

量子人才培养计划 | 学员收获 南昌大学 陈科

写在前面：

这是我第二版收获，在第一版的收获中，我仅仅写了我在量子培训班中收获了什么，整体比较简短。但在观看了牛瑞泽、齐兆远、杨宇航、陈楷初等优秀同学的分享自己的学习经历和收获，并且在前段时间与本校导师以及量子计算培训班的老师交流之后，我也很想从头开始，分享一下我在量子计算方面过去的学习经历以及我的一些心得体会。

一、过去

说实话，我并非是在参加量子培训班之后，才接触的量子计算方向。因此我想将我的学习经历分为两段：第一个阶段，大约有一年半的时间，时间差不多是从大一的寒假到大二的暑假（当然中间被很多其他事情影响），一直在量子计算这个方向缓慢地学习一些知识，当然在这个学习的过程中感受到了很多的迷茫和困难。第二个阶段，我想介绍我是如何进入量子暑期培训班、以及我在量子计算暑期培训班的心路历程。

1、一年半的摸爬

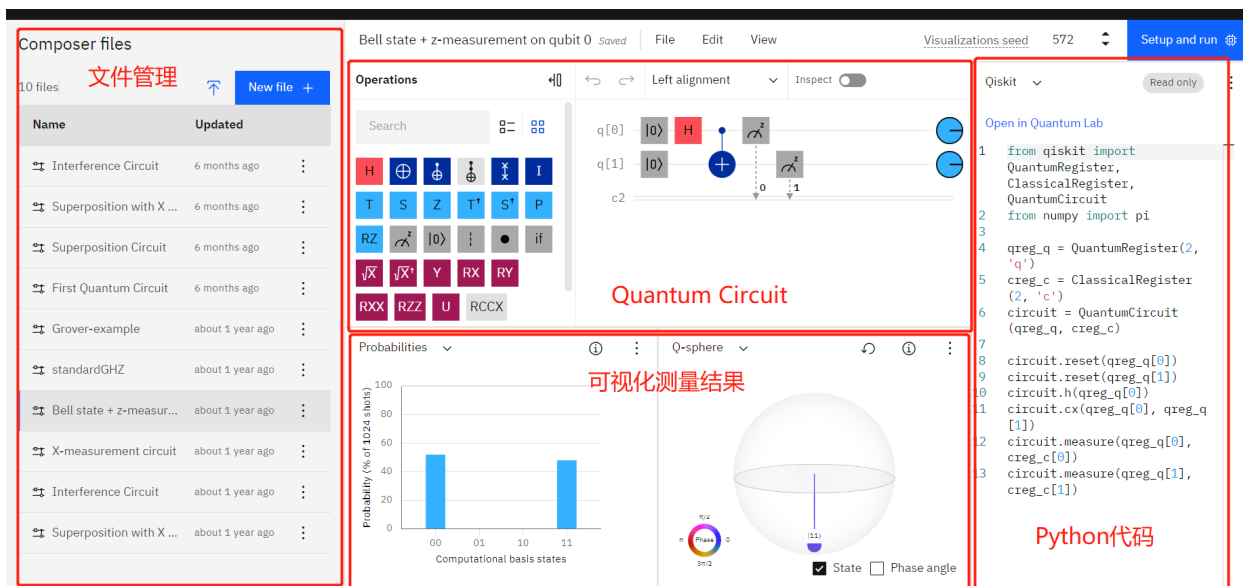
具体时间不太清楚，但是应该是在大一寒假之时，我第一次参与导师实验室的读书会，当时讨论了一篇关于“云环境上实现多道程序量子比特映射”的文章(刘磊老师、窦星磊学长在HPCA 2021发表的, "QuCloud: A New Qubit Mapping Mechanism for Multi-programming Quantum Computing in Cloud Environment")。当时的我并不懂什么叫量子计算，听着研究生学长介绍什么是量子计算、量子比特、量子门等基本概念都不是很清楚，更别说具体的算法是如何进行实现的了。当时由于我刚刚进入实验室没有任务，所以导师分配我一个任务：阅读这篇文章，并且尝试能否优化其中的树的数据结构，得到更好的性能。对于大一的一个刚刚学完高数、线代等基础课程的学生来说，这个任务无疑是一个非常大的挑战。幸运的是这也让我很早的接触到量子力学这个方向，不幸的是，我之后将被它“折磨”很久。

