

简讲相同，详讲不同

——圆轴扭转剪应力分析与正应力分析的相同与不同

4月20日上午第3、4节课，是关于圆轴扭转剪应力和连接件剪切与挤压的精讲课。

圆轴扭转剪应力分析与梁弯曲正应力分析在技术路径方面，基本上是不同的，即：通过平面保持平面，确定位移和变形；进而确定应变分布；再应用胡克定律确定应力分布，最后由应力与内力分量之间的静力学方程得到应力公式。但两种分析过程又有不同之处。

从问题开始

为什么必须是圆轴？
圆轴扭转时产生了什么变形，以致产生剪应力？
圆轴扭转时里层和外层（圆柱体表面）的变形会不会一样？
圆轴扭转时里层和外层（圆柱体表面）的变形有关系吗？

圆轴扭转扭转变形特点——
平面保持平面，使圆柱体表面产生剪切变形。

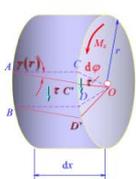
11 23

1、在圆轴扭转剪应力分析中，李老师着重强调了**位移**和**变形**的概念，这与正应力分析有不同之处。圆轴受扭发生变形后，其横截面依然保持平面，但横截面没有变形，而是发生扭转位移。

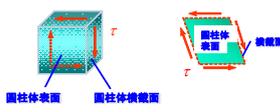
两相邻横截面刚性地相互转过一角度，使圆柱体表面产生剪切变形——**横截面没有发生变形，而是产生了位移**；圆柱体表面发生了**变形**。

2、在扭矩的作用下，微段表面发生剪应变，这一剪应变是由横截面边缘上的剪应力产生的。而圆柱体表面为自由表面，没有剪应力。

在扭矩的作用下，微段表面发生剪应变，与这一剪应变对应的剪应力作用在什么面上？——圆柱体表面？横截面？



在扭矩的作用下，微段表面发生剪应变，这一剪应变是由横截面边缘上的剪应力产生的。

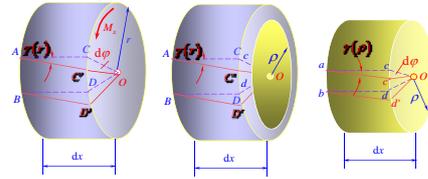


20 22

搞懂了这两点，圆轴扭转剪应力即可按照既定的分析路径进行分析。



根据圆轴扭转时横截面刚性转动的特点，分析内外层圆柱表面剪应变之间的相互关系：

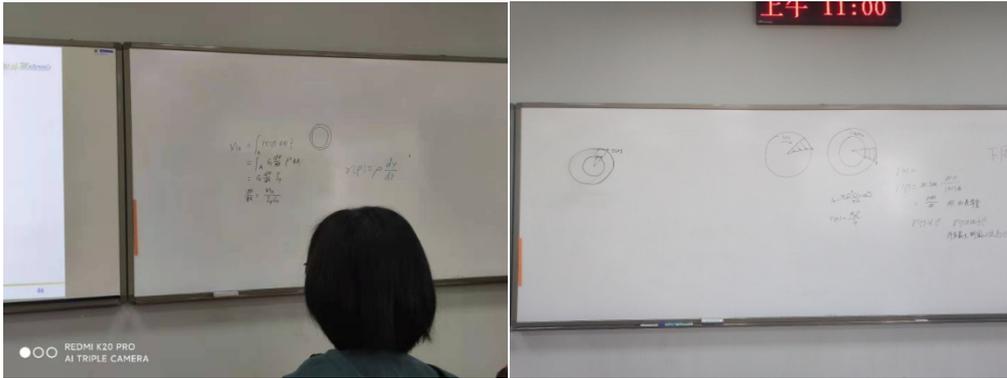


30

36

其中，变形协调方程、剪应力与扭矩关系的静力学方程、剪应力表达式等**重要推导都是学生自己推导出来的**，每一个重要推导都有 2 位同学到讲台上展示，这些同学的推导全部正确，收获了来自同学们的掌声。

圆轴扭转强度设计与拉伸、压缩、弯曲强度设计类似，极限应力都是通过实验得到的。对于韧性材料，李老师给学生展示了低碳钢的扭转实验视频；而对于脆性材料，则将两根**粉笔**分别交给班里两位力气比较大的学生，请他们扭断，传给其他同学观察断口特征，学生一下子就记住了。



在连接件的剪切与挤压计算部分，李老师首先给出了若干工程中的连接件：连接飞机蒙皮的铆钉、旧金山国际机场航站楼顶棚的连接件、舰载炮操纵系统中的连接件等，让学生对于连接件形成直观的认识；进而通过韩国首尔三丰百货大楼的坍塌事故、欧洲住宅阳台的坍塌案例，告诉学生连接件强度设计的重要性。然后再开始介绍工程设计中对于连接件的假定计算方法及剪切和挤压假定计算。

在此过程中，澄清了“有效挤压面”的概念和定义：挤压的实际接触面就是有效挤压面，所谓的假定计算，就是假定挤压应力在实际接触面上均匀分布。李老师请学生到讲台，通过积分计算证明了挤压应力在实际挤压面上所形成的合力，等于挤压应力与实际挤压面在垂直于挤压方向上的投影面面积（此即传统论述中

的有效挤压面)的乘积。

在这一部分最后,李老师通过视频给学生介绍了与流体力学相关的航空器蒙皮的铆接技术,虽然超出了材料力学课程的范畴,但拓展了学生在多学科交叉方面的学术视野。此外,还分析了韩国首尔三丰百货大楼的坍塌事故原因——贯穿剪力。

这节课最后,范老师给学生提了一个问题:材料力学中连接件的剪切模型有什么问题?留给学生课后思考,学生经过思考,在微信群发表了自己的看法,师生之间进行了热烈的讨论。

