

农村电力

第一节 配电变压器

1. 怎样选择配电变压器的型号？

配电变压器的型号很多。不同型号的变压器，其技术特性和自身能耗（即铜损和铁损）大小不同。变压器自身能耗大的，使用起来就不经济，因此应尽可能选用能耗较低的变压器。国产的 SJ、SJ1 等属于老型号的高能耗变压器，国家早在 1986 年 7 月 1 日起规定这些产品被淘汰，SL7（S7）系列变压器也于 1998 年 3 月被明令停止生产和淘汰，并推荐 S9 系列为更新替代产品。

S9 系列电力变压器是我国目前生产的低能耗产品 绕组采用铜线绕制 器身和绝缘采用新的设计和工艺 能耗性能参数已达到 20 世纪 80 年代初国际先进水平。S9 系列与 S7 系列变压器相比 空载能耗平均降低 10% 负载能耗平均降低 25%。

近期在 S9 系列的基础上，改进结构设计，选用超薄型硅钢片，进一步降低空载能耗，开发了 S11 系列变压器。目前 S11 系列变压器的空载能耗比 S9 系列可降低 25% ~ 30%。因此，在新购变压器时，应优先选用这些新的节能产品。

非晶态合金变压器是用非晶态合金作为铁芯材料生产的配电变压器，与传统的硅钢铁芯的变压器相比，空载能耗要降低 60% ~ 80%。此外，非晶材料在节能的同时还会带来环保效益，减少电力损耗也就降低了发电的燃料消耗，从而减少了诸如 CO₂、SO₂、NO_x 等的排放量。所以，这种变压器正得到越来越广泛的应用。

2. 怎样合理选择农村配电变压器的容量？

选择农村配电变压器容量的原则是：

(1) 应满足供电范围内全部动力的容量，并要能承担其中的最大一台电动机起动电流的冲击（一般 7.5kW 以下电动机允许直接起动，起动电流为额定电流的 5 ~ 7 倍，最大的一台电动机容量不得超过配电变压器容量的 30%）。

(2) 应满足供电范围内的全部照明和生活用电负荷以及近期要增加的负荷。

(3) 在以上两点容量选定后，还要考虑选择的变压器容量应在正常情况下负荷不低于其容量的 40%，且不高于其容量的 80%，既不轻负荷运行，也不超负荷运行。

3. 怎样选择配电变压器的安装位置？

选择配电变压器的安装位置时应注意以下几点：

(1) 安装在供电范围的负荷中心，并应满足线路末端电压质量的要求，以减少线路的损耗和节省电力器材的消耗量。

(2) 安装位置安全可靠，尽量避开环境污染较严重的地方，要便于运输、管理和检修，符合发展的需要。

(3) 在应用杆架式变压器时，应避开转角杆、分支杆及装有柱上断路器等设备的电杆。

4. 怎样选择排灌专用变压器的容量？

排灌专用变压器的容量选择可按下式进行计算选择：

变压器容量 (kVA) = 电动机总容量 (kW) / (0.70 ~ 0.75)

5. 怎样选择供农副业加工、排灌、照明混合使用的变压器的容量？

供农副业加工、排灌、照明混合使用的变压器容量可按下式进行计算选择：

变压器容量 (kVA) = [电动机总容量 (kW) × 同时率] / (0.70 ~ 0.75)

同时率即同一时间内用电的电动机的实际容量占总装机容量容量的百分数。

对直接起动的电动机来说，最大一台电动机的容量以不超过变压器容量的 30% 为宜。如果照明用电期间的照明负荷总容量与此时其他负荷的容量之和超过上式所选配电变压器的容量，则应以照明期间的总负荷容量作为所选配电变压器的容量。

6. 怎样选择配电变压器低压侧无功补偿容量？

为了提高功率因数，减少电能损耗，增强供电能力，在农网改造中，应对 100kVA 及以上配电变压器在低压侧安装容量为配电变压器额定容量 8% 左右的补偿电容器进行无功补偿。配电变压器低压侧无功补偿，作用仅限于减少变压器本身及以上配电网的功率损耗，凡是向负荷输送的无功功率，由于仍然要经过低压线路的电阻和电抗，配电线路上产生的功率损耗并未减少。所以，配电变压器低压侧无功补偿容量选择过大是无益的。而只有采取配电变压器低压侧补偿和用户端就地补偿相结合的补偿方式才可以在提高功率因数的同时，减少低压线路损耗。

