

“十三五”国家重点图书出版规划项目



国产数控系统应用技术丛书

丛书顾问◆中国工程院院士 段正澄

国产数控机床与系统 选型匹配手册

GUOCHAN SHUKONG JICHUANG YU XITONG
XUANXING PIPEI SHOUC

主 编 李 曦 陈吉红



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

“十三五”国家重点图书出版规划项目
国产数控系统应用技术丛书

国产数控机床与系统选型匹配手册

主 编	李 曦	陈吉红		
副主编	何江涛	刘 斌	刘翔云	
	严昊明	樊 军	蒋荣良	
参 编	王志成	张志云	张艳芬	黄伟健
	顾星炜	龙子凡	梁广东	陈亚雷
	李院生	高威威	魏俊立	

华中科技大学出版社
中国·武汉

内 容 简 介

本书从新时期数控机床设计人员的实际需要出发,追求现代感,兼顾实用性、通用性、准确性,在广泛吸纳国内工具书优点的基础上,涵盖了各种常规和通用的数控机床设计技术资料,贯彻了最新的国家和行业标准,推荐了国内外先进、节能、通用的产品,体现了便查易用的编写风格。

全书内容共分为两篇。第1篇包括机床常用设计资料,数控机床概述,机床设计标准与通则,数控机床常用典型机械部件;第2篇包括伺服进给系统机械传动,数控机床伺服进给系统机械传动部分数学建模,数控机床各机械部件计算条件的确定,机床传动副的匹配计算,丝杠支承轴承的匹配计算,导轨的匹配计算,机床主轴部件的匹配计算,数控机床常用伺服驱动系统设计与匹配计算。

本书可作为数控机床与系统选型匹配设计人员和有关工程技术人员的工具书,也可供高等院校有关专业师生参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

国产数控机床与系统选型匹配手册/李曦,陈吉红主编. —武汉:华中科技大学出版社,2018.3
(国产数控系统应用技术丛书)

ISBN 978-7-5680-3473-9

I. ①国… II. ①李… ②陈… III. ①数控机床-数字控制系统-技术手册 IV. ①TG659-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 047351 号

国产数控机床与系统选型匹配手册

李 曦 陈吉红 主编

Guochan Shukong Jichuang yu Xitong Xuanxing Pipei Shouce

策划编辑:万亚军

责任编辑:程 青 姚 幸

封面设计:原色设计

责任校对:刘 竣

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

电话:(027)81321913

武汉市东湖新技术开发区华工科技园

邮编:430223

录 排:武汉三月禾文化传播有限公司

印 刷:湖北新华印务有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:34.5

字 数:1066千字

版 次:2018年3月第1版第1次印刷

定 价:138.00元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

前言

振兴装备制造业是中国由机械制造大国走向机械制造强国的必由之路。近年来,在“中国制造2025”国家战略规则的驱动和国家科技重大专项的支持下,我国的装备制造业有了质的提升和跨越式的发展,自主创新能力明显增强,一大批技术含量高、性能与国际先进产品相比毫不逊色的现代化装备不断涌现、发展并投入实际使用,极大提升了我国机械装备制造技术水平和国际竞争力。

但是,总体来看,我国的装备制造业仍处于较低的水平,距离世界发达国家还有很大的差距。数控机床的选型设计是装备制造的龙头,是装备制造过程中的核心环节,因此全面提升我国数控机床选型设计人员的设计能力和技术水平非常关键。

在传统的数控机床的选型匹配中,机、电、液的选型设计是相互割裂的,并不是系统化、整体化的。各个环节的选型匹配过程是相互独立的,在形成一个整体时,大多采用试凑法或者依赖于选型匹配人员的经验。这类方法往往科学依据不够充分,传统的数控机床与系统选型设计资料以及相关的工具书已逐渐呈现诸多不足,不能完全满足新时期数控机床设计人员的实际工作需要,也无法适应装备制造的智能化、现代化的发展。

