



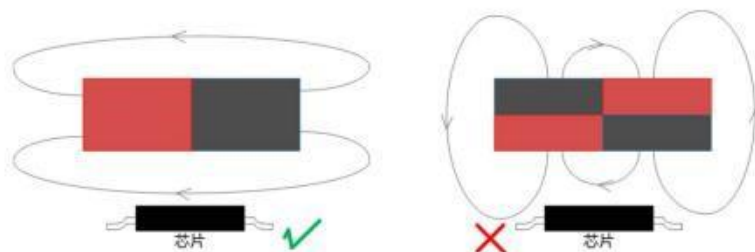
麦歌恩磁编产品开发注意细节

邓向聪 13088811686

一、磁铁规格及选型装配

1.1、磁编磁铁充磁方式差异

MT6816CT、MT6825GT 是基于 AMR 工艺设计的磁编，其同 TLE5012、AMS5045、AK7452 等霍尔式芯片最大的区别在于，AMR 工艺感应的是磁铁的水平磁力线。而霍尔及其他类型磁编，则感应的是磁场强度大小。



如上图所示，普通径向冲磁磁铁，可以提供更大范围的水平磁力线分布，这可以提高磁编芯片偏心安装冗余，并使得非线性度角度误差变小。

1.2、磁铁距离芯片气隙间距

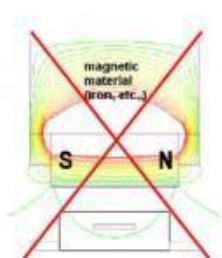
安装气隙建议控制在 1 毫米（1 毫米可以提供编码器更好的抗磁干扰特性）。

考虑到磁场的指数衰减特性，虽然我们 MT6825GT 可以在 3mm,5mm 气隙下仍旧可以有正常功能，但鉴于气隙过大时，在电机正反转、电机急停急加速等刚性较大的工况中，电机本身会产生剧烈的磁场干扰，我们建议产品设计中，芯片表面距离磁铁表面的气隙在 1mm 为最佳。

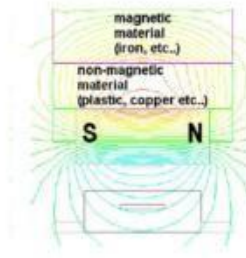
1.3、磁铁与电机轴装配

磁铁磁场会受到导磁材料的影响，当电机轴导磁时，我们建议磁铁和电机轴之间，用轴套进行连接，电机轴端距离磁铁 1 毫米，轴套起到隔磁的作用。

当电机轴导磁时，磁铁直接嵌入到电机轴内，以及通过隔磁轴套转接，磁力线分布示意图如下：



图一、磁铁嵌入轴套



图二、磁铁通过隔磁轴套安装

因普通径向冲磁，磁铁嵌入电机轴，会导致表面磁场严重被弱化，参考上图右图磁铁嵌入轴套时，磁力线分布示意图。不建议磁铁嵌入到电机轴内。

1.4、如果一定要将磁铁嵌入电机轴，我们建议磁铁和装配满足以下要求：

- 1) 磁铁直径在 10 毫米或以上。
- 2) 磁铁充磁方式：
无刷电机，因为电机轴导磁，建议选用两极径向冲磁磁铁，（该充磁方式轴侧的 NS 磁极会被导磁轴牵引，但是磁铁一侧的 SN 磁极，磁力线不会受到影响。
步进电机，当轴导磁时，磁铁选型同上。当轴为不锈钢，不导磁时，磁铁建议可选用普通径向冲磁。
- 3) 芯片表面距离磁铁气隙控制在 1 毫米。
- 4) 确保较好的安装同心度。

二、磁铁要求

磁编的性能、角度非线性度误差，受到磁铁充磁的影响较大，尤其是磁铁充磁夹具，NS 对称度、磁偏角参数，我们要求磁铁磁偏角至少要在 2 度以内，因此我们推荐客户在我们制定的磁铁供应商处采购磁铁，以免产品在量产中，磁铁充磁一致性较差给编码器和伺服性能带来不良影响。