7. 配电变压器低压侧无功补偿容量过大有哪些坏处？

配电变压器低压侧无功补偿容量过大不但不经济，而且在变压器空载运行时，或者负荷较轻时，还会造成过补偿，

使功率因数角超前、无功功率向电力系统倒送和电源电压升高。

功率因数角超前的坏处是：

(1) 电容器与电源仍有无功功率交换，同样减少电源的有功出力。

(2) 网络因传输容性无功功率，仍会造成有功损耗。

(3) 白白耗费了电容器的设备投资。

另外，如补偿电容过大，当电源缺相时有可能发生铁磁谐振过电压，烧毁电容器和变压器。

所以，配电变压器低压侧补偿容量过大不但不经济，而且还会影响设备的安全运行。

根据国标 GB/T6451—1995《三相油浸式电力变压器技术参数和要求》的规定，对于 10kV 配电变压器总的无功功率约占变压器容量的 7.3%。因此，配电变压器低压侧无功补偿容量应按照配电变压器容量的 8% 配置。而占整个配电网无功负荷的 70% 的用户无功负荷应在用户端就地补偿，以最大限度地提高功率因数，减少输配电网功率损耗。

8. 配电变压器应有哪些保护装置？

(1) 熔丝保护。配电变压器的高、低压侧都采用熔丝保护。

高压侧装有跌落式熔断器。跌落式熔断器是一种将隔离开关和熔断器合二为一的设备。拉开它，就可切断电源；当变压器引线或内部发生短路时，熔丝烧断，使熔丝管自动跌落，切断电源，从而可减轻变压器的损坏程度并使高压线路上的其他变压器能恢复正常运行。

变压器低压侧也装有熔断器，当低压线路发生短路时，低压侧熔丝熔断，切断故障线路，使变压器不致烧坏。

变压器高压侧熔断器的熔丝是根据高压侧的额定电流选

择的。其熔丝的额定电流为变压器高压侧额定电流的 1.5 ~ 2.5 倍，当变压器容量在 20kVA 及以下时，可选用 3A 的熔丝。低压侧的熔丝可按变压器低压侧的额定电流来选择。

(2) 防雷保护。配电变压器的防雷保护见本书第三章第三节的有关内容。

9. 变压器运行前应进行哪些检查？

变压器在投入运行前，要检查以下项目：

- (1) 外壳接地是否良好。
- (2) 油面是否正常。
- (3) 有无渗油、漏油现象。
- (4) 套管螺丝是否松动。
- (5) 呼吸孔是否畅通（变压器运输时，为了防止油从呼吸孔中溅出拧有胶垫，在运行前应把此胶垫取出）。
- (6) 无载分接开关的位置是否正确。
- (7) 高、低压熔丝是否合适。
- (8) 用兆欧表测量变压器的绝缘电阻（高压绕组对地、低压绕组对地、高压绕组对低压绕组），检查是否合格。油浸式变压器绝缘电阻的允许值如表 1-1 所示。

表 1-1 10kV 油浸式变压器绝缘电阻的允许值 (MΩ)

试验项目	温 度 (°C)							
	10	20	30	40	50	60	70	80
高压绕组对低压绕组	450	300	200	130	90	60	40	25
高压绕组对地	450	300	200	130	90	60	40	25
低压绕组对地	2	2	2	2	1	1	1	1

注 1. 高压绕组对低压绕组和高压绕组对地用 2500V 兆欧表。

2. 低压绕组对地用 1000V 兆欧表。

10. 变压器为何要进行耐压试验？

变压器进行耐压试验的目的，是为了判断变压器能否安全运行，以防止发生设备运行事故和保障人身安全。通过耐压试验可以起到如下作用：

- (1) 及时发现变压器的局部弱点，以便予以弥补。
- (2) 及时发现电气绝缘性能的好坏，以便采取相应措施。
- (3) 可消灭事故隐患，如对地似通非通现象，普通测量不易察觉到，而通过耐压试验则可发现。
- (4) 耐压试验是检查设计、制造工艺与质量的最可靠的方法之一。