针对这种情况,华中科技大学出版社顺应时代发展的要求,在对高等院校、机床厂家、数控企业等的科研工作者和数控机床的设计人员进行广泛调研的基础上,邀请众多国内数控机床设计界的知名专家合力编写了一部全新的、符合现代数控机床与系统选型潮流的大型工具书——《国产数控机床与系统选型匹配手册》。这是一项与时俱进、有重大意义的创新工程,对推动我国国产数控机床与系统选型匹配的发展将起到重要的作用。《国产数控机床与系统选型匹配手册》作为国家重大科技专项的研究成果,具有重要的科学价值、实用价值和现实意义。

它更加科学合理,可以为用户的设计与应用带来极大的方便性,一方面可大大缩短数控机床产品的开发周期,提高数控机床综合设计的科学性与合理性;另一方面,可大幅度提高用户对国产数控产品的认知度与信心,实现国产数控系统与机床的智能选型匹配,指导数控机床的综合设计。

为了扎实、高效地进行《国产数控机床与系统选型匹配手册》的编写和出版工作,本书编委会和华中科技大学出版社组织召开了多次编写和审稿工作会议,充分考虑读者在选型匹配手册使用上的特点和需求,确定了选型匹配手册的整体构架、篇目设置、编写原则和风格,针对编写大纲进行了充分细致的研讨,对书稿内容的编、审工作进行了细致周密的安排,确保了整部选型匹配手册的内容质量和工作进度。

《国产数控机床与系统选型匹配手册》的定位不同于一般技术手册,更不同于一般学习型的技术图书,它是一部合理收集取舍、科学编排通用数控机床设计常用资料,符合现代数控机床与系统选型匹配潮流的综合性手册。本手册内容力求体现先进性、科学性和实用性,尽力做到为数控机床设计人员提供正确的设计思想、科学的设计方法和先进的设计资料,具体来说,有以下六大特色。

1. 权威性

《国产数控机床与系统选型匹配手册》编审人员阵容强大,编审人员大都来自于设计、生产、教学和科研第一线,具有深厚的理论功底、丰富的设计实践经验。他们中很多人都是所属领域的知名专家,在业内有广泛的影响力和知名度,承担了许多机械领域国家重要的科研和攻关项目。这支专业、权威的编审队伍确保了手册准确、实用的内容。

2. 现代感

追求现代感、体现现代数控机床与系统匹配的特点,满足时代的要求,是《国产数控机床与系统选型匹配手册》的基本宗旨。“现代”二字主要体现在新标准、新技术、新结构、新工艺、新产品、现代的设计理念、现代的设计方法和现代的设计手段等几个方面。在体现现代元素的同时,也不是一味求新,而

是收录目前已经公认的、成熟的、实用的技术、方法、结构和产品。《国产数控机床与系统选型匹配手册》注意传统设计与现代设计的融合,注重机、电、液、控设计的有机结合,注重实用性的同时兼顾最新的研究应用成果。在贯彻新标准方面,收录并合理编排了目前最新颁布的国家和行业标准。

3. 实用性

即选编数控机床设计人员实际需要的内容。手册内容的选定、深度的把握、资料的取舍和章节的编排,都坚持从设计和生产的实际需要出发。摒弃或简化了烦琐的数学推导,突出了最终的计算结果,结合具体的算例将设计方法通俗地呈现出来,便于读者理解和掌握。

手册在具体内容的表述上,采用以图表为主的编写风格。这样既增加了手册的信息容量,更重要的是方便了读者的使用和查阅,有利于提高数控机床设计人员的工作效率和设计速度。

4. 通用性

本手册以数控机床常用典型机械部件设计为主,主要包括机床常用设计资料、机床设计标准与通则、数控机床常用典型机械部件以及机床机械部件的匹配计算设计等,能够满足各类数控机床设计人员的工作、学习需求。

5. 准确性

本手册尽量采用原始资料,公式、图表、数据准确,方法、工艺、技术成熟。所有产品、材料和工艺方面的标准均采用最新公布的标准资料,对于标准规范的编写,手册没有简单地照抄照搬,而是采取选用、摘录、合理编排的方式,强调其科学性和准确性,尽量避免差错和谬误。所有设计方法、计算公式、参数选用均经过长期检验,设计实例、各种算例均来自工程实际。手册中收录通用性强、标准化程度高的产品,供设计人员在了解企业实际生产品种、规格尺寸、技术参数,以及产品质量和用户的实际反馈后选用。

