

倾转方案技术调研——RVDT（旋转可变差动变压器）

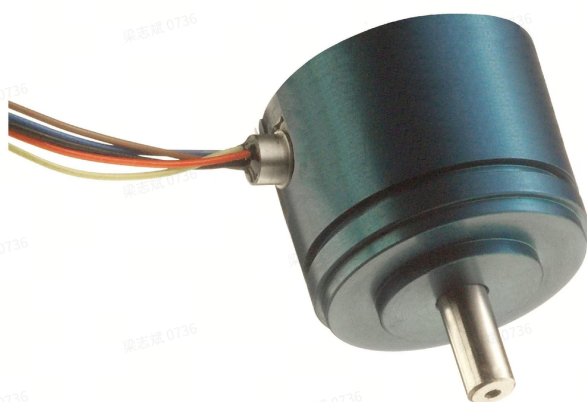
1. 概述：

- 本文档针对LVDT（直线位置传感器，也叫线性可变差动变压器）进行调研。

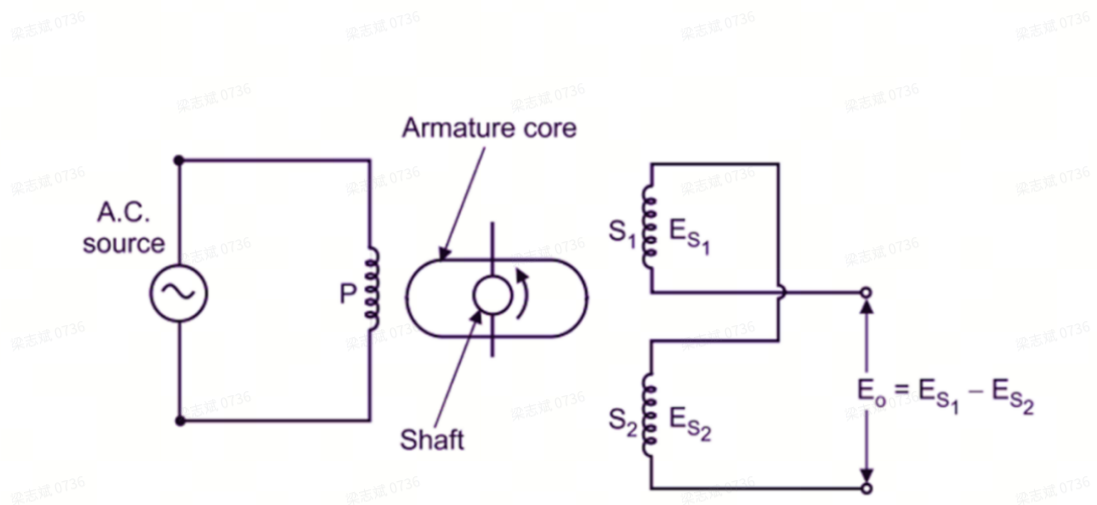
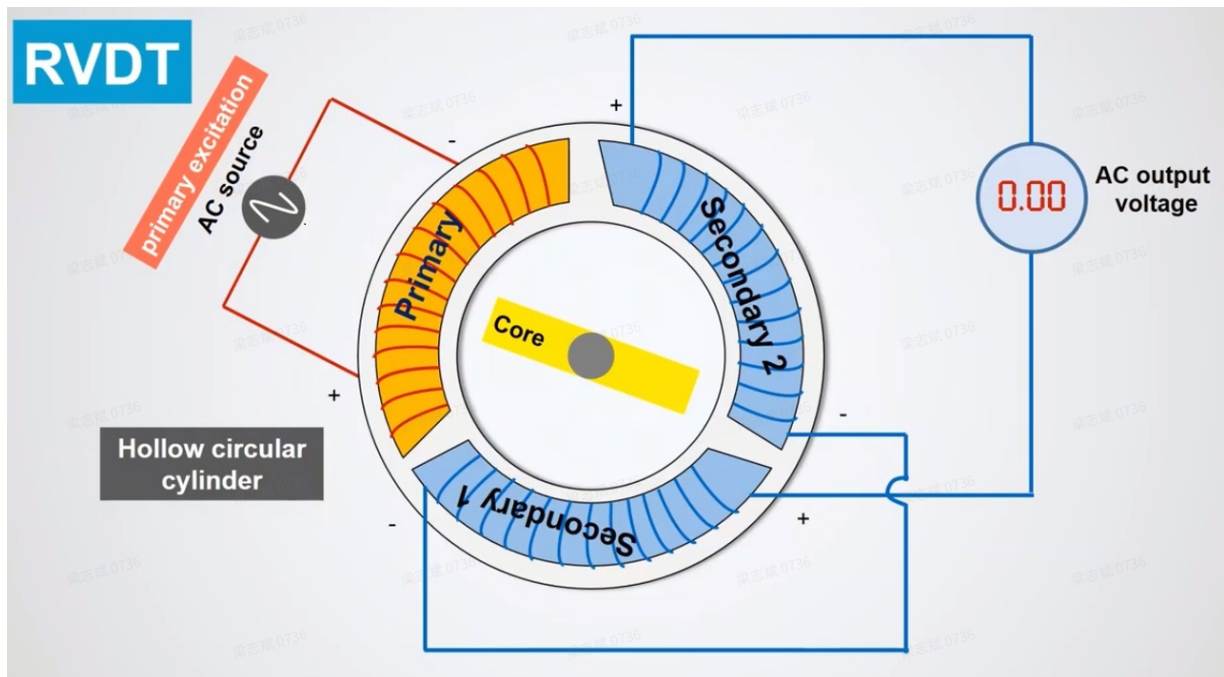
2. RVDT工作原理

