



期刊社  
PERIODICAL PRESS

# 科技论文写作

期刊社 副社长  
《长沙理工大学学报（自科版）》执行主编

赵冰 博士



- 赵冰，男，汉族，中共党员，湖南涟源人，博士、特聘教授、硕士生**导师**、中国力学学会理事。
- 现任长沙理工大学期刊社副社长，兼《长沙理工大学学报（自然科学版）》**执行主编**。
- 主持或参与完成国家自然科学基金等项目20余项。在*Composite Structure*、*Applied Mathematics and Mechanics*、*Mechanics Research communications*等国内外学术期刊上**发表论文**50余篇，其中SCI论文10余篇。
- 担任*Applied Mathematical Modelling*、*Mathematics and Mechanics of Solids*、*Mechanics Research communications*等国内外期刊**审稿人**。

# 目录

## CONTENT



PART 1

**科技论文的定义、特点和种类**



PART 2

**科技论文各部分的写法及注意事项**



PART 3

课间讨论1



PART 4

**科技论文的规范表达**



PART 5

**投稿、发表和学术道德**



PART 6

课间讨论2

# 01

## 科技论文的定义、特点和种类

- 定义
- 特点
- 种类
- 重要性



## 1.1 科技论文的定义

UDC 001.81  
A 14

**GB**

中华人民共和国国家标准

GB 7713-87

---


科学技术报告、学位论文  
和学术论文的编写格式

Presentation of scientific and technical reports,  
dissertations and scientific papers

1987-05-05发布 1988-01-01实施

国家标准局 发布

**国标GB7713-87**



- 学术论文是某一学术课题在实验性、理论性或观测性上具有新的科学研究成果或创新见解和知识的科学记录；

- 或是某种已知原理应用于实际中取得新进展的科学总结，用以提供学术会议上宣读、交流或讨论；或在学术刊物上发表；或作其他用途的书面文件。

- 科技论文是报道自然科学研究或技术开发工作成果的论说文章。

从国情出发

从中国实践中来

到中国实践中去

把论文写在祖国大地上

——2020年8月24日，在经济社会领域专家座谈会上的讲话

人民网  
中国共产新闻网  
WWW.CNNEWS.COM




## 1.2 科技论文的特点

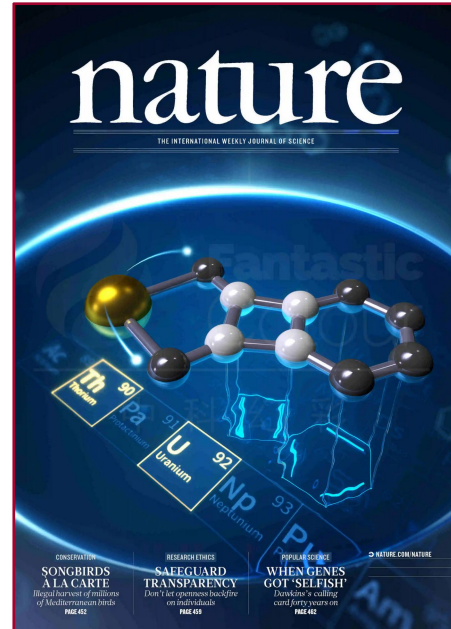
### 一、创新性：

要有所发现、有所发明、有所创造，要有独到之处；不能简单模仿前人的工作。

#### 创新的4个层次：

- 
- (1) 新理论、新模型、新方法
  - (2) 新实验与新现象
  - (3) 现有理论、模型与方法的重要改进
  - (4) 现有理论与方法，求解一个新问题

用现有理论与方法，分析一个实际工程问题？



*Nature* 认为，创新是科研成果新颖，引人注目（**出入意料或令人吃惊**），而且该项研究看来在该领域之外具有**广泛的意义**，无论是报道一项突出的发现，还是某一重要问题的实质性进展的**第一手报告**，均应使其他领域的科学家感兴趣。



## 1.2 科技论文的特点

### 二、学术性

在符合学科本身要求的边界范围内、以该学科特定的概念或范畴，来解说问题以阐述自己的思想。

① 对实验、观察或用其他方式所得到的结果，要从一定的理论高度进行分析和总结，形成一定的科学见解，包括提出并解决一些有科学价值的问题；

② 对自己提出的科学见解或问题，要用事实和理论进行符合逻辑的论证与分析或说明，总之要将实践上升为理论。



知乎 @英国雷丁大学学姐

再来看看创新的5个层次：

- (1) 新理论、新模型、新方法
- (2) 新实验与新现象
- (3) 现有理论、模型与方法的重要改进
- (4) 现有理论与方法，求解一个新问题
- (5) 现有理论与方法，分析一个工程实际问题



## 1.2 科技论文的特点

科学性是指稿件的内容是否**符合客观实际**，是否反映出事物的本质和内在规律。

具体说来, 包括：

- ① 概念、定义、论点是否正确；
- ② 论据是否必要且充分；
- ③ 论证是否严密；
- ④ 推理是否符合逻辑；
- ⑤ 实验材料、实验数据、实验结果是否可靠；
- ⑥ 结论是否客观等。

怎样看待**违背传统观念与常识**的新问题？

传统和常识并不一定是科学的，需要随着科学的发展而更新。

因此，研究者要敢于怀疑和批判，敢于运用已证明的科学原理对这些问题提出质疑。



- 直播 -

直播时间: 4月24日(周五) 13:30

6位院士携手 20多位医学专家共话中医药  
在新冠防治中的作用与中医药未来

强势阵容共话

中药战疫

会议主持人: 陈凯先 中国科学院院士

发言嘉宾:

张伯礼	中国工程院院士
黄璐琦	中国工程院院士
仝小林	中国科学院院士
蒋华良	中国科学院院士
陈忠	浙江中医药大学校长
胡刚	南京中医药大学校长
徐建光	上海中医药大学校长
史锁芳	南京中医药大学教授
温成平	浙江中医药大学副校长
张文宏	复旦大学华山医院感染科主任
王伟	华中科技大学常务副校长
陈赛娟	中国工程院院士





## 1.2 科技论文的特点

### 三、规范性

撰写科技论文是为了交流、传播、储存新的科技信息，让他人利用，因此，**科技论文必须按一定格式写作，必须具有良好的可读性。**

#### (1) 文字表达：

要求语言准确、简明、通顺，条理清楚，层次分明，论述严谨。

#### (2) 技术表达：

包括**名词术语**、**数字**、**符号**的使用，

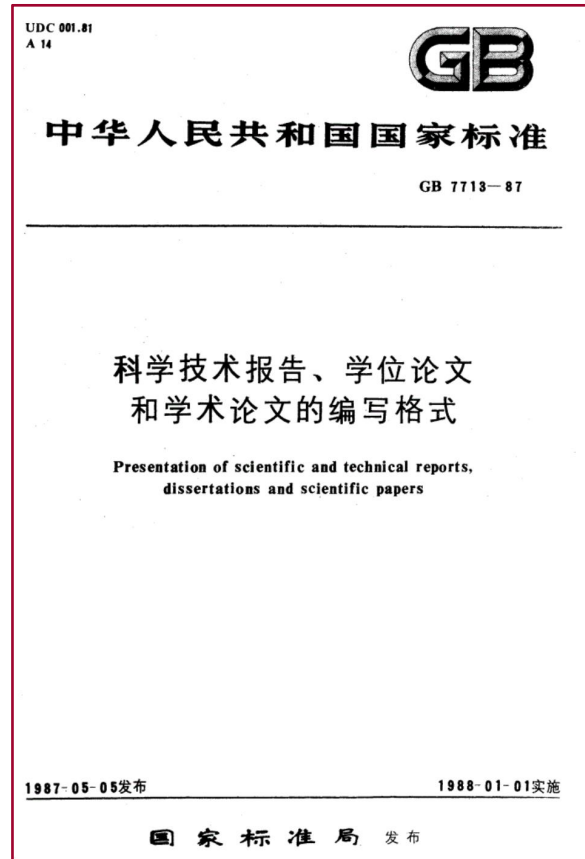
**图、表**的设计，

**计量单位**的使用，

**文献的著录**等

都应符合规范化要求。

### 国标GB7713-87：



一篇科技论文失去了规范性和可读性，将严重降低它的价值，有时甚至会使人怀疑它报道的研究成果是否可靠。



## 1.2 科技论文的特点

**清楚、易懂是一篇论文必须具备的基本条件。**

**来稿应写得清楚、简练，以便让其他领域的读者也能够读懂。**

- ① **每本学术期刊都有一个共同的体例要求，读者对应认真对照去撰写。**
- ② **首次出现的变量要加以说明；**
- ③ **图、表具有自明性；**
- ④ **专业术语应作简明解释；**



《长沙理工大学学报（自然科学版）》



长沙理工大学学报  
自然科学版

--请选择--

搜索

[网站首页](#) [期刊简介](#) [编委会](#) [投稿模板](#) [下载中心](#) [联系我们](#) [期刊社首页](#) [学校主页](#)

投稿模板

分享: 0

模板:  《长沙理工大学学报（自然科学版）》投稿模版  
(未按投稿模板撰写的稿件，可能会被拒稿，见谅。)

**最新投稿模板**



## 1.3 科技论文的种类和要求



# 科技论文

01

**学术性论文**：指研究人员提供给学术性期刊发表或向学术会议提交的论文。它以报道学术研究成果为主要内容：新观点、新方法、新数据、新结论。

02

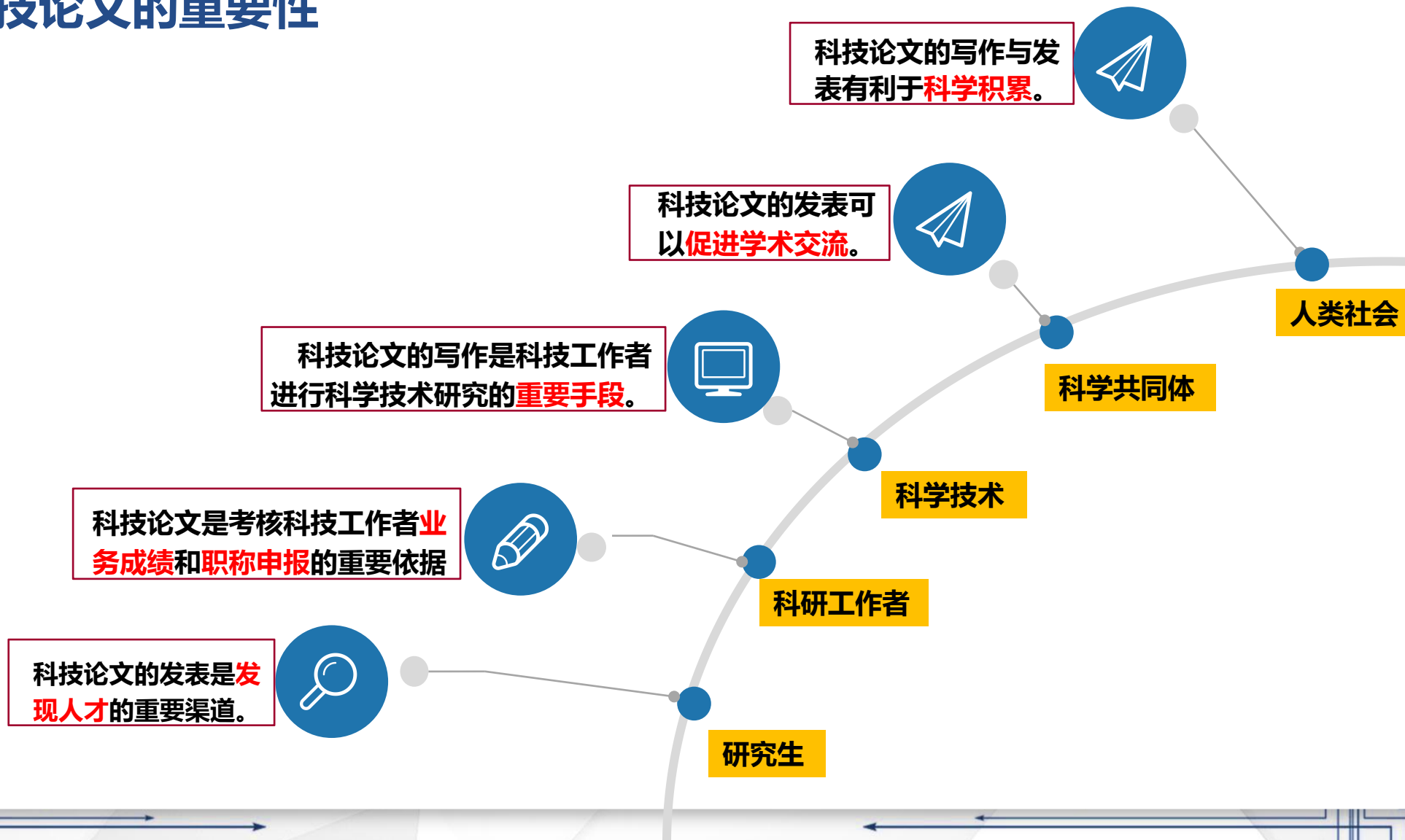
**技术性论文**：指工程技术人员提供为报道工程技术研究成果而提交的论文。它主要是应用已有理论来解决设计、技术、工艺、设备、材料等方面具体技术问题而取得的。

03

**学位论文**：学位申请者提交的论文。学士论文、硕士论文、博士论文，博士后出站报告。



## 1.4 科技论文的重要性



# 02

## 科技论文各部分的写法及注意事项

- 论文的结构
- 关键词
- 结论
- 标题
- 引言
- 参考文献
- 摘要
- 正文



## 2.1 论文的结构

标题 Title

摘要 Abstract

关键词 Keywords

引言 (绪论) Introduction

材料和方法  
Materials and Methods

结果 Results

讨论 Discussion

结论 Conclusions

参考文献 References

正文

# 基于 APCS-MLR 模型的西洞庭湖 沉积物重金属来源解析

李忠武<sup>1,2</sup>, 王磊<sup>1</sup>, 冉凤维<sup>1</sup>, 聂小东<sup>1</sup>, 王诗兰<sup>1</sup>, 肖林辉<sup>1</sup>, 金昌盛<sup>2</sup>, 陈佳<sup>2</sup>

(1. 湖南师范大学 地理科学学院, 湖南 长沙 410081; 2. 湖南大学 环境科学与工程学院, 湖南 长沙 410082)



## 0 引言

### 1 材料和方法

- 1.1 研究区概况
- 1.2 样品的布设和采集
- 1.3 样品的处理和分析
- 1.4 分析方法

### 2. 结果和讨论

- 2.1 沉积速率和沉积年代的确定
- 2.2 沉积物重金属的含量及其分布特征
- 2.3 沉积物重金属来源解析

### 3. 结论

### 参考文献



# 2.1 论文的结构

## 《长沙理工大学学报（自科版）》投稿模板

第 19 卷第 2 期  
2022 年 6 月

长沙理工大学学报(自然科学版)  
Journal of Changsha University of Science & Technology (Natural Science)

Vol.19 No.2  
Mar. 2022

DOI:10.19951/j.cnki.1672-9331.2022.xx.xxx  
文章编号: 1672-9331 (2022) 02-xxxx-xx

引用格式: 张三,李四,王五. 等. 论文题目不超过 20 个汉字——每两个英文字母为一个汉字[J]. 长沙理工大学学报(自然科学版),2022,19(2):xxxx.

Citation: ZHANG SanLI,LI Si,WANG Wu,et al.The thesis topic should contain no more than 20 Chinese characters,one Chinese character for every two English letters [J]. Journal Changsha University of Science & Technology (Natural Science),2022,19(2):xx-xx.

### 论文标题不超过 20 个汉字

#### ——每两个英文字母为一个汉字

张三<sup>1</sup>, 李四<sup>1</sup>, 王五<sup>2</sup>, 赵六<sup>2</sup>

(1.长沙理工大学 交通运输工程学院, 湖南 长沙 410114; 2.宜春市公路管理局, 江西 宜春 337000)

**摘要:** 【目的】摘要应包括 4 个要素, 即研究目的、方法、结果和结论, 以 300 字左右为宜。【方法】此部分简述研究的原理、条件、程序、手段等。不宜有大量关于研究背景的描述, 应避免出现主观性极强的描述; 不得简单重复题名、引言、结论中已有的信息; 缩略语、略称、代号在首次出现时必须加以说明, 格式为: 中文全称(英文全称(全部大写)), 英文缩写(全部大写); 不用非公知通用的符号和术语, 不能用引文; 不用图、表、公式、化学结构。【结果】陈述研究后的新发现、新成果及价值, 包括调研、实验、计算、观察取得的数据和结果。结果是“在一定阶段事物发展的最后状态”, 是结论的前提和基础。【结论】结论是“从前提推论出来的判断”, 是由事实和逻辑推理证明的, 是结果的归宿和发展, 不能用结果代替结论。

**关键词:** 4-6 个关键词; 从题目、摘要或主题内容中抽取, 不选择流量太低的关键词, 关键词是名词, 不使用缩写词, 第一关键词与中图分类号对应。

中图分类号: <http://zqflh.xhama.com/> (请按此网站分类查询) 文献标志码: A

### 0 引言

主要介绍论文的背景、相关领域的前人研究历史与现状, 以及作者的意图与依据, 包括论文追求的目标、研究范围和理论依据、技术设计等; 不应详述教科书上能找到的基本理论、试验方法和基本方程的推导; 第一次在正文中出现的缩写词, 应采用统一的格式为: 中文全称(英文全称(全部大写)), 英文缩写(全部大写), 在此之后, 可以直接在文中使用缩写词。

引言切忌与摘要、结论重复; 不能出现图、表以及公式; 文字描述要客观, 不能出现“首次”、“第一”等主观性强的词, 引言不能过长。

### 1 材料与试验方法

简要说明试验所依据的基本原理, 试验方案、

收稿日期: 2021-08-17; 修回日期: 2021-09-17; 接受日期: 2021-10-17  
基金项目: 长沙市科技计划项目(ccq2000XXXX); 江西省交通运输厅科技项目(2020HXXXXX)  
通信作者: 姓名(出生年-)(ORCID: xxxxx-xxxxx-xxxxx), 性别, 职称, 主要从事 XXXX 方面的研究。E-mail: XXXX@SSS.COM

投稿网址: <http://csjgdxzbk.csust.edu.cn/csldgdxzbk/home>

第 19 卷第 2 期 张三, 等: 论文标题不超过 20 个汉字

文中所用技术名词前后应一致, 新名词应注明原文或加注释。计量单位的名称、符号一律按《中华人民共和国法定计量单位》中的规定使用。数字和单位之间要空一格, 数字按照 3 位分节法进行书写, 即以小数点为届, 每三个数字为一段, 中间空一格。

### 1.2 公式表格和图片

#### 1.2.1 关于公式

公式中每个符号(包括上、下角标)均需给出其物理量含义, 同一个符号不能表示不同的物理量。变量用斜体表示(如  $x, y$ ), 非变量用正体(如  $\ln$ ), 包括图和表, 包括上下标。正斜体示例:

a) 斜体: 变量(量符号、函数)、坐标轴、几何意义的点线面、生物属和种的拉丁学名, 特征数(如雷诺数  $Re$ , 韦伯数  $We$ , 马赫数  $Ma$  等);

b) 黑斜体(加粗斜体): 矩阵、矢量、向量, 张量。

c) 正体: 特殊函数( $\sin, \exp, \lg, \operatorname{erf}, \max$ , 贝塞尔函数, 勒让德函数等)、值不变的常数(自然对数的底  $e$ , 圆周率  $\pi$ , 虚数  $i$ )、运算符(微分  $d$ , 偏微分  $\partial$ , 变分  $\delta$ , 优先增量符号  $\Delta$ , 求和  $\Sigma$ , 连乘  $\Pi$ )、单位、词头, 以及有特定意义的缩写字(转置符号  $T$ , 实部  $\operatorname{Re}$ , 虚部  $\operatorname{Im}$ , 直角三角形  $\operatorname{Rt}\Delta$ , 角边角  $\operatorname{ASA}$ , 边边角  $\operatorname{SSS}$ )。

