

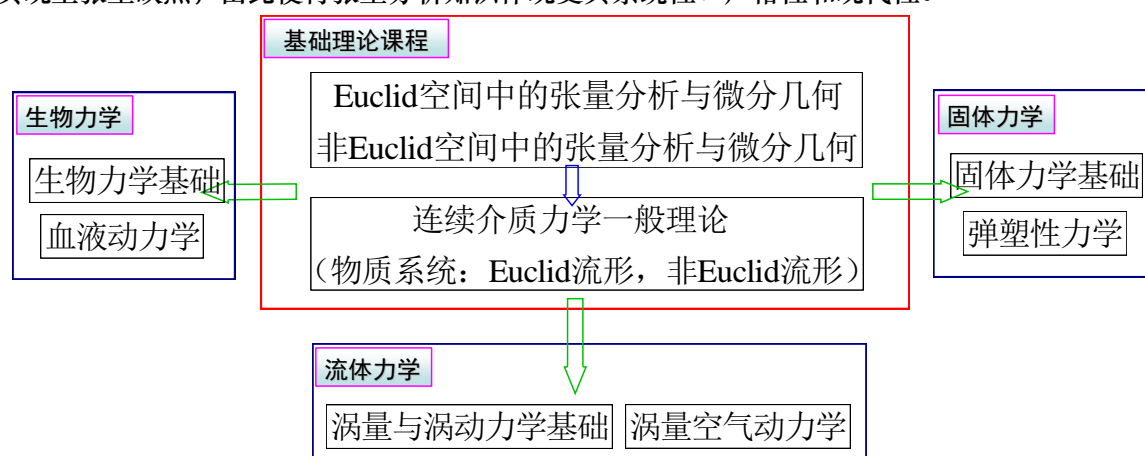
试 卷 分 析 表

课程代码 **MECH130105**

课程名称	连续介质力学基础		教师姓名	谢锡麟	职称	副教授
上课地点	H2110		周学时数	2 学时 (实际授课约 3 学时)		
修读学生系科、专业、年级、人数	实际修读：理论与应用力学 3 人				实考人数	3
评定学生成绩内容所占百分比	平时成绩		期中		期末	
	20				80	
成绩分布统计		A 等 (含 A-)	B 等 (含 B+, B-)	C 等 (含 C+, C-)	D	F
	人数	2	1			
	百分比 %	66	33			

试卷整体情况所反映出的教与学的问题（含命题难度、命题质量）

近二年来我们在连续介质力学基础理论研究方面取得一定进展。主要表现为，按连续介质的几何形态区分为 Euclid 流形（体）和 Riemann 流形（曲面）。针对几何形态为 Euclid 流形的连续介质提出“当前物理构形对应之曲线坐标系显含时间的有限变形理论”；相关理论适合研究边界可作有限变形运动的流固耦合问题，如可变形飞行器飞行特性、生物体流动等。针对几何形态为 Riemann 流形的连续介质提出“几何形态为曲面（Riemann 流形）的有限变形理论”；相关理论适合镀膜过程、生物膜运动、水面上油污扩散等问题。上述有限变形理论参照经典有限变形理论的基本内容做平行发展，主要包括构形及曲线坐标系构造；变形梯度定义及其基本性质；变形刻画及输运定理；守恒律控制方程。结合当前力学、航空宇航科学与技术、生物医学工程等学科的发展趋势，上述二套有限变形理论所适用的研究对象均属热点。另一方面，我们基本实现了将一般赋范线性空间上微分学的基本理论对应实现至张量映照，由此使得张量分析知识体现更具系统性、严格性和现代性。



现代张量分析以及基于其上的连续介质力学知识体系

目前任课教师已基本建设形成“理性力学观点下，基于现代张量分析与现代几何学的连续介质力学基础理论”的教学路径，主要包括：①《张量分析与微分几何基础》（选修课程），②《连续介质力学基础》（选修课程）。在此基础上，再扩充相关实践课程（同校内外同事合作）。

以下叙述相关基础性知识体系的基本内容。

课程《张量分析与微分几何基础》（每周 2—3 学时），计划按下述体系构建讲述内容：①张量的基本代数性质（I）。将张量定义为有限维 Euclid 空间中的多重线性映照，涉及协变、逆变基（对偶基），简单张量及张量表示，张量并积，张量多点点积。②有限维 Euclid 空间中一般曲线坐标系上的张量场分析。基于有限维 Euclid 空间以及张量赋范线性空间上的微分学（引述一般赋范线性空间上微分学的相关理论），基于微分同胚定义曲线坐标系，曲线坐标诱导之局部基及其运动方程（引入 Christoffel 符号）；基于张量场可微性引入张量梯度及协变（逆变）导数；张量场场论分析，包括场论恒等式推导的一般方法；非完整基思想及方法；广义 Gauss—Ostrogradskii 公式与广义 Stokes 公式；应用方面涉及弹性力学、流体力学中基本关系式。③张量的基本代数性质（II）。引入置换算子，对称及反称化算子，外积运算，Hodge 星算子；仿射量特征问题的相关表述，涉及行列式定义，主不变量表示，Hamilton—Cayley 定理。④张量映照微分学。基于张量赋范线性空间上微分学叙述可微性（一阶导数），高阶导数等结论；特征问题相关结论。⑤有限维 Euclid 空间中曲线论及曲面论基本

