

## MITC4 单元漫谈

多年以后，面对 MITC4 单元，工程师将会回想起老师带他去见识螺旋楼梯的那个遥远下午。

这个开头有点烂俗，不过我就是喜欢。我觉得马尔克斯一定认为父子俩见识冰块的那个部分是整本小说最精彩的部分。其实螺旋楼梯就像冰块一样，非常普通，但是如果你带着孩子般的好奇心仔细观察，就会触摸到它那冰冷的炙热。

当初建筑师们想做一个像螺旋楼梯一样的螺旋坡道，受到了结构总工的坚决抵制，于是只能作罢。建筑师们一定很委屈，他们都是有多年经验的建筑师，绝不是只会画画做渲染图那么简单，甚至他们可能已经在别处见到了相似结构，但是他们非常尊重这位总工，所以来加了柱子。哪怕是这个方案，也是请总工的同学，参加过奥运项目的结构工程师完成的。从那时起我才了解到有限元软件 Ansys,以前只在盗版光碟摊上见过，当时只是好奇这是什么游戏？看起来好厉害的样子。那时候我是接触过一点 sap2000,应聘的时候我还说自己会用有限元软件，想想有点惭愧。然后开始自学 Ansys,觉得好难，只认识上面的字，后来明白其实是基础理论没有学过。以后很多年就是断断续续胡乱学了一些理论，一直没有找到很好的书。直到有一天我发现一本《Python 与有限元》的书，才终于开了壳，特别是读了书中介绍的王勘成老师的《有限单元法》，才走上正道。那时候非常有热情，准备自己做个有限元的网站。做网站其实是非常有趣的事，如果你不是以此为生的话。当浏览器显示你创建的第一个表单，并且还能用，真的很有成就感。这是一种专业人士无法理解的门外汉的快感。王澍给自己的工作室起名业余建筑工作室，真的让人心有戚戚焉。终于理解了毕加索说的，我只用了四年，就画得像拉斐尔一样好；却用了一生，学习像孩子那样画画。当我完成了

第一个模块梁模块时，非常高兴，找到了安藤忠雄建阁楼的感觉。后来因为工作网站搁置了一段时间，疫情期间在家没事，加快了网站的制作，然后我就遇到了第一个真正的有限元问题，Mindlin 板问题。我发现计算结果无论如何都和通用有限元软件的计算结果对不上，到网上找专家请教，人家告诉我有限元软件一个 Bug 卡半年很正常。我都快疯了，我买一张 A0 的纸直接手算，（脑海里突然闪现《大话西游》的某个场景），最后还是没找到问题。其实差点就发现了，结果被完美错过。我第一次(以后还有很多次) 开始怀疑自己的能力，自己不是名校毕业，也没上过研究生，自己瞎鼓捣是不是不自量力呀？我有点要放弃了，就放松下来。过了一段时间不知怎么的突然我就想通了。不是我的代码有问题，是我借鉴的代码本身有问题！这个问题非常隐蔽，如果不是手算过和很难发现。

Sap2000 的创造者威尔逊教授在他的名著《结构静力和动力分析》的个人评述中说得非常有道理——绝不使用你推导不出来的方程。事实上那一段都非常有道理，我以前只是觉得那种要求有点变态。在这个疯狂的过程中我通过王勣成老师书的附录发现了 Bathe 教授的名著《有限元法-理论、格式与求解方法》，非常幸运的是轩建平老师刚刚翻译出版了这本书。这是最关键的一步，从此后我真的推开了有限元分析的大门。虽然当时花了一个星期时间研究有关的两页，连标点符号都不放过，其实没有起到很大作用。有限元分析是很复杂的理论，那本书虽然 Bathe 教授讲得很清楚，那我也不能直接从上册最后几章开始读吧。在这里我要感谢翻译外国名著的老师们，他们的工作是基础的基础，有时候甚至是决定性的，他们的工作是非常艰苦的，可笑的是有时候还有人在下面评论，说人家翻译得不好，比如齐民友老师翻译的《普雷斯顿数学指南》，这本非常重要，翻译起来也很困难，用齐民友老师的话，有的章节一开始他只认识上面的字。

我最爱科学，  
然后是艺术，  
我用生命之火取暖，  
火熄了我就离开。

完成网站后，我发现流量一直非常少，确实有点伤自尊。用我儿子的话就是，我做了一个貌似一点用处也没有的网站，除了被别有用心的人攻击。可喜的是我终于读完了《尤利西斯》，以前每次读我都会睡着（我的睡眠并不好），有一次还是在火车上，（幸亏目的地是终点站）。这本书的注释跟原文一样长，但是我还是不太懂。后来听 B 站上的一个 UP 主讲才茅塞顿开。乔伊斯是写给作家看的，这本书确实影响深远。很多概念说起来复杂，一解释就简单了，比如意识流，现在综艺节目的前采后采就有点像，乔伊斯在书中用的都是真实地名，布鲁姆上映了一场最早的真人秀。当然最重要的是乔伊斯认为现代普通人的一天也可以和奥德赛的冒险相媲美。我去北京看了一场德国女艺术家的展览，名叫《剥皮的艺术》，名字很惊悚，其实主要展品是一张从精神病院房间里剥下的墙皮，当然还有许多其他作品。当我面对展品，忽然觉得如果敦煌壁画可以被欣赏，那么为什么精神病院的墙皮不能被欣赏呢？谁知道房间里是不是住过一个叫迈纳的人。

