

通过比较来提高个人水平

逻辑次序错误

下面举一个小例子来说明写作当中写作逻辑关系次序的错误，比较下面这两段文字，然后花 10 秒钟思考一下他们之间的差别，第 1 段是学生的文字，第 2 段是老师的文字。

The students:

Figure 3 is the physical diagram of thermal shock test. 1. First of all, the CMC surface thermocouples are directly burned by the high-speed airflow of 1200 °C sprayed by the flame gun. 2. The data collector collects a group of thermal voltage signals every 10us to analyze the transient response ability of the thin film thermocouple. 3. Then, the repeated experiments of dripping water after removing flame and spraying water with the flame still burning are carried out for many times, this way can detect the adhesion between the thin film thermocouple and the CMC material under the cyclic thermal shock of the flame heating water cooling.

The advisor:

Figure 3 shows thermal shock test setup. 1. The CMC surface with the TFTC and Pt-dotted TC are directly heated by an airflow of 1200 °C from a flame gun. 2. Then, after immediate removal of the flame, dripping water was dropped on the hot CMC surface to verify the robustness of the thin film of TFTC under the tough thermal stress conditions, i.e., the adhesion between the thin film thermocouple and the CMC material under the thermal shock of the immediate heating / cooling cycle. 3. The data collector collects a group of thermal voltage signals every 10us to analyze the transient response ability of the thin film thermocouple.

在这个里面，我们的实验目的是要检验薄膜传感器在温差剧变的情况下，是不是还能够可靠的工作？据这个逻辑，我们重新编排了实验过程描述的次序。我们比较一下这两个版本，会发现 2 和 3 这两项内容在重写之后，它的次序被对调了。在第 1 个版本当中我们描述实验的逻辑次序是：我们先对样品用火焰加热，我们用数据采集器去采集数据，然后我们用冷水滴的方法做骤然冷却的实验，然后我们验证了薄膜传感器的可靠性。在第 2 个版本当中，我们描述实验的逻辑次序是：先用火焰加热，然后用冷水滴去进行骤然冷却，在整个的过程当中，我们采用数据采集器采集整个过程热电压的数据。显然，后者的写作方法逻辑性更强。反思一下，为什么会产生这种逻辑不清晰的问题呢？这里面有两个原因，一个是我们这是在按照实验的逻辑秩序在写作，而作为读者是按照实验目的的导向去阅读的；第二个原因是我们在写作的时候思想并不是成熟的，或者并不是很清晰的，所以我们想到了什么写什么，等我们写完了下面的那一段话之后，我们会有想起来前面的那句话还没有说明白，于是我们要把前面的内容很自然的又写了出来，但是这一段刚写出来的话和它前面的那句话是没有直接逻辑关系的，会存在逻辑断裂层，这种“断裂层”会使读者读起来不顺畅，有卡顿的感觉，所以是写作者应该着力避免的。这种逻辑上的不严谨在写作的初期很难避免，因为我们往往是在写作当中才开始体悟我们所做的实验，也可能通过写作，会形成我们实验的新思路、新角

度，所以写和做是一个互动的过程，我们在上一章节当中讲到的要常汇报，讲的也是这一点：通过书写汇报可以对我们做事情提供良好的反馈。就科技写作而言，除非那种大家之作¹，下笔如有神，对于生涩的初期科研工作者，不能够保证下笔完全就是不需要修改的，我们还没有王勃一气呵成的作《滕王阁序》的那种功夫，我们往往是在积累不足的情况下写东西的，而不是都已经非常烂熟了之后才开始写作的。

当然语言的精炼也是要训练的，在第 1 个版本当中，语言的运用不够精炼，啰嗦的地方比较多，比如 First of all 用了三个词，实际上一个也就够了，或者可以不用。仔细比较一下上面的两段，体会一下改动的地方，这些小逻辑关系的错误经常发生，它让人读起来很不通顺，科技文章也可以写成像小说一样，读起来行云流水，符合情与理的逻辑这些逻辑错误往往写第 1 遍那时候看不出来，看第 2 遍、第 3 遍就会发现得到，所以写好的文章要通读几遍，笔者的感觉就是每读一次都会发现问题，每次检查都觉得达不了满分，但是应该达到一个基本的分数，否则编辑是不会通过的。