6. 全面性

本手册一方面根据数控机床用户的设计与应用的需要,按照“基本、常用、重要、发展”的原则选取内容;另一方面兼顾了制造企业和机床产品用户两大群体的设计特点,即制造企业侧重基础性的设计内容,而机床产品用户侧重于产品的选用。本手册强调产品设计与工艺技术的紧密结合,倡导结构设计 with 造型设计的有机统一,重视工艺技术与选用材料的合理搭配,使产品设计更加全面和可行。

本书由李曦、陈吉红主编,经过广大编审人员和出版社的不懈努力,《国产数控机床与系统选型匹配手册》将以崭新的风貌和鲜明的时代气息展现在广大机械设计工作者面前。值此出版之际,谨向所有给过我们大力支持和帮助的单位 and 国内众多同行专家表示衷心的感谢!

由于水平有限,编写中难免存在疏漏和不足,恳请广大读者给予批评指正。

编者

2017年8月

目 录

第 1 篇 机床设计总则

第 1 章 机床常用设计资料	(1)
1.1 常用资料及公式	(1)
1.1.1 标准分类及编号	(1)
1.1.2 计量单位	(1)
1.2 常用电工材料	(2)
1.2.1 常用导电导磁材料	(2)
1.2.2 常用绝缘材料	(2)
1.2.3 电动机、电器和变压器用绝缘材料的耐热等级(根据 GB/T 11021—2014)	(3)
1.3 机床操作指示形象化符号	(4)
1.3.1 一般机床操作指示形象化符号	(4)
1.3.2 数控机床操作指示形象化符号	(21)
1.3.3 操作指示符号使用要求	(24)
1.4 一般机床设计资料	(24)
1.4.1 机床电力电路设计准则	(24)
1.4.2 机床电气控制系统常用的符号和标号	(26)
1.4.3 机床通用技术要求	(40)
1.4.4 机床安全防护及其他技术要求	(41)
参考文献	(45)
第 2 章 数控机床概述	(46)
2.1 数控机床简介	(46)
2.2 数控机床的工作原理及组成	(47)
2.2.1 数控机床的工作原理	(47)
2.2.2 数控机床的组成	(48)
2.3 数控机床分类	(48)
2.3.1 按工艺用途分类	(48)
2.3.2 按运动轨迹分类	(48)
2.3.3 按伺服系统分类	(49)
2.3.4 按功能水平分类	(50)
2.4 数控机床性能、结构及应用	(50)
参考文献	(52)
第 3 章 机床设计标准与通则	(53)
3.1 数控机床总体设计	(53)
3.1.1 机床设计的基本要求和主要评定指标	(53)
3.1.2 机床设计方法和步骤	(66)
3.1.3 机床总布局	(71)

3.1.4 机床主要技术参数的确定	(119)
3.2 常用机床精度检验标准	(124)
3.2.1 数控车床精度检验	(124)
3.2.2 数控钻镗铣床精度检验	(139)
3.2.3 磨床精度检验	(179)
3.3 数控机床位置精度	(199)
3.3.1 数控轴线的定位精度和重复定位精度的确定	(199)
3.3.2 数控机床热效应的测量和评定方法	(202)
参考文献	(204)
第4章 数控机床常用典型机械部件	(205)
4.1 数控机床常用联轴器	(205)
4.1.1 联轴器概述	(205)
4.1.2 滑块联轴器	(208)
4.1.3 弹性柱销联轴器	(210)
4.1.4 套筒联轴器	(214)
4.1.5 梅花形弹性联轴器	(218)
4.1.6 膜片联轴器	(219)
4.1.7 鼓形齿式联轴器	(222)
4.2 数控机床常用轴承	(224)
4.2.1 轴承概述	(224)
4.2.2 机床常用滚动轴承	(224)
4.2.3 机床常用滑动轴承	(247)
4.2.4 机床常用静压轴承	(255)
4.3 数控机床常用丝杠传动	(271)
4.3.1 丝杠螺母副传动	(271)
4.3.2 滑动丝杠副传动	(272)
4.3.3 滚珠丝杠螺母传动	(282)
4.4 数控机床常用传动装置	(290)
4.4.1 蜗杆蜗轮传动	(290)
4.4.2 带传动	(292)
4.5 数控机床常用减速器及其配件	(295)
4.6 数控机床其他机械部件	(304)
4.6.1 分度台(数控回转工作台)	(304)
4.6.2 数控回转刀架、刀库(自动换刀装置)	(308)
4.6.3 排屑装置	(315)
4.6.4 防护装置	(316)
4.7 数控机床常用电气部件	(318)
4.7.1 数控机床常用检测装置(编码器、光栅尺)	(318)
4.7.2 数控机床常用可编程控制器	(322)
4.7.3 数控机床常用低压电器	(325)
参考文献	(347)