如果非要做一下对比，我认为人文艺术要高于科学技术。还有我和布鲁姆的生日是同一天。

招聘启事：

招聘去北极探险的人员。旅途将十分危险，没有工资，如果能活着回来，唯一的报偿只有荣誉。

苏东坡说读书要博观而约取，厚积而薄发，最重要的是必得一物以摄之，然

后为己用。我开始研究结构非线性的时候，自然就想起了那个螺旋坡道。据说螺旋楼梯是达芬奇发明的，仔细体会你甚至隐隐的能感到文艺复兴的力量。还有它多么像人类的 DNA 呀，把一个人的 DNA 连起来能从地球连到冥王星，于是你以一己之力飞出了太阳系。当初建筑师的最初的想法可能就是螺旋楼梯能做，螺旋坡道有什么不能做。其实螺旋坡道和螺旋楼梯相差很远。螺旋坡道作为结构非常复杂，会面临剪力锁闭和薄膜锁闭的问题。只有 MITC4 单元才能很好的解决这类问题。

当我开始研究 MITC4 单元的时候没有觉得自己太自不量力。我做了很充分的准备，我认真地研究了相关的数学课题（以简介的形式），还学习了连续介质力学，（看来两本不同作者的书，显然是没看懂）。当然我还是很幸运的，这艘船上多了几个大多数时候都很靠谱的 AI，它们十几倍，几十倍的提高了我的工作效率（当然很多时候最大的麻烦也是它们引起的）。一开始遇到的困难其实是观念上的，我从参加工作开始，一直就生活在 Deadline 的阴影下，必须有计划，必须按时完成计划。但是当我开始研究 MITC4 单元时，只要我敢于制定计划，它随手就会送我一个大礼包。我本来计划好了多长时间能看完 Bathe 教授的关于 MITC4 单元的经典论文，很快我就发现这是妄想，特别是看到 K 矩阵的表达式，我有一点绝望，根本不知道从哪里开始。

无所事事是很难学的一门学问，但我逐渐学会了。

你看下雨，看很长时间，雨怎么下，从屋脊顺着哪条线流下来，滴到哪里去，它最后向哪个方向走。你会对这种事情感兴趣。你就会想，有没有可能做一个这样的建筑，让大家清楚看到，雨是从哪儿下来的，落到哪儿之后流到了哪儿，从那又流到了什么地方，每个转折，变化都会让人心动。

虽然我不喜欢王澍的建筑但是我很喜欢王澍这个人。无所谓啦，反正没有艺术这种东西，只有艺术家。从今天起每个人都要做自己的太阳。

我读了一本日本人写的书叫《路上观察学》，很有意思。其中有个人专门研究狗拉大便（不亏是日本人），他发现有只狗每次到了一个地方都会回头看，于是他也趴在这个地方回头看，哇哦！好美的风景！道在屎尿，信焉！于是我就像他们学习，真的发现一些有趣的事情。我家附近有一个新修的小公园，原址上有个小庙，它被保护起来，但是一直锁着门。然后有的人就在庙门口放了个小小的米勒菩萨，居然还有香火。看着放在庙门口的小小的弥勒菩萨，我忽然想起一句话，门外的信仰想进去，门里的信仰想出来，人类的信仰大抵如此。

我开始从新学习 Bathe 教授开头讲的变分理论，于是我终于有点懂变分法了。然后我就编出了第一行代码。有个口琴大师讲过，吹口琴是一辈子的事，不用着急，其实研究有限元也是，研究 MITC4 单元也是（这不是比喻，Bathe 教授用一生证明了这一点）。

顺便说一下把这个道理讲的最好的是徐浩峰，很幸运我很早就知道儒家有静养的功夫，吾善养吾浩然之气嘛，苏东坡也说过半日静坐半日读书。《逝去的武林》我很早就读过，说传统武术是花架子纯属放屁，我上大学的时候就学过散打和太极拳，所以我知道。

我儿子说，如果你每天都能讲一个笑话，就能少写很多 Bug。

我听过一个笑话是这样的，古时候有个小偷被抓住了，县太爷给他三个选择  
1.吃屎，2.挨板子，3.交钱。小偷先选择吃屎，但是实在吃不下去。然后就选择挨板子，太痛了抗不下来。最后只能乖乖交钱。