2.1 什么是RVDT？

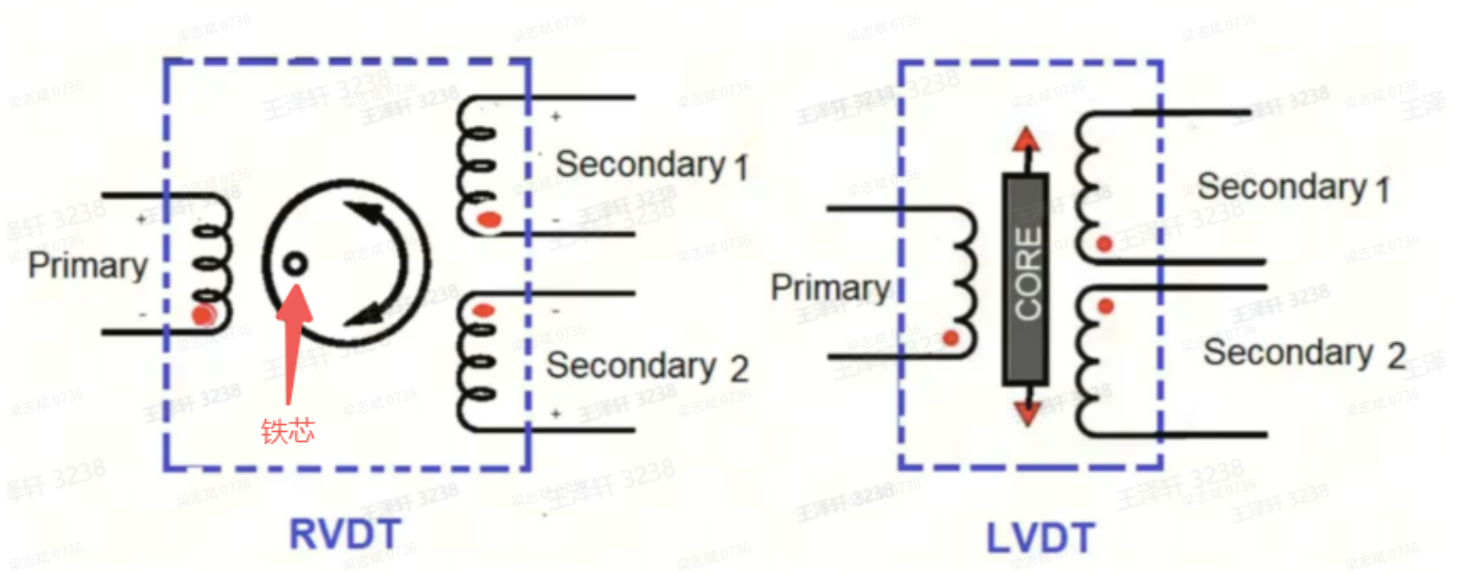
RVDT是旋转可变差动变压器（Rotary Variable Differential Transformer）的缩写，是一种用于测量旋转角度的电磁传感器。它的工作原理和结构与LVDT（线性可变差动变压器）类似，但针对旋转运动设计。



2.2 RVDT 是怎样工作的？



RVDT的原理与LVDT几乎完全相同。RVDT传感器实际上也是铁芯可动变压器，由一个初级线圈、两个次级线圈、铁芯、线圈骨架、外壳等部分组成。当铁芯处于线圈骨架的中间位置时，两个次级线圈输出的电动势 V_1 和 V_2 相等，输出电压为零。当铁芯偏离中间位置时，两个次级线圈的电动势 V_1 和 V_2 不相等，输出一定的电压。



2.3 RVDT的优缺点

因为结构与原理高度相似，RVDT的优点与LVDT一致，参考LVDT的优点。

RVDT的缺点是在连续旋转场景中，RVDT存在显著限制。主要原因如下：

1. 机械结构限制：RVDT的线圈绕组和铁芯设计基于有限旋转角度（通常 $\pm 30^\circ$ 至 $\pm 60^\circ$ ），无法实现 360° 连续旋转的电磁耦合连续性。当旋转超过标称范围时，次级线圈的感应电压会进入非线性区域，导致输出信号失真。
2. 信号周期性断点：即使理论上可通过特殊设计实现全周测量，但铁芯旋转超过 180° 时，电磁场分布会重复周期性特征，导致角度解析出现多值性问题，无法区分完整旋转圈数。

若强行用于连续旋转场景，将导致以下后果：

- 测量失效：超出线性范围后，输出信号与角度呈非线性关系，精度急剧下降（例如扩展至 $\pm 60^\circ$ 时非线性误差可达 $\pm 0.25\%$ 以上）；
- 系统误判：周期性信号特征可能被控制系统误读为反向旋转或零位跳变；
- 机械损伤风险：持续超限旋转可能加速铁芯与线圈骨架的磨损，降低传感器寿命。

