



# 牵引变电所及其自动化

孙继星 副教授

牵引供电研究所

Email: [jxsun@bjtu.edu.cn](mailto:jxsun@bjtu.edu.cn)

办公室：电气楼808

办公电话：010-51685212-602



## ◆ 教材：

- 《轨道交通牵引供电技术》，贺威俊、高仕斌等，2015
- 《高速铁路牵引变电所技术》，中国铁路总公司，2014
- 《交流电气化铁道牵引供电系统》，谭秀炳，西南交通大学出版社，2007

◆ 考核形式和成绩评定：笔试占成绩 60%。上课出勤占成绩 40%(抽查点名缺课一次扣5分)。

◆ QQ学习交流群：614152328



## 第五章 高压配电装置

在确定电气主接线后，根据主接线结构将各种高压开关设备和测量保护电器，用母线、导线连接在一起，经设备安装、调试后形成接受和分配电能的整体装置称为**高压配电装置**。

把供变电工程电路系统由原理变成配电装置，需要对各种高压电器设备在规定的地面上进行布置；需要考虑各种高压电器设备之间的连接关系和高压设备之间的安全距离，还需考虑高压设备的检修空间。同时对各种高压电器设备的控制、信号接口以及与二次系统的连接关系，在高压配电装置设计时都需要进行考虑。



# 一. 牵引变电所配电装置类型及其基本要求

## 1. 配电装置的基本形式

按安装地点的不同，配电装置可分为屋内式和屋外式两大类型：

- ① 屋内配电装置的特点是：所有电气设备均放在屋内，外界污秽气体、冰雪及灰尘对电气设备的影响较小，操作、维护与检修在屋内进行，可以改善工作条件；土建工程量大，投资增加，但可以分层布置，从而减少占地面积。
- ② 屋外配电装置的特点是：所有电气设备均装在屋外，土建工程量小，相应的投资少，建设工期较短；设备运行的条件及人员进行操作维护等工作条件较差；占地面积大；相间及设备之间的距离较远，可推行带电检修作业，从而实现不停电检修。

按安装方法的不同，配电装置又可以分为装配式和成套式两类：

- ① 电气设备及其结构物均在现场组装和调试的配电装置，称为装配式配电装置。
- ② 在制造厂已将所需电气设备装配成一整体，并成套供应，这种装置运到现场后，拼接起来即可投入运行，称为成套式配电装置。成套配电装置的特点是工作可靠性高，结构紧凑，占地少，建设时间短，但耗用钢材较多。



根据高压电器布置高度不同，存在三种布置方式：**低型布置、中型布置和高型布置。**

配电装置的结构形式对牵引变电所的技术指标、经济效益有很大的影响，特别是110 kV及以上的高压配电装置，对变电所总体布置、占地面积、工程量、运行维护条件等方面起着决定性作用。屋内和屋外配电装置各有特点，屋内配电装置的设备运行、操作维护都在室内，不受气候条件的影响，外界污秽空气对电气设备的影响也较小，可降低占地面积和减轻维护工作量，但房屋建筑费用较高；对于屋外配电装置，设备安装在室外，可减少房建费用并缩短工期，但气候条件变化，对设备和操作维护都有影响，电气设备受环境条件特别是污秽气体的影响，须加强绝缘，占地面积大。



在我国，一般在35kV以下电压等级的工程采用屋内配电装置，电压在35kV及以上电压等级的工程则采用屋外配电装置。特殊情况下，如环境条件恶劣、周围空气含有化学有害成分、受地形限制、占地面积过大导致建设费用过高等情况，经技术经济比较也可在35 kV及以上电压等级的工程中采用屋内配电装置。

对于25 kV牵引负荷配电装置，断路器正常操作和事故跳闸次数较多，检修、维护工作量大，采用屋内配电装置对运行、维护都比较方便和有利。

城市地铁、轻轨交通牵引供电系统直流牵引变电所、降压变电所等配电装置，一般都建在地下或地面上城市闹市区，普遍采用屋内成套式配电装置和SF<sub>6</sub>全封闭组合电器，以节省占地面积和土建造价。



## 2. 对配电装置的基本要求

- ① 配电装置的设计、规划，必须贯彻执行国家基本建设方针和有关**技术经济政策**。
- ② 技术上具有足够的**可靠性**，保证人身、设备安全，布置上应便于**检修、巡视和操作**。
- ③ 在保证安全、可靠的条件下，尽量**降低造价**，减少工程量和建筑面积。
- ④ 正确选择和布置电气设备，采用体积小、重量轻、维护简单、**技术先进**的设备。
- ⑤ 考虑留有**扩充发展**的余地。

从技术层面看，屋内外配电装置安全净距的确定、配电装置基本选型都要满足以上基本要求。

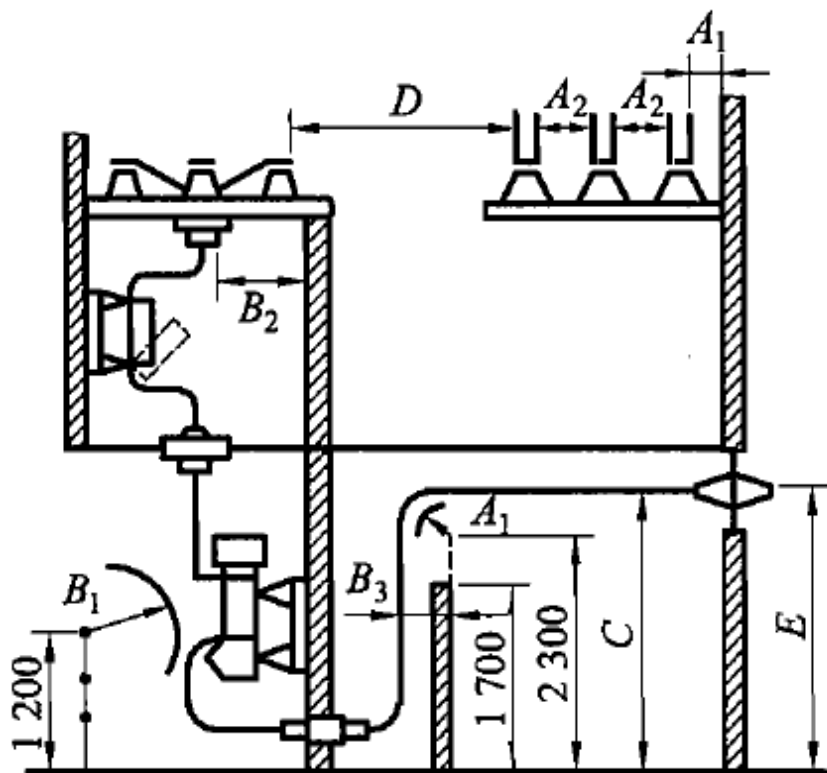


### 3. 屋内外配电装置的安全净距

因配电装置的形式不同，其结构布置有很大差异，故在设计中需要综合考虑电气设备的外形尺寸、设备间的电气距离、装配方式、运行环境、检修及运输的安全距离等因素。

在各种间距中，最基本的是**带电部分对地之间的最小安全净距 $A_1$** 和**不同相带电部分之间的最小安全净距 $A_2$** 值。最小安全净距的含义是：在此距离下，无论是处于最高工作电压之下，还是处于内、外过电压之下，空气间隙均不致被击穿。

$A_1$ 和 $A_2$ 值安全净距可保证在正常最高工作电压或出现内外过电压时，都不致使空气间隙出现击穿现象。这些标准尺寸是在理论分析、试验以及运行实践的总结等基础上加以综合的结果。A值与电极的形状、冲击电压波形、过电压及其保护水平，以及环境条件等因素有关。对于220 kV以下的配电装置，大气过电压水平对A值的确定起主要作用，当采用残压较低的避雷器时，A值可取稍小的数值。





- (1) **B1值**：指带电部分至栅状遮栏(高1.2m，栅条间距不大于200mm)的距离和可移动设备在移动中外廓至带电部分的净距，即 $B1=A1+750(\text{mm})$ 。一般人员手臂误入栅栏时手臂的长度不大于750mm，设备运输或移动时的摇摆也不会大于此值。
- (2) **B2值**：指带电部分对网状遮栏(高1.7m，网孔不大于 $40\text{mm}\times 40\text{mm}$ )的净距，即 $B2=A1+70+30(\text{mm})$ 。一般人员手指误入网状遮栏时手指的长度不大于70mm，另外考虑了30mm的施工误差。
- (3) **C值**：是保证人举手时，手与带电裸导体之间的净距不小于A1值，即 $C=A1+2300+200(\text{mm})$ 。一般人员举手后的总高度不超过2300mm，另外考虑了屋外配电装置200mm的施工误差。规定遮栏向上延伸线距地2.5m处与遮栏上方带电部分的净距，不应小于A1值。
- (4) **D值**：是保证检修时，人和裸导体之间净距不小于A1值，即 $D=A1+1800+200(\text{mm})$ 。一般检修人员和工具的活动范围不超过1800mm，屋外另外考虑200mm的裕度。
- (5) **E值**：是指由出线套管中心线至屋外通道路面的净距，考虑人站在载重汽车车厢中举手高度不超过3500mm，35kV及以下， $E=4000\text{mm}$ ；60kV及以上， $E=A1+3500\text{mm}$ ，并向上靠为整数。



