

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2020.01.011

欢迎按以下格式引用:徐伟杰,徐明,郭彤,等.“金课”背景下土木类虚拟仿真实验教学发展趋势——基于2018年国家虚拟仿真实验教学项目共享平台公示数据[J].高等建筑教育,2020,29(1):74-85.

“金课”背景下土木类虚拟 仿真实验教学发展趋势 ——基于2018年国家虚拟仿真实验 教学项目共享平台公示数据

徐伟杰,徐明,郭彤,宗周红,刘艳

(东南大学土木工程学院,江苏南京 210096)

摘要:土木工程是一门具有较强实践性的课程,然而土木工程实验具有成本高、周期性长、危险性大的特点,大规模的实体教学实验受限于设备、场地、资金等无法实现。随着计算机仿真技术的不断进步,基于数值模拟技术的土木工程虚拟仿真手段在工程实践应用和科学研究中发挥着越来越重要的作用,通过虚拟仿真实验弥补课堂教学和实体实验的不足,成为土木工程专业教学的发展趋势。国家虚拟仿真实验教学项目集合了国内最先进的虚拟仿真教学项目,代表虚拟仿真教学的发展方向,是国家级“金课”的重要组成部分,具有指导意义。基于2018年国家虚拟仿真实验教学项目共享平台公示数据,对土木类虚拟仿真项目的学校、负责人和项目类型进行归类,分析公示中虚拟仿真项目的特点,指明土木类虚拟仿真实验教学项目的发展趋势,为后续土木类虚拟仿真实验教学项目建设提供参考。

关键词:土木工程;虚拟仿真;实验教学;金课

中图分类号:G642.423;TU-4 **文献标志码:**A **文章编号:**1005-2909(2020)01-0074-12

根据《教育部办公厅关于2017—2020年开展示范性虚拟仿真实验教学项目建设的通知》(教高厅〔2017〕4号),教育部到2020年认定1000项左右示范性虚拟仿真实验教学项目,目的是将实验教学信息化作为高等教育系统性变革的内生变量,以高质量实验教学助推教学质量,助力高等教育强国建设^[1]。显然,国家虚拟仿真实验教学项目集合了国内最先进的虚拟仿真教学项目,代表虚拟仿真教学的发展方向。随着“金课”概念的提出,国家虚拟仿真实验教学项目被认为是国家级“金课”之一,对实

修回日期:2019-12-03

基金项目:东南大学教学改革研究与实践项目(2019-032)

作者简介:徐伟杰(1990—),男,东南大学土木工程学院实验中心主任助理,工程师,博士,主要从事实验室管理、混合实验技术研究,(E-mail)103008876@seu.edu.cn。

验教学起到重要的指导作用。土木类国家虚拟仿真实验教学项目共20项,2018年和2019年各认定10项。国家虚拟仿真实验教学项目共享平台于2018年11月10日至12月10日进行公示,其中土木类第一批50项虚拟仿真项目。基于2018年国家虚拟仿真实验教学项目共享平台公示数据,对土木类虚拟仿真项目的学校、负责人和项目类型进行归类,分析公示中虚拟仿真项目的特点,指明土木类虚拟仿真实验教学项目的发展趋势,为后续土木类虚拟仿真实验教学项目建设提供参考。

一、土木类虚拟仿真实验教学项目建设意义

作为传统工科,土木工程专业实验教学具有空间体量大、施工周期长、工程参与方多、危险性高和难度大的特点。此外,土木工程实验还需要加载设备、数据采集设备等,不仅对学生的专业性提出了较高的要求,也提高了实验成本^[2]。虚拟仿真实验采用计算机仿真技术模拟真实实验,学生在虚拟环境中训练,可以重复实验、随时实验、随地实验,有效解决土木工程实验“高成本、高风险和高周期”的问题,是土木工程实验教学的重要发展方向^[3-7]。

随着科技的进步,土木工程技术更新逐渐加快,由此也诞生了一大批国家重大工程项目,如三峡工程、南水北调工程、港珠澳大桥、青藏铁路等。虚拟仿真实验项目可以搭建学生和先进技术及重大工程实践之间的桥梁,实现实验教学与前沿技术及工程实践无缝对接,为土木工程专业人才培养提供了重要支撑。国家虚拟仿真实验教学项目作为国家“金课”的重要组成部分,对公示项目的特点分析有助于今后土木类虚拟仿真教学项目的建设。

二、2018年国家虚拟仿真实验教学项目总体情况

(一)2017年虚拟仿真实验认定情况

2017年国家虚拟仿真项目第一次认定,涉及生物科学、临床医学等8大学科,有303个虚拟仿真实验教学项目申报,105个国家虚拟仿真实验教学项目获批,获批数超过计划数的5%。其中,各学科认定数与计划数如表1所示。

