

工程制图国际化教学体系研究

曹清园, 牛文杰, 赵军友, 李 静

(中国石油大学(华东)机电工程学院, 山东 青岛 266580)

摘 要: 构建工程制图国际化教学体系是为了提高国内学生解决国际工程问题能力、提高留学生教学质量。因此, 顺应制造业数字化趋势, 融合三维建模重构工程制图教学内容, 重点讲解包含基于模型的数字化定义(MBD)制图标准的各国标准及其工程应用; 面对国内学生和留学生分别设计不同的国际化教学模式; 并基于云课堂平台, 进行线上、线下混合式教学方案设计。

关 键 词: 工程制图; 国际化; MBP; 线上、线下混合式

中图分类号: TB 23

DOI: 10.11996/JGJ.2095-302X.2018050996

文献标识码: A

文 章 编 号: 2095-302X(2018)05-0996-08

Research on the International Teaching System of Engineering Drawing

CAO Qingyuan, NIU Wenjie, ZHAO Junyou, LI Jing

(College of Mechanical and Electronic Engineering, China University of Petroleum, Qingdao Shandong 266580, China)

Abstract: The construction of international teaching system of engineering drawing aims at solving two problems: improving students' ability to solve problems related to international projects, and improving the teaching quality of foreign students. This study conforms to the trend of manufacturing digitization, integrates 3D modeling and reconstructs the engineering drawing teaching contents, focusing on different national drawing standards including the model-based definition (MBD) drawing standards and their engineering applications. Different international teaching modes are respectively designed for the students both at home and broad. And based on the cloud classroom platform, online and offline mixed teaching program are designed.

Keywords: engineering drawing; international; MBP; online and offline mixed

课程国际化是顺应国家建设世界一流大学和一流学科、推进国际化人才培养的必然选择。随着“一带一路”战略的推进, 沿线国家来华留学生规模逐渐扩大, 高等教育在为“走出去”战略培养国际化人才的同时, 还肩负着提升来华留学人才培养质量, 培养出一批知华友华、学有所成的国际化人才的使命^[1]。

工程制图课程作为高等院校工科重要基础课之一, 是工科学生必须学习的基础课程, 因是工

程技术人员用来设计、表达和交流技术思想的工具, 又被称之为工程界的技术语言^[2]。但许多具有国际合作背景的大公司和企业曾指出, 高等院校的本科毕业生在完成一些国际项目或工程过程中, 存在看不懂英文图纸、无法熟练面对面分析与交流的问题, 不具备担任国际化工作的能力^[3]。另一方面, 留学生的工程制图教学情况更为严峻, 以中国石油大学(华东)为例, 2017 年在校留学生 980 名, 主要分布在石油工程、油气储运工程、国

收稿日期: 2017-11-28; 定稿日期: 2018-01-02

基金项目: 中国石油大学(华东)青年教师教学改革项目(QN201715, QN201609); 教育部第二期来华留学英文授课品牌课程项目(LXKC20170001); 中国石油大学(华东)考试改革项目(KS-A201602); 中国科学技术协会《大数据背景下“大图学”学科体系建设研讨会》项目(2017XSHY006)

第一作者: 曹清园(1983-), 女, 山东新泰人, 讲师, 博士。主要研究方向为工程图学理论及应用、计算机辅助设计与图形学、CAD/CAM 技术等。
E-mail: caoqingyuan@upc.edu.cn

际经济与贸易等与石油相关的特色专业,其中 905 人来自“一带一路”沿线国家,这些留学生有 26% 选择随中文班上课,74%选择全英文上课,但大多皆成为考试困难户。

近些年随着计算机三维辅助设计技术的发展,已在全球航空业发展成熟的基于模型的数字化定义(model-based definition, MBD)作为全过程数字化设计解决方案,可以有效地避免二维制图带来的不可避免的装配干涉、研制成本高、周期长,并有利于解决二维设计空间关系理解难的问题,更适用于现代新型产品更新换代快和低成本研制的需求^[4],因此 MBD 正逐渐向其他行业扩展。MBD 不仅仅是三维模型加三维标注,而是将产品寿命过程中的全部设计、制造、管理信息用

模型的形式进行表达^[5]。因而在工程制图教学过程中融入三维 CAD 技术,在学好传统工程制图和三维建模的基础上,增加关于 MBD 制图标准的学习和工程应用是顺应制造业数字化的必然选择。

