

“赛课结合”模式培养计算机系统 后备人才的清华实践

以超算竞赛为例

韩文弢

清华大学

2025 年 9 月

报告提纲

培养需求	3
培养体系	5
培养成果	21
小结	26

韩文弢，清华大学计算机科学与技术系教学系列讲师
CCF 杰出会员，NOI 科学委员会副主席

- **开设课程**：计算机系统概论、高性能计算专题训练、程序设计训练（Rust 语言）、计算思维、数据结构与算法、计算机程序设计基础等
- **科创指导**：清华大学学生超算团队、清华大学学生算法协会、清华大学“天格计划”团队
- **其他职务**：清华大学计算机系党委副书记（2022–，分管学生工作）、清华大学团委副书记（2020–2022，分管创新创业工作）

培养需求

如何培养优秀的计算机系统人才？

- 知识传授：需要掌握诸多相关领域的知识
- 能力培养：能够将不同领域的知识融会贯通用于解决问题
- 价值塑造：树立为国家重点领域科技发展作出贡献的理想

清华大学“三位一体”教育理念

培养体系

超算竞赛：比赛形式

比赛任务：自行设计并搭建计算集群，运行组委会给出的计算应用，追求最优性能。

- 应用范围：基准测试程序（HPL、HPCG 等）、气候模拟与天气预报、流体动力学、分子动力学、人工智能相关、……
- 约束条件：比赛期间集群总功耗不超过给定的限制（传统 3kW，近年越来越高），或者总预算限制（线上比赛）
- 大部分应用提前给出（两三个月熟悉、优化的准备时间），小部分现场给出（神秘应用），测试数据一般现场给出
- 在结果正确的前提下运行时间越短越好
- 此外，还有面试、海报、技术报告、听会交流等环节

队伍组成：5-6 名本科生（或中学生）

三大国际赛事

- ASC，始于 2012 年，由 Asia Supercomputer Community 发起，每年 5 月在中国举行决赛
- ISC，始于 2012 年，每年 6 月在德国 ISC 展会期间举行决赛
- SC，始于 2007 年，每年 11 月在美国 SC 会议期间举行决赛

各自的赛制特点

- 初赛：ASC 有单独的初赛环节，ISC 和 SC 采用申请评审制
- 人数：ASC 每队 5 人，ISC 和 SC 每队 6 人
- 决赛时间：ASC 和 ISC 两天的工作时间，SC 连续 48 小时
- 设备：ASC 提供机器（要自带 GPU），ISC 和 SC 自带所有设备
- 其他：ASC 有单独的面试环节，SC 有听会和技术报告环节

超算竞赛：清华参与情况

为参加第一届 ASC 竞赛，清华大学学生超算团队于 2012 年成立。

成员：

- 历届队员共 70 余人，部分学生中学时期具有信息学竞赛经历
- 主要来自计算机系、致理书院（强基计划，信息与计算科学专业）、交叉信息院（姚班）
- 也有来自物理系、自动化系、工程物理系、未央书院等

参赛成绩：

- 32 次参赛，获得 19 次冠军、7 次亚军
- 2015 年、2018 年两度实现同一年内包揽三项竞赛冠军

团队依托计算机系高性能计算研究所进行指导，先后有 5 位老师参与指导工作。



黄小猛
2012–2014



翟季冬
2014–



韩文弢
2016–



甘霖
2020



金煜阳
2024–

此外，还得到了郑纬民、杨广文、陈文光、武永卫、薛巍、张武生、林皎等老师的大力支持。

基础知识：

- 硬件：CPU、GPU、网络（以太网、InfiniBand）、存储
- 操作系统：Linux 系统基础与常用命令
- 编程基础：C/C++、Fortran、Python、Java、……
- 并行编程：OpenMP、MPI、CUDA、……

综合能力：

- 集群规划、搭建与管理（特别是功耗控制和参数调整）
- 复杂依赖程序的手工编译、链接
- 并行程序设计 with 性能测试、优化
- 数据分析与处理（使用脚本进行自动化工作）
- 协作开发与版本控制

参赛队伍队内角色：分工明确、各司其职、相互配合

- 队长：规划任务分工、协调进度、进行重要决策
- 硬件运维：规划集群、搭建集群、监视集群状态
- 软件运维：规划软件包管理方式、安装各类工具和运行库、规划多人使用规范
- 应用负责人：每题至少两人，交叉检查，互为备份

