

## MOS管选型指南

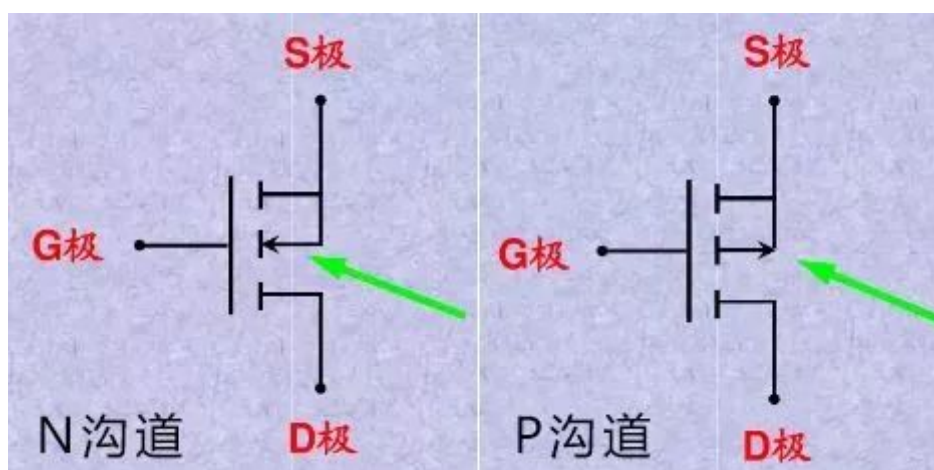
MOS管是电子制造的基本元件，但面对不同封装、不同特性、不同品牌的MOS管时，该如何抉择？有没有省心、省力的遴选方法？下面我们就来看一下老司机是如何做的。

选择到一款正确的MOS管，可以很好地控制生产制造成本，最为重要的是，为产品匹配了一款最恰当的[元器件](#)，这在产品未来的使用过程中，将会充分发挥其“螺丝钉”的作用，确保设备得到最高效、最稳定、最持久的应用效果。

那么面对市面上琳琅满目的MOS管，该如何选择呢？下面，我们就分7个步骤来阐述MOS管的[选型](#)要求。

首先是确定N、P沟道的选择

MOS管有两种结构形式，即N沟道型和P沟道型，结构不一样，使用的电压极性也会不一样，因此，在确定选择哪种产品前，首先需要确定采用N沟道还是P沟道MOS管。



MOS管的两种结构：N沟道型和P沟道型

在典型的功率应用中，当一个MOS管接地，而负载连接到干线电压上时，该MOS管就构成了低压侧[开关](#)。在低压侧开关中，应采用N沟道MOS管，这是出于对关闭或导通器件所需电压的考虑。

当MOS管连接到总线及负载接地时，就要用高压侧开关。通常会在这个拓扑中采用P沟道MOS管，这也是出于对电压驱动力的考虑。

要选择适合应用的器件，必须确定驱动器件所需的电压，以及在设计中最简易执行的方法。

第二步是确定电压

额定电压越大，器件的成本就越高。从成本角度考虑，还需要确定所需的额定电压，即器件所能承受的最大电压。根据实践经验，额定电压应当大于干线电压或总线电压，一般会留出1.2~1.5倍的电压余量，这样才能提供足够的保护，使MOS管不会失效。

就选择MOS管而言，必须确定漏极至源极间可能承受的最大电压，即最大VDS。由于MOS管所能承受的最大电压会随温度变化而变化，设计人员必须在整个工作温度范围内[测试](#)电压的变化范围。额定电压必须有足够的余量覆盖这个变化范围，确保[电路](#)不会失效。

此外，设计工程师还需要考虑其他安全因素：如由开关电子设备(常见有电机或[变压器](#))诱发的电压瞬变。另外，不同应用的额定电压也有所不同；通常便携式设备选用20V的MOS管，[FPGA](#)电源为20~30V的MOS管，85~220VAC应用时MOS管VDS为450~600V。

### 第三步为确定[电流](#)

确定完电压后，接下来要确定的就是MOS管的电流。需根据电路结构来决定，MOS管的额定电流应是负载在所有情况下都能够承受的最大电流；与电压的情况相似，MOS管的额定电流必须能满足系统产生尖峰电流时的需求。