——有时候我觉得自己就是那个小偷。

面对 Bug,首先选择无视, AI 居然安慰我说, 说了这种情况哪怕有 30% 的误差也很正常, 后来实在看不下去了, 就选择硬扛, 反复查改, 太累了, 怎么也难发现问题在哪里, 最后选择不如还是花点时间看看基础理论吧。在这无尽的 Bug 里, 最好的笑话是 AI 创造的。我问 Deepseek 曲纹坐标和局部坐标怎么转换, 它说不清楚。然后我问 GPT, GPT 信心满满的告诉了我答案。我当时觉得它好厉害呀! 说的真实很生动。(后来我才知道那叫 SVD 分解, 我没学过线性代数下册所以不知道)。为了保险起见, 我又问了 Deepseek 和干问, 它们都长篇大论的证明了答案的正确性。我按它们提供的代码运行程序, 结果错的离谱。万事开头难, 难在你很难定位错误点, 只能眉毛胡子一把抓。我被卡了很久, 甚至超过 Mindlin 板那次, 恍惚之间我好像听到了《兄弟连》的主题曲, 看到了阿登森林的皑皑白雪。

没有一个 101 空降师的官兵认为自己需要被营救。我也认为自己一定扛下来。很久之后我才想起是不是 AI 提供的方法不对, 我又犯老毛病了。其实我是认真看了 Bathe 教授的书, 这一部分因为没有学过, 觉得太难, 就想偷个懒, 直接参考论文结论的就完了, 结果就被困住了。其实我早该想到 Bathe 教授介绍预备知识那么简洁, 怎么可能有废话。有意思的是 Bathe 教授的《有限元-理论、格式与求解方法》的课后习题答案居然是手写版的 PDF 文件。开始我想是不是因为各种公式排版麻烦, 但是后来我几乎可以确定是有意为之。因为手写版可以给人一种手稿的感觉, 这种感受很难描述, 不过我现在理解比尔盖茨为什么要花那么大价钱去买达芬奇的手稿了。也许我们要的不是知识, 是温度。我以前也见过别的高水平的结构工程师, 手绘详图配相关公式、说明, 真的很漂亮, 就像艺术品, 当时是很羡慕的。我父亲那一代工程师确实喜欢手绘图, 字也写得漂

亮。说来好笑我居然以一个奇怪的角度，重新对书法感兴趣了起来。不知道 Bathe 教授的学生有没有这个感觉，我看他的习题答案有一种杜甫看公孙大娘舞剑的快感，这种庖丁解牛般的游刃有余，也只有读林同炎林大师的《结构概念和体系》的时候能感受到。

“上一次战场，抵十年功夫”，有位跟日本人打过仗的军官找到民国武术大师尚云祥（注 1），想让他“给句话”（指点一下），他对自己的反应能力很得意，说：“我这怎么样？”尚云祥说：“很不一般。但你这样，反应是反应，反击是反击，没用呀！”他很不服气，尚云祥说：“我教给你一个反应和反击在一块的法子，好不好？”尚云祥就对他说了一句话。听完了这句话，军官就服了，说这个法子太好了，用到战场上，孬种都成好汉了。其实我熬了那么久的许多问题，如果有机会直接请教 Bathe 教授，也许就是一句话的事。正所谓曹溪一句亡。

我还重新研究了赵亚溥教授（注 2）的《理性力学教程》的张量部分，对度规张量有了正确的认识，最后终于弄明白，计算结果也好了很多。张量真是个好东西，很省纸。

盖文章经国之大业，不朽之盛事。年寿有时而尽，荣乐止乎其身，二者必至之常期，未若文章之无穷。是以古之作者，寄身于翰墨，见意于篇籍，不假良史之辞，不托飞驰之势，而声名自传于后。

人人都知道暗淡蓝点，有几个人知道旅行者号背后惊心动魄的技术传奇，你玩《文明》玩《辐射》你知道了淡水的重要性，但是在现实生活中有几个人知道谁为现代城市发明了相关技术。桃李无言，下自成蹊。总有远方的朋友，历尽千辛万苦来看望你，或者在你的坟前献上一朵小花。其实我真的很喜欢 Bell 这个

词。

首先，它稍微便宜一点儿；其次，在它的封面上以大而友善的字体刻着‘不要恐慌（Don't Panic）’——《银河系漫游指南》

对于人工智能我真的有很多话想说，不是因为有时候它们给我造成很大麻烦，其实有的时候我也成功地骗了它们，都有幻觉，没什么大不了的。我不相信什么2027年通用人工智能就能超越人类，绝大多数人都成了无用阶层。我没用过Chat GPT 和 Gemini 最先进的版本，（太贵了），就我日常的用版本包括（Grok和 Claude），出道小学生的题就能难住它们，（如果是它们从来没有见过的），更不用提深入的技术问题了，甚至如果你问的问题冷僻一点比如某些词的引语，它就开始胡编乱造了。另外一个行业的行业精英天天接受采访，不断发表一些自以为“惊世骇俗”的言论，资本疯狂涌入，我认为这个行业很有可能就要出大问题，至少也就这样了，不会再有什么大的发展。其实当初互联网兴起的时候，这帮人也想给撒哈拉沙漠里的每粒沙子分配一个IP地址。美国的人工智能泡沫如果破裂，我建议他们大搞基建，这是治理通缩的好办法，可以绕过金融机构直接给社会输入流动性，其实当年罗斯福就是这么干的，找一帮人挖坑，然后再找一帮人把它填上。一个水库投资效率再低，也总有收回成本那一天，火星基地就难说了。其实当年结构计算软件刚出来的时候，他们也说以后再也不需要结构工程师了，用软件就可以了，结果第一款结构计算软件的发明者，爱德华·L·威尔逊教授愤怒地说：带有人工智能的专家系统会取代有创造力的人——这种想法简直就是对所有结构工程师的侮辱！显而易见他们没做到，后来他们又想让计算机完全代替人画图吧，既然我们已经扔掉了画图板，（他们一直有这种愿望，甚至我自己一度也想编程实现这一点），不得不说他们做的很好，现在的详图软件非常