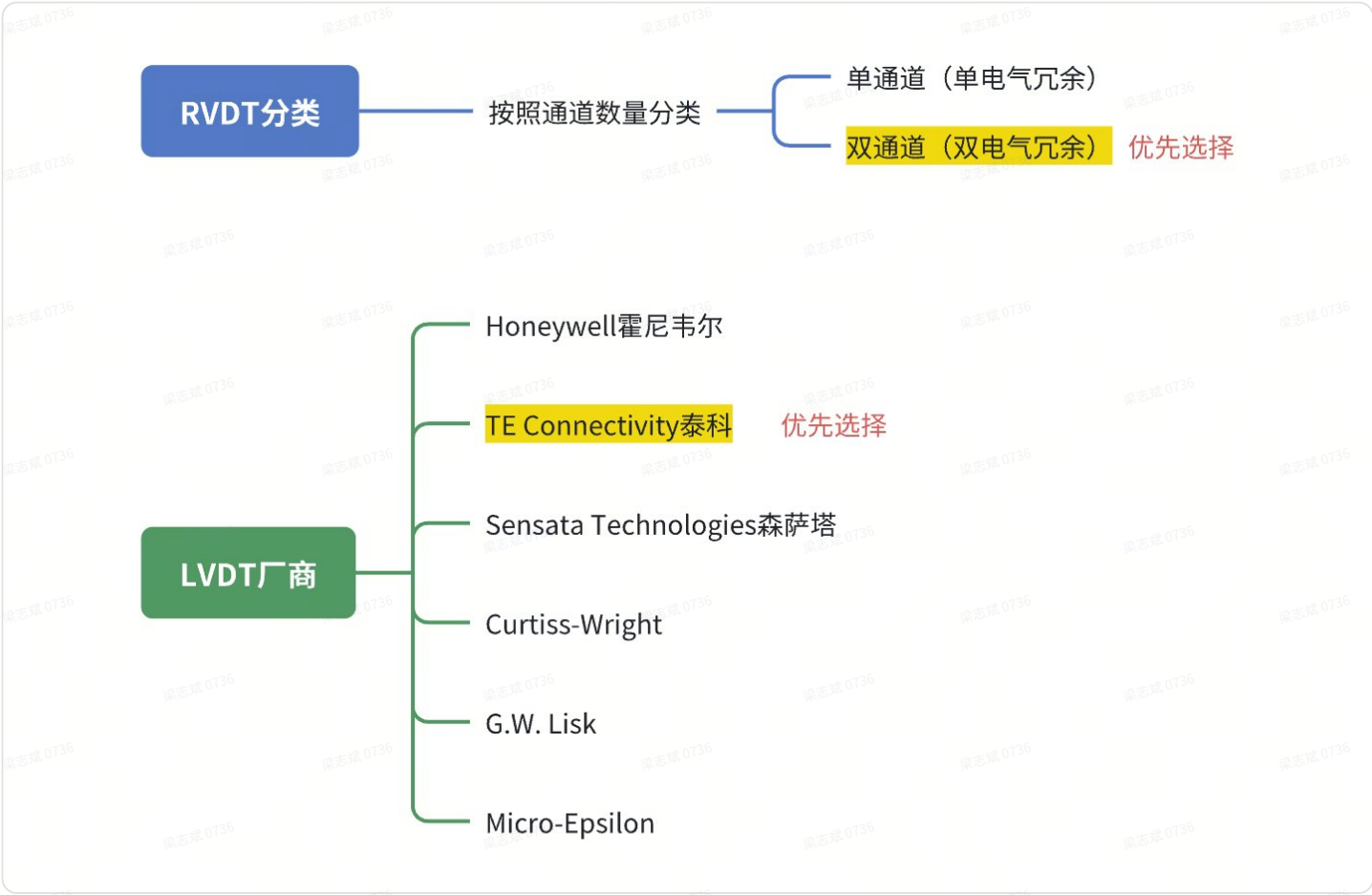
对于需要连续旋转的应用（如电机轴角监测），通常采用旋转变压器（Resolver）或光电编码器替代，前者基于类似原理但支持 360° 无间断测量，后者通过光栅细分实现高精度全周检测。

Typical Product Specifications	LVDTs	RVDTs
Range	0.010 to 20.0"	+/- 80 degrees
Linearity	+/- 0.25% F.S.	
Accuracy	+/- 1.0% F.S. (-65 to 450F)	+/- 1.0% F.S. (-65 to 250F)
MTBF	700,000 hours	500,000 hours
Temperature	-65 to 450F*	-65 to 350F
Redundancy	1 to 4 channels	
Environmental	MIL-STD-810 or DO-160	
Gear Ratios		Up to 4000:1

3. RVDT产品调研

3.1 调研结论

- 最优器件选型：市面上大部分型号RVDT可以满足需求输入，优先选择双通道RVDT。
- 最优供应商选择：优先选择TE Connectivity泰科电子，其在国内销售平台上信息较为齐全。
- 疑虑：RVDT的直径（通常为20mm以上）会不会影响机翼结构上的设计？多个RVDT的信号处理方案？



