

农电工人培训教材

变电运行工

殷振华 赵连超 姜兴华



53

DIAN GONGREN PEIXUN JIAOCAI

水利电力出版社

前 言

近年来，我国农村电气化事业发展很快，农电工人队伍迅速壮大，为提高农电工人的技术业务素质，做好技术培训工作，农电司和水利电力出版社共同组织编写了这套“农电工人培训教材”，作为全国各农电部门培训农电工人的基本教材。这套书适用于培训具有初中文化水平的农电工人，同时也可作为他们的自学参考书。对于教材的内容要求和编写大纲，是同有关省（市）农电负责同志经过几次会议共同研究确定的。该教材由几个省的有关同志分工编写，林虔同志任主编。

这套教材共十二种，分别是《电工与电子基础》、《变电运行工》、《变配电设备检修工》、《外线工》、《内线工》、《电气试验工》、《继电保护工》、《电气仪表工》、《电度表工》、《装表接电工》、《营业管理与营业工》、《农电通讯工》。

各地在使用该教材过程中，可根据学员的文化技术水平作适当的增删，对这套教材有何意见和建议，请及时函告水利电力出版社，以便再版时改正。

水利电力部农电司

一九八六年十一月

作者的话

农村变电所是农村供电网的重要组成部分。农村变电所能否安全、经济运行，不仅关系到农村广大用户的用电，也影响到电力系统的安全。为了适应农电事业不断发展的需要，急需提高变电所工人的技术理论和业务管理水平。为此，水利电力部农电司和水利电力出版社组织我们编写了《变电运行工》一书。

在编写中我们紧密结合我国农电事业的实际，既考虑到变电运行工的实际水平，又考虑到按四级工的要求必须掌握的理论知识，既考虑到作为培训班的教材，又考虑到自学的需要，所以，本书的编写，在内容上力求通俗易懂，深入浅出，易于掌握。

书稿经湖北省荆门供电局邱可周工程师审阅，并于1985年3月，在审稿会议上进行了审查。参加审稿会议的同志，对本书初稿提出了宝贵的意见，在此，我们表示衷心的感谢。

本书的第一、二、三章由殷振华编写，第四、五章由赵连超编写，第六、七章由姜兴华编写，全书由殷振华统稿。

限于作者水平，书中的缺点和错误在所难免，恳请读者批评指正。

作者

一九八五年八月

目 录

前 言

作者的话

第一章 概述	1
第一节 农村变电所在农村电力系统中的地位	1
第二节 对变电运行人员的要求	2
第三节 变电所运行工作的主要内容	3
第二章 农村变电所主接线及配电装置	8
第一节 对农村变电所主接线的基本要求	8
第二节 农村变电所常用的电气主接线	10
第三节 变电所电气设备选择的一般概念	20
第四节 配电装置	26
第五节 变电所的防火和对建筑的要求	30
第三章 变压器的运行	33
第一节 变压器的铭牌和基本原理	33
第二节 变压器的运行	37
第三节 变压器的经济运行	50
第四节 变压器油的运行	60
第五节 变压器的巡视检查	61
第四章 高压电气设备的运行	63
第一节 断路器及操动机构	63
第二节 隔离开关和熔断器	73
第三节 互感器	85
第四节 防雷保护及接地装置	98
第五节 电力电容器	109

第五章 二次接线	118
第一节 操作电源	118
第二节 继电保护	128
第三节 二次接线图	135
第六章 变电所的倒闸操作及事故处理	146
第一节 变电所的倒闸操作	146
第二节 工作票和操作票	152
第三节 变电所的事故处理	175
第七章 变电所运行及技术管理	181
第一节 变电所的运行管理	181
第二节 变电所的技术管理	189
第三节 变电所的有关标志及记录的填写	191
第四节 新建变电所的投入运行	196

第一章 概 述

农村变电所是农村电力网的重要组成部分，是连接电源和用户的桥梁。变电所能否安全经济运行，不仅影响着电力网，还直接影响着用户。所以，搞好安全经济运行，是农村变电所的首要任务。

