

英文论文写作架构

2025-2026冬学期《研究生论文指导》

2025年12月16日

主讲人：朱鸿轩

本次讲座的内容

- ▶ 第一部分：论文写作架构
 - ▶ 介绍一种生成论文的方法。
 - ▶ 通过例文讨论该方法的应用。
- ▶ 第二部分：问题案例分享
 - ▶ 通过例文讨论写作中出现的种种问题。
 - ▶ 结合第一部分中介绍的方法，探讨如何修改文章。

第一部分：论文写作架构

声明

- ▶ 这里讨论普通研究论文（research article）写作的一种架构。
- ▶ 应阅读本领域内的高质量文章，学习其架构思路。
- ▶ 不要即兴创作。

第一步：写出论文的“核心内容”

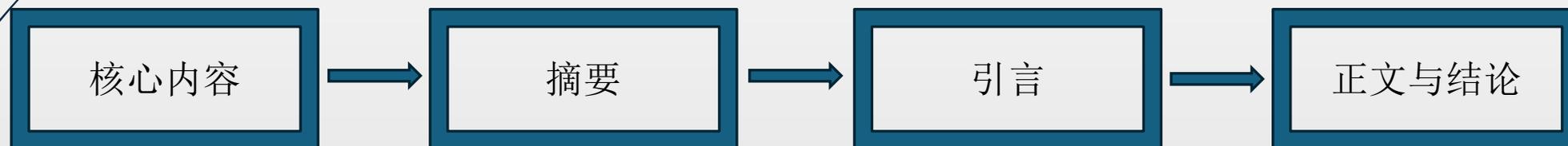
- 按如下结构捋清文章的研究内容与成果，写成一个自然段：
 1. 本文研究的对象是（研究主题），发现了（最主要的成果）。
 2. 首先，做了（研究内容1），得到了（研究结果1）。
 3. 接着，做了（研究内容2），得到了（研究结果2）。
 4. ……
 5. 最后，做了（研究内容 n ），得到了（研究结果 n ）。
 6. 这些结果表明（总结成果，并强调其对领域发展的重要性）。

核心内容举例

- ▶ “In this work, we study the (main topic) and find that (major discovery). First, we do (research 1) and find that (result 1). Then, we do (research 2) and find that (result 2). Finally, we do (research n) and find that (result n). These results suggest that (summarize the results and emphasize their significance).”
- ▶ 这里为了方便使用第一人称（RMP style guide建议在摘要中避免使用第一人称）。同时，应修改句法避免句式重复。

为什么将该自然段称为“核心内容”？

- ▶ 其对应本文的核心，即新的研究内容与成果。
- ▶ 可通过核心内容生成整篇文章：



第二步：由核心内容生成摘要（abstract）

- ▶ 摘要=大背景+小背景+核心内容。
 1. 大背景：本文研究的对象+重要性。
 2. 小背景：本文研究的具体问题。
 3. 核心内容。

第三步：由摘要生成引言（Introduction）

- 引言的作用：介绍研究背景，研究动机，以及整个文章的结构。
 - 前人的工作应在引言中介绍完毕。

- 引言的结构应与摘要保持一致：
 1. 大背景：介绍基本概念，本领域的现状，研究内容的重要性，等等。
 2. 小背景：本文研究的具体问题，存在哪些困难，前人的工作，等等。
 3. 核心内容：直接复制粘贴。可适当修改，但总体与摘要保持一致。
 4. 下文安排。

下文安排

- ▶ 引言中的最后一段通常会简短总结下文的安排：

“The rest of this paper is as follows. In section 2, we introduce (...). In section 3, we study (...). Finally, in section $n + 2$, we discuss (...). Discussions and conclusions are given in section $n + 3$. Further discussions on ... are given in Appendix A.”

- ▶ 该段是否必要？

- ▶ 形式上有必要，但现实中常常难以阅读（过于简短）。
- ▶ 原因：下文安排与摘要和引言没有对应关系（即兴创作）。

第三步：由引言生成正文

- ▶ 正文的结构与引言以及核心内容保持一致。
- ▶ 举例：核心内容包含 n 个研究内容与结果。
 - ▶ Section 1. 引言。
 - ▶ Section 2. 介绍具体的概念、工具、数学公式、前人工作。
(但之后不应该再介绍背景。)
 - ▶ Section 3. 研究内容1+结果1。
 - ▶ ... (每个section中可按需求增加subsection)。
 - ▶ Section $n + 2$. 研究内容 n +结果 n 。
 - ▶ Section $n + 3$. Discussions and conclusions。

最后一步：写结论（Conclusions）

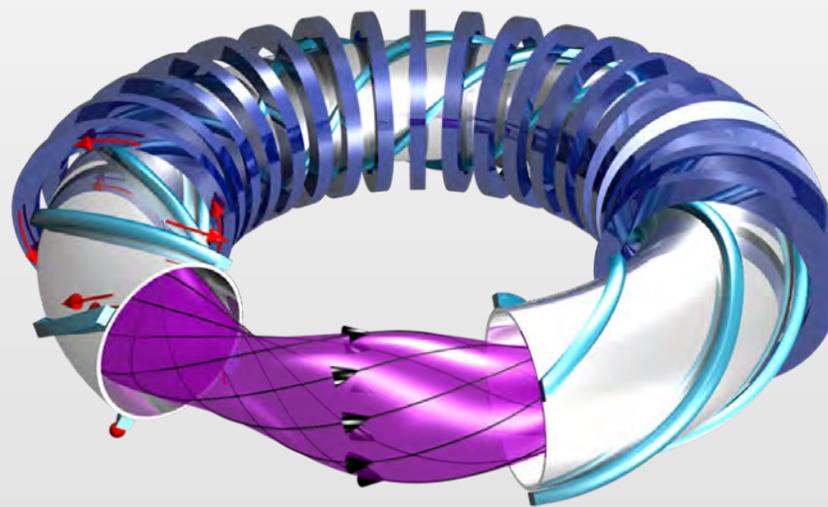
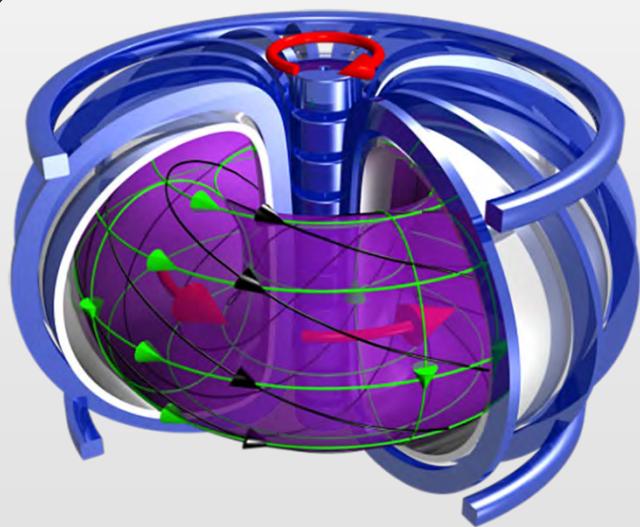
- ▶ “Conclusions” 写什么：
 - ▶ 将核心内容再次复制粘贴。可做少量修改，但结构应保持一致。
 - ▶ 若希望将核心内容展开做更详细的总结，则应将该节标题改为“Summary and conclusions”。
- ▶ 常见问题：在“Conclusions”加入新的讨论。
 - ▶ 在核心内容之外加入新的讨论，则应将标题改为“Conclusions and discussions”或者“Discussions and conclusions”。
 - ▶ 若想加入长篇大论，则应在结论前单独另设一节“Discussions”。
 - ▶ Conclusions本身不应该包括讨论，更不能包含新结论。