第2篇 机床机械部件的选型与匹配设计

第5章 伺服进给系统机械传动	(349)
----------------------	-------

5.1 概述	(349)
5.2 直线进给系统机械传动	(349)
5.3 回转进给系统机械传动	(351)
参考文献	(352)
第6章 数控机床伺服进给系统机械传动部分数学建模	(353)
6.1 概述	(353)
6.2 滚珠丝杠进给系统机械传动数学建模	(354)
6.3 蜗轮蜗杆回转进给系统机械传动数学建模	(358)
参考文献	(361)
第7章 数控机床各机械部件计算条件的确定	(362)
7.1 概述	(362)
7.2 计算转速与计算载荷	(362)
7.2.1 计算转速	(362)
7.2.2 计算载荷	(365)
7.3 机床刚度的计算条件	(372)
7.3.1 弹性变形对工作条件影响的计算条件	(372)
7.3.2 弹性变形对几何精度和定位精度影响的计算条件	(373)
7.3.3 弹性变形对加工精度影响的计算条件	(374)
7.3.4 刚度对抗振性影响的计算条件	(378)
7.4 传动系统刚度的计算条件	(382)
7.4.1 根据不出现摩擦自振的条件确定传动系统刚度	(382)
7.4.2 根据微量进给的灵敏度确定传动系统刚度	(387)
7.4.3 根据传动精度确定传动系统刚度	(387)
参考文献	(388)
第8章 机床传动副的匹配计算	(389)
8.1 概述	(389)
8.2 带传动副的匹配计算	(389)
8.2.1 初始条件	(389)
8.2.2 计算目标传动比	(389)
8.2.3 配置计算过程	(389)
8.3 齿轮传动副的匹配计算	(393)
8.3.1 渐开线圆柱齿轮传动副的匹配计算	(393)
8.3.2 锥齿轮传动副的匹配计算	(397)
8.3.3 行星差动齿轮传动副的匹配计算	(401)
8.4 蜗杆传动副的匹配计算	(418)
8.5 滚珠丝杠副的匹配计算	(431)
8.5.1 滚珠丝杠计算选型	(431)
8.5.2 滚珠丝杠计算选型实例	(437)
参考文献	(442)
第9章 丝杠支承轴承的匹配计算	(443)
9.1 概述	(443)
9.2 滚动轴承的匹配计算	(443)
9.3 配置计算实例	(452)
参考文献	(452)

第 10 章 导轨的匹配计算	(453)
10.1 概述	(453)
10.2 滑动导轨的匹配计算	(454)
10.3 塑料导轨的匹配计算	(464)
10.4 静压导轨的匹配计算	(471)
参考文献	(473)
第 11 章 机床主轴部件的匹配计算	(474)
1.1 概述	(474)
11.2 主轴系统电动机的选型	(474)
11.2.1 根据刀具和切削条件选择电动机	(474)
11.2.2 根据切削功率选择电动机	(475)
11.3 机械式主轴的设计与计算	(477)
11.3.1 概述	(477)
11.3.2 机械主轴传动系统	(482)
11.3.3 主轴参数的确定	(486)
11.3.4 主轴轴承的选用	(487)
11.4 电主轴参数的设计与计算	(490)
11.4.1 电主轴介绍	(490)
11.4.2 交流调速指标	(490)
11.4.3 电主轴的设计	(490)
11.4.4 电主轴选型	(495)
11.4.5 主轴组件的刚度计算	(495)
11.4.6 主轴系统选型计算实例	(496)
参考文献	(497)
第 12 章 数控机床常用伺服驱动系统设计与匹配计算	(498)
12.1 设计原则和步骤	(498)
12.1.1 设计原则	(498)
12.1.2 设计步骤	(498)
12.2 驱动系统稳态设计	(498)
12.2.1 电动机输出转矩的计算	(498)
12.2.2 电动机输出转矩的选择	(499)
12.3 驱动系统动态设计	(500)
12.3.1 驱动系统动态设计的基本要求	(500)
12.3.2 加减速能力的计算与要求	(500)
12.3.3 运动部件惯量的计算	(500)
12.4 进给伺服电动机的匹配与计算	(501)
12.4.1 伺服电动机选型概述	(501)
12.4.2 伺服电动机选型匹配计算	(501)
12.4.3 进给伺服系统的匹配与计算	(510)
12.4.4 伺服驱动单元的选型	(524)
12.4.5 数控系统的选型	(529)
参考文献	(543)