为了完成任务，我开始学习数据结构，同时开始从网上学习一些量子计算方面非常基础的知识（在最开始学习的时候，也难以理解为什么线性代数能够表示量子态、量子态的变换）。经过整个寒假之后，我学习完了基础的数据结构（包括老师要我尝试的B+树），并且尝试把整篇文章读了一遍（具体来说，应该是翻译了一遍）。但我依然没有很清晰的思路，我不清楚什么是Quantum Mapping、Multi-programming、SWAP、CNOT、量子云服务、Community detection algorithm、量子纠错码等基本的概念。

在整个大一下的学习过程中，由于参加基础课程、参加学习硬件开发，大部分时间学习很多计算机、AI方面的专业知识，并没有很多时间用来科研，加上论文难以看懂，完全没有看下去的动力。整个大一下的学期中，每周大概只能花费1-2天的空闲时间去稍微阅读一下论文，并理解其中词汇的含义。

取得较大进展是大一暑假期间，由于将近半年没有什么实质性的研究进展，在暑假安排会议上，导师开始督促我应该好好的思考一下这个问题：这个Idea是否可行？如果行，能不能通过实验证明？不行的话，能否给出一个逻辑严密的证明？由于之前微薄但有效的积累，面对不太熟悉的词语，我有时间、精力并且有一定的能力垫起脚尖去尝试认真学习、深入其中去理解清楚。我尝试将论文从头开始，一句一句的看懂，并且在看完有了一定理解之后（当然，现在看当时的理解还是很浅），并且尝试联系作者，提出我的一些问题，并且得到一些建议。

除此之外，由于论文使用IBM-Qiskit云平台进行实验，我也尝试了使用IBM-Qiskit进行学习一些基础的量子电路知识。IBM Quantum这个平台提供了许多的学习资料以及工具，有利于学习量子计算相关的知识（当然后面我也接触了国产的MindQuantum）。Qiskit实现了从脉冲到程序的整个完整的流程，是目前算是比较好的学习、实践量子计算的平台。（当然，中科大目前也在研究、开发自己的量子平台）



经过一个暑假的学习和研究，我逐渐对Quantum Mapping有了一定的思考和认知（当然，也没有很深）。但在QuCloud的量子比特初始映射的部分，我依旧感觉使用B+树代替二叉层次树进行存储可能的量子比特初始映射区域一定存在的问题（因为二叉层次树通过Community detection algorithm生成，没有相应的Community detection algorithm算法来生成B+树）。接着我又陷入了迷茫期，B+树能够更快的索引出希望的初始映射区域，但是无法直接生成B+树。

大二上，我大部分时间花在参加某些竞赛活动上。寒假、大二下期间，我开始重新拾起之前的研究，尝试将二叉层次树转换为B+树进行存储，由于在论文中假设二叉层次树一段相对较长的时间更新一次，那么B+树也只需在相对较长的时间内生成一次，因此二叉层次树到B+树之间的转换开销并不是问题关键。并且我在大二一年，尝试去学习引用文献中的一些经典量子比特映射的工作比如“Tackling the Qubit Mapping Problem for NISQ-Era Quantum Devices”、“**Noise-Adaptive Compiler Mappings for Noisy Intermediate-Scale Quantum Computers**”等。印象比较深的是Gushu Li 提出的SABRE启发式添加SWAP方法，能够很快速的解决如何添加SWAP的问题。

关于论文的阅读，我也尝试使用自己去写一些文章发表到某些平台上，梳理自己的思路，提供给大家学习。通过自己的话语表述出来，这个过程会非常花费时间，需要自己重复阅读几遍进行修改，但是自己对知识的理解会更加深入。

文章 论文阅读1 (量子比特映射策略)



科-NCU

目前大三，20人工智能专业，涉及数学计算机人工智能量子计算

9 人赞同了该文章



前段时间读了了一篇有关量子计算的论文，从中学习到了一些量子计算的知识。其实一年前就开始阅读了，但是当时大一，受限于英语水平加上自己能力的不足，感觉当时只把文章翻译了一遍，根本没有看懂。主要的原因是只看... [阅读全文](#) ✓

