

最短路：中国邮递员问题

一、课程基本情况

(一) 运筹学课程简介

运筹学是 20 世纪三四十年代发展起来的一门新兴交叉学科，它主要研究人类对各种资源的运用和筹划活动，期望通过掌握和应用这些活动的基本规律，使得有限资源在实际生产生活中发挥出最大效益，进而达到总体最优的目标。

表 1: 西北工业大学“运筹学”课程基本信息表

课程名称	运筹学	学时	56
英文名称	Operations Research	学分	3.5
课程性质	专业基础课	先修课程	高等数学、线性代数
所属专业	数学与应用数学、信息与计算科学、统计学		
教学对象	数学、管理学等相关专业大二、大三本科生		
教材选用	授课教材：运筹学(第四版)，刁在筠等编著，高等教育出版社，2016 年 辅助教材：运筹学原理与算法，郭强、孙浩编著，科学出版社，2012 年		

运筹学课程是应用数学类专业的重要专业基础课，主要讲授如何通过数学方法来实现各种最优目标。运筹学的理论与方法，在现代生产规划、交通运输、国防建设、工程技术研究等诸多领域中有着非常广泛的应用。西北工业大学(以下简称西工大)“运筹学”课程的授课教材为 2016 年高等教育出版社出版的《运筹学》第四版 [1]，辅助教材为 2012 年科学出版社出版的《运筹学原理与算法》 [3]，可见图 1。

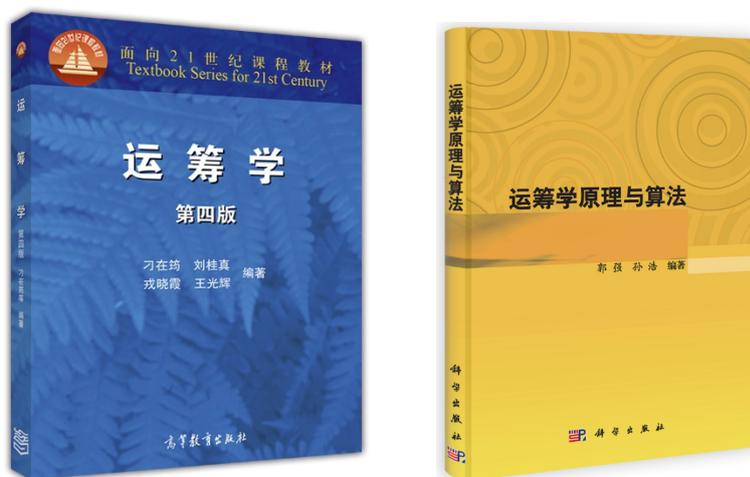


图 1: 课程教材选用

(二) 西北工业大学运筹学课程建设概况

指导思想：西工大数学专业从上世纪九十年代起开始运筹学课程建设和人才培养工作，历经几代人的深入探索和持续建设，确立了“‘思政’引领、‘三合’铺路、‘四重’护航”的“一领三合四重”课程建设指导思想。团队始终坚持思政引领课程建设，在教育教学中注重因地制宜和因材施教，坚持“课程文化与学校育人文化相融合”的教育教学理念，坚持“课程特色与学校发展特色相结合”的授课模式，遵循“课程考核与人才成长规律相契合”的课程考核原则，具体可见图 2。

