

从事工程力学制作实验教学的几点体会

李尧臣

同济大学航空航天与力学学院，上海 200092

摘要：本文从高等院校学生培养的三要素——素质、能力、知识——的关系出发，以作者在工程力学制作实验教学的实践和经历，论述了开设制作实验课程在学生的素质、能力的培养以及知识的活化中所起的重要作用。

关键词：工程力学，桁架，制作实验，素质，能力

力学基础课程的教学改革已经进行了好多年，在研究高等院校学生培养的三要素——素质、能力、知识——的关系方面，教育界同仁们都会注意到这样一个现象：有些学生分数不见得很高，但能力很强；有些学生成绩很好，但能力不是像应有的那么强。即分数并不能说明一切。这里面有个知识活化的问题，用所掌握的知识来解决实际问题的能力，比仅仅是学习知识更重要^[1]。解决问题的方法之一，就是增加一些实验课程，提高学生的动手能力。以往的工程力学实验也和材料力学的实验内容相仿，也就是大纲中规定的几个常规实验，实验步骤都是设计好了的，多年运作万无一失，学生兴趣不大。而且对实验报告，大部分学生也只是机械的照抄。实验完成后，对于材料性质的一些概念、量级，材料力学中的一些原理和规律仍然一无所知。

建立开放实验室是一个好办法。设计一些能让学生开动脑筋的实验，只给出实验的目标和要求，而对于实验方法不作详细介绍，完全是让学生自己思考，想出办法来达到实验目标。我们采用的另一个方法是开展制作实验。这项实验是用木材，胶水等材料制作一个桁架，形式不限，采用统一的跨度、宽度和高度，以锯条，刀片，砂纸等作为工具。最后进行加载破坏试验，以比强（即破坏时的荷载÷桁架总质量）最高者为优胜，并以比强从高到低分级计分，同时又以实验报告的写作质量作为分数的一部分，最后给出总分。这项实验活动得到同学们的普遍欢迎，其它课程的学生（如材料力学）也纷纷要求开设这样的课程。它的好处是：1. 内容具有趣味性。学生的思路较为自由，可以发挥学生的主动思考的潜力，有较大的创新空间；2. 这是四人一组的实验，设一组长，负责全面协调。实验锻炼和培养了同学们的组织能力，有利于发扬团队协作的精神。在制定方案时，大家可以广开思路，自由讨论。但在行动时，必须服从决议，朝着同一个目标前进。只有这样，事情才能做得成。因此这也是对学生素质的锻炼和考验；3. 对于桁架的美观方面有一定的要求，而且同学们也会自发地对自己的作品提出美观的要求。因此，它对于学生的审美观和工作态度来说，也是一个锻炼的机会；4. 有利于知识的活化。桁架的制作需要运用已学的材料力学甚至尚未学过的结构力学知识。一方面，需要运用这些知识来判断，怎样设计桁架才能获得较高的承载能力。这是定性分析；另一方面，我们要求在实验报告中对桁架进行分析，计算出每一根杆的内力，并预测桁架的承载能力。这又是定量分析。

几个学期试行下来，效果还是不错的，上述的几个目标还是达到了。同学在

制作方面积极性很高，有的甚至通宵达旦。为了把桁架制作得更加完美，还自己花钱买附加材料。有的制作出比强很高的桁架，有的制作出精美的桁架。但在实验报告中，同学们对内力和强度分析往往不够重视。或者只是进行一些简单的计算，或者是根本不算。但对于制作过程中的体会都写得十分具体生动，也表示了对所学的知识得到了温习和运用，也认识到以前所学的知识还有很多不够深入之处，还要端正自己的学习态度和学习方法等。

不久我们就发现，三角形桁架的比强最高。以后的几个学期，同学们的制作几乎都是清一色的外形为三角形的桁架，只是在内部杆件的安排上有些不同，尽管有些安排也包含了创新思想。虽然有的小组突破框框，创造了外形美观的桁架，但在最后一步——加载试验中纷纷败下阵来。在后来的几次实验中我们改变了方法，鼓励同学们创造出形式新颖的桁架。规定了得分指标分四个方面：1. 比强，2. 造型，3. 计算预测的破坏荷载与最后实验的破坏荷载的接近程度，还要预测破坏的位置。这三个方面分数适当分配，此外实验报告的写作质量还要占到 20%。而且我们承诺，比强的排名将按形式分类进行。最后我们根据学生实际制作的情况分为三角形，梯形，拱形和其它形四类进行分类评分。采取了这些措施后，同学们做出了形式多样，造型精美的桁架。这样的制作要求是较高的，为了得到高分，同学们要在上述几个方面找到平衡点。有的同学仍以追求高比强为主要目标，采用了三角形桁架，选择中规中矩的结构。有的追求结构的创新和造型的美观，做出了斜拉桥式的桁架，但比强较低。而从实验结果看，也并非三角形桁架在比强上占绝对优势。有采用梯形桁架的，获得了比强上总排名第二的骄人成绩。为了达到第三个要求，荷载的传递路径必须明确，破坏的位置要清楚。为了使同学们能进行计算，我们预先进行了木材的压缩稳定试验，横木纹的拉伸试验和胶缝的剪切强度试验等，提供了数据。同学们在结构计算上也比较认真，有不少小组在网上找到了结构力学求解器，并且进一步把桁架节点作为刚性节点，求解后得到了杆件的弯矩和轴向力。但在强度计算方面都只是根据木材的抗拉和抗压强度来计算桁架的破坏荷载，很少有人计算到节点板的横向抗拉强度和桁架端部节点的抗剪强度。而且实验也证明破坏多数是在这些部位发生。因此他们预测的破坏荷载与测试的破坏荷载仍有较大的差别。

计算出桁架能够承受的最大荷载，这对学生是个很高的要求。需要正确地建立计算模型，知道怎样进行强度计算，要判断结构的最危险部位及相应的破坏形式等。这对于所学知识的活化要求相当高。然而这也是个非常实际的训练，是力学课程的魅力所在，也是学生日后从事工程项目的基本功。

我们的这项实验，同学们的反映是空前的强烈。在实验报告中写下了丰富的心得体会，他们的实验报告也制作得十分精美，多数是到文印社用激光彩色打印做出。有的小组整个的制作过程甚至可以用可歌可泣来形容。有些小组胜利了，他们享受着成功的喜悦；有些小组失败了，但失败的教训往往比成功的经验更可贵。同学们纷纷表示这次桁架制作是对过去所学知识的全面的总结和检验，并表示希望今后还要再多开展一些这样的活动。而我们也要继续改进和完善这项实验，让这样一个制作实验在学生的素质和能力的培养方面发挥更大的作用。

参考文献

[1] 隋永康，顶天立地——基础力学教师应当瞄准的目标，中国力学学会学术大会'2005(CCTAM 2005)论文摘要集，633-634.