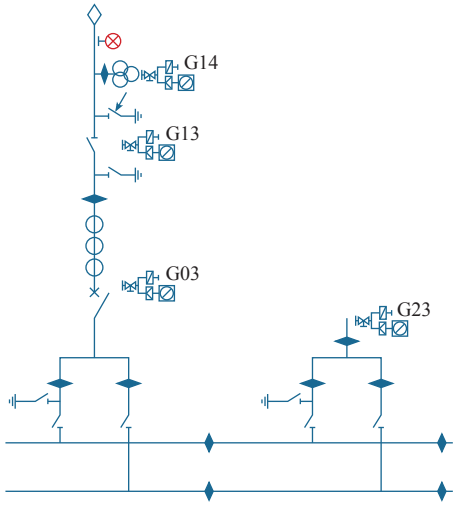
2. 气室布置

在确定主接线方式和设备结构之后，合理设置气室非常重要。对于具有开合作用的断路器、隔离开关等应单独设置气室，而母线与各回路相连，其气室亦应单独设置。作为连接前期设备与扩建设备的部位（扩建接口）设置为单独气室，可减小扩建安装对前期设备的影响。扩建设备安装时，对与之相邻接的已有设备的气室应降压处理，以保证安全。

图5a中预留间隔扩建安装时，G22气室需要降压处理，与其相连接的母线需要停电，而与G21气室连接的母线可以继续运行；图5b中 预留间隔扩建安装时，则需要两条母线同时停电。在图3所示的双母线分段接线方式中，在设置气室时，考虑到减小停电范围和减少停电时间，选择图5a方式，将母线气室与母线隔离开关气室分别单独设置，扩建接口气室单独设置。



(a)



(b)

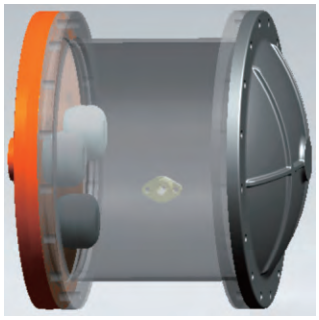
图5　双母线布置气室结构

3. 扩建接口结构

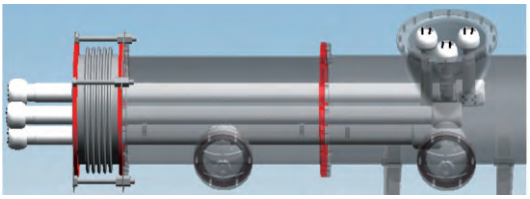
前期设备与后期设备在设计时，都应重点考虑扩建接口问题。

图6a为前期设备预留的扩建接口，基于对电场改善和后期扩建影响的考虑，由短筒、屏蔽导体、盖板组成。通常设置为单独气室，减少扩建时气体回收范围和体积。

图6b为扩建设备的母线扩建接口，通常设置为可拆卸装置，其内部导体为可拆卸导体，且可拆卸部位位于壳体的手孔盖板处，以便于操作；在外部，设置波纹管满足对接要求，并用来消除可能的安装、基础误差。在实际设计中，根据GIS的布置结构、气室划分等，将导体可拆卸部位设置在左侧或右侧的盖板处。



(a)



(b)

图6　扩建接口

126 kV GIS在扩建回路时，为保持设备结构的统一性，前期双母线隔离开关处预留的扩建接口需要拆除。

扩建设备的安装和试验

1. 扩建设备的安装

扩建设备在安装前，必须编制安装方案。基于停电范围小、停电时间短的原则，安装方案需明确以下内容：对接前的设备状态、停电范围、气室回收范围、对接步骤、试验计划、施工时间和危险点防控措施等。设备生产厂家与用户、安装单位积极沟通，对安装中涉及到的各种事项达成共识，确保扩建设备得以顺利安装、运行。

扩建安装某回路时，尽可能地缩小停电范围和缩短停电时间，减少气室回收范围，避免双母线同时停电。扩建安装母线时，应尽可能地采取先安装扩建设备，后与前期设备对接的方案，避免长时间的双母线停电。进行对接安装时，扩建设备与已运行设备的对接部位，应保持至少一个隔离断口并接地，并对与接口相邻的前期设备气室进行适当的降压处理，以保证设备和操作人员安全。

