

# 基于图像的小目标检测研究与实现 (中文题名不超过 20 字, 英文题名不超过

10 个实词)

XX<sup>1,\*</sup>

1. 北京航空航天大学 自动化科学与电气工程学院, 北京 100191 (投稿时请将作者姓名和单位删掉)

**摘 要:** 红外小目标检测技术在军用、民用领域, 都有着十分广泛的应用场景。尽管在技术上取得了长足的进步, 但仍充满挑战。为了解决传统方法易产生“高虚警”的问题, 构建一个高效可行、适用范围广泛、强鲁棒性的小目标检测系统, 需要从小目标特征提取、细粒度分类方面进行考虑, 本文主要贡献体现在如下几个方面: 1) 红外目标检测方面, 不同于传统方法, 本文主要利用深度学习的方法开展对红外小目标检测的研究, 涉及到的方法有 Faster R-CNN, SSD, Yolo 等。2) 小目标特征提取方面, 融合 FPN 与 Faster + FPN, 并创新性用于红外数据集, 利用网络浅层高分辨率的特点, 增强对小目标特征的提取。在红外飞机数据集上, 测试了 Faster R-CNN+FPN 在简单背景和复杂噪声背景下的检测性能, 在对比实验中取得了最高的检测精度, 相比未加入 FPN 前的结果有显著提升。

**关键词:** 红外图像; 弱小目标; 目标检测; 细粒度图像分类; 注意力机制

**中图分类号:** (请自行查找, 至少一个 V 字开头的) **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-6893 (2022) XX-XXXXXX-XX

《航空学报》严格执行科技出版的有关国家标准, 如果作者返回的修改稿撰写不符合规范, 特别是信息提供不完整, 编辑部将联系作者要求答复、补正, 这样常常费时费工也拖延文章出版。本文档简要介绍有关编辑出版规范和写作常识, 请作者仔细阅读, 认真执行, 不明白的, 欢迎来信来电咨询。您可以直接在本文档的基础上撰写稿件, 使您撰写的文稿符合《航空学报》格式要求。如果您已经写好了文章想套用本文格式, 首先请将本文档另存为模板文件; 然后打开您自己的文章, 选“具”-“模板和加载项”加载此模板, 然后就可以对文章的各段内容使用相应的样式(在

工具栏上字体栏左侧, 带 hkxb 字样的)。具体字号、行距等见附录 B。

## 1 引言的说明

《航空学报》一般不在篇首编排符号表, 符号请在正文中首次出现时说明。引言不编排节号。引言应说明课题的背景, 引述该领域的国内外同行已经取得的进展, 以说明本文的选题意义和创新点所在<sup>[1-2]</sup>。内容不应与摘要和结论雷同。最好不要插图列表<sup>[3]</sup>。在论述本文的研究意义时, 应注意分寸, 切忌使用“有很高学术价值”、“填补了国内外空白”、“首次发现”等不适之词; 同时也

注意不要使用客套话,如“才疏学浅”、“水平有限”、“恳求指教”之类的语言<sup>[4-6]</sup>。

## 2 题目、作者和单位

题目应简洁、准确,能恰如其分地概括研究的范围和深度,避免使用希腊字母和上下标。英文题名中第一个单词首字母大写,其余小写(专有名词首字母大写)<sup>[7]</sup>。

作者署名及署名排序应协商一致。姓名的英译采用汉语拼音,姓前名后,姓全大写,名首字母大写。如:ZHANG Ying (张颖),WANG Xilian (王锡联),ZHUGE Hua (诸葛华)。

通讯作者一般为导师或课题负责人。

单位应为论文首次投稿时的作者所在单位。单位的著录一般应到系一级,单位应著录全称,单位名称的英译应统一正确<sup>[8]</sup>。

## 3 正文

### 3.1 量、单位、公式

#### 3.1.1 公式编排

《北京航空航天大学学报》一般不编排单独的符号表,对于公式中的变量含义需要说明的,请在公式后的段落中,采用“式中:  $A$  为某某;  $B$  为某某; ……”的方式加以说明。

$$p_1(h) = \frac{n_{\text{He}}RT}{V} - \rho_{\text{He}}gh \quad (1)$$

式中:  $n_{\text{He}}$  和  $\rho_{\text{He}}$  分别为艇囊内部氦气的物质的量和氦气在温度  $T$  时的平均密度;  $V=36\,893.426\,\text{m}^3$  为艇囊体积;  $T=216.65\,\text{K}$  为艇囊内稳态温度;  $h$  为距离艇囊中心轴线 ( $x$  轴) 的垂直高度. 请使用 **Mathtype** 编辑。公式中字体的定义尺寸为 10 磅,上标/下标 68%,次下标/上标 42%,符号 150%,次符号 100%(设置方法: **Mathtype**-尺寸-定义)。长公式如需转行,应在记号  $=$ ,  $+$ ,  $-$  等之后断开,而在下一行开头不再重复这一记号。