如图 1 所示,为了提升本科毕业生的国际工程能力和提高来华留学人才培养质量,顺应国际化需求,应充分考虑中文班级和留学生班级学生特点,并结合工程制图课程特点,充分利用现代科技手段,进行工程制图国际化教学体系研究,首先需重构基于三维建模的国际化工程制图教学课程体系、在以学生兴趣为导向建设的双语“云课堂”辅助下,研究面对对象的国际化教学模式,并设计一整套线上、线下混合式教学方案。

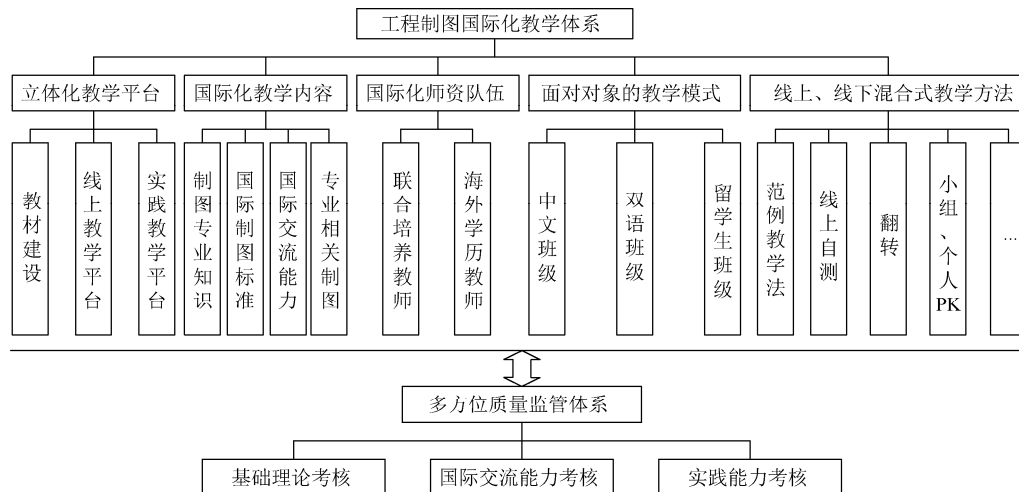


图1 工程制图国际化教学体系

1 工程制图国际化教学现状分析

工程制图是工科专业的专业必修课,以中国石油大学(华东)为例,目前有机类课程 96 学时和 64 学时;非机类课程有 48 学时和 32 学时。制图教学模式主要有 3 种,见表 1,“中文班”除了学习工程制图之外,还有附加的 CAD 课程作为补充,存在的问题:①全中文教学不满足当前国际化需求;②随着我校留学生日益增多,部分留学生选择随中文班上课,需要一定比例的英文教学,显然中文教学不满足这两点需求。此外,通过“理科实验班”教学实践发现,对国内学生采取传统全英文教学也存在一些问题:①工程制图是一门实践

性很强的专业基础课程,传统教学方法只是让学生了解制图专业词汇而已,对于学生在实际国际工程中的英文交流毫无帮助;②制图自编全英文教材是针对留学生编制的,优点是跟国内中文教材符合度高,逻辑性较强。缺点是内容较为简单,尤其是习题册,题目少且难度小,不适合中文班的使用。且自编全英文教材只涉及了国内制图标准,没有涉及其他通用标准;③没有相应的 CAD 课程作为补充,课程实用性不强。而“留学生班”的工程制图教学问题更为突出,相比中国学生,留学生的语言基础、基础知识水平差异很大。采用传统工程制图 64 学时教学,且没有附加 CAD 课程作为补充,课程学习难度较大,与工程实际脱节,教学效果欠佳。

表 1 工程制图教学模式

授课对象	教学语言	教材	教学内容	考试	授课方法	优点	缺点
中文班	中文	中文	制图 +CAD	中文	传统/革新	易于学好专业制图知识	不懂制图英文专业术语、词汇，无法熟练英语面对面分析与交流，阻碍制图这一“语言”的通用性
理科实验班	英文	英文自编	制图	英文	传统	掌握制图英文专业术语、词汇	不易于学好专业制图知识，无法熟练英语面对面分析与交流；缺乏 CAD 环节，与工程实际脱节
留学生班	英文	英文自编	制图	英文	传统	易于与留学生交流	不易于学好专业制图知识，缺乏 CAD 环节，与工程实际脱节

