



CECS XXX:202X

中国工程建设协会标准

智能建造实训中心设置标准

Setting Standard for Intelligent Construction Training Center

（征求意见稿）

中国计划出版社

中国工程建设标准化协会标准

智能建造实训中心设置标准

Setting Standard for Intelligent Construction Training Center

CECS XXX:202X

主编单位：北方工业大学

数智科（北京）建设科技有限公司

批准部门：中国工程建设标准化协会

施行日期：202X 年×月×日

中国计划出版社

20×× 北京

前 言

根据中国工程建设标准化协会关于印发《2021年第一批协会标准制定、修订计划的通知》（建标协字〔2021〕11号）的要求，规程编制组经充分调查研究，认真总结实践经验，参考有关国际标准和国内外先进标准，并在广泛征求意见的基础上，编制了本标准。

本标准的主要技术内容是：1 总则；2 术语；3 通用模块设置；4 专业模块设置；5 管理设置。

本标准由中国工程建设标准化协会归口管理，由北方工业大学负责具体技术内容解释。执行过程中如有意见或建议请寄送北方工业大学（地址：北京市石景山区晋元庄路5号，邮编：100144）。

本标准主编单位：北方工业大学

数智科（北京）建设科技有限公司

本标准参编单位：同济大学

重庆大学

天津理工大学

清华大学

天津大学

北京航空航天大学

中国建设教育协会

北京工业职业技术学院

北京财贸职业学院

天津仁爱学院

三一集团

中铁建设集团有限公司

中国建筑第六工程局有限公司华南分公司

中建一局集团建设发展有限公司

中建城市建设发展有限公司

广联达科技股份有限公司

鲁班软件股份有限公司

江苏建联建筑产业现代化研究院有限公司

北京盈建科软件股份有限公司

北京建谊投资发展（集团）有限公司

北京建筑材料科学研究总院有限公司

天津天河云筑工科技有限公司

北京迅驰动力科技有限公司

本规程主要起草人员：

本规程主要审查人员：

目 录

1 总则	1
2 术语	2
3 通用模块设置	3
3.1 一般规定	3
3.2 通用硬件	4
3.3 通用软件	7
4 专业模块设置	12
4.1 一般规定	12
4.2 工具类	12
I 测绘	12
II BIM 建模	16
III 信息	19
4.3 设计类	21
I 建筑设计	21
II 结构设计	23
4.4 生产和施工类	26
I 构件生产	26
II 施工技术	28
III 施工组织	30
4.5 管理类	32
4.6 应用场景类	35
I 3D 打印混凝土	35
II 隧道施工安全	36
III 低碳建筑	38
IV BIM+智慧工地	39
5 管理设置	44
5.1 管理制度	44
5.2 人员要求	44

Contents

1	General Provisions.....	1
2	Terminologies.....	2
3	Settings for General Module.....	3
3.1	General Requirements.....	3
3.2	General Hardware.....	4
3.3	General Software.....	7
4	Settings for Special Module.....	12
4.1	General Requirements.....	12
4.2	Utility Class.....	12
I	Measurement	12
II	BIM	16
III	Information.....	19
4.3	Design Class.....	21
I	Building Design.....	21
II	Structural Design.....	23
4.4	Construction Class.....	26
I	Prefabricated Component Production.....	26
II	Construction Technology	28
III	Construction Management	30
4.5	Management Class.....	32
4.6	Application Scenarios Class.....	35
I	3D Concrete Printing.....	35
II	Simulation of Tunnel Construction Safety Technology.....	36
III	Green Building.....	38
IV	Intelligent Construction Site.....	39
5	Settings for Management.....	44
5.1	Management Rules	44
5.2	Professional Requirements.....	44

1 总则

1.0.1 为指导智能建造实训中心设置，保证人才培养效果、促进实践教学方法应用、提升智能建造相关专业人才实践能力，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于智能建造实训中心通用模块和专业模块软硬件设置，专业课程实训模块设置，以及日常管理设置。

