

关于我公司防护式（IP23）电机推广应用的可行性分析

一、防护式（IP23）电机推广应用的必要性

近年来，我公司自行研制生产的多个系列防护式（IP23）电机及防护式（IP23）专用变频调速电机已成功地得到推广应用，且市场需求量呈逐年增长趋势。防护式系列（IP23）电机冷却方式为自冷式（IC01），防护等级为IP23，工作制为连续负载运行（S1）。而目前我国配套电机大多数以封闭式系列（IP54）电机为主，这样不仅对电动机可靠性带来不利影响，而且也对降低电动机有效材料（硅钢片、电磁线）消耗、提高电动机效率、降低电动机温升等带来诸多不利因素。

通过我公司几十年的实践证明，当IP23电动机与IP54电动机力能指标（效率、功率因数）水平相同时，由于封闭式系列（IP54）电机与防护式系列（IP23）电机相比有效材料用量增加较多，不可避免地增加生产制造成本；考虑到电动机在实际运行中，基本上运行环境均在室内（比较清洁，无雨水、无粉尘、无特殊气体及其它有害物质），完全可以采用防护等级为IP23的防护结构来替代IP54的封闭型结构；在额定功率相同的情况下，由于IP23防护结构的散热条件较好，产品的制造成本必然会有所降低。我公司在出口电动机中，特别是出口到美国、加拿大等国家的电动机，IP23防护结构的产品约占全部出口电动机的60%以上。目前，我公司产品用于驱动风机、水泵、冷冻机、空气压缩机、压力机，以及应用于矿山球磨机、提升机、破碎机的电动机大部分都采用的是IP23的防护结构。因此，进一步加大防护式系列（IP23）电机的推广应用，既能够有效提升电机的运行可靠性、降低电动机制造成本，也给电机配套企业带来较好的经济效益。

二、电动机技术水平

1、电动机功率型谱

表1、表2列出了我公司防护式系列（IP23）笼型转子电机与封闭式系列（IP54）笼型转子电机功率与机座号的对应关系。

电动机“大功率、紧凑型”一直是国内外电动机行业技术进步所追求的目标。由表1和表2可见，从机座号160L开始同一中心高IP23电机较IP54电机功率有所增加，从机座号250开始IP23电机较IP54电机功率增加更为显著。功率与机座号的对应关系的不同，反映出IP23防护等级电机较IP54电机具有较强的通风散热能力。同时，体积的缩小可有效节约配套主机的安

装空间。所以，防护式系列（IP23）电机的推广应用可有效提升电机技术水平和运行可靠性，并为配套主机的技术进步提供了有利条件。

表1 （一般用途电机）机座号与转速及功率的对应关系

机座号	同步转速 r/min					
	防护等级 IP23			防护等级 IP54		
	1500	1000	750	1500	1000	750
	功率 kW					
160M1	11	7.5	5.5	11	7.5	4.0
160M2						5.5
160L1	15	11	7.5	15	11	7.5
160L2	18.5	—	—			
180M	22	15	11	18.5	—	—
180L	30	18.5	15	22	15	11
200M	37	22	18.5	—	—	—
200L1	45	30	22	30	18.5	15
200L2					22	
225S				37		18.5
225M	55	37	30	45	30	22
250S	75	45	37			
250M	90	55	45	55	37	30
280S	110	75	55	75	45	37
280M	132	90	75	90	55	45
315S	160	110	90	110	75	55
315M1	185	132	110	132	90	75
315M2	200	160	132			
315M3	220	—	—			
315L1	—	—	—	160	110	90
315L2	—	—	—	200	132	110
355M1	250	185		220	160	132
355M2	280	200	160	250	185	160
355M3	315	220	185	—	200	—
355M4	—	250	200	—	—	—
355L1	355	280	220	280	220	185
355L2	400	315	250	315	250	200
355L3	450	355	260	—	—	—
355L4	—	—	280	—	—	—

表2 （螺杆空压机专用电机）机座号与转速及功率的对应关系

机座号	同步转速 r/min			
	防护等级 IP23		防护等级 IP54	
	3000	1500	3000	1500
	功率 kW			
160M1	15	11	11	—
160M2			15	11
160L1	18.5	15	18.5	15
160L2	22	18.5		
180M	30	22	22	18.5
180L	37	30	—	22
200M	45	37	—	—
200L1	55	45	30	30
200L2			37	
225S	—	—	—	37
225M1	75	55	45	45
225M2	90			
250S	—	75	—	—
250M1	110	90	55	55
250M2	132			
280S	—	110	75	75
280M1	—	132	90	90
280M2	160			
280M3	185	—	—	—
280M4	200	—	—	—
280M5	220	—	—	—
280M6	250	—	—	—
315S	—	160	110	110
315M1	—	185	132	132
315M2	—	200		
315M3	—	220	—	—
315M4	—	250	—	—
315L1	—	—	160	160
315L2	—	—	185	185
315L3	—	—	200	200
355M1	280	280	220	220
355M2	315	315	250	250
355L1	355	—	280	280
355L2	400	—	315	315