电流的确定需从两个方面着手：连续模式和脉冲尖峰。在连续导通模式下，MOS管处于稳态，此时电流连续通过器件。脉冲尖峰是指有大量电涌(或尖峰电流)流过器件。一旦确定了这些条件下的最大电流，只需直接选择能承受这个最大电流的器件便可。

选好额定电流后，还必须计算导通损耗。在实际情况下，MOS管并不是理想的器件，因为在导电过程中会有电能损耗，也就是导通损耗。MOS管在“导通”时就像一个可变[电阻](#)，由器件的导通电阻RDS(ON)所确定，并随温度而显著变化。

器件的功率损耗 $P_{TRON} = I_{load}^2 \times RDS(ON)$ 计算（ $I_{load}$ ：最大直流输出电流），由于导通电阻会随温度变化，因此功率耗损也会随之按比例变化。对MOS管施加的电压VGS越高，RDS(ON)就会越小；反之RDS(ON)就会越高。

对系统设计人员来说，这就需要折中权衡。

对便携式设计来说，采用较低的电压即可(较为普遍)；而对于工业设计来说，可采用较高的电压。需要注意的是，RDS(ON)电阻会随着电流轻微上升。

技术对器件的特性有着重大影响，因为有些技术在提高最大VDS（漏源额定电压）时往往会使RDS(ON)增大。对于这样的技术，如果打算降低VDS和RDS(ON)，那么就增加晶片尺寸，从而增加与之配套的封装尺寸及相关的开发成本。业界现有好几种试图控制晶片尺寸增加的技术，其中最主要的是沟道和电荷平衡技术。

在沟道技术中，晶片中嵌入了一个深沟，通常是低电压预留的，用于降低导通电阻RDS(ON)。为了减少最大VDS对RDS(ON)的影响，开发过程中采用了外延生长柱/[蚀刻](#)柱工艺。例如，飞兆半导体开发的Super[RFET](#)技术，针对RDS(ON)的降低而增加了额外的制造步骤。

这种对RDS(ON)的关注十分重要，因为当标准[MOSFET](#)的[击穿](#)电压升高时，RDS(ON)会随之呈指数级增加，并且导致晶片尺寸增大。SuperFET工艺将RDS(ON)与晶片尺寸间的指数关系变成了线性关系。

这样，SuperFET器件便可在小晶片尺寸，甚至在击穿电压达到600V的情况下，实现理想的低RDS(ON)。结果是晶片尺寸可减小达35%。而对于最终用户来说，这意味着封装尺寸的大幅减小。

### 第四步是确定热要求

在确定电流之后，就要计算系统的散热要求。设计人员必须考虑两种不同的情况：最坏情况和真实情况。建议采用针对最坏情况的计算结果，因为这个结果提供更大的安全余量，能确保系统不会失效。在MOS管的资料表上还有一些需要注意的[测量](#)数据，比如封装器件的半导体结与环境之间的热阻，以及最大的结温。

器件的结温等于最大环境温度加上热阻与功率耗散的乘积，即 $结温 = 最大环境温度 + (热阻 \times 功率耗散)$ 。根据这个方程可解出系统的最大功率耗散 $= I^2 \times RDS(ON)$ 。

由于设计人员已确定将要通过器件的最大电流，因此可以计算出不同温度下的RDS(ON)。值得注意的是，在处理简单热模型时，设计人员还必须考虑半导体结/器件外壳及外壳/环境的热容量；即要求印刷电路板和封装不会立即升温。