带上下角标的变量正斜体规则: 上下标是对变量的含义解释说明, 用正体; 上下标是变量的函数或者本身也是变量, 用斜体。例如:

a) 下标正体:  $T_n, T_D$  分别表示夜间温度及日间温度, 温度  $T$  为变量, 用斜体, 下标  $N, D$  分别表示夜间、日间的含义, 是对  $T$  的补充描述, 并不是单独的变量, 因而用正体;

b) 下标斜体:  $I_i (i=1, 2, \dots, n)$  表示第  $i$  个节点处的电流, 电流  $I$  为变量, 用斜体, 下标  $i$  表示节点的位置, 为变量, 因而用斜体。

请按算术中括号套用规则使用括号形式,  $( ) \rightarrow [ ] \rightarrow \{ } \rightarrow \langle \rangle$ ,  $\log$  函数须有底数,  $e$  指数用  $\exp()$  的形式。

上角标如果不是表示次方, 改用下角标或上角标加括号, 以避免与次方相混。

公式需使用 **MathType** 或 **Equation Editor 3.0** 创建, 不得使用 **Word** 默认的 **Office Math ML** 创建, 公式序号用 (1)、(2)、(3)、(4) 的形式表示。

$$A = B + C \quad (1)$$

$$P = QR \quad (2)$$

$$X = Y / Z \quad (3)$$

式中: (所有第一次出现的物理量均需说明)  $A$  为  $\text{xxxx}$ ;  $B$  为  $\text{xxxx}$ ;  $C$  为  $\text{xxxx}$ ;  $P$  为  $\text{xxxx}$ ;  $Q$  为  $\text{xxxx}$ ;  $R$  为  $\text{xxxx}$ ;  $X$  为  $\text{xxxx}$ ;  $Y$  为  $\text{xxxx}$ ;  $Z$  为  $\text{xxxx}$ 。

#### 1.2.2 关于表格

表 1 XXXX 中文表述  
Table 1 XXXX 英文表述(与中文对应)

算法	$f_{\text{sig}}/\text{Hz}$	$\sigma_{\text{sig}}/^\circ\text{C}$	$\sigma_{\text{sig}}/\%$	$\sigma_{\text{sig}}/^\circ\text{C}$
2	0.099 7	2.195 9	9.971 6	
DFT	3	0.148 6	3.694 5	14.863 3
4	0.194 3	5.553 8	19.521 4	
2	0.007 3	1.241 0	1.238 1	
DPMA	3	0.017 3	2.771 7	2.775 1
4	0.031 5	4.884 2	4.906 5	

文中表格按顺序编号, 表格中、英文对照, 表格中尽量使用符号; 表格用三横线, 必要时可加辅线; 表格中的物理量请注明其物理意义、符号、单位; 文前表后, 表应紧跟在正文描述后面; 中、英文标题要对应, 且与正文描述一致。

#### 1.2.3 关于图片

务必保证插图清楚、规范, 避免扫描其他文章的图形。插图绘制要大小适宜、工整、匀称, 波形图横纵坐标均要标明物理量及单位, 每根曲线应标明其物理意义, 尽量使用符号。图中的术语、符号、单位等应与文中表述一致, 并注明图中字符的含义。中、英文标题要对应, 且与正文描述一致。横纵坐标的起始与结束点都应对应数值, 刻度线绘制在坐标线内侧; 只要主刻度线, 不要次刻度线; 图前表后, 图论紧跟在正文描述后面。

论文的曲线图、折线图及柱状图等图片请用 **Origin** 软件进行绘制, 并将论文原文图粘贴至论文手稿中(操作步骤: 在 **Origin** 中单击右键, 选择复制页面, 然后在手稿中粘贴), 以方便编辑老师对图片进行编辑。

投稿网址: <http://csjgdxzbk.csust.edu.cn/csldgdxzbk/home>

长沙理工大学学报(自然科学版) 2022 年 3 月

图的尺寸要求: 通栏图图宽 15 cm, 单栏图图宽 6.5 cm, 三图并排图宽 4.8 cm。

图中的文字: 中文用 6 号宋体, 西文和数字用 6 号 Times & New Roman 字体。

图 1 XXXX 中文图题  
Fig.1 XXXX 英文图题(与中文对应)

### 1.3 参考文献的要求

作者姓名、文献题目、期刊名/会议名、年卷期、起止页码等信息要全、要正确; 参考文献列表中不得有重复文献; 所列参考文献均需按顺序引用; 在引用文句后的右上角标明参考文献序号; 参考文献需中英文对照, 参考文献的所有项本身有官方和作者英文翻译的, 原文引用, 没有的, 则需自行翻译; 所有标点符号后不留空格, 并用半角输入。参考文献中的期刊论文和学位论文, 需加上 DOI, 见参考文献[1-2]。

### 2 结果

#### 2.1 结果部分应逻辑清楚

结果部分是一篇论文的论据, 所以在资料和数据编排使用上, 要注意前后次序, 层次分明, 使之符合论文的思维逻辑, 层层推进, 前后照应, 主次分清, 因果关系明确, 使读者易于明白。

#### 2.2 结果部分应突出重点

要主次分明, 详略得宜, 在有限的篇幅中把重要结果写清。要避免罗列材料, 主次不分, 避免一般资料掩盖了重点与核心。

#### 2.3 结果部分应以资料、数据表达

例如: “两组比较较统计学处理, 观察组的疗效明显优于对照组, 尤其治愈率较对照组高出 30%, 达到 80%, 是相当突出的效果”之类。在原则上, 结果部分不要展开讨论, 以免与“讨论”部分混同或重复。

### 3 讨论

一篇好文章的“讨论”部分, 要做到言之有物、言之有理、言之有力! 而且力度要恰到好处, 才能引人入胜。

投稿网址: <http://csjgdxzbk.csust.edu.cn/csldgdxzbk/home>

讨论部分, 应对主要研究活动进行总结, 并对主要的研究假设进行讨论; 结合相关文献, 对研究结果进行解释和延伸推断; 说明研究的条件范围和局限性, 并以此来界定和强调研究发现的适用范围; 对于将来研究的建议, 或者如何将这些发现应用到实际中。

### 4 结论

不应是正文中各段小结的简单重复, 应以正文试验得到的现象、数据和阐述分析作为依据, 完整、准确、简洁地指出: 试验结果所揭示的原理及普遍性; 研究中有无发现例外或尚难解释、难于解决的问题; 与先前已经发表过的研究工作的异同; 论文在理论与实用上的意义与价值; 对进一步深入研究本课题的建议。(不应与摘要和引言重复, 切不要以 1)、2)、3) 形式简单罗列前文已经写出的结论; 结论中不出现图、表、公式。)

### 参考文献

- [1] 祝建华,吕茂丰,董旭东,等. 钢丝网加筋新老路面结合部抗拓宽路基差异沉降的数值模拟[J]. 长沙理工大学学报(自然科学版),2021,18(04):1-8.DOI:10.19951/j.cnki.csldgdxzbk.2021.04.001.
- [2] ZHU Jianhua,LYU Maofeng,ZHA Xudong,et al. Numerical simulation on resisting widening subgrade differential settlement for joint between new and old pavement reinforced by steel wire mesh[J]. Journal Changsha University of Science & Technology (Natural Science),2021,18(04):1-8.DOI:10.19951/j.cnki.csldgdxzbk.2021.04.001.
- [3] 侯月航. 对 M 住宅工程返工问题的案例研究[D]. 济南: 山东大学,2020.DOI:10.27273/d.cnki.gsajc.2020.000453.
- [4] HOU Yuehang. Case study on the rework problem of M housing project[D]. Jinan: Shandong Jianzhu University,2020.DOI:10.27273/d.cnki.gsajc.2020.000453.
- [5] 中国石油和化学工业协会. 塑料-燃烧性能的测定. 水平法和垂直法 GB/T 2408-2008[S]. 北京: 中国标准出版社,2009. China Petroleum and Chemical Industry Association. Plastics-determination of burning characteristics-horizontal and vertical test.GB/T 2408-2008[S]. Beijing:Standards Press of China,2009.
- [6] 沙伏林. 高速公路沥青路面早期破坏现象及预防[M]. 北京: 人民交通出版社,2008:185-204.
- [7] SHA Qinglin. Early damage and prevention of expressway asphalt pavement[M]. Beijing:China Communications Press,2008:185-204.
- [8] 杨文志. 科技社团学术交流动机及其机制创新[C]. 学术交流经验交流暨理论研讨会论文集. 北京: 中国科学技术协会,2006:3-16.
- [9] YANG Wenzhi. Motivation and mechanism innovation of academic exchange in science and technology associations[C]. Proceedings of Academic Exchange,

投稿网址: <http://csjgdxzbk.csust.edu.cn/csldgdxzbk/home>



## 2.2 标题

- ① **清晰、准确地**反映论文的内容，
- ② **简练、明了**，以最少的文字概括尽可能多的内容。不宜超过20个汉字。最好不超过10 - 12个单词，或100个英文字符（含空格和标点）。
- ③ **明确表明研究工作的特色和独到之处**，力求**重点突出**，尽可能将核心主题词放在开头。
- ④ **吸引**审稿人和读者的**眼球**，提高引用率。
- ⑤ **尽可能**回避生僻字、符号、公式和缩略语

- [1] 李友云,陈佳,王硕,等.沥青混合料劈裂疲劳损伤力学特性多尺度研究[J].长沙理工大学学报(自然科学版),2022,19(1):1-11.
- [2] 新冠疫情下通勤出行合乘车辆路径优化模型与算法.
- [3] 韩建博,朱福,陈文怡.石墨烯改性沥青混合料机理与性能研究综述[J].长沙理工大学学报(自然科学版),202X,XX(X):XX-XX.]

## 长沙理工大学学报

自然科学版

CHANGSHA LIGONG DAXUE XUEBAO  
ZIRAN KEXUE BAN

第19卷 第2期 总第74期  
2022年6月28日出版  
季刊,1999年创刊

《长沙理工大学学报(自然科学版)》  
第五届编辑委员会

主任委员: 郑健龙

副主任委员: 张建仁

委 员: (按姓氏笔画排序)

王 浩	龙春光	龙科军	刘永乐
刘仲云	李 平	李 峰	李 微
张建仁	陈冬林	范金成	周 艺
周伟军	周任军	周庆华	岳光溪
郑健龙	孟建民	胡 林	胡庆国
唐雪松	蒋友宝	蒋中明	程 芳
程永舟	曾祥君	樊绍胜	颜东煌

主管单位 湖南省教育厅

主办单位 长沙理工大学

编辑出版

《长沙理工大学学报(自然科学版)》编辑部

主 编 郑健龙

执行主编 赵 冰

责任编辑 石月珍 刘国奇

英文编辑 辛动军 黄志勇 粟 森

国内发行

中国邮政集团有限公司湖南省报刊发行局

邮发代号 42-304

地 址

长沙市天心区万家丽南路二段 960 号

邮政编码 410114

电 话 0731-85258192

投稿网址

<http://cslgxbzk.csust.edu.cn/cslgdxzbzk/home>

联系信箱 lgdxzb2010@126.com

## 目 次

### 【洞庭湖·水环境与水资源】

- 基于 APCS-MLR 模型的西洞庭湖沉积物重金属来源解析  
..... 李忠武,王磊,冉凤维,聂小东,王诗兰,肖林辉,金昌盛,陈佳(1)
- 洞庭湖区微塑料污染及其与农村、农业的相互影响  
..... 尹令实,文晓凤,黄佳丽,陈子祥(15)
- 新型单级强化自养脱氮系统关键因子优化研究  
..... 刘珂,吴莎,陈婧,杨恩喆,瞿畏,陈宏(28)
- 洞庭湖北部地区多闸泵系统水资源优化配置模型及应用研究  
..... 黄草,刘启,付嵩,汤小俊,赵敏(37)

### 【道路工程】

- 干法和湿法制备 TPCB 改性沥青混合料的路用性能室内试验研究  
..... 李国民,彭博,甘新众,杨晚生(49)
- 城市生活垃圾焚烧底渣沥青混合料路用性能研究  
..... 魏婷婷,顾坤,李文凯(61)
- 爆燃地形的特征表述与提取方法  
..... 周访滨,王俊,谢财昌,朱衍哲,马国伟(70)

### 【土木与水利工程】

- 基于 SWMM 的岳阳市海绵城市低影响设计及效果评价  
..... 许可,刘萌,李盛,田文迪(77)
- 不对称转体斜拉桥球铰应力分析及不平衡力矩计算  
..... 马亚飞,朱智轩,谭旭,苏小超,王磊,张建仁(88)
- 基于双剪统一强度理论的煤岩损伤本构模型  
..... 罗吉安,何俊,董春亮,李文成(98)

### 【交通运输、管理科学与工程】

- 基于 FFTA-BN 的建筑施工工序返工致因体系研究  
..... 彭军龙,李书云(107)
- 基于 PSO-SVM 的山区营运高速公路边坡防治费用预测  
..... 肖秋明,刘昕尧(120)
- 基于复杂网络的隧道施工塌方风险演化研究 ..... 陈赞,李倩(129)
- 装配式建筑设计阶段基于系统动力学的成本管控研究  
..... 杨玉胜,周斯仪(138)

基本参数: CN 43-1444/N\*1999\*q\*A4\*148\*zh\*P\*¥20.00\*1000\*14\*2022-06





## 2.3 摘要

### 摘要是科技论文中最重要的部分之一。

成功的作者一定会花大量的精力来撰写摘要，因为这就是论文的广告。

通常是论文中**唯一被阅读的部分**；

通常会决定读者是否下载并阅读论文的其余部分。

摘要是**论文质量的一个很好的预测指标**。

一篇写得不好的摘要会说明作者缺乏经验或者不在乎质量。

### 摘要应能反映论文的所有部分，只是用的是缩短形式，

换句话说，一个仅阅读了你的摘要的人应该能够理解：

**你为什么进行了这项研究【目的】，**

**你是如何进行的【方法】，**

**你发现了什么【结果】，**

**你的工作为什么重要【结论】。**



第 19 卷第 2 期  
2022 年 6 月

长沙理工大学学报(自然科学版)  
Journal of Changsha University of Science & Technology (Natural Science)

Vol. 19 No. 2  
Jun. 2022

## 干法和湿法制备 TPCB 改性沥青混合料的路用性能室内试验研究

李闯民<sup>1</sup>, 彭博<sup>1</sup>, 甘新众<sup>2</sup>, 杨晚生<sup>2</sup>

(1. 长沙理工大学 交通运输工程学院, 湖南 长沙 410114; 2. 宜春市公路管理局, 江西 宜春 337000)

**摘要:**【目的】探讨废轮胎热解炭黑(tires pyrolysis carbon black, TPCB)在沥青路面中的应用,研究干法和湿法两种工艺对 TPCB 改性沥青混合料路用性能的影响。【方法】首先,通过六因素三水平正交试验,对选定的 8%、10%和 12%三种炭黑掺量水平,以设计空隙率为优化目标进行极差分析。然后,通过车辙试验、浸水马歇尔试验、冻融劈裂试验和低温弯曲试验等室内试验,对比分析 70<sup>#</sup> 沥青混合料、干法与湿法工艺制备的 TPCB 改性沥青混合料的路用性能。【结果】确定了干法室内制备 TPCB 改性沥青的工艺参数;与 70<sup>#</sup> 沥青混合料相比,干法、湿法制备的 TPCB 改性沥青混合料的抗车辙、低温抗开裂性能更优;与干法工艺相比,湿法制备的 TPCB 改性沥青混合料的抗车辙、低温抗开裂和抗水损害性能均有所提高。【结论】干法制备的 TPCB 改性沥青混合料的性能满足我国规范规定的技术要求,干法工艺是对我国规范的有益补充,增加了一种废轮胎热解炭黑改性沥青混合料的制备工艺。

**关键词:** 路用性能;正交试验;废轮胎热解炭黑;改性沥青混合料;湿法;干法

中图分类号: U416

文献标志码: A



## 2.3 摘要

### 摘要4要素：目的，方法，结果，结论

- ① **目的**——说明所研究的问题的缘由，表明研究的范围和重要性。这需要作者提供一些研究背景、研究动机和/或提出的具体问题或假设。
- ② **方法**——说明研究课题的基本设计，结论是如何得到的。一般来说这部分应保持简短，除非它是本文重点。
- ③ **结果**——列出研究的主要结果，包括调研、实验、计算、观察取得的数据和结果。应努力把重点放在你的主要发现上，并简要说明其价值和局限。这是重心。结果是“在一定阶段事物发展的最后状态”，是结论的前提和基础。
- ④ **结论**——简要地说明你的结果有什么创新之处？你的发现对研究领域有何影响，有什么应用。结论是“从前提推论出来的判断”，是由事实和逻辑推理证明的，是结果的归宿和发展，不能用结果代替结论。



### 基于 APCS-MLR 模型的西洞庭湖沉积物重金属来源解析

作者：李忠武，王磊，冉凤维，聂小东，王诗兰，肖林辉，金昌盛，陈佳

**摘要：**【目的】揭示西洞庭湖沉积物重金属的时空分布规律，阐明湖泊沉积物的重金属来源，探究绝对主成分-多元线性回归(absolute principal component score-multiple linear regression, APCS-MLR)模型在湖泊沉积物重金属来源解析中的适应性。【方法】采集沅江河口、湖泊近岸、湖泊远岸和湖泊中心的4个沉积柱共160个样本，对样本进行<sup>210</sup>Pb同位素定年和重金属含量分析，运用传统多元统计分析方法和 APCS-MLR 模型定量解析重金属的来源与绝对贡献率。【结果】从河口到湖泊中心，As和 Cd的平均含量有所递减，Cr、Cu、Ni、Pb和 Zn的平均含量呈先减少后增加趋势。在垂直方向上，重金属含量自沉积物表层向中层呈相对升高的趋势，并随水深的增加呈现相对一致的波动。从时序上看，沉积物重金属自然源的绝对贡献率呈下降趋势，人为源的绝对贡献率总体上升且超过自然源的绝对贡献率。其中，Cd的来源受人类活动影响最大，其河口和湖泊中心的绝对贡献率分别为28.77%和69.35%。【结论】近百年来，人类活动对西洞庭湖沉积物重金属来源的绝对贡献率逐渐上升，已经成为影响沉积物重金属含量最重要的因素。APCS-MLR 模型能够简便、有效地应用于沉积物重金属来源的研究。



