

变电所电气设备的 安装及调试

(上册)

山东工学院电力系编



变电所电气设备的安装及調試

《变电所电气设备的安装及调试》

编 写 组

山东即墨印刷厂印刷

列 宁 语 录

只懂得什么是电力化还不够，还应该懂得怎样在技术上把电力应用到工农业上去，应用到工农业的各个部门上去。每个人必须学会，并且必须教导一切劳动青年都学会。

毛 主 席 语 录

千万不要忘记阶级斗争。

文化大革命是干什么的？是阶级斗争嘛。刘少奇说阶级斗争熄灭论，他自己就不是熄灭，他要保护他那一堆叛徒、死党。林彪要打倒无产阶级，搞政变。熄灭了吗？

以农业为基础，以工业为主导。

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

教育必须为无产阶级政治服务，必须同生产劳动相结合。

前 言

在毛主席无产阶级革命路线指引下，在无产阶级文化大革命的推动下，随着我们伟大社会主义祖国各项建设事业的迅速发展，我省电力建设事业出现了新的跃进形势。为适应社会主义革命和社会主义建设事业的大好形势，为满足我省电力建设工程的需要，我们在山东工学院党委和省电力局党委的大力关怀和支持下，继编写“农村电工基本知识”、“农村电力网及变电所”之后，又进行了“变电所电气设备的安装及调试‘和’35—110千伏架空输电线路的施工”两本参考书的编写工作。编写中，根据我省的具体情况，以满足地、县两级电力基建队伍的培训要求为主，适当考虑了发电厂专业工农兵学员参加专业实践的教学需要，同时希望对我省电力系统“七、二一”工人大学的教学工作有一定参考作用。

在编写过程中，省电力设计院、省电力建设第三工程处，济南供局和昌潍地区电力局工程队，为我们提供了参考资料和宝贵意见。在本书的印刷过程中，山东即墨印刷厂，给予以大力支持，在此表示衷心感谢！

由于编写时间短促，以及我们的水平和资料有限，难免有不当之处，欢迎提出批评指正，以便改进。

《变电所电气设备的安装调试》编写组

1 9 7 7 年 6 月

目 录

第一篇 总 论

第一章 变电所概述

- 1—1 变电所的作用及结线图..... (1)
- 1—2 变电所的平面布置..... (3)
- 1—3 变电所的主要设备及图形符号..... (4)

第二章 变电所施工准备

- 2—1 施工组织及管理..... (9)
- 2—2 施工前的准备工作..... (10)
- 2—3 施工中的保安措施..... (11)

第二篇 电力变压器的安装与试验

第三章 电力变压器的原理和构造

- 3—1 概述..... (12)
- 3—2 变压器的工作原理..... (15)
- 3—3 电力变压器的结构..... (26)

第四章 电力变压器安装前的准备

- 4—1 安装工作的程序..... (55)
- 4—2 安装准备工作..... (58)
- 4—3 电力变压器的搬运..... (60)
- 4—4 安装注意事项和质量要求..... (75)

第五章 电力变压器安装

- 5—1 心部检查和试验..... (77)
- 5—2 附件安装..... (89)
- 5—3 绝缘油处理..... (101)

5—4 绝缘干燥.....	(109)
5—5 结尾工作和试运行.....	(119)

第六章 电力变压器参数测试

6—1 变压比测试.....	(129)
6—2 极性和组别测试.....	(130)
6—3 空载电流和空载损耗.....	(132)
6—4 直流电阻.....	(133)
6—5 绝缘电阻和吸收比测试.....	(135)
6—6 介质损失角测试.....	(136)
6—7 电容比测试.....	(139)
6—8 交流耐压试验.....	(140)

第三篇 断路器的安装与调整

第七章 断路器及其安装调试的一般问题

7—1 概述.....	(143)
7—2 断路器的分类.....	(149)
7—3 操动机构分类.....	(150)
7—4 断路器安装调试的一般要求.....	(151)
7—5 断路器安装调试的准备工作.....	(155)

第八章 SW₃—110型少油断路器及其 操动机构的安装与调试

8—1 概述.....	(156)
8—2 结构及工作原理.....	(157)
8—3 运输、开箱及保管.....	(161)
8—4 安装及调整.....	(162)
8—5 维护与检修.....	(166)
8—6 CD ₅ —XG型电磁操动机构.....	(172)
8—7 产品供应.....	(176)

第九章 DW₈—35型多油断路器及其 操动机构的安装与调整

9—1 概述.....	(179)
-------------	---------

9—2 结构及工作原理.....	(179)
9—3 运输、开箱及保管.....	(189)
9—4 安装及调整.....	(191)
9—5 维修和检修.....	(194)
9—6 产品供应.....	(194)