#### 3.1.2 量和单位

有关记号的使用应符合国家标准,例如:  $\sin^{-1}$  应为  $\arcsin$ ,  $\text{ctg}$  应为  $\cot$ ,  $\text{tg}$  应为  $\tan$ , 不要使用非国家法定单位,如  $\text{ppm}$  等表示法已要求停止使用 ( $\text{rpm}$  应写为  $\text{r/min}$ ); 除  $Re$ ,  $Ma$  (其中  $e$ ,  $a$  不是下标) 等几个特征数外,变量应使用单个字母表

示,可以带上标和下标(否则由多个字母表示单个变量,易被误解为多个变量相乘)。

#### 3.1.3 字体

矩阵、向量请用粗斜体表示,变量用一般斜体表示;下标字母若为说明性的(如英文缩写)则用正体表示,若为量和变动性数字及坐标轴的符号则用一般斜体表示(设置方法: **Mathtype**-样式-定义-高级)。

所有文中出现的符号请另附文档说明其是变量、向量等,并说明各变量上下标的含义,以便编辑确定它们应采用的排版字体(变量符号说明表)。

请作者对易于混淆的字母和数字,如数字 0 和字母 o,英文 a 和希腊字母  $\alpha$ , O,P,S,C 等的大小写,批注“英大”(代表英文大写)、“数字 0”、“希小”(代表希腊字母小写)等。

### 3.2 图、表

图、表需给出中英文图题、表题(子图也需给出图题),但图表中图例、线型说明等一律用中文。图表一般不超过 7.7 cm 宽。金相图和计算机云图,其中的比例尺等字编辑过程中都不再重贴,按照照片处理,如有这两类图请保证美观清晰,字体用 **times new roman**。

#### 3.2.1 图片

对于函数曲线图,采用全框图,并注意检查以下各项:

- 1) 横纵坐标的标目(即变量名),尽量使用国标变量符号,变量名要在正文中交待,且与正文中符号一致;若正文中无,也可使用中文名称。
- 2) 坐标轴标目的量纲,对于无量纲化或无单位的,请注明“无单位”。
- 3) 坐标轴上的刻度线朝内,刻度值完整(坐标轴始末点均应有完整刻度值)。
- 4) 不同线型或图符是否有说明。
- 5) 是否矢量图格式,从软件中输出或拷贝矢量图格式直接插入文档中,避免用拷屏办法插图图片,否则后期无法编辑。
- 6) 类似图片尺寸尽量相同。

《北航学报》自 2014 年起可提供彩版印刷,如有彩印需求请作者在“出版工作单”中注明。若不需彩印,请作者作图时注意用可区分的线形或

符号区分不同曲线，以保证黑白图清晰可分辨。

图中文字均用中文或变量名称表示！

图片样例见图 1和图 2（目前是位图格式，不能编辑，作者应提供可编辑的矢量图）。增加一个跨栏大图，矢量图 3，貌似跨栏的图片只能在页面顶部。跨栏表格类似，跨栏公式没用过，应该也不难实现。

### 3.2.2 表格

请使用三线表。选中表格，点右键打开“边框和底纹”，可对表格的边框等格式进行编辑，三线表的一般格式见表 1。

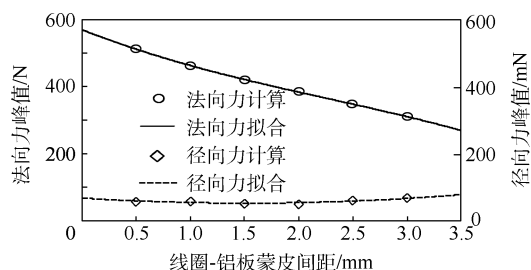
表 1 传输线积冰条件

Table 1 Icing conditions of transmission line

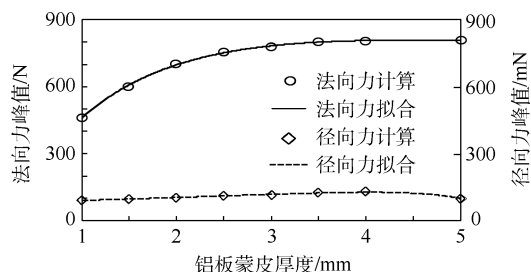
编号	直径/m	静温/K	时间/min
4	0.0349	268.15	30
5	0.01905	268.15	30