1.0.3 智能建造实训中心设置除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

【条文说明】

1.0.1~1.0.3 为满足建筑工业化、数字化、智能化需求，亟需培养具备土木工程和信息化、数字化、智能化复合知识结构的智能建造高级专门人才。智能建造人才培养突出实践教学环节设计，注重学生工程实践能力培养。智能建造实训中心作为培养智能建造人才的实践能力和创新能力的载体，对实现实训教学效果至关重要，对智能建造人才培养目标实现起着决定作用。

本规程编制的目的是为了规范智能建造实训中心软硬件标准和实训课程内容设置。通过标准的建立和实施，保证实训设施满足教学需要，提高实训环节教学质量、完善实训教学条件，提升智能建造人才培养水平。同时，加强高校与企业的密切联系，推进高质量产教融合，共同培养出掌握科学技术前沿技术和发展趋势，又能适应建筑产业变革需要的高水平、创新型智能建造工程科技专业人才。

本标准适用于高等院校智能建造或相关专业本科教学，专科教学可参照执行。

2 术语

2.0.1 智能建造实训中心 Intelligent Construction Training Center

服务于高等院校智能建造及土木类相关专业实训教学过程实施的实践训练场所。

【条文说明】

实训教学场所以设置智慧教学和专业相关配套软硬件的大开间为主,条件不足时可采用多个空间结合的方式,再辅以外实训场所(如市郊进行无人机飞行)。

2.0.2 通用模块 general module

提供信息化、数字化、智能化教学管理的环境、硬件和软件。

2.0.3 专业模块 specific module

服务于专业课程的内容、硬件、软件及课程内容和课时安排。

2.0.4 实训模块 training module

课程中具有相对完整和独立的实训内容的单元

2.0.5 学时 class period

教学的时间单位。一节课的时间称一学时,本标准一个学时为 45 分钟。

2.0.6 自然班 natural class

35 名左右学生的教学集体,本标准服务学生人数按照 70 人两个自然班设计。

【条文说明】

通用和专业模块配套设置可根据实际学生人数调整。

2.0.7 硬件 hardware

实训中心使用的各种物理装置,包括通用硬件和专业硬件。

2.0.8 软件 software

实训中心使用的与计算机系统操作有关的计算机程序、规程、规则,以及可能有的文件、文档及数据,包括通用软件和专业软件。

3 通用模块设置

3.1 一般规定

3.1.1 实训中心可面向两个自然班约 70 人设计，总建筑面积宜大于 200m²。

【条文说明】

可根据实际学生人数调整。

3.1.2 实训中心采光宜避免遮挡、阴影、目眩等对仪器、设备和实训操作产生不利的影响。对于需要识别颜色的场所，光源或光透射线路，不宜有影响辨色的不良因素。当天然光线不足时，宜配置人工照明，人工照明光源宜选择接近天然光色温的光源，显色指数宜不低于 Ra80。

采光和照明还应符合现行国家标准《建筑采光设计标准》GB 50033、《建筑照明设计标准》GB 50034、《LED 室内照明应用技术要求》GB/T 31831 中的相关规定。

【条文说明】

该条主要针对实训内容包含识别物体颜色要求或对显色要求较高的模块，若专业模块设置中不包括相关实训内容，人工照明光源的显色指数可不作要求。

3.1.3 墙面宜选择浅色调，宜具有较好的吸音效果、防火性能、隔热保温、韧性、耐磨和抗冲击的性能。

地面宜选择具有防静电、安全防火、防滑、耐磨、耐腐蚀和阻燃特性的材料。

装修还应符合国家现行标准《建筑装饰装修工程质量验收规范》GB 50210、《公共建筑节能设计标准》GB 50189、《建筑设计防火规范》GB 50016、《建筑内部装修设计防火规范》GB 50222、《公共建筑室内空气质量控制设计标准》JGJ/T461 中的相关规定。

3.1.4 防火和安全疏散应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB50016 的要求，实训中心应为一、二级耐火等级的建筑，安全出口不应少于两个，疏散门应向疏散方向开启，不得设置门槛。实训中心所在建筑周围应具有消防车道和消防救援场地，实训中心内应有火灾自动报警系统、应配备适用的灭火器材。