## 二. 屋内配电装置

屋内配电装置的结构形式，与主接线形式、电气设备类型有密切关系。在屋内配电装置中，通常把整个主接线分解为具有一定功能的电路单元组，这些电路单元组称为**间隔**，配电间隔各部分的结构尺寸，首先要满足**最小安全净距**要求，同时要考虑设备操作、检修以及设备之间结构配合的要求。

### 1. 屋内配电装置的安全净距

表 6-1 屋内配电装置的安全净距 mm

符号	适用范围	额定电压 (kV)									
		3	6	10	15	20	35	60	110J	110	220J
A <sub>1</sub>	(1) 带电部分至接地之间； (2) 网状和板状遮栏向上延伸线距地 2.3m 处，与遮栏上方带电部分之间	75	100	125	150	180	300	550	850	950	1800
A <sub>2</sub>	(1) 不同相的带电部分之间； (2) 断路器和隔离开关的断口两侧带电部分之间	75	100	125	150	180	300	550	900	1000	2000
B <sub>1</sub>	(1) 栅状遮栏至带电部分之间； (2) 交叉的不同时停电检修的无遮栏带电部分之间	825	850	875	900	930	1050	1300	1600	1700	2550
B <sub>2</sub>	网状遮栏至带电部分之间	175	200	225	250	280	400	650	950	1050	1900
C	无遮栏裸导体至地（楼）面之间	2375	2400	2425	2450	2480	2600	2850	3150	3250	4100
D	平行的不同时停点检修的无遮栏裸导体之间	1875	1900	1925	1950	1980	2100	2350	2650	2750	3600
E	通向屋外的出线套管至屋外通道的路面	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4500	5000	5000	5500

注 J 指中性点直接接地系统。



## 2. 屋内配电装置的配置与结构

配电装置各配电间隔的配置应与电气主接线的各条电路相对应，把电源进线、馈出线及其他电路合理分配在间隔中。

在进行各间隔布置时，应注意一段母线的故障不致影响到另一分段母线的正常工作，将电源进线布置在母线的中部以减小母线的工作电流，还应考虑馈出线出线的方便。

下面分别以25 kV牵引侧网栅结构屋内配电装置和10-35 kV成套配电装置为例分析其结构、布置方式与原则。

根据不同的接线功能，高压开关柜中的电路可以有多种，表5.2为部分高压开关柜电路的方案原理图。



表 5.2 开关柜一次线路方案

一次线路方案编号		01	02	03	04
一次线路方案					
主要电器元件	ZN42-27.5 真空断路器	1	1	1	1
	CB-35Q 穿墙套管 CMZ3-35B	1	1		1
	LZBJ <sub>1</sub> -27.5 电流互感器	1	1	1	1
说 明		进(出)线	进(出)线	左(右)联	进(出)线 左(右)联
柜 宽		800	800	800	800
一次线路方案编号		05	06	07	08
一次线路方案					
主要电器元件	ZN42-27.5 真空断路器	1			
	CB-35Q 穿墙套管 CMZ3-35B	1		1	1
	JDJ <sub>2</sub> -27.5 电压互感器		1	1	1
	LZBJ <sub>1</sub> -27.5 电流互感器	1			
	RN <sub>2</sub> -35 熔断器		1	1	1
说 明		进(出)线, 左(右)联	电压互感器 TV	进(出)线 TV	进(出)线, TV
柜 宽		800	800	800	800

续表 5.2

一次线路方案编号		09	10	11	12
一次线路方案					
主要电器元件	ZN42-27.5 真空断路器	1	1	1	1
	CB-35Q 穿墙套管 CMZ3-35B	1	1		
	LZBJ <sub>1</sub> -27.5 电流互感器	1	1	1	1
说 明		进(出)线	进(出)线	左(右)联	左(右)联
柜 宽		800	800	800	800
一次线路方案编号		13	14	15	16
一次线路方案					
主要电器元件	ZN42-27.5 真空断路器	1	1		
	CB-35Q 穿墙套管 CMZ3-35B	1	1		1
	JDJ <sub>2</sub> -27.5 电压互感器			1	1
	RN2-35 熔断器			1	1
	LZBJ <sub>1</sub> -27.5 电流互感器	1	1		
说 明		进(出)线 左(右)联	进(出)线 左(右)联	电压互感器 TV	进(出)线 TV
柜 宽		800	800	800	800

## (一) 25 kV网栅结构屋内配电装置

在图5.2所示的双列布置配电装置中，把进线断路器、互感器、避雷器、馈线断路器、自用变压器等间隔，依据电器连接顺序分别布置在操作通道的两侧(前列和后列)，从空间上分隔线路的引入和馈出，使设备维护方便。

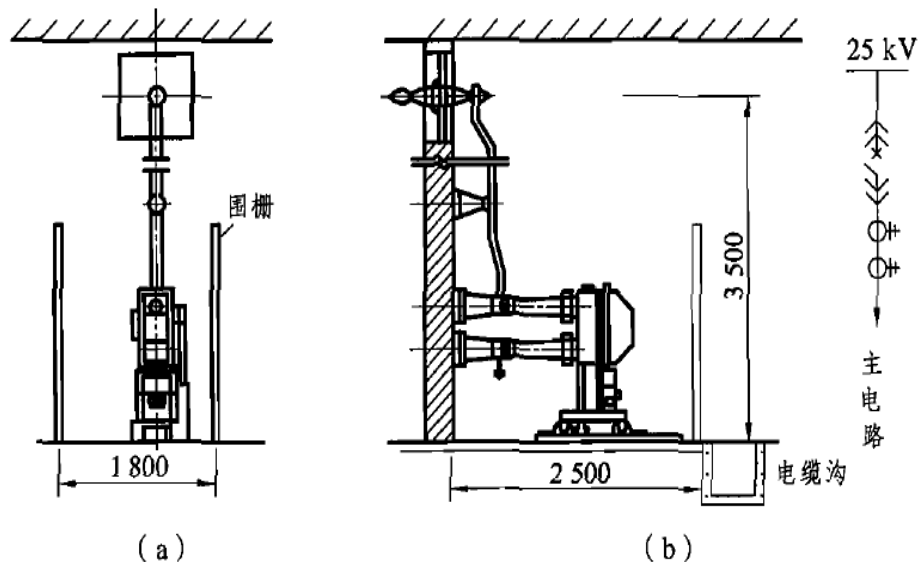
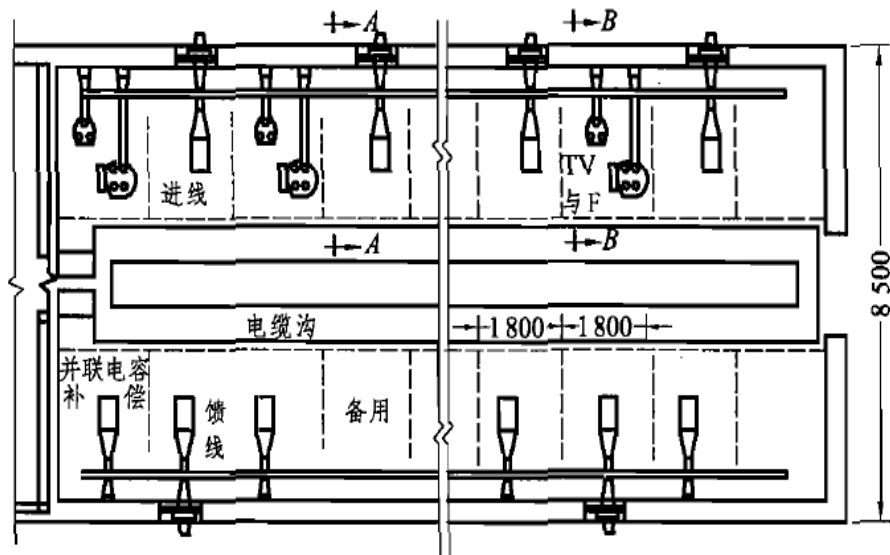


图 5.2 25 kV 屋内配电装置平面布置图 (单位: mm)

图 5.3 25 kV 手车式气体断路器配电间隔 (断面 A—A)

表 5.3 25 kV 配电装置室内各种通道的最小宽度

单位: mm

通道种类 布置方式	维护通道	操作通道	
		固定式	手车式
设备单列布置	800	1 500	单车长 + 1 200
设备双列布置	1 000	2 000	双车长 + 900