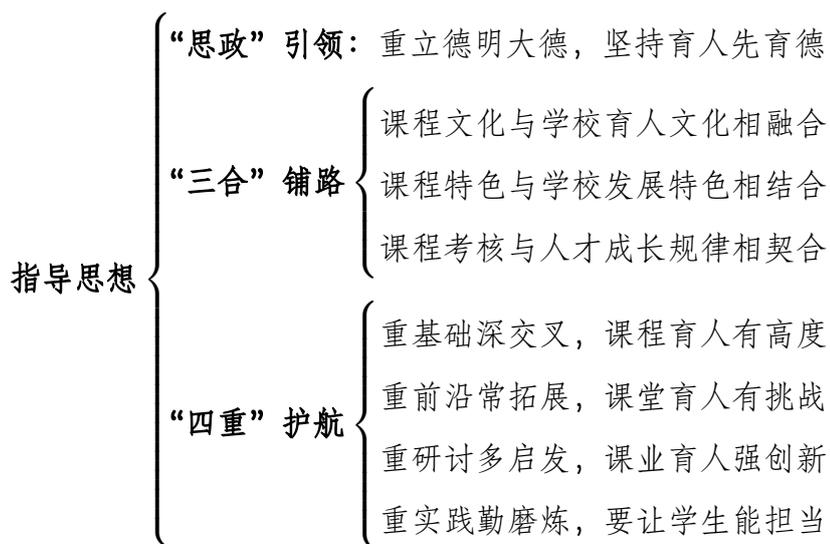


图 2: 课程建设指导思想

建设目标：落实立德树人根本任务，以培养“具有家国情怀，追求卓越、引领未来的领军人才”为目标，通过将西工大“‘总师’育人文化”浸润课堂教学（图 3），培养学生建立“低调务实、兼收并蓄，厚积薄发、为国铸剑”的价值追求，通过课程育人助力培养“专业精、系统强、重实践、能担当”的“总师”型人才雏形。

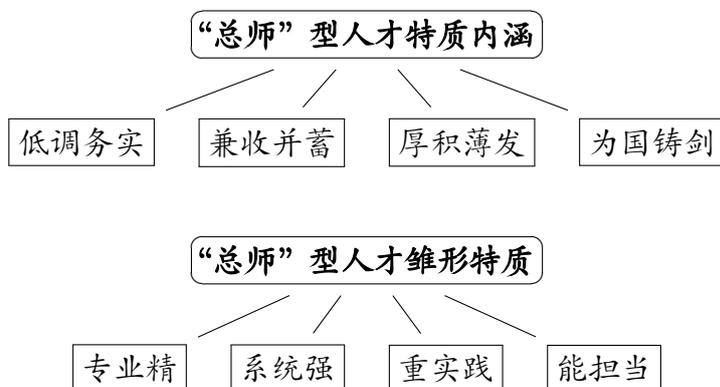


图 3: 西北工业大学“总师”育人文化

建设思路：运筹学课程具有培养“总师”型人才雏形的丰富课程内容，是开展课程思政教育和“总师”育人文化建设的一片沃土，本课程在课程思政建设上的整体设计思路如图 4 所示。

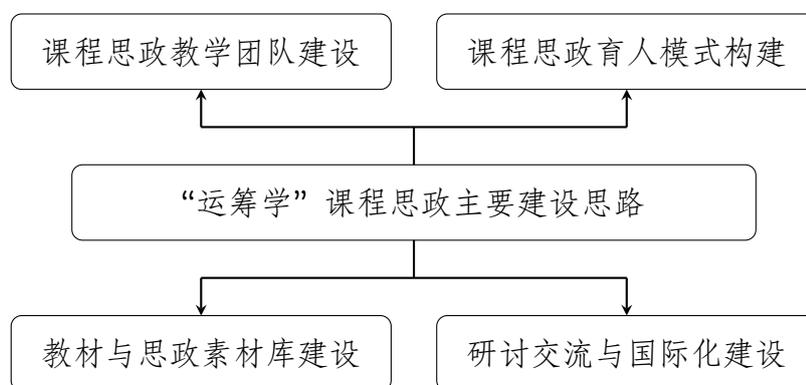


图 4: 课程思政建设思路

课程团队：包括 7 名成员，其中教授 3 人（李斌龙、孙浩、张胜贵）、副教授 4 人（白延东、郭强、李若楠、张慧），5 人拥有国外著名大学博士学位，5 人年龄在 40 周岁以下，团队学缘结构良好、年龄结构合理，所有成员都长期在运筹学教学与科研的第一线工作，团队坚持“以德育人”和“科研赋能教学”理念。

教材建设：团队成员在科学出版社出版教材一部“运筹学原理与算法，郭强、孙浩主编，科学出版社，2012 年”。该教材与其他运筹学教材相比，增加了网络最优选址问题，扩充了网络规划和分配问题的内容，特别是把运筹方法的程序设计纳入教学内容中，详细、完整、规范地给出了各种运筹方法的算法步骤。

