

材料科学与工程学院

本科生毕业论文撰写规范

1. 论文结构及要求

论文包括题目、中文摘要、外文摘要、目录、正文、致谢、参考文献和附录等几部分。

1.1 题目

题目应恰当、准确地反映本课题的研究内容。论文题目不应超过 25 字，不得使用标点符号，不设副标题。

1.2 摘要与关键词

1.2.1 摘要

摘要应扼要叙述本论文的主要内容、特点，文字要精炼，是一篇具有独立性和完整性的短文，应包括本论文的主要成果和结论性意见。摘要中不宜使用公式、图表，不标注引用文献编号，避免将摘要写成目录式的内容介绍。

1.2.2 关键词

关键词是供检索用的主题词条，应采用能覆盖论文主要内容的通用技术词条（参照相应的技术术语标准），一般列 3~ 5 个，按词条的外延层次从大到小排列，应在摘要中出现。

1.3 目录

目录应独立成页，包括论文中全部章、节的标题及页码。

1.4 论文正文

论文正文包括绪论、论文主体及结论等部分。

1.4.1 绪论

绪论一般作为第 1 章。绪论应说明选题的目的、背景和意义，国内外文献综述，以及论文所要研究的主要内容。

1.4.2 论文主体

论文主体是论文的主要部分，应该结构合理，层次清楚，重点突出，文字简练、通顺。

论文主体的内容要求参照《哈尔滨工业大学材料科学与工程学院关于本科生毕业设计（论文）的若干规定》第八条。

论文主体各章后应有一节 本章小结。

1.4.3 结论

结论作为单独一章排列，但不加章号。

结论是对整个论文主要成果的归纳，要突出设计（论文）的创新点，以简练的文字对论文的主要工作进行评价，一般为 400~ 1000 字。

1.5 致谢

对导师和给予指导或协助完成论文工作的组织和个人表示感谢。内容应简洁明了、实事求是，避免俗套。

1.6 参考文献

参考文献是论文不可缺少的组成部分，它反映论文的取材来源和广博程度。论文中要注重引用近期发表的与论文工作直接有关的学术期刊类文献。对理工类论文，参考文献数量一般不少于 15 篇，

其中学术期刊类文献不少于 7篇，外文文献不少于 5篇。

在论文正文中必须有参考文献的编号，参考文献序号应按在正文中出现顺序排列。

产品说明书、各类标准、各种报纸上刊登的文章及未公开发表的研究报告（著名的内部报告如 PB、AD 报告及著名大公司的企业技术报告等除外）等不宜做为参考文献引用。但对于工程设计类论文，各种标准、规范和手册可作为参考文献。

引用网上参考文献时，应注明该文献的准确网页地址，网上参考文献不包含在上述规定的文献数量之内。

要将其中一篇与所撰写论文内容最直接相关的外文文献译成中文，不少于 3000汉字。

1.7 附录

有些不宜放在正文中，但有参考价值的内容（如外文文献复印件及中文译文、公式的推导、程序流程图、图纸、数据表格等）可编入论文的附录中。

2. 书写规定

2.1 论文正文字数

对论文字数规定如下：

科学实验型，不少于 15 000字；

软件开发型，不少于 15 000字；

理论研究型，不少于 15 000字；

综合型，不少于 10 000字；

2.2 论文书写

毕业论文必须由学生本人按照学校对毕业论文页面排版规定在计算机上输入、编排，打印时，论文版芯大小一般应为 145mm 210mm(包括页眉及页码则为 145mm 230mm)，每页 33行。

页码在版芯下边线之下隔行居中放置。摘要、目录等文前部分的页码用罗马数字单独编排，正文以后的页码用阿拉伯数字编排。

2.3 摘要

中文摘要一般为 300字左右，外文摘要应与中文摘要内容相同，在语法、用词和书写上应正确无误，摘要页勿需写出论文题目。中、外文摘要应各占一页，编排上中文在前，外文在后。