赞同 9

1 条评论

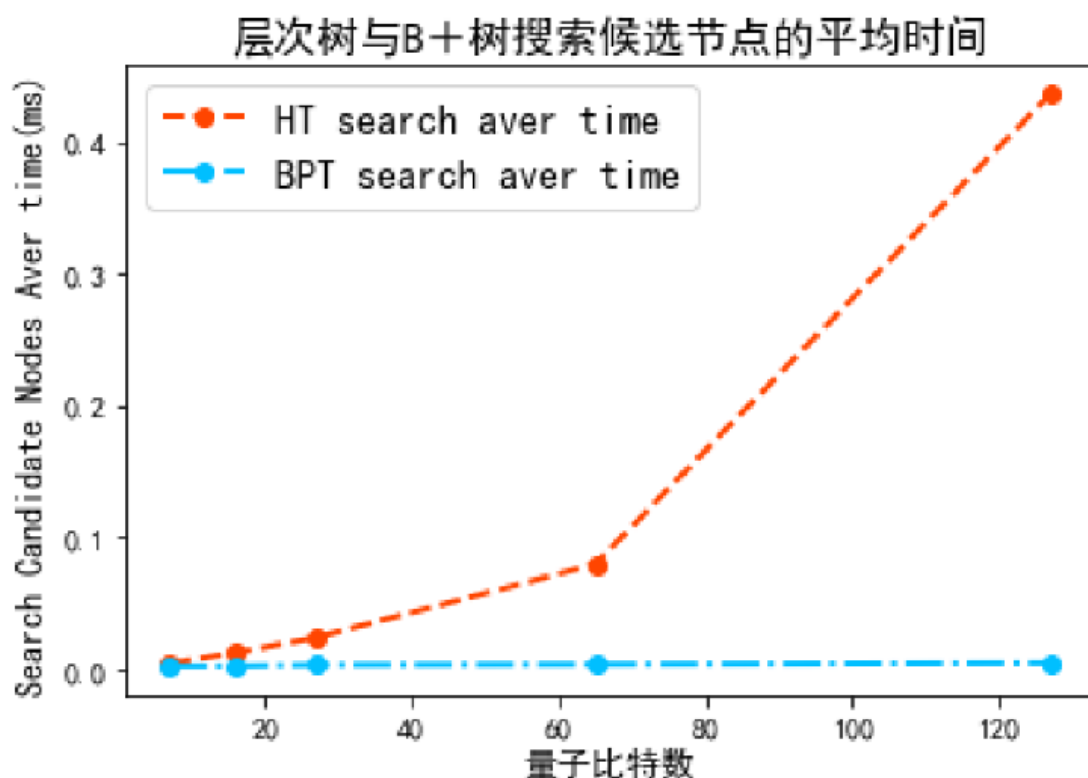
分享

收藏

除此之外，我还并且尝试做PPT，在学术英语上，给同学们讲解，如何尝试去做一个更加高性能的量子程序编译器。（当然基本上是他人的方法，我们仅仅是需要查阅资料，完成一个文献综述）



关于B+树替代二叉层次树进行存储初始映射区域的实验，我通过下载IBM-Quantum云平台上的芯片开放的数据，使用Python代码编写程序，将物理量子比特耦合图与统计误差的表格数据转换为二叉树，然后转换为B+树进行存储。通过比较单次查询某个符合要求的初始映射区域，得到两种不同存储方式的查询速度差异，结果发现B+树能够非常快速的进行单个节点的查询。如下图，是我尝试使用一些IBM-Quantum云平台中的一些经典芯片数据进行测试的结果。



但相应的存在一些问题：1、在多道程序方式并行处理量子程序时，二叉树可以直接通过切除子树的方法来去掉已经被映射的物理量子比特区域，但B+树感觉不太处理好。2、研究的环境，采用本地机器，没有进行比较广泛的实验测量。3、个人认为，这没有深入到量子计算中，仅仅是解决一个经典计算的问题。因此，研究又处于停滞阶段，感觉继续研究下去意义不大。