### 3.2.3 计算、实验

文章以数值计算为主要内容的，应给出所求解的方程、重要的计算参数、初始或边界条件、难点问题的处理等，应对方法的适用性和计算精度



(a) 法向、径向电磁力峰值随线圈-铝板蒙皮间距变化曲线



(b) 法向、径向电磁力峰值随铝板蒙皮厚度变化曲线

图 1 电磁力峰值随线圈-铝板蒙皮间距和铝板蒙皮厚度变化曲线

Fig. 1 Curves of electromagnetic force peak changing with coil-aluminum-plate gap and thickness of aluminum plate

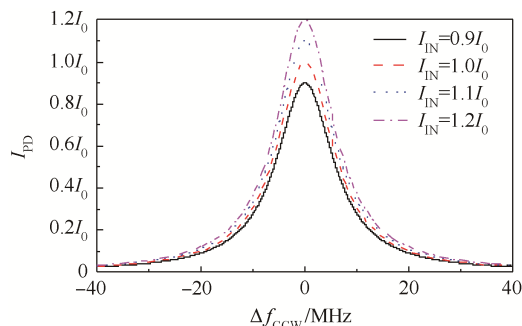


图 2 谐振腔输入光强波动对谐振曲线的影响

Fig. 2 Fluctuation influence of the resonator's input intensity on resonance curve

估计有所说明；文章以实验为主要内容的，应说明实验设备、实验条件，对实验误差的估计等。便于同行重复再现所报道的内容，由于保密原因不便公开某些内容的，应向责任编辑说明。

## 4 参考文献

- 1) 引用文献应遵循“最新、关键、必要和亲自阅读过”的原则；
- 2) 参考文献应是公开出版物；
- 3) 应在正文中顺次引述（按在正文中被提及的先后来排列各篇参考文献的序号，所有参考文献均应在正文中提及），上标引用<sup>[5]</sup>，应该也可以文献 [3] 怎么怎么；
- 4) 文献条数 15 条以上，且有适量近两年文献；
- 5) 参考文献中作者为 3 人或少于 3 人应全部列出，3 人以上只列出前 3 人，后加“等”或“et al”；
- 6) 参考文献中外国人名书写时一律姓前，名后，姓用全称大写，名缩写为首字母 (大写)，不加缩写点；
- 7) 为便于国际交流，对外文文献按外文著录；对于中文文献首先按中文著录，同时提供英文对照，并在其后注“(in Chinese)” 注意对中文期刊刊名应使用其标准译法（通常在文章首页页眉可以找到）。

具体样例详见文后参考文献部分。

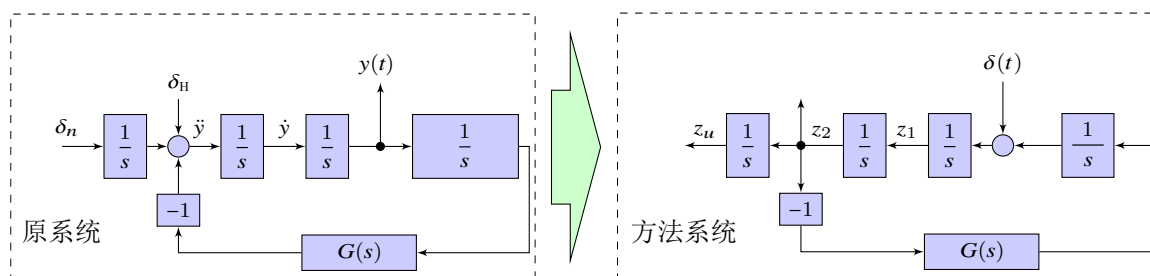


图 3 跨栏大图  
Fig. 3 figure big

表 2 文献类型和标志代码

Table 2 Reference type and identification code

参考文献	文献类型	参考文献	文献类型
类型	标识	类型	标识
专著	M	学位论文	D
会议录	C	报告	R
期刊	J	标准	S
报纸	N	专利	P
汇编	G	档案	A
计算机程序	CP	电子公告	EB
数据库	DB	美图	CM
数据集	DS	其他	Z