表1 2017年虚拟仿真实验认定情况

学科	计划数	认定数
生物科学	15	15
机械	15	14
电子信息	10	14
化工与制药	10	12
交通运输	5	7
核工程	10	8
临床医学	25	25
药学	10	10

从表1可知,2017年电子信息类和交通运输类认定数超过计划数的40%,以上两类项目在后续评审中竞争更加激烈。同样,化工与制药类认定数超过计划数的20%,后续评审难度加大,而核工程认定数仅达计划数的80%,为后续项目评审提供了较大空间。尽管在2017年的评审中并不包含土木类虚拟仿真项目,但在大土木框架下,交通运输类与土木类存在较大重合度,其数据可为土木类虚拟仿真实验提供参考。

(二) 2018年虚拟仿真实验申报总体情况

2018年为国家虚拟仿真项目第二次认定,也是土木类虚拟仿真项目的第一次认定。2018年度开展认定的学科分类涉及23个类别,认定计划为260个。与原计划相比,新闻传播学从文学类中剥离,赋予10个认定数,并从2019—2020年提前至2018年,其他类别虚拟仿真项目与原计划相同。

2018年申报总项目766项,总体计划数与认定数比例仍维持在3:1左右,由于限额申报,学校层面、省教育厅层面层层筛选,766个项目从上千个项目的激烈竞争中脱颖而出,具有较高的指导价值。各类别申报数与计划数的比例(报计比)如图1所示。从图1可以发现,机械类和化工制药类报计比均超过7,是2018年竞争最激烈的两组,这两个类别的虚拟仿真项目均为第二年申报。而植物类、中医类、航空航天类和动物类的报计比均小于1.5,竞争相对较小,尤其是植物类,报计比为1。以上四类虚拟仿真项目均为第一次申报。显然,第二次认定虚拟仿真项目的竞争程度远大于第一次认定的项目。

对于土木工程专业而言,土木类报计比为5,在23个项目中排名第6,在2018年第一次申报的类别中排名第3,仅次于心理学类和护理学类,属于竞争相对激烈的类别。可以预见,在2019年的申报中,土木类虚拟仿真的竞争将更加激烈。另外,从大土木的角度来讲,测绘、地质、环境科学与工程、交通运输类与土木类均有一定的重合。除了交通运输类之外,其他3个类别报计比均不大于整体的报计比。

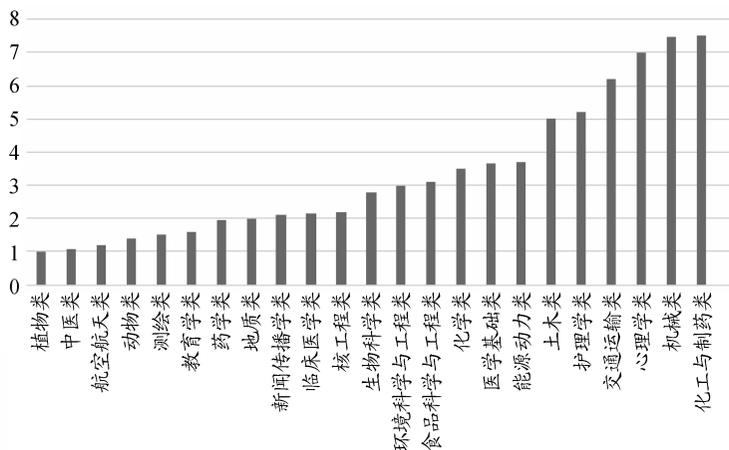


图1 2018年不同类别虚拟仿真实验申报数与计划数的比值

三、土木类公示项目学校特点

由于国家级虚拟仿真认定的方式是从学校、省和国家3个层面认定,土木类虚拟仿真项目首先要在学校层面与其他类别虚拟仿真项目进行评比,再与省内所有专业的虚拟仿真项目评比。因此,文章主要分析土木类公示项目所属学校的地理位置、是否具有国家级虚拟仿真实验教学中心以及学科评估排名情况。2018年土木类国家虚拟仿真实验项目分布在49所高校,除西南交通大学有2项外,其他高校均为1项。

(一) 学校的地域分布

50个土木类虚拟仿真项目分布在24个省(直辖市),其中四川省申报的土木类虚拟仿真数量最多,占总数的10%。湖南省、安徽省、河北省、河南省、江苏省和云南省申报的土木类虚拟仿真都在3

个及3个以上,如图2(a)所示。从地域上来看,土木类虚拟仿真项目主要集中在华东、西南和华中,如图2(b)所示。考虑到每个区域的省份数量(不含港澳台),华中地区每省申报数量最多,平均每省申报3项,而西北地区每省申报数量最少,平均每省申报0.8项。