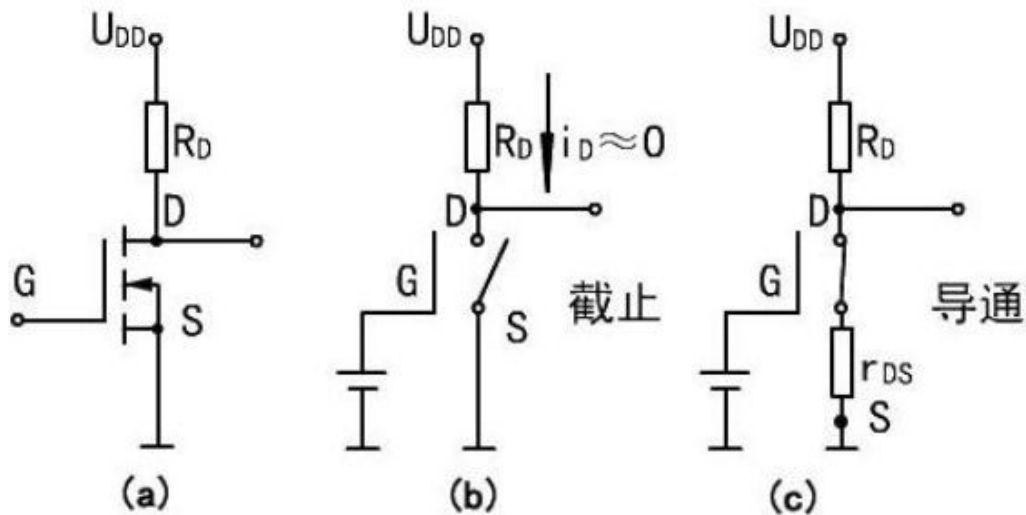
雪崩击穿（指半导体器件上的反向电压超过最大值，并形成强电场使器件内电流增加）形成的电流将耗散功率，使器件温度升高，而且有可能损坏器件。半导体公司都会对器件进行雪崩测试，计算其雪崩电压，或对器件的稳健性进行测试。

计算额定雪崩电压有两种方法；一是统计法，另一是热计算。而热计算因为较为实用而得到广泛采用。除计算外，技术对雪崩效应也有很大影响。例如，晶片尺寸的增加会提高抗雪崩能力，最终提高器件的稳健性。对最终用户而言，这意味着要在系统中采用更大的封装件。

#### 第五步是确定开关性能

选择MOS管的最后一步是确定其开关性能。影响开关性能的参数有很多，但最重要的是栅极/漏极、栅极/源极及漏极/源极电容。因为在每次开关时都要对这些电容充电，会在器件中产生开关损耗；MOS管的开关速度也因此被降低，器件效率随之下降；其中，栅极电荷(Qgd)对开关性能的影响最大。

为计算开关过程中器件的总损耗，设计人员必须计算开通过程中的损耗(Eon)和关闭过程中的损耗(Eoff)，进而推导出MOS管开关总功率： $P_{sw}=(E_{on}+E_{off})\times$ 开关频率。



增强型NMOS管构成的开关电路

#### 第六步为封装因素考量

不同的封装尺寸MOS管具有不同的热阻和耗散功率，需要考虑系统的散热条件和环境温度（如是否有风冷、散热器的形状和大小限制、环境是否封闭等因素），基本原则就是在保证功率MOS管的温升和系统效率的前提下，选取参数和封装更通用的功率MOS管。

常见的MOS管封装有：

①插入式封装：TO-3P、TO-247、TO-220、TO-220F、TO-251、TO-92；

②表面贴装式：TO-263、TO-252、SOP-8、SOT-23、DFN。

#### TO封装MOS管

不同的封装形式，MOS管对应的极限电流、电压和散热效果都会不一样，简单介绍如下。

TO-3P/247：是中高压、大电流MOS管常用的封装形式，产品具有耐压高、抗击穿能力强等特点，适于中压大电流（电流10A以上、耐压值在100V以下）在120A以上、耐压值200V以上的场所中使用。

TO-220/220F：这两种封装样式的MOS管外观差不多，可以互换使用，不过TO-220背部有散热片，其散热效果比TO-220F要好些，价格相对也要贵些。这两个封装产品适于中压大电流120A以下、高压大电流20A以下的场合应用。