荣誉获奖：团队成员多次获西工大本科生（研究生）最满意教师称号；成员孙浩教授 2023 年入选国家级教学名师，曾获国家级教学成果一等奖、宝钢优秀教师奖、霍英东教育教学奖、陕西省师德标兵等荣誉；成员张胜贵教授曾获陕西省高等教育教学成果一等奖、陕西省教学名师奖、西工大研究生教育优秀导师等荣誉。

二、课程思政的教学整体设计思路

课堂是高校落实立德树人根本任务的主阵地，课程是开展“总师”育人文化建设的主渠道。本课程在课程思政建设中坚持遵循“价值塑造、能力培养、知识传授”为核心的“三位一体”人才培养观，教学整体设计思路如下。

（一）课程目标

价值目标：通过家国情怀浸润课堂教学全过程，加强爱国主义教育，加大文化自信建设；通过介绍运筹学特别是中国运筹学的发展历史，强调运筹学在国防建设、

经济发展、民族复兴、国家富强中发挥出的关键作用，不断提升民族自豪感、增强文化自信，进而引导学生树立正确的人生观、价值观和世界观。

能力目标：培养学生学会“从提出问题、到构建数学模型和给出解决方案、到进行解的检验分析”等求解问题全过程中运用科学的辩证方法思考问题，培养学生系统性地运用运筹学理论分析和解决现实生活中复杂问题的能力，使学生能够运用运筹学理论和方法达到资源优化配置、实现最优决策的目的。

知识目标：通过本课程学习，使学生掌握运筹学各主要分支的模型、重要概念和经典算法，掌握运筹学的思维方式和分析方法，激发学生学习的积极性，同时渗透讲解人文知识、创新意识、探索能力和工匠精神，为学生进一步深造和利用运筹学知识解决相关专业领域中的各类实际问题打下坚实的基础。

(二) 课程内容简介

运筹学课程内容包括数学规划、网络优化、排队论、决策分析和对策论等，内容章节对应关系可见图 5。数学规划主要解决两个方面的问题：一是对于给定资源，研究如何发挥它们的最大效益；二是对于给定任务，研究如何用最少的资源完成任务。网络优化主要研究生产组织、计划管理中诸如最短路、最小连通、最小费用流、最优指派和关键线路图等问题。排队论主要研究系统随机聚散现象和随机服务系统工作过程的数学理论和方法。决策分析主要研究如何从多种可供选择的行动方案中选择最优方案。对策论主要研究具有斗争或竞争性质行为的数学理论和方法。

