

电·机·节·能·改·造·用·书
实·用·性·操·作·性·较·强



赵家礼 主编



电机节能 技术问答

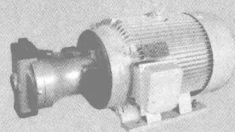


DIANJI JIENENG
JISHU WENDA



化学工业出版社

电·机·节·能·改·造·用·书
实·用·性·操·作·性·较·强



赵家礼 主编



电机节能 技术问答



DIANJI JIENENG
JISHU WENDA



化学工业出版社

·北京·

图书在版编目 (CIP) 数据

电机节能技术问答/赵家礼主编. —北京: 化学工业出版社, 2008.3

ISBN 978-7-122-02217-2

I. 电… II. 赵… III. 电机—节能—问答
IV. TM3-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 022796 号

责任编辑: 高墨荣

装帧设计: 张 辉

责任校对: 蒋 宇

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码 100011)

印 装: 化学工业出版社印刷厂

850mm×1168mm 1/32 印张 9 $\frac{3}{4}$ 字数 258 千字

2008 年 5 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686)

售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 23.00 元

版权所有 违者必究

前 言

随着我国国民经济的迅速发展和日益繁荣，用电量迅速增加，目前能源问题已引起各级政府的高度重视，因此国家制定了“节能中长期专项规划”。为落实此规划目标，国家发改委启动了十大重点节能工程。在国家“十一五”十大重点节能工程中多处涉及到电气节能，电机系统节能是其中之一。近年来，广大电气工作者在节电方面做了大量工作，取得了许多科研成果和宝贵的实践经验。考虑到当前各单位的节能需要，笔者将自己多年在电机节能工作中的实际经验加以总结，并把多次在节能培训班的授课讲义进行整理编写了本书。

本书内容来源于实践，尽可能引用实际改造中的具体方法和经验，用简明扼要、通俗易懂的语言加以表述。

本书内容主要包括电机的合理选用、电机的经济运行、电机绕组形式的改造、电机的更新换代以及电机磁性槽楔（槽泥）的节电措施等。

如果本书对广大读者在节能工作上，特别是电机的改造工作上有所帮助的话，那将使笔者感到十分荣幸。

参加本书编写的还有高级工程师赵捷、何青、刘福振、孙树文、梁孟杰等。

由于作者水平有限，书中如有不妥之处，恳请读者批评指正。

编者

目 录

第一章 电机合理选用	1
1-1 为了正确选择电机,要对负载状态和工作环境做哪些调查?	1
1-2 常用的交流异步电机如何分类?	2
1-3 选择电机时,要考虑哪些主要条件?	5
1-4 如何按工作环境选择电机?	5
1-5 在电机选型时,要做哪些电气方面和机械方面的检查?	7
1-6 选择电机时要注意哪些技术问题?	8
1-7 选择电机时,如何考虑负载机械特性和负载所需堵转转矩和最大转矩?	10
1-8 怎样计算起重机和泵类负载所需功率?	12
1-9 三相异步电机有哪些工作制?	14
1-10 电机所驱动的机械负载特性有哪些?	18
1-11 不同工作制的电机如何代用?	19
1-12 电机铭牌上有哪些额定值?有什么意义?	20
1-13 三相异步电机的极数如何选择?	25
1-14 三相异步电机的额定电压如何选择?	26
1-15 Y系列中小型异步电机有哪些优点?对用户使用有哪些好处?	29
1-16 选用高效率电机有哪些好处?选用时要注意什么?	30
1-17 起重、冶金用三相异步电机如何选用?	31
1-18 普通低压绕组转子异步电机如何选用?	34
1-19 变负载的电机容量如何确定?	35
1-20 如何按电机在启、制动时产生热量大小来选用电机形式?	38