## 2.3 摘要



### 硫酸盐渍土地区粉煤灰混凝土力学性能试验研究

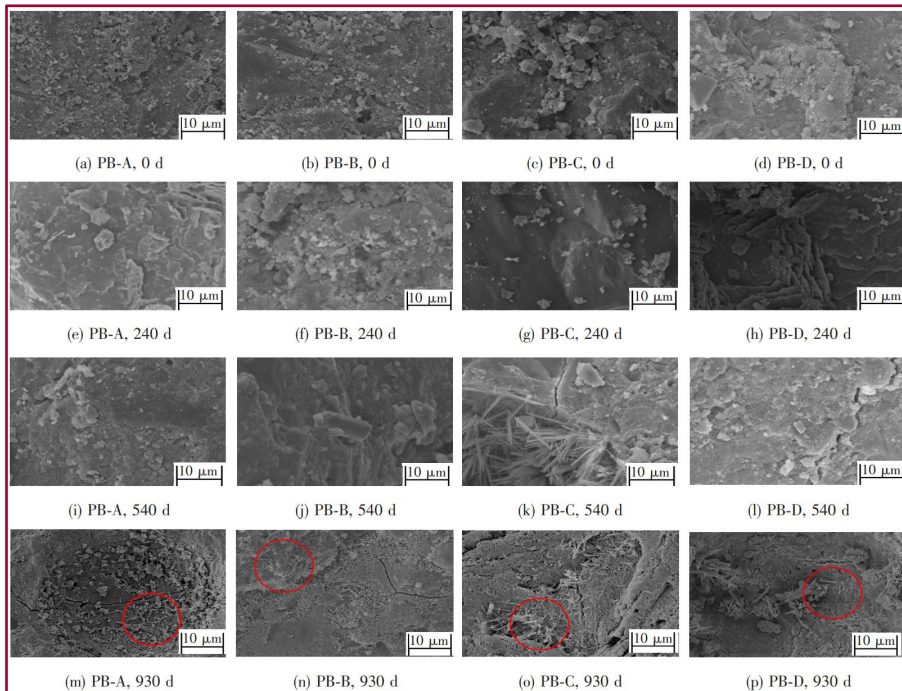


图1 各配合比混凝土试块不同侵蚀龄期时的SEM照片

作者: 马艳霞, 聂思凡, 郭佳庆

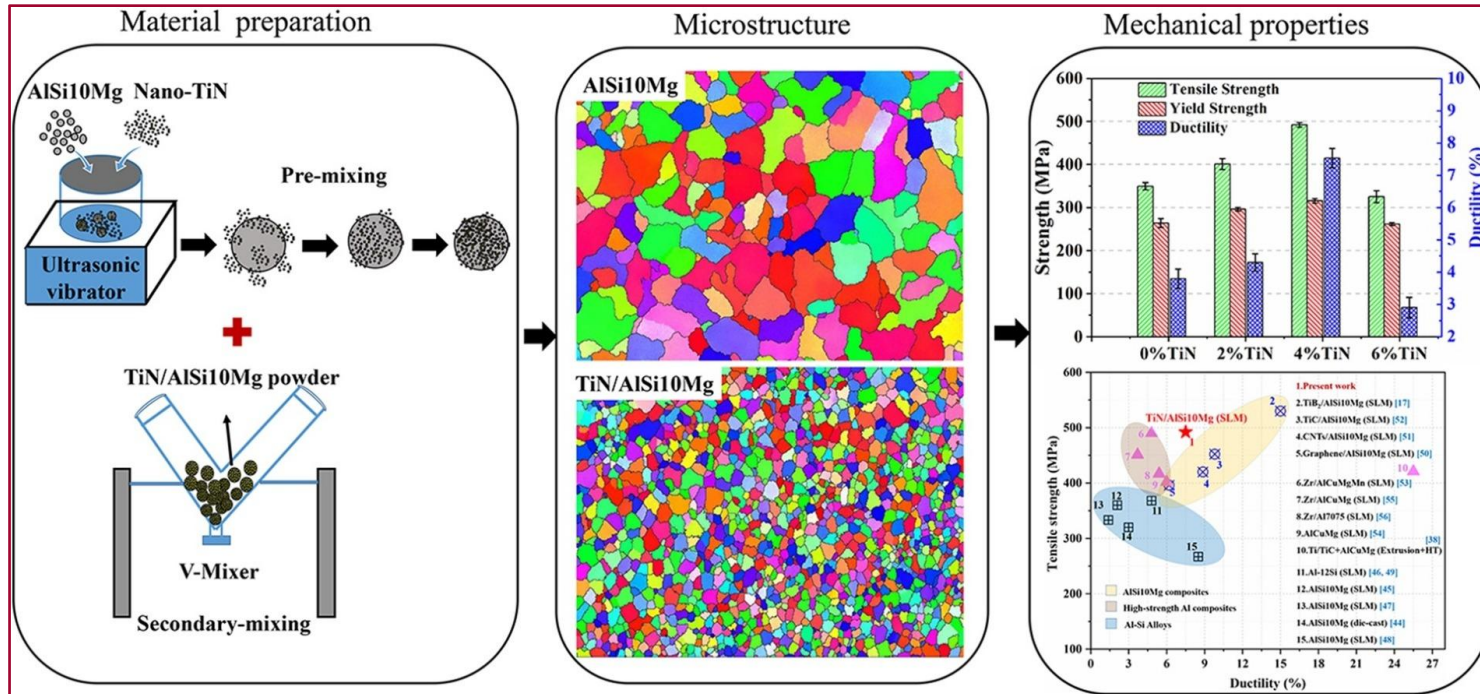
**摘要:**【目的】探究硫酸盐渍土地区粉煤灰掺量对混凝土抗压强度的影响, 以为实际的工程建设提供参考。【方法】在试验场地埋置4组(粉煤灰掺量分别为0%、10%、15%和20%)共48块尺寸均为150 mm×150 mm×150 mm的标准立方体混凝土试块, 定期测量其抗压强度, 并用扫描电镜分析其微观结构。【结果】在侵蚀早期不同配合比混凝土试块的抗压强度出现一定幅度的增长; 但随着侵蚀时间的增加, 抗压强度开始逐渐下降, 结合正交试验分析认为粉煤灰的最佳掺量为10%; 在侵蚀后期渗入混凝土内部的 $\text{SO}_4^{2-}$ 与水化产物结合生成的钙矾石晶体逐渐增多, 钙矾石吸水膨胀并导致微裂缝进一步扩展, 影响了结构的整体密实度。使用MATLAB中的General Model Gauss函数对侵蚀早期混凝土抗压强度的试验数据进行拟合, 拟合效果较好。

**结论】**对于硫酸盐渍土地区粉煤灰混凝土耐久性的研究, 需采用多种试验方法对混凝土力学性能的变化过程进行分析; 加强数值仿真手段与试验结果的结合可以对混凝土抗压强度进行更好的预测。



## 2.3 图形摘要 ( Graphic Abstract )

- ① 越来越多的国际期刊中开始要求论文必须有**图形摘要 ( Graphic Abstract )**。
- ② 图形摘要具有文字摘要所不具备的**视觉冲击力**，“一张图胜过千言万语”。
- ③ 好的图形摘要能大大提高了**信息的传递效率**，大大提升文章的档次。



新型的TiN/AlSi10Mg  
复合材料的SLM制备  
工艺



<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214860420307508?via%3Dihub>

[1] Gao C ,Wu W,Shi J,et al. Simultaneous Enhancement of Strength, Ductility, and Hardness of TiN/AlSi10Mg Nanocomposites via Selective Laser Melting[J]. Additive Manufacturing, 2020,34:101378.



## 2.3 图形摘要 ( Graphic Abstract )

Composite Structures 223 (2019) 110946

Contents lists available at ScienceDirect

Composite Structures


journal homepage: [www.elsevier.com/locate/compstruct](http://www.elsevier.com/locate/compstruct)

A new Timoshenko beam model based on modified gradient elasticity:  
Shearing effect and size effect of micro-beam

Bing Zhao<sup>a,\*</sup>, Jian Chen<sup>a</sup>, Tao Liu<sup>a,\*</sup>, Wenhao Song<sup>a</sup>, Jianren Zhang<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Department of Mechanics, School of Civil Engineering, Changsha University of Science and Technology, Changsha 410114, PR China  
<sup>b</sup> Department of Bridge Engineering, School of Civil Engineering, Changsha University of Science and Technology, Changsha 410114, PR China

Check for updates



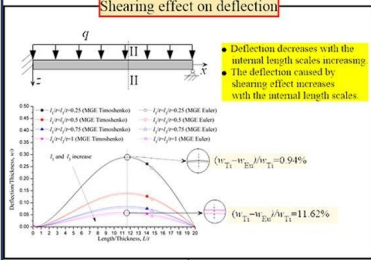
A new Timoshenko beam model based on modified gradient elasticity:  
shearing effect and size effect of micro-beam

**Governing equations**

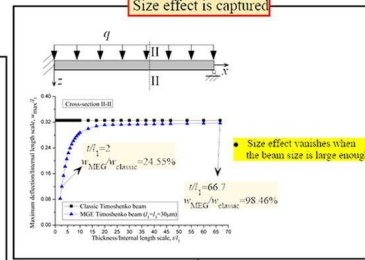
$$E_1 G_1 \left[ \alpha(x) - \frac{\partial w(x)}{\partial x} \right] \left[ \frac{\partial^2 w(x)}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 \psi(x)}{\partial x^2} \right] - \frac{E(x-1)}{(x-1)(x-2)} \left[ \frac{\partial^2 w(x)}{\partial x^2} \right] + \left[ \frac{\partial^2 \psi(x)}{\partial x^2} \right] = 0$$

$$E_1 G_1 \left[ \frac{\partial w(x)}{\partial x} - \frac{\partial^2 w(x)}{\partial x^2} \right] \left[ \frac{\partial^2 w(x)}{\partial x^2} - \frac{\partial^2 \psi(x)}{\partial x^2} \right] = q$$

**Shearing effect on deflection**



**Size effect is captured**



**A MGE timoshenko beam is applicable for a micro-beam.**



## 2.4 关键词 ( key words )

- 关键词是为了**文献标引工作**从报告、论文中选取出来用以**表示全文主题内容信息款目的单词或术语**。
- 关键词就是对于总论点、研究课题以及研究重点内容进行**词汇概括**或者**信息提取**的一种方式。
- **建议4~5个关键词**，英文关键词与中文对应。

1、最能代表论文内容、对象、方法和结果的词。

2、名词、名词性词组、名词性短语。

3、尽量使用词组和短语而不是单个词，但以一种修饰最好。例如：“传感器” “**红外传感器**” “报警用红外传感器”

4、选用**词义明确的词或词组**，不选择意义模糊的通用词。例如“分析”、“问题”、“强烈”、“先进的”、“研究”、“应用”、“措施”等。

5、选择**高搜索度的词**。例如：石墨烯、新冠疫情

6、**避免使用首字母缩略词**。例如：XFEM



## 2.5 引言 (Introduction)

引言位于正文的起始部分，主要叙述自己**写作的目的或研究的宗旨**，使读者**了解和评估研究成果**。

主要内容包括：

1

**第一段**：介绍所研究问题的重要性（目的意义）或背景信息（背景）。简洁（不超过6句话），层次和逻辑清晰。

3

**重头戏2（评）**——指出以往研究工作的不足之处，**进而引出本文自己所做研究**，以及自己所做研究的创新性或重要价值；

2

**重头戏1（述）**——本领域的研究历史、现状和进展，文献的总结回顾，说明自己对已有成果的看法；（1、注意文献的甄别和遴选，不可过多，7-10页的短文20篇左右；2、注意文献的分类归纳，这反映作者对研究现状的认识，切忌流水账；3、以近年的文献为主，引用经典文献，引用拟投稿杂志的文献；4、高级别杂志需要查重，注意重复率；5、这一部分是为引出本文工作做准备。）

4

**最后一段**：介绍论文思路和结构安排。



## 2.5 引言 (Introduction)

① **第一段**：介绍所研究问题的重要性（目的意义）或背景信息（背景）。简洁（不超过6句话）且层次和逻辑清晰。

第 19 卷第 2 期  
2022 年 6 月

长沙理工大学学报 (自然科学版)  
Journal of Changsha University of Science & Technology (Natural Science)

Vol. 19 No. 2  
Jun. 2022

### 基于 APCS-MLR 模型的西洞庭湖 沉积物重金属来源解析

李忠武<sup>1,2</sup>, 王磊<sup>1</sup>, 冉凤维<sup>1</sup>, 聂小东<sup>1</sup>, 王诗兰<sup>1</sup>, 肖林辉<sup>1</sup>, 金昌盛<sup>2</sup>, 陈佳<sup>2</sup>  
(1. 湖南师范大学 地理科学学院, 湖南 长沙 410081; 2. 湖南大学 环境科学与工程学院, 湖南 长沙 410082)

随着人类生产、生活活动的加强, 大量污水排放导致湖泊污染状况愈加严重<sup>[1-3]</sup>, 其中重金属污染已成为湖泊面临的严重环境问题之一<sup>[4]</sup>。作为重金属的重要载体, 湖泊沉积物不仅富集了大量重金属, 还记录了流域内各种环境变化信息<sup>[5]</sup>。大多数重金属离子由于本身的稳定性, 不会在湖泊沉积物中发生价态的变化或者降解, 而是不断在湖泊沉积物中积累。同时, 由于湖泊沉积物与水的相互作用, 在物质与能量的交换过程中重金属离子被释放到水体中, 形成水体重金属的二次污染, 导致受污染的湖泊沉积物成为新的重金属释放源<sup>[6]</sup>。湖泊沉积物重金属的含量水平在一定程度上反映了区域内沉积环境的状态, 也是评价水环境质量的重要指标。因此, 研究湖泊沉积物重金属对湖泊水环境评价与修复具有重要意义。



第 19 卷第 1 期  
2022 年 3 月

长沙理工大学学报 (自然科学版)  
Journal of Changsha University of Science & Technology (Natural Science)

Vol. 19 No. 1  
Mar. 2022

DOI: 10.19951/j.cnki.1672-9331.2022.01.011  
文章编号: 1672-9331(2022)01-0089-07

### 基于多源数据融合的高速公路交通事故黑点判别

龙科军<sup>1,2</sup>, 邹道兴<sup>2</sup>, 何石坚<sup>1,2</sup>  
(1. 长沙理工大学 智能道路与车路协同湖南省重点实验室, 湖南 长沙 410114;  
2. 长沙理工大学 交通运输工程学院, 湖南 长沙 410114)

在较长的统计周期内, 发生道路交通事故数量或事故伤亡人数、财产损失显著高于其他正常位置的道路位置被称为交通事故多发点, 又称“事故黑点”。鉴别事故黑点并探究其事故多发的原因, 对交通安全管理和事故预防具有重要意义<sup>[1]</sup>。







## 2.5 引言 (Introduction)

① **第一段**：介绍所研究问题的重要性（目的意义）或背景信息（背景）。简洁（不超过6句话）且层次和逻辑清晰。

② **重头戏（述）**——本领域的研究历史、现状和进展，文献的总结回顾，说明自己对已有成果的看法；（1、注意文献的甄别和遴选，不可过多，7-10页的短文20篇左右；2、注意文献的分类归纳，这反映作者对研究现状的认识，切忌记流水账；3、以近年的文献为主，引用经典文献，引用拟投稿杂志的文献；4、高级别杂志需要查重，注意重复率；5、这一部分是引出本文工作做准备。）

③ **重头戏（评）**——指出以往研究工作的不足之处，进而引出本文自己所做研究，以及自己所做研究的创新性或重要价值；

④ **最后一段**：介绍论文思路和结构安排。

### 考虑地震荷载的框架结构拓扑优化设计

荣见华<sup>1</sup>,李政威<sup>1</sup>,赵志军<sup>2</sup>,赵磊<sup>3</sup>

(1.长沙理工大学 汽车与机械工程学院,湖南 长沙 410114;2.长沙学院 土木工程学院,湖南 长沙 410022;  
3.长沙理工大学 土木工程学院,湖南 长沙 410114)



#### 引言第一段

拓扑优化方法是一种能有效获得结构材料优化分布的方法<sup>[1-2]</sup>,被广泛应用于机械和航空航天等工程领域<sup>[3-5]</sup>。国内外学者对静态荷载下的拓扑优化进行了大量的研究<sup>[6-7]</sup>,并取得了许多理论和应用成果。目前,已形成了几种典型的拓扑优化方法,包括基于密度的实体各向同性材料惩罚(solid isotropic material with penalization, SIMP)<sup>[8]</sup>、渐进结构优化(evolutionary structural optimization, ESO)、水平集(level set method, LSM)、移动可变构件与移动可变空隙(moving morphable components/moving morphable voids, MMC/MMV)等方法。其中, SIMP方法是最流行的拓扑优化方法。

谱不同于地震荷载谱。最近, MARTIN等<sup>[14]</sup>基于地震荷载谱研究了框架结构模态柔顺度总和最小的拓扑优化问题,但忽略了设计域质量惯性力的影响。

按照结构形式分类,结构拓扑优化方法可分为离散结构拓扑优化方法和上述连续体结构拓扑优化方法两大类。离散体结构优化最早可追溯到1904年, MICHELL<sup>[15]</sup>使用解析法研究了以结构质量最小化为目标的桁架优化问题。1964年, DORN等<sup>[16]</sup>提出了基结构法(ground structure approach, GSA)。此后,大量围绕基结构法的离散体结构优化的研究工作得以逐步展开。到目前为止,地震荷载作用下的结构拓扑优化设计大都采用连续体结构拓扑优化方法来得到类框架拓扑,较少采用离散结构拓扑优化方法研究地震荷载作用下框架结构的拓扑优化设计,而同时处理伪模态问题和与设计变量相关的荷载作用下结构低密度区域寄生效应问题的研究则更少。与连续体结构拓扑优化相比,离散体结构拓扑优化的有限元分析及相关灵敏度等的计算量小,且易于应用于框架类结构设计。

#### 引出本文工作

#### 述

近20年来,涉及动力学特性的拓扑优化发展较快。早期的拓扑优化研究大多与固有频率有关<sup>[9]</sup>,并解决了与动力学拓扑优化相关的伪模态问题。目前,考虑动力学的拓扑优化研究大致可分为4个方面:①结构特征频率优化设计;②简谐激励下结构动态柔度的最小化优化设计;③随机结构动力学优化设计;④基于等效静荷载(equivalent static load, ESL)的几何或材料非线性结构动力学拓扑优化设计。基于SIMP法和LSM法等拓扑优化方法,利用模态综合法等模型的降阶计算措施,许多学者研究了平稳随机响应约束、能量获取性能最大化、经典阻尼线性动力系统和阻尼结构等拓扑优化设计问题,并取得了很多研究成果。

本研究针对地震荷载下框架结构的拓扑优化问题,采用梁单元构建离散体结构设计域;引入拓扑变量和Heaviside映射技术,克服优化过程中的结构灰度问题;采用改进的刚度矩阵惩罚模型,并结合基于低阶模态能的伪模态识别准则和删除措施,同时处理拓扑优化中的伪模态问题和与设计变量相关的荷载作用下结构低密度区域的寄生效应问题;以模态柔顺度总和最小为目标函数、以体积为约束条件,构建框架结构拓扑优化模型,采用移动渐近线方法(method of moving asymptotes, MMA)对该模型进行求解;最后,用两个算例对模型进行了验证。

#### 本文思路和outline

#### 评

然而,关于承受基础动态运动的载运工具或机械设备,以及考虑地震荷载建筑等的结构拓扑优化问题的研究文献相对较少。对于地震荷载问题, NIU等<sup>[10]</sup>研究了替代动态柔度的各种目标函数。因求解动态状态方程需在目标范围内的每个离散频率处使用具有复杂算法的线性系统求解器,故在解决动态柔度问题时常存在计算量大的缺点,而模态分解分析法是一种很有前景的解决动态柔度问题的方法。HAJIRASOULIHA等<sup>[11]</sup>研究了随机地震作用下桁架结构的拓扑优化设计。李栋泓<sup>[12]</sup>、白显中<sup>[13]</sup>将时域显式法分别引入非平稳随机地震荷载作用下的桁架结构和连续体拓扑优化问题中。但是,平稳高斯随机运动激励



## 2.5 引言 (Introduction)

### “述评”部分应注意：

- 1、注意**文献的甄别和遴选**，不可过多，7-10页的短文20篇左右；
- 2、注意**文献的分类归纳**，这反映作者对研究现状的认识，切忌记流水账；
- 3、以**近年的文献为主**，引用经典文献，引用拟投稿杂志的文献；时效性。
- 4、高级别杂志需要**查重**，注意重复率；
- 5、**一般不出现图、表和公式。**



## 2.6 正文 ( Introduction )

**正文主要包括：**

正文

**材料和方法**  
Materials and Methods

**结果**  
Results

**讨论**  
Discussion



## 2.7 正文 (Introduction)

### 材料和方法 Materials and Methods

■ 说明试验的对象、条件、使用的材料、试验步骤等

■ 说明试计算的过程、公式的推导、模型的建立等。

## 基于 APCS-MLR 模型的西洞庭湖 沉积物重金属来源解析

李忠武<sup>1,2</sup>, 王磊<sup>1</sup>, 冉凤维<sup>1</sup>, 聂小东<sup>1</sup>, 王诗兰<sup>1</sup>, 肖林辉<sup>1</sup>, 金昌盛<sup>2</sup>, 陈佳<sup>2</sup>

(1. 湖南师范大学 地理科学学院, 湖南 长沙 410081; 2. 湖南大学 环境科学与工程学院, 湖南 长沙 410082)



## 0 引言

### 1 材料和方法

- 1.1 研究区概况
- 1.2 样品的布设和采集
- 1.3 样品的处理和分析
- 1.4 分析方法
- 1.5 数据处理

### 2. 结果和讨论

- 2.1 沉积速率和沉积年代的确定
- 2.2 沉积物重金属的含量及其分布特征
- 2.3 沉积物重金属来源解析

### 3. 结论

### 参考文献

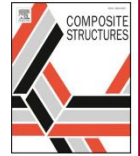


## 2.6 正文 (Introduction)

### 材料和方法 Materials and Methods

■ 说明试验的对象、条件、使用的材料、试验步骤等

■ 说明计算的过程、公式的推导、模型的建立等。



A new Timoshenko beam model based on modified gradient elasticity: Shearing effect and size effect of micro-beam