小结

- 以上介绍了一个写作的套路，基本思路是：
 1. 总结研究成果，写出一段核心内容，并由此生成摘要和全文。
 2. 将核心内容复制粘贴三次，出现在摘要、引言、结论中。
- 该写作套路不是万能的：可以创新，但不要即兴！
- 下面举一个例子。

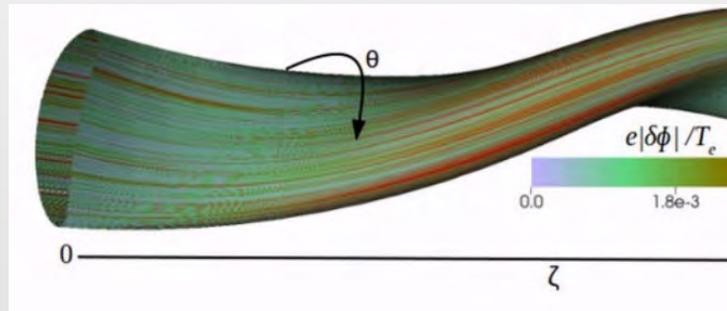
研究背景

- 磁约束聚变的两大主流路线：托卡马克与仿星器
 - 托卡马克：环对称，脉冲运行。
 - 仿星器：非环对称，稳态运行。



仿星器中的等离子体湍流

- 湍流：等离子体的电势、密度等物理量的涨落。
- 仿星器湍流的一个研究话题：湍流强度在环向的分布。



Nicolau et al. Nuclear Fusion 2025.

OPEN ACCESS

IOP Publishing | International Atomic Energy Agency

Nuclear Fusion

Nucl. Fusion 66 (2026) 016011 (12pp)

<https://doi.org/10.1088/1741-4326/ae151a>

Global linear drift-wave eigenmode structures on flux surfaces in stellarators: ion temperature gradient mode

摘要

Abstract

Turbulent transport greatly impacts the performance of stellarator magnetic confinement devices. While significant progress has been made on the numerical front, theoretical understanding of turbulence in stellarators is still lacking. **In particular**, due to nonaxisymmetry, different field lines couple within flux surfaces, the effects from which have yet to be adequately studied. **In this work, we numerically simulate** the linear electrostatic ion-temperature-gradient modes in stellarators using the global gyrokinetic particle-in-cell code GTC. We find that the linear eigenmode structures are nonuniform across field lines on flux surfaces and are localized at the downstream of the ion diamagnetic drift. **Based on a simple model from Zocco *et al*** (2016 *Phys. Plasmas* **23** 082516) and (2020 *Phys. Plasmas* **27** 022507), we show that the localization can be explained from the nonzero imaginary part of the binormal wavenumber. **We further demonstrate that** a localized surface-global eigenmode can be constructed from local gyrokinetic codes `stella` and `GX`, only if we first solve the local dispersion relation with real wavenumbers on each field line, and then do an analytic continuation to the complex-wavenumber plane. **These results suggest that** the complex-wavenumber spectra from surface-global effects are required to understand the linear drift-wave eigenmode structures in stellarators.

- 大背景: turbulent transport...
- 小背景: In particular, ...
- 研究内容1: In this work, we numerically simulate...
- 研究内容2: Based on a simple model from Zocco...
- 研究内容3: We further demonstrate that...
- 升华主题: These results suggest that...

摘要（详细版）

- 大背景：仿星器中的湍流很重要。但是理论上的理解不够。
- 小背景：仿星器中不同磁力线之间的耦合尚未被充分研究。
- 核心内容：
 1. 使用GTC代码做数值模拟，发现湍流在空间的不均匀分布。（研究内容1）
 2. 基于Zocco的简单理论模型，对该现象提出一个理论解释。（研究内容2）
 3. 进一步，验证该理论可以解释GTC的数值模拟结果。（研究内容3）
 4. 这些结果表明…。 （升华主题）
- （可以在研究内容1之前加一句对主要研究的总结：本文研究了仿星器中的磁力线耦合造成的独特现象，即湍流强度在空间中的不均匀分布。）
- （摘要中应避免使用第一人称。）

引言

- 第1段，大背景：
 - 仿星器中的湍流很重要。
 - 常用**代码做数值模拟来研究湍流。
- 第2—3段，小背景：
 - 仿星器存在非环对称，造成湍流在空间中的不均匀分布。
 - 许多前人的结果都指出了该不均匀分布，但至今缺乏理论解释。
- 第4段，核心内容：
 - 从摘要处复制粘贴。
 - 添加了两句话和参考文献，但整体上完全一样。
- 第5段，下文安排：与核心内容一致。

正文与结论

- ▶ 正文分成三节，对应核心内容的三个研究内容：
 - ▶ Section 2: 研究内容1。
 - ▶ Section 3. 研究内容2。
 - ▶ Section 4. 研究内容3。
- ▶ Section 5, 结论：
 - ▶ 再次将核心内容复制粘贴。原稿标题为“Conclusions”。
 - ▶ 由于审稿人要求添加了一段自由讨论。由此将题目改为“Conclusions and discussions”。

本次介绍的文章架构也可以用于写letter

- ▶ 将section的标题包含在句子中即可。
 - ▶ 斜体+句号+长线 (?) 。

Simulation results.—First, we use the axisymmetric version of XGC (XGCa) to simulate a neoclassical plasma, where $\Pi_{\parallel}^E = \Pi_{E \times B} = 0$ but Π_{\parallel}^D can be nonzero due to collisions. Starting from a local Maxwellian F_s , the plasma

Simulation results. – First, we use the axisymmetric version of XGC (XGCa) to simulate a neoclassical plasma, where $\Pi_{\parallel}^E = \Pi_{E \times B} = 0$ but Π_{\parallel}^D can be nonzero due to collisions. Starting from a local Maxwellian F_s ,

第二部分：问题案例分享

Exploring the dependence of zonal flow mediated saturation on the magnetic geometry of stellarators

C. D. Mora Moreno^{1†}, J.H.E. Proll¹, G.G. Plunk², and P. Xanthopoulos²

¹Eindhoven University of Technology, P.O. Box 513, 5600 MB Eindhoven, The Netherlands