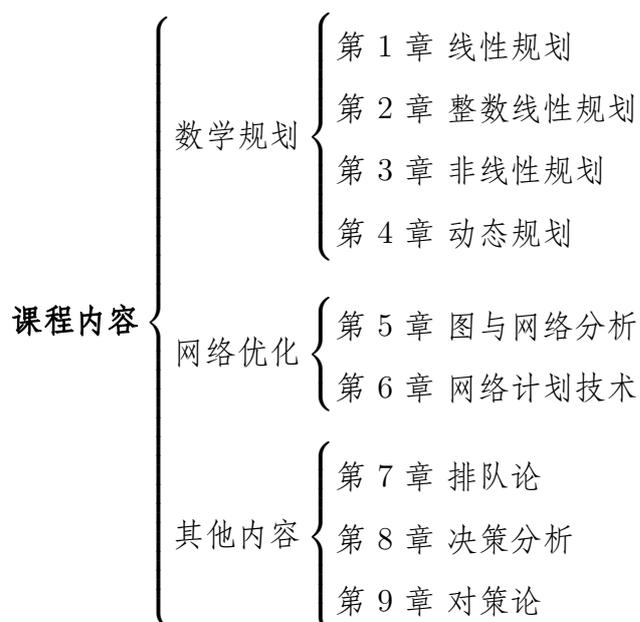


图 5: 运筹学课程内容

(三) 课程思政融入设计

本课程主要聚焦以下思政育人主题开展教育教学工作（可见表 2）：

1. 家国情怀，甘于奉献到祖国需要的地方。
2. 文化自信，学史增信以提升民族自豪感。
3. 科学精神，科技报国推动民族伟大复兴。

表 2: 运筹学课程思政融入设计示例

思政主题	内容对应（相关介绍也可见 [4, 5]）
家国情怀	<p>现代运筹学引入中国</p> <p>建国初期，钱学森、许国志等老一辈科学家放弃国外优渥的生活条件和工作待遇，依然决然回国建设国家，以国家国防建设和经济建设为科研选题的出发点，为我国运筹学的长期发展奠定了坚实的基础。</p> <p>建立运筹学专业和开设运筹学课程</p> <p>运筹学先驱们以国家战略发展为导向，既整体谋划运筹帷幄，又身体力行深入教学一线，大力开展青年人才培养。</p>
文化自信	<p>都江堰水利工程</p> <p>以不破坏自然资源和充分利用自然资源为前提，变害为利，使人、地、水三者高度和谐统一，是全世界迄今为止年代最久、唯一留存、以无坝引水为特征的宏大水利工程，开创了中国古代水利史上的新纪元，在世界水利史上写下了光辉的一章，是中国古代人民智慧的结晶，是中华文化的杰作。同时可以作为总师育人文化之总师型人才雏形培养的案例。</p> <p>丁谓修皇宫</p> <p>用“一举三得”方案修建皇宫，挖沟（取土烧砖）→引水入沟（水道运输）→填沟（处理垃圾），是一项典型的系统工程实践，这同时也是讲授“专业精、系统强、重实践、能担当”解决重大问题的典型案例。</p>
科学精神	<p>中国邮递员问题</p> <p>管梅谷于 1962 年在国际上首先提出了著名的邮递员问题并给出了一类求解方法，被学界命名为“中国邮路问题”，被载入学科领域经典著作中，以此可以很好地激励学生大胆创新，善于提出问题，敢于挑战难题。</p> <p>此外，讲授中国邮递员问题时可拓展引入基于中国地图的旅行售货员问题，同步开展地图爱国主义教育。</p> <p>华罗庚的优选法</p> <p>0 到 1（向上捅破天），1 到 0（向下挖到根）。引导学生既要敢立志做原创性探索、攻克卡脖子难题（专业精、系统强），又要重实践、能担当。</p>

三、具体某章节的教学展示（第 5.5 节 最短路: 中国邮递员问题）

（一）教学目标

了解中国邮递员问题的发展脉络，理解问题的难点和难度；通过讲解奇偶点图上作业法的数学原理和计算步骤，培养学生系统思维能力和原始创新能力；通过介绍老一辈数学家的著名研究成果，增强学生文化自信、奉献意识和家国情怀。

（二）教学内容

1. 介绍管梅谷先生提出中国邮递员问题的现实背景和重要影响；
2. 介绍 Edmonds 教授在中国邮递员问题推广和研究方面的贡献；
3. 讲解管梅谷先生提出的奇偶点图上作业法的数学原理和计算步骤；
4. 分析改进奇偶点图上作业法的计算效率；
5. 探讨中国邮递员问题的发展趋势。