2、防护等级及通风结构

两种防护等级电机在通风散热结构上的特点，见表2。

表2

技术特性	不同防护等级对比		分析
	IP23	IP54	
防护能力	能防止直径大于12mm的固体异物进入电机内壳；能防止与铅垂线成60°角范围内的淋水进入内壳。	能防止触及或接近壳内带电或转动部件进尘量不足以影响电机的正常运行；能防止任何方向的溅水进入内壳。	一般结构IP54防护能力强。但我公司IP23电机绕组衬垫293环氧涤纶适形毡，经VPI浸漆烘干后再用319-5F（60S）环氧漆固化囊封，也能够满足多粉尘环境安全运行。
冷却方式	IC01：冷却介质由电机周围空气直接进入内壳，将绕组及铁芯的热量带走。	IC416：电机绕组的热量需传导至铁芯，再由铁芯传导到机壳，通过强迫风机吹拂机壳将热量带到周围介质。 IC411：热传导IC416。只是电机带同轴风扇，冷却电机机壳表面。	IP23通风散热能力强，且通风所需消耗的功率小。 IP54电机强迫风机需消耗一定的功率。
轴承散热方式	靠电机两端端盖百叶窗进风，同时吹拂轴承外盖，将轴承的热量直接带走。	传动端（轴伸端）轴承无驱风元件，非传动端靠轴上风扇散热。	①IP23通风散热能力强。 ②轴承温度：IP23为35℃；IP54传动端为90℃，非传动端为66℃。
通风结构件	无专门的风扇元件，仅靠铸铝转子端环上的叶型驱风。	IC416：有附加强迫风机。 IC411：有风扇、风罩。	IP23通风结构简单，产品易维护； IP54强迫风机可靠性差。

由表2可见，IP23电机除需要对绕组进行特殊工艺处理外，其余结构要素均优于IP54电机。特别是，防护式（IP23）电机无风扇使产品可靠性得到较大提升，同时也有效降低了零部件成本。而封闭式（IP54）电机不仅热传导路径较长散热困难，且依靠独立风扇或强迫风机散热需要消耗一定的功率使电动机效率降低。尤其是，IP54变频电机的强迫风机故障率高一直是难以解决的一项技术难题，也使整机的可靠性受到严重制约。

3、电气性能

效率与功率因数统称为电动机的力能指标，它不仅综合反映了电动机的电气性能，且与电动机有效材料（硅钢片、电磁线）的用量及五大损耗（定子铜耗、转子铝耗、铁耗、机械耗、杂散耗）有关。当防护式（IP23）电机与封闭式（IP54）电机同极数、同功率，且效率及功率因数基本相同时，IP23电机具有如下优势。

(1)有效减少机械损耗：相比 IP54 防护结构电机，由于通风结构的不同，IP23 防护结构的电机都没有外风扇，因此电机所产生的机械损耗就会大大减小，非常有利于使电动机的效率得到提高。根据我公司电动机的型式试验结果统计，IP23 与 IP54 变频电机的机械损耗试验值见表 3。

表 3

单位为 W

机座号	IP23 电机 (pfw)				IP54 电机 (pfw)			
	2P	4P	6P	8P	2P	4P	6P	8P
160	125	65	35	30	410	245	225	205
180	250	90	50	45	520	269	239	219
200	350	150	75	70	745	394	317	292
225	550	250	120	110	1000	485	465	365
250	750	350	150	130	1010	688	658	528
280	1000	600	250	220	1550	850	800	595
315	1300	800	450	350	3300	1173	1143	823
355	3500	1500	1000	600	5060	2187	1486	1186

由表 3 可见，IP23 电机与 IP54 电机的机械损耗试验值相比，2 极平均降低 57.5%，4 极平均降低 39.5%，6 极平均降低 60%，8 极平均降低 63%。机械损耗的减少，不仅有利于节能，而且也对降低电动机通风噪声起到了较好的作用。

(2)定、转子绕组基准温度低：根据防护式系列（IP23）电机型式试验结果表明，电机温升试验值一般都在 40~50K。按照 GB / T 1032-2012 试验方法规定，在效率计算时，电动机绕组的基准温度是按温升加 25℃ 计算。那么，防护式系列（IP23）电机的电阻率基准温度应当选择 75℃。而封闭式系列（IP54）电机由于通风散热条件相对较差，其电阻率基准温度一般为 95℃ 或 115℃。显然，防护式系列（IP23）比封闭式系列（IP54）电机实际运行温度低，按 GB / T 1032-2012 标准规定定子铜损耗将同比降低。这样不仅有利于提高电动机效率，而且产品的电气可靠性也将得到提升。

