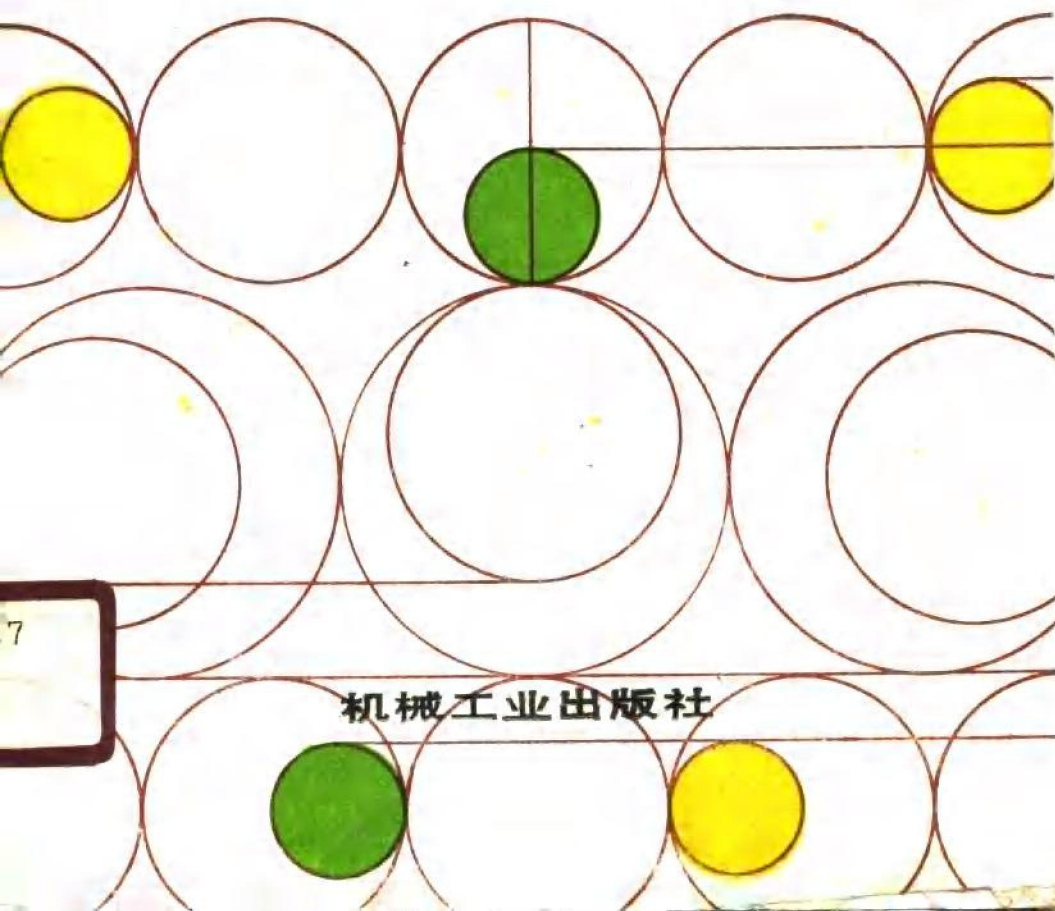


L. J. 雷奇特  
〔美〕 克里斯·奈维来 著

# 工业电动机 重绕修理绝缘手册



机械工业出版社

本书主要介绍电动机的绝缘结构设计和绝缘工艺。全书共分十章和三个附录,包括绝缘结构、电气绝缘的物理性能、绝缘的耐化学侵蚀性、绝缘作为电介质和绝热体、热对绝缘的影响、电磁线绝缘、有溶剂绝缘漆和粉末涂层、散嵌绕组电动机的绝缘结构、成型线圈绝缘、成型线圈电动机和励磁线圈的真空压力浸渍(VPI)处理、电动机绝缘的维护以及用于电动机绝缘的塑料等。

本书可供电机制造厂和修理厂从事绝缘工作的技术人员使用,也可供有关绝缘专业的技术人员和大专院校师生参考。

## **Industrial Motor Users' Handbook of Insulation for Rewinds**

L. J. Rejda  
Kris Neville  
ELSEVIER

1977

\* \* \*

## **工业电动机重绕修理绝缘手册**

〔美〕 L.J.雷奇特 著  
克里斯 奈维来

徐孝寅 译  
金守礼 校

\*

责任编辑:张沪光

\*

机械工业出版社出版(北京阜成门外百万庄南里一号)