2 基于三维建模的国际化工程制图教学内容的组织

作为工程类学生的专业核心课程，传统工程制图教学内容包含画法几何和机械制图两部分，再加上相应的 CAD 课程作为补充。随着

计算机和数字化制造技术的迅猛发展，目前大多数教改均减少了点、线、面部分的内容^[6]，把重点放在了投影训练、视图表达和制图标准上。为了符合国际和国内对工程制图教学的需求，表 2 为增加了国际化特色后的工程制图教学内容。

表 2 工程制图国际化教学内容(64 学时)

教学章节	主要内容	学时
①二维图形绘制及尺寸标注	介绍制图工具及其用法，学习二维图形手工绘制及其尺寸标注，介绍 SolidWorks，用草图功能绘制平面图形	4
②三维基本体三视图	学习 SolidWorks 三维建模建立基本体模型，介绍第一角和第三角正投影，掌握基本体三视图的读图和画图	6
③表达方法	掌握视图(组合体三视图在该部分讲解)、轴测投影、剖视图、断面图手工绘图及 SolidWorks 绘制组合体	24
④制图标准	各国相关制图标准和 ASME Y14.41	2
⑤零件图	介绍零件类型，掌握典型标准件手工绘图及 SolidWorks 绘图，介绍零件图构成，掌握技术要求并比较各国技术要求不同，手工绘制千斤顶主要部件零件图，并使用 SolidWorks 三维建模建立千斤顶主要零件三维模型	18
⑥装配图	介绍装配图构成，利用 SolidWorks 进行千斤顶装配并生成装配图	10
⑦专业制图	管线、化工、焊接图等，根据专业选讲	4

与国内普遍采用的工程制图教学内容相比较，其主要特点包括：

(1) 全程融合三维建模(SolidWorks)。由于实际工程中，设计、审核、加工基本都建立在三维模型基础上，甚至有些先进工程已经实现了无纸化，画法几何部分在实际工程已较少应用，因此进行了删减。截交线和相贯线部分内容较难，尤其对留学生来说，手工绘图比较难于理解，且工程意义不大，因此，只介绍其概念，然后利用三维模型讲解其产生原理。

(2) 国际标准、MBD 与 ASME Y14.41。目前国际市场产品的生产国际化，使得引入国际标准尤为重要，在教学过程中，对于涉及到各国制图标准时，需详细介绍。教学中以我国 GB 标准为主，并详细介绍“工程制图”中涉及到的简单制图标准

在美国 ANS 标准、日本 JIS 标准、德国 DN 标准、英国 ANSI 标准、法国 NF 标准中的不同，如在讲解正投影时同时介绍第一角和第三角正投影；各国尺寸标注的不同；各国标准中对于技术要求的不同规定等。在这一部分，增加介绍基于 MBD 制图标准与美国机械工程师协会的数字产品定义规范(ASME Y14.41 digital product definition data practices)，让同学了解目前三维模型表达方法的先进性和局限性，三维模型与二维图纸互补的行业现状，并进行 SolidWorks 基础三维标注练习。

(3) 案例式教学与专业制图。我国教材中对于与实际工程相关的零件，往往只是提供了图纸，对于其工作原理与工作场合均缺乏介绍，不利于学生理论与实际相结合。因此，从教材第二部分开始，将相对比较简单的千斤顶中的零件穿插到

每一章节之中。最终在零件图和装配图章节进行综合应用。此外, 针对来自不同专业的学生, 增设专业制图部分, 让工程制图与各行业专业图纸无缝衔接。

3 以学生兴趣为导向的双语“云课堂”建设

高效、便捷、互动的线上平台云课堂与传统

课堂的优势互补使得教学变得更加有趣、自主^[7], 把云课堂作为传统课堂的辅助工具, 学生可以快速高效地学习或查看教学视频、课堂通知、作业、自测、参与课堂互动等增加学习趣味性和自主性的线上资源, 作为国际化教学, 双语的线上云课堂资源建设更是课堂的最有力的辅助, 如图2、3所示, 双语云课堂资源建设对现代化开放教育模式的开启有着重要的意义和价值。