不同区域的申报数量在一定程度上显示了该地区虚拟仿真技术的土木工程教学应用程度。此外,国家级虚拟仿真项目的申报是限额的,当某个类别虚拟仿真项目申报数量较多时,该省其他类别的虚拟仿真申报数量就会相应减少。因此,在土木类虚拟仿真项目申报数量较多的区域,虚拟仿真技术在土木工程中的应用程度或土木工程专业在高校的地位相对较高,在申报国家级虚拟仿真项目时可以得到较多的支持。

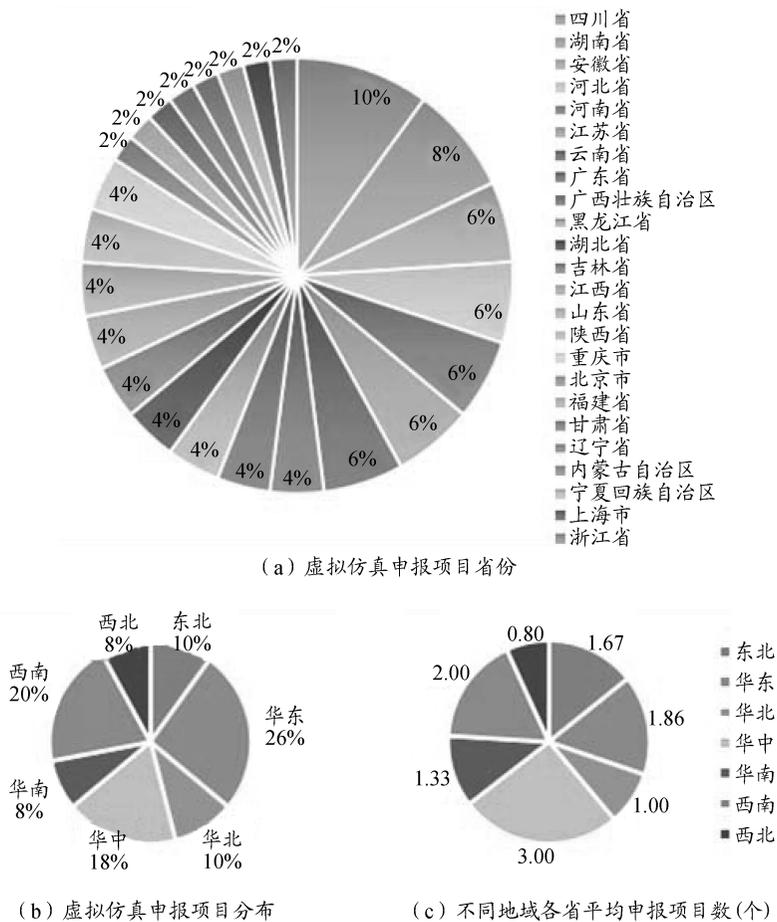


图2 土木类虚拟仿真申报项目地域分布

(二) 国家级虚拟仿真实验教学中心

教育部在2014年和2015年共批准了200个国家级虚拟仿真实验教学中心,其在国家虚拟仿真实验教学项目的表现值得关注。土木工程国家级虚拟仿真实验教学中心主要包括东南大学、同济大学、福建工程学院、中南大学、西南交通大学、西安建筑科技大学6所。由于在国家虚拟仿真项目中没有工程管理类,山东建筑大学的建筑工程管理虚拟仿真实验教学中心也可划归为土木工程专业的国家级虚拟仿真实验教学中心。在上述7所高校中,除福建工程学院外,其他高校均至少申报1项土木类国家级虚拟仿真实验项目,占总申报数量的14%。其中,西南交通大学申报的土木类国家级虚拟仿真教学项目数量最多。

此外,哈尔滨工业大学和长沙理工大学分别依托建筑虚拟仿真实验教学中心和公路交通虚拟仿真实验教学中心申报了土木类虚拟仿真实验项目。尽管国家虚拟仿真实验教学项目将土木类与建筑类、交通运输类、水利类并列,但土建类的虚拟仿真项目在很大程度上存在交集。

总体来看,具备国家级虚拟仿真实验教学中心的高校在申报国家级土木类虚拟仿真实验项目时较为积极,申报比例较高。但考虑到国家级虚拟仿真实验教学中心的数量有限,其申报项目在土木类总申报项目中占少数。

(三) 学科排名

由于虚拟仿真项目主要用于教学,本次学科排名参照2017年教育部教学评估的结果,如表2所示。从表2可以发现,参加2017年土木工程专业教学评估高校申报数量略高于未参加教学评估高校。从申报数量上看,评估结果为C+和B-的高校申报数量最多,而从申报比例上看,评估结果为A+的高校申报率达到100%,而评估结果为A的高校申报率为50%。显然,教学评估结果排名越高,申报虚拟仿真项目的比例越大。较高的教学评估排名意味该校的土木工程学科在学校层面甚至省级层面上与其他专业相比可获得更多的资源,从而更易获得学校和省里的推荐。此外,通过表2还可以发现,土木类虚拟仿真项目并没有完全被教学评估前列的学校占据,即便是未参评的高校同样有机会进入国家虚拟仿真项目评选。