3.1 RVDT选型型号参考

RVDT选型关键物理特征

选型特征	特征描述		需求
直径	20~40mm		控制器整体结构小于120mm ³
测量范围 (转角)	±30°~±90°		-40°~80°
外壳材料	不锈钢、铝、阳极氧化铝、高碳钢等		
截面形状	圆柱形		
使用寿命	一般平均无故障工作时间（MBTF）大于100000h		大于2000Fh，大于6000h
通道数量	单通道	单机械与电气冗余，适用于大部分场景	

	双通道	双机械与电气冗余，适用于对可靠性要求高的场景	
重量	主要受防护等级的影响，一般在10~300g		作动器小于2kg 控制器小于1kg

RVDT选型关键电气特征

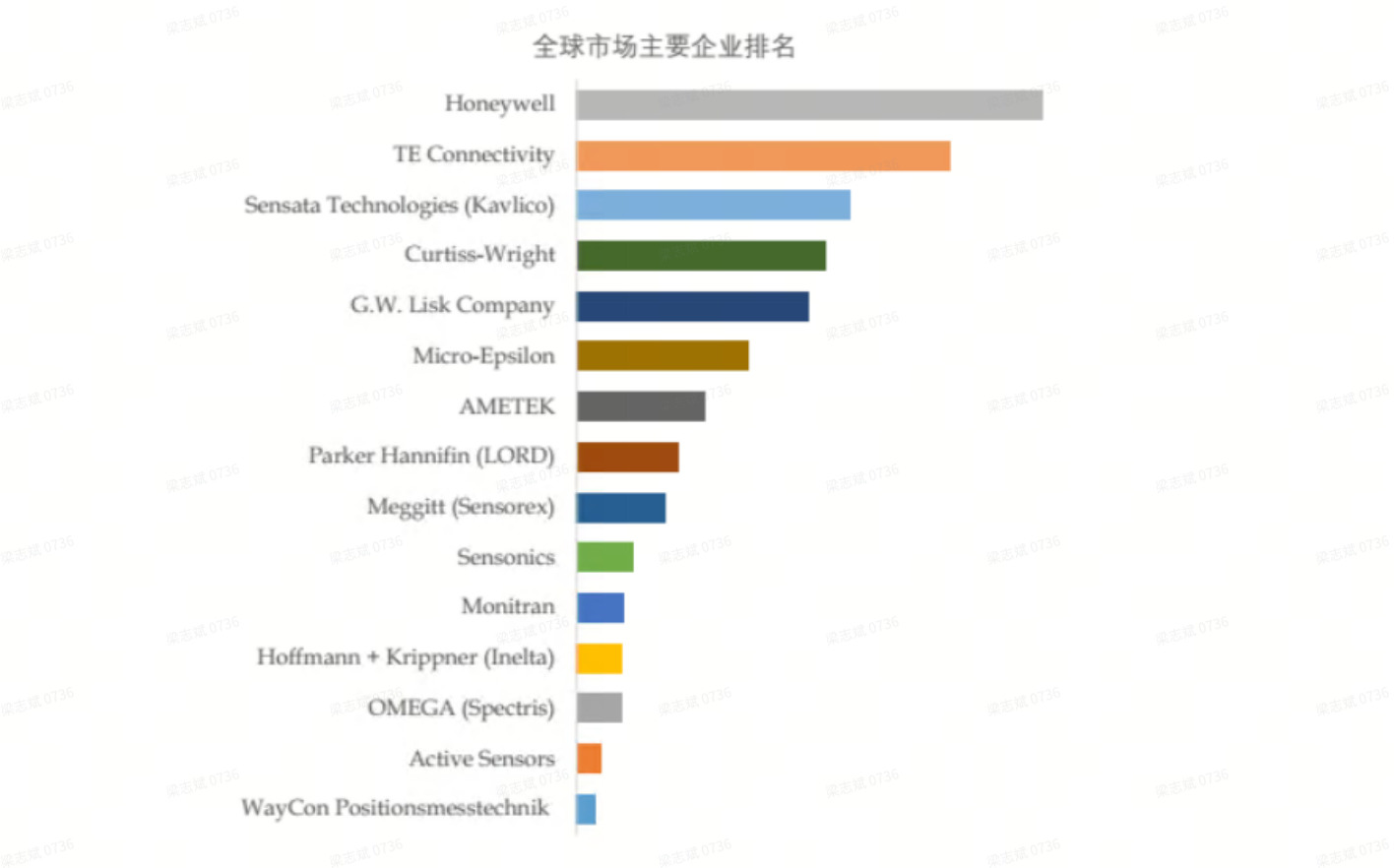
选型特征	特征描述	需求
全量程线性误差	$\pm 0.1\% \sim \pm 2\%$	作动器行程采集误差小于0.3°
灵敏度 (Sensitivity)	通常单位为mV/V/degree，定义为每度引起的输出电压变化与激励电压的比值。	
输出信号类型	<ul style="list-style-type: none">交流电压输出：交流输出RVDT一般是直接输出未经处理的原始信号，需要用RVDT信号调理电路对交流信号进行解调，一般输出范围为0.5V~10V直流电压输出：RVDT与信号调理电路集成在一起，能直接输出模拟直流信号。一般输出范围为0.5V~10V。	
励磁频率	一般为0.1~20kHz	
工作环境范围	承压1000PSI、承压10000PSI、耐高温、耐辐射等	-40°~70°C
防护等级	IP61~IP68	防水防尘
输出端电气连接	<ul style="list-style-type: none">6 针连接器DB-9 连接器屏蔽电缆(Leads)引线(Shielded Cable)接线端子(Terminal Block)	
标准	是否需要符合欧盟RoHS、ELV等标准	
电磁防护	RVDT一般使用不锈钢外壳，可提供电磁和静电干扰保护	