Bing Zhao<sup>a,\*</sup>, Jian Chen<sup>a</sup>, Tao Liu<sup>a,\*</sup>, Wenhao Song<sup>a</sup>, Jianren Zhang<sup>b</sup>

<sup>a</sup> Department of Mechanics, School of Civil Engineering, Changsha University of Science and Technology, Changsha 410114, PR China

<sup>b</sup> Department of Bridge Engineering, School of Civil Engineering, Changsha University of Science and Technology, Changsha 410114, PR China

### 1 Introduction

### 2. Formulation

2.1. Basic equations of modified gradient elasticity (MGE)

2.2. Timoshenko beam model based on the MGE

### 3. Solution methodology

### 4 Results and discussion

4.1. Case 1: doubly clamped homogeneous micro-beam

4.2. Case 2: clamped-simply supported homogeneous micro-beam

4.3. Case 3: simply supported AFG micro- beam

### 5. Conclusion

### Acknowledgements

### References

# 1 材料与amp;方法

## 1.1 研究区概况

洞庭湖位于长江中游(28°30′~29°31′N、112°40′~113°20′E),是我国第二大淡水湖泊,湖泊面积2 625 km<sup>2</sup>,平均水深6.4 m,蓄水量16.7亿m<sup>3</sup>,湖体近似“U”形,湖区属于亚热带季风湿润气候区<sup>[13-16]</sup>。洞庭湖西段(西洞庭湖,28°47′~29°07′N、111°57′~112°17′E)连接长江和南洞庭湖,汇集沅江和澧水的来水、来沙。2014年,西洞庭湖湿地获批国家级自然保护区。作为国际重要湿地,西洞庭湖是亚洲东部候鸟的越冬地和长江流域生物多样性保护的重要节点。随着西洞庭湖流域社会经济的发展,区域内建立了造纸、化肥、化工、采矿等排放大量含有重金属废水的工业。此外,周边的农业废水、养殖废水和城镇生活污水大部分未经有效处理而直接排放,使得流域重金属污染问题较为严重<sup>[13,17-18]</sup>。西洞庭湖流域重金属污染已经严重威胁到了流域内的生物多样性和生态系统的稳定性。

## 1.2 样品的布设与采集

从沅江河口到西洞庭湖湖泊中心选取周文庙、太阳汉、蒋家嘴和大连废障4个采样点(图1),它们分别代表沅江河口、湖泊近岸、湖泊远岸和湖泊中心,并于2020年11-12月开展了沉积物样品采集。利用手持式土壤取样机采取200 cm深的沉积物样品柱,按5 cm等间距地将每个沉积物分为40个样品,共获得160个样品,然后将所有样品装入自封袋中,运回实验室等待下一步处理。

## 1.3 样品的处理与分析

采集的样品在自然风干后,挑拣出其中的残枝和贝壳等杂物,再进行研磨过筛,用自封袋密封保存。

对研磨后的样品采用石墨消解法进行消解处理:首先,准确称取0.2 g过100目筛的沉积物样品放入50 mL的聚四氟乙烯消解管中;然后,在30℃的温度条件下,在每个消解管中依次加入5 mL硝酸、3 mL盐酸、4 mL氢氟酸、2 mL高氯酸,振荡摇匀1 min,加热消煮至内容物呈白色黏稠

状;最后,等消解物降至室温,将其定容到50 mL容量瓶中,并适当摇匀静置,过滤后转移至离心管中待测<sup>[18-20]</sup>。使用电感耦合等离子体发射光谱仪(型号iCAP 7000 Series)测定沉积物中As、Cd、Cr、Cu、Ni、Pb和Zn的含量<sup>[20]</sup>。利用空白样和标样对样品进行质量控制,计算加标回收率,并对其校正。

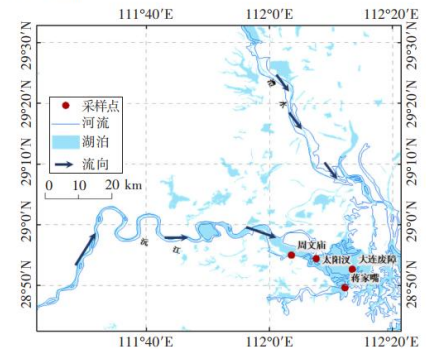


图1 研究区域采样点分布图

Fig. 1 Map of study area sampling sites

使用高纯锗γ能谱仪(型号Model GR 4021)检测湖泊沉积物样品<sup>210</sup>Pb的放射性活度,检测方法为γ能谱法:首先,称取10 g过100目筛的干燥沉积物样品放入聚丙烯离心管中,蜡封20 d,使得<sup>210</sup>Pb处于永久衰变平衡体系中;然后,将预处理好的样品放入仪器中进行<sup>210</sup>Pb含量的测定,每个样品的测量时间在4 000 s以上,以保证数据的精确性,其中,<sup>210</sup>Pb的比活度分别根据46.5 keV和661.6 keV的γ射线谱峰面积得出;最后,通过<sup>210</sup>Pb和<sup>226</sup>Ra的比活度差值得<sup>210</sup>Pb<sub>ex</sub>,用于沉积物年代的计算。试验中使用的<sup>210</sup>Pb标样用英国利物浦大学提供的标样做对比标准。

## 1.4 分析方法

### 1.4.1 恒定补给速率模式

目前最常用的<sup>210</sup>Pb计年模式主要有:稳定输入通量-稳定堆积速率模式、常量初始含量模式和恒定补给速率(constant rate of supply, CRS)模式<sup>[21]</sup>。CRS模式主要用于<sup>210</sup>Pb<sub>ex</sub>输入通量保持恒定、沉积物堆积速率随时间变化的情况下,在实际应用中较广泛。因此,本研究通过CRS模式计算沉积物的沉积速率。CRS模式的具体公式如下:

$$B_{(0)} = \int_0^{\infty} C dm \quad (1)$$

$$B = \int_m^{\infty} C dm \quad (2)$$

$$t = \frac{1}{\lambda} \ln \frac{B_{(0)}}{B} \quad (3)$$

$$r = \lambda \frac{B}{C} \quad (4)$$

式中: $B_{(0)}$ 为表层到底层<sup>210</sup>Pb<sub>ex</sub>比活度的积分和; $m$ 为深度; $C$ 为深度 $m$ 处<sup>210</sup>Pb<sub>ex</sub>的比活度; $B$ 为某时间点及之前<sup>210</sup>Pb<sub>ex</sub>比活度的积分和; $t$ 为沉积时间; $\lambda$ 为<sup>210</sup>Pb的衰变常数; $r$ 为沉积速率。

### 1.4.2 多元统计分析方法

多元统计分析方法一般包括相关性分析、主成分分析和聚类分析等<sup>[22-25]</sup>。相关性分析是对一组具有相关性的变量进行分析,并根据相关系数对变量组的相关程度进行判定的一种分析方法。主成分分析则是对数据集进行降维处理,用具有代表性的主因子解释数据集主体信息的一种分析方法。多元统计法可以对湖泊沉积物的重金属来源进行定性识别,有效判别重金属的来源。

### 1.4.3 APCS-MLR模型

APCS-MLR模型是在主成分分析的基础上,将主因子得分转化为绝对主因子得分,通过对绝对主因子得分与原始数据进行多元线性回归分析得到不同主因子的回归系数,最后利用回归系数计算绝对贡献率<sup>[10,26]</sup>。具体计算过程如下:

首先,对原始数据进行标准化处理,即:

$$Z_{ik} = \frac{C_{ik} - \bar{C}_i}{\sigma_i}, i = 1, 2, \dots, m \quad (5)$$

式中: $Z_{ik}$ 为重金属含量的标准化数据; $i$ 为重金属序号; $m$ 为重金属数目; $k$ 为样本序号; $C_{ik}$ 为原始数据下的重金属含量; $\bar{C}_i$ 为第 $i$ 类重金属的平均含量; $\sigma_i$ 为标准差。

在重金属含量的标准化数据集中引入一个零值样本的重金属含量标准化数据 $Z_{i0}$ ,即:

$$Z_{i0} = \frac{0 - \bar{C}_i}{\sigma_i} = -\frac{\bar{C}_i}{\sigma_i} \quad (6)$$

然后,计算得到标准化数据的第 $j$ 个主因子的得分 $A_{jk}$ 和 $A_{j0}$ :

$$A_{jk} = \sum_{i=1}^m S_{ij} \cdot Z_{ik}, A_{j0} = \sum_{i=1}^m S_{ij} \cdot Z_{i0} \quad (7)$$

式中: $A_{jk}$ 为第 $k$ 个样本的第 $j$ 个主因子得分; $j$ 为主因子序号; $S_{ij}$ 为第 $i$ 类重金属的第 $j$ 个主因

子的得分系数。

进而得到绝对主因子得分:

$$D_{jk} = A_{jk} - A_{j0} \quad (8)$$

$$D_j = \sum_{k=1}^n D_{jk} \quad (9)$$

式中: $D_{jk}$ 为第 $k$ 个样本的第 $j$ 个主因子的绝对主因子得分; $D_j$ 为某沉积柱的第 $j$ 个主因子的绝对主因子得分; $n$ 为某沉积柱的样品数。

最后,得到第 $i$ 类重金属的含量 $C_i$ 与污染源的线性关系如下:

$$C_i = b_{i0} + \sum_{j=1}^J (b_{ji} \cdot D_j) \quad (10)$$

式中: $C_i$ 为第 $i$ 类重金属的含量; $b_{i0}$ 为回归方程的常数; $J$ 为主因子数量; $b_{ji}$ 为回归系数; $b_{ji} \cdot D_j$ 为重金属来源的绝对贡献量。

不同重金属来源的绝对贡献率 $P_{ji}$ 可用下式表示:

$$P_{ji} = \frac{|b_{ji} \cdot D_j|}{|b_{ji} \cdot D_j| + |b_{j0}|} \times 100\% \quad (11)$$

未知源的绝对贡献率 $W_{ji}$ 可用下式表示:

$$W_{ji} = \frac{|b_{j0}|}{|b_{j0}| + |b_{ji} \cdot D_j|} \times 100\% \quad (12)$$

式中: $b_{j0}$ 为重金属来源绝对贡献量的平均值。

## 1.5 数据处理

本研究利用软件Origin 9对沉积物中的重金属含量进行描述性统计分析,利用软件IBM SPSS Statistics 22进行多元统计分析,在Excel软件中进行CRS模式和APCS-MLR模型的计算。



## 基于 APCS-MLR 模型的西洞庭湖沉积物重金属来源解析

李忠武<sup>1,2</sup>, 王磊<sup>1</sup>, 冉凤维<sup>1</sup>, 聂小东<sup>1</sup>, 王诗兰<sup>1</sup>, 肖林辉<sup>1</sup>, 金昌盛<sup>2</sup>, 陈佳<sup>2</sup>

(1. 湖南师范大学 地理科学学院, 湖南 长沙 410081; 2. 湖南大学 环境科学与工程学院, 湖南 长沙 410082)

# 1 材料和amp;方法

## 1.1 研究区概况

## 1.2 样品的布设和采集

## 1.3 样品的处理和分析

## 1.4 分析方法

## 1.5 数据处理

■ 说明试验的对象、条件、使用的材料、试验步骤等;

■ 或计算的过程、公式的推导、模型的建立等。



## 2.6 正文

### 结果 Results

- ① 结果部分应**逻辑清楚**，结果部分是一篇论文的论据，所以在资料 and 数据的编排使用上，要注意前后次序，层次分明，使之符合论文的思维逻辑，层层推进，前后照应，主次分清，因果关系明确，使读者易于明白。
- ② 对试验或观察结果的表达要**高度概括和提炼**，不能简单地将试验记录数据或观察事实堆积到论文中；
- ③ **要重点突出**，突出有科学意义和具代表性的数据，而不是没完没了地重复一般性数据
- ④ 对试验结果的叙述**要客观真实**，即使得到的结果与试验不符，也不可略而不述，而且还应在讨论中加以说明和解释；
- ⑤ 数据表达可采用**文字与图、表相结合**的形式；
- ⑥ **适当解释原始数据**，以帮助读者理解
- ⑦ 在原则上，**结果部分不要展开讨论**，以免与“讨论”部分相混同或重复。

## 基于 APCS-MLR 模型的西洞庭湖 沉积物重金属来源解析

李忠武<sup>1,2</sup>, 王磊<sup>1</sup>, 冉凤维<sup>1</sup>, 聂小东<sup>1</sup>, 王诗兰<sup>1</sup>, 肖林辉<sup>1</sup>, 金昌盛<sup>2</sup>, 陈佳<sup>2</sup>

(1. 湖南师范大学 地理科学学院, 湖南 长沙 410081; 2. 湖南大学 环境科学与工程学院, 湖南 长沙 410082)



## 0 引言

## 1 材料和方法

- 1.1 研究区概况
- 1.2 样品的布设和采集
- 1.3 样品的处理和分析
- 1.4 分析方法
- 1.5 数据处理

## 2. 结果和讨论

- 2.1 沉积速率和沉积年代的确定
- 2.2 沉积物重金属的含量及其分布特征
- 2.3 沉积物重金属来源解析

## 基于 APCS-MLR 模型的西洞庭湖 沉积物重金属来源解析

李忠武<sup>1,2</sup>, 王磊<sup>1</sup>, 冉凤维<sup>1</sup>, 聂小东<sup>1</sup>, 王诗兰<sup>1</sup>, 肖林辉<sup>1</sup>, 金昌盛<sup>2</sup>, 陈佳<sup>2</sup>

(1. 湖南师范大学 地理科学学院, 湖南 长沙 410081; 2. 湖南大学 环境科学与工程学院, 湖南 长沙 410082)

### 结果 Results



### 2.1 沉积速率和沉积年代的确定

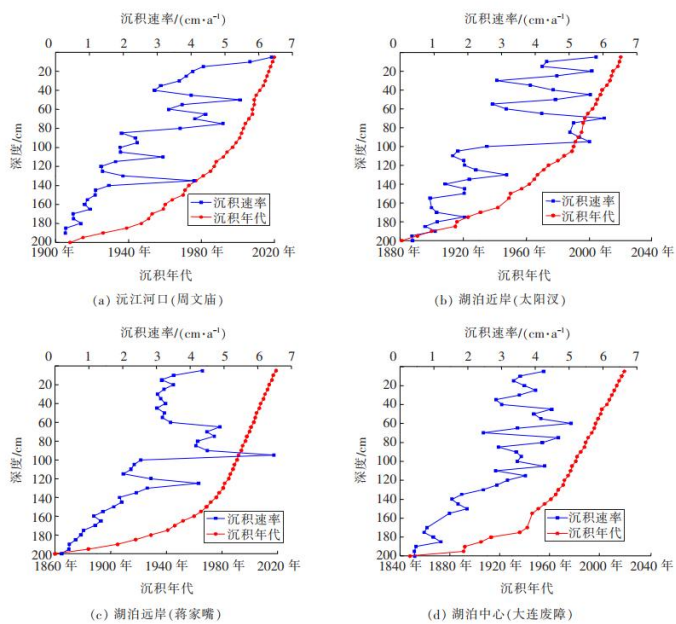
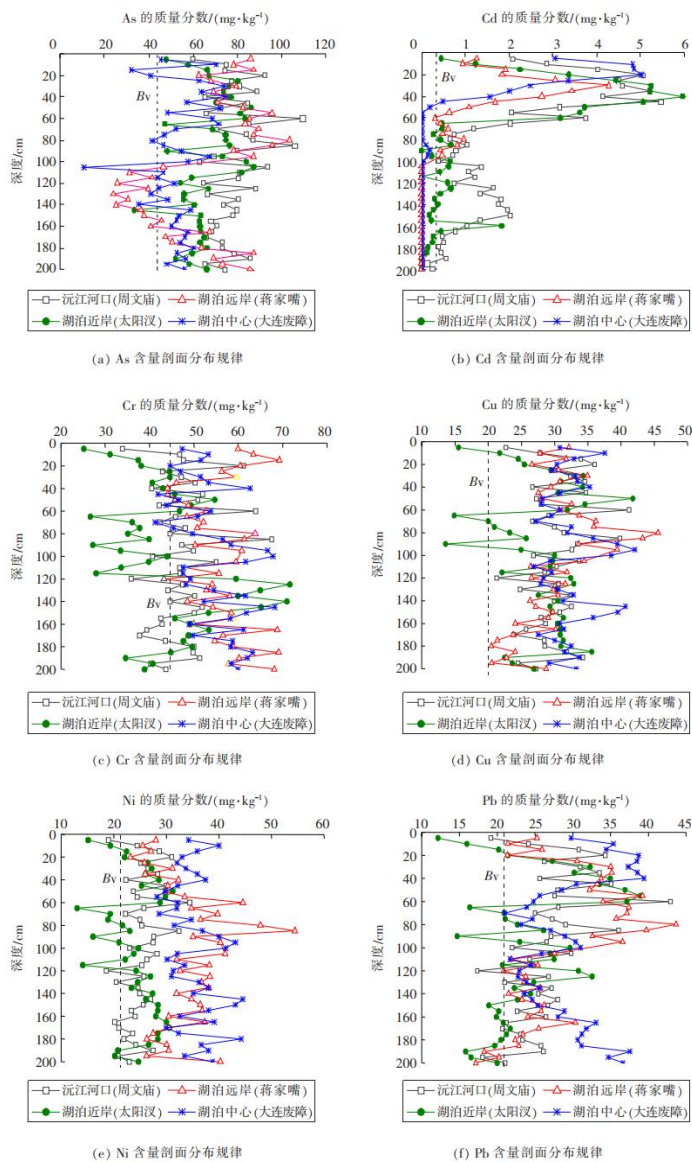


图2 西洞庭湖沉积物的沉积速率与沉积年代

Fig. 2 Sedimentation rate and age of sediments in West Dongting Lake

### 2.2 沉积物重金属的含量及其分布特征



### 2.3 沉积物重金属来源解析

表2 沅江河口(周文庙)沉积物重金属相关性分析

Table 2 Correlation analysis of heavy metals in sediments from Yuanjiang estuary (Zhouwenmiao)

重金属	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
As	1.000	—	—	—	—	—	—
Cd	0.292	1.000	—	—	—	—	—
Cr	0.870 **	0.298	1.000	—	—	—	—
Cu	0.872 **	0.390	0.896 **	1.000	—	—	—
Ni	0.859 **	0.460	0.876 **	0.965 **	1.000	—	—
Pb	0.834 **	0.608 **	0.829 **	0.908 **	0.922 **	1.000	—
Zn	0.531	0.921 **	0.548 **	0.630 **	0.685 **	0.779 **	1.000

注: \*\*表示在 0.01 水平(双尾)下,相关性显著。

表3 湖泊近岸(太阳汉)沉积物重金属相关性分析

Table 3 Correlation analysis of heavy metals in sediments from lake shore (Taiyangcha)

重金属	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
As	1.000	—	—	—	—	—	—
Cd	0.479	1.000	—	—	—	—	—
Cr	-0.060	0.021	1.000	—	—	—	—
Cu	0.460	0.418	0.671 **	1.000	—	—	—
Ni	0.384	0.351	0.689 **	0.900 **	1.000	—	—
Pb	0.668 **	0.665 **	0.412	0.717 **	0.563 **	1.000	—
Zn	0.599 **	0.920 **	0.244	0.629 **	0.546 **	0.819 **	1.000

注: \*\*表示在 0.01 水平(双尾)下,相关性显著。

表4 湖泊远岸(蒋家嘴)沉积物重金属相关性分析

Table 4 Correlation analysis of heavy metals in sediments from lake far-shore (Jiangjiazui)

重金属	As	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
As	1.000	—	—	—	—	—
Cd	0.372	1.000	—	—	—	—
Cu	0.461	0.251	1.000	—	—	—
Ni	0.146	-0.313	0.709 **	1.000	—	—
Pb	0.597 **	0.404	0.775 **	0.464	1.000	—
Zn	0.404	0.639 **	0.799 **	0.352	0.844 **	1.000