表2 学科评估结果与申报高校数量

评估结果	申报高校数	比例/%
A+	2	100
A	2	50
A-	3	43
B+	3	23
B	3	21
B-	4	31
C+	6	43
C	1	7
C-	2	14
未参评	23	

(四) 土木类一流学科高校表现

国务院2015年11月印发了《统筹推进世界一流大学和一流学科建设总体方案》,为建成高等教育强国明确了任务路径。在一流学科建设过程中,培养拔尖创新人才是具体目标之一。虚拟仿真技术作为一种新教学手段,具有土木工程一流学科的高校在国家级虚拟仿真项目评审中的表现值得关注。入选土木工程一流学科建设的高校有清华大学、同济大学、哈尔滨工业大学、东南大学、上海交通大学、重庆大学(自定)、北京工业大学(自定)和广西大学(自定)。上述8所高校中,除清华大学和上海交通大学外,其他学校均有项目申报,申报率为75%。其中,自定为一流学科的3所高校均参与了国家级虚拟仿真项目的申报。显然,具有土木工程一流学科的高校在申报国家级虚拟仿真项目时具有较高的积极性,同时也更能获得各个层面的支持。

综上,具有土木工程国家级虚拟仿真实验教学中心、土木工程一流学科和在土木工程专业教学评估表现突出的高校申报土木类国家级虚拟仿真实验项目意愿更加强烈,也更容易获得推荐。但考虑到学科和地域等方面的平衡因素,土木类国家级虚拟仿真实验项目也对其他类型的高校提供了展示舞台。因此,土木类虚拟仿真项目的发展不能仅靠几个学校的投入,还要充分发挥全国土木类各高校自身的特色,才能完全发挥虚拟仿真项目的优势。

四、公示项目负责人特点

土木类虚拟仿真实验项目开发是一个非常复杂的过程,土木工程专业人员虽然具备专业知识,但往往不具备程序开发能力,而软件制作公司具备程序开发能力,但并不具备专业知识。因此,土木类虚拟仿真实验项目的开发必须要有一个强大、专业、沟通顺畅的团队,仅靠个人努力无法制作出优秀的虚拟仿真实验项目。其中,项目负责人则是制作团队的核心。针对公示的土木类国家虚拟仿真实验项目负责人学历、职称和职务进行分析,为后续土木类虚拟仿真实验项目提供参考。

公示中的土木类虚拟仿真项目负责人学历和职称如图3所示。在50个项目中,负责人学历为本科的只有1人,占总项目的2%,硕士仅6人,占总项目的12%,剩下43个项目负责人均为博士,占总人数的86%,表明土木类国家虚拟仿真项目的负责人均具备较高的学历。同样,在50个项目中,负责人为讲师的仅有3人,副教授7人,分别占总项目的6%和14%,而负责人为教授的有40项,占总项目的80%,表明土木类国家虚拟仿真项目的负责人均具备较高的职称。

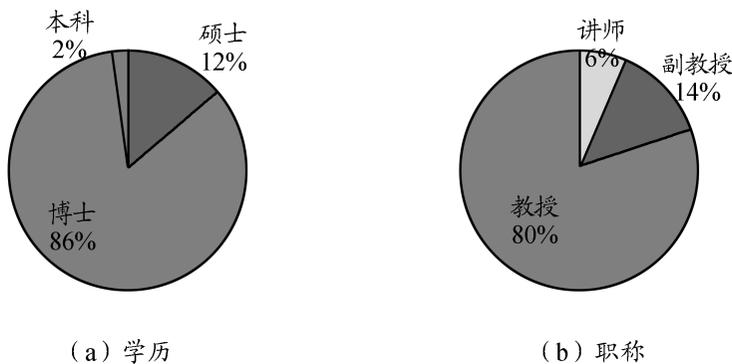


图3 虚拟仿真项目负责人的学历和职称

综合负责人的学历和职称来看,土木类的虚拟仿真项目对项目负责人的专业能力提出了较高的要求。由于虚拟仿真实验为实验教学服务,项目负责人必须具备较强的专业素质,否则无法胜任虚拟仿真项目的开发工作。

五、土木类虚拟仿真公示项目专业特点

国家虚拟仿真实验教学项目共享平台将土木类虚拟仿真项目分为土木工程、建筑环境与能源应用工程、建筑电气与智能化、城市地下空间工程、道路桥梁与渡河工程、铁道工程、智能建造、给排水科学与工程8个专业。显然除了土木工程和智能建造3个专业,其他专业与交通运输、建筑类、环境工程类和水利类有密切联系,体现了国家虚拟仿真实验教学项目共享平台对土木类虚拟仿真项目的定位并非是传统的工民建,而是多学科交叉的大土木学科。因此,分析土木类虚拟仿真的专业特点,可为今后土木类虚拟仿真建设的内容提供指导。