1-21	带有爆炸气体场所的电机如何选用?	41
1-22	环境湿度大的电机如何选用?	44
1-23	环境尘埃多的场所电机如何选用?	45
1-24	低噪声场合的电机如何选用?	45
1-25	环境有腐蚀介质时电机如何选用?	45
1-26	高转差率三相异步电机如何选用?	46
1-27	深井水泵三相异步电机如何选用?	47
1-28	变极调速电机如何选用?	48
1-29	从节能观点出发选择电机时,应考虑哪些技术问题?	49
1-30	采用新系列电机代替老系列电机时,安装尺寸如何 考虑?	52
1-31	采用新系列电机代替老系列电机时,相应的容量如何 确定?	67

第二章 电机经济运行 72

第一节 电源质量的影响 72

2-1	电源质量对三相异步电机运行有哪些影响?	72
2-2	在额定频率时电压变化对电机运行的影响是什么?	72
2-3	在额定电压时频率变化对电机运行的影响是什么?	76
2-4	怎样按电机实际负载合理调整运行电压?	80
2-5	三相电压不对称的原因有哪些? 对异步电机的性能有 哪些影响?	81
2-6	三相负载不平衡的原因有哪些? 给电气设备带来哪些 危害?	82
2-7	为什么电力系统中有高次谐波产生? 我国在谐波管理 上有哪些规定?	83
2-8	高次谐波有哪些危害?	84
2-9	怎样抑制高次谐波的危害?	86
2-10	怎样改善电机的效率和功率因数?	87
2-11	怎样求出改善功率因数所需的电容器的容量?	89

第二节 改接绕组接线方式适应电源电压的变化 91

2-12	改变绕组接线的意义是什么?	91
2-13	改接绕组接线方式以适应电源电压的原理是什么?	92
2-14	怎样改变绕组接线方式? 如何调整线圈匝数?	93
2-15	Y 或 Δ 接线电机相互改接时, 怎样进行计算?	94
2-16	一台三相电机, 额定电压为 3000V, 而电源电压为 2400V, 电机为 6 极, 原绕组接线方式不清楚, 问有多少可能改接方案?	94
2-17	一台三相电机, 绕组为 1Y 接线, 额定电压为 380V, 现欲改为抽头为 1:1 的延边三角形 (即 Δ) 接线, 问改接后的电机绕组所适应的电源电压是多少?	96
2-18	设有一台三相异步电机, 绕组为 Δ 接线, 额定线电压为 380V, 要求改接为 Δ 接线, 问改接后绕组所适应的电源电压是多少?	97
2-19	今有一台 100kW 三相异步电机, Δ 接线, 实际输出功率为 40kW, 实测运行效率为 75%, 拟改接成 Δ 接线以降低其容量, 提高运行效率, 问如何改接和计算?	98
2-20	有一台 J2-82-2 型、75kW 三相异步电机, 额定电压 380V, Δ 接线, 额定效率为 92.7%, 实测输出功率为 40kW, 负载率为 53.3%, 实测效率为 72%, 拟将 Δ 接线改为 Δ 接线以降低电机容量, 问改变接线后能否满足原来的输出要求? 改变接线后的节能效果如何?	99
2-21	10kV 高压电机拟改接线使用在 6kV 电源上如何改接?	99
2-22	怎样将 380V 的电机改接到 660V 电源上使用?	100
2-23	怎样判定改接绕组的必要性? 判定采取什么样的接线方式最有利?	103
2-24	60Hz 三相异步电机可否不经改造直接投入 50Hz 电源上使用?	106
2-25	60Hz 电机使用在 50Hz 电源上时, 其性能变化如何	