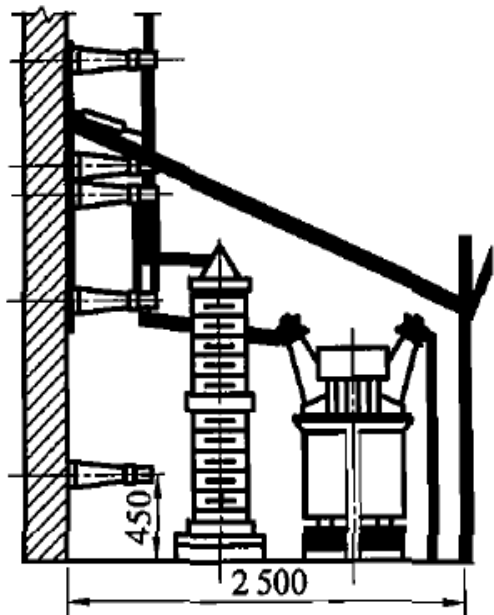


图 5.4 电压互感器、避雷器配  
电间隔断面图 (断面 B—B)

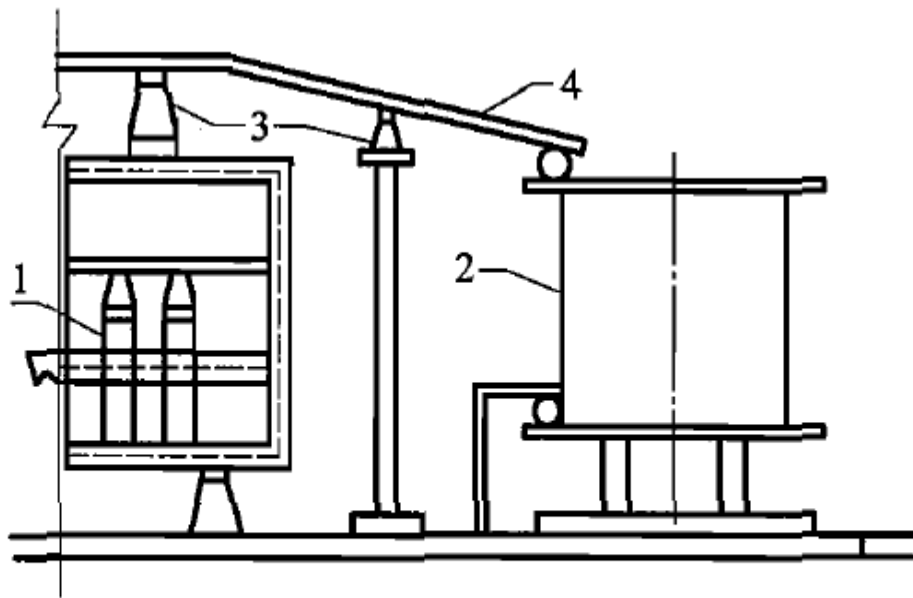


图 5.5 电容器组与电抗器布置断面图

1—电容器；2—电抗器；3—支持绝缘子；4—母线

图5.4为电压互感器、避雷器间隔的断面图。隔离开关的操动机构安装在隔离栅栏立面的控制板上，各高压电器的控制箱也安装在隔离栅栏立面上。

图5.5为并联补偿或滤波用电容器组，一般设置在房屋的二层，由底层配电装置室的电容器组断路器、配电间断路器对它进行控制。电容器组采用高层角钢结构组装，以减少占地面积。电抗器单独安装在水泥基础上，两者间应有一定距离。室内安装的电容器和电抗器应设金属网栅防护，而且应有良好的通风设施，并便于检查维护。

## (二) 25 kV成套配电装置

根据交流电力牵引单相负荷、主接线和负荷特点，由工厂设计组装的25 kV成套配电装置也适用于25 kV屋内配电系统。它是采用金属结构的封闭柜体，按不同的单元主接线方案，构成由对应电器元件和电气设备组成的配电单元(开关柜)，供使用单位设计时选用。

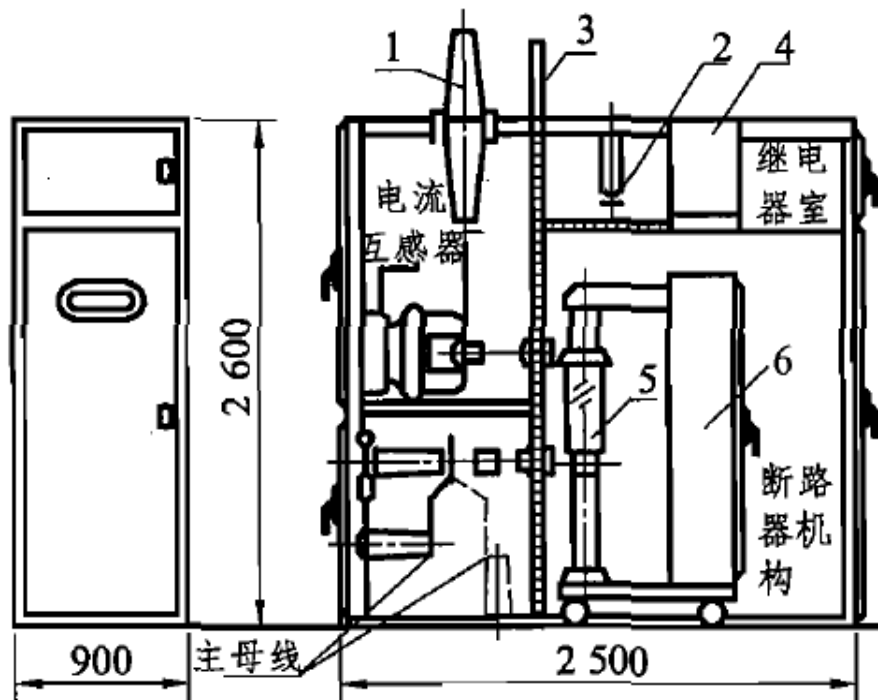


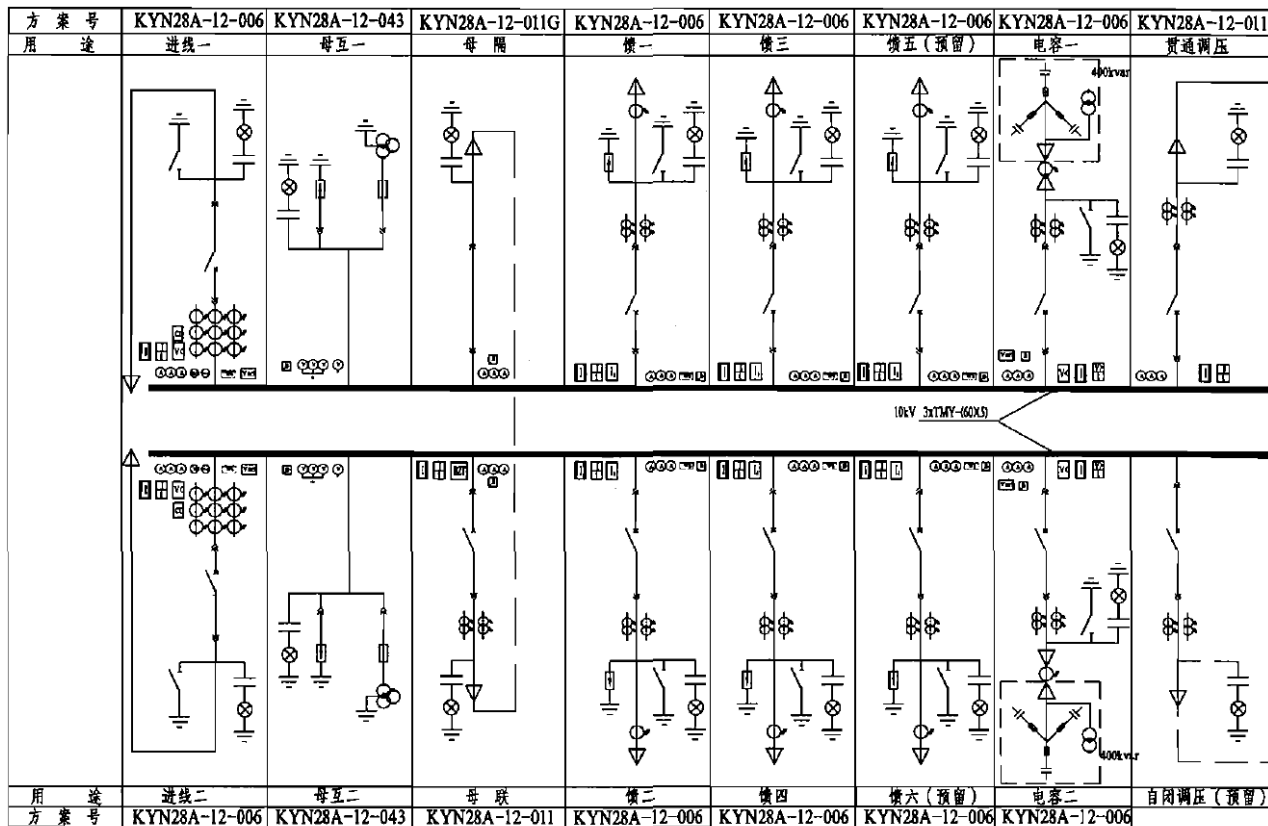
图 5.6 25 kV 高压开关柜 (手车式)