(北京市书刊出版业营业许可证出字第117号)

北京市密云县印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

\*

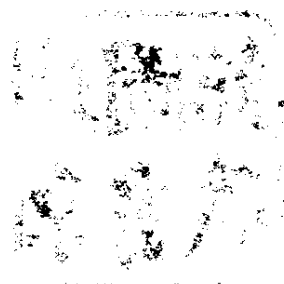
开本850×1168 1/32·印张11<sup>7</sup>/<sub>8</sub>·字数306千字

1989年11月北京第一版·1989年11月北京第一次印刷

印数 0,001~3,430·定价:9.30元

\*

ISBN 7-111-00548-1/TM·82



## 译者的话

我国有上千个电机制造厂，各大工矿企业都设有电机修理厂或车间。这些部门中的技术人员非常需要掌握绝缘技术方面的知识。绝缘技术涉及的学科门类多，除了基本的电气、化学知识以外，还必须有介质物理、介质化学和绝缘结构与工艺等专门知识。由于它是一门新兴的学科，所以国内外每年有成百篇论文发表在各种刊物上。

作者收集了近十多年来在各种杂志上发表的论文，以及根据作者本人的实践知识，系统化后编成本书，本书的叙述方式深入浅出，书中还列出了大量图表，所以有很好的实用性。

本书不仅适合于从事电动机绝缘方面工作的技术人员和大专院校师生使用，还可供电器和电子工业中的绝缘技术人员参考，绝缘材料制造工业技术人员也可从中得到一定收益。

书中的名词术语在翻译过程中尽量采用国家标准术语，非标准术语按习惯用法翻译，仅个别术语采用了直译。译文在保持原书技术内容和风格的基础上力求通俗易懂。对原版中某些错误作了订正，并加了译注。由于原书采用英制单位，为使用方便，中译本增列了单位换算表作为附录 B。

全部译稿承上海交通大学金守礼教授仔细校阅。本书的第 6 章由陈康同志翻译初稿，第 9 章和附录 A 由沈祖扬同志翻译初稿，最后由译者统一整理。在翻译过程中还得到不少同志的帮助，在此，致以衷心的感谢。

由于译者水平有限，对书中存在的错误或不妥之处恳请读者批评指正。

译 者

## 前 言（摘译）

本书之所以称为手册，是因为只要读者正确选择书中提供的技术资料，就可直接得到修理工业电动机绝缘结构的具体办法。本书还收集了一般设计用的大量数据，由于考虑到材料供和厂应修理中心的产品目录是经常修改的，所以本书着重阐述技术背景，并从宏观上列出了一些可供实用的数据。本书强调实验是解决实际问题和探索技术发展方向的重要手段。本书不限于罗列一些图表和汇编一些有用的零星数据，其独特之处是浏览本书后即可对电动机绝缘技术有一个概括性的了解。

本书篇幅不大，偏重实用。只是想提供关于工业电动机绝缘方面的最基本而实用的知识。这些知识对修理电动机的用户特别有用。

许多从事电气工程工作的工程师希望有一本“电动机重绕绝缘”方面的书作为助手。本书介绍了绝缘材料在工频和在经常遇到的使用环境中的性能，以及材料性能和化学结构的关系。大型和中小型电机的制造厂可利用本手册开阔视野，对于绝缘技术有更深的了解。电机厂的技术人员要化费很多时间才能广泛了解到绝缘技术发展的知识，本书为他们提供了方便。

本书也是大学工科学生了解工业电动机绝缘知识的良好读物。维修服务部门人员也可以从本书中得到一些绝缘专业知识并从书中查到一些不多见的数据。

此外，销售人员、计划管理人员以及工厂主管动力的总工程师等以及一切与应用电动机有关的人员都会从中得到一定的收益。特别对需要修理重绕电机的用户，本书将为他们提供一些诀窍。