2.4 目录

目录应包括论文中全部章节的标题及页码，含：

摘要（中、外文）

正文章、节题目（要求编写到第 3级标题，即 . . . 。一级标题顶格书写，二级标题缩进一格，三级标题缩进两格）

致谢

参考文献

附录

2.5 论文正文

2.5.1 章节及各章标题

论文正文分章、节撰写，每章应另起一页。

各章标题要突出重点、简明扼要。字数一般在 15字以内，不得使用标点符号。标题中尽量不采用英文缩写词，对必须采用者，应使用本行业的通用缩写词。

2.5.2 层次

层次以少为宜，根据实际需要选择。层次代号格式见表 2-1。

层次要求统一，但若节下内容无需列条的，可直接列款、项。具体用到哪一层次视需要而定。

表 2-1 理工类论文层次代号及说明

层次名称	示 例	说 明
章	第 1 章?E	章序及章名居中排 ,章序用阿拉伯数字
节	1.1	题序顶格书写 ,与标题间空一格 ,下面阐述内容另起一段
条	1.1.1	
款	1.1.1.1	题序顶格书写 ,与标题间空一格 ,下面阐述内容在标题后空一格接排
项	(1) ?	题序空二格书写 ,以下内容接排

版心左边线

版心右边线

各层次题序及标题不得置于页面的最后一行（孤行）。

2.6 参考文献

引用文献标示应置于所引内容最末句的右上角，用小五号字体。所引文献编号用阿拉伯数字置于方括号 [] 中，用小四号字体的是角标，如 二次铣削^[1]。当提及的参考文献为文中直接说明时，其序号应该与正文排齐，如 由文献 [8, 10~ 14]可知。

不得将引用文献标示置于各级标题处。

参考文献书写格式应符合 GB7714 - 1987《文后参考文献著录规则》。常用参考文献编写项目和顺序规定如下：

著作图书文献

序号 作者．书名．版次．出版者，出版年：引用部分起止页
└──────────────────┘ 第一版应省略

翻译图书文献

序号 作者．书名．译者．版次．出版者，出版年：引用部分起止页
└──────────────────┘ 第一版应省略

学术刊物文献

序号 作者．文章名．学术刊物名．年，卷（期）：引用部分起止页

学术会议文献

序号 作者．文章名．编者名．会议名称，会议地址，年份．出版地，
 出版者，出版年：引用部分起止页

学位论文类参考文献

序号 研究生名．学位论文题目．学校及学位论文级别．答辩年份：引
 用部分起止页

西文文献中第一个词和每个实词的第一个字母大写，余者小写；俄文文献名第一个词和专有名词的第一个字母大写，余者小写；日文文献中的汉字须用日文汉字，不得用中文汉字、简化汉字代替。文献中的外文字母一律用正体。

作者为多人时，一般只列出3名作者，不同作者姓名间用逗号相隔。外文姓名按国际惯例，将作者名的缩写置前，作者姓置后。

学术会议若出版论文集者，可在会议名称后加上“论文集”字样。未出版论文集者省去“出版者”、“出版年”两项。会议地址与出版地相同者省略“出版地”。会议年份与出版年相同者省略“出版年”。

学术刊物文献无卷号的可略去此项，直接写“年”，（期）。

参考文献序号顶格书写，不加括号与标点，其后空一格写作者名。序号应按文献在论文中的被引用顺序编排。换行时与作者名第一个字对齐。若同一文献中有多处被引用，则要写出相应引用页码，各起止页码间空一格，排列按引用顺序，不按页码顺序。

参考文献书写格式示例见附录 1。

2.7 名词术语

科技名词术语及设备、元件的名称，应采用国家标准或部颁标准中规定的术语或名称。标准中未规定的术语要采用行业通用术语或名称。全文名词术语必须统一。一些特殊名词或新名词应在适当位置加以说明或注解。

文管类专业术语应为常见、常用的名词。

采用英语缩写词时，除本行业广泛应用的通用缩写词外，文中第一次出现的缩写词应该用括号注明英文全文。

2.8 计量单位

物理量计量单位及符号一律采用《中华人民共和国法定计量单位》（GB3100～3102-1993，见附录 2），不得使用非法定计量单位及符号。计量单位符号，除用人名命名的单位第一个字母用大写之外，一律用小写字母。