	计算?	108
2-26	电机额定电压不符合现有电源电压时, 电机性能有什么变化?	112
2-27	电源频率相同而电压不同的电机如何改接以适应电源电压要求?	113
第三节	合理使用电机节能	115
2-28	断续运行的电机在什么条件下采取启-运-停运行方式省电?	115
2-29	什么叫电机过载? 电机能避免过载吗? 造成过载的原因有哪些?	118
2-30	在什么情况下允许电机超载运行?	119
2-31	定子绕组 Δ 连接的电机误接成 Y 连接运行, 电机各种电量都有哪些改变?	120
2-32	三相异步电机中都有哪些损耗? 如何降低这些损耗?	122
2-33	在什么条件下使用高效率电机能节电?	124
2-34	怎样计算采用高效率电机的经济效益?	125
2-35	欲用 J2-82-4, 55kW 三相异步电机代替 J2-81-4, 40kW 电机, 是否“大马拉小车”浪费电能?	126
2-36	怎样降低电机通风损耗进行节电?	128
2-37	为什么说电机合理调压可以节电?	131
2-38	Δ 连接的电机改为 Y 连接运行时就节电吗?	132
2-39	运行电机的负载率如何进行测试?	134
2-40	对工矿企业使用的电机如何进行节能工作?	138
2-41	电机运行中功率因数降低原因是什么? 提高措施有哪些?	141
第四节	电机无功功率补偿节电	142
2-42	什么叫就地无功补偿、分组无功补偿和集中无功补偿? 功率因数补偿提高到什么程度较合理?	142
2-43	异步电机就地无功补偿电容如何计算?	144
2-44	怎样利用表 2-21 确定出就地补偿电容值?	145

2-45	怎样按电机铭牌数据计算无功补偿电容值?	149
2-46	怎样按《电机修理手册》数据计算电机无功功率补偿电容量?	150
2-47	如果电机铭牌还提供额定功率因数时, 怎样计算无功补偿电容器的电容量?	151
2-48	对于常用的 Y、YX、YR 系列电机所需要的无功补偿电容器容量怎样查取?	152
2-49	怎样简易地估算补偿电容器容量?	154
2-50	电机无功就地补偿器的适用范围是什么? 注意哪些问题?	155
2-51	电机采用无功就地补偿有哪些好处?	155
2-52	怎样合理地调整同步电机的励磁电流?	155
2-53	提高工厂的功率因数, 都有哪些主要措施?	156
2-54	普通感应电机采用变频电源供电时, 其基本特性如何变化?	158
2-55	采用变频供电后的感应电机的损耗如何变化?	160
2-56	采用变频电源供电的电机, 散热风扇如何改装?	162
2-57	采用变频电源供电, 当频率降低时是否有必要增强电机冷却散热能力?	164
2-58	在现场如何增强电机的冷却能力?	165
2-59	变频电源对普通电机绝缘的危害有哪些?	168
2-60	如何解决变频电源对电机绕组绝缘的危害?	170
第三章 电机合理改进绕组形式和更新换代		173
第一节 合理改进绕组形式节能		173
3-1	改变绕组形式的节能意义是什么?	173
3-2	改变绕组形式时要注意哪些工艺问题? 常见的错误改型有哪些?	175
3-3	怎样将单层绕组改制为双层绕组? 要考虑哪些技术问题?	176
3-4	怎样将单相等匝绕组改制成正弦绕组? 要注意哪些技术	

问题?	178
3-5 单双层绕组是怎样构成的? 有哪些特点? 怎样进行改制?	182
3-6 Δ -Y 混合绕组是怎样构成的? 有哪些优点? 怎样进行改接线和计算?	186
3-7 改制 Δ -Y 混合绕组的技术经济效果如何?	191
3-8 提高电机的效率措施有哪些?	192
3-9 普通标准电机降低多少损耗构成高效率电机的最低标准?	198
第二节 电机更新换代节能	198
3-10 更换电机的基本原则是什么?	198
3-11 更换电机应考虑哪些技术问题?	199
3-12 老电机进行更新换代的必要性是什么?	200
3-13 负载率低到什么程度需要更换小容量电机?	200
3-14 什么叫高效率电机、特高效率电机? 选用后有哪些经济效益?	201
3-15 怎样计算电机的运行效率和功率因数?	202
3-16 怎样计算和选择有利于节电的节电改接方案?	203
3-17 怎样计算三相异步电机在任意负载下的效率?	205
3-18 效率与负载率关系曲线在电机节能中怎样应用?	207
3-19 怎样绘制电机总损耗 ΣP_K 与负载率 K 的关系曲线 $\Sigma P_K = f(K)$, 在更换电机时怎样利用它帮助判定?	209
3-20 怎样计算考虑电网损耗的综合效率?	212
3-21 有一台 JS128-6, 190kW 三相异步电机, 负载率 $K=30\%$, 现想更换小容量电机来解决大马拉小车问题, 在考虑电网损耗时, 试确定应更换什么容量的电机最合适?	214