绝缘是电动机的心脏，一旦绝缘出了问题，电动机就会损坏。只要绝缘正常，电动机总能继续使用。因为构成电动机电路的铜、铁能够无限期地工作，转轴和轴承只要维护妥当可使用几代人。所以，绝缘结构决定着电动机寿命的说法是千真万确的。

工业生产中由于电机绝缘损坏而造成的直接和间接停产损失的费用是惊人的。由于绝缘结构设计不当而造成的缺陷将是无法弥补的隐患。

当然，大多数工业部门都希望电动机不发生故障，为此对各种绝缘处理、涂敷和囊封工艺和绝缘结构均提出了一定的要求。当前对于如何选择电动机合适的电气性能问题有许多现成的资料，但对于电动机绝缘结构的资料可以说至今还没有比本手册更为详细的书了。

即使是通晓生产过程的电气工程师，也许对绝缘材料的背景也不甚了解，这是值得引起注意的问题。生产实践上，要求工程师有广泛的理论基础，更多地关心绝缘和电气性能问题。

即使对于从事绝缘工作的人员，对绝缘的物理性能、耐化学腐蚀性、热耐久性和相容性有实际经验的工程师，往往由于没有注意近十年来在这个领域里的发展而感到“知识老化”。实际上从1965~1975年期间，新绝缘材料从试管里成倍发展，已经达到了经济上大丰收的年代；这些发展包括耐热、强度和坚韧性特别好的塑料。现在，涂敷技术和绕组浸渍处理系统也有新的发展。工业技术飞速的发展使过去不能实现的事现在或将来能够实现。

本手册搜集了不少新技术。阅读后，在购买电动机时能按电动机的不同负载条件，得到一些如何选用电动机的资料，对供货者提出一些有关质量的验收要求。由于70年代中期原材料价格飞涨，使产品成本受到影响，因此本书不可能对成本方面提供资料。读者可以相信，化在绝缘方面的费用和精力是值得的，它能针对不同用途选用合适的电动机。

本书不采用数字来讨论化学和电气的技术问题。所以，即使具有初级数学知识的读者（他们往往是最需要资料者）也可从本书得到电动机绝缘方面的实际工作所需的知识，并且懂得一些原理。

L.J. 雷 奇 特  
克里斯 奈维来

## 使用说明

本手册包括了对各方面的读者有实用价值的大量资料，工作繁忙的读者可选阅有关的部分。这些读者不妨先阅读第1章（绝缘结构）和第7章（低压散嵌绕组电机）。如果读者对5kV电压以下的成型绕组电动机感兴趣，应读第9章。如果再看一下第10章，则已阅读完本手册的主要内容。

假使读者想了解5kV以上的电动机，则需增阅第8章。如果读者对漆包线漆和绝缘漆的知识感兴趣，应该阅读第6章。

其余四章提供的资料，可以满足读者想要深入了解一些专题和掌握一点数据的要求。读者如遇到一些由潮湿、溅水、化学烟雾等引起的特殊问题，第3章将特别有价值。如果主要问题是机械损坏，则应该阅读第2章。第2~4章讨论了三个损坏绝缘的共性因素——化学、机械和电气——并概略叙述了关于材料规范和应用技术的发展趋向。第5章所讨论的也许是在近代的电动机中绝缘损坏的最重要因素——过热。在这一章中所包含的资料，其中心议题是正确评价预期使用寿命的试验和耐热分级。

最后，为了让读者多了解一些关于近代绝缘结构中所采用的各种塑料和云母的知识，手册增列了附录A。附录中讨论了对电动机工业技术人员感兴趣的问题，并用通俗语言说明绝缘材料和塑料的性能和它的化学组成之间的内在关系。