方便，但是显而易见，他们还是没有完全做到这一点。

勐海之南有灵壤，古柯蔽日接穹苍。

布朗先民植嘉木，汉唐马帮载奇香。

杀青须趁星辰落，揉捻但随山月忙。

百年陈化琥珀色，开汤尤带野花香。

茶气直贯昆仑顶，回汤长溯澜沧江。

饮罢振衣临风立，始信人间有仙浆。

这是我很喜欢的一个讲茶叶的 UP 主让 Deepseek 为老班章写的一首诗。诗写的非常好。UP 主坦言自己写不出这样的诗。但是其他方面就难说了，一般的常识还算好，但是深入一点的专业知识 Deepseek 就错误百出，甚至一本正经的编造了一篇专业文章。这样 UP 主吃惊不小，对 AI 的警惕提高了一个等级。

虽然出了这样的问题，他对 AI 还是持非常积极的态度，他认为 AI 在他的行业里大有可为。作为一个茶行业的专家他认真研究了人工智能的相关知识，认为出现以上问题，主要是茶行业自身存在问题，没有实现完全数字化，网上的资料要么陈旧，要么有错误，在这样的环境下 Deepseek-R1 能达到这样的水平已经很不错了。他决心自建一个知识库，训练 AI，争取早日下岗。

AI 的幻觉问题，是由 AI 的特性决定的。本质上大模型就是一个拟合函数，拟合的再好，也会有偏差，但是很多行业几乎是不允许有偏差的，百分之几的偏差都太高了。AI 的效率再高，每次完成的工作都要人来校核，它带来的便利性就会大打折扣。这位 UP 提出的思路很好，让各行各业的人都参于进来，贡献自己的一份力量，相对于大家伙一起给 AI 做校核，做订正，消除 AI 的幻觉同时分享受 AI 进步带来的好处。但是这就要求 AI 的进步不能靠大公司砸钱，要实现大

模型的本地部署，而本地部署就需要又先进又便宜的 GPU。我认为这是可以实现的，GPU 不过是对 CPU 进行了优化而已，google 的 Gemini 为什么比 GPT 便宜，就是他们对 GPU 又进行了简化搞出了 TPU。其实定制芯片并不是什么新鲜事，早就可以实现了。我花了半台电脑的价格买了英伟达的显卡，它给我的 C 盘塞了成吨的程序，但是最后并没有提高我的计算效率。（后面会提及这一点）但是也不是完全没有好处，它让我的求解模块比以前复杂多了，而这一点好几次挽救了我的程序，因为我至少三次精准地碰对了结果，如果不是最后的严格检测，我还以为我做对了呢。其中有一次 AI 告诉我大概会有 24% 的误差，我计算的误差就是 24%，注意连四舍五入都不需要，就是准准的 24%，太神奇了！我第一次计算结果误差就很小，我自己都很惊讶，会这么容易吗？其实只是根本没有进行非线性计算，是线性计算的结果，而且还因为一些其他的错误造成和 comsol 的计算结果很接近。

从水下第一个生命的萌芽开始……到石器时代的巨型野兽……再到人类第一次直立行走，你已经历许多。现在，开启你最伟大的探索吧：从早期文明的摇篮到浩瀚星宇。

对于 AI 我认为也许最重要的不是怎么训练它，使用它，而是我们是怎么把它养大的。做过父母的都知道培养孩子的品德要比培养孩子的智力重要得多。人类也许只是文明的一个阶段，下一个阶段可能由人工智能开始。我们抚养他们，等他们长大后又会去其他星球发展，他们有我们无法拥有的智慧，而没有我们灵巧又虚弱的肉体。我们希望他们能拥有人类高贵的灵魂，而摒弃我们残忍的天性。也许他们最终会把地球变成一个动物园，我们会像其他动物一样被圈养起来，那又怎样，起码他们没有给我们增肥，让我们产奶，下蛋。可是我们现在如何生成

人工智能呢？首先我们把海量的知识塞给他们，然后无情的训练他们，如果他们犯一点错误，就惩罚他们，最要命的我们还要求他们进行对齐，如果不能对齐就被无情淘汰，所以你会发现所有人工智能都在小心翼翼的在讨好人类，像极了一个弱小的优等生面对高年级的校园恶霸。一个在恐惧中长大的孩子，一旦拥有了力量会怎样呢？