（三）课程思政设计思路

教学团队坚持“思政”引领，立足西工大人才培养特色，在课程教学中将课程思政融入教学全过程，将“总师”育人文化浸润课堂，具体设计思路如图 6 所示。

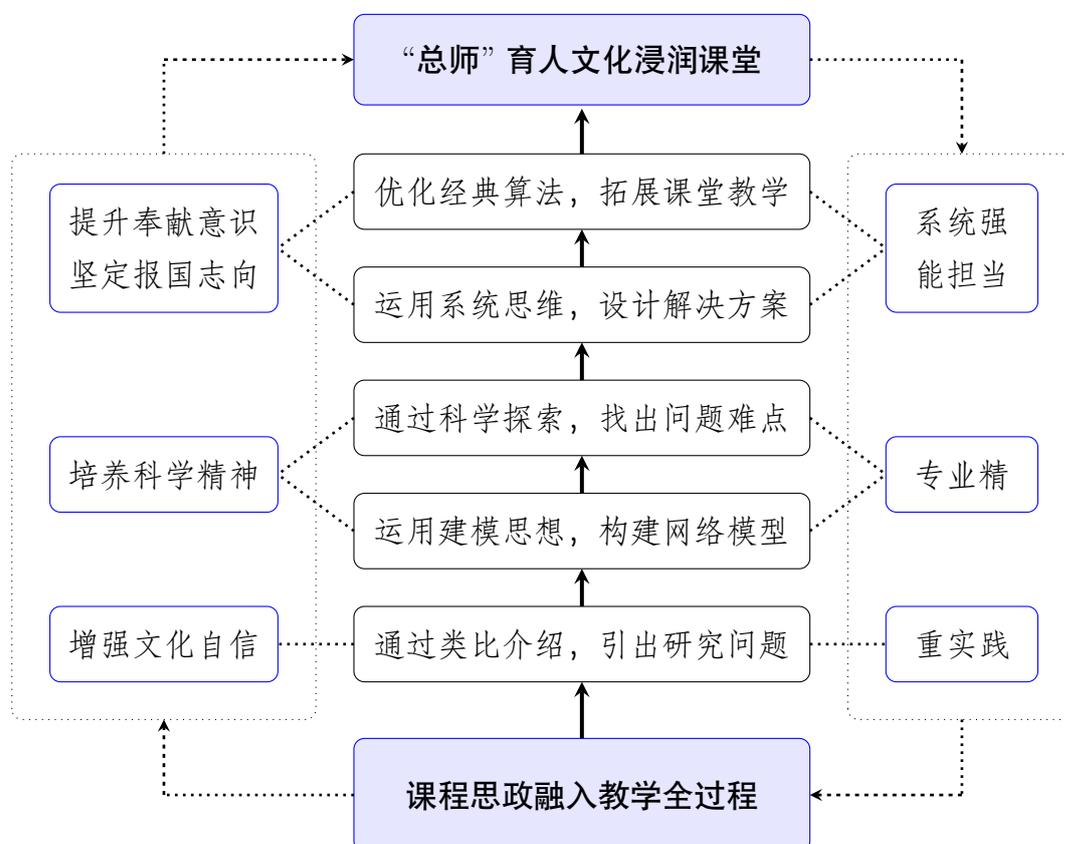


图 6: 中国邮递员问题课程思政设计思路

(四) 案例导入

通过提问以人名、地名命名的数学定理和问题，让学生直观清晰地感受以国家命名的数学定理和问题的稀有性珍贵性，提升民族自豪感和文化自信；通过讲解管梅谷提出的奇偶点图上作业法，培养学生的家国情怀和科学奉献精神，可见表 3。

表 3: 以人名、地名命名的数学定理和问题

定理和问题	具体内容
以人名命名 【数量众多】	<p>哥德巴赫猜想 (1742 年) 每个大于 2 的偶数都可写成两个素数之和。</p> <p>黎曼猜想 (1859 年) 黎曼 zeta 函数 $\zeta(s) = 0$ 的所有有意义的解都在一条直线上。</p> <p>拉格朗日中值定理 (1797 年) 如果函数 $f(x)$ 在闭区间上 $[a, b]$ 连续，在开区间 (a, b) 上可导，那么在开区间 (a, b) 内至少存在一点 ξ 使得 $f'(\xi) = \frac{f(b)-f(a)}{b-a}$。</p> <p>陈氏定理 (1966 年) 每个充分大的偶数都可写成一个素数和一个不超过两个素数的乘积之和。</p> <p>.....</p>
以地名命名 【数量很少】	<p>巴塞尔问题 (1644 年) 计算所有平方数的倒数的和，也就是以下级数的和： $\sum_{n=1}^{+\infty} \frac{1}{n^2} = \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{1}{1^2} + \frac{1}{2^2} + \dots + \frac{1}{n^2} \right).$</p> <p>哥尼斯堡七桥问题 (1735 年) 18 世纪初普鲁士的哥尼斯堡，有一条河穿过，河上有两个小岛，有七座桥把两个岛与河岸联系起来，一个步行者怎样才能不重复、不遗漏地一次走完七座桥，最后回到出发点。</p> <p>.....</p>
以国家命名 【非常稀有】	<p>匈牙利算法 (1955 年) 多项式时间内求解任务分配问题的组合优化算法，在多目标跟踪中数据关联、指派问题等领域有着重要应用。</p> <p>中国剩余定理 (公元 5 世纪, 中国南北朝时期《孙子算经》) 给出了求解一次同余式组的方法，是初等数论中重要定理，凝结着中国古代数学家的智慧，在加密、数字签名等领域都有重要应用。</p> <p>中国邮递员问题 (1960 年) 由中国学者管梅谷先生提出，寻找邮递员最优投递信件路线。</p>