本手册中所有缩写符号，在“术语词汇”中均有说明。

# 目 录

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 第1章 绝缘结构                | 1  |
| 1.1 引言                  | 1  |
| 1.2 电动机的型式              | 2  |
| 1.3 散嵌绕组电动机             | 2  |
| 1.4 成型线圈(框式线圈)电动机       | 3  |
| 1.5 磁场线圈                | 4  |
| 1.6 温度分级                | 4  |
| 1.7 典型绝缘结构              | 5  |
| 1.8 损坏原因                | 6  |
| 1.8.1 现场资料              | 8  |
| 1.8.2 电动机的寿命史(绝缘损坏过程)   | 9  |
| 1.9 绝缘规范                | 9  |
| 1.10 重绕或更换              | 9  |
| 1.11 工业标准               | 10 |
| 1.12 展望                 | 11 |
| 1.13 结论                 | 14 |
| 第2章 电气绝缘的物理性能           | 18 |
| 2.1 引言                  | 18 |
| 2.2 机械强度                | 19 |
| 2.2.1 漆包线漆和绝缘漆          | 19 |
| 2.2.2 薄膜和板材             | 22 |
| 2.2.3 100%固体含量浸渍剂(无溶剂漆) | 24 |
| 2.2.4 耐热冲击              | 26 |
| 2.3 复合结构材料              | 28 |
| 2.3.1 预成型层压制品           | 29 |
| 2.3.2 带子                | 29 |
| 2.3.3 玻璃纤维增强            | 36 |
| 2.3.4 塑料类纤维增强           | 36 |
| 2.3.5 多层复合增强            | 36 |

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 2.3.6 定位的层压制品           | 36 |
| 2.4 物理性能试验              | 40 |
| 2.4.1 耐磨性               | 41 |
| 2.4.2 润湿和润湿性            | 43 |
| 2.5 变换                  | 44 |
| 2.5.1 溶液涂层的变换           | 44 |
| 2.5.2 100%固体含量浸渍剂的变换    | 44 |
| 2.5.3 变换过程中的内应力影响       | 45 |
| 2.6 粘结强度                | 46 |
| 2.6.1 粘结的重要性            | 48 |
| 2.6.2 粘结力试验             | 49 |
| 2.7 结论                  | 50 |
| 第3章 绝缘的耐化学侵蚀性           | 54 |
| 3.1 耐潮湿性                | 54 |
| 3.1.1 水解稳定性             | 58 |
| 3.2 耐淋水、溅水和流水           | 61 |
| 3.2.1 密闭电动机的产品试验        | 62 |
| 3.2.2 小结                | 64 |
| 3.3 耐酸、碱和溶剂性能           | 65 |
| 3.3.1 密封电动机             | 66 |
| 3.3.2 绝缘设计要点            | 67 |
| 3.3.3 筛选试验              | 69 |
| 3.3.4 绝缘结构试验            | 72 |
| 3.3.5 材料选用              | 73 |
| 3.3.6 其他事项              | 76 |
| 3.4 绝缘结构的相容性            | 77 |
| 3.4.1 囊封剂和浸渍剂与电磁线之间的相容性 | 77 |
| 3.4.2 电磁线与绝缘漆的相容性       | 78 |
| 3.5 展望                  | 79 |
| 3.6 结论                  | 80 |
| 第4章 绝缘作为电介质和绝热体         | 85 |
| 4.1 引言                  | 85 |
| 4.2 电的理论                | 85 |

|        |                   |     |
|--------|-------------------|-----|
| 4.2.1  | 定义                | 85  |
| 4.2.2  | 电压和电流             | 86  |
| 4.2.3  | 交流和直流电流           | 86  |
| 4.2.4  | 磁场                | 87  |
| 4.3    | 电在绝缘体上的效应         | 87  |
| 4.3.1  | 磁场效应              | 87  |
| 4.3.2  | 在空气和绝缘界面上的效应      | 88  |
| 4.3.3  | 总效应               | 90  |
| 4.3.4  | 对复合结构件的效应         | 90  |
| 4.3.5  | 小结                | 90  |
| 4.4    | 电动机绝缘体的电气特性       | 91  |
| 4.4.1  | 体积(或绝缘体)电阻率       | 91  |
| 4.4.2  | 表面电阻率             | 93  |
| 4.4.3  | 绝缘电阻              | 93  |
| 4.4.4  | 介电强度              | 94  |
| 4.4.5  | 介电常数              | 97  |
| 4.4.6  | 绝缘中的能量损失          | 98  |
| 4.4.7  | 局部放电(电晕)          | 100 |
| 4.4.8  | 表面放电              | 102 |
| 4.4.9  | 空腔中的放电            | 102 |
| 4.4.10 | 塑料的电阻             | 104 |
| 4.5    | 线圈端部上表面漏电痕迹(简称漏痕) | 105 |
| 4.6    | 绝缘的电气试验           | 107 |
| 4.7    | 绝缘结构的热导率          | 108 |
| 4.7.1  | 材料的热导率            | 109 |
| 4.7.2  | 实验                | 109 |
| 4.7.3  | 绝缘积层对热导率的影响       | 110 |
| 4.8    | 结论                | 110 |
| 第5章    | 热和辐照对绝缘的影响        | 113 |
| 5.1    | 热对绝缘的影响           | 113 |
| 5.1.1  | 引言                | 113 |
| 5.1.2  | 热反应理论             | 117 |
| 5.1.3  | 温度对物理特性的效应        | 124 |