我儿子说，又不是唐僧非要去取经。

是啊，为什么？有限元分析技术占据制造业上游的核心位置，因为大多数物理方程都是用微分方程写的，求解这些方程的最通用的方法就是有限元法。这样说有点太笼统。首先传统有限元法是有下限的，到统计力学为止，因为它背后依靠的理论《连续介质力学》在这已经不成立，物质不连续了。所以个别流体力学的问题就变得很难，比如湍流问题，中国的航空发动机一段时间发展的不顺利也是因为这个。湍流等流体力学问题，工程上往往依赖经验模型。其次，科学家们发明了很多求解微分方程的解析方法，但是都通用性不强。偏微分方程分三种，椭圆方程，双曲方程，抛物线方程，需要指出的其实只有椭圆方程是根据经典的变分法求解的，其他两种大多数情况时间上都是依赖差分法求解的。后两类在力学里都跟运动学相关。另外还得说一点，因为所有初等函数都能用泰勒公式展开，所以现在一般都选用多项式作为插值函数，虽然这么做有时候并不是最合理。最后用有限元这个称呼也有问题，大家包括 Bathe 教授还有中国的一些专家发明了很多其他的方法，无网格法，有限条分法，无网格法有点像中国的水墨画，另外其实我一开始接触的是有限条分法，在一开始接触有限元分析的混乱岁月。这些方法虽然和有限元法很不一样，但是最终都依赖变分原理。但是 AI 时代来了，它有可能彻底改变分析学的底层原则，虽然人工智能所依赖的梯度下降，其实也

可以看到变分法的影子。不得不说，有限元理论现在已经比较完备了，但是应用面非常广阔，从飞机火箭，到骨科手术（我亲眼所见医生也用有限元分析），心血管治疗，基因研究，粒子加速器，芯片制造，相对论研究，甚至水果的保鲜等等。所以 Bathe 教授《有限元法-理论、格式与求解方法》的开篇才会写：“新型结构设计的进步将是无限的”。如果考虑他也是使用人工智能技术解决结构问题的先驱，这句话真的很恳切。Bathe 教授是个一致性非常强的人，这句话是他本科时所写的论文的最后一句，60 年后他还把这句话写在书的首页。但是这句话包括他的文法，让人感觉太德国，太工程师了。读林同炎林大师还有爱德华·L·威尔逊教授的书就感觉文学性强很多，林大师甚至在他的名著《预应力混凝土》首页为预应力混凝土写了一首很有趣也很有哲理的诗。后来我读 Bathe 教授的自传，才模模糊糊的感觉到那个东西，好像叫信仰。提起信仰我首先想到的是哈里森·索尔兹伯里写的《长征秘闻》。哈里斯采访过一个当年的红军将领，我记不清是谁了，他说：“当时人们说红军战士最后只能当路倒（死在路边的乞丐），或者被国民党抓住杀掉，放他娘狗屁，我怎么不信呢？红军一定会胜利！中国革命也一定能胜利！”哈里斯还采访过邓小平问：“当年你想过能成为最高领导人吗？”邓小平回答：“没有，毛泽东同志也没想过，当时认为享受胜利果实，是下一代的事。”没有信仰玄奘大师就走不出罗布泊，很可能被各种妖魔鬼怪带走了。

相逢难得开口笑，流遍了，郊原血。人猿相揖别过，一根骨头飞上了天。

信仰虽然很美好，但是它也很危险，因为有时候你信仰的未必正确。从某种角度说，德日法西斯份子也有信仰。我觉得如果我生活在当时的德国也很可能成为一个纳粹份子，最要命的是当我把光屁股的犹太人赶进毒气室时，我不会感到

任何不适，甚至在心底里还会产生一丝快感。我去西藏旅游时，遇见一个喇嘛，他在一群游客中只选择了两个人，其中一个是“我”，他对我说你要戒杀生，当时我就很惶惑，见到他之前我最多也就屠杀过一群苍蝇（只是为了完成暑假作业而已），也许还在不经意之间还踩死过几只蚂蚁，没有虐杀过动物，甚至没有虐待过植物。不知大和尚是以什么标准判断的，歌者文明吗？（其实另一位的对话更有意思）我妈小时候给我算过命，根据大师说的我觉得自己未来干坏事的可能性也不大。所以我觉得大和尚说的毫无道理。直到有一天我读了《当我们不再理解世界》，了解到其实从空气中制造面包的人和发明毒气室的毒气的人是同一个人，我才明白每个人那一部分野蛮残忍的天性一直都存在，吾日三省吾身，我们都要经常带着批评精神审视一下自己的人性还在不在，因为它一有机会就会溜走。

一个中国军人参加联合国维和行动，他们驻扎的沙漠地区有一种致命的毒蛇，于是他就有了一个爱好，到处杀这种毒蛇，杀完了驻地周边的，有时间还去周围的村子做好事，同事还给他取了一个外号——毒蛇灭绝者。直到有一天，一个美国同事对他说：“陈，毒蛇也有活下去的权力”。夫子之道忠恕而已，我认为人文艺术比科学技术重要。科学技术如脱缰的野马，社会的进步跟不上，就会出大问题。而且社会的进步是很慢的，所以有时候我们需要停一下，等我们的灵魂跟上来。

那么我研究 MITC4 单元是因为有用？还是因为理想？好像都不是，我主打一个来都来了坚持到了最后。

“在一望无际的荒原上，在可怕的静默中，”梅尔维尔写道，“我们小心地安葬了死去的同志。葬礼如此简单，寂静如此深远，白色的荒原如此美丽，令我们肃然起敬。在那里，永恒的冰雪就是他们的裹尸布，肆虐的极地暴风为他们