非物理单位（如件、台、人、元、次等）可以采用汉字与单位符号混写的方式，如“万 t km”，“t/（人·a）”等。

文稿叙述中不定数字之后允许用中文计量单位符号，如“几千克至 1 000kg”。

表达时刻时应采用中文计量单位，如“上午 8 点 45 分”，不能写成“8h45min”。

计量单位符号一律用正体。

2.9 外文字母的正、斜体用法

按照 GB3100～3102-1986 及 GB7159-1987 的规定使用，即物理量符号、物理常量、变量符号用斜体，计量单位等符号均用正体。

2.10 数字

按国家语言文字工作委员会等七单位 1987 年发布的《关于出版物上数字用法的规定》，除习惯用中文数字表示的以外，一般均采用阿拉伯数字（参照附录 3）。

2.11 公式

原则上居中书写。若公式前有文字（如“解”、“假定”等），文字顶格书写，公式仍居中写。公式末不加标点。

公式序号按章编排，如第 1 章第一个公式序号为（1-1），附录 2 中的第一个公式为（-1）等。

文中引用公式时，一般用 见式（1-1）或 由公式（1-1）。

公式中用斜线表示 除 的关系时，若分母部分为乘积应采用括号，以免含糊不清，如 $a/(b\cos x)$ 。

通常 乘 的关系在前，如 $a\cos x/b$ 而不写 $(a/b)\cos x$ 。

2.12 插表

表格不加左、右边线。

每个表格均应有表题（由表序和表名组成）。表序一般按章编排，如第 1 章第一个插表的序号为表 1-1 等。表序与表名之间空一格，表名中不允许使用标点符号，表名后不加标点。表题置于表上，居中排写，要求用五号字（见插表示例 1）。

表头设计应简单明了，尽量不用斜线。表头中可采用化学符号或物理量符号。

全表如用同一单位，将单位符号移到表头右上角，加圆括号（见插表示例 2）。

表中数据应正确无误，书写清楚。数字空缺的格内加 字线（占 2 个数字宽度）。表内文字和数字上、下或左、右相同时，不允许用 、 同上 之类的写法，可采用通栏处理方式（见插表示例 2）。

表内文字说明用五号字，起行空一格、转行顶格、不加标点。

插表示例如下：

例 1

表 1-1 合金钢的化学成分与力学性能

材料名称	化学成分（%）				力学性能				
	C	Mn	Cr	其他	抗拉强度 N/mm ²	屈服强度 N/mm ²	弹性模量 N/mm ²	伸长率 %	布氏硬度 HBS

例 2

表 2-44 零件的最小壁厚 (mm)

表 2-44 图	冲裁材料	纸、皮、塑料薄膜、胶木板、软铝	0.8t 但 _{min} 0.5t
		t 0.5 的硅钢板、弹簧钢、锡磷青铜	1.2t

2.13 插图

插图应与文字紧密配合，文图相符，技术内容正确。

2.13.1 制图标准

插图应符合技术制图及相应专业制图的规定。

机械工程图：采用第一角投影法，应符合附录 4 所列有关标准的规定。

电气图：图形符号、文字符号等应符合附录 5 所列有关标准的规定。

流程图：符合国家标准。

对无规定符号的图形应采用该行业的常用画法。

2.13.2 图题及图中说明

每个图均应有图题（由图号和图名组成）。图号按章编排，如第 1 章第一图的图号为 图 1-1 等。图题置于图下。有图注或其他说明时应置于图题之上。图名在图号之后空一格排写。引用图应说明出处，在图题右上角加引用文献编号。图中若有分图时，分图号用 a)、b) 等置于分图之下。插图示例如下：