注: \*\*表示在 0.01 水平(双尾)下,相关性显著。

表5 湖泊中心(大连度障)沉积物重金属相关性分析

Table 5 Correlation analysis of heavy metals in sediments from lake center (Dalianfeizhang)

重金属	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
As	1.000	—	—	—	—	—	—
Cd	0.038	1.000	—	—	—	—	—
Cr	0.108	-0.258	1.000	—	—	—	—
Cu	0.277	0.072	0.682 **	1.000	—	—	—
Ni	0.217	0.001	0.779 **	0.871 **	1.000	—	—
Pb	0.331	0.585 **	0.206	0.213	0.243	1.000	—
Zn	0.250	0.897 **	0.024	0.324	0.248	0.737 **	1.000

注: \*\*表示在 0.01 水平(双尾)下,相关性显著。





## 2.6 正文

### 讨论 Discussion

在结果和结论之间，建议单独设置讨论环节。

具体内容可以但不限于以下几个方面：

① 对主要研究活动进行总结，并对主要的研究假设进行讨论；

② 结合相关文献，对研究结果进行解释和延伸推断；

③ 说明研究的条件范围和局限性，并以此来界定和强调研究发现的适用范围；

④ 对于将来研究的建议，或者如何将这些发现应用到实际中。

### 4 讨论

采用高强页岩陶粒制备的轻骨料混凝土，水胶比为0.43-0.28的混凝土试件，28天抗压强度达到30.4MPa-51.2MPa，可以满足结构混凝土的强度要求；各配比新拌混凝土的坍落度范围为260mm-285mm、坍落扩展度范围为660mm-765mm、坍落度扩展时间为T502.32s-5.96s，HHLC工作性能与相同水胶比的SCC基本相当，表明HHLC既有轻质、高强的特点，也有高流动性、高填充性等特点。

HHLC与相同强度等级的SCC和NC比较，HHLC早期收缩应变发展规律与SCC、NC基本一致，且HHLC的早期自生收缩应变与总收缩应变均明显小于相同强度等级的NC及SCC。本文分析认为，无论是自生收缩还是干燥收缩，都是由于混凝土内部相对湿度降低而引起的，在外部环境因素相同的条件下，骨料特性、水胶比及掺合料是影响HHLC内部相对湿度的关键因素<sup>[1]</sup>。HHLC配比中采用粗骨料为高强页岩陶粒，陶粒的筒压强度为6.5MPa，且1h吸水率3.2%，24h吸水率6.0%，属于吸水率相对较低的高强陶粒。高强陶粒对水泥浆体的变形约束与普通骨料相当，而陶粒的吸水率要高于普通砂石骨料，陶粒在水化早期吸水膨胀及在水化过程中补水效应对混凝土具有内养护作用，因此HHLC的早期自生收缩应变与总收缩应变要明显小于SCC及NC。文献<sup>[9]</sup>所研究的轻骨料混凝土中，骨料采用24h吸水率为4.0%、筒压强度为6.0MPa的膨胀页岩陶粒，骨料特性与本文HHLC采用的骨料特性相似，其研究结果也认为轻骨料混凝土早期收缩变形始终小于SCC和普通混凝土(NC)，至6个月时三者有接近趋势。因此可以认为高强页岩陶粒制备的轻骨料混凝土早期体积稳定性要优于普通骨料制备的自密实混凝土(SCC)和普通混凝土(NC)。

粉煤灰是高性能混凝土常用矿物掺合料，一般为粉煤灰的“形态效应”起到了滚珠轴承与解絮的作用，减小混凝土内部骨料之间、浆体与骨料之间的内摩擦阻力，改善混凝土的和易性与流动性<sup>[23]</sup>。在本文的试验中HHLC和SCC混凝土配比中均掺入了优质粉煤灰，粉煤灰掺量为20%-35%不等，普通混凝土(NC)中没有掺粉煤灰。试验结果表明，各配比的HHLC和SCC的坍落度均大于260mm，坍落扩展度也均在660mm以上，而普通混凝土(NC)的坍落度为75mm，坍落扩展度为270mm，因此，优质粉煤灰对混凝土工作性能的提高非常显著。试验还表明，粉煤灰

对混凝土的早期收缩变形及抗压强度也有重要影响。当粉煤灰掺量从20%增加到35%时，混凝土28d总收缩应变降低29.9%，28d抗压强度降低14.1%，且当粉煤灰掺量大于25%后，新拌混凝土的坍落度、坍落扩展度及坍落度扩展时间T<sub>50</sub>等工作性能指标变化不大，但混凝土抗压强度却显著降低，因此HHLC中粉煤灰掺量建议不超过25%，如图7。

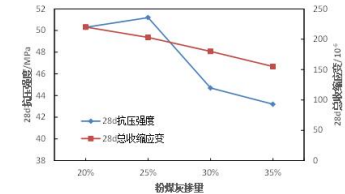


图7 粉煤灰掺量对HHLC28d抗压强度及总收缩应变的影响

Figure 7 Effect of fly ash content on 28d compressive strength and total shrinkage strain of HHLC

在HHLC的早期收缩应变中，自生收缩应变占比较小，外干燥失水引起的干燥收缩占比较大。相同强度等级的HHLC50、SCC50及NC50比较，自生收缩占总收缩的比值分别为28.5%、50.0%、63.0%，表明HHLC总收缩应变主要表现为外干燥失水引起的干燥收缩。水胶比对HHLC早期总收缩应变影响显著，但对早期自生收缩变形影响不大。由于陶粒在水化早期的补水内养护效果及陶粒吸水后微膨胀的原因，HHLC因内干燥引起的自生收缩得到缓解与抑制。本文试验中水胶比分别为0.28、0.33、0.43的HHLC试件28d自生收缩应变分别为57.0×10<sup>-6</sup>、50.0×10<sup>-6</sup>、40.0×10<sup>-6</sup>，水胶比越小自生收缩越大，但变化不大。在干燥环境下，水胶比越小，外干燥失水导致混凝土内部相对湿度下降越快，HHLC干燥收缩也越大，因此，水胶比对HHLC早期干燥收缩应变影响显著。

我国的现行规范中混凝土的收缩计算采用的是MC90模型，MC90模型用于计算HHLC的收缩变形误差在11.4%~25.4%之间，矿物掺合料及骨料特性是误差产生的主要原因，试验结果表明轻骨料对混凝土收缩的影响主要发生在早期(7d前)，因此有必要对早期(7d前)的收缩时间发展函数 $\beta_1(t-t_0)$ 进行修正，修正函数用 $k_c(t)$ 表示，MC90修正后对HHLC也具有较好的适用性。



## 2.6 正文

### 讨论 Discussion

一篇好文章的“讨论”部分，要做到言之有物、言之有理、言之有力！而且力度要恰到好处，才能引人入胜。

“讨论”的重点在于**对研究结果的解释和推断**，并说明作者的结果是否支持或反对某种观点、是否提出了新的问题或观点等。讨论的内容主要有：

- ① **回顾研究的主要目的或假设**，并探讨所得到的结果是否符合原来的期望？如果没有的话，为什么？
- ② **概述最重要的结果**，并指出其是否能支持先前的假设以及是否与其他学者的结果相互一致；如果不是的话，为什么？
- ③ **对结果提出说明、解释或猜测**；根据这些结果，能得出何种**结论或推论**？
- ④ **指出研究的限制以及这些限制对研究结果的影响**；并建议进一步的研究题目或方向；
- ⑤ 指出**结果的理论意义**（支持或反驳相关领域中现有的理论、对现有理论的修正）和实际应用。



## 2.7 结论 (Conclusions)

结论是“从前提推论出来的判断”，是由事实和逻辑推理证明的，是结果的归宿和发展，不应是正文中各段小结的简单重复，**不能用结果代替结论**。

结论**主要内容**是对研究的主要发现和成果进行概括总结，让读者对全文的重点有一个深刻的印象，应完整、准确、简洁地指出：

- ① 指出**结果所揭示的原理及普遍性**；
- ② 指出**研究中有无发现例外或尚难解释、难于解决的问题**；
- ③ 指出**研究与先前已经发表过的研究工作的异同**；
- ④ 指出**论文在理论与实用上的意义与价值**；
- ⑤ 指出**研究对进一步深入研究本课题的建议**；
- ⑥ **应与Introduction应遥相呼应**。



## 2.8 参考文献 (References)

**示例：** 参考文献著录，请采用中国的国家标准。

- [1] 祝建华,吕茂丰,查旭东,等. 钢丝网加筋新老路面结合部抗拓宽路基差异沉降的数值模拟[J].长沙理工大学学报(自然科学版),2021,18(04):1-8.
- [2] 侯月航.对M住宅工程返工问题的案例研究[D].济南:山东建筑大学,2020.
- [3] 中国石油和化学工业协会.塑料-燃烧性能的测定-水平法和垂直法:GB/T 2408-2008[S].北京:中国标准出版社,2009.
- [4] 沙庆林.高速公路沥青路面早期破坏现象及预防[M].北京:人民交通出版社,2008:185-204.
- [5] 杨文志.科技社团学术交流动机及其机制创新[C]//学术交流经验交流暨理论研讨会文集.北京:中国科学技术协会,2006:3-16.
- [6] 冯西桥.核反应堆压力容器的LBB分析[R].北京:清华大学核能与新能源技术研究所,1997.
- [7] 姜锡洲.一种温热外敷药制备方案:中国,88105607.3 [P].1989-07-26.
- [8] 江成.贯彻可持续发展理念构建绿色交通运输体系[N].中国交通报,2020-07-01(2).
- [9] 王世萱,朱武.冷热电联产型微网规划研究综述[J/OL].电测与仪表.[2020-06-10]. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/23.1202.TH.20200610.1536.008.html>.

外文参考文献：外国人的姓要移前面，全部大写，名只留大写首字母，姓和名之间空格不加逗号，篇名只有首字大写。

- [1] SANTOS R L T, MACDONALD C, OUNIS I. Aggregated search result diversification[C]//International Conference on Advances in Information Retrieval Theory.Berlin: Springer, 2011: 250-261.

文献类型和标识代码	
文献类型	标识代码
普通图书	M
会议录	C
汇编	G
报纸	N
期刊	J
学位论文	D
报告	R
标准	S
专利	P
数据库	DB
计算机程序	CP
电子公告	EB
档案	A
舆图	CM
数据集	DS
其他	Z



( GB/T 7714-2015 信息与文献 参考文献著录规则 )

ICS 01.140.20  
A 14



中华人民共和国国家标准

GB/T 7714—2015  
代替 GB/T 7714—2005

信息与文献 参考文献著录规则

Information and documentation—Rules for bibliographic references  
and citations to information resources  
赛格图书 正版现货

(ISO 690:2010, Information and documentation—Guidelines for  
bibliographic references and citations to information resources, NEQ)

2015-05-15 发布

2015-12-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布  
中国国家标准化管理委员会



《长沙理工大学学报（自科版）》  
网站及投审稿系统

03

## 课间讨论1



《长沙理工大学学报（自科版）》  
微信公众号



## 课间讨论1



《长沙理工大学学报(自科版)》  
网站及投稿系统



### 结果、讨论和结论的关系

01

**结论**：结论是基于结果和讨论得到的：结论是由事实(结果)和逻辑推理(讨论)证明的，是结果的归宿和发展。

结论高于结果：**结论一般性和普遍性的，结果是在特殊条件下得到的。**

02

**结果**：结果是“**在一定阶段事物发展的最后状态**”，是在特定材料、设备、试验条件、计算条件、边界条件下的**特定的最后状态**，是调研、试验、计算、观察取得的数据，尤其是研究后的新发现、新成果及其价值。**结果是结论的前提和基础。**

03

**讨论**：讨论是结果和结论之间的桥梁：只有经过讨论才能将作为特定的最后状态的结果，上升为原理性和普遍性的结论。**结果是论据，结论是论点，讨论是论证过程。**

# 04

## 科技论文的规范表达

- 文字
- 表
- 图
- 公式



## 4.1 科技论文的文字特点

### 特点:

- 1、言简意赅。
- 2、逻辑清晰。
- 3、朴素自然。
- 4、规范使用科技名词和术语。

### 常见问题:

- 1、句子**成分缺失**、**句式杂糅**;
- 2、文字不精练、**信息重复**;
- 3、口语化严重、**词不达意**;
- 4、文章结构不清、**逻辑混乱**;
- 5、使用不常见的句式、**语句造作**;
- 6、科技**术语不规范**;
- 7、科技名词和术语**前后不统一**。

系数,确定预加固设计方案。【结论】对于类似边坡,应预加固再开挖。预加固措施优先推荐脉动灌浆方式,提高边坡的整体稳定性。采用3排孔、孔排距2 m、孔深8 m的布孔方案后,边坡安全系数可达到1.5以上,与直接开挖相比,有效降低了边坡垮塌的风险,研究成果可供类似工程参考。

该源

关键词:渠道土质边坡;稳定性分析;锚固支护;灌浆预加固;不合理开挖

要。装载方案考虑不科学、预制构件运输效率不同都会使运输成本增加。因此,如何选择、优化PC构件的装载方案是控制装配式混凝土建筑增量成本的重要因素。

措施 环节

### 3.4 控制对策

2020年至2025年逐渐趋于平稳;将公交分担率提升至53%后,交通拥挤程度在2020年后呈下降趋势,可见公交分担率53%比43%效果更佳。

### 2.4 多措施组合分析

的治堵

混合料的累积耗散能比常规密水混合料的增大了30.5%。界面区是沥青混凝土结构中的薄弱环节。由于骨料界面处气孔的存在,会造成局部的结构疏松。此外,界面区还是沥青混凝土结构中最容易被侵蚀的部位。界面区域的薄弱连接,使混凝土

因而

1.城市生活垃圾(municipal solid waste, MSW)不仅会对环境造成严重污染,同时也会制约社会的稳定及经济的发展。

(词语搭配不当)改为:

城市生活垃圾(municipal solid waste, MSW)不仅会对环境造成严重污染,也会影响社会的稳定,制约经济的发展。





## 4.2 科技论文的图

科技期刊中插图可大致分两大类，即**线条图**和**照片图**。

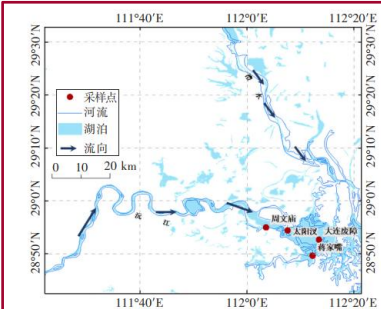
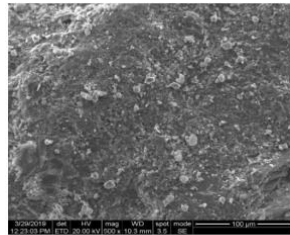
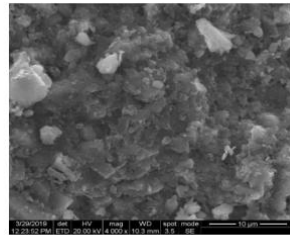


图1 研究区域采样点分布图

Fig. 1 Map of study area sampling sites



(a) 放大 500 倍



(b) 放大 4 000 倍

图2 机制砂电镜图

Fig. 2 Electron microscope images of machine-made sand

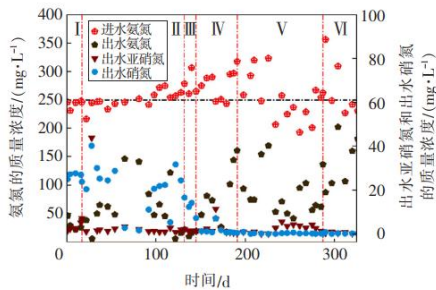


图2 长期连续运行条件下进出水氮素含量的变化

Fig. 2 Variation of nitrogen concentration in process inlet and outlet water under long-term continuous operation

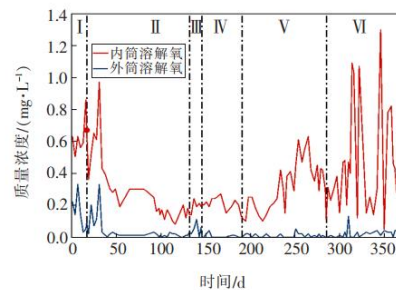


图4 长期连续运行条件下溶解氧含量的变化

Fig. 4 Changes in dissolved oxygen concentration in the process under long-term continuous operation

◆**1. 图序**：即插图的序号。图序应按先后从1开始用阿拉伯数字连续编号，如“图1”、“图2”等。

◆**2. 图题**：即插图的名称。图题应准确得体，能准确反映主题的特定内容，具有专指性，让读者一目了然，快速了解插图信息。

◆**3. 纵、横坐标**：纵、横坐标上的标目应齐全，标目应采用量/单位的形式，如 $(TC/\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1})$ 。图中的量、单位、符号、缩略词等必须与正文一致。1条坐标轴上至少写出3个标值，标值要等距。

◆**4. 自明性**：即只看图、图题和图例，不阅读正文，就可理解图意。

◆**5. 图注**：必要时，应将图上的符号、标记、代码，以及试验条件等，用最简练的文字，居中横排于图与图题之间，作为图注说明。图注说明文字应力求简洁准确，所选用的名词术语一定要与正文中所使用的相一致。

◆**6. 图的位置**：要先见文字后见插图。在与图相呼应的词语如“见图×”或“(见图×)”或“如图×所示”之下。

◆**7. 其他**：照片图要求主要显示部分的轮廓清晰，层次分明，反差适中，无杂乱的背景。实物照片涉及尺寸者应附有表示目的物尺寸大小的标度。



## 4.2 科技论文的图

自然资源部网站发布了**标准地图服务**  
( <http://bzdt.ch.mnr.gov.cn/> )



图 1 洞庭湖北部地区各垸分布图

Fig. 1 Distribution map of polders in the northern part of Dongting Lake Area

**图的自明性：**

只看图、图题和图例，不阅读正文，就可理解图意。

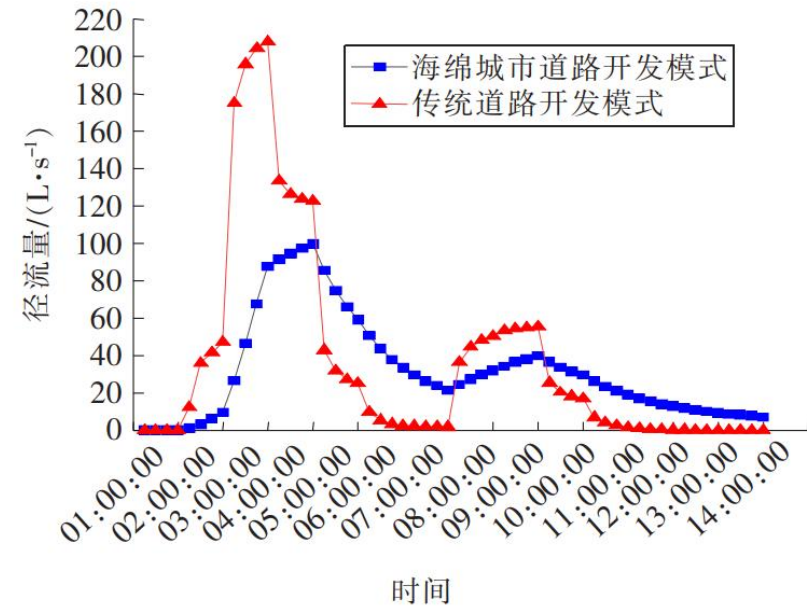


图 10 两种开发模式下雨水径流的对比

Fig. 10 Comparison of rainwater runoff under two development modes



## 4.3 科技论文的表

表格是科技论文**记录数据或事物分类**等的有效表达方式，具有**简洁、清晰、准确**的特点，同时表的**逻辑性和对比性**又很强，在科技文献中被广泛采用。

1. 是否具有**科学性和自明性**；
2. **量和单位、数字表示是否规范**；
3. 顶线、底线、栏目线、辅助线是否合理、标准、清晰；
4. 表格的内容及形式与文字叙述是否衔接吻合，搭配是否合理。

表 2 密度及吸水率试验结果

Table 2 Test results of density and water absorption

集料类型	粒径/mm	毛体积相对密度	吸水率/%
MSWI 底渣	2.36~4.75	1.847	9.83
	4.75~9.5	2.028	7.68
机制砂	2.36~4.75	2.684	0.42
	4.75~9.5	2.693	0.38