回路的前期扩建接口通常采用图6a所示结构，在扩建回路时，除气隔外，前期预留的短筒、屏蔽导体、盖板需拆除，之后与扩建设备对接。

（下转第110页）

谐电阻的方法相同，得到消谐电阻的临界值为11 Ω，如图11所示。

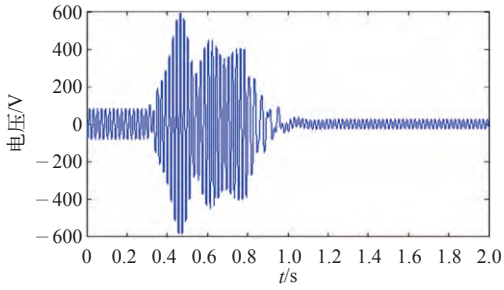


图11　打开断路器11 Ω阻容消谐

（2）打开隔离开关ATP－EMTP仿真

采用与打开断路器相同的方法，得到消谐电阻的临界值为13 Ω，如图12所示。

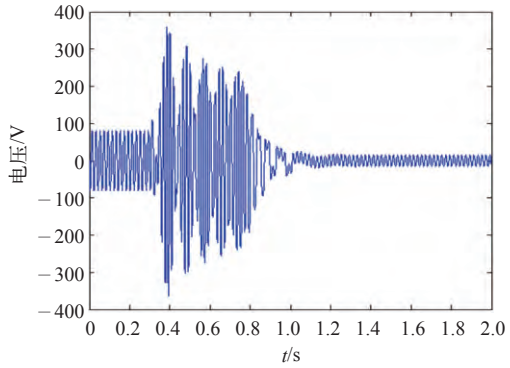


图12　打开隔离开关13 Ω阻容消谐

结束语

对110 kV系统进行了ATP－EMTP仿真分析，仿真模拟打开断路器和隔离开关两种方式的铁磁谐振，并针对两种方式的消谐电阻分别进行了验证。同时，为了避免投入消谐电阻时，引起流过PT的电流超过额定电流，采取在消谐电阻上并联电容的方法，提高消谐电阻值。EA

（收稿日期：2017.03.24）

（编辑：刘群垚）

（上接第106页）

母线扩建接口处通常应设置为可拆卸装置，如图6b所示。扩建时，在前期设备不停电的情况下，先安装扩建设备，再短时停电对接母线接口。扩建接口安装时，先将内部导体放置于筒内，适当压缩波纹管，将所有外部壳体对接好，之后操作人员由母线盖板处进行导体对接。前期扩建接口（如图6a所示）的屏蔽导体、盖板需拆除，短筒视具体结构决定是否拆除。

2. 扩建设备的绝缘试验

扩建设备在进行绝缘试验前，必须编制耐压试验方案。耐压试验方案通常由试验单位按照试验规程进行编制，耐压试验方案须根据具体的设备，选择合理的试验回路及试验程序，明确试验的施加电压、施加时间、施加频率，判定标准等。

126 kV GIS的绝缘试验通常包括工频耐压试验和局放试验。扩建设备的绝缘试验与新建站要求相同，在额定气室压力下按耐压标准值的百分比（80%～100%）进行试验，试验回路保持合闸状态，试验回路以不带或少带前期设备为宜。进行绝缘试验时，扩建设备的绝缘试验回路与运行设备之间，应保持至少两个隔离断口，且试验回路与运行回路必须为额定气压。

扩建设备的试验条件较新建站的情况复杂，在某些情况下，扩建设备的绝缘试验无法或不便按照规定的试验电压进行，需要特殊对待。通常采用降低试验电压、延长施加时间的方式。图3所示电站，扩建1、2、3间隔时，采取的方案为先安装1、2、3间隔并单独进行绝缘试验，合格后，再短时停电对接3、4间隔之间的母线及进行绝缘试验。1、2、3间隔的绝缘试验按规定的试验电压（耐压标准值的百分比（80%～100%）），在额定气室压力下进行试验。3、4间隔之间的母线的绝缘试验，需要相连接的M甲和M乙1停电，绝缘试验回路所带的前期设备较多，经与用户、试验单位沟通后，根据GB7674的有关规定，现场采取降低试验电压为额定运行电压，延长施加时间为30 min的方式进行绝缘考核。

结束语

GIS建设是一个综合性、系统性的工程，电网、设计院和设备生产厂家协调配合，才能建设合理的电站。分期扩建工作的顺利进行，对电站的运行意义重大，通过对GIS扩建的相关问题的阐述，以期对GIS的设计、实施有所帮助。EA

（收稿日期：2017.05.08）

（编辑：刘群垚）