第十章 SN₁₀—10 型少油断路器及其 操动机构的安装与调整

10—1 概述.....	(196)
10—2 断路器及操动机构的结构和工作原理.....	(196)
10—3 断路器的运输、开箱和保管.....	(201)
10—4 断路器及其操动机构的安装与调整.....	(203)

第四篇 高压电气设备的安装

第十一章 母线和电缆的安装

11—1 软母线的安装.....	(212)
11—2 硬母线的安装.....	(227)
11—3 电力电缆的敷设.....	(238)

第十二章 隔离开关的安装及调整

12—1 概述.....	(262)
12—2 安装及调整.....	(265)

第十三章 电流互感器及电压互感器的安装

13—1 概述.....	(271)
13—2 安装前基础及准备工作.....	(272)
13—3 电流互感器的安装.....	(273)
13—4 电压互感器的安装.....	(278)

第十四章 成套开关柜的安装

14—1 概述.....	(283)
14—2 高压开关柜的安装.....	(283)
14—3 开关柜的检查与调整.....	(285)
14—4 结尾工作.....	(286)

目 录

第五篇 二次设备的安装与调试

第十五章 控制、测量、信号回路

15-1 概述	(287)
15-2 断路器的控制和信号回路	(296)
15-3 中央信号和其它信号装置	(302)
15-4 常用测量仪表的接线及校验	(309)
15-5 配电盘的安装	(323)
15-6 二次接线	(326)

第十六章 控制电缆的敷设

16-1 概述	(330)
16-2 控制电缆的敷设	(331)
16-3 控制电缆终端头的制作	(334)

第十七章 继电保护及自动重合闸装置的基本原理

17-1 电网相间短路的电流电压保护	(336)
17-2 电网相间短路的方向电流保护	(348)
17-3 自动重合闸装置的基本原理	(352)
17-4 变压器保护的基本原理	(356)

第十八章 常用继电器的调整与校验

18-1 继电器调整试验工作的主要内容	(366)
18-2 继电器的一般检查	(366)
18-3 DL-10系列电流继电器和DJ-100系列电压继电器的调试	(369)
18-4 GL- $\frac{10}{20}$ 型过电流继电器的调试	(377)
18-5 中间继电器的调试	(383)
18-6 DS- $\frac{110}{220}$ 型时间继电器的调试	(392)
18-7 DX-11型信号继电器的调试	(396)
18-8 GG- $\frac{110}{120}$ 型功率方向继电器的调试	(398)
18-9 BCH-21型差动继电器的调试	(404)
18-10 DT-13型同步检查继电器的调试	(414)
18-11 DH型重合闸继电器的调试	(418)

18—12	瓦斯继电器的调试	(423)
18—13	CJ ¹ 型冲击继电器的调试	(427)

第十九章 继电保护及二次回路整体检验

19—1	现场安装竣工后外部检查	(430)
19—2	二次整组动作试验及相互动作的检验	(430)
19—3	用一次通电压对继电保护装置进行的检验	(431)
19—4	利用一次负荷电流及工作电压对继电保护装置进行的检验	(433)

第六篇 防雷与接地装置的安装

第二十章 变电所的防雷保护

20—1	基本原理	(434)
20—2	保护方式	(436)

第二十一章 避雷器

21—1	阀型避雷器的动作原理及结构	(440)
21—2	避雷的安装与试验	(433)

第二十二章 接地装置

22—1	概述	(446)
22—2	安装前的准备工作	(452)
22—3	接地装置的安装	(455)
22—4	接地装置的检查和涂色	(459)

第七篇 变电所辅助设备的安装

第二十三章 所用电设备的安装

23—1	概述	(465)
23—2	装设补偿电容器的直流系统	(467)
23—3	硅整流设备和补偿电容器的安装	(470)

第二十四章 电力线载波通讯设备的安装与调试

24—1	电力系统调度通讯的一般概念	(472)
24—2	ZJ D—1型电力线载波机	(482)
24—3	电力线载波通讯的高频通道	(502)

第一编 总论

第一章 变电所概述

1—1 变电所的作用及结线图

在电力系统中变电所是发电厂和用户联系的中间环节。它起着变换和分配电能的作用。变电所可按用途分为：升压变电所，降压变电所，联络变电所，工厂企业变电所，农村变电所……等，变电所也可按它在电力系统中的地位而分为：枢纽变电所，穿越变电所，终端变电所。或按供电的范围而分为区域变电所与地方变电所两种。