**1.表序：**即表的序号。表序应按先后从1开始用阿拉伯数字连续编号，如“表1”、“表2”等。

**2.表题：**即表的名称。表题是对表中特定内容的高度概括，应**准确得体、简短精练**，让读者一目了然。

**3.自明性：**即只看表和表题，不阅读正文，就可理解表的意思。

**4.表注：**表注是对表中某些内容的注释补充，或对整个表格作的总体说明。

**5.表的位置：**要先见文字后见表。在与表相呼应的词语如“见表×”或“(见表×)”或“如表×所示”之下。

**6.中、英文表题要对应，且与正文描述一致**

表 5 湖泊中心(大连废障)沉积物重金属相关性分析

Table 5 Correlation analysis of heavy metals in sediments from lake center (Dalianfeizhang)

重金属	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
As	1.000	—	—	—	—	—	—
Cd	0.038	1.000	—	—	—	—	—
Cr	0.108	-0.258	1.000	—	—	—	—
Cu	0.277	0.072	0.682 * *	1.000	—	—	—
Ni	0.217	0.001	0.779 * *	0.871 * *	1.000	—	—
Pb	0.331	0.585 * *	0.206	0.213	0.243	1.000	—
Zn	0.250	0.897 * *	0.024	0.324	0.248	0.737 * *	1.000

注：\* \* 表示在 0.01 水平(双尾)下,相关性显著。



## 4.3 科技论文的表

### 三线表：

表 8 不同层次沉积物重金属来源的绝对贡献率

Table 8 Absolute contribution of heavy metal sources of different sediment levels %

重金属	表层			中层			底层		
	自然源	人为源	未知源	自然源	人为源	未知源	自然源	人为源	未知源
As	3.90	48.00	48.10	55.30	6.10	38.60	1.50	40.40	58.10
Cd	95.20	4.80	0.00	29.30	70.70	0.00	27.50	49.30	23.20
Cr	30.60	55.80	13.60	72.00	3.10	24.90	51.70	21.30	27.00
Cu	45.40	35.20	19.40	81.90	17.40	0.70	71.90	2.80	25.30
Ni	50.50	17.60	31.90	99.10	0.90	0.00	66.30	33.70	0.00
Pb	66.50	25.40	8.10	82.20	17.80	0.00	87.10	1.70	11.20
Zn	53.00	12.90	34.10	73.10	26.90	0.00	84.40	15.60	0.00

**表的自明性：**即只看表和表题，不阅读正文，就可理解表的意思。

表 1 洞庭湖表层水体与其他湖泊表层

水体微塑料污染对比

Table 1 Comparison of microplastic pollution between surface water of Dongting Lake and that of other lakes

地点	国家	微塑料丰度/ (items · m <sup>-3</sup> )	参考文献
东洞庭湖	中国	900.00~2 800.00	[12]
西洞庭湖	中国	433.00~1 500.00	[11]
南洞庭湖	中国	367.00~1 567.00	[11]
东洞庭湖	中国	293.00	[22]
太湖	中国	3 400.00~25 800.00	[25]
波尔塞纳湖	意大利	0.82~4.42	[26]
秋士湖	意大利	2.68~3.36	[26]
北湖	中国	8 925.00	[27]
洪湖	中国	1 250.00~4 650.00	[12]
跃进湖	中国	7 050.00	[28]



## 4.4 科技论文的公式

### 1、变量用斜体，非变量用正体：

- 斜体**：变量（量符号、函数）、坐标轴、几何意义的点线面、生物属和种的拉丁学名，特征数（如雷诺数 $Re$ ，韦伯数 $We$ ，马赫数 $Ma$ 等）；
- 黑斜体**（加粗斜体）：矩阵、矢量、向量，张量。
- 正体**：特殊函数（ $\sin$ ， $\exp$ ， $\lg$ ， $\text{erf}$ ， $\max$ ，贝塞尔函数，勒让德函数等）、值不变的常数（自然对数的底 $e$ ，圆周率 $\pi$ ，虚数 $i$ ）、运算符号（微分 $d$ ，偏微分，变分 $\delta$ ，优先增量符号 $\Delta$ ，求和 $\Sigma$ ，连乘）、单位、词头，以及有特定意义的缩写字（转置符号 $T$ ，实部 $Re$ ，虚部 $Im$ ，直角三角形 $Rt\Delta$ ，角边角 $ASA$ ，边边边 $SSS$ ）。
- 上下标**：上下标是解释说明，用正体；上下标是变量的函数或者本身也是变量，用斜体。

### 2、所有第一次出现的物理量均需说明。

### 3、量符号之间不要相互冲突，同一个符号不能表示不同的物理量。

### 4、公式需使用MathType或Equation Editor 3.0创建，不得使用word默认的Office Math ML创建。

### 5、多字母缩略术语，如WPI、CPI、COD等，不论正体或斜体，亦不论是否含有下标，均不应用来代替量的符号。标准化的做法是按有关规则将它们分别改写为主符号为单个斜体字母的量符号，用这些设定的量符号代替缩略词。

$$B_{(0)} = \int_0^{\infty} C dm \quad (1)$$

$$B = \int_m^{\infty} C dm \quad (2)$$

$$t = \frac{1}{\lambda} \ln \frac{B_{(0)}}{B} \quad (3)$$

$$r = \lambda \frac{B}{C} \quad (4)$$

式中： $B_{(0)}$ 为表层到底层 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 比活度的积分和； $m$ 为深度； $C$ 为深度 $m$ 处 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 的比活度； $B$ 为某时间点及之前 $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ 比活度的积分和； $t$ 为沉积时间； $\lambda$ 为 $^{210}\text{Pb}$ 的衰变常数； $r$ 为沉积速率。

# 05

## 投稿、发表和学术道德

- 投稿
- 发表
- 学术道德



# 5.1 科技论文的投稿

## 第一步：选刊

<http://muchong.com/bbs/journal.php>



小亦嘉 版块导航 客户端APP下载 考博/论文辅导 请输入用户名/关键字 帖子 搜索

SCI期刊检索 研究方向 热门期刊 最新点评 我的收藏的期刊 我点过的期刊 查看参考文献

SCI期刊介绍

期刊数量整理来源于网络资料, 包括 SCI 收录核心期刊、核心期刊、期刊收录数据库等进行更新, 我们坚持为国内科研人员提供免费动力为己任, 但愿相关机构, 我们不是提供期刊论文的数据库, XCR期刊收录数据供大家参考, 造成不便, 敬请谅解。

按首字母查看

按期刊ISSN: 研究方向: SCI期刊名: 搜索

根据研究方向查看 (查看全部研究方向)

工程与材料(1240)	化学科学(890)	生命科学(892)	材料科学(734)
信息科学(714)	医学科学(458)	地球科学(417)	无机非金属材料(404)
机械工程(389)	有机高分子材料(352)	金属材料(329)	物理化学(329)
计算机科学(323)	化学工程及工业化学(308)	有机化学(299)	物理学(289)
无机化学(286)	自动化(244)	工程物理与能源利用(281)	材料科学与电气工程(279)
环境化学(276)	数学(268)	分子科学(257)	电子学与信息系统(257)
分析化学(237)	力学(232)	冶金与矿业(202)	微生物学(194)
地理学(176)	凝聚态物理: 电子结构, 电学, 磁学 (174)	计算机模拟(165)	水利科学与海洋工程(164)
工程物理化学交叉领域(160)	无机非金属材料: 无机非金属材料(158)	生态学(157)	电气工程(155)
无机材料化学(153)	生物物理, 生物化学与分子生物学(152)	其他无机非金属材料(150)	无机非金属材料(149)
药理学(148)	功能与智能高分子(146)	管理综合(144)	环境化学(140)
有机合成或药物化学(136)	能源化工(130)	其他无机非金属材料(136)	复合材料与复合材料(136)
有机高分子功能材料(134)	污染控制化学(136)	地学(132)	无机纳米化学(132)
管理科学与工程(131)	机械动力学(132)	物理学(130)	光学(121)
催化(120)	光学和光子学(131)	机械工程(118)	地球科学(112)
模式识别(110)	控制理论与控制(118)	食品科学(108)	地球物理学(112)
金属材料(106)	应用分子化学与物理(109)	高分子合成材料(106)	信号理论与信号处理(108)
金属材料: 金属科学与工程(104)	有机合成(104)	材料科学(102)	无机材料(105)
制造系统与自动化(100)	理论与计算化学(100)	金属材料(99)	环境科学(100)
复合材料与超材料(96)	纤维(94)	超分子材料(90)	固体与界面化学(98)
金属材料: 力学行为(88)	生物医学与分子材料(88)	高分子功能材料(86)	金属材料(105)
金属材料(86)	可再生与替代能源利用: 工程热物理(85)	材料科学(85)	材料科学(85)
计算机应用(81)	光谱分析(81)	环境化学(76)	微纳机电系统(76)
高分子物理与高分子化学(74)	电化学分析(74)	金属材料: 微观结构(72)	色谱分析(72)



<https://www.letpub.com/index.php?page=journalapp&view=search#>

LetPub Your Manuscript Editor

My Account Submit My Manuscript Languages

Services Quality Partnerships About Us Resources

Scientific Journal Selector

Search by: Journal Name Subject Area Category IF Range Browse All

Journal name: Please input the journal name Sort By: CiteScore SEARCH



### JournalFinder

Elsevier选刊系统：  
<https://journalfinder.elsevier.com/>



JournalFinder Find Journals About FAQ

Find journals

Enter title and abstract of your paper to easily find journals that could be best suited for publishing. JournalFinder uses smart search technology and field-of-research specific vocabularies to match your paper to scientific journals.

More on how it works

Paper title: Enter your paper title here

Paper abstract: Enter your paper abstract here (Don't have an abstract?)

Keywords: Enter relevant keywords for your paper (Maximum 5,000 characters)

Field of research: Select field of research

Refine your search

### SPRINGER NATURE Journal suggester

springer选刊系统：  
<https://journalsuggester.springer.com/>



We've recently redesigned this page. To help us improve this service for you, please take our survey. No thanks

SPRINGER NATURE journal suggester

Personalized recommendation: Our journal matching technology finds relevant journals based on your manuscript details

Over 2,500 Journals: Search all Springer and BMC journals to find the most suitable journal for your manuscript

Author choice: Easily compare relevant journals to find the best place for publication

Enter your manuscript details to see a list of journals most suitable for your research.

Manuscript title: [Input field]

Manuscript text: [Input field]

Subject area: Please select

Refine your recommendations

Suggest journals



## 5.1 科技论文的投稿（以Elsevier期刊投稿为例）

<https://www.editorialmanager.com/intpla/default1.aspx>



### 第二步：准备相关文件：

#### 1. Manuscript

务必仔细按照编辑部提供的模板撰写。重要的事情说三遍！一定要**美观工整！美观工整！美观工整！**，

#### 2. Cover Letter

就是写给编辑的一段话，说明你文章的创新点以及资金的支持来源。

#### 3. Title page：论文标题、作者署名、机构、通讯作者。

#### 4. Highlights：亮点和创新点，3-5条。

#### 5. Graphic Abstract

图形化的摘要，可以让读者快速地理解你的故事。

#### 6. Figure

论文中使用的各图（一定要是**矢量图**，eps等）。

### 第三步：注册账号和填写相关信息

就是写给编辑的一段话，说明你文章的创新点以及资金的支持来源。

### 第四步：以作者身份登入期刊，进入投稿流程：

大部分学术期刊有开办了杂志官网和在线投稿系统，在线投稿，方便编辑审阅，也方便作者能及时了解论文投稿进度。

International Journal of **Plasticity** Editorial Manager

HOME • LOGIN • HELP • REGISTER • UPDATE MY INFORMATION • JOURNAL OVERVIEW  
MAIN MENU • CONTACT US • SUBMIT A MANUSCRIPT • INSTRUCTIONS FOR AUTHORS • POLICIES

Not logged in.

Welcome to Editorial Manager® for  
**International Journal of Plasticity**

Insert Special Character

Please Enter the Following

Username: zhaob\_m-y@163.com  
Password: .....

Author Login Reviewer Login Editor Login Publisher Login

Or Login via: What is ORCID?

Send Login Details Register Now Login Help

**NEW: Login via ORCID**  
Please note that in addition to logging in via your EM username and password, you can now also log into this journal **using your ORCID username and password**. Visit our [Support Hub page](#) for further support.





## 5.1 科技论文的投稿（以Elsevier期刊投稿为例）

### 关于Highlights

1. highlights表述论文的主要成果或结论，是论文的精髓。
2. 创新点当然是highlights，但highlights不仅限于创新点，还可以是包括文章的特色和亮点。
3. 每篇文章可列出3-5条highlights。
4. 每条highlights不能超过85个字符，包括空格。
5. highlights方便专家快速审稿，
6. highlights有利于文章提高引用率。



View PDF Download Full Issue

 Additive Manufacturing  
Volume 34, August 2020, 101378 

Research Paper

Simultaneous enhancement of strength, ductility, and hardness of TiN/AlSi10Mg nanocomposites via selective laser melting

C. Gao<sup>a, b</sup>, W. Wu<sup>a</sup>, J. Shi<sup>b</sup>, Z. Xiao<sup>a, c</sup>, A.H. Akbarzadeh<sup>b, d</sup>

[Show more](#) ▾

+ Add to Mendeley  Share  Cite

<https://doi.org/10.1016/j.addma.2020.101378> [Get rights and content](#)

Highlights

- A novel TiN/AlSi10Mg composite powder preparation method is implemented.
- The SLM processibility is improved after TiN nanoparticles addition.
- Ultrafine grains with disappeared preferred texture are obtained.
- TiN/AlSi10Mg composite parts show simultaneously enhanced strength and ductility.
- TiN/AlSi10Mg composite can be applied in advanced architected lattice materials.



## 5.1 科技论文的投稿（以Elsevier期刊投稿为例）

### 第五步：具体投稿流程

1. 选择论文类型：一般是research Article.
2. 输入论文题目
3. 依次添加所有作者
4. 输入论文摘要
5. 输入关键字：一般是5~10个
6. 选择稿件类型
7. 接下来的额外信息，一般是默认的，建议自己看看
8. **comments** 和 **request editor**可以直接跳过，当然有建议也可以写
9. 最后一般就是上传文件：**attach files**
10. 生成pdf文件
11. 最后以指定的通讯作者的账号登入，检查上传的论文
12. 如果检查论文正确，则**I accept**，并且**Approve Submission**

TRANSPORTATION Editorial Manager®

HOME • LOGIN • HELP • REGISTER • UPDATE MY INFORMATION • JOURNAL OVERVIEW  
MAIN MENU • CONTACT US • SUBMIT A MANUSCRIPT • INSTRUCTIONS FOR AUTHORS • PRIVACY

Not logged in.

Transportation

Please Enter the Following

Username: zhaob\_m-y@163.com  
Password: .....

Author Login Reviewer Login Editor Login Publisher Login

Or Login via: What is ORCID?

Send Login Details Register Now Login Help Manuscript Services

Please note: This journal has moved to our new editorial submission system. Do not submit new submissions on this site. Please click [here](#) to access the new submission site, also for any Special Issues or Collections.

Manuscripts already submitted (revisions) are being handled by our existing system.

Software Copyright © 2022 Aries Systems Corporation.  
[Aries Privacy Policy](#) | [Data Use Privacy Policy](#)

[About this Publication](#)  
[Instructions For Authors](#)  
[Author Tutorial](#)  
[Reviewer Tutorial](#)  
[System Requirements](#)  
[Register](#)  
[Contact Us](#)

<https://www.editorialmanager.com/port/default1.aspx#opennewwindow>





## 5.1 科技论文的投稿（以Elsevier期刊投稿为例）

### 一、常见审稿状态

#### 1. Manuscript Submitted ( Submitted to journal ) :

论文投稿成功。接下来初审：查重、检查论文格式，符合要求的文章会分配给期刊编辑进行处理。

#### 2. Awaiting admin processing :

等待责任编辑处理。在编辑审稿前，助手负责审查稿件是否齐全，不齐全的话则立即要求作者按要求补充相关材料。

#### 3. Editor Invited :

这个阶段不是所有的期刊都有，表示论文已经转给编辑，正在等待编辑接受。

#### 4. With Editor :

编辑已经接受负责处理论文，已经初步看过论文，如果他认为论文适合期刊，就会送交同行评审；

#### 5. Reviewer Invited :

编辑已经送出审稿邀请，等待审稿人接受中。有时候，这个状态可能会维持好一段时间后又变回「With Editor」，这有可能是审稿人拒绝审稿，编辑需要再另外找审稿人。

#### 6. Under Review ( Peer review ) :

审稿人正在审稿。这个过程一般需要1-2个月。如果被邀请审稿人取消审稿，编辑会重新邀请别的审稿人。

#### 7. Required Reviews Complete :

表示审稿意见已经返回，等编辑处理。若还需要邀请其他审稿人进行审稿，此时，系统的状态就有可能再度变成「Under Review」。

#### 8. Decision in Process :

表示编辑正在根据审稿意见文章进行决策。一般会在几天之内收到通知。

#### 9. Reject :

拒稿，著名杂志拒稿率可达90%。

#### 10. Major revision :

大修，不一定意味着接受。提示审稿人评价较好，有机会被接受。

#### 11. Minor revision :

小修，原则上会接受稿件，仍需虚心接受审稿人的意见，进行一对一的修改。

#### 12. Revised Manuscript Submitted :

意味着作者已经递交修改稿。

#### 13. Accept :

接受稿件。



## 5.1 科技论文的投稿（以《长沙理工大学学报（自科版）》为例）



《长沙理工大学学报（自科版）》  
网站及投稿系统

### 作者登录

The screenshot shows the homepage of the Journal of Changsha University of Science and Technology (Natural Science Edition). The header includes the journal's name in Chinese and English, along with social media icons. A navigation menu is located below the header. The main content area features a '2022年第1期' (Issue 1, 2022) section with a '数据库收录' (Database Collection) button. A list of featured articles is displayed, including titles like '基于混合模型汽车结构耐撞性的可靠性优化设计' and '桩基动力学模型参数反演识别方法'. A '封面文章 2022年第1期' (Cover Article) section shows the journal cover with the title 'Multi-scale research on mechanical characteristics of asphalt bridge damage of asphalt mixtures'. On the right side, there are four buttons: '作者登录' (Author Login), '审稿人登录' (Reviewer Login), '编辑登录' (Editor Login), and '用户注册' (User Registration).

The login form is titled '作者登录' (Author Login) and offers two options: '邮箱或账号登录' (Login with email or account) and '手机登录' (Login with mobile phone). The '邮箱或账号登录' section contains three input fields: '邮箱或账号' (Email or account) with the placeholder '请输入邮箱或账号!', '密码' (Password) with the placeholder '请输入密码!', and '验证码' (Verification code) with the placeholder '请输入验证码!' and a '8LDN' image. There is a '记住状态' (Remember status) checkbox and a '忘记密码?' (Forgot password?) link. A large green '立即登录' (Login immediately) button is at the bottom.