表 3 电子文献载体和标志代码

Table 3 Electronic literature and identification code

## 5 其他有关事项说明

1) 文章应着重撰写创新性、关键性内容，并以一般专业人员看得懂为原则

2) 返回时间：修改稿一般应在 10 天内返回，或以责任编辑的要求为准。如作者不能按时返回，请向责任编辑说明情况

3) 返回文件（请从系统上传）：

① 论文电子版（修改部分用不同颜色标识）  
② 论文修改说明（写明对专家及编辑部所提意见如何修改）

③ 变量符号说明表（模板见下载园地）

④ 稿件出版工作单（word 版，模板见下载园地）；“稿件出版工作单”中有关事项请认真填写，联系电话最好有手机。后期编辑及发行过程中，会根据作者填写的信息与作者联系解决稿件

问题，联系方式及寄刊地址有变更的，请及时通知责任编辑

稿件修改期间请对修改稿仔细审读、精加工，一经排版，一般不允许做大的改动

4) 出版过程：责任编辑在编辑修改稿过程中常有疑问请作者答复补正，请作者配合及时答复；稿件修改符合要求后，责任编辑将根据文章页码经电子信箱发送缴纳版面费通知单，作者应根据通知单要求及时缴纳版面费；编辑部有权对文章进行文字性修改，使之符合出版体例、规范要求和篇幅限制；责任编辑在编完稿件后，将其转至总编辑处，按来稿先后顺次发表；文章出版后，免费向作者提供样刊和抽印本，每篇文章 1 本样刊及 5 本抽印本，如作者需要可另购样刊，刊款可随版面费一并缴纳

5) 提前发表：本刊一般发表周期为 1 年，作者若有特殊情况确实需要提前发表的，请提前向学术编辑联系及说明情况，编辑部可根据实际情况适当安排

## 6 结 论

分点总结，列出具体的结论，其他背景、方法都不必赘述。不与摘要和前言重复。具体样例如下：

1) 算法可实现较为优异的检索性能，例如返回 10 张结果条件下算法检索正确率 83.15%，召回率 8.42%，在 60 张下正确率 39.33%，召回率 24.61%。

2) 算法提出单张图片的引入不会造成原图片库的特征向量集和主题概率分配发生严重畸变的两个假设在一定范围（待检索图片与原图库特征类似）内是成立的。

3) 算法的预备工作使检索范围由原先整个库缩小至某个子类中, 虽使召回率有所损失, 但检索时间得到较大的缩短。

4) 可预估对于特征较接近的图片库, 比如人脸库, 图片预备工作会产生较大的分类误差, 且可能进一步影响检索性能。

为使本文提出的算法能处理各种类型的图片, 仍需要优化预备工作和检索实现过程的各项参数。

## 7 模板中一些问题

1) 所有间距都是手动设置, 可能与 word 模板有些差别。包括正文行间距、各级节标题前后行间距、文本字与字间距、页面设置 (页边距)、双栏间距、公式前后间距、图表 (标题) 前后间距、页眉页脚间距等等。当公式、图表、标题位置不合适时, 某些段落、页面留白比较大, 好像默认的是章节标题与下段在同一页面。

2) 字体设置: 正文中文、英文均是五号字 (10.5pt), 而公式中设置为 10pt, 所以公式中数字会小于普通文本数字, 如  $x = 5$  和 5; 注意公式中数字与文本数字字体差异。带单位的量采用 siunitx 生成的话也有这个问题, 如速度为 5 m/s 和 5 m/s。公式中上下标看起来与 word 版稍有差别; 公式中  $g$  与 word 版  $g$  也不同, 默认公式字体可能并不是 times new roman, 本模板里未设置。文本中的字体还好说, 公式中数字、符号等字体比较麻烦, 我也是没完全搞明白, 都是使用默认的; word 模板里只说是 times new roman, 但是不知道 word 或 mathtype 怎么实现的, 好多数学符号字体应该不是 times new roman 吧。反正用着方便就好, 不知道杂志社会不会统一编辑。还有字符间距, 特别是英文摘要, 感觉字符间距比 word 生成的 pdf 要宽。首页里引用格式貌似是宋体加粗加斜体, latex 怎么实现还不知道, 我用的是黑体加斜体, 宋体也有很多字库版本, 少有差异。

中文提名使用 textbf 来加粗, 在 win7 系统里自动变为黑体; 在 Fedora 28 下就是宋体加粗; 所以标题强制使用宋体字体。linux 还需要配置下字体文件, 因为常见的字体都是 windows 的, 可能需要不厚道地拷贝一下。

3) 双栏设置, 采用的是 article 模板 twocolumn

选项; multicolumn 对浮动图表支持要差一些; twocolumn 也有些问题, 比如首页跨两栏的脚注, 没找到更好的办法, 这里使用了 \enlargethispage{} 预留出脚注位置, 然后用 tikz 手动调 node 的位置。还有跨两栏的图表灵活性稍差, {figure\*}。