这个里边还想说明的是：逻辑的严谨在做事情、写文章方面，其道理都是共通的，那就是，严谨的逻辑在具体做事情、构想思路的过程当中是不太容易达成的，是不太容易在脑子里面就严谨化的，所以最好的方法是把他们摆到纸面上，Writing makes it accurate.²，以前我们常说的一句话就是，让敌人站在你的前边，然后我们才知道去打谁，如果在后边的话，我们就无从打起，具体也可以参读前面“怎么读”的章节，“让问题可视化”。

通过比较来学习写作

下边的表格对比了发表之前和文章被接收以后比较，这个练习的方式跟上面差不多，只是更详细了一些。仔细的读一下左边的内容，再仔细读一下右边的内容。首先是发现出区别，然后是分析这个区别：为什么之前写的是有问题的？仔细的揣摩琢磨研磨，然后要看到自己的问题，要能够分辨好歹，然后才能避免错误、纠正错误，否则可能看了半天就是不知道哪儿错了。这个过程是比较艰苦，有这么几个办法推荐给大家：一个是用手来抄写、用颜色笔去勾画；还可以和同事合作，有的时候自己的错误看了半天看不出来，但是看别人的错误就比较容易，大家可以互助互利。

	旧的,	新的
引言	随着科学技术的发展, 航空航天领域得到了极大的推广。航空发动机是两机专项之一, 是国家重大	(每段的第 1 句话先概括一下中心思想) {薄膜传感器的意义} 利用薄膜型传感器测量航空发动机涡轮叶片表面的高温温度对于航空发动机的

¹ 王国维, 《人间词话》, “大家之作, 其言情也必沁人心脾, 其写景也必豁人耳目; 其辞脱口而出, 无矫揉妆束之态; 以其所见者真, 所知者深也。”

² 培根《论学习》OF_STUDY 王佐良先生翻译, Reading can cultivate a full man, conversation can train an agile, and writing makes an exact man.

战略，**(啰嗦，面铺的太宽)** 精准的高温温度测量技术则是航空发动机研发过程中不可或缺的一项关键技术，而薄膜传感器在高温温度测量方面具有独特的优势。

薄膜传感器是附加在涡轮叶片表面热障涂层上的多层结构。被其附加的热障涂层是一种热保护技术，使用具有高隔热性的耐热、耐腐蚀的陶瓷材料覆盖在基体合金的表面。合金本身用以满足力学性能的要求，表面涂层用来提高其抗高温氧化能力^[1]，降低合金表面工作温度^[1]。使用热障涂层可以将合金材料的使用温度提高 100~150 °C^[1]同时降低金属基底的温度^[1]。并且提高油料的燃烧温度和燃烧效率，而且还可以防止金属基底的高温腐蚀，在燃气轮机和柴油动力方面都有重要的应用价值^[1]。传统方法往往研究薄膜传感器附加在光滑热障涂层、光滑衬底时的热应力情况，在高温条件下，由于热膨胀系数的失配，这种热应力往往较大，会造成薄膜的脱落。而我们对表面粗糙度的热障涂层进行进一步研究，探究粗糙度对薄膜热应力的缓冲效应。**(写的太长)**

本文旨在 (这个词用的正确，但是下边细节太多，要删减) 研究不同粗糙度对多层薄膜热应力的缓冲效应。粗糙度定义为表面具有的较小间距和微小峰谷的不平度，表面粗糙度可以反映微观几何形状的误差。粗糙度可以由轮廓算术平均偏差(Ra)^[1]、轮廓最大高度(Rz)、轮廓

智能化有着不可或缺的作用。随着高端航空发动机的飞速发展，航空发动机内部的燃动温度在逐渐提高，与此同时，对于航空发动机材料的可靠性也有着非常苛刻的要求，也就是说航空发动机材料表面的温度必须低于额定温度，才能保证航空发动机运作的可靠性。为此，就需要使用冷却气体或是热障涂层对材料表面进行冷却，而这种冷却又会降低航空发动机的燃动效率，所以必须找准准确的冷却气流密度，在保证航空发动机可靠性的前提下，达到最佳的燃动效率。所以，准确测定航空发动机关键部位表面的温度，如涡轮叶片表面高温温度测量具有重要意义。而使用薄膜传感器测量涡轮叶片表面温度，较之于传统埋层热电偶的测量方法^[参考文献]，有着不可或缺的优势：薄膜传感器是体积小，测量点精准，制造方式及安装方式简洁与方便，不会改变航空发动机材料结构，不会对航空发动机的燃动气流形成扰动^[参考文献]。薄膜传感器是附加在涡轮叶片表面热障涂层上的多层结构，但是使用这种方式，必须有效的克服多层结构在高温环境下的热应力问题：在高至 1000 度的高温环境下，由于多层结构之间的热应力匹配问题，会产生薄膜的脱落，传感器的失效等可靠性的问题。