第一节 农村变电所在农村电力 系统中的地位

送电线路的电压一般都很高，用户不能直接应用，需要降压变电所的降压变压器把高电压降低到对用户适宜的电压，再经配电线路供给用户使用。另外，农村小电厂发电机发出来的电，电压一般都很低，不能输送到较远的用户那里去，需要升压变电所的升压变压器把电压升高以后，才能经过送电线路把电能输送到较远的地方去。我们把这些不同电压等级的农村电力线路及其所连接的各种电压等级的升压、降压变电所称之为农村电力网（或农村供电网）。

农村电力网仅包括线路和变电所。由发电厂的电气设备、农村电力网和用户的用电设备共同组成的统一体，我们把它称之为农村电力系统。

农村变电所的具体作用和任务归纳起来有以下几点：

(1) 汇集电能。将大电力系统和小火电厂、小水电站的电能，汇集到变电所的母线上。

(2) 变换电压和分配电能。例如，将35kV或63kV的

电能，通过变电所的主变压器变成10kV的电能，再由几条10kV的配电线路把电能分别送到不同的供电区去。

(3) 控制和调整电压质量。例如，调整变压器的电压分接头，装设调压器或电力电容器等，使母线电压保持在规定的数值上。

(4) 通过隔离开关、断路器(开关)对线路、变压器或其它设备(调压器、电力电容器、消弧线圈等)进行投入运行和退出运行的操作。

(5) 对供电范围内的电力线路和电气设备进行必要的管理和维护。

(6) 进行各种电参数(电压、电流、功率、电能、功率因数等)的显示和记录。

第二节 对变电运行人员的要求

农村变电所的安全运行是十分重要的。由于电能的产、供、销是在同一瞬间完成的，在发电到用电的各个环节中，假如有任何一个环节发生了事故，都将会造成损失。如果在电力网中发生重大事故，不仅给电力企业的设备和人身造成损害，还会影响到千家万户的用电，甚至对国民经济造成重大损失。现在，由于生产的发展，对安全、连续供电的要求越来越高，运行人员的责任也越来越重大。因此，变电运行人员必须增强事业心和责任心，加强对设备的维护和管理，建立健全并认真执行各种规章制度，提高供电的可靠性，以促进农村经济的发展。

由于变电所的安全运行具有十分重要的意义，所以运行人员除严格遵守各种规章制度外，还要认真学习技术业务知

识，不断提高技术业务水平。

运行人员在值班时，要集中精力对待运行中的每项工作；要准时上班，认真做好接班工作；接班前和值班中不喝酒，当值、监盘时不打瞌睡；在值班时不看电视、不阅读与值班无关的书报；不做与值班无关的事，不离开工作岗位等。

对变电运行人员在技术业务上的主要要求是：熟悉本变电所的电气主接线和各种运行方式以及与本变电所有关的电力网及系统情况；熟悉本变电所内各种一、二次电气设备的规范、用途、特性；特别要熟悉哪些设备是一类，哪些设备是二、三类，一定要掌握二、三类设备的缺陷之所在；熟悉电业安全工作规程和各种运行规程的有关部分；会使用各种安全工具和电气测量仪表；掌握变电所的生产运行过程；能正确处理运行中常见的事故和日常业务工作。

第三节 变电所运行工作的 主要内容

变电所运行工作的内容很多，主要有以下几个方面：

一、值班工作

交接班 值班工作的第一项是交接班。交接班是上一班工作的总结和下一班工作的开始，是搞好安全运行的重要环节，交班者必须交得详细，接班者必须接得清楚。交接班工作双方必须认真对待，绝对不能马马虎虎。交接班的主要内容有：

(1) 运行方式要与操作模拟板相核对，了解与本变电

所有有关的系统运行方式。

- (2) 负荷及其变化情况。
- (3) 设备的交接、验收及缺陷情况。
- (4) 工作票的交接。
- (5) 各种表计及信号是否正确。
- (6) 继电保护、自动装置的运行及变动情况。
- (7) 现场接地线组数及位置情况。
- (8) 各种记录簿的记录情况。
- (9) 设备的检修及作业情况。
- (10) 文明生产情况。