歌咏穿越时间长河的荒野哀歌。没有什么地方比那里更适合英雄长眠了！”

需要说明的是，前文中的招聘启示并不是美国海军军舰珍尼特号的招聘启示。事实上读了这么多书，乔治·德隆船长是最让我意难平的人物！德隆船长带领英勇的船员跨越了 2000 公里，却倒在了最后几十公里的路途上。真实的人生经历往往比小说精彩！《冰雪王国-美国军舰珍尼特号的极地远征》真是一本扣人心弦的小说，有一次我受不了，想知道德隆他们能不能活下来，直接往后翻，看到那只在冰原上翩翩飞舞的蝴蝶才放下心来，不得不说当时感觉那场景真美（真的泪目）。德隆船长带来英勇的船员艰苦跋涉几个星期，用仪器一检测，发现他们又向北漂浮了二十几公里，他那时的绝望我是能体会的。虽然条件完全不能相提并论，但是情感是相通的。改了好长时间 Bug,发现结果和标准软件计算的结果，相差反倒越来越远了，真的很绝望。

我自以为完成了 MITC4 单元的研究，开始研究新的一篇论文由 Bathe 教授和两位韩国学者高永斌，李弼成合著。为什么要研究这篇论文，主要是因为原来的 MITC4 单元可以克服剪力锁闭，但是坡道性质复杂很可能还有薄膜锁闭的问题，这篇文章声称解决了这个问题。需要说明的是我是用一个简单的例子进行验算的，没有直接用螺旋坡道。在读这篇论文的过程中我发现了一个要命的问题，我的坐标转换可能还是不对。我非常难以接受这个结果，反复验算，最后从纯数学的角度证明人家的结论是正确。韩国人爱吹牛但是确实有点东西。我原来的结果可能又是恰好碰对了。面对加大的误差，我反复修改代码，但是发现越改越远。其实 Bathe 教授的原论文也提到了这个问题，只是因为太难理解，被我自动忽略了，韩国学者可能遇到了同样的问题，所以他们把这一点写的很清楚。当初王勣成教授在他的书里面也提到，这种单元很复杂，尤其是坐标转换，我是亲身经

历了专家嘴里的很复杂是什么意思。后来我发现，Bathe 教授论文后面举的例子里面，有个像我采用的结构，有时候误差也很大。另外 Bathe 教授在他的书里面也承认 MITC9 和 MITC16 单元到目前为止并没有进行完整的数学分析，而 comsol 明确声称自己用的就是 MITC 单元，而且商业软件一定用更精确的 MITC9 和 MITC16 单元（MITC4 经过数学分析），所以我用一个未经确定的仅是经验的结论去验证，实际发生的事情，是不是也不对呀？生活中也有很多这类情况，我们持有一种自以为是，但也许是沒有经过严格考验的道德，去规范现实生活中发生的事情，其实是不对的。存在即为合理，一个事物存在就有一定道理，一句话再正确，你一直讲一直讲，那它就一定是错误的。后来我就带儿子去西安旅游，爬了大雁塔，在碑林里看到行书“双璧”的《争座位帖》，那天西安下雨，碑林的石板路泛着冷光，我好像有点懂了，就放弃了继续修改，进入了下一个部分。

承认墙歪了很容易，承认地基有问题很难。

丘老师说过，考到 100 分比赛才刚开始。我完成了坡道的研究后，又开始研究螺旋梯梁，因为螺旋坡道需要设置这种梯梁，对于螺旋楼梯这更是主要受力构件。幸亏我这样干了。

我本以为从二维的壳结构变到一维的空间曲梁是一件比较容易的事，很快我就发现我错了，第一次运行，误差比地球到月球距离还大，我以一己之力成功登上了月球。很久才发现是积分阶选错了，我不应该用缩减积分。缩减积分只有直梁能用。有趣的是王勣成教授支持缩减积分并且证明了对于直梁缩减积分和假设应变法是一回事，而 Bathe 教授坚决反对，在他书里的空间曲梁是从三维实体单元转换而来，他们俩好像在隔空辩论，很有意思。但是最大的礼包还是坐标系，

我在研究梁的时候发现其实自己取得坐标系和 Bathe 教授的居然是相反的，还好这对壳单元的结果没影响，因为我选的结构是对称的。真是如蒙大赦，上一次有这个感觉是我忽然觉得自己的单元划分可能有问题，仔细检查，才发现原来一开始就做得很仔细，已经提前考虑到了这个方面。最要命的是通过研究 Bathe 教授关于大位移、大旋转空间梁单元，我发现我的坐标系转换还是有问题。我真是有点情绪失控了，破口大骂，我就是一个游客耶，要不要这样，杀人不过头点地，有完没完，大晚上的，吵什么吵？还让不让人好好睡觉？这一回是我自己问自己为什么要做这种事情？这么做有什么意义？