除了上述学习的Quantum Mapping工作之外，在大二下，我还尝试参加华为举办的2022量子计算黑客松大赛。从中学习如何华为开发的量子平台MindQuantum、学习如何搭建一个变分网络，关键了解了如何搭建Encoder、Ansatz。之前也接触、阅读了一篇 HPCA2022“QuantumNAS: Noise-Adaptive Search for Robust Quantum Circuits”的文章，关于如何基于启发式的遗传算法，快速地搜索出一个较优（较优指训练之后，模型可以达到很高的准确度）的变分量子电路结构。（尝试学习、但是没有足够时间进行移植与实现工作）

除此之外，关于量子机器学习算法的学习，在Qiskit的官网中也提供一些关于Qiskit如何搭建一个VQE变分量子电路的学习资料，也讲述的很清楚，我也从中学到一些知识。



整个量子机器学习、竞赛的过程中，虽然网上有很多关于变分量子电路搭建的资料，但是关于Encoder、Ansatz如何优化的相关资料确实没有找到，最终也仅仅只获得了一个安慰奖。

【鼓励奖获奖名单】

以下排名不分先后：

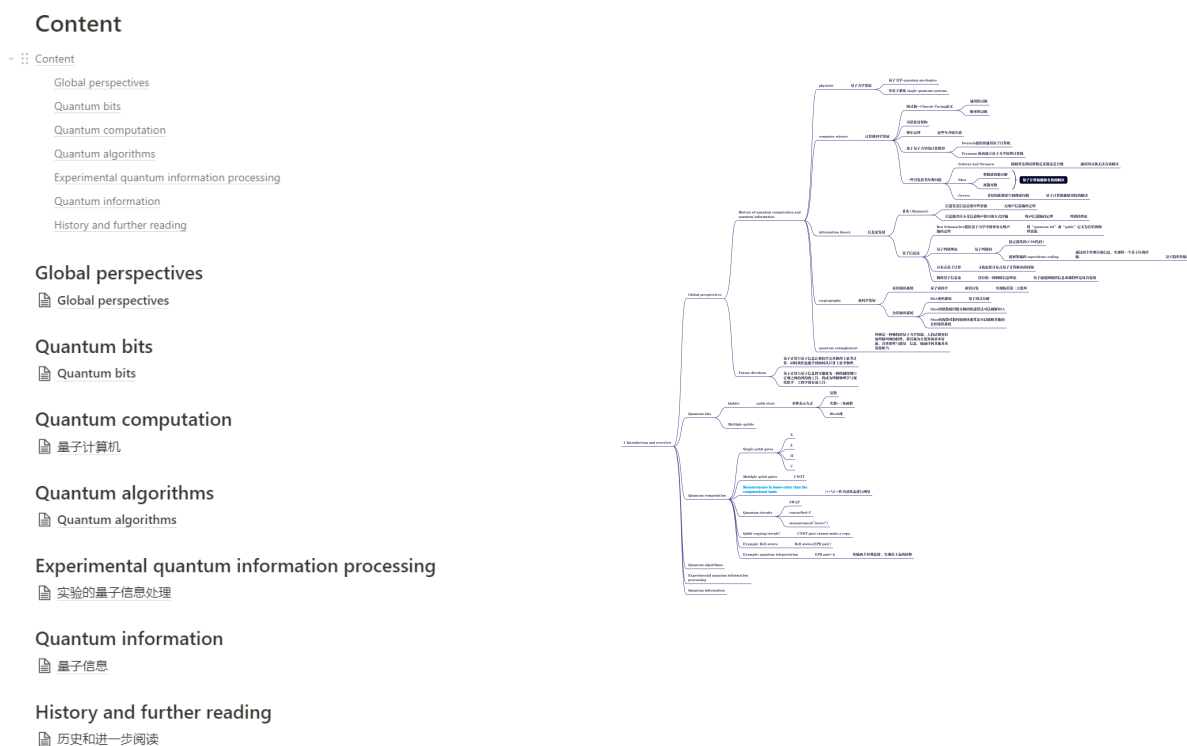
团队名称			
啊对对队	褪色者	12345	<>
hid_4rs7qn-4x86mup0	UniQ	no one	乘风破浪的猫猫
uouis_pku	QL123	一起组队吗	quantus
量子菜鸟	封控区冤种队	Robust Qubits	AKBR
TeamY	喉咙长茧	穷哈哈	西电通院量子信息小组
井底有只蛙脑海骑白马	Perhaps in 5 Years	五仁月饼队	Horizon
hw_008618273424682_02	努力一点	hid_vgalwe9zofc_8u5	进军量子界
双鸭山库珀队	ACC:0.999	591s9u546ta2pt-	你相信光吗
Innowave	远航逐梦	自由的量子	CADD
摸鱼小分队	NUIST_Computer_202	帆帆帆	hiq的猫
一起看海吧	YOLO	一路向北	502
CQP	阳光餐厅真难吃	it's ok	WaterSkiing
薛定谔的饼干	快就对了	我不到啊	