|       |                    |     |
|-------|--------------------|-----|
| 5.1.4 | 温度对电气特性的效应         | 126 |
| 5.1.5 | 温度对耐化学性的效应         | 129 |
| 5.1.6 | 温度对耐潮湿性的效应         | 130 |
| 5.1.7 | 氧化的作用              | 130 |
| 5.1.8 | 热稳定性               | 131 |
| 5.2   | 加速老化试验             | 138 |
| 5.2.1 | 电磁线漆膜和绝缘漆的试验方法     | 139 |
| 5.2.2 | 无溶剂浸渍剂的试验方法        | 141 |
| 5.2.3 | 柔软引接线试验方法          | 142 |
| 5.2.4 | 复合材料的试验方法          | 145 |
| 5.2.5 | 绝缘结构试验             | 145 |
| 5.2.6 | 短时烧穿试验在实用上的局限性     | 150 |
| 5.3   | 辐照对绝缘的影响           | 150 |
| 5.3.1 | 理论                 | 150 |
| 5.3.2 | 辐照的影响              | 151 |
| 5.3.3 | 耐辐照材料的选择           | 151 |
| 5.3.4 | 应用                 | 154 |
| 5.4   | 结论                 | 156 |
| 第6章   | 电磁线绝缘、有溶剂绝缘漆和粉末涂敷层 | 160 |
| 6.1   | 漆包线漆               | 160 |
| 6.1.1 | 历史                 | 160 |
| 6.1.2 | 试验方法               | 161 |
| 6.2   | 应用方法               | 170 |
| 6.2.1 | 漆包线漆的类型            | 171 |
| 6.2.2 | 可粘结漆(自粘性漆包线)       | 173 |
| 6.3   | 贮存问题               | 176 |
| 6.4   | 纤维、薄膜和纸包线          | 176 |
| 6.4.1 | 纤维包线               | 176 |
| 6.4.2 | 薄膜包线               | 177 |
| 6.4.3 | 纸包线                | 180 |
| 6.5   | 电绝缘漆               | 181 |
| 6.5.1 | 电绝缘漆的作用            | 181 |
| 6.5.2 | 溶剂漆的类型             | 187 |

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 6.5.3 配方目的              | 188 |
| 6.5.4 水基绝缘漆             | 189 |
| 6.5.5 绝缘漆的贮存            | 190 |
| 6.5.6 电动机的制造            | 191 |
| 6.5.7 绝缘漆的固化            | 191 |
| 6.6 粉末涂敷层               | 192 |
| 6.7 结论                  | 194 |
| 第7章 散嵌绕组电动机的绝缘结构        | 200 |
| 7.1 引言                  | 200 |
| 7.2 背景                  | 200 |
| 7.3 高频电动机               | 203 |
| 7.4 绝缘处理                | 203 |
| 7.4.1 浸漆处理              | 203 |
| 7.4.2 涂刷、喷涂、浸渍漆         | 204 |
| 7.4.3 用100%固体含量浸渍剂的绝缘处理 | 206 |
| 7.5 100%固体含量树脂体系用于绝缘处理  | 214 |
| 7.5.1 环氧树脂绝缘处理          | 215 |
| 7.5.2 囊封剂的配方            | 215 |
| 7.5.3 滴浸漆的配方            | 216 |
| 7.5.4 VPI浸渍漆的配方         | 217 |
| 7.5.5 防止固化过程中的流失        | 219 |
| 7.6 其他事项                | 220 |
| 7.6.1 接头                | 220 |
| 7.6.2 引接线               | 221 |
| 7.6.3 叠片修理和更换           | 223 |
| 7.6.4 提高功率              | 225 |
| 7.6.5 改换转速              | 225 |
| 7.6.6 改换电压              | 226 |
| 7.6.7 烧毁旧绕组             | 226 |
| 7.7 结论                  | 228 |
| 第8章 成型线圈绝缘              | 232 |
| 8.1 成型线圈绝缘              | 232 |
| 8.1.1 匝间绝缘              | 233 |