RVDT主要生产商参考

LVDT & RVDT Market Report: Projected to Reach USD 3.02 billion by 2029

主要生产商有：Honeywell、TE Connectivity、Sensata Technologies、G.W. Lisk、Ametek等等

因为RVDT有多种传感器替代，如霍尔效应旋转传感器与RVIT等，品类相对较少。



如上图表/数据，摘自 QYResearch 最新报告“全球 LVDT & RVDT 传感器市场研究报告 2023-2029 中的 2021 年数据。

全球范围内 LVDT & RVDT 传感器生产商主要包括 Honeywell、TE Connectivity、Sensata Technologies (Kavlico)、Curtiss-Wright、G.W. Lisk Company、Micro-Epsilon、AMETEK、Parker Hannifin (LORD)、Meggitt (Sensorex)、Sonsonics 等。2020 年，全球前五大厂商占有大约 45.0% 的市场份额。

3.1.1 各厂商不同型号RVDT参考

	产品系列				
参数	TE R30	TE MACRO RSE	TE R36AS	Sensata（定制）	G.W.LISK（定制）
行程（°）	±60°	0°~120°	±60°	±80°	±80°
直径（mm）	25.4	38.1	38.1	定制	定制
输出方式	交流	直流	交流	直流/交流	
线性误差（全量程）	2%	0.1%	3%	0.25%	0.4%
工作温度	-55 - 150 °C	-40 – 85 °C	-55 - 150 °C	定制	-55 - 200°C
IP等级	IP60	IP66	IP65		定制

外壳材料	阳极氧化铝	阳极氧化铝	不锈钢		
通道数量	单通道	单通道	单通道		
重量（g）	36	99	255		
参考价格	¥5000/件（来源：digikey）	暂无	¥7000/件（来源：digikey）		