## 5.2 学术道德:

### 国家科技计划实施中科研不端行为处理办法 (试行)

(科技部令第11号)

### 《国家科技计划实施中科研不端行为处理办法》科技部 2006年

### 《科技工作者科学道德规范(试行)》中国科协 2007年

· 护理研究 2008年1月第22卷第1期中旬版(总第238期) ·

· 95 ·

#### · 科研道德 ·

编者按:鉴于目前科研学术领域出现的一些学术不端行为,本刊特刊出2007年1月16日中国科协七届三次常委会审议通过《科技工作者科学道德规范(试行)》,以引起广大护理人员的高度重视。

#### 科技工作者科学道德规范(试行) (2007年1月16日中国科协七届三次常委会审议通过)

**第一章 总则**

第一条 为弘扬科学精神,加强科学道德和学风建设,提高科技工作者创新能力,促进科学技术的繁荣发展,中国科学技术协会根据国家有关法律制定《科技工作者科学道德规范》。

第二条 本规范适用于中国科学技术协会所属全国学会、协会、研究会会员及其他科技工作者。

第三条 科技工作者要坚持科学真理,尊重科学规律,崇尚严谨求实的学风,勇于探索创新,恪守职业道德,维护科学诚信。

第四条 科技工作者应以发展科学技术事业,繁荣学术思想,推动经济社会进步,促进优秀科技人才成长,普及科学技术知识为使命。以国家富强,民族振兴,服务人民,构建和谐社会为己任。

**第二章 学术道德规范**

第五条 进行科学研究应参考相关文献,了解相关研究成果,在发表论文或以其他形式报告科研成果中引用他人观点时必须尊重知识产权,如实标注。

第六条 尊重研究对象(包括人类和非人类研究对象)。在涉及人体的研究中,必须保护受试人合法权益和个人隐私并保障知情同意权。

第七条 在课题申报、项目设计、数据资料的采集与分析、公布研究成果,确认科研工作类与人员的贡献等方面,遵守诚实守信原则。对已发表研究成果中出现的错误和失误,应以适当的方式予以公开和承认。

第八条 诚实守信与他人合作。热心诚恳地对待学术批评和质疑。

第九条 公开研究成果,统计数据等,必须实事求是,完整准确。

第十条 健康、真实数据确保有诚信和准确性,保证实验记录和数据的完整、真实和安全,以备考查。

第十一条 对研究成果做出实质性贡献的专业人员拥有著作权。仅对研究项目进行一般性管理或辅助工作者,不享有著作权。

第十二条 合作完成成果,应根据对研究成果的贡献大小的顺序署名(有署名顺序规定的除外)。署名人应对本人作出贡献的部分负责,发表前应由本人审阅并署名。

第十三条 科研新成果在学术期刊或学术会议上发表前(含合同限制的除外),不应先向媒体或公众发布。

第十四条 不得利用科研活动谋取不正当利益。正确对待科研活动中存在的直接、间接或潜在的利益关系。

第十五条 科技工作者有义务向公众传播科学技术知识,传播科学思想,科学方法。应杜绝与事实不符的科技事件,及时科技事件进行新闻炒作。

第十六条 抵制一切违反科学道德的研究活动。如发现研究工作存在弊端或危害,应自觉暂缓或调整甚至终止,并向相关部门报告。

第十七条 在研究生和青年研究人员的培养中,应传授科学道德准则和行为规范,选拔学术带头人 and 有关科技人才,应将科学道德与学风作为重要依据之一。

**第三章 学术不端行为**

第十八条 学术不端行为是指,在科学研究和学术活动中,的各种造假、抄袭、剽窃和其他违背科学共同体惯例的行为。

第十九条 故意篡改实验数据,捏造数据或培养、操纵原始数据的完整性,篡改实验记录和数据,在项目申报、发表中,虚报和捏造中造假的数据,提供虚假获奖证书、论文发表证明、文献引用证明等。

第二十条 侵犯或捏造他人著作权,故意省略参考他人出版物,抄袭他人作品,篡改他人作品的内容;未经授权,利用自己掌握的文献或资料中未发表的信息,将他人未公开的作品或研究计划发表或透露给他人或为已所用;把成果归功于对研究没有贡献的人;将对研究工作做出实质性贡献的人排除在作者名单之外;借他人名义发表或合著者身份。

第二十一条 成果发表时一稿多投。

第二十二条 滥用不正当手段干扰和妨碍他人研究活动,包括故意贬低或压制他人研究活动中必需的仪器、文献资料,以及其他与科研有关的财物;故意拖延他人项目或成果的审查、评价时间,或提出无法证明的论断;对竞争项目或结果的审查设置障碍。

第二十三条 参与或与他人合谋隐瞒学术不端行为,监督失职,以及对投诉人打击报复。

第二十四条 参加与自己专业无关的评审及审稿工作;在各自项目评审、机构评估、出版或研究报告审阅、奖项评定时,出于直接、间接或潜在的利益冲突而作出违背客观、准确、公正的评价;绕过评审组织机构与评价对象直接接触,收取评审对象的馈赠。

第二十五条 以学术团体、专家的名义参与商业广告宣传。


**第四章 学术不端行为的监督**

第二十六条 中国科学技术协会科技工作者道德与权益专门委员会负责科学道德与学风建设的宣传普及,监督所属全国学会及会员,相关科技工作者执行科学道德规范情况,建立全国学术诚信档案,对涉及学术不端行为的个人进行记录,向中国科学技术协会通报。

第二十七条 调查学术不端行为应遵循合法、客观、公正原则。应尊重和保障当事人的正当权益,对当事人提供必要的保护。在调查过程中,应确保学术不端行为的认定。

第二十八条 中国科学技术协会科技工作者道德与权益专门委员会接受社会监督,对学术不端行为的投诉,委托相关学术、组织等部门进行事实调查,提出处理意见。

Languages 微言教育 无障碍浏览



## 中华人民共和国教育部

Ministry of Education of the People's Republic of China

当前位置: 首页 > 公开

信息名称: 教育部关于严肃处理高等学校学术不端行为的通知

信息索引: 360A13-04-2009-0076-1 生成日期: 2009-03-19 发文机构: 中华人民共和国教育部

发文字号: 教社科〔2009〕3号 信息类别: 教育综合管理

内容概述: 为进一步加强高等学校学风建设,惩治学术不端行为,教育部制定了关于严肃处理高等学校学术不端行为的通知。

### 教育部关于严肃处理高等学校学术不端行为的通知

教社科〔2009〕3号

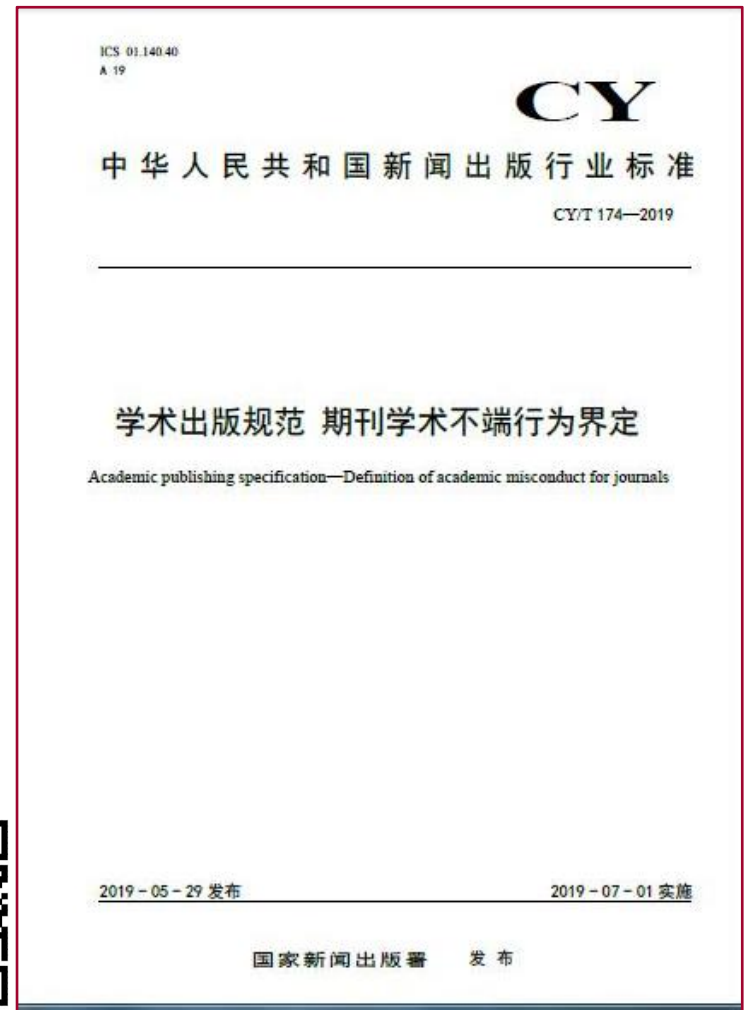
## 《关于严肃处理高等学校学术不端行为的通知》教育 部2009年



## 5.3 学术道德： 论文作者学术不端行为类型

### 1、剽窃：

- 1.1 **观点剽窃：**不加引注或说明地使用他人的观点，并以自己的名义发表。
- 1.2 **数据剽窃：**不加引注或说明地使用他人已发表文献中的数据，并以自己的名义发表。
- 1.3 **图片和音视频剽窃：**不加引注或说明地使用他人已发表文献中的图片和音视频，并以自己的名义发表。
- 1.4 **研究（实验）方法剽窃：**不加引注或说明地使用他人具有独创性的研究（实验）方法，并以自己的名义发表。
- 1.5 **文字表述剽窃：**不加引注地使用他人已发表文献中具有完整语义的文字表述，并以自己的名义发表。
- 1.6 **整体剽窃：**论文的主体或论文某一部分的主体过度引用或大量引用他人已发表文献的内容。
- 1.7 **他人未发表成果剽窃：**未经许可使用他人未发表的观点，具有独创性的研究（实验）方法，数据、图片等，或获得许可但不加以说明。





## 5.3 学术道德：

### 论文作者学术不端行为类型

#### 2、伪造：

- a) 编造不以实际调查或实验取得的数据、图片等。
- b) 伪造无法通过重复实验而再次取得的样品等。
- c) 编造不符合实际或无法重复验证的研究方法、结论等。
- d) 编造能为论文提供支撑的资料、注释、参考文献。
- e) 编造论文中相关研究的资助来源。
- f) 编造审稿人信息、审稿意见

#### 3、篡改：

- a) 使用经过擅自修改、挑选、删减、增加的原始调查记录、实验数据等，使原始调查记录、实验数据等的本意发生改变。
- b) 拼接不同图片从而构造不真实的图片。
- c) 从图片整体中去除一部分或添加一些虚构的部分，使对图片的解释发生改变。
- d) 增强、模糊、移动图片的特定部分，使对图片的解释发生改变。
- e) 改变所引用文献的本意，使其对己有利。

ICS 01.140.40  
A 19

CY

中华人民共和国新闻出版行业标准

CY/T 174—2019

学术出版规范 期刊学术不端行为界定

Academic publishing specification—Definition of academic misconduct for journals

2019-05-29 发布

2019-07-01 实施

国家新闻出版署 发布





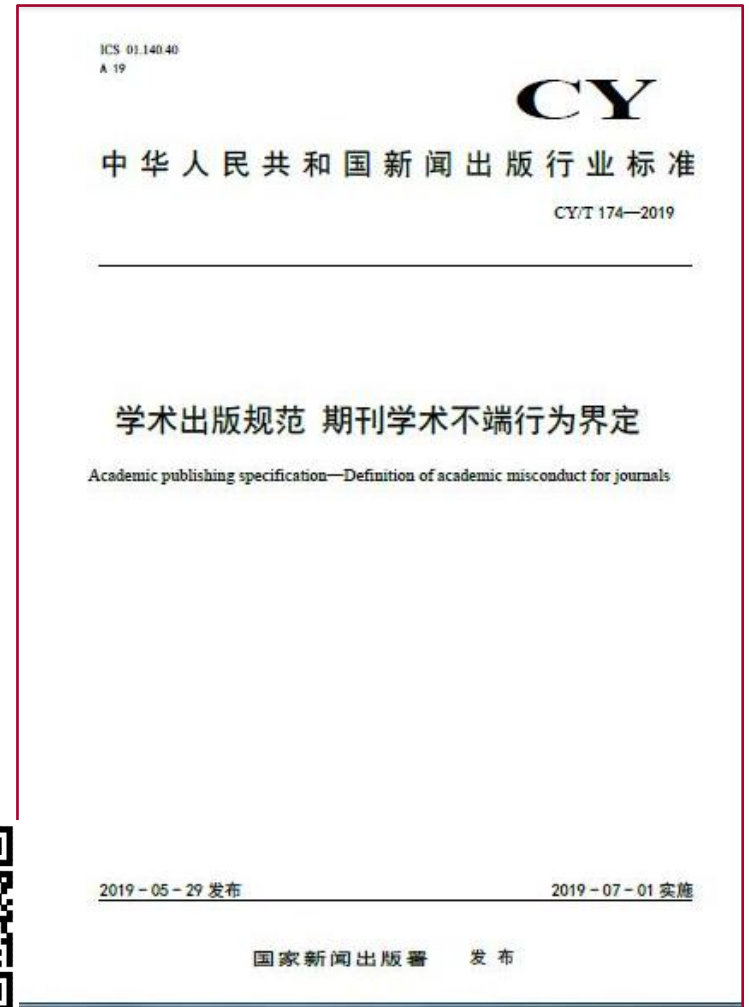
## 5.3 学术道德： 论文作者学术不端行为类型

### 4、不当署名：

- a) 将对论文所涉及的研究有实质性贡献的人排除在作者名单外。
- b) 未对论文所涉及的研究有实质性贡献的人在论文中署名。
- c) 未经他人同意擅自将其列入作者名单。
- d) 作者排序与其对论文的实际贡献不符。
- e) 提供虚假的作者职称、单位、学历、研究经历等信息。

### 5、一稿多投：

- a) 将**同一篇论文同时投给多个期刊**。
- b) 在首次投稿的约定回复期内，将论文再次投给其他期刊。
- c) 在未接到期刊确认撤稿的正式通知前，将稿件投给其他期刊。
- d) 将只有微小差别的多篇论文，同时投给多个期刊。
- e) 在收到首次投稿期刊回复之前或在约定期内，对论文进行稍微修改后，投给其他期刊。
- f) 在不做任何说明的情况下，将自己（或自己作为作者之一）已经发表论文，原封不动或做些微修改后再次投稿。





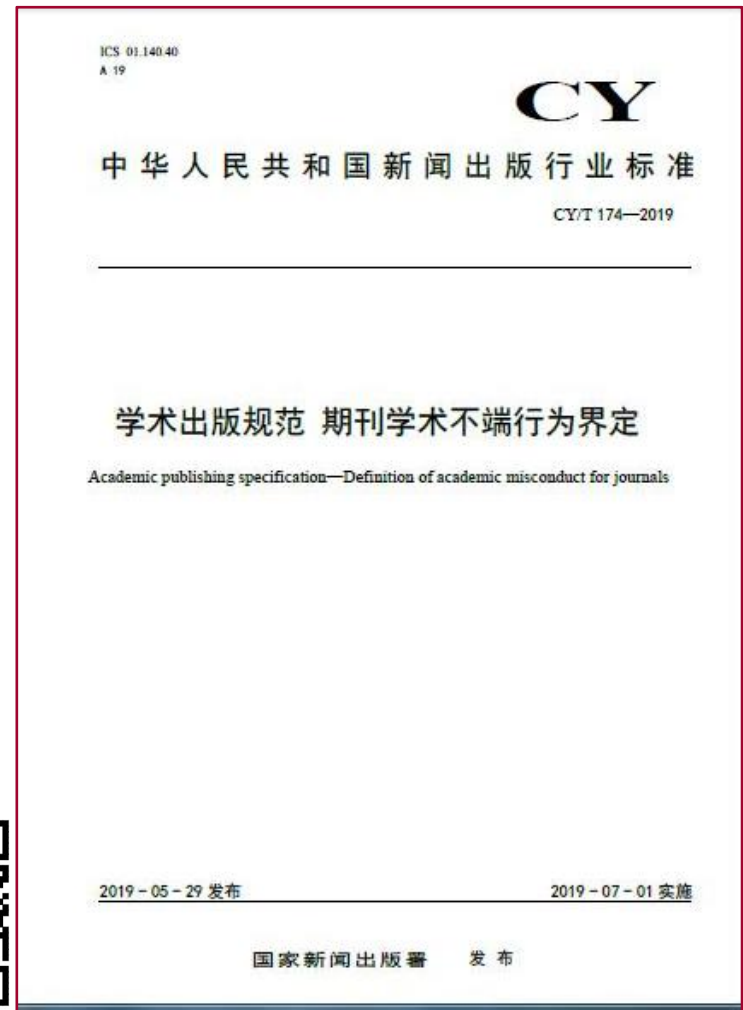


## 5.3 学术道德：

### 论文作者学术不端行为类型

#### 6、重复发表：

- a) 不加引注或说明，在论文中使用自己（或自己作为作者之一）已发表文献中的内容。
- b) 在不做任何说明的情况下，摘取多篇自己（或自己作为作者之一）已发表文献中的部分内容，拼接成一篇新论文后再次发表。
- c) 被允许的二次发表不说明首次发表出处。
- d) 不加引注或说明地在多篇论文中重复使用一次调查、一个实验的数据等。
- e) 将实质上基于同一实验或研究的论文，每次补充少量数据或资料后，多次发表方法、结论等相似或雷同的论文。
- f) 合作者就同一调查、实验、结果等，发表数据、方法、结论等明显相似或雷同的论文





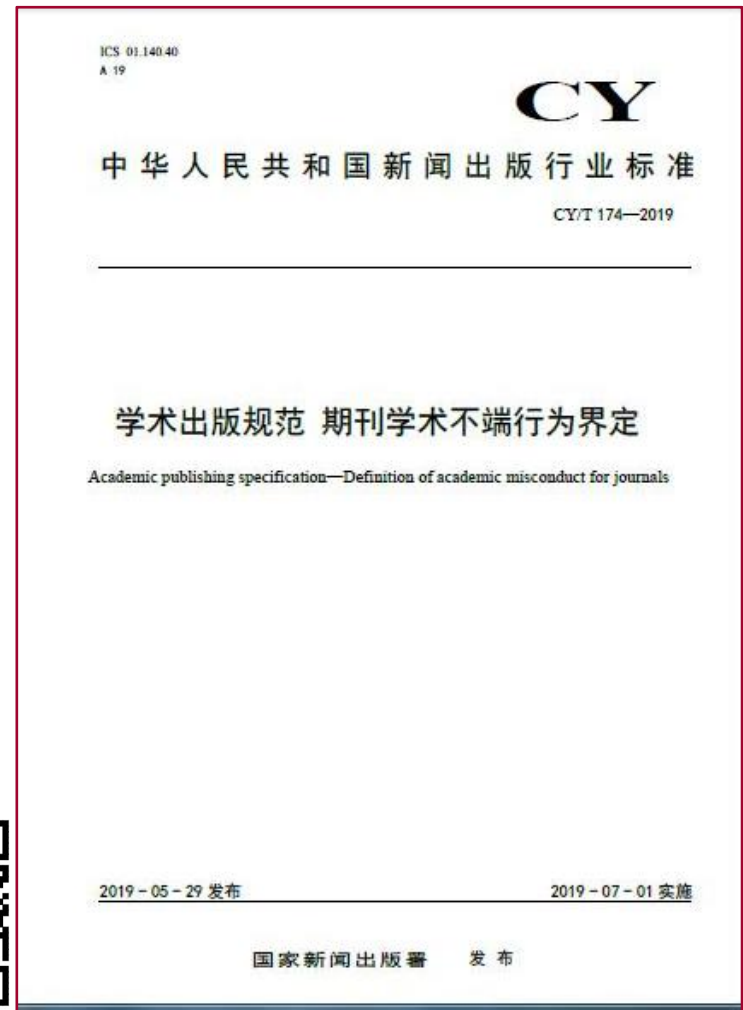
## 5.3 学术道德：

### 论文作者学术不端行为类型

#### 7、违背研究伦理：

论文涉及的研究未按规定获得伦理审批，或者超出伦理审批许可范围，或者违背研究伦理规范，应界定为违背研究伦理。违背研究伦理的表现形式包括：

- a) 论文所涉及的研究未按规定获得相应的伦理审批，或不能提供相应的审批证明。
- b) 论文所涉及的研究超出伦理审批许可的范围。
- c) 论文所涉及的研究中存在不当伤害研究参与者，虐待有生命的实验对象，违背知情同意原则等违背研究伦理的问题。
- d) 论文泄露了被试者或被调查者的隐私。
- e) 论文未按规定对所涉及研究中的利益冲突予以说明