第 1 篇 机床设计总则

第 1 章 机床常用设计资料

1.1 常用资料及公式

1.1.1 标准分类及编号

标准有国际标准、区域标准、国家标准、行业标准、地方标准和企业标准。

我国国家标准、行业标准和地方标准分为强制性和推荐性标准。推荐性标准的代号是在强制性标准代号后加“T”，如强制性标准代号为 GB、JB，推荐性标准代号为 GB/T、JB/T。

国内和国外部分标准代号见表 1-1-1、表 1-1-2。

表 1-1-1 国内部分标准代号

标准代号	标准名称	标准代号	标准名称
GB	国家标准	TB	铁路运输行业标准
GB/T	国家推荐性标准	WB	物资行业标准
JB	机械行业标准	YB	黑色冶金行业标准
DL	电力行业标准	YS	有色冶金行业标准
HG	化工行业标准	GJB	原国家军用标准
LD	劳动和劳动安全行业标准	ZB	原国家专业标准
JC	建材行业标准	JB/Z	原机械部指导性标准
JG	建筑工业行业标准	JB/GQ	原机械部机床局标准
JT	交通行业标准	NJ	原农业部标准
JY	教育行业标准	DB11/	北京市地方标准
QB	轻工行业标准	DB12/	天津市地方标准
QC	汽车行业标准	DB15/	内蒙古自治区地方标准
QJ	航天行业标准	DB44/	广东省地方标准
SH	石油化工行业标准	DB31/	上海市地方标准
SJ	电子行业标准		

表 1-1-2 国外部分标准代号

标准代号	名称	标准代号	名称
ISO	国际标准化组织标准	CSA	加拿大标准行业协会标准
IEC	国际电工委员会标准	CSN	捷克国家标准

续表

标准代号	名称	标准代号	名称
CCEE	中国电工产品认证委员会	DIN	德国国家标准
CEN	欧洲标准化委员会标准	IS	印度标准
C9B	经互会标准化委员会标准	JIS	日本工业标准
CTRP	国际机械技术加工研究会标准	KS	韩国国家标准
IIW	国际焊接协会标准	UNI	意大利标准
CECIMO	欧洲机床工业协作委员会标准	STAS	罗马尼亚国家标准
ANSI	美国标准协会标准	TOCT	俄罗斯国家标准 (原苏联标准)
API	美国石油协会标准	AFNOR	法国标准协会标准
AS	澳大利亚标准	NF	法国国家标准
ANSE	美国机械工程师协会标准	SIS	瑞典国家标准
BS	英国标准	SNV	瑞士国家标准
JUS	原南斯拉夫标准		

1.1.2 计量单位

表 1-1-3 所示为常用力学的量和单位。

表 1-1-3 常用力学的量和单位
(摘自 GB/T 3102.1~3102.7—1993)

量的名称	量的符号	单位名称	单位符号
质量	m	千克(公斤)	kg
体积质量,[质量]密度	ρ	千克每立方米	kg/m ³
转动惯量,(惯性矩)	$J, (I)$	千克二次方米	kg·m ²
力	F	牛[顿]	N
力矩	M	牛[顿]米	N·m
转矩,力偶矩	M, T	牛[顿]米	N·m
压力,压强	P	帕[斯卡]	Pa
正应力	σ	帕[斯卡]	Pa
切应力	τ	帕[斯卡]	Pa
切应变	γ	—	—
线应变	ε, e	—	—