3.1.2 参考资料


TE connectivity泰科电子


RVDT 位移传感器

R30系列（量程±60°）




ENG_DS_R30A_A2.pdf
162.19KB





product-CAT-
RVDT0002.datasheet.pdf
117.63KB




RSE系列（量程0°~120°）




ENG_DS_RSE_A2.pdf
152.71KB







product-CAT-
RVDT0001.datasheet.pdf
97.24KB




R36AS系列（量程±60°）




NG_DS_R36AS_A1-1134851.pdf
154.96KB





product-CAT-
RVDT0003.datasheet.pdf
125.69KB



G.W.LISK

定制

RVDT



Lisk-RVDT-Detail-Sheet-012723.pdf

803.85KB



Sensata森萨塔科技

定制

多通道 RVDT 传感器 | Sensata Technologies



sensata-rvdt-force-sensors-datasheet.pdf

283.77KB



阿贝克传感器（国产）

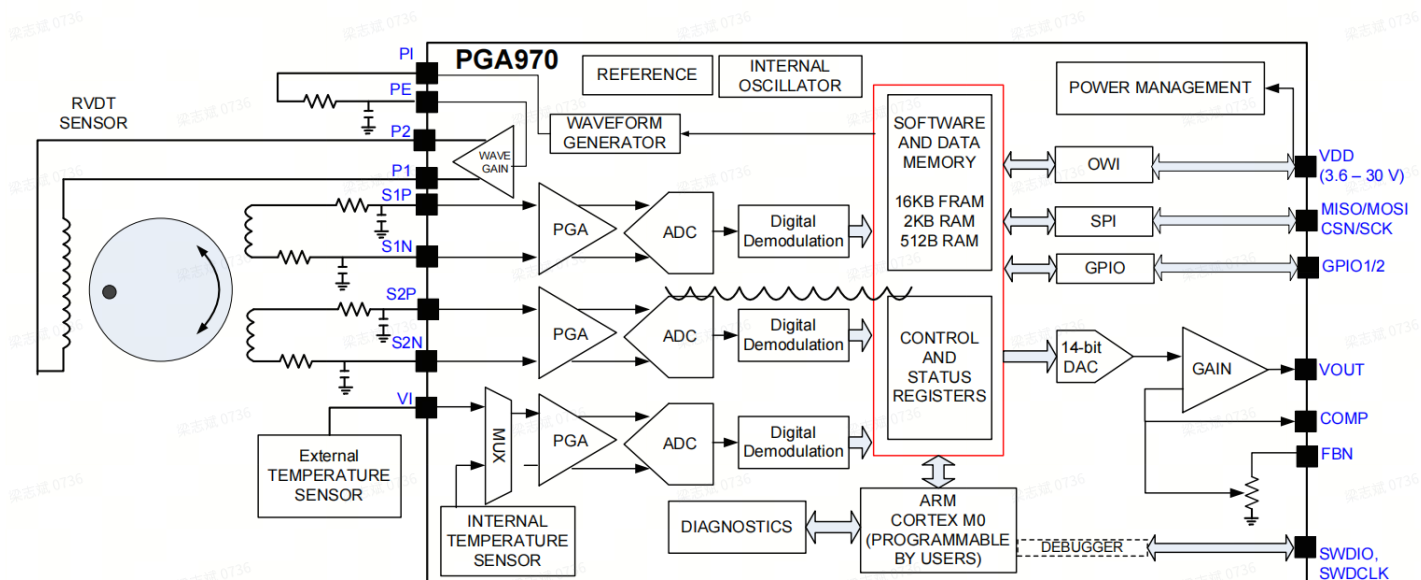
R-22系列双余度RVDT

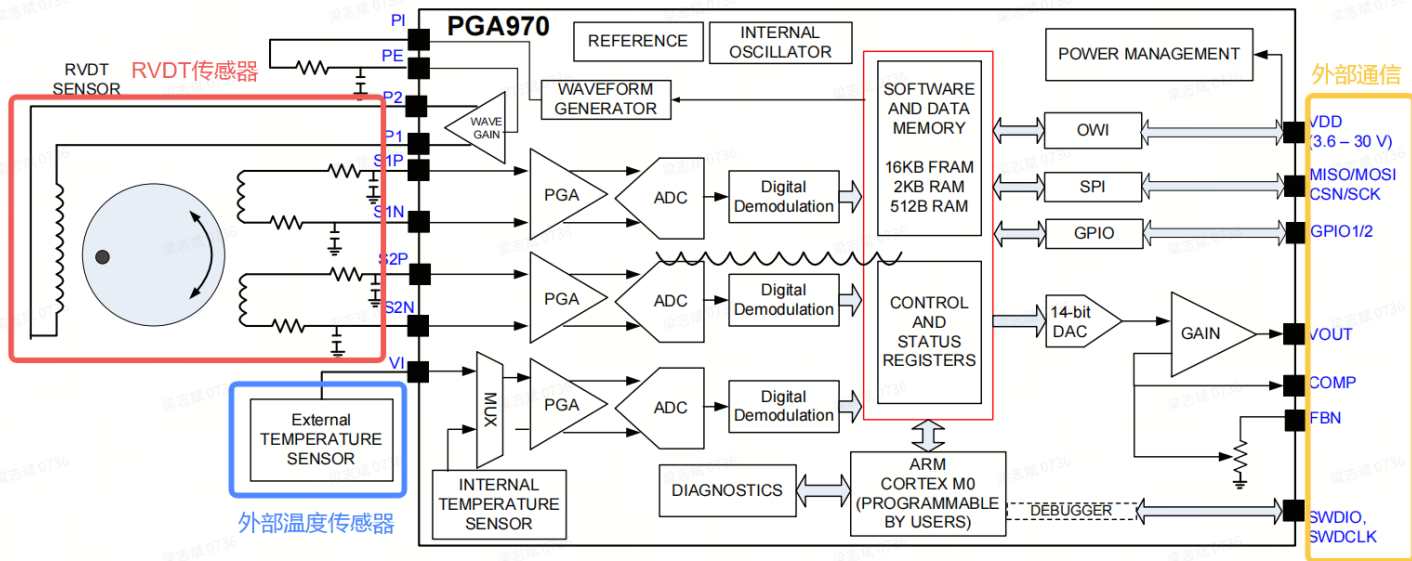
<http://abeksensors.com/index.php?id=174>