(一) 土木类虚拟仿真项目专业分布

在 2018 年土木类虚拟仿真项目申报中,除铁道工程和给排水科学与工程外,其他 6 个专业均有申报,具体分布如图 4 所示。通过图 4 可以发现,2018 年土木类虚拟仿真项目以土木工程专业为主,共 40 项,占比 80%。而建筑环境与能源应用工程等 5 个专业合计 10 项,占比 20%。显然,土木类虚拟仿真项目还集中在传统的土木工程专业。然而,这仅仅是纸面上的数据,实际上部分土木工程专业的的项目归属于城市地下空间工程和道路桥梁与渡河工程专业,导致土木工程专业项目过于臃肿。此外,“VR 技术在空间设计课程教学中的应用”项目更偏向于建筑类而非土木工程类,考虑到 2018 年并未开始建筑类虚拟仿真项目申报,将其暂归于土木工程专业。

由于铁道工程专业更偏向于交通类,在 2018 年的申报中与铁路相关的项目均在交通运输类申报,如北京交通大学的高速铁路网行车组织全过程管控一体化虚拟仿真实验和兰州交通大学的铁路接触网结构认知与维护巡检虚拟仿真。而给排水科学与工程与环境科学工程更为接近,在 2018 年的申报中与水处理相关的项目均在环境科学工程申报,如石河子大学的虚拟水质监测与污水处理实验和黑龙江科技大学的矿井水处理三维虚拟仿真系统。有一个特例是云南农业大学的“装配式智能建造”虚拟仿真实验教学项目,该项目是一个典型的土木类虚拟仿真项目,却归类于交通运输类。

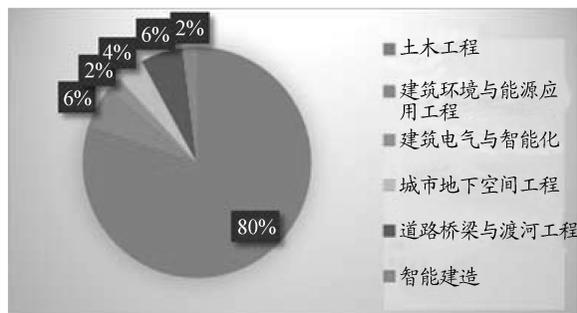


图 4 土木类虚拟仿真项目专业分布

2018 年交通运输类虚拟仿真项目报计比高于土木类,因此,在不考虑内容的情况下,铁道工程虚拟仿真实验在土木类出线的可能性更高。考虑到交通运输类 2018 年为最后一次申报,在 2019 年虚拟仿真项目中,与交通运输相关的虚拟仿真项目必然会转移到土木类申报,将加剧土木类虚拟仿真项目的竞争压力。而尽管环境科学与工程类虚拟仿真项目报计比要低于土木工程,在不考虑内容情况下出线概率大于土木类虚拟仿真项目。

(二) 土木工程专业虚拟仿真项目

广义的土木工程专业包含结构工程、桥梁工程、地下工程等内容,考虑到国家虚拟仿真实验教学项目共享平台已将土木类虚拟仿真划分为 8 个专业,其中的土木工程专业为狭义的土木工程,即结构工程专业。因此,首先将土木工程专业的虚拟仿真项目重新分类,其中不属于本专业的的项目如表 3 所示。

除去表 3 中的 9 个项目,剩下 31 个项目根据内容可以分为建筑结构虚拟仿真、土木工程施工虚拟仿真和其他三类,如图 5 所示。建筑结构虚拟仿真包括构件或结构在不同荷载作用下(地震、风和爆炸等)的虚拟仿真,侧重构件和结构的力学性能和破坏模式,具有较强的理论性,如钢筋混凝土梁受弯性能虚拟仿真实验及模拟等项目。由于建筑结构是结构工程专业的核心内容,构件和结构在外荷载作用下的虚拟仿真项目可与课堂教学密切结合,夯实学生的专业基础。该类型的虚拟仿

真实验主要针对工程结构设计原理、建筑结构抗震与防灾、结构力学、土力学等专业课程,共计20项,具体分布如图6所示。显然,工程结构设计原理和建筑结构抗震与防灾是建筑结构虚拟仿真的核心,共计12项,占总项目的60%。出现这种情况,一方面说明建筑结构设计原理和建筑结构抗震与防灾在土木工程专业中的核心地位,另一方面也说明土木类虚拟仿真项目存在重复建设的问题。

表3 土木工程专业项目中属于其他专业类别的项目

专业	项目
城市地下空间工程	高原地区地铁站明挖法施工三维虚拟仿真实验 垃圾土室内沉降虚拟仿真实验 煤矿立井施工技术虚拟仿真实验 盾构隧道结构与施工综合仿真实验 地铁车站施工虚拟仿真实验 泥浆护壁钻孔灌注桩成孔3D仿真实习
道路桥梁与渡河工程	道路桥梁工程实训虚拟仿真实验 山区高墩大跨桥梁挂篮施工技术 悬索桥数字化风洞虚拟仿真实验