续表

量的名称	量的符号	单位名称	单位符号
泊松比	μ, ν	—	—
弹性模量	E	帕[斯卡]	Pa
切变模量	G	帕[斯卡]	Pa
截面二次矩 (惯性矩)	I_a, I	四次方米	m^4
截面二次极矩 (极惯性矩)	I_p	四次方米	m^4
静摩擦因数	$\mu_s, (f_s)$	—	—
动摩擦因数	$\mu, (f)$	—	—
运动黏度	ν	二次方米每秒	m^2/s

表 1-1-4 所示为常用电学和磁学的量和单位。

表 1-1-4 常用电学和磁学的量和单位
(摘自 GB/T 3102.1~3102.7—1993)

量的名称	量的符号	单位名称	单位符号
电流	I	安[培]	A
电荷	Q	库[仑]	C
电场强度	E	伏[特]每米	V/m
电动势	E	伏[特]	V
电容	C	法[拉]	F
介电常数	ϵ	法[拉]每米	F/m
电阻率	ρ	欧[姆]米	$\Omega \cdot m$
电导率	γ, σ	西[门子]每米	S/m
自感	L	亨[利]	H
互感	M, L_{12}	亨[利]	H
相数	m	—	—
极对数	P	—	—
磁通[量]	Φ	韦[伯]	Wb
磁导率	μ	亨[利]每米	H/m
磁阻	R_m	每亨[利]	H^{-1}
磁导	$\Lambda, (P)$	亨[利]	H

1.2 常用电工材料

常用电工材料分为导电材料、导磁材料和绝缘材料。

1.2.1 常用导电导磁材料

1. 导电材料

铜和铝是目前最常用的导电材料。若按导电材料制成线材(电线或电缆)和使用特点分类,导线又有裸线、绝缘电线、电磁线、通信电缆线等。

1) 裸线

特点:只有导线部分,没有绝缘层和保护层。

分类:按其形状和结构分,导线有单线、绞合线、特殊导线等几种。单线主要作为各种电线电缆的线芯,绞合线主要用于电气设备的连接。

2) 绝缘电线

特点:不仅有导线部分,而且还有绝缘层。

分类:按其线芯使用要求分有硬型、软型、特软型和移动型等几种。主要用于各电力电缆、控制信号电缆、电气设备安装连线或照明线敷设等。

3) 电磁线

电磁线是一种涂有绝缘漆或包缠纤维的导线。主要用于电动机、变压器、电器设备及电工仪表的绕组或线圈。

4) 通信电缆线

通信电缆线包括电信系统的各种电缆、电话线、广播线和网络用线。

2. 导磁材料

导磁材料按其特性不同,一般分为软磁材料和硬磁材料两大类。

1) 软磁材料

软磁材料一般指电工用纯铁、硅钢板等,主要用于变压器、扼流圈、继电器和电动机中的铁芯导磁体。电工用纯铁为 DT 系列。

2) 硬磁材料

硬磁材料的特点是在磁场作用下达到磁饱和状态后,即使撤掉磁场还能较长时间地保持强而稳定的磁性。硬磁材料主要用来制造磁电式仪表的磁钢和永磁电动机的磁极铁芯等。硬磁材料可分为各向同性系列、热处理各向异性系列、定向结晶各向异性系列等三大系列。

1.2.2 常用绝缘材料

电动机及变压器中常用的绝缘材料,按其耐热能力分为 A、E、B、F、H 和 C 六个等级。

1. A 级绝缘材料

A 级绝缘材料包括经过浸渍处理的棉纱、丝、纸等有机纤维材料及普通漆包线上的磁漆等。目前仅在变压器中使用 A 级绝缘材料,最高容许工作温度为 105℃。

2. E 级绝缘材料

E 级绝缘材料包括用聚酯树脂、环氧树脂、三醋酸纤维等制成的薄膜和聚乙烯醇缩醛高强度漆包线上的磁漆等,用在中小型交、直流电动机中。E 级绝缘材料的最高容许工作温度为 120℃。

3. B级绝缘材料

B级绝缘材料包括云母、石棉、玻璃丝等无机物用有机漆或树脂(做了耐热性处理)作为黏结剂制成的材料及其组合物和聚酯高强度漆包线上的磁漆等,一般在大、中型同步电动机及中小型交、直流电动机中采用。B级绝缘材料的最高容许工作温度为130℃。