4. RVDT传感器信号反馈回路方案参考

参见 LVDT传感器信号反馈回路方案参考，电路完全通用。

4.1 PGA970(TI) 信号调理芯片



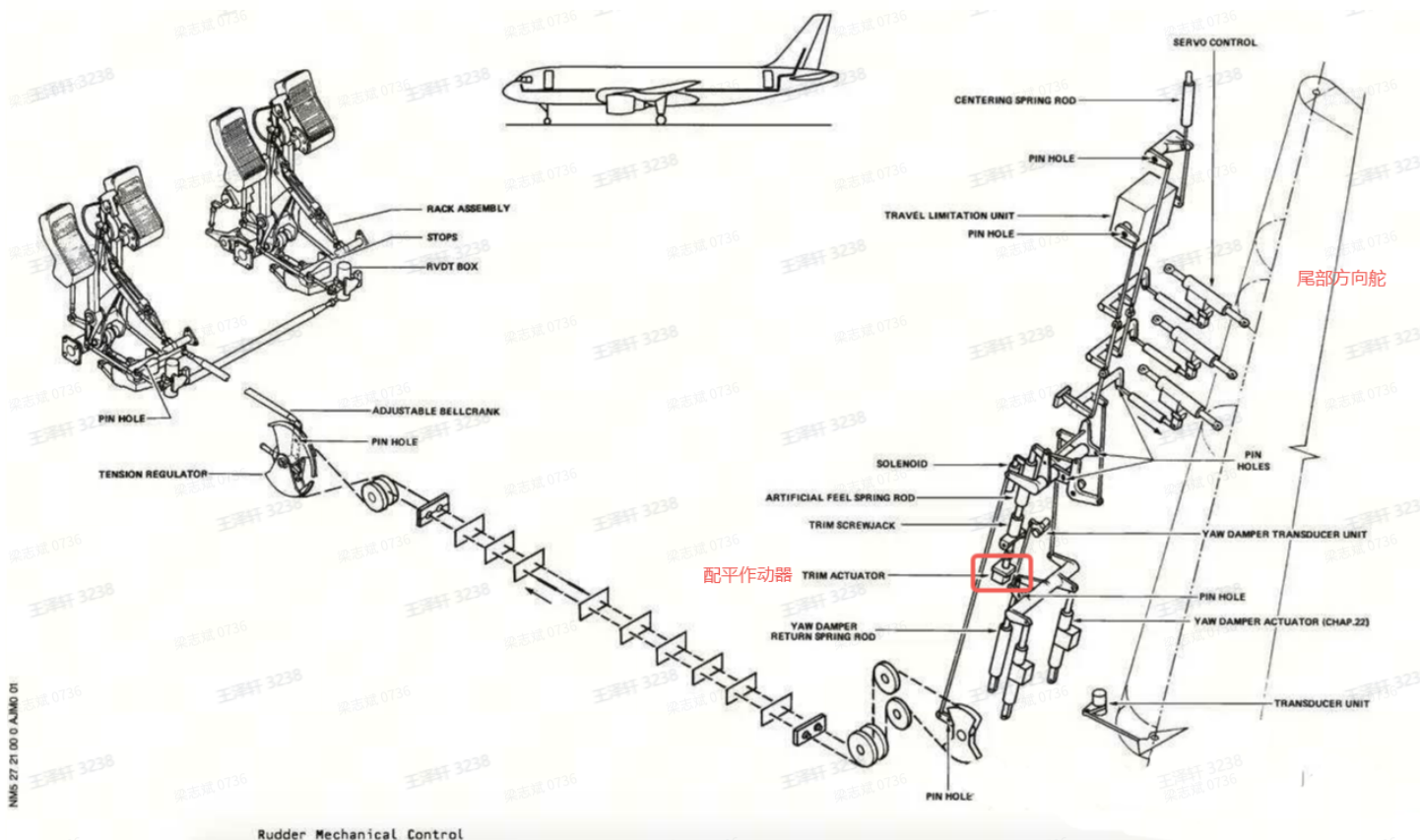


slya027.pdf
57.64KB



5. RVDTS整体应用方案参考

空客A320尾部方向舵配平动作 - 尾部方向舵配平作动器控制



飞行器尾舵控制示意图

什么是方向舵配平

简单来说就是飞机横滚时，尾舵协调工作，以保持飞行平稳

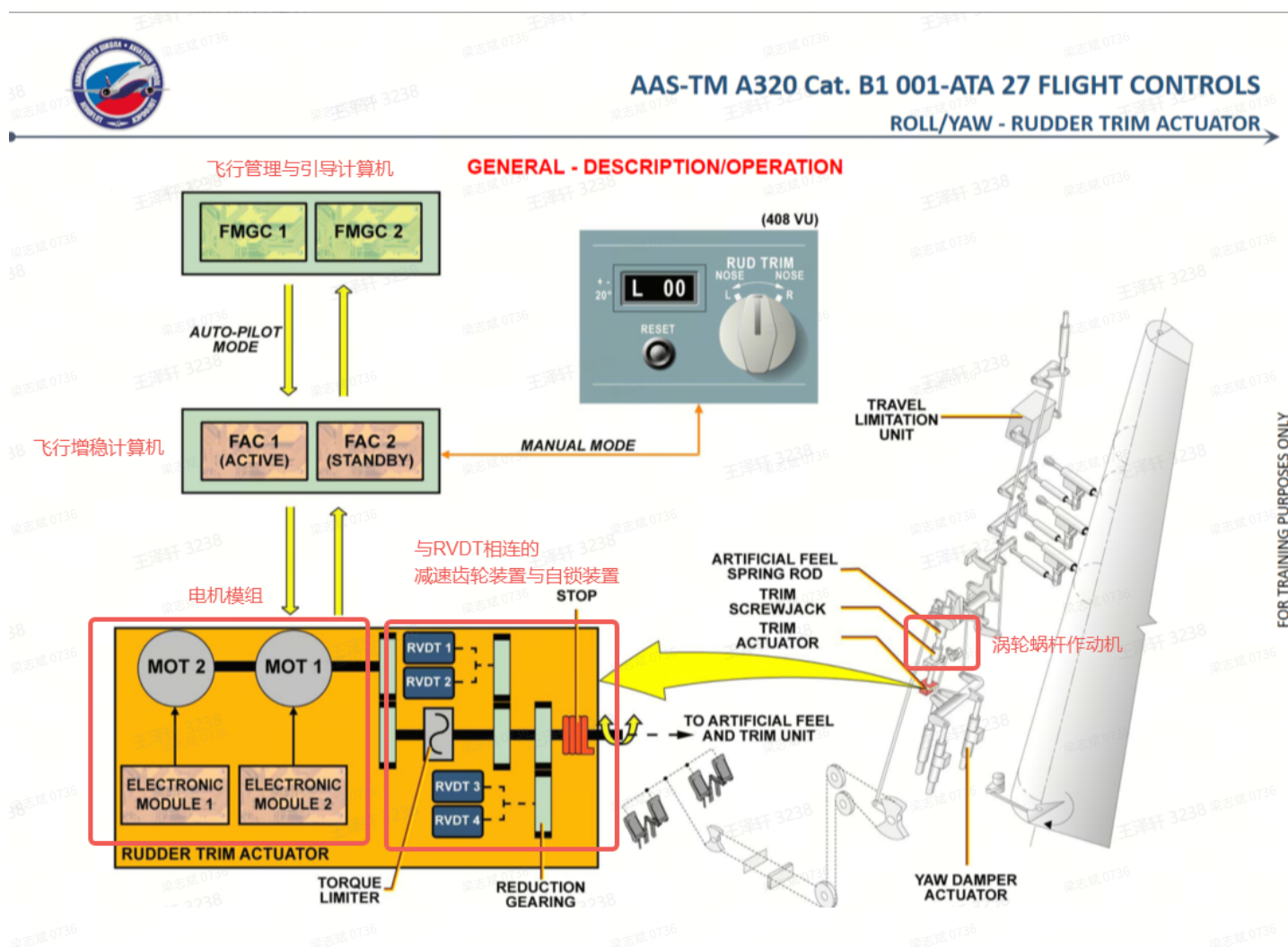
什么是方向舵配平作动器