第四章 采用磁性槽楔(磁泥)改造电机

第一节 基础知识

217

4-1	什么叫磁性槽楔?是怎样构成的?	217
4-2	电机采用磁性槽楔有什么好处?	218
4-3	当前我国磁性槽楔有哪些品种?如何选型?	219
4-4	选用磁性槽楔的原则是什么?	221
4-5	国外制造的磁性槽楔都有哪些类型和特性?它们的使用范围如何?	221
4-6	什么叫钢丝芯磁性槽楔?这种磁性槽楔有哪些特点?	222
4-7	什么叫 C340 引拔磁性槽楔?这种磁性槽楔有哪些特点?	223
4-8	为什么要研制 DM-416 型耐热新型定向磁性槽楔?	224
4-9	什么叫磁性槽泥?涂抹效果如何?如何推广?	225
4-10	异步电机中有哪些损耗?磁性槽楔主要降低哪部分损耗?	226
4-11	什么是异步电机的空载铁损耗?	227
4-12	电机中的表面损耗是怎样产生的?	227
4-13	电机中表面损耗大小与电机的哪些参数有关?	228
4-14	电机中脉振损耗是怎样产生的?	229
4-15	电机中脉振损耗大小与电机的哪些参数有关?	230
4-16	表面损耗和脉振损耗的大小与异步电机的转速有什么关系?	230
4-17	为什么说在异步电机中采用磁性槽楔可以减少表面损耗和脉振损耗?	231
4-18	三相异步电机中杂散损耗如何分类?它们产生的原因和所占的比例范围如何?	231
4-19	磁性槽楔在槽内的固定工艺是什么?	232
4-20	磁性槽楔本身的发热情况如何?对电机温升有何影响?	234
4-21	磁性槽楔在槽内固定后想取出来容易吗?	234
4-22	为什么不能用铁板制作磁性槽楔?	235
4-23	推广使用模压磁性槽楔改造电机时,如何进行技术管理	

工作?	235
4-24 怎样使用磁性槽泥?	236
4-25 用磁性槽泥构成的磁性槽楔与其他磁性槽楔相比, 有哪些特点?	236
4-26 怎样计算电机改造的节电费?	237
4-27 电机涂抹磁性槽泥有哪些实际意义?	237
4-28 磁性槽泥有哪些型号? 其性能指标如何?	238
4-29 什么叫非晶磁性槽泥(磁性槽楔)? 有哪些优点?	238
第二节 磁性槽楔(槽泥)操作技能	240
4-30 购置的磁性槽泥材料怎样进行外观检查和贮存?	240
4-31 磁性槽泥的使用范围和涂抹厚度如何确定?	241
4-32 如何用磁性槽泥材料构成定向磁性槽楔?	242
4-33 如何减薄和剔除电机的旧槽楔?	242
4-34 对制作压紧楔和垫条有什么工艺要求?	243
4-35 检修电机涂抹磁性槽泥的施工要领是什么?	245
4-36 开口槽高压电机怎样涂抹磁性槽泥?	246
4-37 半开口槽低压电机怎样涂抹磁性槽泥?	249
4-38 半闭口槽低压电机怎样涂抹磁性槽泥?	250
4-39 磁性槽楔打入槽内前应做哪些技术准备工作?	251
4-40 怎样装配模压磁性槽楔才能保证装配质量?	251
4-41 为什么要求磁性槽楔的装配高度与槽口相齐平?	254
4-42 为什么磁性槽楔两端伸出铁芯后, 每端要比铁芯长出 0~10mm, 且应长短一致?	254
4-43 为什么模压磁性槽楔与槽壁配合面留有 0.1~0.12mm 的工艺间隙?	254
4-44 使用磁性槽楔后的电机可能发生的故障有哪些? 有何 防止方法?	255
第三节 电机采用磁性槽楔或磁泥改造后的性能改变估算及 检查试验	258
4-45 电机涂抹磁性槽泥改造后, 电机启动转矩与漏抗的关系 如何估算?	258