2、量子培训班

大概是5月初，我在参加华为的量子竞赛的过程中，在量子竞赛交流群中我看到了一则关于中科大举办暑期量子培训班的消息。我发现正好招收20级正在读大二学生投入到量子计算的学习研究中，并且还有机会能够加入到科研团队中，这深深的吸引了我，感觉有点量身定做的感觉。因为在那段时间，我在量子计算方面的研究思路已经停滞，导师也给不了我太多的建议或者实践的机会，所以我很期待能通过这次暑期的量子培训班学习到一些量子计算的知识，并且希望能够从中得到一些继续从事量子计算研究的动力。同时，我也很担心自己能不能入选到量子培训班中，因为参与报名、到后面进入量子培训班初选的同学都是一群很优秀的同学，我很怕我随时被淘汰。但很幸运的是，在6月20号，我收到了

通过初次选拔的通知，并且在7月4日进入了量子培训班B班，由解老师以及陈学长进行组织和指导工作，至此也非常感谢老师们能够提供我这次机会。

在将近两个多月的学习时间，我们主要是学习Nielsen的Quantum Computation and Quantum Information这本经典量子计算书籍。对于我的学习经历来说，在正式开始讲述的一周之前，我大概花费一周内将近五天的时间，把第一章的Introduction and overview认真看完一遍。如下图，采用Notion+XMind进行笔记的书写，边看边做笔记，可能看的很慢，很痛苦，但我觉得能有利于提高学习的效率，如果之后忘记了相关知识，也可以通过笔记快速的回忆起来。



在进入暑期培训活动的第一次讨论之时，其实我很紧张，因为我是AI专业，关于量子力学或者线性代数都没有物理系、数学系的那么专业。在自己学习线性代数基础时，常常出现不太记得、没见过的情况，在听他人讲述线性代数方面的基础知识，包振廷同学很多基本公式能够给出很多的数学方面的证明，郭凯一同学可以直接通过白板，不看任何的笔记，来讲述给大家听，并且很有条理性。经过第一次会议之后，我发现很多同学的学习进度远比老师要求的要快，我感到了很大的压力，也明白自己需要花费更多的精力去学习，才能够跟上他们的步伐。因此，为了能够适用讲课的情景，我尝试将学习笔记通过手写的方式记录到电脑上，并且每周花费更多的时间投入到其中的知识学习、认真完成一些基础的练习。

量子计算与量子信息

quantum 2.1
quantum 2.2
quantum 2.3
quantum 2.4
quantum 2.5
quantum 2.6
quantum 3.1
quantum 3.2
quantum 5.1
quantum 5.2
quantum 5.3
quantum 5.4
quantum 6.1
讲述讨论
appendix2

添加分区
添加页面

6.1 The quantum search algorithm

2022年8月18日 15:33

搜索非结构数据的算法。

list $0 \dots M-1 \dots N-1$ 寻找 w 这个数。

传统方法: $O(\sum) = O(N)$ 指数加速。

Grover: $O(\sqrt{N})$

(1): The oracle — 预言机(验证机), 识别搜索结果是否为目标。

假设 N 大小的数组。其中 $N = 2^n$ 。其中正确答案有 M 个 ($1 \leq M \leq N$)。

$0 \sim 2^n - 1$
 $0 \sim N - 1$

元素 x , $\begin{cases} x \in M, f(x) = 1 \\ x \in N, x \notin M, f(x) = 0. \end{cases}$

目标中:

2.1.2 oracle qubit. 一位量子比特, 记 $|a\rangle$.