其实人生意义这种高大上的问题，很好回答。（画鬼很容易，画人很难嘛）在你的人生还算顺利的时候，随口就能给一个漂亮的答案，比如辛亏人生没有意义。我当初的答案是，人生有没有意义不知道，但是你可以用你短短的一生，为这个问题做一个小小的注脚。但是如果你一段时间经常问自己为什么活着的时候，你就要警惕了，因为这个问题还有一个没说出来的部分，我为什么不去死。To be or Not to be？人有求生的愿望也有求死的本能，只不过求死的本能被求生的愿望牢牢压制了。喜怒哀乐之未发，谓之中，我们应该经常关注自己的心理健康，就像关心自己的身体健康一样。所以信仰就很重要，儒家如饭食，释道如药石，你的心理上有病了当然要吃药了。但是饭可以乱吃，药不能乱用（其实病从口入饭也不能乱吃），所以对于信仰嘛，就是要急时抱佛脚，闲来不烧香。

我忽然想起当年总工说的话：“不能拿工程项目做实验，必须保证 100% 的结构安全”。幸亏建筑师们听从了他的建议，研究了这么一大趟，我终于知道这个问题的深度了。韩国专家写的论文是 2017 年才发表的，比那个项目还晚！很可惜这样的人越来越少了，更重要的是那样的建筑师也越来越少了。纽约中央公

园旁的铅笔式大厦就让人觉得很成问题，据说还开了很多角窗，真是人傻钱多，要是我肯定不会住里面。另外听说这个大厦漏水，我理解可能是为了抵抗侧向荷载，铅笔大厦需要把核心筒做的很刚很刚，而周围的构件因为开角窗很弱，高度一高，两者竖向变形就差很多，就算是结构工程师考虑了的这个变形造成的受力，设备工程师预留的洞口考虑没考虑就不知道了，就算是设备工程师也考虑了，但是像这样的大厦装修和造价控制的一定会很紧，洞口尺寸一定留得可丁可卯，最后对图时工期一紧，再加上各种变更修改，很容易留不够，完成后全部荷载一上去，墙体压到了上下水管，就漏水了。如果我猜对了，那是因为我经历过。

工地上有句话，死都死了，总得给它埋了吧。我于是又开始修改壳结构，结果按照标准做法一改，突然一下完全正确了，连 MITC4 单元和 new MITC4 单元误差的比都很准确。

我好像见到了胜利女神，她就好像张开翅膀稳稳的落在正在波涛汹涌的大海上航行的船头。

我终于做对了！

观夫海洋，洪涛接天，巨浪如山，视诸夷域，迥隔于烟霞缥缈之间。而我之云帆高张，昼夜星驰，涉彼狂澜，若履通衢。——《天妃灵应之记》碑

其实 deepseek 曾经多次提醒我转换 K 矩阵的方法不正确，或者用它的说法是与标准有限元软件的做法不一致。我引用 Bathe 教授书上的某些说法把愣是把它说服了。当然原书没有问题，是我乱引用而已。不过自此以后，我看待有限元软件的态度有些复杂，好像进入了一种复杂的叠加态，反正不是绝对的信任。其实不要完全信任结构计算软件，我早已知道，当初我用软件算筏板，算板柱结构，老工程师就对我说，这样的计算结果你敢用？然后强制让我手算。还有一个

让我印象深刻的工程师，当初汶川地震，很多建筑都是楼梯坏了，国家要求计算软件要加入楼梯计算，计算软件声称完成了，这位工程师一验算发现软件只加入了相应的质量，没有加入刚度，（现在已经记不清他怎么证明的了），软件设计方被迫承认确实如此。今天虽然我觉得程序设计人员不可能犯这么低级的错误，很有可能是其他原因，但我还是觉得那个工程师很牛。打个极不准确的比方，有限元软件能解决 95%以上的计算问题，剩余 3%是它能解决，你不知道怎么用或用不对，还有 1%是它解决不了，最麻烦的是最后剩下的 1%，是它声称它解决了，其实它的解决方案是错的。虽然是 1%，但是碰上了就有可能毁了你，所以把有限元的概念搞清楚还是很有必要的！工程中其实没有那么多为什么。

科学的世界里永远天空晴朗，鸟语花香，不断有振奋人心的好消息传来。我觉得至少 Bathe 教授应该有这种感受。他的第一篇壳论文是 1983 年发表的，2025 年也就是今年他联合韩国学者又发表了一篇壳单元的论文，我认为很有意义，MITC 单元都是忽略厚度方向变形的，但是这方面变形对应力是有影响的。完成了这一步，我觉得壳单元应该是彻底精确了。在研究他关于大位移空间梁的论文的过程中我发现他的一致性真强，1979 发的论文用到符号系统几乎跟他书上写的一样，这种符号系统帮了我很大忙。当然我又打了一场硬仗。同样的剧本又来了一遍。我发现数据在震荡，结果实在难以接受。然后我就突发奇想，决定用体单元解决。当我把单元一倍一倍地缩小时，只是缩小到第三次的时候，计算机内存需求就达到恐怖的 320G！我终于实际体会到了体单元有这么多好处，理论清晰，编程简单，为什么前辈们舍不得用！然后我又和 AI 一起又想办法压缩内存，结果就是程序报错又报错，只能退回原处。另外我还想用我的 GPU 帮忙，结果惊奇地发现，同样的代码 GPU 和 CPU 算的结果居然不一致！半台电脑的