4. F级绝缘材料

F级绝缘材料包括云母、石棉、玻璃丝等无机物用硅有机化合物改性的合成树脂漆,或用耐热性能符合这一等级要求的醇酸、环氧树脂作为黏结剂制成的材料或其组合物。F级绝缘材料的最高容许工作温度为155℃。

5. H级绝缘材料

H级绝缘材料包括硅有机物及云母、石棉、玻璃丝等无机物用硅有机化合物作为黏结剂制成的材料。主要应用在要求尽量缩小尺寸、减轻重量的场合,如航空电动机、吊车电动机、牵引电动机等。H级绝缘材料最高容许工作温度为180℃。

6. C级绝缘材料

C级绝缘材料包括无黏结剂的云母、石英、玻

璃丝等,用热稳定性特别好的有机树脂、聚酰亚胺浸渍漆等处理过的石棉、玻璃纤维织物或其他制成物,以及聚酰亚胺基漆包线的磁漆、聚酰亚胺薄膜等。C级绝缘材料是要求更高的绝缘材料,目前正在推广使用。它的最高容许工作温度为200℃。

关于绝缘材料的使用必须注意以下两点。

(1) 电动机的绝缘等级由它所采用的主要绝缘材料中耐热等级最低的材料(见表1-2-1)决定。在有些特殊情况下,为了提高运行的可靠性,还要降低绝缘等级使用。

(2) 温度对绝缘材料寿命影响极大。实验表明,A级绝缘材料的使用寿命 $t(a)$ 与使用温度的关系为

$$t = ce^{-a}$$

式中: c 和 a ——试验决定的常数。

例如,当 $a \approx 0.088$ 时,每当温度增高8℃,绝缘寿命就缩短一半。

如果电动机属于短期工作,材料的最高允许工作温度应根据寿命缩短的情况相应地提高。

表 1-2-1 几种常用的绝缘材料的耐热等级

耐热等级	最高允许工作温度/℃	相当于该耐热等级的绝缘材料简述
Y	90	用未浸渍过的棉纱、丝及纸等材料或其组合物所组成的绝缘结构
A	105	用浸渍过的或浸在液体电介质(如变压器油)中的棉纱、丝及纸等材料或其组合物所组成的绝缘结构
E	120	用合成有机薄膜、合成有机磁漆等材料或其组合物所组成的绝缘结构
B	130	用合适的树脂黏结或浸渍、涂覆后的云母、玻璃纤维、石棉等,以及其他无机材料、合适的有机材料或其组合物所组成的绝缘结构
F	155	用合适的树脂黏结或浸渍、涂覆后的云母、玻璃纤维、石棉等,以及其他无机材料、合适的有机材料或其组合物所组成的绝缘结构
H	180	用合适的树脂(如有机硅树脂)黏结或浸渍、涂覆后的云母、玻璃纤维、石棉等材料或其组合物所组成的绝缘结构
C	180 以上	用合适的树脂黏结或浸渍、涂覆后的云母、玻璃纤维以及未经浸渍处理的云母、陶瓷、石英等材料或其组合物所组成的绝缘结构

1.2.3 电动机、电器和变压器用绝缘材料的耐热等级(根据 GB/T 11021—2014)

根据 GB/T 11021—2014 对电气绝缘材料耐热性进行分级。

由于在电气设备中,通常情况下是温度作为主要老化因子作用于 EIS 中的 EIM,国际上都认同可靠的基础性耐热分级是有用的,明确了 EIS 的耐热等级,也就意味着推荐的最高连续使用摄氏温度是组成 EIS 的 EIM 能适应的。耐热性等分级见 表 1-2-2。

表 1-2-2 电气绝缘材料耐热性分级

ATE 或 RTE		耐热等级	字母表示 ^a
≥90	<105	90	Y
≥105	<120	105	A
≥120	<130	120	E
≥130	<155	130	B
≥155	<180	155	F
≥180	<200	180	H
≥200	<220	200	N