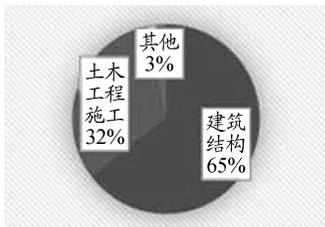


图5 土木工程专业虚拟仿真项目类型



图6 建筑结构虚拟仿真项目类型

土木工程施工虚拟仿真主要内容为建筑结构的施工过程,尽管表3中部分项目也可认为是施工的一部分,但其内容已远远超出结构工程专业学生对施工的掌握程度,因此应归于城市地下空间工程和道路桥梁与渡河工程专业。此外,土木工程施工与智能建造的界限较为模糊,在这里不详细区分,而是按照申报类别分类。土木工程施工虚拟仿真共10项,类型如图7所示,其核心是预制装配式施工方法,占总项目的50%。由此可知,装配式结构是目前土木工程发展的热点和重要方向。

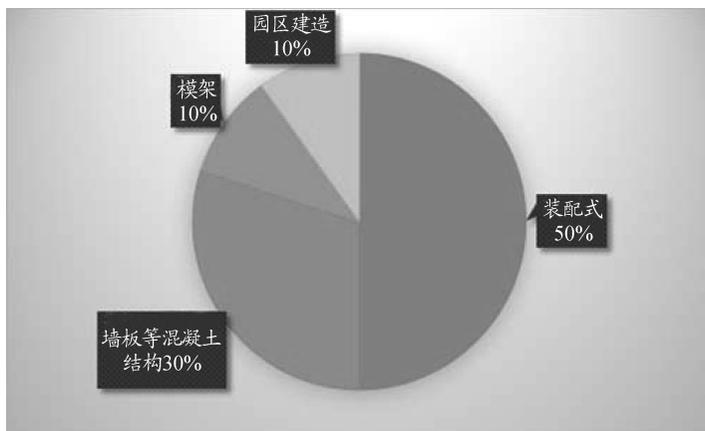


图7 土木工程施工虚拟仿真类型

(三) 其他专业虚拟仿真项目

相对于土木工程专业虚拟仿真,其他专业的虚拟仿真数量较少。按照项目与其他类别的关系分为两类:第一类是桥梁地下及建造,包括城市地下空间工程、道路桥梁与渡河工程和智能建造中

的6个项目及表3中的9个项目,合计15个,该类项目与交通运输类有较大的重合度;第二类项目为建筑环境与能源应用工程和建筑电气与智能化的4个项目,该类项目与建筑类和环境工程类有较大重合。

第一类虚拟仿真项目主要包括桥梁施工、地下工程施工、智能施工、地下环境和道桥监测与实训5方面的内容,如图8所示。施工是该类项目的核心内容,共9项,约占总项目的60%。

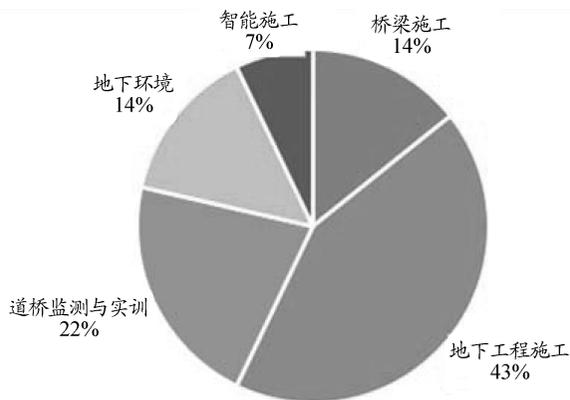


图8 桥梁地下及建造虚拟仿真类型

第二类虚拟仿真项目主要包括城市设计和暖通设备两方面的内容,其中城市设计虚拟仿真1项,暖通设备虚拟仿真3项。

六、土木类虚拟仿真公示项目性质类型

虚拟仿真实验的目的是让学生掌握知识,土木类虚拟仿真实验必须要符合土木工程专业教学大纲的要求。根据土木类虚拟仿真实验项目与土木工程专业本科教学大纲之间的关系,将实验分为基础型、提高型、拓展型和综合型。其中,基础型实验是教学大纲有明确要求且能开展实体实验的虚拟仿真实验,共7项,提高型实验为大纲有明确要求但无法开展实体实验的虚拟仿真实验或大纲虽无明确要求但土木工程专业学生应了解的虚拟仿真实验,共26项,拓展型实验为大纲没有明确要求且相关知识掌握程度对学生影响不大的虚拟仿真实验,共13项,综合型实验为涉及多门课程的综合型实验,共4项,如图9所示。