11. 变压器运行中应进行哪些维护检查？

为保证变压器安全可靠地运行，值班人员应对运行中的变压器各部位及各种表计进行定期巡视与严密监视，及时发现和处理异常情况，将设备的缺陷、故障甚至事故消除在萌芽状态。

(1) 检查变压器的温度。由温度计查看变压器上层油温是否正常（油浸电力变压器在环境温度 40°C 时，其上层油温不得超过 90°C ）。当指示温度的玻璃温度计与压力式温度计相互间有显著异常时，应查明是仪表不准还是油温确有异常。

(2) 检查油位。检查变压器储油柜上的油位是否正常，是否是假油位，有无渗油现象，充油的高压套管油位、油色是否正常，套管有无漏油现象。油位指示不正常时必须查明原因。必须注意油位计出、入口处有无沉淀物堆积而阻碍油的通路。

(3) 检查声响。检查变压器的电磁声与以往比较有无异

常。异常噪声发生的原因通常有下列几种：

1) 因电源频率波动大，造成外壳及散热器的振动。

2) 铁芯夹紧不良。

3) 因铁芯或铁芯夹紧螺杆、紧固螺栓等结构上的缺陷，发生铁芯短路。

4) 紧固部分发生松动。

5) 绕组或引线对铁芯或外壳有放电现象。

6) 由于接地不良或某些金属部分未接地，产生静电放电。

(4) 检查变压器顶盖上的绝缘件。检查出线套管、引出导电排的支持绝缘子等表面是否清洁，有无破裂或放电的痕迹等。

(5) 检查引出导电排的螺栓接头有无过热现象。

(6) 检查阀门。检查中应查看其状态是否符合运行要求，应特别注意检查阀门各部分的垫圈，若是焊接不良，则应立即进行检修处理。

(7) 检查防爆管。检查防爆管有无破裂、损伤及喷油痕迹，防爆膜是否完好。因防爆管装于较高处，检查时应特别注意。

(8) 检查冷却系统。检查冷却系统运转是否正常，如风冷油浸电力变压器，风扇有无个别停转，风扇电动机有无过热现象，振动是否增大；对室内安装的变压器，要察看周围通风是否良好，是否要开动排风扇等。

(9) 检查吸湿器。检查吸湿器干燥剂是否变色（如白色的硅胶是否呈蓝色，活性铝是否由青色变为粉红色）。辨别干燥剂是否已失效。

(10) 检查周围场地和设施。检查通道和走廊是否畅通。

室外变压器事故蓄油坑有无积水，变压器室的门窗是否完好，有无雨水侵入的可能，照明是否合适和完好，消防用具是否齐全完好等。

12. 变压器运行时有哪些损耗？

变压器运行时的损耗主要有铁耗和铜耗。铁耗的大小与外施电压有关，只要外施电压一定，不论空载还是满负荷，可认为铁耗不变。变压器的铁耗近似等于空载损耗，可用空载试验的方法测得。

变压器铜耗的大小与绕组中流过电流的大小有关，即随负荷大小的变化而变化。额定负荷运行时，变压器的铜耗近似等于负荷损耗，可用短路试验的方法测得。任意负荷时变压器的铜耗等于负荷系数（负荷电流与额定电流的比值）的平方乘以额定电流时的负荷损耗。

13. 配电变压器升压改接线应注意哪些事项？

农村电网由 6kV 配电线路改造成为 10kV 线路，为此配电变压器要进行升压改造，变压器内的高压接线，即由原来三角形接线改为星形接线，从而使变压器改线前、后高压侧每相绕组两端电压保持不变，符合配电变压器铭牌标注的额定电压。当配电变压器高、低压变压比一定时，只有按照不同的电压等级，更改配电变压器相应的接线，才能满足配电变压器低压侧的电压（380/220V）。在更改配电变压器接线时要特别注意以下几点：