内容。基于有限维 Euclid 空间上微分学叙述曲线几何特征（曲率及挠率），曲线上局部标架及其运动方程；曲面几何特征（第一、第二基本形式，Gauss 曲率及平均曲率，截线曲率及主方向），曲面上局部标架及其运动方程；基于曲面的半正交系以及广义 Stokes 公式曲面积分同张量场全空间维数延拓的无关性；曲面上 Ricci 等式（Gauss 方程）以及 Codazzi 方程。⑥流形上微分学基本概念、思想及方法。以有限维 Euclid 空间中的光滑曲面（Riemann 流形）作为对象，按微分同胚以及列满秩映照叙述坐标卡以及地图册（概念及作用）；流形上 Riemann 度量、Levi-Civita 联络、协变微分的坐标定义及其曲面上的具体实现；曲面切空间及余切空间；曲面上张量场；同态映照及推前与拉回运算；曲面上张量场的 Lie 导数与物质导数，Hodge 星算子，内导数运算，外微分运算，流形上主要微分运算之间的关系；相关应用，具体力学、物理等方面的几何化可以研习文献 V.I.Arnold. *Mathematical Methods of Classical Mechanics*. Springer-Verlag, 1997。

课程《连续介质力学基础》（每周 3 学时），计划按下述体系构建讲述内容：①几何形态为 Euclid 流形的有限变形理论。理论框架上，直接讲述当前物理构形对应之曲线坐标系显含时间的有限变形理论。②本构关系的基本研究方法以及典型介质的本构关系。③有限变形弹性静力学、动力学若干经典问题的半解析求解。涉及问题的 Euler 提法以及 Lagrange 提法；张量场多点形式的非完整基理论；基于非完整基理论进行经典问题的求解；此方面另提供学生开展数值实验以及真实实验的软硬件条件等。④几何形态为曲面（Riemann 流形）的有限变形理论。叙述我们现已发展的理论思想及方法；研究现代几何学相关思想与方法的引入。⑤几何形态为曲面的有限变形理论的应用研究。鼓励学生参与相关典型问题的数值实验及真实实验，可涉及固定表面上的薄层流动（对应镀膜过程等）；薄膜的有限变形运算（如薄膜振动，旗帜与周边流场的耦合作用等）；皂膜流动；水面上污染物的扩散过程等。⑥变分原理。⑦连续介质力学一般理论的应用。这方面可具体涉及经典弹性力学、流体力学相关知识，以辅助和补充相关专业课程的学习；另可涉及考虑电场、磁场等其它作用的连续介质力学以期接近相关前沿科技（主要可基于文献 L.I.Sedov. *Mechanics of Continuous Media*. Vol.1-2, World Scientific Press, 1996）。

本次讲述的深度及广度基本实现了上述安排，且教与学效果较好。此次课程考试涉及面广且较为深入，具有较高难度；考试涉及的一些内容实际也是任课教师相应的研究成果。

本年度已基本建设完成“现代连续介质力学理论及实践”课程体系网站：

<http://jpkc.fudan.edu.cn/s/353/> 提供课程大纲，教学研究论文或体会，教学学术交流信息，课程录像，以往试卷及参考答案等所有信息。

2013 年 4 月 7 日组织《张量分析与微分几何基础》课程研讨会，附《会后感悟》。

该课程教学的进一步设想

1. 限于实际进度，此次教学仍未能讲述“变分原理”。变分原理从泛函出发考虑守恒律方程，思想及方法上同微分学有着很大差别；故教学上引入，可供学生对比研究。后续课程将涉及此部分内容。
2. 需要加强学生对理论的实践，以切实提高对主要思想及方法的理解和掌握，具有实际应用的能力。
3. 课程理论对应的实际事例应该更紧密联系于连续介质力学的当前发展，并加强横向发展，如涉及连续介质电动力学，空气动力学及塑性力学等方面的基础研究思想及方法，最主要的内容等。
4. 扩大课程的影响程度。

*** 本表在学期结束前交院系教务室，并与考卷一同装订**

注：试卷各题得分明细

学号/姓名	1/1	1/2	1/3	2/1	2/2	2/3	2/4	3/1	3/2	3/3	4/1	4/2	4/3	4/4	4/5	4/6	总分	折合	总评
	8	10	10	10	2	0	8	10	10	10	10	10	10	10	10	2	130	81.3	A
	8	10	10	10	3	10	0	5	0	0	8	8	10	10	2	0	94	58.8	A-
	8	8	8	2	2	0	0	0	5	2	10	10	0	10	5	0	70	43.8	B+

附：2013年4月7日《张量分析与微分几何基础》课程研讨会 会后感悟