TO-251：该封装产品主要是为了降低成本和缩小产品体积，主要应用于中压大电流60A以下、高压7N以下环境中。

TO-92：该封装只有低压MOS管（电流10A以下、耐压值60V以下）和高压1N60/65在采用，主要是为了降低成本。

TO-263：是TO-220的一个变种，主要是为了提高生产效率和散热而设计，支持极高的电流和电压，在150A以下、30V以上的中压大电流MOS管中较为多见。

TO-252：是目前主流封装之一，适用于高压在7N以下、中压在70A以下环境中。

SOP-8：该封装同样是为降低成本而设计，一般在50A以下的中压、60V左右的低压MOS管中较为多见。

SOT-23：适于几A电流、60V及以下电压环境中采用，其又分有大体积和小体积两种，主要区别在于电流值不同。

DFN：体积上，较SOT-23大，但小于TO-252，一般在低压和30A以下中压MOS管中有采用，得益于产品体积小，主要应用于DC小功率电流环境中。

第七步要选择好品牌

MOS管的生产企业很多，大致说来，主要有欧美系、日系、韩系、台系、国产几大系列。

欧美系代表企业：ST、[安森美](#)（含仙童）、[II](#)、[PI](#)、[英飞凌](#)（含IR）等；

日系代表企业：[东芝](#)、[瑞萨](#)、新电元等；

韩系代表企业：KEC、AUK、美格纳、森名浩、威士顿、信安、KIA等；

台系代表企业：APEC富鼎、CET 华瑞；

国产代表企业：吉林华微、士兰微、华润华晶、捷捷微电，东光微、世纪金光半导体等。

在这些品牌中，以欧美系企业的产品种类最全、技术及性能最优，从性能效果考虑，是为MOS管的首选；以瑞萨、东芝为代表的日系企业也是MOS管的高端品牌，同样具有很强的竞争优势；这些品牌也是市面上被仿冒最多的。另外，由于品牌价值、技术优势等原因，欧美系和日系品牌企业的产品价格也往往较高。

韩国和中国台湾的MOS管企业也是行业的重要产品供应商，不过在技术上，要稍弱于欧美及日系企业，但在价格方面，较欧美及日系企业更具优势；性价比相对高很多。

而在中国大陆，同样活跃着一批本土企业，他们借助更低的成本优势和更快的客户服务响应速度，在中低端及细分领域具有很强的竞争力，部分实现了国产替代；目前也在不断冲击高端产品线，以满足本土客户的需求。另外，本土企业还通过资本运作，成功收购了安世半导体等国际知名的功率器件公司，将更好地满足本土对功率器件的需求。

小结

小到选N型还是P型、封装类型，大到MOSFET的耐压、导通电阻等，不同的应用需求千变万化，工程师在选择MOS管时，一定要依据电路设计需求及MOS管工作场所来选取合适的MOS管，从而获得最佳的产品设计体验。当然，在考虑性能的同时，成本也是选择的因素之一，只有高性价比的产品，才能让工程师设计的产品在品质与收益中达到平衡。

---

## MOS管参数含义说明

$V_{ds}$ ：DS击穿电压.当 $V_{gs}=0V$ 时，MOS的DS所能承受的最大电压

$R_{ds(on)}$ ：DS的导通电阻.当 $V_{gs}=10V$ 时，MOS的DS之间的电阻

$I_d$ ：最大DS电流.会随温度的升高而降低

$V_{GS}$ :最大GS电压.一般为： $-20V \sim +20V$

$I_{DM}$ :最大脉冲DS电流.会随温度的升高而降低，体现一个抗冲击能力，跟脉冲时间也有关系

$P_D$ :最大耗散功率

$T_J$ :最大工作结温，通常为150度和175度

$T_{STG}$ :最大存储温度

$I_{AR}$ :雪崩电流

$E_{AR}$ :重复雪崩击穿能量

$E_{AS}$ :单次脉冲雪崩击穿能量

$BV_{DSS}$  : DS击穿电压

$I_{DSS}$ :饱和DS电流， $\mu A$ 级的电流

$I_{GSS}$ :GS驱动电流， $nA$ 级的电流.

$g_{fs}$ :跨导

$Q_g$ :G总充电电量

$Q_{gs}$ :GS充电电量

$Q_{gd}$ :GD充电电量

$T_d(on)$ :导通延迟时间，从有输入电压上升到10%开始到 $V_{DS}$ 下降到其幅值90%的时间

$T_r$ :上升时间，输出电压 $V_{DS}$ 从90%下降到其幅值10%的时间

$T_d(\text{off})$ :关断延迟时间, 输入电压下降到90%开始到VDS上升到其关断电压时10%的时间

$T_f$ :下降时间, 输出电压VDS从10%上升到其幅值90%的时间(参考图4)。

$C_{iss}$ :输入电容,  $C_{iss}=C_{gd}+C_{gs}$ .

$C_{oss}$ :输出电容,  $C_{oss}=C_{ds}+C_{gd}$ .

$C_{rss}$ :反向传输电容,  $C_{rss}=C_{gc}$ .