1—进线套管；2—旁路母线；3—挡板；4—二次电缆室；5—真空断路器；6—操动机构

图5.6是25 kV真空断路器开关柜典型结构图。整个开关柜由柜体与手车两大部分组成，柜体分隔为手车室、母线室(或进、馈线与电流互感器室)、二次电缆室、继电器室等，各室之间用绝缘材料板或金属板互相隔开，手车分为断路器手车、避雷器手车、电压互感器手车、所用变压器手车等。

### (三) 10-35 kV高压开关柜

交流牵引变电所10-35kV地区负荷和地铁、城市轻轨交通直流牵引变电所、供电变电所以及降压变电所等的电源进线、出线高压交流三相配电系统，广泛采用10-35 kV高压开关柜组成的成套配电装置。



在高压开关柜的设计生产时，要满足对配电装置的“五防”要求：防止带接地线合闸；防止误入带电间隔；防止带电挂接地线；防止带负荷合隔离开关；防止带负荷分隔离开关。

图 5.7 某 10 kV 配电装置主接线图（局部）

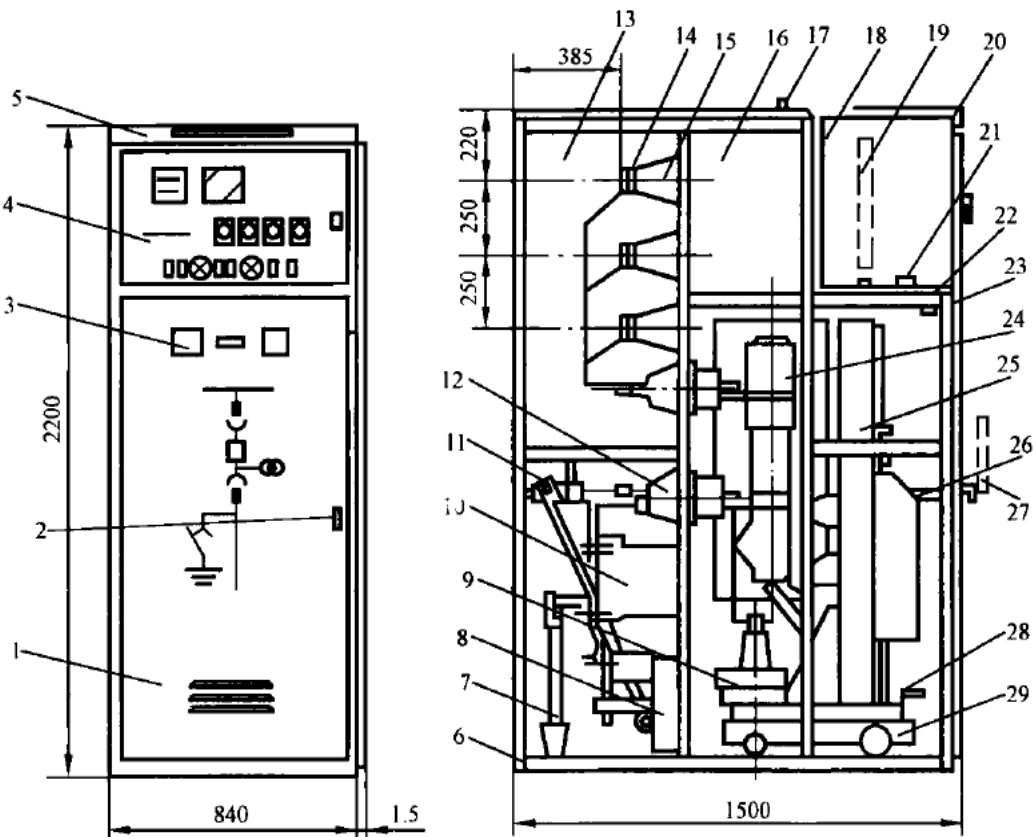


图 7-17 JYN2-10/01~05 型高压开关柜内部结构示意图

1—手车室门；2—门锁；3—视察窗；4—仪表板；5—用途标牌；6—接地母线；7—一次电缆；8—接地开关；9—电压互感器；10—电流互感器；11—电缆室；12—一次触头隔离罩；13—母线室；14—一次母线；15—母线绝缘子；16—排气通道；17—吊环；18—继电器仪表室；19—继电器屏；20—小母线室；21—端子排；22—减振器；23—二次插头座；24—少油断路器；25—断路器手车；26—手车室；27—接地开关操作棒；28—脚踏锁定跳闸机构；29—手车推进机构扣攀

JYN2-10型为金属封闭间隔型移开式户内高压开关柜，其内部结构示意图如图7-17所示。

(1)主母线室13。

主母线室13位于柜后上部，室内装有主母线14、支持绝缘子15和母线侧隔离静触头。柜后上封板装有视察窗、电压显示灯，当母线带电时灯亮，不能拆卸上封板。

(2)手车室26。手车室26位于柜前下部，门上有视察窗3、模拟接线。少油断路器24、电压互感器9装于手车25上。手车底部有4只滚轮、导向装置，能沿水平方向移动，还装有接地触头、脚踏锁定机构等。

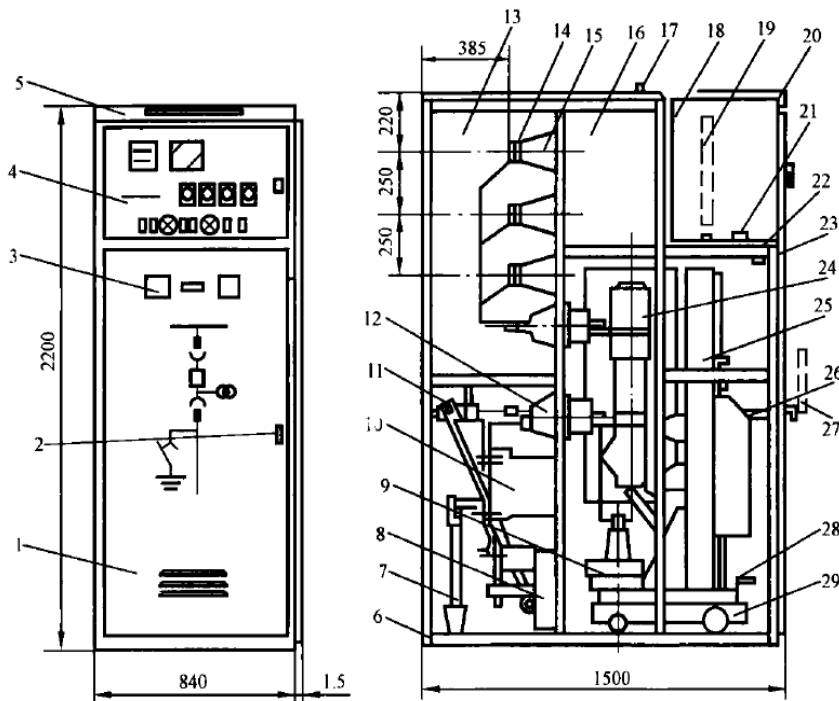


图 7-17 JYN2-10/01~05 型高压开关柜内部结构示意图

1—手车室门；2—门锁；3—视察窗；4—仪表板；5—用途标牌；6—接地母线；7—一次电缆；8—接地开关；9—电压互感器；10—电流互感器；11—电缆室；12—一次触头隔离罩；13—母线室；14—一次母线；15—母线绝缘子；16—排气通道；17—吊环；18—继电器仪表室；19—继电器屏；20—小母线室；21—端子排；22—减震器；23—二次插头座；24—少油断路器；25—断路器手车；26—手车室；27—接地开关操作棒；28—脚踏锁定跳闸机构；29—手车推进机构扣攀

设置有联锁，只有断路器处于分闸位置时，手车才能拉出或插入，防止带负荷分合隔离触头；只有断路器分闸、手车拉出后，接地开关8才能合上，防止带电合接地开关；接地开关合上后，手车推不到工作位置，可防止带接地开关合闸。当手车在工作位置时，断路器经隔离插头与母线和出线接通；检修时，将手车拉出柜外，动、静触头分离，一次触头隔离罩自动关闭，起安全隔离作用。当急需恢复供电时立即换上备用小车。手车与柜相连的二次线采用插头23连接。



(3)出线电缆室1I。出线电缆室II位于柜后下部，室内装有出线侧隔离静触头12、电流互感器10、引出电缆7(或硬母线)及接地开关8。柜后下封板与接地开关有联锁，接地开关合上后才能打开。