4) 图表中英文题注, 使用 ccaption 得到。公式中向量矩阵粗斜体可以使用 \bm 得到。

5) 参考文献, 为了自动排序, 引用方便, 使用 BibTex, 但是参考文献格式不属于标准的, 所以所有参考文献只使用 misc 这个 entry, 而且只用到 misc 中 note 这一个 field, 也就是把整条参考文献都放到 note 里了。工作量与 word 差不多, 但是引用、增删排序更方便些。

6) 变量符号说明表, 里面加了一列符号所在位置, 需要用到本文件生成的辅助文件, 里面有可以引用的 label 信息。这里还是直接用的 JBUA 模板里的, 可能 label 没有对应。变量符号说明表还是对照 word 来弄吧。

7) 本模板正文里关于排版、出版时间等内容都是用北航学报模板里的, 包括图片、表格等。其他细节还是参考《航空学报 word 模板》来改吧。

## 致 谢

感谢某某……注意: 首页注明基金项目后, 文末不必再致谢。

## 参 考 文 献 (20 条以上)

- [1] ZARCHAN P. Tactical and strategic missile guidance[M]. 6th ed. Reston: AIAA, 2012: 35-105.
- [2] NESLINE F W, ZARCHAN P. A new look at classical vs modern homing missile guidance[J]. Journal of Guidance Control and Dynamics, 1981, 4(1): 78-85.
- [3] HE T L, CHEN W C. A new interpretation of adjoint method in linear time-varying system analysis[C]. IEEE International Conference on CIS & RAM. Ningbo, China: IEEE, 2017: 58-63.
- [4] 李俊宏, 张萍, 王晓玮, 黄世泽. 红外弱小目标检测算法综述 [J]. 中国图象图形学报, 2020, 25(09): 1739-1753.
- [5] 刘华凯. 复杂云层背景下的空中红外小目标检测算法研究 [D]. 北京: 北京工业大学, 2019. LIU Hua-kai. Research on detection algorithm of aerial infrared small target under complex cloud background [D]. Beijing: Beijing University of Technology, 2019.
- [6] Qi H, Mo B, Liu F, et al. Small infrared target detection utilizing local region similarity difference map [J]. Infrared Physics & Tech-

nology,2015,71: 131-139.

- [7] Bai X, Zhou F. Analysis of new top-hat transformation and the application for infrared dim small target detection[J]. Pattern Recognition,2010,43( 6) : 2145-2156.
- [8] Han J H, Ma Y, Zhou B, et al. A robust infrared small target detection algorithm based on human visual system[J]. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, 2014, 11(12): 2168-2172.

#### 附录 A:

若确有特殊需要设附录的, 附录部分置于作者简介后, 标题为“附录 A:”、“附录 B:” .....。公式用大写字母和数字顺序编号, 例如“(A1)”, “(A2)”。

# Research and Implementation of Small Object Detection Based on Image

LI Ran

*1. School of Automation Science and Electrical Engineering, Beihang University, Beijing 100191, China*

**Abstract:** Infrared small object detection technology in the military, civilian fields, have a very wide range of applications. Despite the great technological progress made, it is still challenging. In order to solve the problem that traditional methods are prone to "high false alarm" and to build a small object detection system with high efficiency and feasibility, wide scope of application and strong robustness, it is necessary to consider the aspects of small object characteristic extraction and fine-grained classification. The contributions of this paper as follows. 1) Infrared object detection, unlike traditional methods, this paper research the infrared small object detection by using the method of DL, involving methods such as Faster R-CNN, SSD, Yolo, etc. 2) In terms of small object feature extraction, fusion FFN and Faster and FPN are used innovatively for infrared data sets, and the extraction of small object features is enhanced by utilizing the characteristics of the network's shallow high resolution. On the infrared aircraft data set, the detection performance of Faster R-CNN-FPN in simple background and complex noise background was tested, and the highest detection accuracy was obtained in the comparison experiment, which was significantly improved compared to the results before the FPN was not added.

**Keywords:** Infrared image; small object; object detection; fine-grained image classification; attention mechanism

---

Received: 2022-xx-xx; Revised: 2022-xx-xx; Accepted: 2022-xx-xx;

URL: <http://hkxb.buaa.edu.cn/CN/html/2022XXXX.html>

Foundation item: National Natural Science Foundation of China (\*\*\*\*\*); China Postdoctoral Science Foundation(87654321)

(注: 基金项目英文名称查询 “基金项目的中英文名称”)

\*Corresponding author. E-mail: rnlee1998@buaa.edu.cn