4-46	电机涂抹磁性槽泥后, 电机最大转矩与漏抗的关系 如何估算?	260
4-47	电机涂抹磁性槽泥后, 电机堵转电流与漏抗的关系如何 估算?	261
4-48	磁性槽泥检查项目和试验方法有哪些?	262
4-49	对磁性槽泥的组分有哪些要求?	262
4-50	磁性槽泥材料的试验和固化时间有哪些规定?	263
4-51	电机采用磁性槽楔或磁性槽泥改造前后都做哪些试验 项目?	263
4-52	电机空转试验包括哪些内容?	263
4-53	为什么要对磁性槽楔提出抗弯强度、抗剪强度和抗 冲击强度指标?	268
第四节	应用磁性槽泥和磁性槽楔改造电机的典型实例和节电 效果	268
4-54	采用磁性槽泥改造电机与采用绝缘槽楔和普通模压磁 性槽楔相比有哪些特点?	268
4-55	带有通风沟的深槽口电机采用磁性槽楔的节电效果 如何? 举出实例。	269
4-56	采用磁性槽楔进行绕组改接线改极时如何计算? 举出 实例。	271
4-57	半闭口槽低压三相异步电机应用磁性槽泥改造的节电 效果如何? 举出实例。	273
4-58	半开口槽低压三相异步电机应用磁性槽泥改造的节电 效果如何? 举出实例。	278
4-59	电机采用磁性槽楔改极增容时的节电效果如何? 举出 实例。	289
4-60	磁性槽楔在常用的三相异步电机上应用的节电效果 如何?	293
4-61	磁性槽泥在中小型异步电机上应用的节电效果如何? ...	294
	参考文献	296

第一章 电机合理选用

1-1 为了正确选择电机，要对负载状况和工作环境做哪些调查？

为了节能，要求装用的电机始终处于合理运行状态。电机合理运行是指电机在各种运行状态下（如正反转、启制动、调速等过程）均有较高的运行效率，电机的性能能够满足负载的需要，同时电机的运行温升符合规定，安全可靠，寿命较长。