(4)继电器仪表室18。继电器仪表室18经减振器22固定于柜前上部，小室门上装有测量仪表、按钮、信号灯和继电保护用的连接片(俗称压板)等，小室内有继电器屏19，端子排21。

(5)小母线室20。小母线室20位于柜顶前部，室内装有各种小母线(合闸、控制、各种信号等直流小母线和电压互感器二次侧的三相交流电压小母线)。在主母线室和继电器仪表室之间设有断路器的排气通道16。

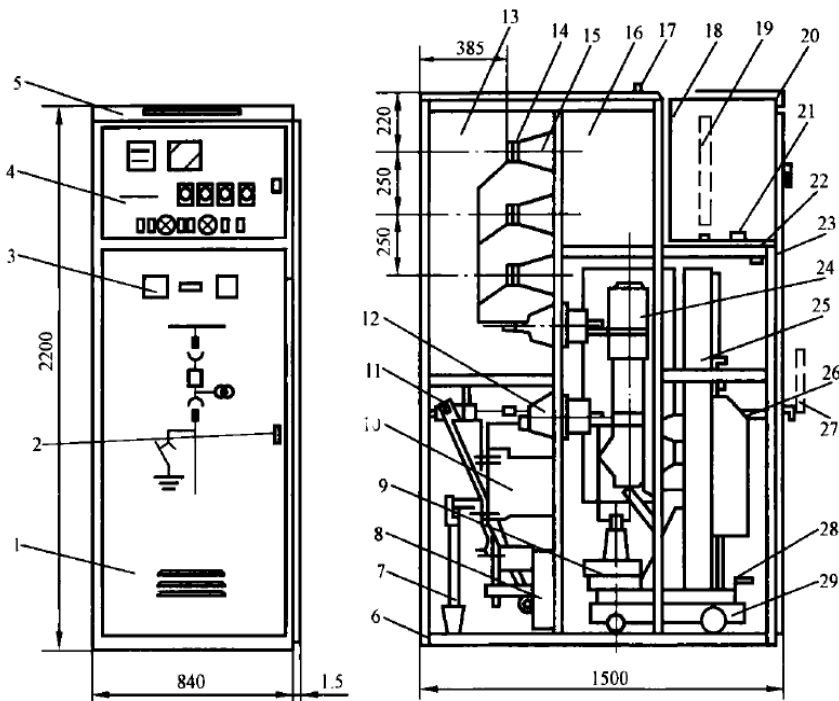


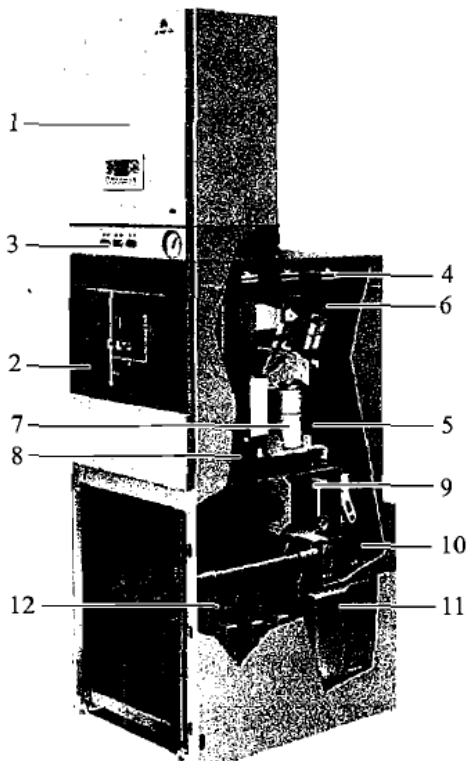
图 7-17 JYN2-10/01~05 型高压开关柜内部结构示意图

1—手车室门；2—门锁；3—视察窗；4—仪表板；5—用途标牌；6—接地母线；7—一次电缆；8—接地开关；9—电压互感器；10—电流互感器；11—电缆室；12—一次触头隔离罩；13—母线室；14—一次母线；15—母线绝缘子；16—排气通道；17—吊环；18—继电器仪表室；19—继电器屏；20—小母线室；21—端子排；22—减振器；23—二次插头座；24—少油断路器；25—断路器手车；26—手车室；27—接地开关操作棒；28—脚踏锁定跳闸机构；29—手车推进机构扣攀



### (四) SF6全封闭组合电器(GIS)配电装置

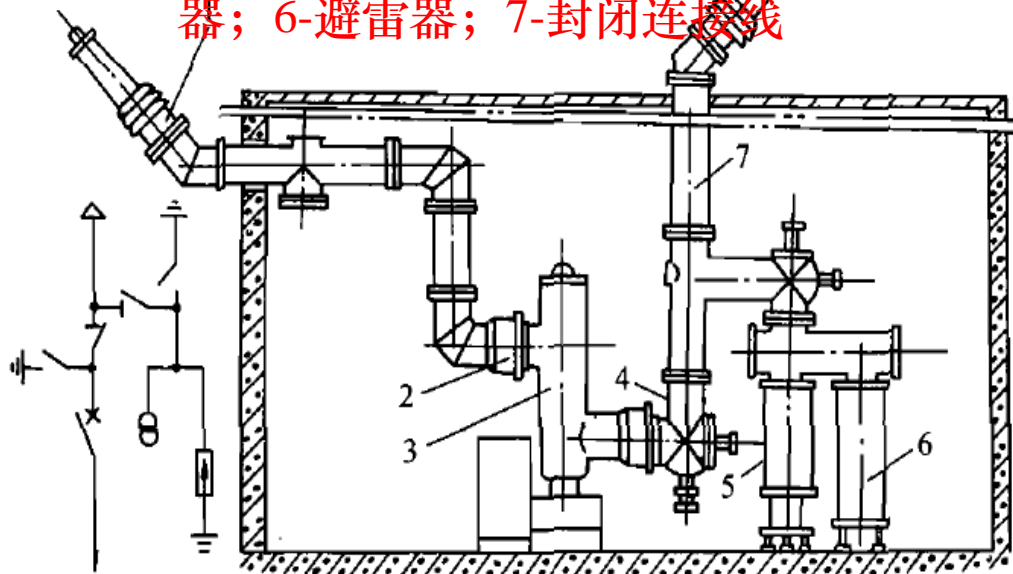
SF6全封闭组合电器配电装置，是由不同的SF6全封闭组合电器标准组件为主体，组成的新型屋内成套配电装置。SF6全封闭组合电器是以SF6气体作为绝缘和灭弧介质，用优质环氧树脂绝缘子作支撑，全部电器元件组合在封闭金属壳体内的一种装置。组成SF6全封闭组合电器的标准元件有：母线、隔离开关和接地隔离开关、断路器、电流和电压互感器、避雷器、电缆终端(或出线套管)等。



1-低压室；2-操作指示面板；3-仪表盘；4-母线；5-气室；6-隔离开关；7-真空断路器；8-接地开关；9-电流互感器(气室外)；10-泄压装置；11电压互感器(回路侧)；12-带T形插拔电缆(盖板可移开)

35kV GIS全封闭组合电器结构

1-充气套管；2-电流互感器；3-断路器；4-隔离/接地开关；5-电压互感器；6-避雷器；7-封闭连接线



220kV GIS结构布置



**SF6全封闭组合电器成套配电装置具有以下优点：**(1)缩小了占地面积与空间体积。110kV单母线结构配电单元采用SF6组合电器装置占地面积和空间分别减小24%和16%，电压越高，效果越显著。(2)全封闭式组合电器运行可靠，维修方便。由于全部电器设备封闭于接地外壳中，减少了自然环境条件对设备的影响，可避免许多事故，使运行维护人员的工作更加安全。(3)配电装置施工工程量小，可加快建设速度。(4)消除了对继电保护、二次线系统的电磁干扰，抗振性能好。

**SF6全封闭组合电器配电装置的缺点是：**(1)它对材料性能、加工装配工艺和密封技术要求都很高，工件上任何毛刺、油污和铁屑都会造成电场不均，导致SF6抗电强度大为下降。(2)需有专门的SF6气体系统和压力监视装置，且对SF6气体纯度和含水量都有严格要求和水分监测，需要配备专门的SF6气体回收和充气设备。(3)金属消耗量大，设备投资较高。

SF6全封闭组合电器配电装置应用范围为110 kV及以上电压，并在下列情况下采用：①城市中心区、隧洞内或险峻山区的变电所或地下变电所；②地处严重污秽、海滨、高海拔和气象环境恶劣地区的变电所，且经技术经济比较合理。