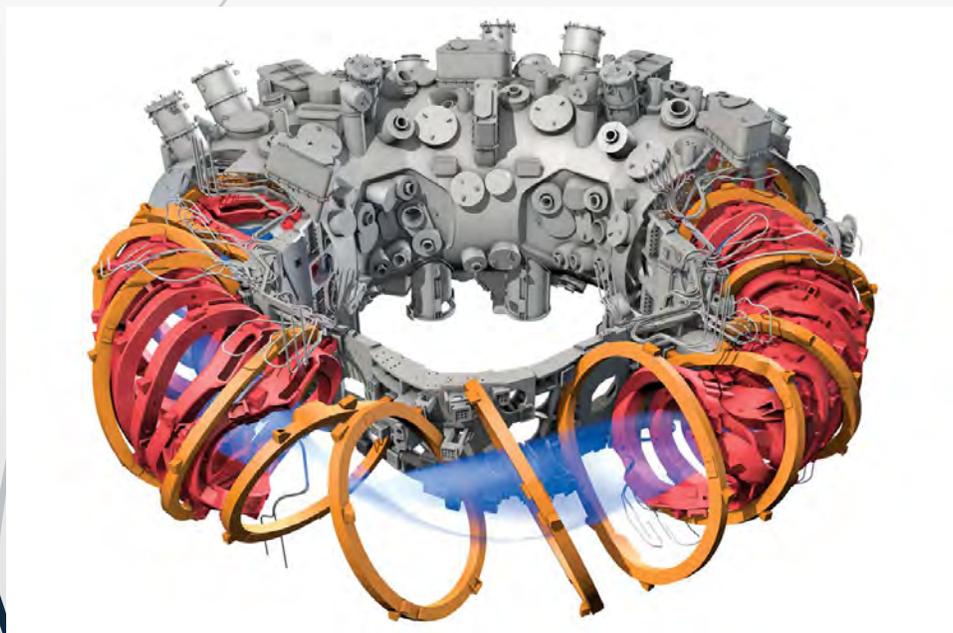
²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Wendelsteinstrasse 1, 17491 Greifswald, Germany

(Received xx; revised xx; accepted xx)

In stellarators, zonal flow activity depends sensitively on geometry of the three dimensional magnetic field, via an interplay of mechanisms that is not fully understood. In this work, we investigate this by studying three magnetic configurations of the Wendelstein 7-X stellarator. We find that variation in linear zonal flow damping is accompanied by variation in nonlinear drive, and identify key geometric features that control these effects. Understanding the resulting balance is important for the development of reduced models of turbulent transport.

1. Introduction.

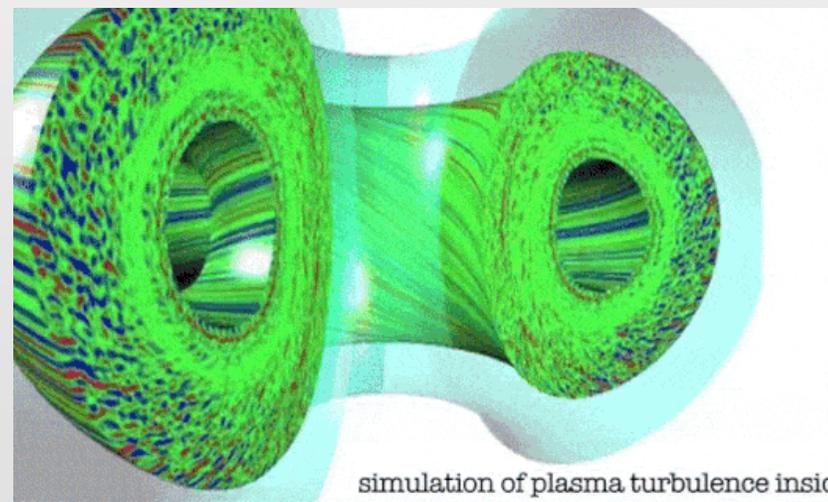
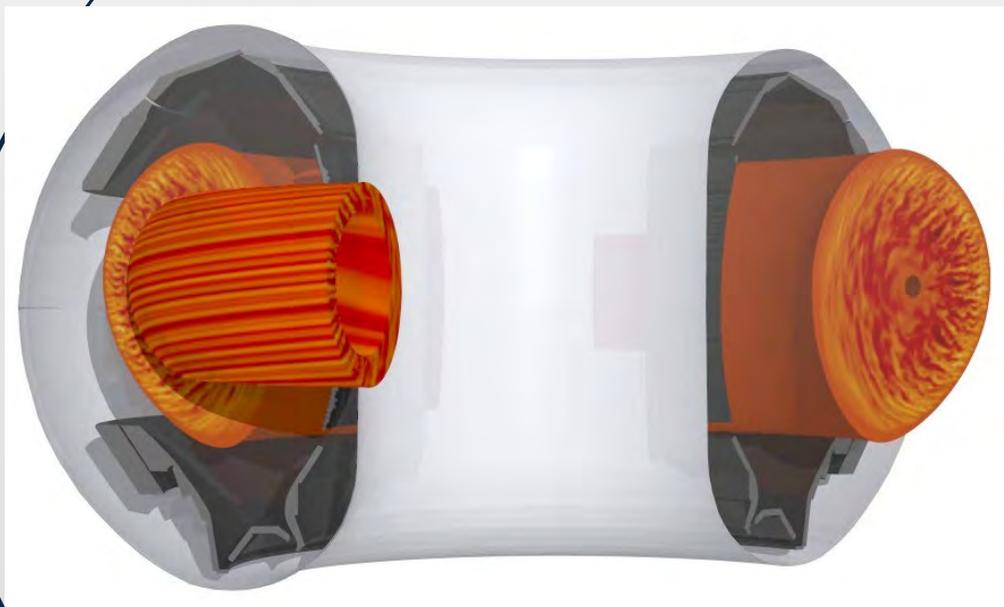
背景回顾： Wendelstein 7-X (W7-X) 仿星器



- ▶ W7-X仿星器由德国马克斯普朗克研究所建设运行。
 - ▶ 2015年建设完成并开始运行。
 - ▶ 验证了仿星器（稳态运行等）诸多优势，并与同等尺寸托卡马克具有类似的表现。
- ▶ 历史上，仿星器长期落后于托卡马克
 - ▶ W7-X的成功彻底改变了该局面。由此引燃近年来世界范围内的仿星器研究热潮。
 - ▶ 近年来，仿星器作为新概念深受聚变公司（资本）的青睐。

背景回顾：湍流与带状流

- ▶ 等离子体湍流：随时空迅速变化的小尺度结构。
- ▶ 带状流（zonal flow）：大尺度的整体旋转。
 - ▶ 带状流可以“剪切”湍流，从而降低湍流的幅度。
 - ▶ 湍流幅度的降低可以提升装置的约束性能。
 - ▶ 托卡马克和仿星器中均有带状流。