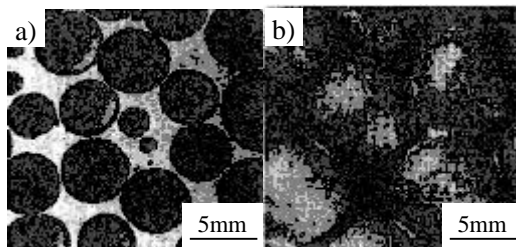


图 1-6 二种主要类型的空心球泡沫^[5]

a) 复合泡沫材料 b) 相互间有连结颈的空心球结构

图中各部分说明应采用中文（引用的外文图除外）或数字项号，各项文字说明置于图题之上（有分图题者，置于分图题之上）。

图题及图中说明均采用五号字。

2.13.3 插图编排

插图之前，文中必须有关于本插图的提示，如 见图 1-1、如 图 1-1 所示、图 1-1 是 等。插图与其图题为一个整体，不得拆开排写于两页。插图处的该页空白不够排写该图整体时，则将其后文字部分提前排写，将图移到次页最前面。

2.13.4 坐标单位

有数字标注的坐标图，除无单位者（如标示值）之外，必须注明坐标单位。

2.13.5 论文中照片图及插图

毕业论文中的照片图均应是原版照片粘贴，不得采用复印方式。照片可为黑白或彩色，应主题突出、层次分明、清晰整洁、反差适中。照片采用光面相纸，不宜用布纹相纸。对金相显微组织照片必须注明放大倍数。

毕业论文中的插图不得采用复印件。对于复杂的引用图，可采用数字化仪输入计算机打印出来的图稿。

2.14 附录

附录的序号采用 附录 1、附录 2 等。

3. 打印要求

3.1 字体

论文正文所用字体要求为宋体。

3.2 字号

第一层次（章）题序和标题用小二号黑体字。

第二层次（节）题序和标题用小三号黑体字。

第三层次（条）题序和标题用四号黑体字。

第四层次（款）题序和标题用小四号黑体字。

第五层次（项）题序和标题用小四号宋体字。

正文用小四号宋体字。

页码用小五号字，在底线下方居中。

论文的中文和英文摘要属二次文献置于目录前，并编入目录，按第一层次（章）的编辑要求处理。致谢、参考文献、附录同样按第一层次（章）的编辑要求处理，另起新页，与正文一起顺序用阿拉伯数字编页。

3.3 页眉与页脚

毕业设计（论文）除封皮及内封外，各页均应加页眉，在版芯上边线隔行加粗细双线（粗线在上，线宽 0.8mm），双线上居中打印页眉文字，奇偶页页眉文字均为 哈尔滨工业大学本科毕业设计（论文）。

页脚设定为各部分的页码。页码在版芯下边线之下隔行居中放置。摘要、目录等文前部分的页码用罗马数字单独编排，正文以后的页码用阿拉伯数字编排。

页眉示例见附录 6。

3.4 摘要及关键词

摘要题头用小二号黑体字居中排写，然后隔行书写摘要的正文部分。摘要的正文之后隔一行书写关键词。

摘要的中、外文示例见附录 7、附录 8。

关键词题头用小四号黑体字顶格书写，然后空一格书写有关关键词，各关键词之间加标点符号；最后一词之后不加标点符号。

3.5 目录

目录中各章题序及标题用小四号黑体，其余用小四号宋体。目录打印实例见附录 9

3.6 正文层次

正文层次的编排应采用表 3-1 的格式。

表 3-1 理工类论文层次代号打印说明

层次名称	示 例	说 明
章	第 1 章	小二号黑体
节	1.1	小三号黑体
条	1.1.1	四号黑体
款	1.1.1.1	小四号黑体
项	(1)	正文用小四号宋体