|                     |                 |     |
|---------------------|-----------------|-----|
| 8.1.2               | 线圈梭形定型          | 233 |
| 8.1.3               | 对地绝缘 (主绝缘)      | 234 |
| 8.1.4               | 绝缘处理            | 235 |
| 8.2                 | 成型线圈绝缘的发展史      | 235 |
| 8.2.1               | 无空隙线圈           | 235 |
| 8.2.2               | 浸绝缘漆的卷包线圈       | 244 |
| 8.2.3               | 展望              | 244 |
| 8.3                 | 富胶成型线圈电动机的重绕    | 245 |
| 8.3.1               | 线圈绝缘的制造         | 245 |
| 8.3.2               | 局部放电防护层 (防晕层)   | 247 |
| 8.3.3               | 连接头             | 248 |
| 8.3.4               | 支撑              | 249 |
| 8.4                 | B-阶段云母带的构成      | 250 |
| 8.4.1               | 底材/补强材料         | 250 |
| 8.4.2               | 云母              | 250 |
| 8.4.3               | 树脂              | 250 |
| 8.5                 | 规范的制订           | 254 |
| 8.5.1               | 标准电动机           | 254 |
| 8.5.2               | 重负载电动机          | 255 |
| 8.5.3               | 质量保证            | 256 |
| 8.6                 | 结论              | 257 |
| 第9章 成型线圈电动机和励磁线圈的真空 |                 |     |
|                     | 压力浸渍 (VPI) 处理   | 261 |
| 9.1                 | 引言              | 261 |
| 9.2                 | 优点              | 262 |
| 9.3                 | 缺点              | 264 |
| 9.4                 | VPI工艺所采用的树脂     | 266 |
| 9.4.1               | 聚酯树脂            | 266 |
| 9.4.2               | 环氧树脂            | 266 |
| 9.5                 | 树脂配方的讨论         | 267 |
| 9.5.1               | 润湿性             | 267 |
| 9.5.2               | 树脂在漆罐 (槽) 中的稳定性 | 268 |
| 9.5.3               | 定量补充            | 270 |

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 9.5.4 其他性能            | 271 |
| 9.6 真空和压力的使用          | 271 |
| 9.6.1 真空的使用           | 272 |
| 9.6.2 压力的使用           | 273 |
| 9.7 电动机制造工艺           | 276 |
| 9.7.1 云母带的选择          | 276 |
| 9.7.2 通道问题的探讨         | 278 |
| 9.7.3 绕线圈             | 279 |
| 9.7.4 浸渍              | 279 |
| 9.7.5 绕组固定和接头封闭       | 279 |
| 9.7.6 防晕              | 280 |
| 9.7.7 现场修理            | 281 |
| 9.8 磁场线圈绝缘            | 281 |
| 9.9 结论                | 282 |
| 第10章 电动机绝缘的维护         | 285 |
| 10.1 引言               | 285 |
| 10.2 电动机类型和使用场合与维护的关系 | 286 |
| 10.3 运行记录             | 286 |
| 10.4 检查方法             | 286 |
| 10.4.1 建立检查方法         | 287 |
| 10.4.2 热检查            | 287 |
| 10.4.3 清洁             | 290 |
| 10.4.4 外观检查           | 291 |
| 10.4.5 电气试验           | 291 |
| 10.5 修复方法             | 296 |
| 10.6 预期结果             | 296 |
| 10.7 结论               | 296 |
| 附录A 用于电动机绝缘的塑料(聚合物)   | 299 |
| A.1 引言                | 299 |
| A.2 普通化学              | 299 |
| A.2.1 无定形聚合物          | 300 |
| A.2.2 结晶聚合物           | 305 |
| A.2.3 橡胶态聚合物          | 306 |