队伍整体建设：形成良好的梯队

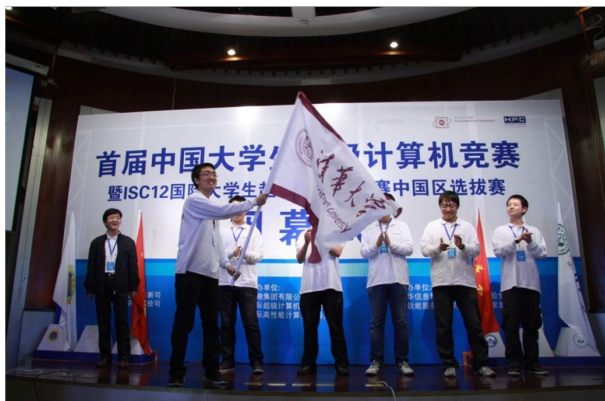
- 预备队员：大二、大三（有信息学竞赛基础的大一）
- 主力队员：大三、大四
- 训练指导：大四、研究生

备赛：

- 常规组织周期性讨论（每周一次）：任务到人、形成文字（进展、问题、计划），建设全队知识库
- 应用相关知识：邀请领域专家进行讲解交流
- 赛前组织集中开发，提高工作效率
- 比赛全流程预演：从硬件安装开始
- 临行前：建立检查单，逐项核对

参赛：

- 集群搭建：用基准测试程序和比赛应用进行集群状态的全面检查
- 比赛中有效沟通：任务计划、重要操作、集群状态、疑难问题
- 定期与指导教师同步，始终保持执行在轨



ASC 2012，第一届 ASC



ISC 2012，第一届 ISC



SC 2015，首次实现包揽



ASC 2018



SC 2018，第二次包揽



SC 2019，与 Dongarra 合影

清华大学学生超算竞赛是由清华大学学生超算团队发起的学生超算竞赛，旨在推广和普及超算知识与技术，推动赛课结合和学科交叉。

2024 年举行首届比赛：

- 特点：低门槛、易上手、有深度
- 形式：至多三人组队参赛，组委会提供计算环境
- 题目：基准测试程序（HPL、OSU、Stream）、高阶谱元流模拟 Neko、曲线网格坐标系有限差分方法 CGFDM
- 成绩：客观题目 90%，答辩 10%
- 日程：初赛 10 月底至 12 月初，决赛 12 月 14 日、15 日
- 参与情况：31 支队伍报名，15 支有提交，全校各院系都有；另外邀请两支青海大学队伍友情参赛。



比赛主题视觉



技能培训



赛题交流



决赛现场



决赛排行榜



答辩颁奖合影

清华大学计算机专业系统类和相关课程

- 编程与算法基础：程序设计基础（C++）、面向对象程序设计基础（C++）、程序设计训练（Python、Java、Rust）、数据结构
- 系统类入门：计算机系统概论
- 系统类进阶：计算机组成原理、操作系统、编译原理、计算机系统结构、计算机网络原理
- 高性能计算：高性能计算导论、高性能计算专题训练、并行计算基础
- 其他：数值分析、人工智能导论

高性能计算导论

- 计算机专业选修课，2 学分
- 授课教师：翟季冬
- 理论讲授为主，配合实验作业
- 课程大纲：高性能计算简介、并行编程模型、消息传递编程模型、共享内存编程模型、处理器体系结构、性能分析和正确性调试、CUDA 编程模型、单机性能优化、并行优化、领域特定架构及编程语言

高性能计算专题训练

- 计算机专业选修课，2 学分
- 授课教师：翟季冬、韩文弢
- 实践课程
- 从高性能计算科研应用或超算竞赛题目中选择实践内容，通过选题、调研、运行、优化、报告等环节对高性能计算的一般工作流程和方法进行训练。
- 赛课结合：在国际超算竞赛或清华校赛中获奖的学生，可以在下一学期直接选课获得成绩。