变电所的结线视其在系统中的地位、用途和一、二次电压值而定。区域变电所的一次电压是330、220、110千伏，二次电压是220、110、35和10或6千伏。区域变电所是电力系统中很重要的部份之一，所以它不仅必须在正常工作状态，而且在事故状态中（例如线路或变压器之一故障时）能保证可靠地供电给用户。因此区域变电所通常由几条线路从不同的电源供电，并装设两台或两台以上的变压器。图1—1示区域变电所的结线。

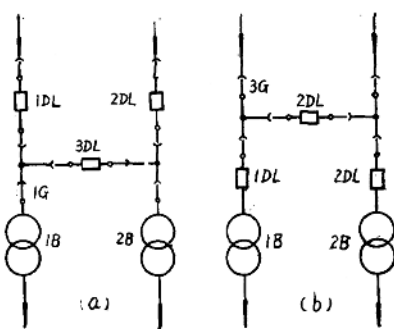
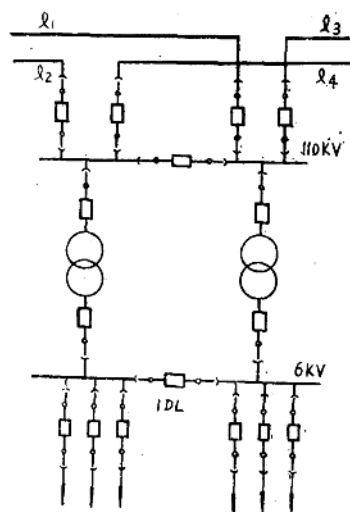


图1—2 桥式结线

(a) —内桥结线 (b) —外桥结线

图1—1 区域变电所结线

图中 l_1 、 l_2 来自某一电源， l_3 、 l_4 来自另一电源。高低压侧都采用单母线分段。二次电压为6千伏或10千伏时，通常供电给不同的工企变电所和城市用户变电所。一般来说，在区域变电所的高压侧通常采用单母线分段，或双母线，有时也可考虑用桥式结线，如图1—2所示。

桥式结线的主要优点是：联接四个元件（二条进线，二台变压器）共用了三台断路

器，配电装置的结构比较简单，因此造价便宜，同时工作时也有一定的可靠性及灵活性，所以在具有两台变压器和二条进线的变电所中被广泛采用。内桥和外桥相比，通常都是采用内桥接线，只有当线路较短，且变压器需要经常切换的情况下，为了便于变压器的切换才采用外桥接线。

当二次电压为6~10千伏时，绝大多数情况下低压侧是采用单母线接线，为了提高对用户供电的可靠性，多采用断路器分段。

地方性变电所的主接线，随其接到系统地点、负荷类别和大小、送电线数目和所装变压器台数而不同；当有较大较重要的负荷时，一般要装两台变压器，并且要有两个电源。如图1—3所示。

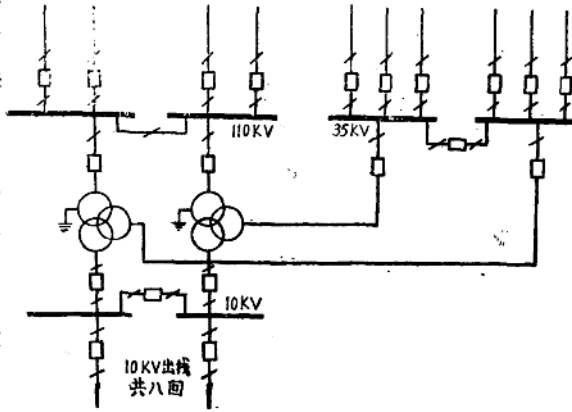


图1—3 地方性变电所接线图

图中110KV侧采用隔离开关分段，35KV和10KV侧因为出线数目较多，而且比较重要，为了提高供电可靠性，采用单母线断路器分段。

对于110KV及以下中小型不很重要的变电所，主接线可采用下列接线方式，如图1—4所示。

由图可见，35千伏侧为单母线，变压器用高压熔断器保护，除熔断器外，变压器还有瓦斯保护，瓦斯保护使三相短路接地开关动作，造成人工接地使电源侧线路保护动作跳电源侧开关，电源侧开关跳开后，接地开关测得接地电流为零时，使快速动作隔离开关 GW5—35KD 快速跳开。电源侧开关可利用自动重合闸合上继续供电。也可将三相短路接地开关接于高压熔断器之后，变压器瓦斯保护动作于三相接地刀闸造成断路，使高压熔断器熔断。10千伏侧采用单母线接线，出线采用户外隔离开关和柱上式油开关。这样可节约投资。但对运行和维