该文章的主要内容与结论

- ▶ 背景：通过改变外部线圈的电流，W7-X可以产生不同的磁场几何位型（magnetic-field geometry）。
 - ▶ 标准位型（standard）；
 - ▶ 高旋转变换（high iota）；
 - ▶ 低旋转变换（low iota）。
- ▶ 研究主题：哪一个位型里带状流对湍流的抑制作用更明显？
 - ▶ 对三个位型做湍流的数值模拟，对比包含和不包含带状流的结果。
 - ▶ 结果：low iota > standard > high iota，即带状流在low iota位型中的抑制效应最显著。
 - ▶ 该结果与通常的理解不符。

该文章的主要内容与结论

- 新的发现：带状流的表现与人们通常的理解不符。
 - 前人工作：没有湍流的情况下，带状流会经历线性阻尼并衰减。
 - 通常的理解：线性的阻尼越大，带状流对湍流的抑制能力应该越弱。
 - 本文发现，low ι 位型的线性阻尼最大，但带状流反而最强。
- 最后，针对新的发现提出理论解释：
 - 猜测带状流的表现与两个物理量有关： κ_G 和 \mathcal{K}_1 。

该文章的结构

- 标题
- 摘要
- 1. Introduction（背景介绍与本文研究的意义）
- 2. Magnetic field characteristics（W7-X三个位型的特点）
- 3. Numerical Investigations（本文做了什么数值模拟，关注哪些物理量）
- 4. Results（本文的新发现以及可能的解释）
- 5. Conclusions

标题

Exploring the dependence of **zonal flow mediated saturation** on the magnetic geometry of stellarators

- ▶ 缺少关键词：“zonal flow mediated **turbulence saturation**”
 - ▶ 严格来说，应该使用连字符：“zonal-flow-mediated”。
 - ▶ 但是三个及以上连在一起会不美观。
 - ▶ 可改写为“turbulence saturation mediated by zonal flows”。

- ▶ 冷知识：合体字（ligature）

- ▶ TeX排版时默认使用合体字，两个字符转换成一个字符。
- ▶ 可能会造成PDF转换成word，文字搜索等场景发生错误。

fi → fi

fl → fl

作者与单位

C. D. Mora Moreno^{1†}, J.H.E. Proll¹, G.G. Plunk², and P.
Xanthopoulos²

¹Eindhoven University of Technology, P.O. Box 513, 5600 MB Eindhoven, The Netherlands

²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Wendelsteinstrasse 1, 17491 Greifswald, Germany

(Received xx; revised xx; accepted xx)

- ▶ 西方人名字常采用缩写的形式：
 - ▶ C是first name，D是middle name，Mora Moreno是Last name。三个部分用空格分开。
 - ▶ 对其他的作者为什么不加空格？
- ▶ 单位：为什么荷兰的单位用英语，德国的单位用德语？
- ▶ （违背了前后一致的写作原则。）

➤ 中韩的三字姓名该如何缩写？

- Hongxuan Zhu -> H. Zhu。
- 但缩写会降低辨识度：使用全名或（西方人）插入中间名。
- 对二字的名，可用两个字母，但不应加空格：Choongseok Chang -> C.S. Chang，不是C. S. Chang（但两种情况被混用了）。
- 另一种方案：用连字符，Eun-jin Kim -> E.-J. Kim。

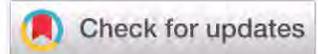
➤ 另一个极端的例子：“登”博士。

RESEARCH ARTICLE | APRIL 15 2015

Testing the high turbulence level breakdown of low-frequency gyrokinetics against high-frequency gyrokinetic simulations^{a)}



Zhao Deng; R. E. Waltz 



+ Author & Article Information

Phys. Plasmas 22, 056101 (2015)

<https://doi.org/10.1063/1.4917176> Article history 

摘要：写作上的问题

In stellarators, zonal flow activity depends sensitively on geometry of the three dimensional magnetic field, via an interplay of mechanisms that is not fully understood. In this work, we investigate this by studying three magnetic configurations of the Wendelstein 7-X stellarator. We find that variation in linear zonal flow damping is accompanied by variation in nonlinear drive, and identify key geometric features that control these effects. Understanding the resulting balance is important for the development of reduced models of turbulent transport.

➤ 连字符：

zonal-flow activity, three-dimensional magnetic field。

➤ 逗号的使用：

➤ via/through/with等介词前不应加逗号。

➤ 修改方案：“..., which is via an interplay of”，或者“... This is via an interplay”。

➤ 缺少“the”。

➤ 指代不明：“this”，“these effects”，“the resulting balance”。

摘要：结构上的问题

► 该摘要过于简短，只有4句话：

1. 背景介绍：带状流强度依赖仿星器的位型，但物理机制尚不明确。
2. 本文内容：在W7-X的三个位型中研究了“this”。
3. 主要发现：带状流的线性阻尼与非线性驱动是有关联的，并找到了最重要的几何因素。（具体是什么关联，什么几何因素？）
4. 重要意义：该工作有助于发展描述湍流的简化模型（reduced model）。

► 问题：缺少核心内容。

正文

► 对于section的标题，一般不加句号（不是完整的句子）

1. Introduction.

2. Magnetic field characteristics.

3. Numerical Investigations.

4. Results.

5. Conclusions.

Section 1. Introduction: 结构

► 14个自然段

► 1—4: 大背景介绍

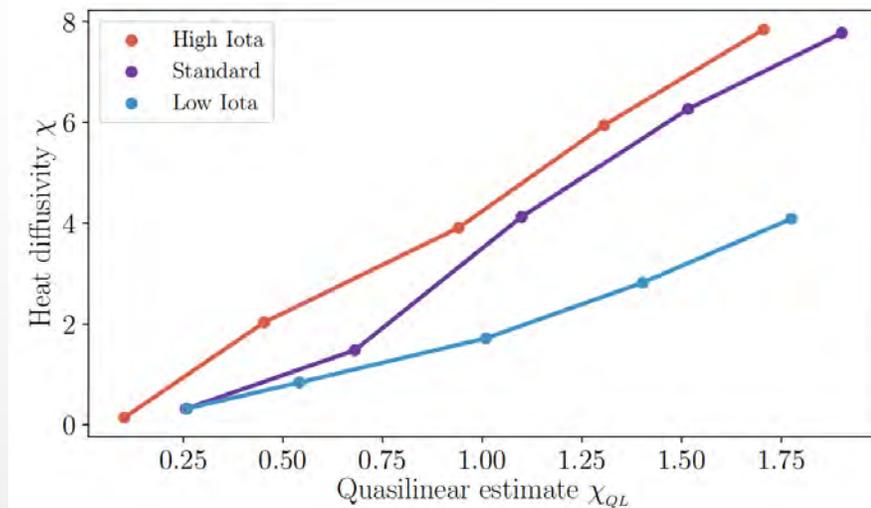
1. 磁约束等离子体中存在湍流，湍流来自不稳定的等离子体波动。
2. 仿星器中的湍流依赖磁场的性质。仿星器相对于托卡马克有更大的自由度。
3. 未来仿星器的设计需要考虑湍流背后的物理。需要发展简化模型。
4. 本文将研究由温度梯度驱动的湍流，基于Plunk等人的工作理解数值模拟的结果。