- 思想引领：引导学生树立科技报国志向，投身我国超算事业
- 举措：申请成立计算机系学生超算临时党支部
- 活动：参观超算中心、原子城纪念馆等



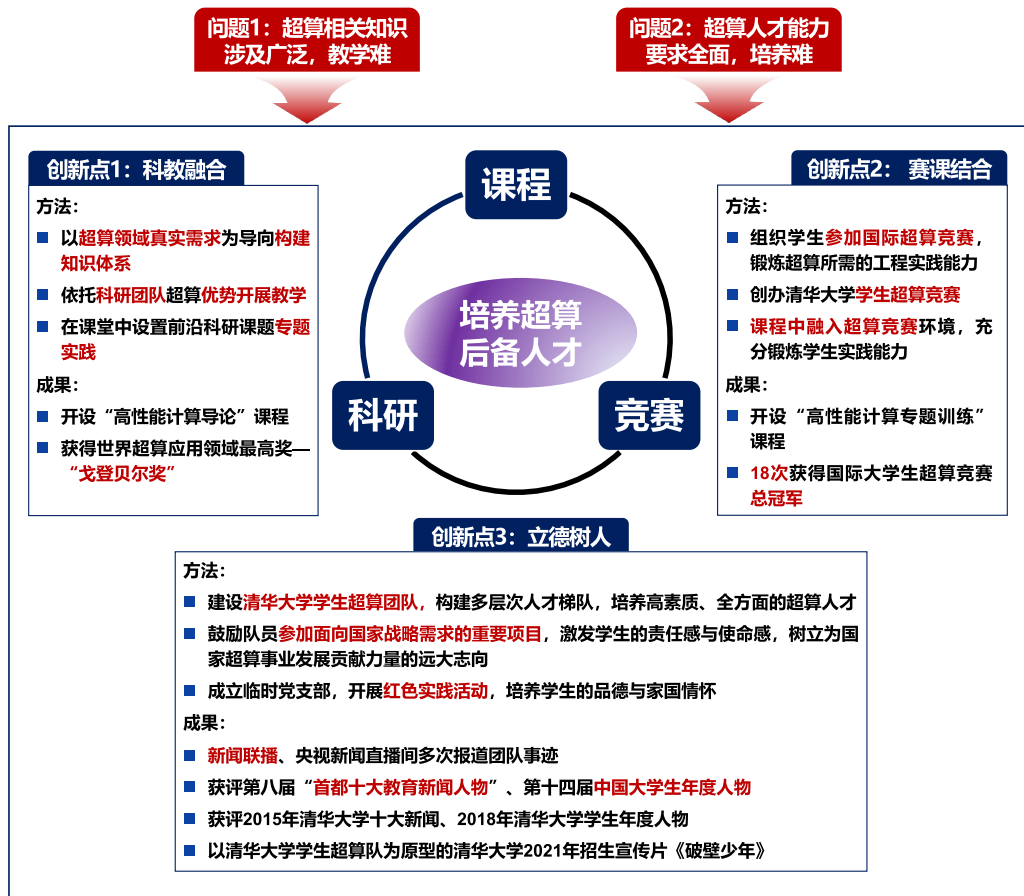
学生超算临时党支部参观原子城纪念馆

- 院系：提供活动空间
- 学校：通过各种支持计划提供经费支持和交流平台
 - 参赛和办赛支持（教务处）
 - 追光计划（校团委、科研院）：制定实施大学生“追光计划”，以高水平科学问题为牵引，以重大科研平台为条件保障，鼓励教师积极参与学生课外创新活动指导，支持学生开展自主选题的研究探索。——《清华大学 2030 创新行动计划》
 - 赛课结合（校团委、教务处）
- 企业：提供参赛设备，参与校赛命题

培养成果

年份	ASC	ISC	SC
2007	/	/	阿尔伯塔大学
2008	/	/	印第安纳大学
2009	/	/	纽约州立大学石溪分校
2010	/	/	新竹清华大学
2011	/	/	新竹清华大学
2012	清华大学	清华大学	德州大学奥斯丁分校
2013	清华大学	南非超算中心	德州大学奥斯丁分校
2014	上海交通大学	南非超算中心	德州大学奥斯丁分校
2015	清华大学	清华大学	清华大学
2016	华中科技大学	南非超算中心	中国科学技术大学

年份	ASC	ISC	SC
2017	清华大学	清华大学	南洋理工大学
2018	清华大学	清华大学	清华大学
2019	新竹清华大学	南非超算中心	清华大学
2020	/	中国科学技术大学	清华大学
2021	暨南大学	清华大学	清华大学
2022	/	清华大学	新竹清华大学
2023	北京大学	南洋理工大学	瑞士超算中心
2024	北京大学	清华大学	清华大学
2025	上海交通大学	清华大学	



2025 年获得清华大学教学成果一等奖

- 徐世真 (2012 队长): 瑞莱智慧 RealAI 首席架构师
- 徐持衡 (2013 队长): 商汤科技联合创始人兼主任工程师
- 蒋林浩 (2014 队员): 正定私募基金创始人
- 梁盾 (2015 队员): 开源深度学习框架计图 Jittor 创始人
- 卓有为 (2015 队员、2016 队长): 北京大学集成电路学院助理教授
- 裘捷中 (2015 队长): 中国科学院杭州医学所研究员
- 赵成钢 (2018-2019 队员): DeepSeek 基础架构工程师

小结

小结

- 超算竞赛是培养学生系统能力和综合能力的有效途径。
- 充分贯彻系统观，以课程与竞赛有机融合的方式进行人才培养。
- 思政引领，引导学生投身国家“卡脖子”领域的攻关。

探讨

- 如何培养学生在系统领域的志趣？
- 如何将国产算力生态融入教育教学？
- 如何利用 AI 技术加强系统能力？