正文的示例参见附录 10

3.7 公式

公式序号的右侧符号靠右边线顶边排写。

公式较长时最好在等号 = 处转行，如难实现，则可在 +、-、×、÷ 运算符号处转行，转行时运算符号仅书写于转行式前，不重复书写。

公式中第一次出现的物理量应给予注释，注释的转行应与破折号后第一个字对齐，格式见下例：

式中 M_f 试样断裂前的最大扭矩 (N·m)；

φ_f 试样断裂时的单位长度上的相对扭

转角， $\varphi_f = \frac{d}{dl}(\text{rad/mm})$ 。

公式中应注意分数线的长短（主、副分线严格区分），长分线与等号对齐，如

$$x = \frac{2\pi(n_1 + n_3)}{\frac{n_1 + n_2}{n_1 - n_2}}$$

参考文献

- 1 林来兴. 空间控制技术. 宇航出版社, 1992. 25-42
- 2 J. R. McDonnell, D. Wagen. Evolving Recurrent Perceptions for Time-Series Modeling. IEEE Trans. on Neural Networks. 1994, 5(1): 24-38
- 3 X. Yao. Evolutionary Artificial Neural Networks. J. of Neural Systems. 1993, (4): 203-222
- 4 谌颖. 空间最优交会控制理论与方法研究. 哈尔滨工业大学博士论文. 1992. 8-13
- 5 S. Niwa, M. Suzuki and K. Kimura. Electrical Shock Absorber for Docking System in Space. IEEE International Workshop on Intelligent Motion Control, Bogazici University, Istanbul. 1990: 825-830
- 6 吴葳, 洪炳熔. 自由浮游空间机器人捕捉目标的运动规划研究. 中国第五届机器人学术会议论文集. 哈尔滨, 1997. 75-80

中华人民共和国法定计量单位

(GB33100 ~ 3102 - 1993)

我国的法定计量单位（以下简称法定单位）包括：

- （ 1 ）国际单位制的基本单位：见表 2-1；
 - （ 2 ）国际单位制的辅助单位：见表 2-2；
 - （ 3 ）国际单位制中具有专门名称的导出单位：见表 2-3；
 - （ 4 ）国家选定的非国际单位制单位：见表 2-4；
 - （ 5 ）由以上单位构成的组合形式的单位；
 - （ 6 ）由词头和以上单位构成的十进倍数和分数单位 (词头见表 2-5)。
- 法定单位的定义、使用方法等，由国家计量局另行规定。

表 2-1 国际单位制的基本单位

量的名称	单位名称	单位符号
长度	米	m
质量	千克（公斤）	kg
时间	秒	s
电流	安 [培]	A
热力学温度	开 [尔文]	K
物质的量	摩 [尔]	mol
发光强度	坎 [德拉]	cd

表 2-2 国际单位制的辅助单位

量的名称	单位名称	单位符号
平面角	弧度	rad
立体角	球面度	sr

表 2-3 国际单位制中具有专门名称的导出单位

量的名称	单位名称	单位符号	其它表示实例
频率	赫 [兹]	Hz	s^{-1}
力；重力	牛 [顿]	N	$kg \cdot m/s^2$
压力，压强；应力	帕 [斯卡]	Pa	N/m^2
能量；功；热量	焦 [尔]	J	$N \cdot m$
功率；辐射通量	瓦 [特]	W	J/s
电荷量	库 [伦]	C	$A \cdot s$
电位；电压；电动势	伏 [特]	V	W/A
电容	法 [拉]	F	C/V
电阻	欧 [姆]		V/A
电导	西 [门子]	S	A/V
磁通量	韦 [伯]	Wb	$V \cdot s$
磁通量密度；磁感应强度	特 [斯拉]	T	Wb/m^2
电感	亨 [利]	H	Wb/A
摄氏温度	摄氏度		
光通量	流 [明]	lm	cd \cdot sr
光照度	勒 [克斯]	lx	lm/m^2
放射性活度	贝可 [勒尔]	Bq	s^{-1}
吸收剂量	戈 [瑞]	Gy	J/kg
剂量当量	希 [沃特]	Sv	J/kg