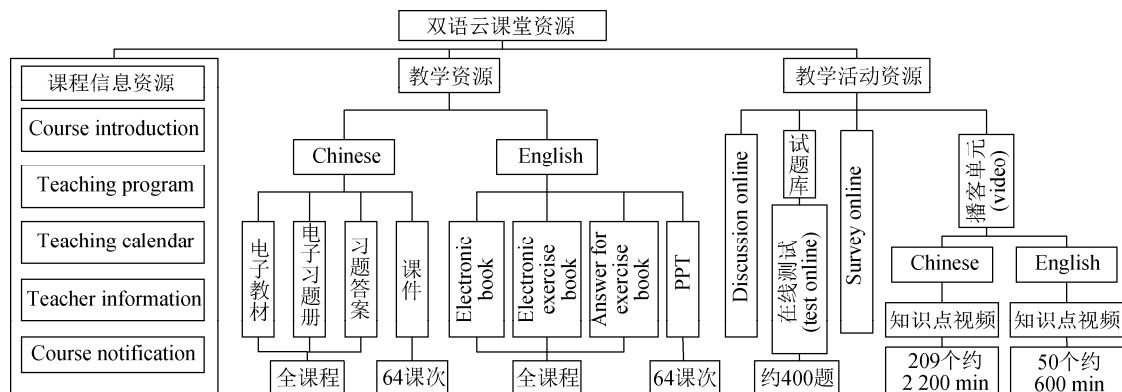


图2 工程制图全英文云课堂资源框架



(a) 首页



(b) 课件



(c) 视频

图3 云课堂平台

4 按学生类型进行工程制图国际化教学模式的设计

针对留学生班级,采用全英文教学。而针对中文班级(包含部分留学生),通过全英文教学实践发现,学生对全英文授课不如部分章节进行英文授课接受效果好。因此,在交叉渗透型双语教学模式的基础上,结合该校具体情况,建立工程制图线上、线下“渐进式”双语教学模式。全部教学内容被分为“甲类”和“乙类”,每一类又被分为线上学习和线下学习两部分,①线上:教学资源。课件、习题答案、电子教案等;教学活动资源。视频、试题、讨论等。②线下:课件、板书、授课语言、习题册(中文)、教材(英文自编)等。

(1)“甲类”。首次接触的新知识,每章开始一

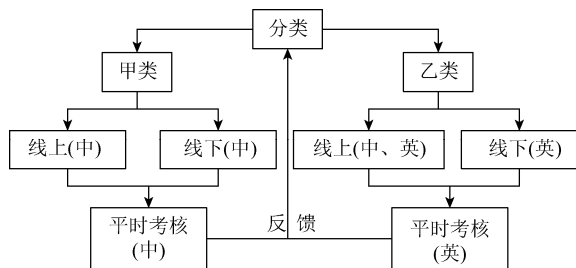


图4 工程制图双语教学内容分类

节或两节和较难的部分,如投影变换、轴测图等,技术要求部分因为专业词汇较多,因此线下学习时除了教材选用全英文自编教材外,其他全部采用中文(图4)。同时,列出关键词汇的英文名称,供学生们为下节课做准备。

(2)“乙类”。除了“甲类”外,如图4所示,线上部分教学资源和视频提供中、英文两种版本,线下除了习题册用中文,其他线上、线下均采用英文。

图4中“甲类”平时考核采用中文,“乙类”平时考核采用英文,期末考试也采用英文,平时考核的结果反馈给甲乙的分类,如果考核不理想,可以增加中文比例。总体来看,从绪论到最后一章,英文比例越来越高,中文的比例逐渐减少,其后的两章全部全英文授课,图5为英文授课章节比例。