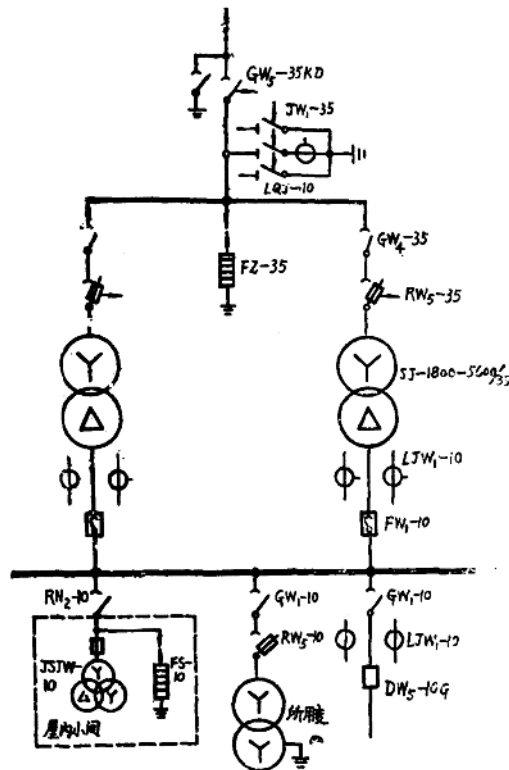


图1—4 单母线接线图

护不便。因此根据具体情况也可将图中10千伏侧改用GG—1A型开关柜的配电结构。

通过以上讨论，可进一步认识到变电所的主结线对其工作是否可靠有很大的关系，我们要求在设备发生故障时，应能把故障限制在一定范围内，保证其余设备的继续工作。另一方面，主结线上所选用开关等设备的数目在保证必要可靠性的前提下，尽量少用。经验证明，接线图选择得愈简单，並尽量减少不必要的设备，就可以减少故障的机会，减少建造费用，因而也就可以取得可靠性和经济性的辩证统一。“具体情况，具体分析”，对于各种不同情况的变电所，采用哪种结线合适，要经过各方面的比较而定。每个变电所的容量不同，变压器的台数不一样，用户用电的多少及输送距离也不完全相同。所以每个变电所的主结线也就不一样，它是根据具体条件制定出来的。总之变电所的主结线是针对具体情况，解决具体矛盾而构成的。

1—2 变电所的平面布置

变电所的系统结线图确定以后，紧接的是要确定配电装置的型式。配电装置是用来接受和分配电能的电气装置，是主接线中各电气设备（包括变压器，开关电器，保护设备，测量设备及联接导体）的实际布置，选择合适的配电装置同样是保证安全供电的重要问题。总的来说，电气布置必须坚决贯彻“备战、备荒、为人民”的伟大战略方针，要求少占农田或不占农田。具体要求电气布置占地面积小，造价低，且运行检修安全方便。也就是说要符合安全、经济、可靠的供电原则。安全应包括两方面，第一是电气设备的安全，电气设备带电体之间及带电体与地之间应保证足够的安全距离，以保证运行的安全，第二是保证人身安全，要保证运行人员与电器设备带电体间有足够的 安全距离。表1—1、1—2列出了屋内外配电装置的最小允许距离。

表1—1 屋内配电装置中最小允许距离（厘米）

额定电压 （千伏）	1~3	6	10	20	35	110
1.不同相导体间及带电部分至接地间(A)	7.5	10	12.5	18	29	80
2.带电部分至无孔遮栏 (B)	10.5	13	15.5	21	32	83
3.带电部分至网状遮栏 (C)	17.5	20	22.5	28	39	90
4.带电部分至栅栏 (D)	50	50	50	70	80	130
5.无遮栏裸导体至地板高度 (F)	250	250	250	275	275	350
6.需要不同时停电检修的无遮栏裸导体间 (E)	200	200	200	220	220	300
7.架空出线至屋顶 (H)	275	275	275	275	275	375
8.架空出线至无道路或不搬运器材的地面 (G)	450	450	450	475	475	550
9.架空出线至有道路或搬运器材的地面 (K)	700	700	700	700	700	700
10.架空出线至屋外配电装置内地面 (L)	300	300	300	300	300	375

表1—2 室外配电装置的最小允许距离（厘米）

额定电压 （千伏）	10及以下	20	35	110
1.不同相的导体间及带电部分至接地部分之间	20	30	40	100
2.带电部分至网状遮栏	25	30	40	100
3.带电部分至栅栏	100	100	100	175
4.无遮栏裸导体至地面高度	300	300	300	375
5.需要不同时停电检修的无遮栏裸导体间				
①水平距离	220	220	220	300
②垂直距离	100	100	100	175