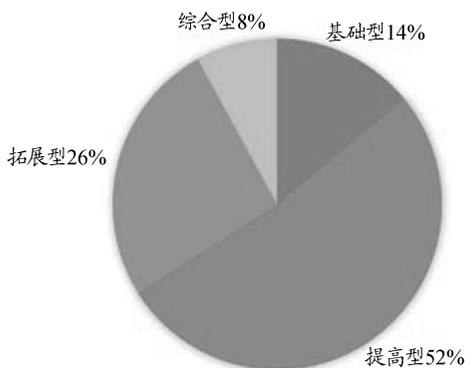


图9 土木类虚拟仿真公示项目性质类型

(一) 基础型虚拟仿真实验

土木工程实体实验的特点是周期长、体量大,且具有一定的危险性。即便能开展实体实验的项

目,往往也仅针对某一个工况,并不能反映综合状况。因此,基础型虚拟仿真实验可有效弥补实体教学实验的不足,从而实现“虚实结合”。典型基础型虚拟仿真实验有简支钢桁架静载非破坏性虚拟仿真实验和钢筋混凝土简支梁受弯破坏全过程虚拟仿真实验等。

由于基础型虚拟仿真实验是所有土木专业学生必须要进行的实验,其应用范围广泛。相对于其他类型实验,基础型虚拟仿真实验需要的设备简单、操作方便。目前实验室能开设的基础型虚拟仿真实验主要包括混凝土梁、柱承载力实验,总数量有限。由于基础型虚拟仿真实验应用范围广、门槛低、数量有限,存在极其严重的重复建设问题。其中,7项基础型虚拟仿真实验中有6项是关于混凝土承载力的。显然,扣除重复数目,基础型虚拟仿真实验项目有效数仅为2个,在总的实验项目中占比较少。

(二) 提高型虚拟仿真实验

虚拟仿真项目的另一个特点是“能实不虚”,即能进行实体实验的不需要或没必要进行虚拟仿真实验,因此,虚拟仿真实验的对象往往是高危、高消耗、高周期的实验。此外,虚拟仿真实验应满足教学大纲需求,让学生掌握或了解相应的知识点。提高型虚拟仿真实验同时具备上述两种特点,典型的实验包括钢筋混凝土墩柱抗爆虚拟仿真实验和大型建筑结构风洞仿真实验等。

与基础型虚拟仿真实验相比,提高型虚拟仿真实验具有门槛高、专业性强、实现难度大的特点。为达到教学目的,提高型虚拟仿真实验通常基于若干个大型(高危、高消耗、高周期)实验,并在实验基础上采用数值模拟搭建完整的数据库。提高型虚拟仿真实验将大纲范围内很难或无法进行的实体实验采用虚拟方式展现,完全契合虚拟仿真实验的目的和意义,是今后土木类虚拟仿真项目的发展方向。

(三) 拓展型虚拟仿真实验

拓展型虚拟仿真实验与提高型虚拟仿真实验类似,都是针对实体实验无法或很难开展的情况,区别在于拓展型虚拟仿真实验介绍的相关知识对学生从事专业活动影响不大,典型的实验包括城市设计实景环境建模虚拟仿真实验和暖通空调系统综合虚拟仿真实验等。

大部分土木类拓展型虚拟仿真实验都有两种属性,即土木工程专业的拓展类实验和其他专业的提高型虚拟仿真实验。以城市设计实景环境建模虚拟仿真实验和暖通空调系统综合虚拟仿真实验为例,土木工程专业的学生显然不需要掌握城市设计和暖通空调系统的相关知识,但对于建筑规划专业和建筑环境专业,上述知识点是必须要掌握的。同样,土木工程专业的提高型虚拟仿真实验,如钢筋混凝土墩柱抗爆虚拟仿真实验和大型建筑结构风洞仿真实验,对建筑规划和建筑环境等专业而言则是拓展类虚拟仿真实验项目。

(四) 综合型虚拟仿真实验

综合型虚拟仿真实验是指涉及多个知识点或多门课程的综合型实验,该类型的实验兼具基础型、提高型和拓展型的特点,打破课程间的限制,使学生更加全面掌握相关知识,同样符合虚拟仿真目的和意义。典型的实验包括轻型钢木结构多学科开放式虚拟仿真实验和单层工业厂房施工技术虚拟仿真实验等。然而由于此类项目需要多学科配合,制作难度大,数量有限,应在今后的建设中重点支持。

七、土木类虚拟仿真项目发展趋势及建设思路

作为“金课”的重要组成部分,国家虚拟仿真项目应具备以下特点:以学生为中心的实验教学理念、准确适宜的实验教学内容、创新多样的教学方式方法、先进可靠的实验研发技术、稳定安全的开放运行模式、敬业专业的实验教学队伍、持续改进的实验评价体系和显著示范的实验教学效果^[1]。