{研究背景，其他人的工作}在我们的传感器开发工作当中，我们

单元的平均宽度(R_{sm})、轮廓支撑长度率(R_{mr})以及平均深度 (R_{od}) 来表征。由断裂力学可知, 表面粗糙度值越高, 表面的凹槽痕越深, 纹底半径越小, 应力集中越严重, 耐疲劳损伤性越低。因此, 增加表面的粗糙度, 会降低零件的疲劳强度[。由于已知如果一个薄膜溅射在平滑表面的时候存在热应力, 那么可能产生由热应力失配引起的或由界面处缺陷和热生长氧化物引起的两种可能失效[, 从而产生断裂、剥落等现象。失效的影响因素众多, 与涂层自身结构的复杂性、微组织成分和服役环境等都有关系。而膜层内应力主要来源于不同部分的变形梯度、相变所致的体积变化以及不同部分热收缩的差异, 其大小与薄膜材料、基体材料和膜的形成条件有关[。这时我们猜想如果在粗糙的表面, 这个薄膜呈现会为锯齿形的形状, 在这种情况下, 它的应力会大大减少。

研究粗糙度对薄膜热应力的影响有其必要性。第一, 在两种膜之间存在热应力问题。比如在绝缘体上边制作金属类的薄膜传感器, 需要考虑薄膜与绝缘体之间的应力匹配。而由于热膨胀系数的差别, 往往他们的应力不匹配, 这个热应力的问题在高温下尤其突出。高温、高应力、高转速的工作环境给航空发动机传感器的研制带来极大的挑战[, 在极高的温度 (1000 摄氏度以上) 之下, 航空发动机涡轮叶片上边的传感器等热障涂层薄膜会产生

发现, 在航空发动机粗糙的热障涂层表面制造的传感器往往可靠性较高, 薄膜不容易脱落, 这激发了我们的研究思路, 猜想粗糙度也许对薄膜的热应力起到缓冲作用。传统方法往往研究薄膜传感器附加在光滑热障涂层、光滑衬底时的热应力情况。由于已知在两种膜之间存在热应力, 那么如果一个薄膜溅射在平滑表面的时候可能产生由热应力失配引起的或由界面处缺陷和热生长氧化物引起的两种可能失效[参考文献], 从而产生断裂、剥落等现象。在高温条件下, 这种失效会更加明显[参考文献], 造成电子器件及其机械器件、机械零部件的不可靠及事故。失效的影响因素众多, 与涂层自身结构的复杂性、微组织成分和服役环境等都有关系。而膜层内应力主要来源于不同部分的变形梯度、相变所致的体积变化以及不同部分热收缩的差异, 其大小与薄膜材料、基体材料和膜的形成条件有关[参考文献]。在此, 我们对表面粗糙度的热障涂层进行进一步研究, 由断裂力学可知, 表面粗糙度值越高, 表面的凹槽痕越深, 纹底半径越小, 应力集中越严重, 耐疲劳损伤性越低。因此, 增加表面的粗糙度, 会降低零件的疲劳强度[参考文献], 粗糙度对薄膜热应力起到缓冲效应。

{我们的工作及方法} 本文旨在研究不同粗糙度对多层薄膜热应力的缓冲效应。从仿真实验和实验比较两个

脱落现象，造成电子器件及其机械器件、机械零部件的不可靠及事故。所以减少薄膜热应力，提高系统的可靠度是一项重要的科研及研发议题。第二，航空发动机使用薄膜传感器具有重要意义。在过去的多年时间内，用于燃气发动机零部件的材料和制备技术得到迅猛发展。使用热障涂层材料可以在某种程度上避免对于基底材料的严格要求，并提高航空发动机的整体性能[]。而使用薄膜传感器可以对温度进行精准测量，避免传统传感器的体积大、精度低等问题，对航空发动机的智能化起到推进作用。我们发现，在航空发动机粗糙的热障涂层上表面制造的传感器往往可靠性较高，薄膜不容易脱落，这激发了我们的研究思路，猜想粗糙度也许对薄膜的热应力起到缓冲作用。