当变电所的主结线和配电装置型式都已确定后，就应考虑变电所的具体平面布置，即高、低压配电装置的相互位置，出线走廊的考虑等等。在决定变电所平面布置时应该注意以下问题：

- 1.应尽量不占好地或少占好地。
- 2.注意进线方向和出线方向，尽量避免进出线路交叉。进出线走廊应有足够的安全距离，並要考虑发展。
- 3.布置应考虑到计划的发展。
- 4.变压器应尽量靠近屋内配电装置。
- 5.注意生产和生活用水的位置，例如水井不应处在配电装置附近。
- 6.职工宿舍不宜靠近配电装置。

注意上述问题以后，变电所的平面布置应结合所址的实际情况因地制宜地制定合理的平面布置图。

图1—5为变电所平面布置图的一例。

1—3 变电所的主要设备及图形符号

一、主要设备

变电所中根据电气工作要求，装有一系列设备，归纳起来，有下列几种主要电气设备：

1.变换电能的设备：例如电力变压器，有时把高压电能变为低压电能，以便用户应用。有时把低压电能通过变压器变为高压电能，以便输送。此外在变电所有时还设有调相机，用于产生无功功率。

2.接通和断开电路的开关设备：例如断路器，隔离开关（隔离插头），自动空气开关，熔断器，接触器，磁力起动器，闸刀开关等都是在各种运行方式下（正常或事故时）用于接通或切断电路的设备。

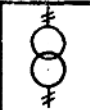
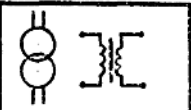
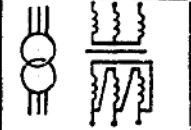
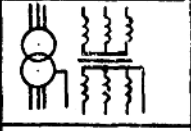
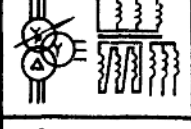
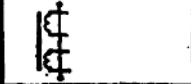
3. 限压设备: 例如用于限制过电压的各种避雷设备。
4. 保护用电器: 例如各种类型的继电器, 用来反映电气设备故障或不正常工作状态而作用于信号, 或作用于开关电器的操动机构, 以切除事故。
5. 测量和监察设备: 例如各种测量和监察仪表, 此外还有用来供电给测量仪表和继电器电源的电流互感器和电压互感器。

所谓二次设备是指对一次设备工作进行监察、测量、操作和控制的辅助设备，如测量仪表、继电器、控制电缆、自动操纵和信号设备等。在变电所中，各种电气设备根据工作的要求和它们的作用，依一定的次序用导线连接成电路（结线）。一次设备连成的电路叫做主电路（主结线）或一次电路，（见图1—1、1—2、1—3等）；二次设备连成的电路叫做二次电路。电路图用一定的图形符号描述出主要设备以及各电器之间的连接情况。电路图一般可用单线图来描绘，即画出三相交流电路一相的连接情况，因为一般情

况下，三相设备相同，所以这样做是可以的。当三相设备不完全相同时，可把三相的实际结线画出来。

二、主要设备的图形符号

1. 变压器和互感器

序号	名称	图形符号	
		单线	多线
1	有铁芯的单相双绕组变压器		
2	有铁芯的三相双绕组变压器，绕组连接Y / Δ		
3	有铁芯的三相双绕组变压器，绕组连接Y / Y ₀		
4	可带负荷调整的有铁芯的三绕组变压器Y ₀ / Y / Δ连接		
5	单次级绕组电流互感器		
6	双次级绕组电流互感器		

2. 高压断路器和隔离开关

序号	名称	图形符号	
		单线	多线
1	单极高压隔离开关		
2	三极高压隔离开关。 在复杂的系统图和供电图中允许如图①绘制		
3	三极高压负荷开关		
4	带接地闸刀的隔离开关★		
5	三极高压断路器 在复杂的系统图和供电图中允许如图①绘制		

3. 避雷器和熔断器

名称	图形符号	名称	图型符号
火花间隙		有信号的熔断器	 单线 多线
避雷器的一般符号			
阀形避雷器及磁吹避雷器		刀开关—熔断器	
管形避雷器		隔离开关—熔断器	
击穿保险器		跌开式熔断器	
熔断器			

4. 变电所常用一次设备的文字符号

设 备 名 称	文 字 符 号	设 备 名 称	文 字 符 号
变压器	B	避雷器	BL
互感器	H	母 线	M
断路器	DL	自动空气开关	ZKD
接触器	C	组合开关	KZ
熔断器	RD		
起动机	Q		
线圈（绕组）	Q		
开 关	K		
隔离开关	G		