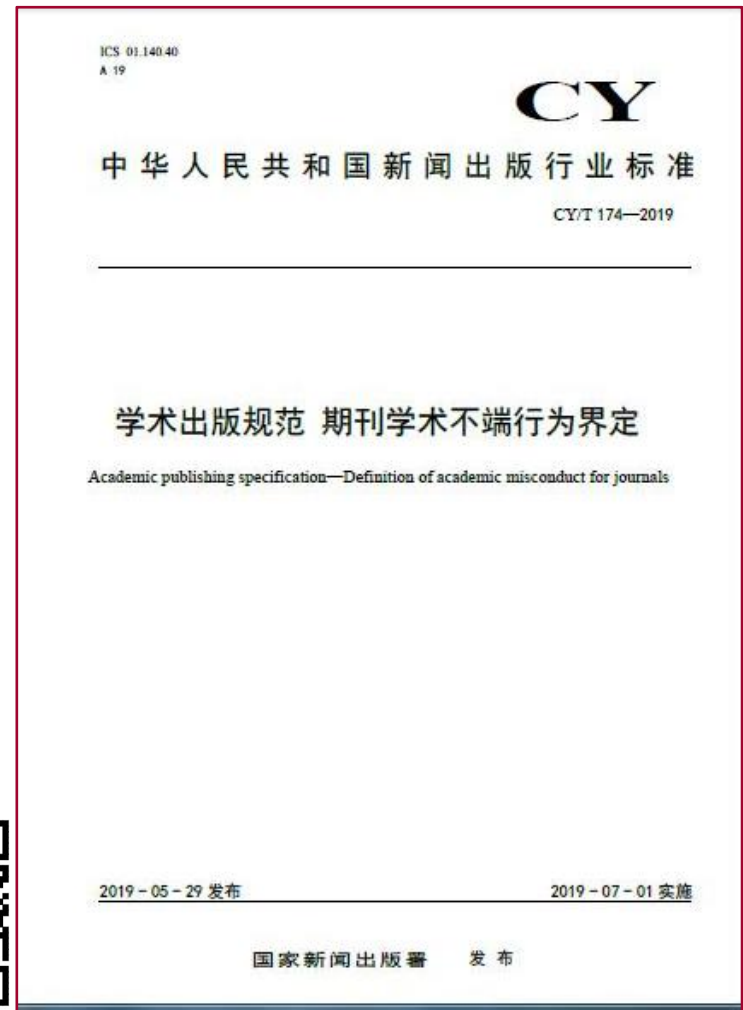


## 5.3 学术道德：

### 论文作者学术不端行为类型

#### 8、其他学术不端行为：

- a) 在参考文献中加入实际未参考过的文献。
- b) 将转引自其他文献的引文标注为直引，包括将引自译著的引文标注为引自原著。
- c) 未以恰当的方式，对他人提供的研究经费、实验设备、材料、数据、思路、未公开的资料等，给予说明和承认（有特殊要求的除外）。
- d) 不按约定向他人或社会泄露论文关键信息，侵犯投稿期刊的首发权。
- e) 未经许可，使用需要获得许可的版权文献。
- f) 使用多人共有版权文献时，未经所有版权者同意。
- g) 经许可使用他人版权文献，却不加引注，或引用文献信息不完整。
- h) 经许可使用他人版权文献，却超过了允许使用的范围或目的。
- i) 在非匿名评审程序中干扰期刊编辑、审稿专家。
- j) 向编辑推荐与自己有利益关系的审稿专家。
- k) 委托第三方机构或者与论文内容无关的他人代写、代投、代修。
- l) 违反保密规定发表论文。





《长沙理工大学学报（自科版）》  
网站及投审稿系统

06

## 课间讨论2



《长沙理工大学学报（自科版）》  
微信公众号



# 6.1 从新手到发表

## 好文章是改出来的

- 1、从初稿到最后发表历时一年；
- 2、前后修改不下50稿。

### Thermal buckling analysis of microbeams based on modified gradient elasticity

Thermal buckling analysis of microbeams based on modified gradient elasticity.....1

1. Introduction.....1

1.1 Background and objectives of the paper.....1

1.2 Review and comment of the study of thermal buckling of micro-scaled structures based on higher order continuum theories.....1

1.3 Outline of the paper.....2

2. Formulation and solution methodology.....3

2.1 Review of modified gradient elasticity (MGE).....3

2.2 Governing equation for thermal buckling of a Bernoulli-Euler beam.....3

2.3 Solution of thermal buckling problem.....5

3. Results and Discussion.....5

3.1 Case 1: hinged-hinged beam problem.....6

3.2 Case 2: clamped-hinged beam problem.....7

3.3 Case 3: clamped-clamped beam problem.....8

4. Conclusion.....9

References.....9

#### 1. Introduction

**1.1 Background and objectives of the paper**  
Microbeams is widely used in the micro-electromechanical systems (MEMS) such as those in sensors [N.A. Hall, M. Okandan, F.L. Degertekin, 2006; Y. Moser, M.A.M. Gijs, 2007] and actuators [E.S. Hung, S.D. Senturia, 1999; M.P. De Boer, D.L. Luck, W.R. Ashurst, et al. 2004]. In these applications, the influence of thermal buckling on the microbeam can't be ignored [Nateghi A, Salamat-talab M, 2007; Yang Q, Lin CW, 2012; Lin L, Chiao M, 1998]. Various researches indicate that the size effect is significant in the Thermal buckling analysis of microbeams [Nateghi A, Salamat-talab M, 2007; Wang YZ, Lia FM, Kishimoto K, 2010; Jia XL, Ke LL, Feng CB, Yang J, Kitipornchai S, 2015]. Because of the failure of describing the size effect by the classical elasticity theory, many higher-order continuum theories are used to consider size effects in the thermal buckling analysis [Nateghi A, Salamat-talab M, 2013; Yang Q, Lin CW, 2012; Wang YZ, Lia FM, Kishimoto K, 2010; Mohammadi H, Mahzoon M, 2013; Ansari R, Gholami R, Faghhi Shojaei M, 2013].

**1.2 Review and comment of the study of thermal buckling of micro-scaled structures based on higher order continuum theories**  
One of the most important higher-order continuum theories was proposed by Mindlin [Mindlin RD, 1962; Mindlin RD, 1964; RD, Mindlin, 1965], which considers the first and the second derivatives of the strain tensor effective on the strain energy density. After that, Mindlin's formulation [RD, Mindlin, 1965] was extended by Fleck and Hutchinson [N.A. Fleck, J.W. Hutchinson, 1993; N.A. Fleck, J.W. Hutchinson, 1997], the couple stress theory (CST) and the strain gradient theory (SGT) are proposed. And then later, the modified couple stress theory (MCST) was elaborated by Yang et al. [Yang, Chong, Lam, and Tong, 2002] in which strain energy density includes symmetric rotation gradient tensors besides symmetric strain tensor, the modified strain gradient theory (MSGT) was introduced by Lam et al. [D.C.C. Lam,

### Thermal buckling analysis of micro-beams based on modified gradient elasticity

Bing Zhao<sup>a,\*</sup>, Jian Chen<sup>a</sup>, Tao Liu<sup>a,\*</sup>, Wenbao Song<sup>a</sup>, Jianxin Zhang<sup>b,c</sup>  
<sup>a</sup> Department of Mechanics, School of Civil Engineering, Changsha University of Science and Technology, Changsha 410114, P.R. China<sup>\*</sup>  
<sup>b</sup> Department of Bridge Engineering, School of Civil Engineering, Changsha University of Science and Technology, Changsha 410114, P.R. China<sup>\*</sup>  
<sup>c</sup>

**ABSTRACT** To investigate the thermal buckling of the micro-beams, a new thermal buckling model based on modified gradient elasticity (MGE) for Bernoulli-Euler beam is proposed by using the variational principle. The new model can be simplified to that of the classical Bernoulli-Euler beam model when the internal length scales vanish. Three numerical examples including all of boundary conditions, i.e. the hinged-hinged boundary condition, the clamped-hinged boundary condition and the clamped-clamped boundary condition, are solved by a numerical method. The size effect of  $\Delta T_{cr}$  can be captured by the new model, i.e., the smaller the beam size is, the bigger the critical temperature rise of buckling  $\Delta T_{cr}$  is. The difference of  $\Delta T_{cr}$  in different theory (i.e. the modified gradient elasticity, MGE; the modified strain gradient theory, MSG; and the modified couple stress theory, MCS) is discussed. The influence of  $l_i$  (the internal length scale along the beam thickness direction) on  $\Delta T_{cr}$  is much greater than that of  $l_x$  (the internal length scale along the beam length direction).

**Keywords:** Thermal buckling; Micro-beam; Bernoulli-Euler beam; Modified gradient elasticity; Size effect.

#### 1. Introduction

Micro-beams form the backbone of a wide range of devices in the micro-electro-mechanical systems (MEMS), including resonators [F. L. Guo, G. A. Rogerson, 2003; M. Rostiani, A. Karim, Mohammadi, 2017], sensors [Hassani, F. Arab, Tsuchiya, et al., 2013; N. Markovic, T. Nestorovic, D. Stolic, 2015], actuators [N. Markovic, T. Nestorovic, D. Stolic, 2015; S.F. Griffin, W.K. Chan, D.J. Climgman, et al. 2016] and atomic force microscope probes [J. Nabeth, S. Chigullonali, A. Alexeenko, 2011]. With the development of aerospace engineering, petroleum exploration, environmental inspections and so on, MEMS devices are expected to be used in high extreme temperature environment, the buckling of micro-beams under the temperature rise need to make an in-depth study [Yang Q, Lin CW, 2012; O. Zaidieh, S. Kim, 2016]. In spite of that the size effect is found to be of great significance in the thermal buckling analysis of micro-beams [Jia XL, Ke LL, Feng CB, Yang J, Kitipornchai S, 2015], the size effect is failed to be described by the classical elasticity theory. Therefore, many higher-order continuum theories are used to consider size effects in the thermal buckling analysis [Yang Q, Lin CW, 2012; Mohammadi H, Mahzoon M, 2013; X. Chen, Y. Li, 2018].

As one of the most important higher-order continuum theory, the classical couple stress elasticity theory was originated by Mindlin, Toupin and Koiter in 1960s and contains four material constants (two classical and two additional) for isotropic elastic materials [Mindlin RD, 1962; Mindlin RD, 1964; R.D. Mindlin, 1965; R.A. Toupin, 1962; W.T. Koiter, 1964]. Some related research works had been performed to model the behaviors of micro-beams based on the classical couple stress theory [A. Athanoulas, 2000; S.J. Zhou, Z.Q. Li, 2001; X. Kang, Z.W. Xi, 2007]. Since 1993, Fleck and Hutchinson extended and reformulated the classical couple stress theory, and proposed the couple stress theory (CST) and the strain gradient theory (SG), in which two additional higher-order material length scale parameters are introduced for couple stress theory and three additional higher-order material length scale parameters are introduced for stretch and rotation gradient theory [N.A. Fleck, J.W. Hutchinson, 1993; N.A. Fleck, J.W. Hutchinson, 1997; N.A. Fleck, J.W. Hutchinson, 2001; V.F. Soldatos, N.A. Fleck, 1996]. Based on CS and SG, the buckling model of the Bernoulli-Euler micro-beam, Timoshenko micro-beam and functionally graded materials (FGM) micro-beam are studied greatly [K.A. Lazopoulos, 2010; Li X, Li L, Hu Y, et al., 2017; Saba Tabaei Yazdskubi, S, 2017]. On the other hand, several studies have been performed to investigate the thermal effect on mechanical responses of beams. For examples, Buckling of beams made of FGM under various types of thermal loading was performed by Y. Kiani and M.R. Eslami [Y. Kiani, M.R. Eslami, 2010], temperature change plays more important role in the buckling behavior of FGM micro-beams with higher values of dimensionless length scale parameter was presented by S. Sahmani and R. Ansari [S. Sahmani, R. Ansari, 2013]. Thermal buckling analysis of FGM micro-beams with longitudinal crack was studied by Yiming Fu et al. [Yiming Fu, 2013]. The post-buckling behavior and the micro-scale effects of a new extended Timoshenko beam was studied by R. Ansari, M. Faghhi Shojaei, F. Ebrahimi, et al. [R. Ansari, M. Faghhi Shojaei, F. Ebrahimi, et al., 2015]. Influence of a uniform thermo-mechanical loading on buckling and free vibration of a curved FGM Timoshenko beam was investigated by O. Rahmani, S. A. H. Hosseini, I. Ghoyatzi, et al. [O. Rahmani, S. A. H. Hosseini, I. Ghoyatzi, et al., 2016]. However, in view of the difficulties of determining higher order material length scale parameter for materials by experiments, developing a non-classical theory with less additional parameters was desirable.

In 2002, a modified couple stress theory (MCS) had been elaborated by Yang et al., in which constitutive

ORIGINAL

Chengyun Long · Bing Zhao<sup>\*</sup> · Jian Chen · Tao Liu · Xulong Peng · Hui Peng · Xinhua Yang

## A size-dependent thermal buckling model for micro-beams based on modified gradient elasticity



龙承运

### Thermal buckling analysis of micro-beams based on modified gradient elasticity

Chengyun Long<sup>a</sup>, Bing Zhao<sup>a,\*</sup>, Jian Chen<sup>a</sup>, Wenbao Song<sup>a</sup>, Hui Peng<sup>b,c</sup>  
<sup>a</sup> Department of Mechanics, School of Civil Engineering, Changsha University of Science and Technology, Changsha 410114, P.R. China<sup>\*</sup>  
<sup>b</sup> Department of Bridge Engineering, School of Civil Engineering, Changsha University of Science and Technology, Changsha 410114, P.R. China<sup>\*</sup>  
<sup>c</sup>

**Abstract** To investigate the thermal buckling of the micro-beams, a new thermal buckling analysis model based on the modified gradient elasticity (MGE) for Bernoulli-Euler beam is proposed by using the variational principle. The new model can be simplified to the classical Bernoulli-Euler beam model when the internal length scales vanish. The critical buckling temperature rise  $\Delta T_{cr}$  of MGE Bernoulli-Euler beam on all of boundary conditions are investigated by three numerical examples. According to the experiment results, the value of internal length scales of epoxy resin micro-beam is determined. By comparing to the modified strain gradient theory (MSG) and the modified couple stress theory (MCS), it confirmed that size effect of micro-beam for thermal buckling can be well captured by the new model, i.e., the smaller the beam size is, the bigger critical buckling temperature rise  $\Delta T_{cr}$  is. The increment of  $\Delta T_{cr}$  is mainly controlled by strain gradient along thickness direction for slender beams. The choices of higher-order boundary conditions has little influence on the critical buckling temperature rise  $\Delta T_{cr}$  with increase of ratio of length to thickness ( $L/h$ ) and internal length scales to thickness ( $l/h$ ).

#### 1 Introduction

Micro-beams form the backbone of devices in the micro-electro-mechanical systems (MEMS), including micro-switch [1, 2], micro-resonators [3, 4], resonant micro-sensors [5] and micro-grippers [6]. With the development of aerospace engineering, petroleum exploration, environmental inspections and so on, MEMS devices are often applied in the high extreme temperature environment. The influence of temperature change on the buckling behavior of micro-beams is great and necessitates an in-depth study [7]. In spite of that the size effect is found to be of great significance in the thermal buckling analysis of micro-beams [7, 8], size effect cannot be described by the classical elasticity theory. Therefore, many higher-order continuum theories are developed to consider size effect in the thermal buckling analysis [7, 9, 10].

As one of the most important higher-order continuum theory, the classical couple stress theory was originated by Mindlin, Toupin and Koiter in 1960s [11-13] and contains four material constants (two classical and two additional) for isotropic elastic materials. Some related research works had been performed to model the behaviors of micro-beams based on the classical couple stress theory [14, 15]. In 2002, by introducing an equilibrium condition of moments of couples to force the couple stress tensor to be symmetric, a modified couple stress theory (MCS) had been elaborated by Yang et al., in which constitutive equations involve only one additional internal length scale besides two classical material constants [16]. Based on MCS, some related research works are developed. For example, buckling of composite laminated Bernoulli-Euler and Timoshenko micro-beams was studied by Mohammad Abadi et al. [17]. Jia et al. analyzed thermal-mechanical-electrical buckling of FGM micro-beams with temperature-dependent thermo-elastic properties [18]. Mohammad Abadi et al. [19] analyzed the thermal effect on size-dependent buckling of composite laminated micro-beams by using a new method. Tao et al. [20] studied the size-dependent composite laminated micro-beams in thermal environment based on a new modified couple stress theory. It is worth noting that the equilibrium of the moment of couples is introduced as an additional equation for the couple stresses in MCS, that is the couple stress tensor must be symmetric. However, Haddadpourfar and Darvazeh [21] came to a contrary conclusion that the couple stress tensor is of the skew-symmetric character.

Another important higher-order continuum is the strain gradient elasticity theory. The more general strain gradient elasticity theory is proposed by Mindlin in 1964 to describe the linear elastic behavior of micro-structures, in which 16 additional internal length scales for isotropic materials in addition to two Lamé constants are involved [22]. For practical purposes, Mindlin and Eshel [23] further formulated strain gradient elasticity theory in 1968, utilizing only two material and five internal length scales in the final constitutive relation. Based on Mindlin's strain gradient elasticity theory, the buckling models of the Bernoulli-Euler micro-beam, Timoshenko micro-beam and functionally graded materials (FGM) micro-beam are studied greatly [24-26], and several studies have been performed to investigate the thermal effect on mechanical responses of micro-beams [27-29]. In these beam models, there are five additional internal length scales at least; it is difficult to determine the material constants. In addition, applying the mathematical reformulations, the number of independent higher-order elastic internal length scales is proved to be three for isotropic materials by Zhou S. J. et al. [30].

In 2003, a modified strain gradient elasticity theory (MSG) had been proposed by Lam et al., in which a new additional equilibrium equation is introduced to force the symmetric character of the couple stress tensor and reduce the number of elastic internal length scales from five to three [31]. Based on MSG, buckling behavior of micro-beams with different transverse boundary conditions was studied by Mohammadi et al. [32-33]. The influences of the material

ORIGINAL

Chengyun Long · Bing Zhao<sup>\*</sup> · Jian Chen · Tao Liu · Xulong Peng · Hui Peng · Xinhua Yang

## A size-dependent thermal buckling model for micro-beams based on modified gradient elasticity

Received: 23 December 2020 / Accepted: 15 April 2021  
© The Author(s), under exclusive licence to Springer-Verlag GmbH Germany, part of Springer Nature 2021

**Abstract** To investigate the size effect in thermal buckling behaviors of micro-beams, a new size-dependent thermal buckling model based on modified gradient elasticity is presented. The governing equation and boundary conditions of the model are derived by applying the variation principle. Numerical examples of different supported beams are solved. The critical buckling temperature rises and normalized deflection of different modes are presented. The results show that the smaller the beam size is, the bigger the critical buckling temperature rise is. The internal length scales significantly affect the critical buckling temperature rises of each mode, and this effect is mainly controlled by the strain gradient on thickness direction. The difference of critical buckling temperature rises caused by choosing different higher-order boundary conditions cannot be ignored. Compared with other size-dependent models, the presented model is featured by evidently physical meaning and simple form.

**Keyword** Thermal buckling · Size effect · Modified gradient elasticity · Bernoulli-Euler micro-beam

#### 1 Introduction

Microscale structures are widely applied in the microelectromechanical systems (MEMS) [1–5]. As the backbone of microscale structures, micro-beams are usually working under extreme conditions, such as high temperature. In this case, the thermal buckling analysis of micro-beams has received extensive attention [6–9], and the size effect plays an important role during this procedure [10–13]. The classical elasticity theory failed to capture the size effect under these conditions, and high-order continuum theories as a powerful tool are widely used to dress these issues [14, 15].

C. Long · B. Zhao (✉) · J. Chen · T. Liu · X. Peng  
Department of Mechanics, School of Civil Engineering, Changsha University of Science and Technology, No.45, Chaling Rd., Tianxin District, Changsha 410114, People's Republic of China  
e-mail: zhaob\_mj@163.com

B. Zhao · H. Peng  
Department of Bridge Engineering, School of Civil Engineering, Changsha University of Science and Technology, Changsha 410114, People's Republic of China

J. Chen  
Department of Mechanics, School of Civil Engineering, Central South University, Changsha 410083, People's Republic of China

T. Liu  
State Key Laboratory of Fluid Power & Mechatronic System, Key Laboratory of Soft Machines and Smart Devices of Zhejiang Province, Department of Engineering Mechanics, Zhejiang University, Hangzhou 310027, People's Republic of China

X. Yang  
School of Aerospace Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, People's Republic of China

Published online: 11 May 2021



谢谢大家！



《长沙理工大学学报（自科版）》  
网站及投审稿系统



《长沙理工大学学报（自科版）》  
微信公众号