(1) 核对变压器的铭牌。如：型号、短路阻抗、额定电压、变比等。高能耗的配电变压器已列入淘汰产品，不采取更改接线的方法，而应更换为节能型变压器。

(2) 更改运行中的配电变压器接线时，必须停电、验电，采取安全隔离措施，在有监护人在场，准许可开工时。

才能进行配电变压器改接线工作。

(3) 更改变压器接线前，要用万用表分别测量“Ⅰ”、“Ⅱ”、“Ⅲ”挡分接开关的通断，共测量 9 次，明确分接开关接触良好，方可逐步实施。

(4) 变压器由三角形接线改为星形接线时，一般情况把分接开关调置在“Ⅱ”挡，然后解开配电变压器高压绕组的三角形接线，先将三相绕组首端（同名端）分别接入高压瓷套管下端的导电杆 A、B、C 上，再将三相绕组尾端 3 个“2”字中间抽头顺次接入分接开关“Ⅱ”挡。依次推理，最后将三相绕组匝数最多的 3 个端头（尾端）和三相绕组匝数最少的 3 个抽头分别按照顺序接入，依次对应分接开关“Ⅰ”、“Ⅲ”挡连接。

(5) 改线完毕，必须测量高压绕组、分接开关之间的连接，绕组抽头是否对应接入分接开关。

(6) 恢复配电变压器外部高、低压引线接线时，注意解开时的相序，特别是低压侧的中性线，不要与相线接错位置。当配电变压器带电运行时，要测量低压侧三相线、相电压是否对称，配电变压器声音是否正常，外壳接地是否良好。

14. 变压器烧坏的原因有哪些？

(1) 绝缘性能差。绕组绝缘受潮的原因很多：变压器未投入运行前，潮气侵入使绝缘受潮，或者变压器存在潮湿场所如多雨地区，湿度过高；在储存、运输、运行中维护不当，水分、杂质或其他油污混入油中，使绝缘强度大幅度降低；制造时绕组内层浸漆不透，干燥不彻底；绝缘老化或者油面降低。因此，运行中的配电变压器一定要定期进行油位检测和油质化验，发现问题及时处理。

(2) 雷击与谐振。

1) 线路遭雷击时，在变压器绕组上将产生高于额定电压几十倍以上的冲击电压，如果配电变压器线路侧的避雷器不能有效地进行保护或本身存在某些隐患，如避雷器未投入运行或者未按时对其进行预防性试验，避雷器的接地不良，接地电阻超标等，此时配电变压器遭雷击损坏将难以避免。

2) 系统发生铁磁谐振。农网中 10kV 配电线路由于长短、对地距离、导线规格不一，导致系统出现谐振。每谐振一次，变压器一次电流激增一次，此时除了造成变压器一次侧熔断器熔断外，还将损坏变压器绕组。个别情况下，还会引起变压器套管发生闪络或爆炸。

(3) 渗漏油。渗漏油是变压器最常见的故障之一，由于变压器本体充满了油，变压器经过长时间的运行，胶珠、胶垫将老化龟裂，导致渗漏油。如果变压器出现严重渗漏油，将造成引出线和分接开关长期暴露在空气中，致使绝缘降低，发生内部闪络，短路击穿而烧坏变压器。

(4) 油温过高。变压器的分接开关处于高温的变压器油中，会使分接开关的触头出现炭膜和油垢，触头发热使弹簧压力降低或零件变形，使导电部位接触不良，接触电阻增大，产生发热、电弧烧伤。电弧产生大量的气体分解出具有导电性能的碳化物和被熔化的铜粒，喷涂在箱体一、二次套管、绕组层间、匝间等处，将引起短路，烧坏变压器。

(5) 铁芯多点接地。造成铁芯接地的原因一般有 3 种：

铁芯夹板穿心螺栓上的绝缘套管损坏，与铁芯接触，形成多点接地，造成铁芯局部过热而损坏线圈绝缘；铁芯与夹板之间有金属异物或金属粉末，在电磁力的作用下形成“金属桥”，引起多点接地；铁芯与夹板之间的绝缘受潮（低

于 $10M\Omega$) 或多处伤损导致铁芯与夹板有多点出现低电阻接地。

铁芯硅钢片短路。虽然硅钢片之间涂有绝缘漆，但其绝缘电阻很小，只能隔断涡流而不能阻止高压感应电流。当硅钢片表面上的绝缘漆因运行年久，绝缘自然老化或伤损后，将产生很大的涡流损耗，铁芯局部发热，使绕组温升加剧，造成变压器绕组绝缘击穿短路而烧毁。因此，对配电变压器应定期吊芯检测，发现绝缘超标时，要及时处理。

(6) 过负荷运行。配电变压器的三相负荷分布不均，将导致三相电流不对称，中性点将发生位移。其中电流大的一相过负荷，使绕组绝缘损坏，而小的一相则达不到额定值，也影响了变压器的输出功率。