► 5—12: 小背景介绍

5. 带状流是湍流驱动的自发旋转，其可以反过来抑制湍流，有利于约束等离子体。
6. 对于带状流，人们通常会先研究他的线性阻尼率。
7. 但是对于带状流与湍流的非线性相互作用，大家的理解还不够深。
8. 列举了几个带状流线性阻尼率的研究。

Section 1 结构

9. 基于日本的LHD仿星器，有研究者认为线性阻尼率可以预测非线性阶段带状流的强度。但是这个研究的普适性不够。
10. 在湍流理论中，常用“准线性理论”在估计湍流饱和的幅度。但这个理论在定量上不够准确（figure 1）。
11. 因此需要更深入理解背后的物理，发展简化模型。
12. 本文提出的模型囊括了线性的带状流物理与非线性相互作用。本研究受到了上文LHD仿星器研究的启发。
- ➡ 13—14: 本文工作
 13. 本文基于W7-X仿星器的三个位型，发现湍流强度主要取决于旋转变换（iota），此外还发现另外两个相关的物理量：测地曲率 κ_G 和漂移井 \mathcal{K}_1 。
 14. 下文安排：在下文中，我们做了……，发现了……。



Section 1 结构上的问题

➤ 1—4段：大背景介绍

- 磁约束等离子体中湍流…，仿星器中的湍流…，需要发展简化模型…。
- 本文将研究…

➤ 5—12段：小背景介绍

- 带状流是…，一般认为…
- 准线性理论不够定量（**figure 1**），因此需要发展简化模型。
- 本文提出的模型囊括了…

➤ 13—14段：本文工作

11. 本文基于W7-X仿星器…，发现…
12. 下文安排…，我们研究了…，发现了…。

➤ 总结一下问题：

- 每一段的内容过少，整体显得凌乱。（可以合并段落。）
- 结构混乱：小背景中提到简化模型，准线性理论等与正文无关的内容。
- 此外，大小背景中均混入“本文的研究内容”，且语义模糊。
- 没有明确的核心内容。

关于figure 1的使用

- ▶ 在第10段（小背景）中提到准线性理论，并引用figure 1论证该理论不够定量（所以要继续发展湍流的定量理论）。
 - ▶ 但是没有对图片进行任何解释，且与正文的研究内容无关。
 - ▶ 推测作者的动机：插入一张示意图（卡通图）作为介绍背景的一部分。

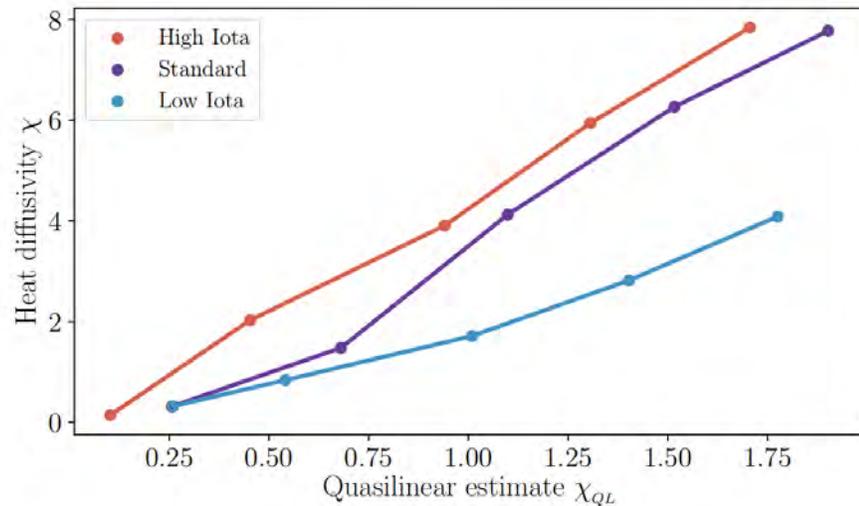


FIGURE 1. A simple quasilinear estimate provides an incomplete answer for the heat diffusivity prediction and will be configuration-dependent. Here we observe three configurations of W7-X, in which the pre-factors such as slope and scaling factors are missing. See the text for the formulation of the quasilinear estimate.

作者对图片的重要性缺乏认识

- ▶ 图片用来展示实验/数值模拟的原始数据。
- ▶ 因此从信息量与重要性上，图片大于文字。且文中应对图片提供详细的描述。
- ▶ 应当围绕图片组织语言（而不是反过来）。
- ▶ 现在主流期刊均要求Data availability statement，并提供图片背后的数据。（若不提供数据，应解释说明。）

第14段（下文安排）的结构

The present work proceeds as follows. **First, we describe** the geometric characteristics and the quantities of interest. **We then present** the details of our numerical simulations and our methodology. **The results section** opens with the analysis of the linear ZF response, where the configurations with strong linear ZF damping are expected to have weak nonlinear ZF levels. We proceed to address the question “How important do ZFs become when the rotational transform is increased or decreased?”, by performing numerical experiments in which the ZF component is artificially suppressed. We find that the Low Iota configuration, with a short geodesic length and long connection length, is more sensitive to the absence of ZFs, contrary to the prediction from the linear ZF decay. This contradiction motivates the study of the toroidal extension of the turbulent mode, where we observe that peaked modes are unable to generate ZFs efficiently. Finally, we relate the characteristic scales from the field geometry to linear- and nonlinear ZF responses. **The work concludes with the basis** for improved stellarator transport prediction.

- 高亮部分分别对应sections 2—5。
- 主要问题：
 - 没有引用“section 2”，“section 3”等，导致结构的不清晰。
 - “The results section”开始即兴创作。

对比“标准”的下文安排：

In the following, global GTC simulation results of the linear ITG eigenmodes are given in section 2. A theoretical explanation of the mode localization based on [26, 27] is given in section 3. Comparisons between global and local simulation results are given in section 4. And conclusions are given in section 5. A systematic derivation of the mode structures across field lines from collisionless electrostatic gyrokinetic equations is given in the [appendix](#).

Section 1 写作上的问题

- 整体而言没有太明显的语病。
- 引号的使用：

opportunity to find the configuration with best confinement properties. As an example, the magnetic field geometry (from now on "field geometry") has been successfully

- LaTeX中的引号并不对应键盘上的双引号” ”。
- APS/IOP等期刊中使用” ”的问题更加明显：”geometry”
- 正确的用法是反引号+正引号，如`geometry` ’ ’ : “geometry”
- 类似地，单引号对应` ’ 。



➤ 另一个病句：

decay of the ZF component of the electrostatic potential ($k_y = 0, k_z = 0$, where k is the wave-number in the bi-normal and parallel directions respectively). The analytical

- 两个并列用and，三个以上才用逗号： $k_y = 0$ and $k_z = 0$ ，或者 $k_y = k_z = 0$ 。
- “where k is the ... and ...”：is与复数混用，自造新变量 k 。
- wave-number是形容词，应使用wave number或者wavenumber。
- 并列不当：“in the bi-normal and the parallel directions”。
- respectively放在句尾，前面应加逗号（修饰整个句子）。