为了验证猜想，**(这一段和上一段要合并)**从仿真实验和实验比较两个方面进行研究。使用COMSOL仿真软件进行计算机仿真，对仿真数据进行可视化处理，并对仿真结果进行分析对比，从而进一步解释，航空发动机涡轮叶片表面的热障涂层上面的传感器没有出现剥落现象的原因。通过加入高温实验结果，剥落现象，及其在多次使用之后还保持很好的温度稳定性及温度循环性，没有发现薄膜会剥落下来，没有脱落现象。通过计算机仿真与实验两个角度证明粗糙度比较大的表面长薄膜的热应力会减小，从而保证了薄膜传感器的附加强度，证实了粗糙度对薄膜热应力起到缓冲的作用。

方面进行研究。仿真实验部分使用COMSOL仿真软件进行计算机仿真，在涡轮叶片不同粗糙度的热障涂层表面建立简单的多层粗糙度结构仿真模型，对薄膜内部热应力分布进行计算机仿真计算，对仿真数据进行可视化处理，并对仿真结果进行分析对比。实验比较部分在不同材料的基底进行光滑粗糙两种模式的薄膜生长及升温实验高温测量，比较薄膜脱落等失效情况，并与光滑基底结果进行对比。通过计算机仿真与实验两个角度证明粗糙度比较大的表面长薄膜的热应力会减小，从而保证了薄膜传感器的附加强度，证实了粗糙度对薄膜热应力起到缓冲的作用。

对于学生写作（左面一栏）的评点：

第 1 点，内容太长，文字太啰嗦，这个原因是很多的小论文是从大论文改写过来的，而大论文的内容比较多，比较充分，而小论文篇幅有限，要对内容进行浓缩，这个由加法到减法的过程也是一门写作的功夫；第 2 点就是要引用参考文献，某些观点从什么地方来的？文献引用的规则请参见（研究生开题一章节“上网调研”）；第 3 点就是在每一段开头用一句话归纳一下这一段要写的内容，这相当于大纲，对于写前言（引言，Introduction）而言主要有 3 点：课题的意义（why）、课题的背景（who when where），我们在这个论文当中做了一件什么事情？解决了什么问题？（what how）。引言的写作很重要，它是对本文“进行宣传的”一个重要环节，要做好广告，当然这个广告要靠后边的实验和结论做支撑，但是首先导入读者眼球的是引言这一部分的内容，要通过对比的手段突出你的优势，当然就科技论文而言，实事求是为指要，但是我们有了好结果，也要把他们有效的表达出来。

施一公的第 1 稿

施一公：1994 年，我第一次完整地写科研论文，感觉很差。好不容易写完的文章，连我自己都不愿意读第二遍；勉强修改之后，交给了老板 Jeremy Berg。他拖了三周没看我的文章，我实在忍不住了、去催他，上午 9 点，Jeremy 告诉我：今天看！11 点，我去他办公室催，秘书拦住我，说 Jeremy 正在办理重要事务，两点前不得打扰。我心里惴惴，不知 Jeremy 在干什么。下午一点半，Jeremy 急匆匆过来找我，拿了一叠纸：“This is the draft. Please let me know what you think. We can aim for a 《Science》。”（这是初稿，你看看如何，我们可以试试《科学》）

我仔细一看，天啊！一共 7 页，四个多小时 Jeremy 已经把文章的整体写完了，只是缺少 Method 和 references。让我郁闷的是，他根本没有用我的初稿。

作者点评：其实写科研论文，内容还是第 1 位的，施一公作的内容非常好，所以可以够得上 Science 这种大的期刊；但是写的太烂，与其修改还不如重写。很多导师都有相同的体验，改文章比写文章要困难的多。但是作为研究生的导师，还是要必须花时间陪学生走完这一段困难的路，也就是陪着他一起“困难”，施一公的导师名气大，那个时间又很忙，没有时间去手把手的教；施一公又很聪明，知道怎么去学，知道怎么照葫芦画瓢，所以才有了后边的成绩。