当变压器发生低压侧短路、接地等故障时，线圈内部将产生很大的机械应力，这种机械应力将导致线圈压缩，线圈如果受到机械应力作用后，其绝缘衬垫、垫板就会松动脱落，铁芯夹板螺栓松弛，高压线圈畸变或崩裂，导致变压器在很短时间内烧毁。

(7) 高、低压侧熔体选择不当。配电变压器高压侧一般采用熔断器保护，因为熔断器是用来保护变压器的绕组出线套管和变压器内部短路的。若熔断电流选择得过大，就起不到保护作用。如当低压侧出线套管短路时，若熔断器不熔断，则变压器就会被烧毁。

15. 怎样防范配电变压器烧坏？

(1) 在安装、使用配电变压器时，一定要定期检查三相电流是否平衡，如严重失衡时，应及时采取措施调整。同时应经常检查变压器的油位、油色，有无渗漏，发现缺陷时及时消缺。

(2) 定期清理配电变压器上的污垢，检查套管有无闪络放电，接地是否良好，有无断线、脱焊、断裂现象，定期摇测接地电阻不大于 4Ω ，或者采取防污措施，安装套管防污帽。

(3) 在接拆配电变压器引出线时，严格按照检修工艺操作，避免引出线内部断裂。合理选择低压侧导线的接线方式，如采用铜铝过渡线夹或接线板等。接拆时在接触面上涂上导电膏，以增大接触面积和导电能力。

(4) 推广使用 S9 系列新型防雷节能变压器或者在配电变压器高、低压侧装设避雷器，并将避雷器接地引下线、变压器的外壳、低压侧中性点三点共同接地。

(5) 在切换无载调压开关时，每次切换完毕，应测量出前后两次直流电阻值，做好记录，比较三相直流电阻值是否平衡，在确定切换正常后，才可投入运行。

16. 怎样检测与排除变压器铁芯多点接地故障？

变压器正常运行时，带电的绕组与油箱之间存在电场，而铁芯和其他金属构件处于该电场中。由于电容分布不均，场强各异，如果铁芯不可靠接地，则将产生充放电现象，破坏固体绝缘和油的绝缘强度，所以铁芯必须有一点可靠接地。

当铁芯或其金属构件如有两点或两点以上（多点）接地时，则接地点间就会造成闭合回路，键链部分磁通，感生电动势，并形成环路，产生局部过热，甚至烧毁铁芯。

铁芯多点接地故障的判断方法通常从两方面检测：

(1) 进行气相色谱分析。色谱分析中如气体中的甲烷及烯烃组分含量较高，而一氧化碳和二氧化碳气体含量和已往相比变化不大，或含量正常，则说明铁芯过热，铁芯过热可

能是由于多点接地所致。色谱分析中当出现乙炔气体时，说明铁芯已出现间歇性多点接地。

(2) 测量接地线有无电流。可在变压器铁芯外引接地套管的接地引线上，用钳形表测量引线上是否有电流。变压器铁芯正常接地时，应无电流回路形成。接地线上电流很小，为毫安级（一般小于 0.3A ）。当存在多点接地时，铁芯主磁通周围相当于有短路匝存在，匝内流过环流，其值决定于故障点与正常接地点的相对位置，即短路匝中包围磁通的多少。一般可达几十安培。因此利用测量接地引线中是否有电流，可以很准确地判断出铁芯有无多点接地故障。

多点接地故障的排除方法有：

(1) 变压器不能停运时的临时排除方法：

1) 有外引接地线，如果故障电流较大时，可临时打开地线运行。但必须加强监视，以防故障点消失后使铁芯出现悬浮电位。

2) 如果多点接地故障属于不稳定型，可在工作接地线中串入一个滑线电阻，使电流限制在 1A 以下。滑线电阻的选择，是将正常工作接地线打开测得的电压除以地线上的电流。