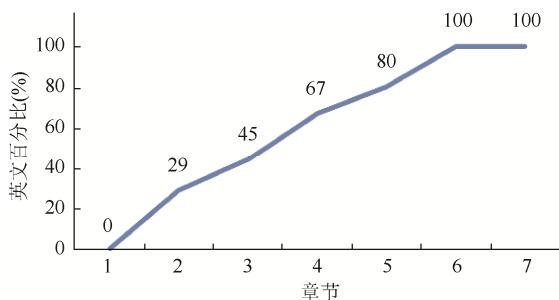


图5 章节授课语言英文比例

5 基于云课堂平台的线上、线下混合式教学方案设计

5.1 基于云课堂平台的线上、线下混合式课堂教学方法设计

针对不同的学习内容,为了达到培养目标,分别设计中文教学方法(视频、讲解、文献、课件;习题、测绘、线上自测、教师批阅;PK-个人、PK-组、教师点评、组内互评、翻转)和英文教学方法(Video、Teaching、literature、PPT; Exercises、Mapping、Test-online、Mark; PK-P、PK-G、Teacher-E、Group-ME、Flipped)。

(1)制图规范。其内容的特点是知识点松散,各部分联系性不强,趣味性差,需要熟练记忆。针对该特点,主要教学方法为:

①课堂“讲解”和课堂、习题课抢答。抢答分为“PK-组”和“PK-个人”(图6),课堂主要采用“PK-个人”,习题课主要采用“PK-组”。“PK-

个人”,需要教师根据所授内容准备好问题,上传云课堂,在上课的过程中,分步骤开放问题,学生在线抢答。“PK-组”,需要教师在一章内容结束后,布置小组任务,让各小组针对本章内容,在课外查阅资料准备一定数量问题,习题课中,教师组织各小组挑选其他小组PK,决定小组成绩。小组成绩和个人成绩计入期末总成绩。此种方式可让学生听课有动力,且积极参与互动。

②“线上自测”(图7),选择题测试。需要教师课前通过云课堂试题库和自测部分,准备好本章相关自测题,学生习题课完成自测,成绩计入期末总成绩。

(2)投影基础、构型设计。其内容比较常规,学生需要完成习题册练习题。特点是:知识点连贯,系统性较强,目标明确,主要锻炼学生的读图、绘图技能和空间思维能力,针对该特点,主要教学方法为:

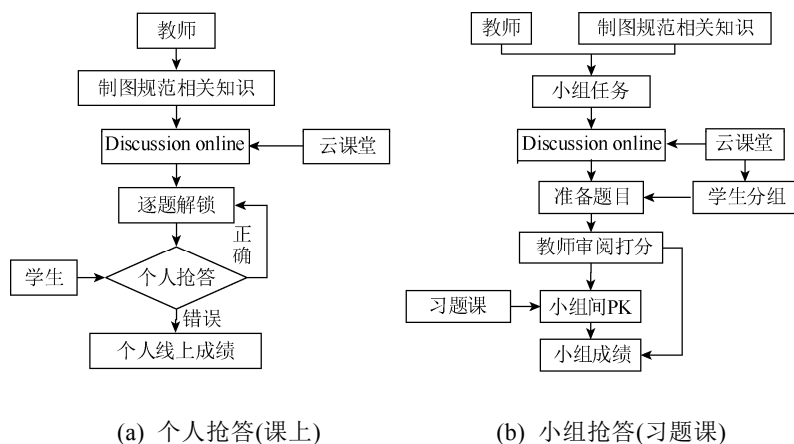


图6 课堂讲解和课堂、习题课抢答

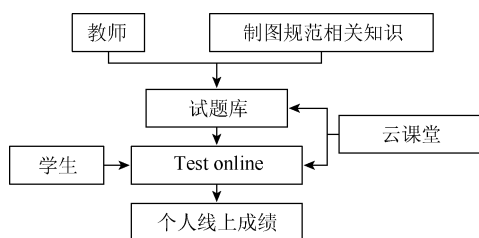


图7 线上自测

① 课堂“讲解”，该部分内容的课堂讲解

过程，是充分利用 PPT 的三维模型、木模锻炼学生的三维空间思维能力，并选择典型习题进行师生同步板书画图，讲解标准绘图步骤和技能。

②“习题”，习题册完成的两种方案，如图 8 所示。

③“线上自测”，选择题测试。该部分选择题以立体模型和三视图之间的匹配为主，尤其是相贯线部分的知识，以选择题为主。

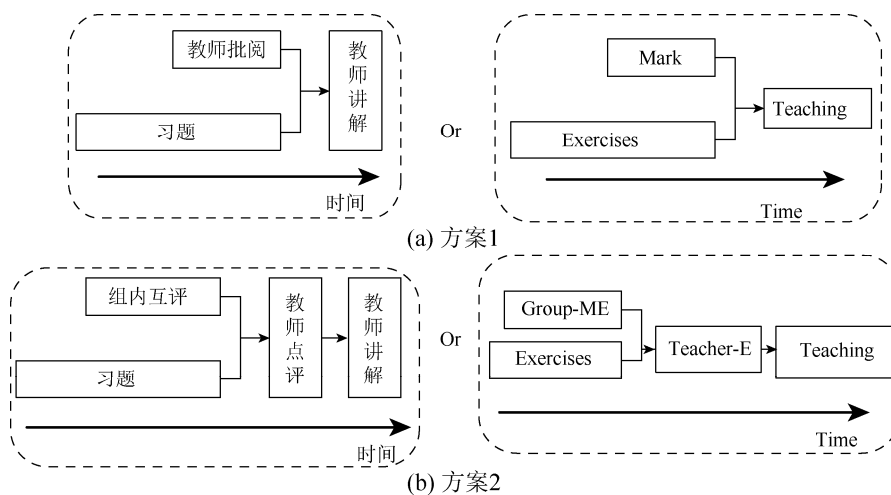


图8 习题课“习题”完成方式

(3) 表达方法。其内容除了知识点连贯，系统性较强，目标明确，主要锻炼学生的读图、绘图技能和空间思维能力外，还有与实际工程相关性较强的特点，因此，主要教学方法除了课堂讲解、

习题册作业、线上自测外，还有：

① 模型“测绘”，习题课每个小组选择一个模型，利用课堂知识，合作完成模型图纸绘制；教师给出小组成绩和个人成绩，测绘步骤同图 8(b)。

②“翻转”，针对专业特点，每小组选择本专业相关机械零件，分工合作，进行测绘，说明该零件表达特点和所需技术要求。如讲解表达方法时采用翻转，需要提前一次习题课进行翻转准备(图9)，因为此处为第一次接触翻转，所以用中文讲解翻转内容和翻转注意事项，留出足够多的习题课时间给学生准备翻转，先组内分工，后小组选出代表进行英文讲解，再小组间互评和老师点评。这种方法可以在学习专业知识的同时锻炼专业英语能力。

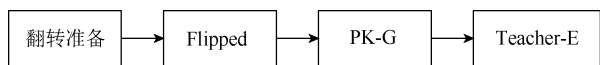


图9 表达方法翻转步骤

(4) 绘图技能。其内容贯穿整个课堂，学生需要耐心细致，每个细节均遵循国家标准，教师需要把标准讲到位，在平时的习题册和测绘作业中，教师对不满足要求的作业提出修改意见。

(5) 关于双语教学的专业词汇。每次两节课课堂结束前 5 min，留出“词汇 5 min”的时间，PPT 和云课堂同时提供学生下次课需要用到的关键词的中英文词汇，以备学生预习，准备下次的全英文教学或线上自测英文答题。

教学包含正课和习题课，充分利用以上教学方法，表3为教学对象中文班级(包含部分留学生)时，第1~3次课的基于云课堂平台的线上、线下混合式课堂教学设计。

表3 基于云课堂平台的线上、线下混合式课堂进程表

课次*	正课							习题课					
	50 min		10 min		50 min		20 min	50 min		10 min	50 min		
1	讲解 (30 min)	视频 (20 min)	音乐	讲解 (20 min)	PK-个人 (25 min)	词汇 (5 min)	专业相 关视频	资料 (15 min)	线上自测 (15 min)	习题 (20 min)	英文动 画短片 (10 min)	组内互评 (30 min)	教师点评 (10 min)
2	讲解 (40 min)	PK-个人 (10 min)	音乐	讲解 (25 min)	视频 (20 min)	词汇 (5 min)	专业相 关视频	习题 (50 min)		英文动 画短片 (20 min)	组内互评 (20 min)	教师点评 (10 min)	线上自测 (20 min)
3	Teaching (40 min)	Exercises (10 min)	音乐	PPT (15 min)	Video (25 min)	词汇 (5 min)	专业相 关视频	Exercise (50 min)		英文动 画短片 (20 min)	Group-ME (20 min)	Teacher-E (10 min)	Test-online (20 min)

(*1: 投影法的基本知识; 2: 点的投影; 3: 直线的投影)