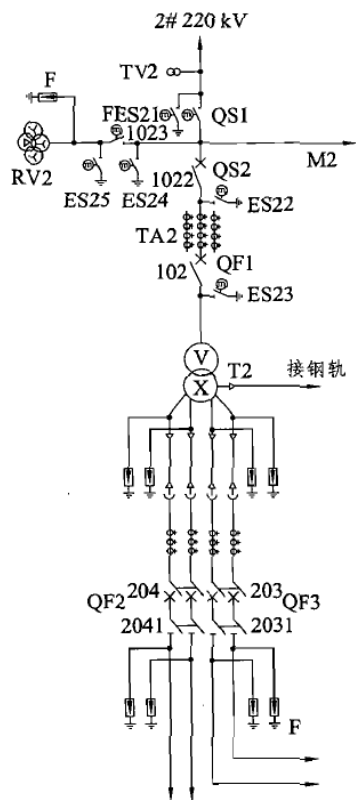


图 5.11 高速铁路牵引变电所电源进线-主变压器单元电气主接线(局部)  
ES、FES—接地 闸刀开关和故障关合接地开关

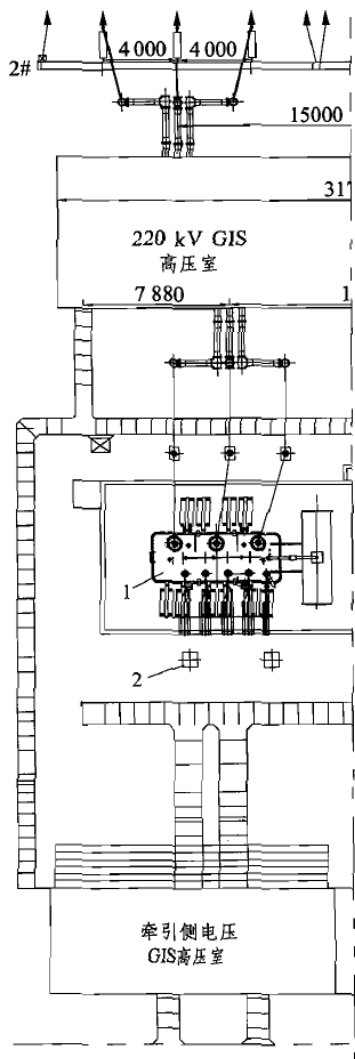
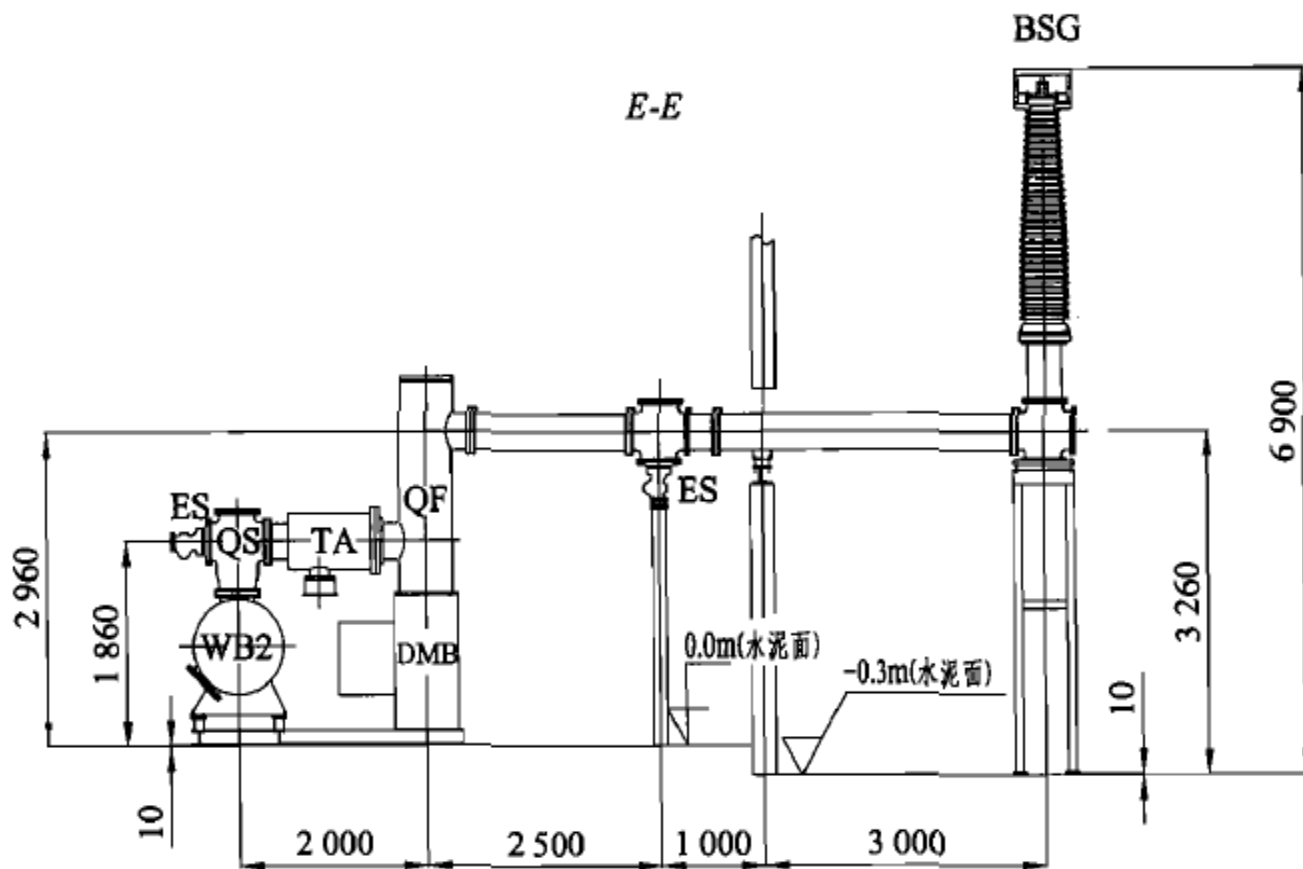


图 5.12 与图 5.11 对应的电源进线-主变压器配电间隔平面布置图  
(单位: mm)

图5.11为高速铁路某牵引变电所一组220 kV进线-主变压器配电间隔的电气主接线(该牵引变电所共有两个进线间隔),除牵引变压器外,所有的高压电器设备均采用户内布置。该牵引变电所进线电压为220 kV电压等级,主接线为“双T”接线。进线隔离开关、断路器、母线、互感器、避雷器等高压电器设备系采用图5.10所示SF6全封闭组合电器,电源进线采用架空引入,220 kV配电装置与牵引主变压器之间采用架空导线连接。

该牵引变电所为AT供电方式,牵引侧采用单母线分段接线,主变压器低压侧断路器、馈线断路器及隔离开关均采用单相双极开关,主接线中标明了对电路进行的间隔划分,牵引侧配电装置采用GIS组合电器拼接而成,配电装置与牵引主变压器之间采用电缆连接,利用电缆连接馈线断路器柜体与上网户内隔离开关。



(d) 母线与牵引变压器连接单元断面图

图 5.13 220 kV 侧配电装置平面布置图断面图 (单位: mm)

QF—断路器, DMB—断路器机构箱, QS—隔离开关, ES—接地开关; WB—主母线, FES—故障关合接地开关,  
 TA—电流互感器, TV—电压互感器; F—避雷器, BSG—套管, LCP—就地控制柜



### 三. 屋外配电装置

屋外配电装置按电气设备和母线布置的高度和层次结构，可分为中型、半高型和高型等几种。

中型装置的所有电器安装在同一平面内，母线则采用悬挂在较高支架上的软导线。这种装置的结构简单清晰，在我国得到了广泛应用。在高型和半高型配电装置中，电器和母线分别安装在几个不同高度的水平面上，并采用重叠布置方式。若将母线重叠布置，则称为高型配电装置。若仅将母线与断路器、电流互感器等重叠布置，则称为半高型配电装置。高型与半高型配电装置因设备布置紧凑，可大量节省占地面积，但结构复杂，操作不甚方便。虽然如此，近年来仍在地形条件限制的许多场合中得到应用。

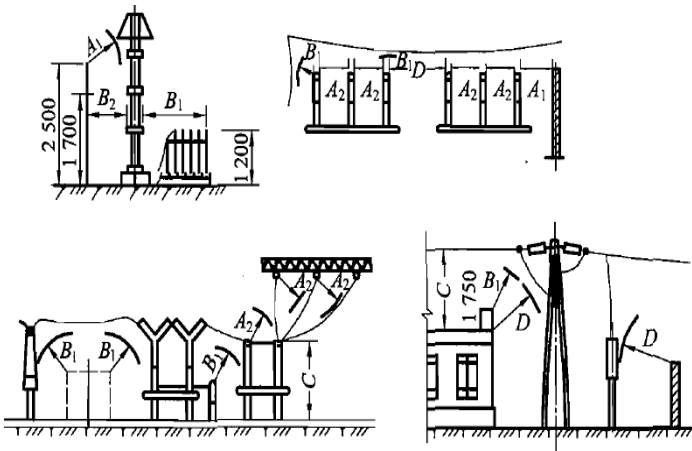
屋外配电装置的布置及结构与电压等级、电器接线形式、母线套数、架构的结构方式等因素有关，装置的结构尺寸、距离，则和屋内配电装置相似，是由最小安全净距确定的。