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| A.2.4 聚合方法 .....        | 308 |
| A.3 塑料的类型 .....         | 313 |
| A.3.1 无定形聚合物 .....      | 313 |
| A.3.2 结晶聚合物 .....       | 319 |
| A.3.3 含有亚胺的芳香族聚合物 ..... | 329 |
| A.3.4 橡胶聚合物 .....       | 343 |
| A.4 云母的使用 .....         | 346 |
| A.5 结论 .....            | 353 |
| 附录B 计量单位换算表.....        | 356 |
| 附录C 名词术语 .....          | 358 |

# 第1章 绝缘结构

## 1.1 引言

在表1.1列出的电动机绝缘的13个项目中，最主要的为：导体匝间的绝缘，导体对地绝缘和绕组的相间绝缘。这三项绝缘以及加强整个绝缘结构的绝缘处理都是很重要的。

表1-1 电动机绝缘必须考虑的13个基本方面〔21〕

|          |
|----------|
| 电磁线      |
| 槽绝缘和槽衬材料 |
| 槽底垫条     |
| 线圈间垫片    |
| 顶部垫条（槽楔） |
| 相间绝缘     |
| 交叉接头材料   |
| 引出线套管    |
| 绑扎材料     |
| 绝缘漆及其体系  |
| 外覆涂层材料   |
| 带子       |
| 防护漆      |

直到50年代，工业电动机的绝缘才被认为是薄弱环节。绝缘的主要功能是按设计要求达到隔电目的，过去，保护绝缘的措施是把绕组安置在电机封闭的外壳内以抵抗恶劣环境，用冷却系统和过载继电器以防止过热，以及设置各式各样装置来支撑和固定线圈，借以保护绝缘免受机械损伤。

在本世纪中期，无溶剂树脂开始应用在大型电动机中作为多层组合的对地绝缘胶粘剂，提高了电动机的绝缘强度和耐潮性能。1954年，Epoxy lite 公司提出小型散嵌电动机采用囊封工艺，同时开发出不带增强填料的塑料绝缘物（这里是指环氧树脂），这种材料能够提供良好的耐环境条件性能，并使整个绝缘结构有很高的机械固定力。

目前已经普遍公认，绝缘具有多种功能，并非单纯地隔电。

大多数作者在认为电动机绝缘的性能，可按下列次序表达其重要性：机械、热、环境和电。这些性能之间的相互关系如图 1-1 所示。

有位工程师首先在做聚酯薄膜研究的一事例中得出了机械性能的重要性〔18〕。Perkins (1971) 指出聚酯薄膜弯曲性良好，有优良的弹性而且折缝不裂。因此就认为可以当作好的槽衬。

这位工程师进一步发现，在一定程度上依靠聚酯薄膜的耐热性可以设计出重量较轻、体积较小的电动机，使用寿命达到预期的要求；由于聚酯薄膜的耐水解性差，故在热和潮湿环境条件方面要牺牲一些性能（除非有了改进）。最后，他认为在电压低于 1kV 的电动机中使用聚酯薄膜与干燥空气中具有同一水平。

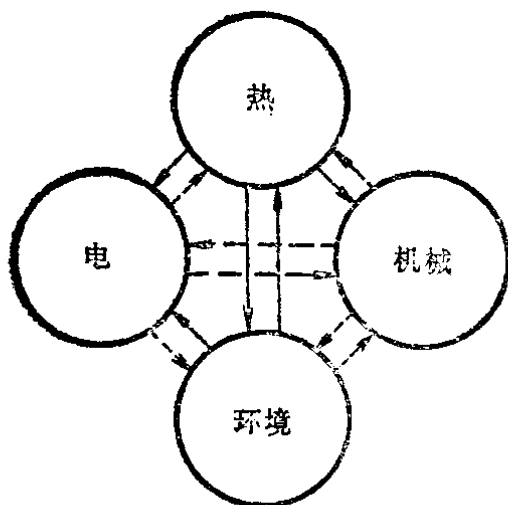


图1-1 绝缘材料老化因子及其可能出现的相互影响〔7〕

## 1.2 电动机的型式

虽然电动机有许多形状和尺寸，但从绝缘观点出发，基本上可分为两种类型：散嵌绕组和成型绕组电动机。

### 1.3 散嵌绕组电动机

不仅经济而且效率高的散嵌绕组电动机适合于工业用（低压）的范围；在美国为 220 和 440V，在欧洲为 240、415 或 910V，通常都不超过 1kV。功率超过 600hp 时，由于需要大截面规格的导线，根据制造绕组的可能性，不宜属于散嵌绕组的范围。