➤ 正确的写法（审稿人2的建议）：

“ $k_y = 0$ and $k_z = 0$, where k_y and k_z are the wave numbers in the bi-normal and the parallel directions, respectively”。

➤ 悬垂修饰语:

that decays in time. [Mishchenko et al. \(2008\)](#) identified an additional mechanism, unique to stellarators, giving rise to solutions with slow algebraic decay and a characteristic real frequency. The residual of the linear ZF response has been linked to the level of ZF

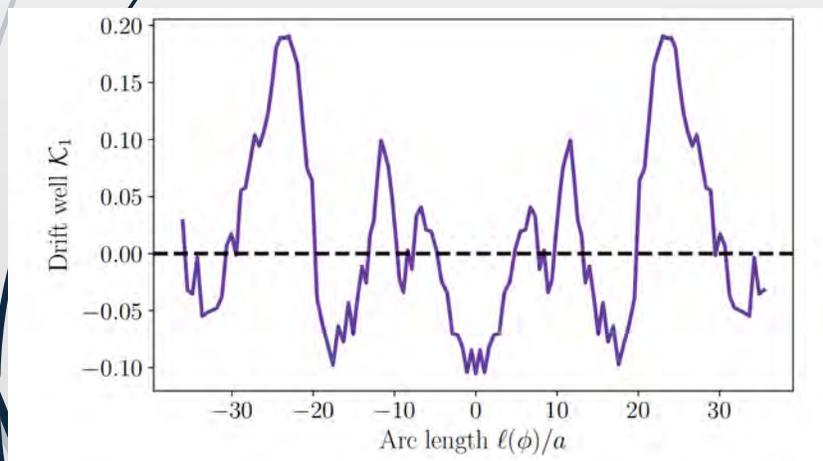
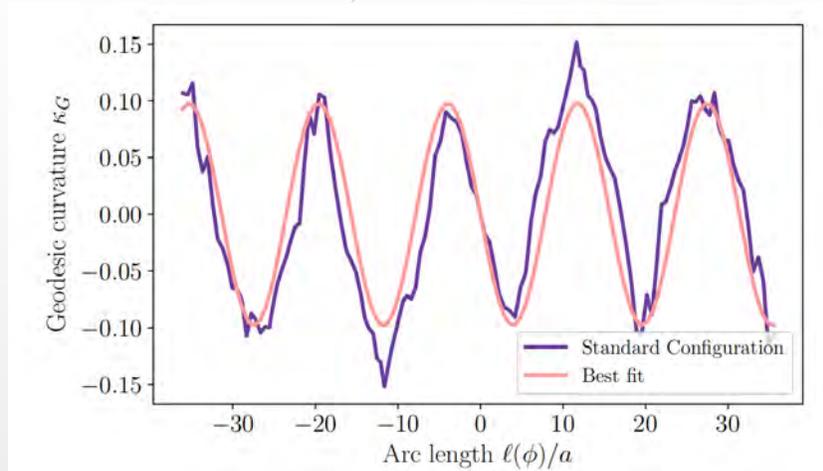
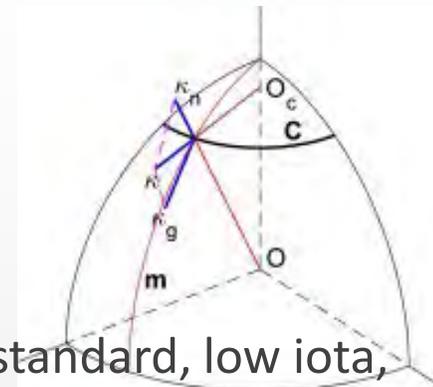
➤ “Mishchenko等人发现了另外一个机制，引起了（具有**性质的）解。”

➤ “引起了”（giving rise to）的动作主体是谁？Mishchenko还是另外一个机制？

➤ 冒号的使用：后面若是完整句子则首字母大写，否则小写。

variable to understand how it affects the saturation dynamics. Alongside, we see the influence of two other geometric characteristics: **The** geodesic curvature (κ_G) and the drift well (\mathcal{K}_1), both defined by [Xanthopoulos et al. \(2009\)](#). The latter quantity was

Section 2. Magnetic field characteristics: 结构



➔ 4个自然段:

1. 本节介绍上述W7-X三个位型 (standard, low iota, high iota) 的相关 (两个) 物理量。
2. 第一个物理量是测地曲率 κ_G , figure 2给出了W7-X标准位型中的 κ_G 。
3. 我们用如下的式子去拟合 κ_G :

$$\kappa_{G,fit} = |A|\sin(2\pi\ell/L_G)$$

L_G 是这个结构的周期长度 (见figure 6)。
4. (第二个物理量): 漂移井 \mathcal{K}_1 。(给了figure 3, 但原文没有引用, 也没有出现 \mathcal{K}_1 。)

Section 2 结构的问题

- ▶ 第一段语义不详。
 - ▶ “本节提供磁场位型的更多细节”：什么磁场位型？什么细节？
 - ▶ 需通过上下文推测作者想介绍两个物理量： κ_G 和 \mathcal{K}_1 。
- ▶ 接下来的三段并列不当。
 - ▶ 对 κ_G ，有明确的介绍：“The first quantity of interest is...”，使用两个自然段，且引用figure 2。
 - ▶ 对 \mathcal{K}_1 ，仅用一个自然段且没有明确介绍：正文从未提及 \mathcal{K}_1 和figure 3。
- ▶ 图片顺序混乱：第二自然段中提及figure 6。

图片的注释并未解释图片的内容

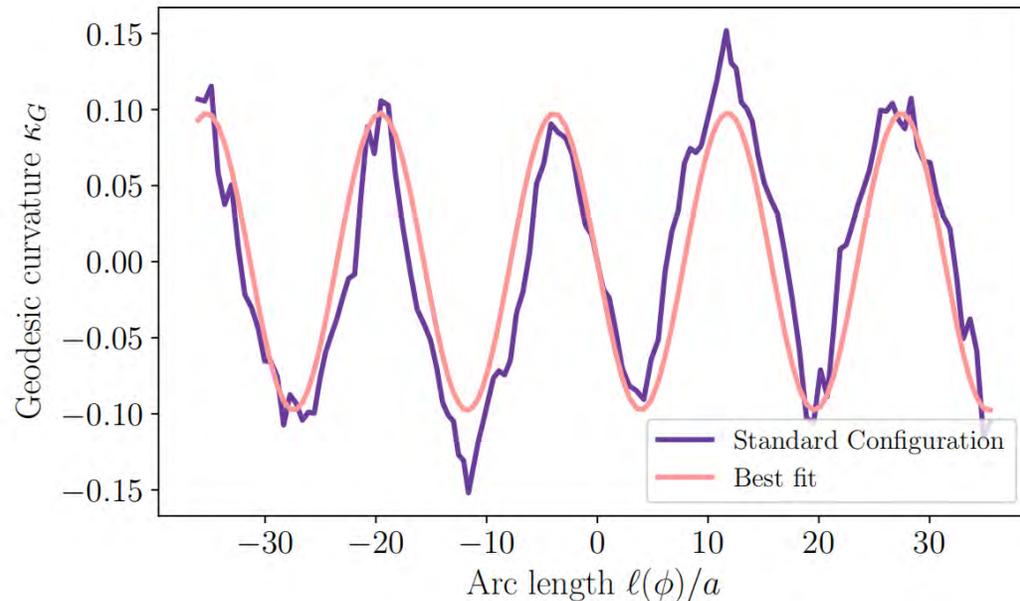


FIGURE 2. Geodesic curvature is the most relevant quantity for the linear ZF decay. Here we observe that of our reference case, the Standard Configuration. Tokamak theory predicts a characteristic length L_G related to the periodicity. This quantity can be used to predict zonal flow behaviour, as explained in the text.