三、编码器产品结构设计注意事项

产品结构设计的根本原则是，在保证磁编芯片、磁编 PCB、编码器底座以及电机端盖、转轴同心度的前提下，再考虑接插件分布、防拉拔、材料高低温、抗老化、加强筋等细节。

保证同心度这块，目前要求编码器底座和电机端盖、磁编 PCB 和底座之间，通过**止口、台阶**的方式**紧配安装**，确保磁编芯片和电机转轴之间有足够的同心度。

电机端盖台阶，和编码器底座止口。编码器底座和磁编 PCB 之间，需要紧配，公差余量推荐 0.01-0.015 毫米。编码器底座、电机、PCB 同心度结构设计范例参考下图：

其他机械结构设计的设计细节因为不直接影响磁编性能，故不在此赘述。



四、软硬件设计

1、原理图 REVIEW。

考虑到我们磁编芯片，芯片规格书会根据客户的量产反馈，对芯片的规格书的参考原理图，保护电路等部分进行不定期的更新优化，我们强烈建议终端客户，产品定义之前，将编码器部分的原理图，提供给到我们的 FAE 进行 REVIEW。经过我们 Review 支持，再行打板送样。

2、PCB 设计注意事项：

因磁编为磁敏元件，上文所述诸多细节均为了给磁编芯片提供更加稳定的工作磁场，PCB 布板中，需要将导磁器件尽可能的分布到远离磁编芯片的区域，例如导磁螺丝、磁珠、导磁电阻电容电感等元器件。

五、失效风险：

5.1、步进电机失效风险

步进电机因为电机极对数通常在 50 对极，编码器的机械角度误差和电机的电角度误差之间，呈 50 倍的关系，因此，当机械角度误差（INL）大于 1 度以上，电角度误差就会超过 50 度，电机就会出现失效的情况。

霍尔式的编码器，因其工作磁场在线性区域（300-700Gs），当电机刚性较大，自交变磁场较大，使得工作磁场受到明显干扰时，其非线性度误差会瞬间放大，从而导致电机失控、控制器报警等情况发生，这也是为什么 AK7451、TLE5012、AS5045 等芯片，鲜少用在闭环步进应用中的原因，这类磁编很难支撑步进电机在高刚性工况下的磁场干扰要求。此类编码器芯片，更多被用在一些低端的开环步进，角度反馈应用上。

磁编在闭环步进上的应用，需要要求编码器芯片在任意工况下，其非线性度角度误差都需要稳定在 0.5 度以内的水平，这需要编码器芯片具备较好的噪声水平，能够在高刚性工况下保持较好的 INL 角度误差。我们的 MT6825GT 和 MT6816CT，因其 AMR 先天的饱和磁场工作特性，能够较好的胜任该要求。

5.2、无刷电机失效风险

无刷电机因电机的极对数较少，电角度误差和机械角度误差之间的倍数关系较低，以 5 对极电机为例，电角度误差=机械角度误差乘以 5。对于 INL 机械角度误差的容忍度相对于步进电机来说要低得多。在正常的 INL 水平，基本不会出现电机失控的情况。而 INL 一般受到以下两点因素影响。

1) 芯片 AD 处理的延时。

芯片延时和电角度之间的换算关系如下：

参考 AM5045 的 200us 延时，假设电机转速为 3000RPM，极对数为 5 对极时。

电角度误差 $a=360*200*5*3000/(60*1000000)=18$ 度。

延时所产生的电角度误差，再加上磁编本身的 0.5 度-1 度的机械角度误差乘以 5 倍，再叠加上电机本身在 3000RPM 转速下产生的交变磁场对磁铁磁场干扰所带来的角度误差。决定了 AS5045 无法满足数千转速的通用伺服的应用以及 50 对极闭环步进应用，这也是为什么量产十多年的 AMS 磁编，只在一些超低速应用中或者开环角度反馈等应用中量产，而并未在伺服步进等应用中被应用。

2) 磁场气隙过大或者磁场强度不足时，磁干扰导致 INL 角度误差迅速恶化。

前文 1.3 所述的磁铁嵌入导磁电机轴内的情况，当磁铁嵌入电机轴内，磁场被大大弱化后，同时气隙又偏大时，芯片的工作磁场可能低至 100 高斯左右，这种情况下，当电机在急加速、急减速、正反转等工况下，其绕组电流剧烈变化会形成瞬间强磁场，矢量干扰至芯片的工作磁场中，其磁场大小、磁场方向均会受到更加明显的影响，从而导致非线性度角度误差恶化，进而产生电机失效。