续表

ATE 或 RTE		耐热等级	字母表示 ^a
≥220	<250	220	R
≥250 ^b	<275	250	—

注：本表给出了耐热等级表示方法，对于 EIM 的 RTE 的不同温度范围，第 3 列字母表示等级，在较早的版本中，“Y”级也表示其应使用于 RTE 值低于 90 的范围。某一材料在某绝缘系统中使用并不意味着该系统的耐热等级与材料耐热等级相同。或不管系统中使用一种以上不同等级的材料而以最低耐热等级的材料表示。

a 为了便于表示，字母可以写在括弧中，例如：180 级（H）。如因空间关系，比如在铭牌上，产品技术委员会可能仅选用字母表示。

b 耐热等级超过 250 的可按 25 间隔递增的方式表示。

1.3 机床操作指示形象化符号

1.3.1 一般机床操作指示形象化符号

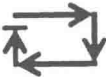
金属切削机床操作指示形象化符号是机床及其附件的操作指示标牌、操作面板和标志的通用标准符号，机床上使用的操作指示符号及其名称、作用与标准（GB/T 3167—2015）相符合时，都必须使用标准规定的形象化符号。

金属切削机床操作指示形象化符号见表 1-3-1 至表 1-3-16（摘自 GB/T 3167—2015）。

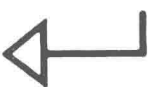
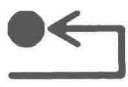
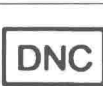
表 1-3-1 机床操作、测量、动作、运动的基本符号

符 号	名 称	符 号	名 称
	启动		停止
	点动		快速启动
	快速停止		准备
	等待		启动/停止
	暂停		中断
	暂停后重新启动		试运行启动
	停留时间调整		快速移动
	进给		纵向进给
	横向进给		垂向进给
	间断进给		每行程进给
	圆周进给；切向进给		径向进给

续表

符 号	名 称	符 号	名 称
	延迟进给		设置
	手动		双手操作(控制)
	自动(控制)		微动
	交换		自动循环;半自动循环
	单循环		子循环
	自动循环的中断 并回到开始位置		反馈控制
	主轴准停;定向停止		程序停止
	任选程序暂停		程序再启动
	手动数据输入(MDI)		空运转
	机床锁住		数据复位
	数据删除		返回基准点
	返回机床零点		程序原步动作
	百分数;倍率		跳步
	倒角		圆弧插补
	直线插补		翻页
	上一页		下一页

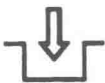
续表

符 号	名 称	符 号	名 称
	输入		输出
	光标左移		光标右移
	光标上移		光标下移
	转换		插入
	换行		返回先前
	复原		行首
	行尾		确认
	回转刀具长度补偿		回转刀具半径补偿
	回转刀具直径补偿		非回转刀具偏置(垂直方向)
	非回转刀具偏置(水平方向)		刀尖半径补偿
	精定位精度		正常定位精度
	粗定位精度		手摇脉冲发生器(手脉)
	手持单元		分布式数控(DNC)
	连续直线运动		双向直线运动

续表

符 号	名 称	符 号	名 称
	限位直线运动		从原点向箭头方向运动
	增量的直线运动		限位直线运动及返回
	限位连续往复直线运动		间歇直线运动
	直线重复定位		单程限位直线运动及返回
	直线运动超程		延时限位直线运动
	连续转动方向		双向转动
	间歇转动		旋转重复定位
	限位转动		限位转动及返回
	限位连续往复旋转运动		二维运动
	三维运动		顺时针旋转
	旋转无级变速		旋转分级变速
	齿轮变速		可调;调整
	预选;预调		增值
	减值		推
	拉		相对运动“出”
	相对运动“进”		向前运动
	向后运动		锁紧;固紧

续表

符 号	名 称	符 号	名 称
	松开		啮合
	脱开		固定位置夹紧
	轴向固定; 顶紧中心点		制动器夹紧
	制动器松开		皮带或链的张紧
	皮带或链的松开		手动清洁
	自动清洁		联轴器
	齿轮离合器		离合器
	电磁离合器		温度计; 温度控制
	计数器		键盘计数器
	数字显示装置		光学读数装置
	指示仪表		计时器
	压力计		外径测量
	内径测量		调节用表
	螺距		刻度(值)