# 1. 屋外配电装置的安全净距

表 6-2

屋外配电装置的安全净距

mm



符号	适用范围	额定电压 (kV)									
		3~10	15~20	35	60	110J	110	220J	330J	500J	750J
A <sub>1</sub>	(1) 带电部分至接地之间; (2) 网状遮栏向上延伸线距地 2.5m 处, 与遮栏上方带电部分之间	200	300	400	650	900	1000	1800	2500	3800	4800
A <sub>2</sub>	(1) 不同相的带电部分之间; (2) 断路器和隔离开关的断口两侧引线带电部分之间	200	300	400	650	1000	1100	2000	2800	4300	7200
B <sub>1</sub>	(1) 设备运输时, 其外廓至无遮栏带电部分之间; (2) 交叉的不同时停电检修的无遮栏带电部分之间; (3) 栅状遮栏至绝缘体和带电部分之间; (4) 带电作业时的带电部分至接地部分之间	950	1050	1150	1400	1650	1750	2550	3250	4550	6250
B <sub>2</sub>	网状遮栏至带电部分之间	300	400	500	750	1000	1100	1900	2600	3900	5600
C	(1) 无遮栏裸导体至地面之间; (2) 无遮栏裸导体至建筑物、构筑物顶部之间	2700	2800	2900	3100	3400	3500	4300	5000	7500	12000
D	(1) 平行的不同时停电检修的无遮栏带电体之间; (2) 带电部分与建筑物、构筑物的边沿部分之间	2200	2300	2400	2600	2900	3000	3800	4500	5800	7500



## 2. 屋外配电装置中有关距离、尺寸和对安全性的规定

屋外配电装置受自然条件(包括气象、环境和灾害等)和不同工作状态的影响很大, 配电装置的布置和导体、电器、架构的选择应满足在当地环境条件下正常运行、安装维修、短路和过电压状态下的要求, 并应不危及人身和周围设备的安全。

### (一) 屋外配电装置的有关距离、尺寸

综合考虑安装、维修、运行时的安全等因素, 保证在不同工作条件下, 仍能满足上述安全净距的要求。屋外安装的电气设备和电器, 其外绝缘体最低部位距地面小于2.5m时, 应设有固定遮栏, 以保证人员安全。

### (二) 导体和各种绝缘子、套管的安全系数

在正常运行和短路时, 电器引线的最大作用力不应大于电器端子允许的荷载。室外配电装置的导体、套管、绝缘子和金具, 应根据当地气象条件和不同受力状态进行力学计算。

### (三) 不同环境下绝缘子、设备外绝缘、电气设备安装、架构等的强度问题

对于空气污秽地区及高海拔地区的屋外配电装置中的电气设备外绝缘、绝缘子串抗电强度, 应按不同污秽等级来提高相应的外绝缘标准, 以加强污秽地区的瓷绝缘强度。



### 3. 屋外配电装置的结构和布置

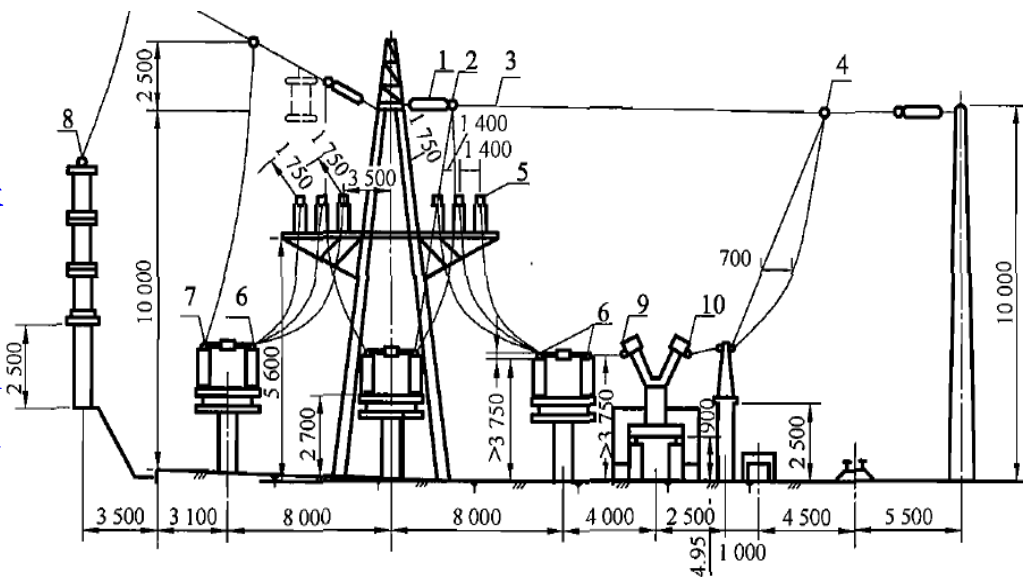
屋外配电装置的结构形式与电气接线图、电压等级、容量、重要性以及母线、开关设备和架构类型等有密切关系。屋外配电装置是由包括进线间隔(单元电路)、变压器间隔等配电间隔组成的。每个配电间隔包括电气接线图一条电路的全部电器与导体。

屋外配电装置平面布置中各种间隔的配置应注意下列各点：①电源进(出)线应与变压器进线对称，即在变压器间隔邻近处配置电源进(出)线间隔，尽量使母线各段通过的电流比较均匀，并将电源处于母线中间位置；②应使设备布置整齐，维护方便，出线尽可能避免交叉；③为缩小占地面积，应采用将电压互感器和避雷器间隔布置在变压器进线或出线间隔延长端的方式，并使避雷器尽可能靠近变压器；④两个汇流母线架构间接入的配电间隔不要超过3-4个，为了保证安全可靠，不宜把两个变压器进线间隔都配置在一个汇流母线跨距内。

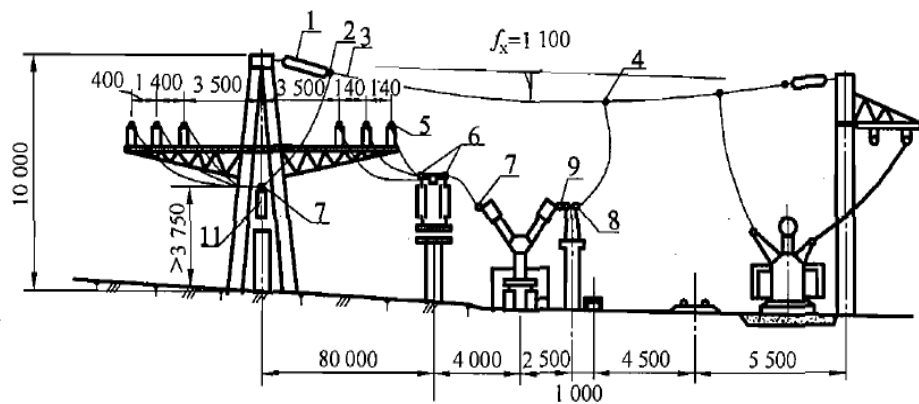
架构、电气设备和母线布置结构的若干问题简述如下：

(1) 屋外配电装置的架构可采用钢结构或钢筋混凝土结构。

(2) 母线种类及母线的悬挂支持方式有下列两种:汇流母线和旁路母线采用铝合金管形硬母线，由ZS-110/500型棒式支持绝缘子支持，并与钢结构悬臂梁绝缘。其他配电间隔电路都采用钢铝绞线的软母线，用耐张型悬式绝缘子串悬挂在架构上，绝缘子串的绝缘子个数根据耐压强度的要求，110kV-8个，25-35kV-4个绝缘子串联。



(a) 进、出线间隔断面图



(b) 变压器间隔断面图

图 5.21 110 kV 屋外配电装置配电间隔断面图



(3) 电力变压器安装在钢筋混凝土基础上，基础的高度由变压器运输方式确定。对于油量大于1000kg的变压器下面应设有蓄油坑，坑内铺设厚度不小于25cm的碎石层，蓄油坑尺寸较变压器四周外部轮廓尺寸各超出1m，以便在变压器事故爆炸时防止油的流散和燃烧，蓄油坑并设有排油管。

(4) 气体断路器有低式和高式两种布置方式。低式布置的断路器安装在0.5-1m的混凝土的基础上，其优点是检修方便，抗振性能好，但需设置围栏。高型布置的断路器则安装在高2m的基础上。电流互感器、电压互感器、隔离开关等均安装在2.5m以上的专门支架上，以便运行检修人员在电气设备之间的连接导线下面可以安全通过。