接班后应注意的事项：

(1) 现场作业情况、设备缺陷情况和操作任务要清楚。

(2) 根据本值运行方式变动、设备检修、潮流变化、设备缺陷处理、倒闸操作、气候变化等情况，做好事故预想。

(3) 如果在电气设备上有工作任务时，值班员应严肃认真地审核工作票所列的安全措施是否正确完备，是否符合现场情况。

二、倒闸操作和填写操作票

倒闸操作是变电所运行值班人员最基本的工作任务，要想正确安全地完成倒闸操作任务，首先要正确填写操作票。倒闸操作必须履行操作票的填写、审查、预演、执行等手续，并要认真执行监护制度。倒闸操作是变电所运行中较为复杂的技术工作，所以要认真对待，练好基本功，避免误操作，以实现安全运行的目的。

三、设备的正常巡视和特殊巡视

值班人员必须按上级颁发的有关规程和本变电所的现场运行规程认真进行设备巡视。巡视的目的是为了及时发现缺陷及时处理，保证设备在正常状态下运行。假如不能及时发现缺陷将会威胁安全运行，本来可以避免的事故就会发生，小事故会变成大事故。所以，运行值班人员要严肃认真地对待巡视工作。

1. 正常巡视设备的主要内容

(1) 设备各导电部分接点接触是否严密，是否有发红发热，有热气流和氧化现象。

(2) 套管、绝缘子、瓷棒等瓷件是否有裂纹，有无放电现象。

(3) 变压器各部位运行是否正常，无异音，温度表指示是否正常。

(4) 有油设备无渗油、漏油和喷油现象；油位是否合适，油色是否正常；带有呼吸器者矽胶是否变色。

(5) 运行设备的声音是否正常、有无放电声。

(6) 导线有无断股，有无挂落杂物，导线弛度是否适当。

(7) 架构有无倾斜、基础有无下沉；接地线是否符合规定。

(8) 所有仪表、信号、指示灯是否正确；继电保护、直流装置、警报装置是否良好，与正常运行情况是否相符。

2. 特殊巡视设备的主要内容

(1) 雪天巡视应注意：导线覆冰及设备端子、接头处的落雪有无特殊溶化，套管、绝缘子上是否有冰溜，积雪是

否过多，有无放电现象。

(2) 大风巡视应注意：母线及引线的摆动是否过大，端子是否松动，设备位置有无变化，设备上及其周围有无杂物。

(3) 雷雨后的巡视应注意：套管、绝缘子、避雷器等瓷件有无外部放电痕迹，有无破裂损伤现象。避雷器、避雷线、避雷针的接地引下线有无烧伤痕迹，并记录避雷器放电记录器的动作次数。

(4) 雾露小雨及雨后巡视应注意：套管、绝缘子、母线有无放电现象，设备接点处有无热气流现象。

(5) 高峰负荷巡视应注意：设备接点及导线有无发红过热现象及热气流现象。

(6) 气温突然变化时巡视应注意：有油设备的油面和导线弛度有无变化，变压器、油断路器（开关）、电容器的套管有无变化，各开关电器是否在良好状态。

(7) 断路器故障跳闸后巡视应注意：断路器是否喷油，油色、油位有无突然变化，接线端子是否松动或过热，机械部分有无损坏现象。

四、正确执行调度命令

农村变电所是电力网的组成部分，为了保证电力网的安全经济运行，必须做到统一指挥，统一行动，要顾全大局，识整体，绝对不许各自为政。值班人员接到调度命令，要做好记录，并复诵无误后执行，任何形式的拖延和拒绝执行都是不能允许的。对危及设备和人身安全的错误命令不能执行，但必须申述理由，向上一级领导汇报，由上一级领导裁决。