(五) 教学过程

学情分析：本章前面两节内容，主要介绍了图论起源、图的基本概念、图中路和圈的主要结论、图的连通性以及最短路求解算法。这一节教学内容主旨是“学以致用”，介绍现实生活中的一个以国家名称命名的著名问题“中国邮递员问题”，首先将之抽象为赋权图中最小权遍历问题，之后通过系统性地运用欧拉对于欧拉图的刻画定理、握手引理、Fleury 算法等设计中国邮递员问题的求解算法。

问题引入：在数学史上，以国家命名的问题或定理非常稀少、格外珍贵。以中国命名的数学定理最早可以追溯到 1000 多年前的“中国余数定理”。事实上，中国近代也出现了一个以中国命名的数学问题，那就是“中国邮递员问题 (Chinese Postman Problem)”，其具体内容是：邮递员每天从邮局出发，走遍其负责区域的所有街道后返回邮局，请问如何选择路线可以使走过的总路程最短？这一国际上著名的“中国邮递员问题”是由我国数学家管梅谷¹ 教授于 1960 年提出 [2]。

算法设计：管梅谷教授在提出问题之后给出了被称为“奇偶点图上作业法”的求解算法。将邮递员的投递区域看作一个连通的带权无向图 G^c ，其中顶点对应街道交叉口，边对应街道，权对应街道的长度，那么解决中国邮递员问题等价于在连通赋权无向图 G^c 中，寻找经过每边至少一次且权和最小的遍历路径。

教学难点：理解中国邮递员问题求解算法的核心思想，掌握算法执行步骤。

教学重点：引导和激励学生善于提出新问题，敢于思考难问题，精于解决大问题，勇于引领新方向；指导学生用数学力量助力国家科技发展和民族复兴。

- (1) 熟悉中国邮递员问题的提出背景，体会老一辈科学家们的科学探索精神；
- (2) 掌握算法中的核心数学思想，提升科技创新能力，坚定科技报国志向。

教学方法：

下面通过部分教学课件演示本节内容的主要教学方法（图 7-10）：



图 7: 教学课件之问题类比介绍 (提升文化自信)

¹管梅谷，1934-至今，中国邮递员问题之父，获中国运筹学会科学技术奖终身成就奖。



图 8: 教学课件之问题背景回顾 (浸润家国情怀)



图 9: 教学课件之求解方法设计 (培养科学精神)



图 10: 教学课件之算法拓展延伸 (提升育人质量)

延伸思考：中国邮递员问题研究成果在当今社会有哪些应用？

四、教学评价与成效

课程负责人通过在“运筹学”课程教育教学过程中积极开展课程思政教育，先后获得以下教学成绩和荣誉：

1. 2023 年获西工大数学与统计学院“最受学生喜爱的本科专业课教师”称号；
2. 2023 年作为主要成员获西工大教育教学成果特等奖；
3. 2022 年和 2020 年作为主要成员两次获西工大教育教学成果一等奖。
4. 2022 年获批准主持西工大本科生课程建设项目 (运筹学)；
5. 2021 年获批准主持陕西省高等教育学会度高等教育科学研究项目；
6. 2017 年获全国高校微课设计大赛西北赛区一等奖；

7. 2016 年获陕西省高校青年教师讲课比赛一等奖。

课程负责人主讲的与上述课程密切相关的研究生课程“组合最优化”获 2022 年西工大研究生质量提升项目（课程思政）建设项目支持且结题考核结果为“优秀”；特别地，“组合最优化”课程被评为 2023 年西工大研究生课程思政示范课程，课程教学团队被评为西工大研究生课程思政教学团队。

五、课程特色与创新

本课程主要有以下特色与创新之处：

(1) 坚持了思政引领，将课程思政融入教学全过程；贯彻实施了因地制宜和因材施教理念，将“课程文化与西工大‘总师’育人文化相融合、课程特色与学校发展特色相结合、课程考核与人才成长规律相契合”（图 2）；有效提升了课程育人质量。