逐渐的, 我能够很好的理解课本中简述的知识, 并且能够在他人讲述的时候, 提供一些问题和建议。但遗憾的是, 我并没有主动去讲述给他人我的理解(害怕自己讲述的不够好, 仅仅只是想在别人没讲述到的细节, 我可以进行稍微补充)。

整个暑期自主学习和讨论的过程中, 赖海健同学、杨宇航同学总是积极表述自己, 讲述过程中也非常的详细和全面。郭凯一同学能够在一些存在疑问的地方提出一些非常独到的解决方法, 并且在讲述过程中也很有逻辑条理。这几个同学我觉得是之后我很值得学习榜样, 同时阅读了不同班级的牛瑞泽、齐兆远、陈楷初的收获之后, 我感觉他们在暑期学习中, 十分认真、收获很多, 值得我学习。

在9月1日, 暑期自主学习即将结束的阶段, 谢围老师也给我们从头梳理了一些重要的量子算法知识。吴军学长也给我们详细介绍了一下量子平台开发, 也让我对创建一个基于量子-经典混合框架的高效、智能计算平台产生了一定的兴趣。从资源刻画、资源调度、量子程序的编译、容错的处理、可视化工作, 是一个富有挑战性的工程项目。

接下来的两周内, 每周的周六、周日, 都有一些当前量子领域的优秀学者给我们介绍一些他们在量子领域的一些研究经验和成果。华为的翁文康教授给我们介绍了量子计算的发展, 并且结合AI的发展, 对量子力学的发展做了一些讨论, 还对Mindquantum框架也做了一定的介绍。官极博士对量子计算中的机器学习的性质做了一些探讨, 详细讲述了他们是如何进行量子机器学习鲁棒性以及公平性的定义、定量、以及实验求解, 过程中涉及到许多公式, 有点难懂, 但也开阔自己的视野。关于量子编程语言, 中科大老师给我们介绍了自己开发的isQ量子编程语言, 其中引发我的一些思考(一个编程语言能发展最重要的是什么? 如何才能设计一个编程语言能在量子领域上等同于C语言在经典领域?)。孙晓明老师讲述的量子搜索算法Grover, 很遗憾由于当时实验室开组会, 缺席。关于冯元教

授讲述的通过霍尔逻辑去验证程序的可行性的工作，从经典的程序如何通过霍尔逻辑进行定义正确性，到量子程序如何进行定义程序的正确性，给出了我们一些细节上实现过程，整个过程中涉及到许多逻辑方面的数学知识，不禁感叹自己的数学基础不足，还需进一步。

二、体会

在高中，未接触量子计算之前，我仅仅阅读过一些关于量子力学的科普书籍，其中薛定谔的猫、量子纠缠等概念让我觉得其中十分的神秘。在大一，最开始接触量子计算之时，我发现他其实是一堆数学公式、数学定理组成。在更进一步的学习之后，我发现目前量子计算发展很快，国内、国外每年都发表大量的文章、新的方法不断提出，涉及面非常广，需要数学、物理、计算机等多领域的专业知识。但不论你研究哪个点，通过一定的深入学习之后，你会发现里面还有很多未知的问题或者解决方法并非那么完美的问题。我感觉我大一、大二被许多杂事缠身，对量子计算感兴趣，但并没有那种全身心投入其中的行动（老师常说也许我当时并不清楚，我为什么要做这个，因此没有足够的动力）。我其实非常感谢能遇到量子暑期培训班这个活动，假如没能进入其中，我可能在大三没有机会继续投入到量子计算的学习和研究中。

几天前，我与老师讨论：我该做什么、我自己真正感兴趣的是什么、我认为什么是能够改变未来的技术？我认为还是量子计算，我大三有足够的时间参与科研任务，因此，我希望能将自己的时间真正投入到自己真正想做的、能改变未来的技术上——量子计算领域。

我对量子计算和其他量子技术的前景都感到十分乐观，目前也想清楚自己如果有机会的话，未来应该投入量子领域的研究，为国家的量子计算、世界量子领域的知识贡献力量。

十分感谢苏老师、谢老师以及助教、同学们，在假期能够共同学习、共同讨论问题，让我学习到了很多量子的知识。也感谢专家们能够提供我们一些他们研究领域的新进展、思路，扩展我们的视野。我也希望我们同学能在未来的学习中坚持不懈、真正投入其中，最终能够学有所成，为祖国的量子事业作为自己的一份贡献。