

一生心力在书题

——缅怀恩师 Austen Angell 教授

师弟告诉我，Austen 昨天去世了。很难过。起初不相信，陆续也收到了相关邮件，确认是真的。疫情期间，能做点什么呢？刚刚和远在丹麦的岳老师通了电话，大家都为失去一位令人尊敬的良师益友而心痛和惋惜，都想做点什么。

一直以为他非常健康，尽管快 90 了，可每次见他都是充满活力，永远不知疲倦。我甚至觉得他能活百岁。

2001 年 9 月 7 日我来到了美国亚利桑那州立大学，跟从 Angell 教授，从此奠定了我日后从事非晶材料的研究，尤其是热力学方面的研究。

Austen 在国际非晶研究领域是顶尖科学家，是旗帜性人物。能到他的门下做学问是我的荣耀和期盼。收到他 OFFER 的同时，我也拿到了洪堡奖学金，因为一心要跟他做科研，只好放弃。

来到 Austen 课题组，当时有许武、晓光两个师兄，还有一个法国人和一日本人。只有我是做玻璃转变研究，师兄们都在做非晶电解质，尤其是有机离子液体。第一次见到 Austen，清瘦，炯炯有神，走路很快，说话也快。

进入课题组，Austen 让我接手以前的一个毕业生的工作，就是从量热的角度测定 Fragility。基本原理是利用玻璃的结构温度和冷速之间的关系获得玻璃转变激活能，而 Fragility 与激活能有直接的关联。我们的巧妙之处是引入弛豫焓来获得玻璃结构温度的改变，这样就把热力学参量引进来。这是我在亚利桑那州立大学的第一项工作。基于此，我继续思考，除了外部施加的冷却速率以外，决定非晶弛豫焓的还有三个非晶转变相关的特征参量。这三个参量的组合具有能量量纲，于是提醒我：这个组合参量有可能与材料的特征热力学量相关。经对比，我们发现这个组合参量与材料的熔化热成正比。最终我们建立了 Fragility 和材料热力学参量之间的定量关联。于是，我和 Austen 快速发表了结果。大约半年之后，加州大学圣地亚哥分校 Wolynes 教授利用其理论证实了我们的工作，并称这一关联为 Wang-Angell 关联。这一关联后来在各种非晶形成材料体系中被广泛应用。

我很少见 Austen 休息，无论多晚给他发邮件，不用猜，没过几分钟就会回你。他几乎不浪费时间。在我和他共事的那几年，他整天都是忙碌的。每天中午吃饭时候他就拿来一个小盒子在微波炉里热下，回自己办公室匆忙吃完。2002 年我陪 Austen 一起去 NIST 做实验。我们在机场候机时候，他跑去卫生间找个电源插座，坐在地上在笔记本电脑上工作，不可思议。在飞机上，他也是一直在工作，改文章，写文章。

Austen 一生都专注于做学问，做研究。他从事非晶材料研究，一辈子发表了 500 多篇文章。很多都成了非晶领域的经典之作。他提出来的非晶材料动力学上“三

非”特征（非晶简单热激活、非指数性和非线性），把人们对非晶态的认识提升到了新的高度。他在非晶形成、非晶热力学和非晶动力学领域，都提出过众多令后人受益的观点和思想。他提出的液体强弱性因子 Fragility，把非晶形成体系进行分类，直观地展示给人们，液体居然能有强弱之分！从此，非晶研究有了新的抓手和切入点。非晶材料到底有什么本质特征？到底哪些关键量最能体现非晶的特征？他给我们带来了无数的启迪。

他也致力于水的玻璃转变研究。为弄清水的玻璃转变温度，穷尽一生。面对巨大的挑战，他想尽办法寻找证据。那时候他也希望我做些水方面的工作，由于直接从液态水获得非晶冰非常难，常规实验室很难获得。我们针对水溶液利用电喷雾技术，通过高冷却速率获得非晶样品，探讨水溶液的玻璃转变。当天他看到我做出了非晶，并测出热容曲线，非常高兴，瞬间在纸上画了好多的图。

Austen 为人和善，他的学生非常多，大家都喜欢到亚利桑那州立大学和他交流。我也由此结识了众多优秀学者，并至今和很多人保持着联系。记得 2006 年芝加哥大学的 Nagel 到学校交流，他正在做报告，看到 Austen 进来，立即跑过去拥抱，就像多年未见的老朋友。

Austen 尊重每个人的想法，同时也会表达他的意见。我喜欢听他讲东西，因为他头脑清晰、思维敏锐，能够一针见血触及到本质，这源于他一直保持在科研一线。我常和我的学生们讲，Austen 的独到之处是，他能够把看似简单的东西用深奥的原理来解释，把复杂难懂的东西用最简单的方式讲出来。我羡慕他的思维深度和逻辑能力。他的文章不好读，因为每一句话的信息量都很大。现在每当读起他的文章依然非常受益，依然备受启发。

至今我还保存着 Austen 的 200 多页的授课讲义。每次上课前他会把印好的几页提纲发给大家，在课上他就用老式投影仪，一边讲一边在空白胶片上写和画。他会把非晶研究的最新工作介绍给学生，尤其是他本组的工作。我们刚刚在 NIST 获得的结果他很快就在课上讲给学生。

Austen 和 Jenny 非常热情，每次去他家都会看到系里好多的教授们。大家一起说笑。Austen 天生开朗，又爱开玩笑。他很重感情，上次来中国，让我带他去长城，说一个朋友让 Austen 把写有他朋友名字的胸牌放在长城上拍一个照片。

Austen 生活简朴，那时候常开的是一辆破旧车，浅绿色，好像是庞蒂亚克。后备箱开起来还得靠一根木棒撑住。凤凰城夏天很热，但他基本不开空调。用他话说，既然到了亚利桑那就要适应这的气候。后来，我有车了，也几乎不用空调，习惯保持至今。

Austen 对中国很有感情，也培养了很多中国学生。记得他曾说想要去桂林。他 2010 年来宁波参加国际会议，到我这逗留了几天。后来，我听说他也去过新疆伊犁（应黄老师邀请）。

最近一次见到 Austen 是在波兰的第八届复杂体系弛豫行为大会上。他总是匆匆

匆的，我们讨论了不对称混合体系中出现两个玻璃转变的情况，他说可能和相分离有关。之后就急着和别人讨论他们合作的一篇有关半导体非晶的文章。很快我就读到了他新作。那时候，他看起来精神很好，他的报告安排在了周三上午，报告厅挤得水泄不通。我们开玩笑说，这个时候其他的分会场就不应该安排报告。他做完报告跟大家开玩笑，说他还要等到 2021 年去日本东京参加第九届弛豫大会。

可是，我们再也听不到他的激情演讲，再也听不到他的教诲。

先生远去，思想永驻；先生常伴，精神永存！

Austen，一生是传奇，做您的学生是我一生的荣耀。

2021 年 3 月 13 日凌晨于秦皇岛