五、监盘和抄表

在有人值班的变电所内，监盘是非常重要的，正常的监盘可以通过各种仪表的指示来判断变电所是否处于正常运行状态。准确及时地抄表，为编制安全经济运行方式提供了依据。根据记录可以开展运行分析，从中发现问题，以便及时改进；长期的运行记录资料，还是编制计划和远景规划的重要依据。在无人值班的变电所内，也应按规定定期抄表。

六、做好保管工作

值班人员要做好各种备品备件、安全用具、电气测量仪表的保管工作；正确填写各种记录簿和指示图表。

总之，值班运行工作是一项平凡而繁琐的工作，但又是一项非常重要的工作。所以，值班运行人员必须具有主人翁精神和严肃认真的工作态度，还必须具有一丝不苟、谨慎细致的工作作风和较熟练的技术业务水平。只有这样，才能保证变电所的安全运行。

复 习 题

1. 变电所的作用和任务是什么？
2. 对变电值班运行人员的要求是什么？
3. 变电所运行工作的主要内容是什么？

第二章 农村变电所主接线及 配 电 装 置

变电所电气主接线是由各种一次电气设备和连接线按一定的规则所组成的接受和分配电能的电路。变电所的电气主接线可以用单线接线图或三线接线图表示，为了清晰简明，一般采用单线接线图表示。

第一节 对农村变电所主接线的 基 本 要 求

农村变电所电气主接线是整个农村电力网进行规划设计、电气计算、电气设备选择以及确定配电装置布置安装方式的依据，它与电力系统电气布置、继电保护以及运行的可靠性和经济性有着密切的关系。电气主接线也是运行人员进行各种倒闸操作和事故处理的重要依据之一。

拟定变电所的电气主接线时，应根据变电所在电力系统中的地位，进、出线回路数，设备特点及负荷性质等条件来确定，并要满足下列基本要求：



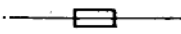
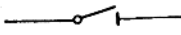

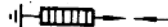

(1) 根据电力系统的要求和用户的负荷性质，保证供电的可靠性和电能质量。供电可靠性是对电力部门的首要要求，电力部门应根据用户的负荷性质和停电对用户造成的损失，确定一、二、三类负荷，以便在事故和限电的情况下，确保重要负荷，把损失控制在最小的范围内。保证电能质量就是保证频率和母线电压的实际数值与上级规定的数值

相符。

(2) 基建投资少、运行维护费用省。

(3) 主接线应力求简单、明显、灵活。例如：主接线不应有多余的设备，布置应明显对称，操作次序要少。这样就可以避免误操作，提高运行的可靠性，处理事故也能简

表 2-1 变电所常用的电气设备图形符号

图 形 符 号	设 备 名 称
	变 压 器
	断 路 器
	熔 断 器
	隔 离 开 关
	电 压 互 感 器
	阀 型 避 雷 器
	电 缆 线

单、方便、迅速。主接线的灵活性表现在：例如，为了达到降低损耗的目的，在农闲轻负荷时可以方便地切除多余变压器或某些空载线路；或当某些设备需要检修时，可以用临时供电的办法来保证供电等。

(4) 保证在进行一切操作切换时工作人员及设备的安全，以及能在安全条件下进行维护检修工作等。

(5) 主接线还应考虑将来扩建的可能性。例如，要考虑到主变增容或增设第二台主变，以及增加配电线路出线等。

以上几点要求，实际上反映了主接线的可靠性和经济性两个方面。这两个方面既是矛盾的，又是统一的，要提高可靠性就要增加设备，增加设备就要增加投资，经济性就下降了；如果强调经济性，就要减少设备，降低了可靠性，就有增加事故的可能，结果反而不经济。所以，必须进行经济技术比较，权衡利弊，求得可靠性和经济性的统一。