► 图片的注释采用陈述性（而非描述性）的文字

► 猜测作者的思路：用图片来注释文字，而不是用文字来解释图片。

► 正常的写法：“Figure 2. The geodesic curvature κ_G versus the arc length l along magnetic-field lines (normalized by a). Here, the purple curve is the numerical results and the pink curve is from the fitting formula (...)”。

$$\kappa_{G,fit} = |A|\sin(2\pi\ell/L_G)$$

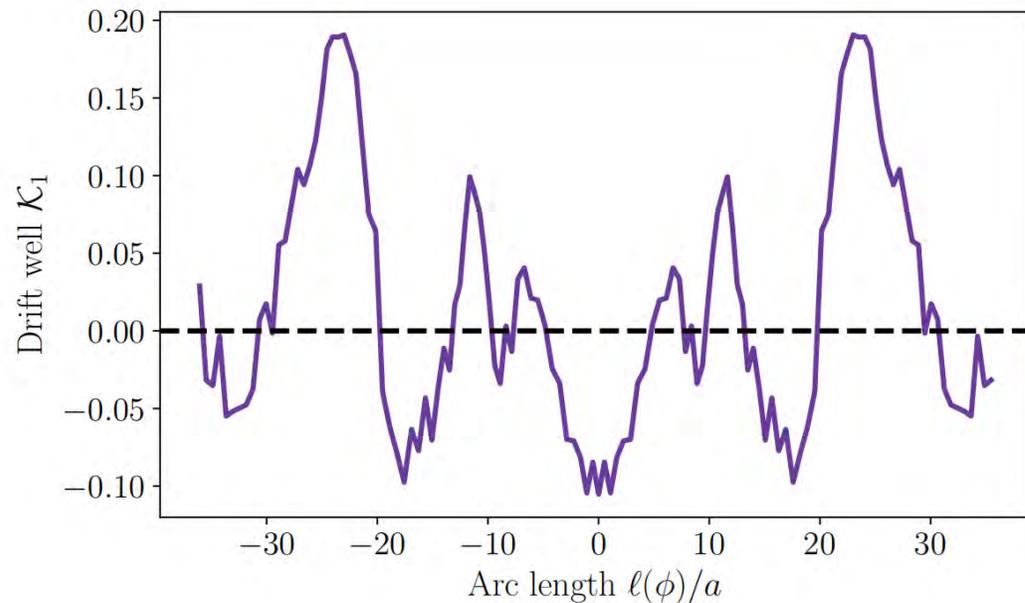


FIGURE 3. The drift well (\mathcal{K}_1) exists within the context of the gyrokinetic theory, and is defined in Eq. (147) by Xanthopoulos *et al.* (2009). This quantity is related to the normal curvature, therefore called "bad" curvature due to its relation to the shape of the turbulent modes.

- ▶ Figure 3的注释也是同样的问题，即图文无关。
- ▶ 文中既没有出现“ \mathcal{K}_1 ”这个符号，也没有引用figure 3。
 - ▶ 推测作者的动机：图片与文字出现在一起，不影响阅读。
 - ▶ 但是实际排版中无法保证图片的位置……

Section 2 写作的问题

➤ (低级) 打字错误:

reference. In the rest, as the names suggest, the radial iota profile **of** has either high or low values. But since our simulations are local, **iota has a is a number** in the same trend (high, medium and low). Iota describes the average poloidal transit of the field line per toroidal transit. As we show later, the **"twist"** is closely related to the characteristic arc

➤ 正体与斜体:

We can approximate the geodesic curvature with the periodic form:

$$\kappa_{G,fit} = |A|\sin(2\pi\ell/L_G)$$

where $|A|$ is the amplitude of the waveform and L_G is a characteristic geodesic length. This allows us to use tokamak theory for a rough understanding, by noting that the **wave-number** of the sound wave, induced by geodesic coupling, can be estimated as $1/(q_{eff}R_{eff}) = k_{\parallel} = 2\pi/L_G$. The obtained characteristic length L_G is unique for each

➤ $R_{eff} \rightarrow R_{\text{eff}}$

Section 3. Numerical Investigations: 结构

► 7个自然段:

- 1—3. 我们使用回旋动理学代码GENE做非线性数值模拟，具体的参数是…，且做了如下三种模拟：
4. 第一种，完整的非线性湍流模拟。
5. 第二种，忽略非线性相互作用，看线性不稳定性的增长率。
6. 第三种，线性的带状流模拟，看线性的阻尼率。
7. 对线性带状流模拟，用拟合公式去计算阻尼率：

$$\phi_{ZF,fit}(t) = (A - d * t) + ((1 - (A - d * t)) \exp(-\gamma * t) * \cos(\omega * t))$$

Section 3. 结构上的问题

- ▶ 总体上结构比较清晰。但也有一些问题。
 - ▶ 1—3段过于零碎，可以合并。
 - ▶ “用代码GENE做数值模拟”：属于背景内容，应在引言中介绍。
 - ▶ 图片顺序混乱：跳过figure 4—5，直接引用figure 7。

Section 3. 写作上的问题

For the employed flux-tubes in the field geometry of W7-X, we chose a single radial position for all of them at the normalised radius $s = 0.5$, centred on the bean plane with field line label $\alpha = 0$ (we only note negligible changes with respect to the triangle plane).

➤ 连字符误用：flux-tubes形容词，不应加连字符。

➤ 副词位置不当：

➤ we only note negligible changes: 我们仅仅注意到可以忽略的变化。✘
(没有注意到更大的变化?)

➤ we note only negligible changes: 我们注意到仅有可以忽略的变化。✔

The first, nonlinear simulations, are solutions of the full gyrokinetic system of equations. Transport quantities are taken from the saturated phase, with a sufficiently broad time window for significant statistics. From the heat transport Q , we obtain the heat diffusivity (χ) by the following relation: $\chi = Q/nL_T$, where n is the density and L_T the temperature gradient defined as: $L_T^{-1} = -(1/T_0) dT_0/dr$. The results we present here belong in the far-from-marginal temperature gradients, where **strongly-driven** turbulence develops.