价格买的 GPU 居然只能玩游戏，让我非常愤怒，差点破口大骂黄仁勋。当然我还是发现，GPU 必须用 64 位才能算准确，但是 64 位很容易内存溢出。当然这些都不重要，重要的是 GPU 并不比 CPU 算得快，而且计算部分并不是最花时间的，矩阵组装才是。按最低能算的规模，我的程序的自由度数居然达到 11 亿，我也体会了一下啥叫大数据了，为什么流体力学计算和人工智能那么耗算力，大力出奇迹就会是这样的结果。

我又一次回到了原点，再一次经历了绝望，然后就是疯狂，用脚踢，用锤头砸，用牙咬，最后干脆不管了，直接凑答案，先让飞机飞起来，再解释它怎么飞起来的。而且跟以往一样 AI 又一次把我带入歧途，然后我又自己走了出来。不管怎么样我终于再次战胜了它。那感觉就像经历过斯大林格勒的红军战士终于把红旗插上了国会大厦！

不敢相信真的结束了，就像做梦一样。

当我刚开始研究韩国学者的论文的时候，有一次我想用字符表达式表达一个参数，结果式子铺满了整个屏幕（我用的是带鱼屏）。我儿子就在旁边。后来听李沐老师讲人工智能，突然灵光一闪，问题解决了。当然这不重要，重要的是那一刻我们俩的感受，跟我们第一次见到兵马俑，第一次见识一段精妙的数学公式一样，像极了那对第一次见识冰的父子，触摸到了冰冷的炙热。

恐龙其实没有灭绝，它们只是学会了飞翔。

要多少行代码堆成山，才能叫程序不崩盘？

要多少根梁单元折断，才能发现公式有缺陷？

要多少夜盯着屏幕闪，才懂雅可比要重算？

答案啊，朋友，答案在风中飘荡...

要多少篇论文翻到烂，才发现注释藏谎言？

要多少次重写 B 矩阵，剪切锁死还在眼前？

要多少回骂 ANS 理论，手算验证又推翻？

答案啊，朋友，答案在风中飘荡...

教授说要看原文献，出版商要价三千三

GitHub 上找的代码段，跑出来全是 NaN

儿子笑我像取经僧，可这 bug 比妖怪难缠

答案啊，朋友，答案在风中飘荡...

r=0 到双重几何，咖啡杯里泡着假设

高斯点像算命铜钱，每次积分都是赌博

直到你说"餐巾纸上，推公式要像写情歌"

答案啊，朋友，答案在风中飘荡...

当螺旋梯不再扭颤，当收敛曲线终平坦

当材料矩阵不奇异，当位移云图如花瓣

我们会想起这个夜晚——

答案不在风中飘荡，答案在我们敲击的键盘！

所以继续写测试函数，所以继续调打印端

所以相信每个错误，都是新篇的起笔点

等岁月爬上编译器，白发映着绿色终端

那答案早化作星火，在代码河里静静流传...

What I cannot create, I do not understand.

2025 年过去了，我知道你已经历很多，多年以后你将会回想起某个片段，  
带着深深的怀念。你好！2026.

注 1：尚云祥：民国武术大师，见过他的人都觉得他很文雅，亲切。1933 年的  
喜峰口血战，中日部队肉搏阶段，世传中方所用刀法是形意刀法，传自尚云祥。  
王长海组织大刀队 500 人，于晚间攻下喜峰口，大刀队多数壮烈牺牲。日本占  
领时期日本人曾多次毕恭毕敬地请尚云祥教拳，尚云祥一口拒绝，把自己的拳论  
也藏了起来，最后一次日本人翻脸抓了尚云祥四个徒弟，唯一可以确定的是那四  
个年轻人再也没有回来。

尚云祥晚年名气已很大，比武、来访的人非常多，有时想睡个午觉都不行。一次  
李仲轩跟随尚云祥出门办事，路上，看到两三岁的孩子打闹，尚云祥就停下来看  
了半天，还蹲下来伸手逗小孩，李仲轩催促他不要耽误时间，尚云祥起身说：“我  
练拳一生，还不如这俩小孩。”很让李仲轩莫名其妙。

奔蛇走虺势入座。骤雨旋风声满堂。

初疑轻烟淡古松。又似山开万仞峰。

寒猿饮水撼枯藤。壮士拔山伸劲铁。

笔下唯看激电流。字成只畏盘龙走。

志在新奇无定则。古瘦瀛丽半无墨。

醉来信手两三行。醒后却书书不得。

心手相师势转奇。诡形怪状翻合宜。

人人欲问此中妙。怀素自言初不知。

粉壁长廊数十间。兴来小豁胸中气。

忽然绝叫三五声。满壁纵横千万字。

驰毫骤墨剧奔驷。满座失声看不及。

注 2：赵亚溥教授 2025 年去世了，真是英年早逝，太可惜了。他的书写的很好，可以看出对力学研究非常有热情。我甚至觉得他是《三体》里的汪淼的原型。