散嵌绕组电动机名称的来由是：每个线圈中圆导线的许多匝没有采取特殊措施来排列，端部和相邻部分按导体束分隔开。在极端的情况下，由于线圈的单圈是无规则地嵌入的，电压在达到

相邻导线之前已贯通整个线圈。因此在某一点上匝与匝之间的绝缘将承受最大电应力 $\ominus$ 。

散嵌绕组电动机的绝缘方法参见图1-2。现代散嵌绕组工业电动机的电枢定子线圈是嵌入半闭口槽内的，嵌线后用顶部垫条（通常用槽楔）紧固。在经济性较低的电动机设计中，散嵌绕组电动机如同成型线圈电动机一样采用开口槽，此时就采用如第7章所述的特种绝缘。

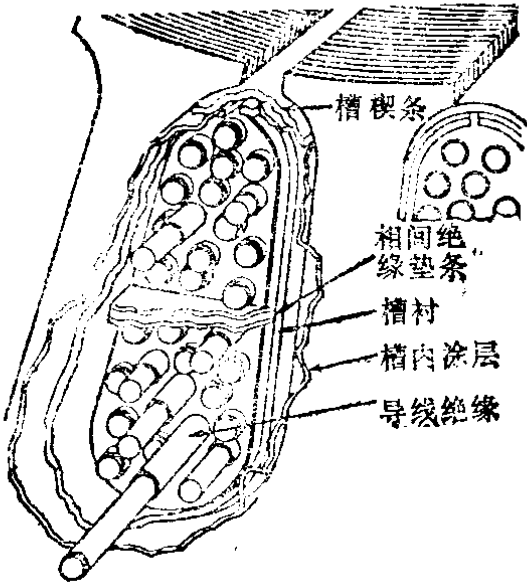


图1-2 散嵌绕组电动机绝缘结构包括：导体绝缘(导体漆膜)，相间绝缘，槽衬和涂层[14]

1.4 成型线圈（框式线圈）电动机

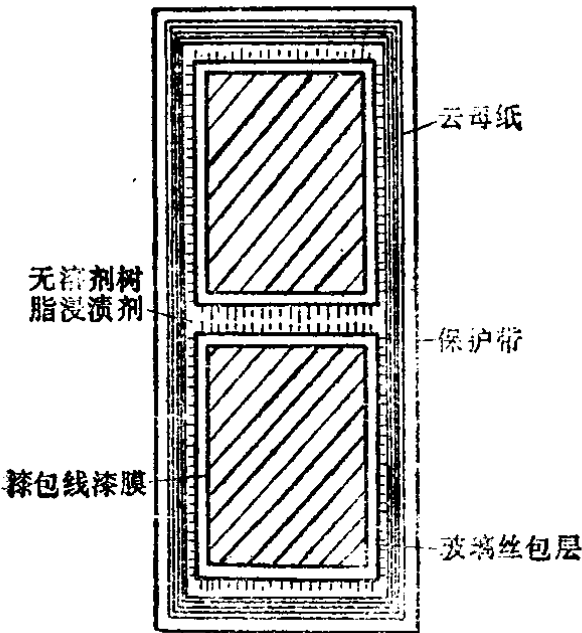


图1-3 成型线圈电动机绝缘结构包括：导线绝缘，云母对地绝缘，聚酯纤维带保护层，以无溶剂浸渍剂粘结成整体

高压电动机，在美国工业系统中通常用于电压为2.3kV或4.16kV（在欧洲为3.3kV或6.6kV），电枢绕组由矩形或方形导线组成一定的排列形状，借以使匝间电压减到最低。因为这种线圈是在嵌入开口槽以前预先成型的，故这种电动机称为成型线圈电动机。

成型线圈的绝缘见图1-3。在交流电动机中电枢是定子，在直流电动机中电枢是转子。

$\ominus$  即导线匝间绝缘有可能承受一只线圈的全电压值——译者注。