表 2-4 国家选定的非国际单位制单位

量的名称	单位名称	单位符号	换算关系和说明
时 间	分 [小 时 天 (日)	min h d	1min=60s 1h=60min=3 600s 1d=24h=86 400s
平面角	角 秒 角 分 度	() () ()	1 = (/648 000)rad (为圆周率) 1 = 60 = (/10 800)rad 1 =60 =(/180) rad
旋转速度	转每分	r/min	1r/min=(1/60)s ⁻¹
长 度	海里	n mile	1n mile=1 852m(只用于航程)
速 度	节	kn	1 kn =1 n mile/h =(1 852/3 600)m/s (只用于航程)
质 量	吨 原子质量单位	t u	1t=10 ³ kg 1u 1.660 565 5 10 ⁻²⁷ kg
体 积	升	L,(l)	1L=1 dm ³ =10 ⁻³ m ³
能	电子伏	eV	1eV 1.602 189 2 10 ⁻¹⁹ J
级 差	分贝	dB	
线密度	特 [克斯]	tex	1 tex=1g/km

表 2-5 用于构成十进倍数和分数单位的词头

所表示的因数	词头名称	词头符号
10^{18}	艾 [呵 萨]	E
10^{15}	拍 [它]	P
10^{12}	太 [拉]	T
10^9	吉 [咖]	G
10^6	兆	M
10^3	千	k
10^2	百	h
10^1	十	da
10^{-1}	分	d
10^{-2}	厘	c
10^{-3}	毫	m
10^{-6}	微	μ
10^{-9}	纳 [诺]	n
10^{-12}	皮 [呵]	p
10^{-15}	飞 [毋 托]	f
10^{-18}	阿 [托]	a

注：

1. 周、月、年（年的符号为 a）为一般常用时间单位。
2. [] 内的字，是在不致混淆的情况下，可以省略的字。
3. () 内的字为前者的同义语。
4. 角度单位度、分、秒的符号不处于数字后时，用括号。
5. 升的符号中，小写字母 l 为备用符号。
6. r 为 转 的符号。
7. 公里为千米的俗称，符号为 km。
8. 10^4 称为万， 10^8 称为亿， 10^{12} 称为万亿，这类数词的使用不受词头名称的影响，但不应与词头混淆。

说明：法定计量单位的使用，可查阅 1984 年国家计量局公布的《中华人民共和国法定计量单位使用方法》。

附录 3 数字用法示例

按《关于出版物上数字用法的规定》(1995年国家语言文字工作委员会等 7 个单位公布),除习惯用中文数字表示的以外,一般数字均用阿拉伯数字。

(1) 公历的世纪、年代、年、月、日和时刻一律用阿拉伯数字,如 20 世纪,80 年代,4 时 3 刻等。年号要用四位数,如 1989 年,不应用 89 年。

(2) 记数与计量(含正负整数、分数、小数、百分比、分数等)一律用阿拉伯数字,如 $3/4$, 4.5%, 10 个月, 500 多种等。

(3) 一个数值的书写形式要照顾到上下文。不是出现在一组表示科学计量和具有统计意义数字中的一位数可以用汉字,如一个人,六条意见。星期几一律用汉字,如星期六。邻近两个数字并列连用,表示概数,应该用汉字数字,数字间不用顿号隔开,如三五天,七八十种,四十五六岁,一千七八百元等。

(4) 数字作为词素构成定型的词、词组、惯用语、缩略语等应当使用汉字。如二倍体、三叶虫,第三世界,七五 规划,相差十万八千里等。

(5) 5 位以上的数字,尾数零多的,可改写为以万、亿为单位的数。一般情况下不得以十、百、千、十万、百万、千万、十亿、百亿、千亿作为单位。如 345 000 000 公里可改写为 3.45 亿公里或 34 500 万公里,但不能写为 3 亿 4 500 万公里或 3 亿 4 千 5 百万公里。

(6) 数字的书写不必每格一个数码,一般每两数码占一格,数字间分节不用分位号,凡 4 位或 4 位以上的数都从个位起每 3 位数空半个数码($1/4$ 汉字)。3 000 000,不写成 3,000,000,小数点后的数从小数点起向右按每三位一组分节。一个用阿拉伯数字书写的多位数不能从数字中间转行。

(7) 数量的增加或减少要注意下列用词的概念: 1) 增加为(或增加到)过去的二倍,即过去为一,现在为二; 2) 增加(或增加了)二倍,即过去为一,现在为三; 3) 超额 80%,即定额 100,现在为 180; 4) 降低到 80%,即过去为 100,现在为 80; 5) 降低(或降低了)80%,即原来为 100,现在为 20; 6) 为原数的 $1/4$,即原数为 4,现在为 1,或原数为 1,现在为 0.25