5.2 基于云课堂平台的线上、线下混合式全过程多方位质量监管体系

在整门课程的学习过程中，为了更好地掌握教学效果，需要设计一整套结合学生学习整个过程的线上、线下多方位考核手段，如图10所示(结合图6、7)，其中在线测试、线上个人抢答、作业范本、习题册等和期末考试考查学生对基础理论知识掌握程度，而在分组测绘、分组抢答、小组翻转讲课时考查学生的国际交流能力和实践能力。个人总成绩包含个人平时和期末成绩，个人平时成绩包含个人线上成绩、个人作业成绩、个人小组成绩，个人线上成绩主要来源于云课堂的test online、discussion online 线上个人抢答和作业范本评比，个人作业主要是习题课上同学们的习题册作业分数和测绘模型的成绩两部分，而个人小组成绩主要来源于模型分组测绘、分组抢答、小组讲课。期末考试形式，也考虑区别以往的画

图题单一模式，增加选择题、填空题等形式，如相贯线等难点部分，通过选择题，考察学生的空间思维即可。

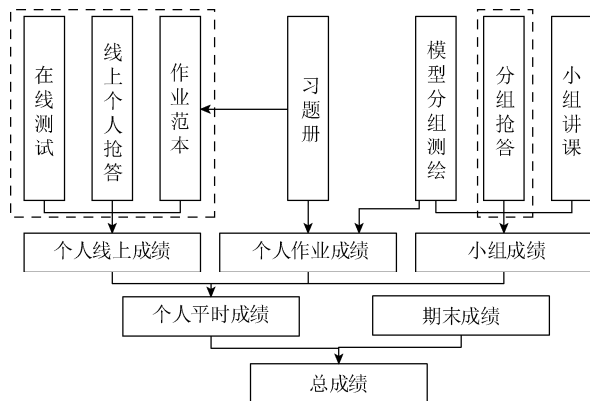


图10 线上、线下多方位考核体系

6 教学改革实践效果及仍待解决的问题

新的工程制图教学内容和教学方案已在中国石油大学(华东)国际教育学院留学生英文班经历了两轮完整的实践, 并对课程内容、三维教学比例、考核方式, 教学方法设计等进行了不断的调整和完善。学生经过本课程的学习, 在掌握工程制图基本理论知识的前提上, 熟练掌握了三维建模技术和国际标准, 实现了国际化教学目标。

该国际化教学体系目前存在的问题是, 受到学时的限制, 针对各个专业的专业制图标准和专业图纸绘制、阅读设计的深度不够, 对MBD的认知和应用还只停留在三维标注上, 还需要进一步的学习和研究。这些问题需要通过进一步的教学内容的调整和教学模式改革来解决。

7 结束语

如何在提高中文学生解决国际化工程问题能力的同时, 提高留学生工程制图教学质量, 本教学体系顺应数字模型定义应用日趋成熟的趋势,

改变工程制图课程教学内容, 通过充分利用二维图形和三维形体之间的关系使学生掌握工程制图基础理论, 掌握最新国际制图标准, 增强学生的国际交流能力和实践能力, 并通过线上、线下混合式教学设计以期使得这一过程变得丰富而有趣。

参考文献

- [1] 王焰新. “一带一路”战略引领高等教育国际化[N]. 光明日报, 2015-05-26(13).
- [2] 朱福熙. 祝贺《工程图学学报》的出版[J]. 工程图学学报, 1980, 1(1): 1-2.
- [3] 陈平, 刘朔昀, 许倩. 以学生为主导的工程制图双语教学模式设计与实践[J]. 图学学报, 2017, 38(2): 283-288.
- [4] 邓云飞, 张涛, 张晓帆, 等. 航天三维MBD设计现状及展望[J]. 中国航天, 2017(3): 24-27.
- [5] 谢剑, 李正强, 黄帅, 等. 浅析大飞机数字化设计与制造技术[J]. 航空制造技术, 2016, 59(5): 87-92.
- [6] 王运巧, 刘静华. 全面整合三维CAD技术的工程图学国际化教学改革实践[J]. 大学教育, 2017(3): 20-23.
- [7] 张宗波, 王珉, 吴宝贵, 等. “线上+线下融合式”工程图学课程建设与教学实践[J]. 图学学报, 2016, 37(5): 718-725.