变电所的电气主接线图是用一些图形符号来表示各种电气设备元件，并按一定规则连接起来的接线图。变电所常用的电气设备的图形符号，如表2-1所示。

第二节 农村变电所常用的 电气主接线

由于我国幅员辽阔，各地自然条件、人口分布、工农业生产、农村经济状况等很不相同，所以对变电所主接线的要求也很不一样。近年来，我国从事农电工作的工程技术人员做了大量工作，归纳、总结了全国各地农村变电所实际运行的主接线，并根据我国国情提出了一些主接线方案。现将目

前我国农村变电所常用的主接线介绍如下：

(1) 35kV一回进线，一回出线采用断路器控制，两台主变分别由断路器控制，10kV单母线分段，出线采用GG-1A开关柜控制的方式，见图2-1。这种接线方式电气结构比较严密，保护比较完善，可靠性较高，运行比较灵活，操作比较方便。这种接线主要用于负荷密度高、负荷比较集中、县乡工业多、对供电可靠性要求较高的地方或各县的政治经济中心。该接线的主变按 $2 \times 4000\text{kVA}$ 或 $2 \times 6300\text{kVA}$ 考虑，如果负荷的季节性较强，可采用一大一小子母变，在农闲季节可停运一台。这种接线设备多，占地多，建筑面积大，投资高，建设速度慢。

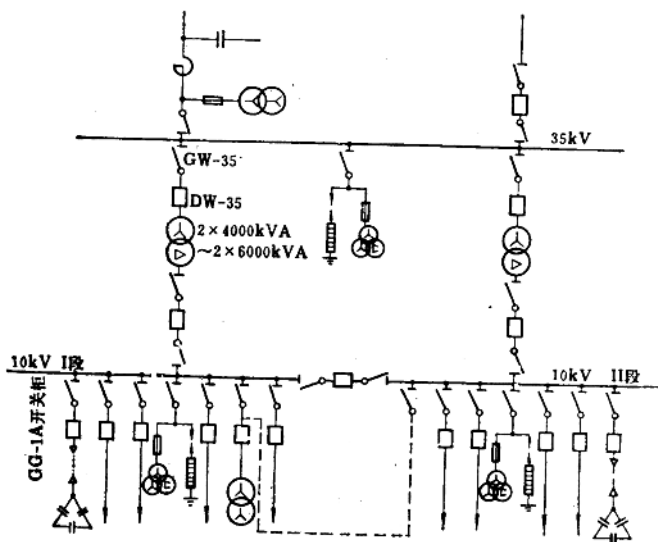


图 2-1 两台主变分别用断路器控制的接线

这种主接线可以有四种运行方式，即：两台主变并列运行；两台主变分列运行；一台主变停运，另一台主变带两段母线运行；一台主变及其所带母线运行，另一台主变及其所带母线停运。

两台主变并列运行：两台主变并列运行时，要满足并列运行条件，否则，将会产生不良后果。该运行方式充分发挥了这种主接线的优点，只要有条件，应采用这种运行方式。

两台主变分列运行：当两台主变不具备并列运行条件或母联开关需要检修时，可使两台主变分列运行。这种运行方式的缺点是：当一台主变因各种原因退出运行时，其所带负荷全部被甩掉，在经过较长一段时间的倒闸操作后，才能给重要用户恢复供电。

一台主变带两段母线运行，另一台主变停运：当一台主变检修或故障时，以及变电所在轻负荷时，均可采用这种运行方式。这种运行方式的优点是：在轻负荷时，是一种经济运行方式；当一台主变检修或故障时，可以保证重要用户的不间断供电。

一台主变及其所带母线运行，另一台主变及其所带母线停运：当一段母线及母线隔离开关需要检修时，可采用这种运行方式。这种运行方式损失最大，是该主接线中缺点最多的运行方式，只有在迫不得已的情况下才采用。

(2) 35kV一回进线，两台主变共用一台断路器控制，10kV为单母线分段，出线采用GG-1A型开关柜控制的方式，见图2-2。这种接线和图2-1的接线基本相同，只是少用了两台断路器，主要用于负荷密度较大、农业负荷为主、工业负荷所占比例较小且比较重要的地方。由于两台主变共用一台35kV断路器，不便于装设主变的差动保护。所以，主变