应特别注意在表达数字减小时,不宜用倍数,而应采用分数。如减少为原来的 $1/2$, $1/3$ 等。

附录 4 有关的技术制图国家标准

GB/T17450 – 1998:《技术制图图线》

GB/T17451 – 1998:《视图》

GB/T17452– 1999:《剖视图和断面图》

GB/T16675– 1996:《技术制图简化表示方法》

附录 5 有关电气图中图形符号、文字符号的国家标准

GB/T4728.1~ 13– 1998.1999.2000:《电气图用图形符号》

GB5465.1~ 2 -1985 :《电气设备用图形符号》

GB7159 - 1987:《电气技术的文字符号制订通则》

GB6988 - 1997:《电气制图》

附录 6 页眉示例

页眉应居中置于页面上部。论文的页码居中置于页面底部。

哈尔滨工业大学本科毕业设计（论文）

- 2 -

摘 要

交会对接技术是发展空间在轨基础设施的关键技术。本文对基于计算机视觉的空间飞行器自动对接系统进行了详细的研究。

首先，讨论了许多常规姿态表示方法，并指出姿态表示的复杂性。然后给出李代数法姿态表示和可能的定义。在各种姿态表示下，给出了空间飞行器姿态运动学和动力学方程。为后面建立对接系统数学模型打下了基础

关键词 交会对接；计算机视觉；非线性最小二乘；非线性观测器

关键词 3~ 5个 (英文摘要的关键词通常应用小写)

空一格

小 4号黑体

附录 8 外文摘要示例

Abstract

Rendezvous and docking are two of the key techniques to develop an inorbit space infrastructure. In this thesis, an automatic spacecraft docking system based on computer vision is studied in detail.

First, a number of conventional methods for attitude representation are discussed and their complexity in dealing with the problem of attitude representation are

Key words rendezvous and docking computer vision nonlinear least squares nonlinear observer
nonlinear controller

目 录

摘要

Abstract

第 1 章 绪论 1

1 .1 课题背景 1

1 .2 交会对接技术发展概况 2

1 .2 .1 美国空间交会对接发展概况 3

1 .2 .2 俄罗斯空间交会对接发展概况 3

1 .2 .3 俄罗斯、美国联合飞行 4

1 .2 .4 欧空局空间交会对接发展概况 5

1 .2 .5 我国的空间交会对接发展概况 5

1 .3 相关工作 5

1 .3 .1 姿态表示和空间飞行器和运动方程 5

1 .3 .2 对接制导 6

1 .4 本文主要研究内容 8

第 2 章 空间飞行器姿态表示和运动方程 10

2 .1 引言 10

2 .2 标准正交旋转矩阵姿态表示 10

结论 52

致谢 53

参考文献 54

附录 1 56

附录 2 58

第 1 章 绪论

1.1 课题背景

空间科学技术的发展是异常迅速的，每个时期都可以找到一个具有典型代表性的技术成就。通常可以作这样一个概括：50年代为卫星上天时代；60年代为载人飞船（阿波罗）时代；70年代为星际控测时代；80年代为航天飞机时代；90年代为空间站时代。永久性载人空间站是本世纪最复杂、最巨大的航天工程，也可以说是当今空间技术进展的一个重要里程碑^[1]。

1.2 交会对接技术发展概况

自从六十年代美、俄罗斯分别在空间轨道上实现了两个飞行器交会对接，至今二十多年来（即美、俄罗斯）已经在轨道上至少成功地进行了 160多次交会对接，其中俄罗斯占 120多次。俄罗斯在交会对接技术方面居世界领先地位^[9]。下面概述美国、俄罗斯和欧空局和我国空间交会对接技术发展状况。

1.2.1 美国空间交会对接发展概况

1957年俄罗斯发射了第一颗人造地球卫星^[10]，迫使美国迅速作出反应在太空与之竞争。