- 主语后不应加逗号：“The first, nonlinear simulations are ...”
 - 换个例子：“My name is ...” 还是 “My name, is ...” ?
- 正体与斜体n。
- 冒号的使用：前面不是完整的句子，不能加冒号。
- 以ly结尾的副词与形容词结合不加连字符：strongly driven。

- ▶ 下标 “ZF,fit” 应用正体。
- ▶ 不标准的数学符号：如想表示相乘，应用点号 “.”，对应LaTeX中 $\dot{}$ ，如 $d \cdot t$ 。
- ▶ 并列不当：“, and t is the time”。
- ▶ 低级语法错误：多余的 “leads”。

$$\phi_{ZF,fit}(t) = (A - d * t) + ((1 - (A - d * t)) \exp(-\gamma * t) * \cos(\omega * t))$$

where A defines the amplitude, d is a linear decay, γ is the exponential decay, ω is the oscillation frequency, and t , time. The curve-fitting process was carried out by a non-linear least-squares minimisation routine (Newville *et al.* 2020), with a time window from 0 to 6 time units. Increasing the upper time limit of the interval forces the fitting routine leads to ignore the fast dynamics we deem relevant.

Section 4. Results: 结构

► 10个自然段:

1—4. 通过线性带状流模拟，发现low ι 位型中带状流的阻尼率最大。

5. 然而，通过非线性模拟，发现low ι 位型中带状流对湍流的抑制最明显。

6. 可见线性阻尼越大，非线性的抑制效应反而越强，这与传统的认知不符。

7—10. 如何解释这一新的发现：漂移井 \mathcal{K}_1 也会影响带状流的强度。

Section 4 结构上的问题

- ▶ 在1—4段，添加许多应该属于Introduction的背景介绍。
- ▶ 第5段中的数值模拟方法不属于之前section 3（Numerical Investigations）提到的任何一种。
 - ▶ 换句话说，section 3中介绍的的第二种模拟在这里没有出现。
- ▶ 第6段似乎是一个总结，但之后开始新的论述。
- ▶ 第7至10段作为正文的结尾，没有明确的结论。
 - ▶ 通过上下文，作者认为可以用 κ_G 和 \mathcal{K}_1 来解释新的发现。
 - ▶ 但是整个section 4都没有讨论 κ_G 。

Section 4 写作上的问题

- 前后行文不一致导致误解。

report this in figure 8. The change in diffusivity is higher in the Low Iota case, thus ZFs must to play a fundamental role for saturation, whereas in the High Iota case the diffusivity is not significantly changed. This behaviour suggests that ZFs play a negligible role in saturation.

- 原意：对比包含与不包含带状流的模拟，
 - 在low iota位型中湍流强度变化很大，说明带状流很重要。
 - 相反，high iota位型中湍流强度变化不大，说明带状流不太重要。
- 不对称的句式与标点导致歧义：
 - 在low iota位型中湍流强度变化很大，说明带状流很重要，不过high iota位型中湍流强度变化不大。
 - 这些结果表明带状流不重要。（？）

Section 4 写作上的问题

► 1—5段的主要发现：

- low ι 位型中带状流的线性阻尼率最大，但非线性模拟中带状流却是最强的，说明该位型下带状流很重要。

► 第6段总结上文并引出下文解释：

Our results up to this point suggest that, in configurations with low L_G and ι , ZFs will play a minor role in transport suppression. At the same time, we know from theory that a lower L_G has been linked to stronger linear ZF damping, which would make us expect weaker ZFs nonlinearly. But from figure 1 we observe the opposite. To rule out another mechanism being at play, we investigate ZF generation by the primary instability, ITG.

- “目前为止我们的结果表明，low ι 位型中带状流不重要。”
- 自相矛盾的论述（低级错误）

Section 5. Conclusion

- ▶ 4个自然段:

- 1—3. 总结前面的结论。

- 4. 升华主题: 本研究有助于发展简化模型, 加深对于湍流的理解, (早日实现核聚变)。

- ▶ 结构上的问题:

- ▶ 对于总结的部分, 语言是重新组织的 (即兴创作)。

- ▶ 对于升华主题的部分, 其不属于conclusions, 且全文并未讨论简化模型。

讨论：如何改写该文章？

► （仅讨论从架构的角度怎么去重新写。）

► 首先写一段核心内容

1. 本文研究了W7-X三个位型中的带状流强度，并发现了一些与前人经验不符的结论。
2. 内容1：首先，通过线性的带状流模拟，发现low ι 位型中线性阻尼率最大。
3. 内容2：接着，通过非线性湍流模拟，发现low ι 位型中带状流对湍流的抑制效应最强。这个结论与前人的经验不符。
4. 内容3：为解释这一新发现，引入两个物理量 κ_G 与 \mathcal{K}_1 ，发现 κ_G 控制线性阻尼率， \mathcal{K}_1 控制非线性的带状流激发，所以（原文中缺失的讨论）。
5. 升华主题：这些发现加深了对于湍流的理解，有助于发展简化模型。

- 在摘要中添加大背景与小背景
 - 大背景：带状流的强度依赖仿星器的几何位型。
 - 小背景：一般认为带状流的线性阻尼率越大，则带状流越弱，但是该方面研究不够系统。（而且本文发现了相反的结论。）

摘要举例:

- 大背景: In stellarators, zonal-flow activities depend sensitively on the three-dimensional geometry of magnetic fields.
- 小背景: It is commonly believed that zonal flows are stronger and more effective at suppressing turbulence in configurations with smaller linear zonal-flow damping rates.
- 本文: However, in this paper, the zonal-flow activities are studied in three representative Wendelstein 7-X configurations, and the results are contrary to the common belief.
- 内容1: From linear simulations of zonal flows, the low-iota configuration gives the largest linear-damping rate.
- 内容2: In contrast, from nonlinear turbulence simulations, it turns out that the low-iota configuration corresponds to the strongest zonal flows.
- 内容3: To explain this apparent contradiction, two geometric quantities are introduced: the geodesic curvature κ_G and the drift well \mathcal{K}_1 . It is shown that (具体物理解释).
- 升华主题: These results lead to a better understanding of zonal flow—turbulence interactions and could help developing reduced models for predicting turbulent transport.

- ▶ 在引言中扩写大背景和小背景：
 - ▶ 大背景：湍流很重要，对湍流的描述（如准线性理论）不够定量，带状流很重要。
 - ▶ 小背景：一般认为带状流的线性阻尼率与非线性成正比（如日本LHD仿星器），但这些研究不够系统，需要更加仔细地研究物理过程。
 - ▶ 核心内容复制粘贴。
 - ▶ 下文安排。
- ▶ 最后生成正文：
 - ▶ Section 2: GENE代码的介绍，数值模拟的参数设置。
 - ▶ Section 3-5: 研究内容1—3。
 - ▶ Section 6: 结论，将核心内容复制粘贴。

总结

- ▶ 导师的责任与能力范围：
 - ▶ 导师有义务帮助学生提升写作能力。
 - ▶ 但学生也要体谅导师的难处。
- ▶ 作业：结合本次上课内容，检查期末作业（科技论文）的结构，思考其是否足够清晰，是否有可改善之处。