欲达到上述要求，首先要正确地选择电机形式、功率和性能。为了正确选用，事先要对拖动的负载状况和工作环境进行调查。

(1) 调查负载状况

① 负载所需功率和转速多大。

② 负载是否要求变速、反转、制动，其方式如何。

③ 负载的种类、机械特性和运行方式（连续、断续、短时）。

④ 负载启动方式、启动频度、周期等。

⑤ 负载的转动惯量（ J ）大小，要求启动转矩和启动时间是多少。

⑥ 负载与电机连接方式。

⑦ 负载安装方式、工作环境。

⑧ 电源条件（容量、接线、允许启动容量等）。

遇到下列特殊负载场所，还要详细调查下列问题。

① 负载变化非常大的场所，应画出负载特性曲线，并计算出等值负载和峰值负载。

② 负载要求启动转矩大的场所，应详细了解负载对启动转矩、启动频度和启动时间的要求。

③ 负载要求制动转矩大的场所，应了解负载的最大转矩和持

续时间以及频度。

④ 负载间歇性较大的场所，要了解其持续时间和频度。

⑤ 负载的转动惯量大的场所，要了解启动时间、启动转矩和转轴的强度。

⑥ 负载启制动频繁的场合，要了解转动惯量的大小、所需要的加速转矩以及启动频度。

⑦ 负载要求限制启动电流的场合，要了解启动转矩、启动时间和负载的转动惯量大小。

⑧ 负载一次运转时间短的场合，要了解工作频度，优先选用短时工作制的电机。

⑨ 负载要求调速的场合，要了解其调速范围、调速精度和适应性。

⑩ 负载要求缓慢制动的场合，要了解其规格、所需事项、制动特性和转动惯量以及寿命等。

(2) 调查电机的工作环境

① 是安装在室内还是室外。

② 环境是否潮湿、有无水滴（如船舶、地下室、矿井等场所）。

③ 了解环境的空气介质，是否含有化学气体、爆炸气体、腐蚀气体以及酸、碱、盐气氛等。

④ 使用安装的地带，是否湿热，海拔高度是多少。

⑤ 环境是否有砂土、棉纤维、导电粉尘等。

⑥ 是否使用在潜水、潜油场所。

⑦ 是否运行在高温地区（如轧钢厂）。

1-2 常用的交流异步电机如何分类？

(1) 按转速分类（表 1-1）

(2) 按机械特性分类

① 笼型电机有如下四种。

普通笼型：适用于容量小，不需调速，转差率变化小的场所，如鼓风机、离心泵、车床等低启动转矩和恒定负载的场合。

表 1-1 按转速分类

电机分类	按电源及旋转原理分类	
恒转速电机	单相异步电机	分相启动式 电容启动式 电容运转式 罩极启动式
	三相异步电机	普通笼型 特殊笼型 { 深槽式 双笼 高启动转矩式 绕线型
调速电机	三相异步电机 换向器电机	绕线型 { 转子控制电阻 转子控制励磁 三相并励式
变速电机	三相异步电机 换向器电机 特殊电机	特殊笼型电机(转子高电阻) 单相、三相串励式 变极电机 滑差电机

深槽笼型：适用于启动转矩比普通笼型稍大而最大转矩比普通笼型稍小的场所，容量较大。

双笼型：采用一般材料制成，其启动转矩较大而最大转矩较小，适用于传送带、压缩机、粉碎机、搅拌机、往复泵等需较大启动转矩的恒速负载上。

特殊双笼型：采用高阻抗导体材料制成，特点是启动转矩大而最大转矩小，转差率也较大，可以实现转速调节。适用于切断机、冲床之类设备。

② 绕线型电机。用于启动转矩大、启动电流小的场所，如传送带、压缩机、压延机等启动后恒速运转的设备以及卷扬机、鼓风机等变速运转的设备上。

(3) 按电机结构尺寸分类

① 大型电机。16 号机座及以上，或机座中心高度大于

630mm, 或者定子铁芯外径大于 990mm 者, 称为大型电机。

② 中型电机。11~15 号机座, 或机座中心高度在 355~630mm, 或者定子铁芯外径在 560~990mm 之间者, 称为中型电机。

③ 小型电机。10 号及以下机座, 或机座中心高度在 80~315mm, 或者定子铁芯外径在 125~560mm 之间者, 称为小型电机。

(4) 按电机防护形式分类

① 开启式。电机除必要的支承结构外, 对转动及带电部分没有专门的保护。

② 防护式。电机内转动和带电部分有必要的机械保护, 但不明显地妨碍通风。按其通风口防护结构不同, 有下列三种: 网罩式、防滴式、防溅式。防滴式与防溅式不同, 防滴式是能防止垂直下落的固体或液体进入电机内部, 而防溅式是能防止与垂线成 100° 角范围内任何方向的液体或固体进入电机内部。

③ 封闭式。电机机壳结构能够阻止壳内外空气自由交换, 但并不要求完全密封。

④ 防水式。电机机壳结构能够阻止具有一定压力的水进入电机内部。

⑤ 水密式。当电机浸没在水中时, 电机机壳的结构能够阻止水进入电机内部。

⑥ 潜水式。电机在规定的水压下, 能长期在水中运行。

⑦ 隔爆式。电机机壳的结构能阻止电机内部的气体爆炸传递到电机外部, 而引起电机外部燃烧性气体的爆炸。

(5) 按电机通风冷却方式分类

① 空气冷却。空气冷却方式分为以下四种。

自冷式: 电机仅依赖表面辐射和空气的自然流动获得冷却。

自扇冷式: 由电机本身拖动风扇供给冷却空气。

他扇冷式: 由独立的电机拖动风扇供给冷却空气。

管道通风式: 冷却空气是经过管道引入或排出电机。又分为自扇冷式或他扇冷式。

② 液体冷却。电机采用液体冷却。