(3)高效节能：根据上所述(1)、(2)分析，当防护式系列（IP23）与而封闭式系列（IP54）电机有效材料用量基本相当的情况下，防护式系列（IP23）电机的效率一般将比而封闭系列

(IP54)电机平均提高5.6%。所以，防护式系列(IP23)电机具有显著的节能效果。

三、技术经济效果

1、运行环境

防护式系列(IP23)电机在比较清洁的运行环境中，是能够完全替代封闭式系列(IP54)电机。或即使在多粉尘的环境中使用，由于我公司所具有独特的绕组防尘处理工艺，经几十年的实践证明：防护式系列(IP23)电机也完全能够在多粉尘的环境中安全可靠地运行。

2、技术经济水平

2.1、技术水平

相比IP55封闭式结构电机，由于通风结构的不同，IP23防护结构的电机都没有外风扇。不仅电机结构简单、易维护，而且也有效降低了电动机的机械损耗。特别是，更加有利于提高电动机效率、降低轴承温度，使产品的电气性能及运行可靠性得到较大提升。

防护式系列(IP23)变频调速电机具有起动转矩大、过载能力强的特点。尤其是，电机绕组与周围环境空气可直接进行热交换，有效克服了电机的急剧发热，消除了绕组温度梯度大的隐患，避免绕组击穿。

电动机的噪声及振动不仅对电动机的运行平稳性以及对环境保护有着直接的影响，而且很大程度上也反映了电动机的设计和制造水平。从电动机的测试结果来看，由于通风散热结构的不同，防护式系列(IP23)电机与封闭式系列(IP54)电机的噪声相比，2极平均降低了18dB(A)，4极平均降低了15dB(A)，6极平均降低了12dB(A)，8极平均降低了10dB(A)，从而使电动机的技术水平得到较大提升。

2.2、经济性

经分析计算表明，防护式系列(IP23)电机比封闭式系列(IP54)电机有效材料(硅钢片、电磁线)成本平均降低20%~30%。相应地，防护式系列(IP23)电机售价比封闭式系列(IP54)电机售价平均降低25~35%。不仅对降低资源消耗起到了积极作用，而且将给主机配套单位带来较好的经济效益。

3、推广应用业绩

有关防护式(IP23)电机市场应用业绩见表4。

表4

山西电机制造有限公司近年部分 YKQZ 系列 (IP23) 电机销售业绩			
用户名称	产品型号	起始时间	备注
浙江开山压缩机股份有限公司 (衢州)	YKQZ160L-2 22KW	2013、11	①YKQZ 系列 (IP23) 电机为螺杆空压机专用电机, ②“台数”为每月平均供货数量
	YKQZ160L-2 30KW		
	YKQZ180M-2 37KW		
	YKQZ180L1-2 45kW		
	YKQZ180L2-2 55kW		
	YKQZ200L1-2 75kW		
	YKQZ200L2-2 90kW		
	YKQZ225M1-2 110kW		
	YKQZ225M2-2 132kW		
重庆开山压缩机有限公司 (重庆)	YKE4-250M-2 110kW	2015、03	
	YKQZ160L-2 22KW	2013、11	
	YKQZ180M-2 37KW		
	YKQZ180L2-2 55kW		
	YKQZ225M1-2 110kW		
YKQZ225M2-2 132kW			
博莱特(上海)压缩机有限公司 (上海)	YKQZ160L-2 22KW	2014、10	
	YKQZ180M-2 37KW		
	YKQZ180L1-2 45kW		
	YKQZ180L2-2 55kW		
广东正力精密机械有限公司 (佛山)	YKQZ160L-2 22KW	2013、11	
	YKQZ180M-2 37KW		
	YKQ225M2-2 132kW		
山西大汇实业有限公司 (太原)	YKQZ180L2-2 55kW	2011、03	
	YKQZ200L1-2 75kW		
	YKQZ225M1-2 110kW		
	YKQZ225M2-2 132kW		
山西波特利尼压缩机有限公司 (长治)	YKQZ160L-2 22KW	2011、05	
	YKQZ160L-2 30KW		
	YKQZ180M-2 37KW		
	YKQZ225M1-2 110kW		
东莞埃尔压缩机有限公司 (广东)	YKQZ160L-2 22KW	2013、11	
	YKQZ180M-2 37KW		
	YKQZ200L1-2 75kW		
	YKQZ200L2-2 90kW		
	YKE4-315S-4 160kW	2015、03	
	YKE4-315M2-4 200kW		
成都博仕汉德压缩机有限公司 (成都)	YKQZ180L2-2 55kW	2010、11	
	YKQZ200L1-2 75kW		
	YKQZ225M1-2 110kW		
	YKQZ225M2-2 132kW		