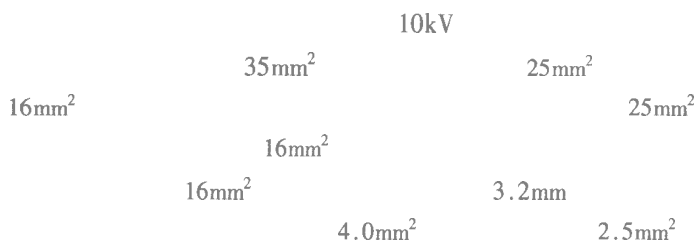
3) 要用色谱分析监视故障点的产气速率。

4) 通过测量找到确切的故障点后，如果无法处理，则可将铁芯的正常工作接地片移至故障点同一位置，用以较大幅度地减少环流。

(2) 彻底检修措施。监测发现变压器存在多点接地故障后，对于可停运的变压器，应及时停运，退出后彻底消除多点接地故障，现场可采用如下方法：

1) 直流法。将铁芯与夹件的连接片打开，在铁轭两侧

10kV



20.

(1)

(2)

40 ~ 60m

50m。

40 ~ 50m

30 ~ 40m

(3) 铝绞线挡距 50m 及以下，导线水平线间距离为 0.4m，挡距 50m ~ 60m 为 0.45m，靠近电杆的两导线间距离，不应小于 0.5m。

(4) 架空绝缘线路，挡距 40m 及以下线间距离不小于 0.3m，挡距 50m 及以下线间距离不小于 0.35m，靠近电杆的两导线间距应不小于 0.4m。

(5) 低压线路与高压线路同杆架设时，横担间的垂直距离不应小于以下数值：直线杆 1.2m，分支和转角杆 1.0m。

(6) 未经电力企业同意，低压线路不应与弱电线路及专线一地制的高压线路同杆架设。低压线路与弱电线路同杆架设时，电力线路应敷设在弱电线路的上方，且架空电力线路的最低导线与弱电线路的最高导线之间的垂直距离不应小于 1.5m。

(7) 同杆架设的低压多回线路，横担间的垂直距离直线杆不应小于 0.6m，分支杆、转角杆不应小于 0.3m。

(8) 线路导线每相的过引线、引下线与邻相的过引线、引下线或导线之间的净空距离不应小于 150mm。导线与拉线、电杆间的最小间隙不应小于 50mm。

21. 农村低压架空线路的铝绞线对地面、水面等的最小垂直与水平距离有哪些要求？

低压架空线路的铝绞线经过集镇、村庄时，其垂直距离最小为 6m；经过田间的垂直距离最小为 5m；在交通困难的地区的垂直距离最小为 4m；在步行可达到的山坡的垂直距离最小为 3m；在步行不能达到的山坡、峭壁和岩石的垂直距离最小为 1m；跨越通航河流的常年高水位与导线的垂直距离最小为 6m；对不能通航的河湖水面的垂直距离最小为 5m；对建筑物的垂直距离最小 2.5m；水平距离为 1.25m；

对树木的最小垂直和水平距离均为 1.25m。

22. 农村低压架空线路的绝缘电线对地面、建筑物等的最小垂直与水平距离有哪些要求？

低压架空线路的绝缘电线经过集镇、村庄时，其垂直距离最小为 6m；经过非居住区的垂直距离最小为 5m；对建筑物的垂直距离最小 2m；水平距离为 1.25m；对街道树木的最小垂直和水平距离均为 1.25m。

23. 对架空电力线路接头处有何技术要求？

架空电力线路导线的连接应满足以下三点要求：

(1) 导线接触紧密，接头处的电阻不得超过同长度导线电阻的 1.2 倍。

(2) 接头处的绝缘强度要达到原来的水平。

(3) 接头处的机械强度不得低于原有机机械强度的 80%。

24. 施放导线时应注意哪些事项？

架空电力线路施工在放线安装过程中，应注意以下事项：

(1) 放线时，要一条条地放，不要使导线出现磨损、断股和死弯。如出现磨损和断股，应及时作出标志，以便处理。

(2) 最好在电线杆上或横担上挂铝制的或木制的开口滑轮，把导线放在槽内，这样既省力又不磨损导线。用手放线时，要正放几圈，反放几圈，注意不要使导线出现死弯。

(3) 放线若需跨过带电导线时，应将带电导线停电后再施工；如停电困难时，可在跨越处搭跨越架子。放线若通过公路，要有专人观察来往车辆，以免发生危险。

25. 架空电力线路在紧线过程中应注意哪些问题？

紧线前应检查导线是否在铝滑轮中。小段紧线亦可将导