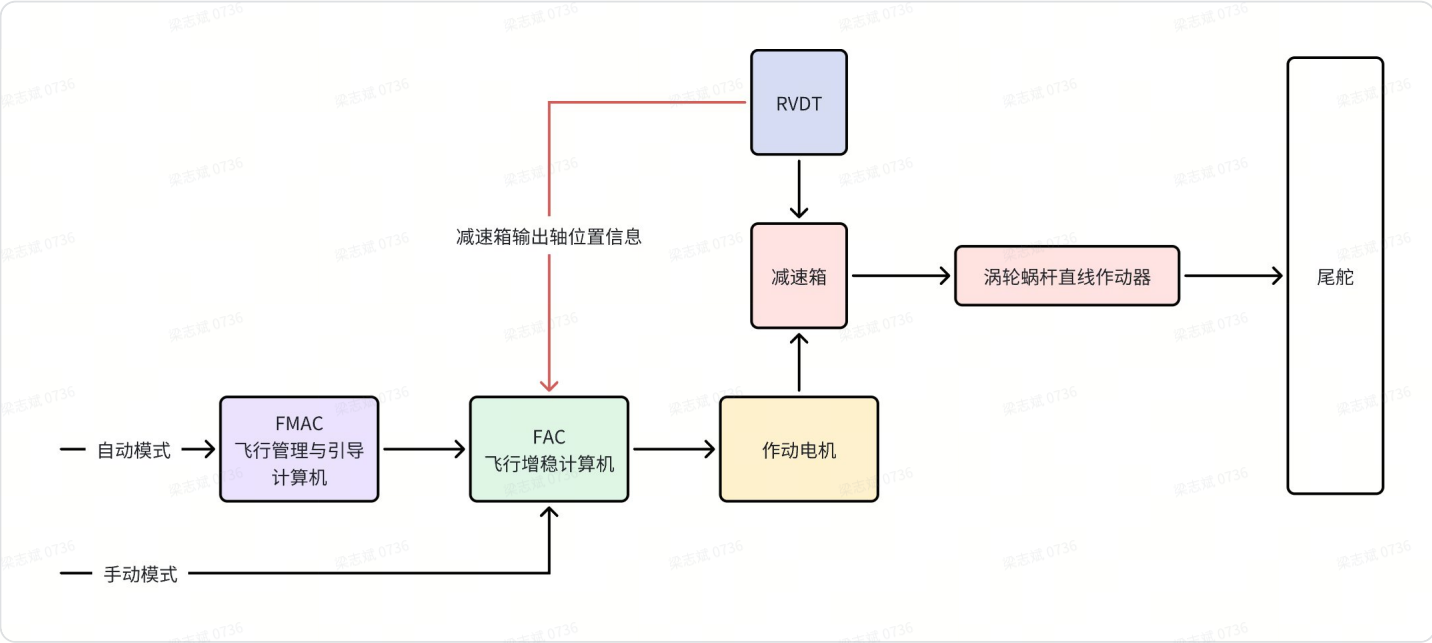
- ## 方向舵配平作动器的控制原理

- 手动模式

- **自动模式**

自动驾驶（AP）模式下方向舵配平作动器直接由FMGC（飞行管理与引导计算机）控制，指令也通过FAC（飞行增稳计算机）发送。





方向舵配平作动器有两个直流电动机，安装在同一轴上。每个电动机由一个独立的电子模块控制，每次只有一个电动机通过飞行增稳计算机1或2运行。电动机永久连接到一个减速器，通过一个扭矩限制器驱动输出轴。然后，输出轴驱动四个旋转可变差动传感器（RVDT），将输出轴位置信号传输给飞行增稳计算机。



空客A320飞行控制系统.pptx

37.40MB