针对土木类虚拟仿真项目,具体发展趋势及建设思路如下:

(1)土木类虚拟仿真实验教学项目需要满足教学大纲要求。土木类虚拟仿真项目必须满足土木工程人才培养的要求,土木工程专业排名靠前的学校在土木类虚拟仿真项目建设中具有较大优势,但其他高校并没有被排除在虚拟仿真项目建设之外。

(2)土木类虚拟仿真实验教学应重点建设“两高一长”项目。“两高一长”即实体实验成本高、危险性高和实验周期长。“能实不虚”是虚拟仿真项目的重要原则,虚拟仿真项目应针对无法或很难进行实体实验的项目,这也是土木类虚拟仿真项目建设内容多集中在混凝土结构、装配式结构施工、工程结构抗震与防灾和地下工程施工四方面的原因。

(3)土木类虚拟仿真实验教学项目应体现“两性一度”。“两性一度”即虚拟仿真项目的高阶性、创新性、挑战度。土木类虚拟仿真项目建设过程中,项目负责人应有意识地依托大型实际工程并融入土木工程领域最新的研究成果,培养学生解决复杂问题的综合能力。因此,提高型虚拟仿真项目将是今后土木类虚拟仿真项目的发展方向。

(4)发挥虚拟仿真实验教学创新联盟在土木类虚拟仿真项目建设中的指导作用。如何在避免重复的基础上建设虚拟仿真资源,是今后土木类虚拟仿真项目面临的重要问题。在2018年的50项土木类虚拟仿真项目中,有6项是关于混凝土承载力的,造成了极大的资源浪费。为解决这个问题,应充分发挥虚拟仿真实验教学创新联盟的指导作用,尽快提出土木类虚拟仿真实验教学项目建设指南,从而实现虚拟仿真资源的优化。

(5)发挥团队优势,提高项目参与人员的积极性。由于虚拟仿真项目的专业性和复杂性,项目负责人应具备较高的学历和职称。除此之外,虚拟仿真项目建设过程中还需配备在线教学服务人员和技术支持人员,建设完成后,配备维护人员。因此,在虚拟仿真实验教学项目建设过程中需要发挥团队优势,并提高项目参与人员的积极性。

参考文献:

- [1]教育部办公厅. 教育部办公厅关于2017-2020年开展示范性虚拟仿真实验教学项目建设的通知(教高厅[2017]4号)[EB/OL]. (2017-07-21)[2019-09-08]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A08/s7945/s7946/201707/t20170721_309819.html.
- [2]徐明,刘艳,陆金钰,等. 土木工程虚拟仿真实验教学资源建设[J]. 实验技术与管理, 2015, 32(12):116-119.
- [3]潘懋元. 《现代远程教育论》序[J]. 高教探索, 2001(3):24-25.
- [4]李彬彬,苏明周. 土木工程虚拟仿真实验教学体系探索与构建[J]. 西安建筑科技大学学报(社会科学版), 2015, 34(2):96-100.
- [5]徐明,熊宏齐,吴刚,等. 土木工程虚拟仿真实验教学中心建设[J]. 实验室研究与探索, 2016, 35(2):139-142.
- [6]徐伟杰,徐明,郭彤,等. 一流学科建设背景下土木工程实验室教学改革对策研究[J]. 实验技术与管理, 2019, 36

(4):197-199.

[7]王淑婧,贺行洋,邹贻权,等.绿色建筑虚拟仿真实验教学中心建设思考[J].高等建筑教育,2014,23(6):134-137.

Trends of virtual simulation experimental teaching in civil engineering under the background of “Golden Courses”: based on the public data of 2018 national virtual simulation experiment teaching project sharing platform

XU Weijie, XU Ming, GUO Tong, ZONG Zhouhong, LIU Yan

(School of Civil Engineering, Southeast University, Nanjing 210096, P. R., China)

Abstract: Large-scale civil engineering teaching experiment is limited by equipment, site, funds and other aspects for the high cost, long cycle and great danger, though civil engineering is a practical course. With the continuous progress of computer simulation technology, the virtual simulation method of civil engineering based on numerical simulation is playing an increasingly important role in the application of engineering practice and scientific research of this discipline. Virtual simulation experiment can make up for the shortcomings of classroom teaching and physical experiment, and it has become a development trend of civil engineering teaching. The national virtual simulation experiment teaching project is a collection of the most advanced virtual simulation teaching projects in China, which represents the development direction of virtual simulation teaching and has great guiding significance. Based on the public data of 2018 national virtual simulation experiment teaching project sharing platform, this paper classifies the schools, leaders and project types of civil engineering virtual simulation projects, analyses the characteristics of the virtual simulation projects in the publication, points out the development trend of civil engineering virtual simulation teaching projects, and provides reference for the construction of teaching projects in the future.

Key words: civil engineering; virtual simulation; experimental teaching; Golden Courses

(责任编辑 周沫)