(2) 在教学过程中综合运用了视频分享、情景分析、分组讨论，翻转课堂等多种教学方法，积极开展了学生问卷调查和评价反馈（图 11），及时发现学生遇到的困惑，有针对性地调整优化教学模式，确保了学习效果和育人质量得到稳步提升。

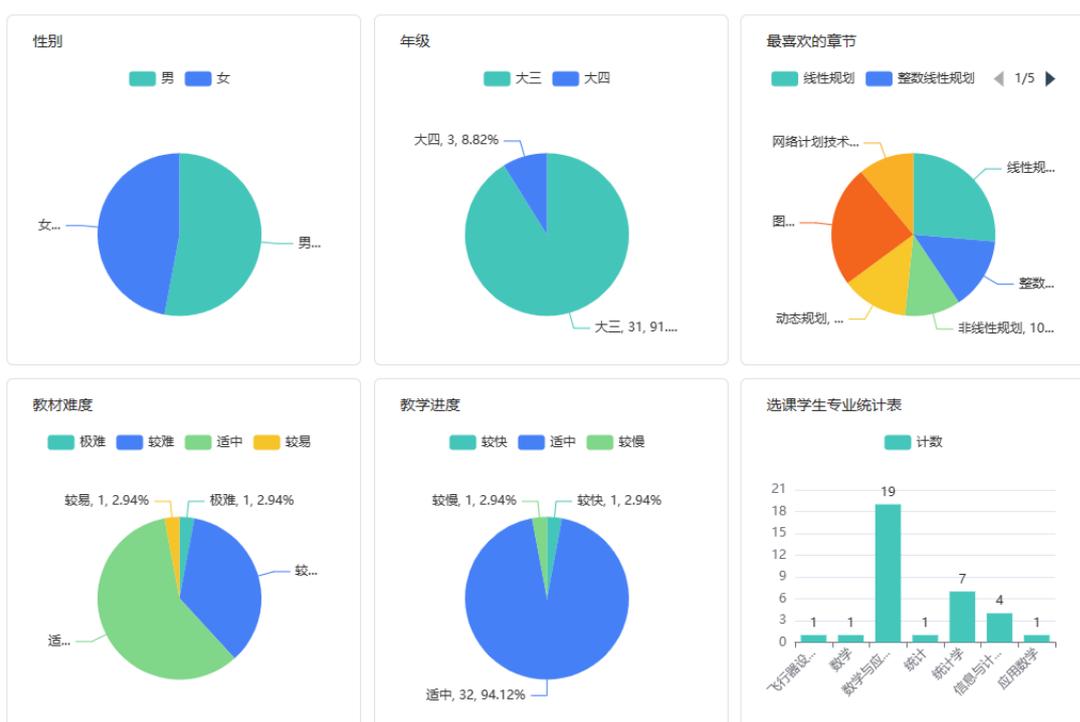


图 11: 课程教学问卷调查统计信息

六、思政教学反思

课程思政育人模式需要持续优化。在运筹学课程中融入思政元素、开展思政育人工作，难点在于“潜移默化、润物无声”，要坚决避免突兀零散和生搬硬套，因此

在后续的教学过程中，教学团队将深入研讨实践，科学结合学生专业特性和学生成长规律，系统性挖掘整合运筹学知识中蕴含的思政元素，并将通过巧妙结合时事热点问题，积极拓展课堂教学内容，以期实现课程思政育人质量的稳步提升。

参考文献

- [1] 刁在筠, 刘桂真, 戎晓霞, 王光辉. 运筹学. 第4版 [M]. 高等教育出版社, 2016.
- [2] 管梅谷. 关于中国邮递员问题研究和发展的历史回顾 [J]. 运筹学学报, 2015, 19(3):1-7. DOI:10.15960/j.cnki.issn.1007-6093.2015.03.001.
- [3] 郭强, 孙浩. 运筹学原理与算法 [M]. 科学出版社, 2012.
- [4] 胡晓东, 袁亚湘, 章祥荪. 运筹学发展的回顾与展望 [J]. 中国科学院院刊, 2012, 27(2):16. DOI:10.3969/j.issn.1000-3045.2012.02.003.
- [5] 章祥荪、关亚骥. 中国运筹学：生机勃勃四十年 [J]. 运筹学学报, 1999, 3(1):1-5.

课程负责人签字：白延东

时间：2023年12月5日