(5) 电缆沟的配置，应使从控制室引至各种电气设备的操作、信号、电力电缆走向的路径最短。

(6) 屋外配电装置中为防止过电压的危害，设有避雷针、避雷器等过压保护设备。因绝缘水平、保护范围、雷电流引流对接地装置的要求，避雷针一般应安装在变电所四周的专门杆塔上，有时也允许安装在110kV及以上电压的进、出线架构上(但需单独装设集中引流接地极)，避雷针与高压电气设备之间应该满足安全距离要求，高压电气设备与避雷针的距离不小于5m。





## 四. 预装式变电所

### 1. 预装式变电所概述

预装式变电所，也称箱变或箱式变电所，是一种把供变电工程的接线方案进行划分而形成特定的功能间隔，把相应功能间隔中的高/低压电器设备在工厂中生产组装成为具有完整变电所功能的配电装置。预装式变电所一般安装于户外，箱体有金属或混凝土结构。

早在20世纪60年代，预装式变电所在国外已经得到应用，现在更是得到了广泛应用。在我国，随着高压电网进入城市中心，形成了高压受电、降压、配电的供电模式，预装式变电所的应用范围也在逐步扩大。

相对于常规的土建变电所，预装式变电所具有以下特点：

(1)箱变在工厂完成设计、制造、安装和内部电气接线，完成各间隔(单元)的功能检查和试验。(2)箱变经过工厂的出厂试验，包括高压设备工频耐压试验、辅助回路的耐受电压试验、控制系统的联动试验、保护系统的整定试验、互感器的变比和极性检查等。(3)箱变都需要经过规定的型式试验考核。(4)箱变设计安装紧凑，占地面积和占用空间小，节省占地和土建费用，施工和建安工作量小。箱变运抵现场后，经过吊装、进线连接、馈出线连接后即可带电运行，施工周期短。



根据产品结构及采用元器件的不同，箱变分为欧式箱变和美式箱变两种典型风格。在结构上采用高、低压开关柜和变压器组合方式，这种箱变称为欧式箱变；在结构上将负荷开关、环网开关和熔断器结构放入变压器油箱浸在油中，避雷器也采用油浸式氧化锌避雷器，变压器取消油枕，油箱及散热器暴露在空气中，这种箱变称为美式箱变。从体积上看，欧式箱变由于内部安装常规开关柜及变压器，其体积较大，而美式箱变由于采用一体化安装，其体积较小。以下主要针对欧式箱变进行介绍。

目前，标准的箱变高压侧电压为40.5 kV、12 kV，低压侧电压为0.4 kV。40.5 kV箱变容量一般在2000kV·A以下，12 kV箱变容量一般在1250kV·A以下，高压侧一般配装负荷开关加熔断器的组合电器，也有配装断路器柜的情况。除了标准箱变，某些配电装置(如开闭所)也按照箱变工艺在工厂中生产，电气化铁路的分区所、开闭所等也存在按照箱变工艺生产的情况。



## 2. 预装式变电所的结构特点

箱变一般安装于户外，在结构设计时需要考虑：防凝露，在各种开关设备、支持绝缘子等表面出现凝露情况将有可能引起闪络放电；防腐蚀；防爆。

根据需要，高压室内的开关设备可设计成环网供电、终端供电、双电源供电等多种供电方式。电力变压器是箱变的重要部件，根据用户情况，可以配置油浸式电力变压器和干式电力变压器，在箱变内配置的油浸式变压器通常为全密封式变压器。这种变压器整体为全密封式结构，没有单独的储油柜，其高度比非密封式变压器低。干式变压器的主要特点是阻燃防爆、防潮性能好、损耗低。

箱变的进线和出线方式有两种：架空线方式和电缆方式。架空线方式的进线和出线结构与土建变电所相似。采用电缆供电方式，可有效降低占地面积，电缆与箱变内一次设备的连接通过电缆分接箱(也称转接箱)完成。电缆分接箱有户外型、户内型和地埋型。电缆分接箱要求有很好的密封性、防止水分浸入、防止虫害。电缆分接箱按其内部是否含开关设备分为两类：第一类不含任何开关设备，仅含预制式接插器件；第二类除接插器件外，还同时装设了各种开关设备，如负荷开关、负荷开关—熔断器组合电器、环网柜及断路器等。第一类电缆分接箱的功能是在用电点增加电缆分支，如果电缆分支点较多，由于电缆出线没有设置开关电器，当某一电缆回路出现故障时，必将影响到系统运行的安全性。针对第一类电缆分接箱存在的不足，第二类电缆分接箱设置了开关设备，用于对回路故障的切除、馈电线路退出运行。在电缆分接箱中设置有电缆接入器件，也称可分离接插件。

我国电气化铁路电力、牵引供电系统中，变(配)电所、开闭所、分区所等，也逐步应用了箱变技术，图5.26为某分区所主接线图，该分区所的布置如图5.27所示。

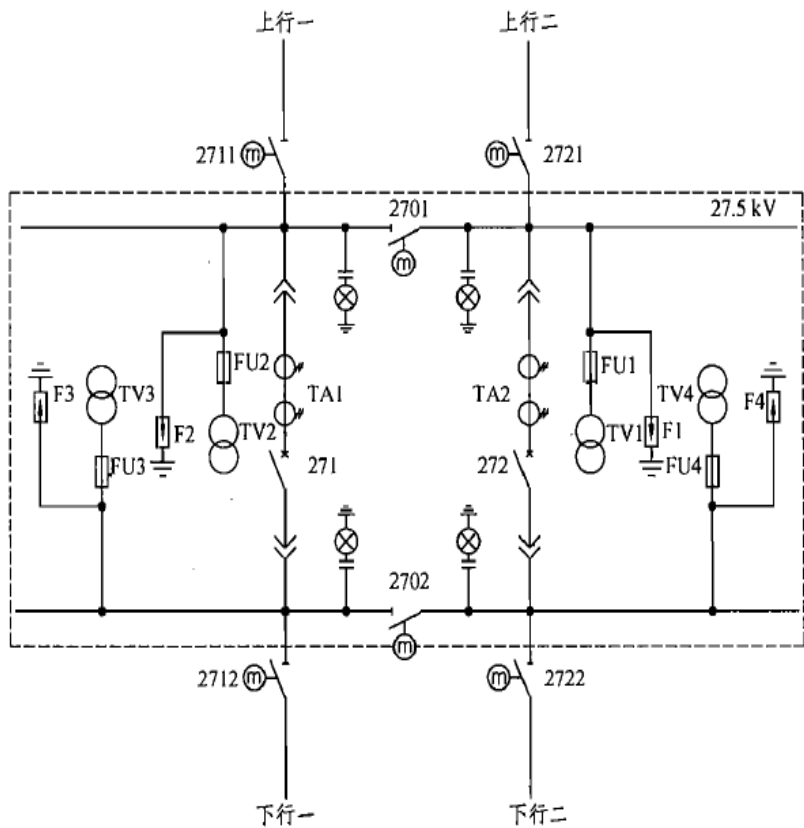


图 5.26 某分区所主接线图

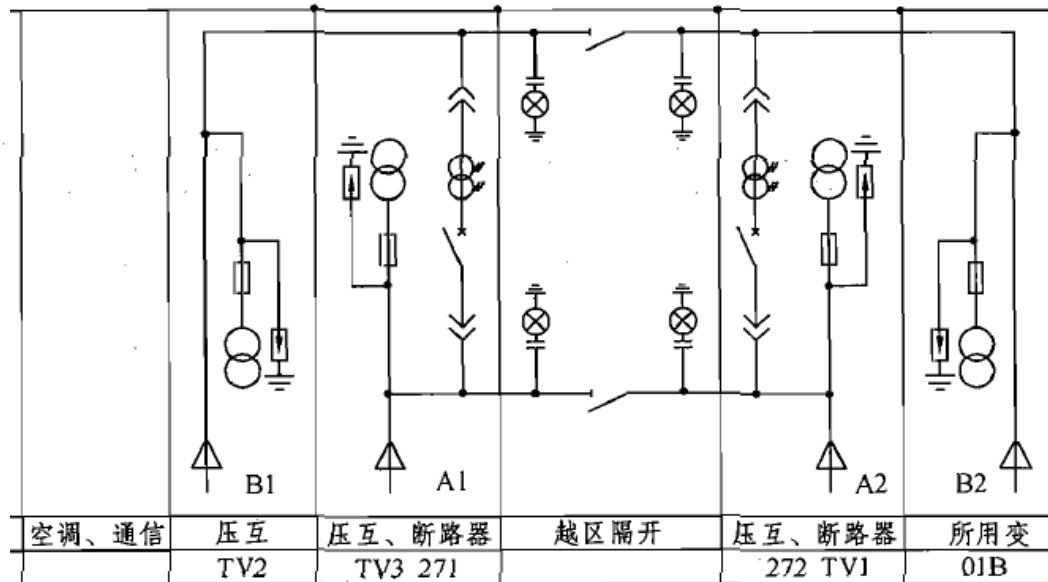


图 5.27 某分区所间隔划分图



# 第五章 高压配电装置

**结束**