3.1.5 实训中心宜具备统一开放接口，如 API 接口、B/S 接口、C/S 接口和个性化接口等，实现安全性、开放性、可管理性和可移植性的中间件，无条件支持

数据接口开放。

3.1.6 网络通信系统设置宜符合表 3.1.6 中的规定。

表 3.1.6 网络通信系统设置要求

内容	要求
通信	内网/外网通信满足百兆/千兆内网通信要求
信息点	≥ 100 个
有线网络接入	≥ 2 口
无线网络接入	无线侧最大理论带宽不小于 150Mbps，覆盖全实训中心
支持实训中心内终端设备同时接入数量	不低于 150 个

3.1.7 机电设置应符合现行国家标准《综合布线系统工程设计规范》GB 50311、《供配电系统设计规范》GB 50052、《计算机场地通用规范》GB/T 2887、《民用建筑电气设计标准》GB 51348 等。

【条文说明】

3.1.1~3.1.7 针对室内大教室形式的实训中心设置，采用多个小教室结合可根据实际条件相应整合设置。室外实训则参照第 4 章，根据专业设置要求选择实训场地和时间。

无线网络覆盖全实训中心（无死角），无线速率不低于百兆，需要根据单 AP 覆盖面积和房间面积设置 AP 数量。

3D 打印混凝土模块场地除需要满足 3.1 要求外，还宜配备设备清洗液沉降池。且宜与需要防尘、防潮的其他模块设备分开布置。

3.2 通用硬件

3.2.1 通用硬件应符合国家现行有关标准的规定，并具有相应的质量证明文件；需接入电源的仪器设备，应满足国家电网规定的接入要求，电压额定值为交流 380 V（三相）或 220 V（单相），并应具备过电流、漏电保护功能；需要插接线的，插接线应绝缘且通电部位无外露；具有执行机构的各类仪器设备，应具备急停功能。

3.2.2 实训中心应具备开展教学所需的硬件设施支持，包括基础硬件设备、多媒体设备、感知设备和服务器。

3.2.3 基础硬件设备包括桌椅及家具、光线遮蔽设备、空气调节设备和板书设备，

宜符合下列规定：

1 桌椅及家具的功能、尺寸、技术要求和环保要求应符合现行国家标准《学校课桌椅功能尺寸及技术要求》GB/T 3976 的规定。

2 光线遮蔽设备宜具有遮光、隔热、阻燃功能，质量和环保指标应符合国家相关标准，其中纺织产品应符合现行国家标准《国家纺织产品基本安全技术规范》GB 18401 的规定。

3 空气调节设备的配置与使用应使实训中心空气环境符合国家现行标准《室内空气质量标准》GB/T 18883 的规定。

4 板书设备应符合国家现行标准《书写板安全卫生要求》GB 28231 规定。

【条文说明】

通用硬件设置可与专业课程相结合，在条件具备的情况下利用通用硬件设备协助完成专业课程的实训。

在条件允许的情况下，公共区域可设置讨论桌椅，为师生提供小组研讨的条件。

3.2.4 多媒体设备宜包括演示教学设备、显示设备、音频设备、影像采集设备和中控设备，宜符合下列规定：

1 演示教学设备应符合国家现行标准《家用和类似用途电器的安全 第 1 部分 通用要求》GB 4706.1 的规定，满足教学需求。

2 显示设备应符合国家相关标准，满足教学需求，主要技术指标可参照国家现行标准《多媒体教学环境设计要求》GB/T 36447 的规定，并宜符合下列规定：

1) 宜根据实训中心面积大小、环境光和实际需要，合理选择显示系统（包括投影机与投影幕布组合、电子白板、平板显示器等）。

2) 显示系统覆盖面积与显示系统屏幕尺寸的对应关系宜不低于表 3.2.4-1 的参数要求。

表 3.2.4-1 实训中心空间面积与显示系统屏幕尺寸的对应关系

显示系统覆盖面积（m ² ）	显示系统屏幕对角线尺寸（英寸）
>50	60
60~100	80~120
120~180	120~150
200~300	180~200
320~400	240~320
420~600	320~400

600 以上	500 以上
--------	--------

3) 显示系统的显示设备视频特性指标宜符合表 3.2.4-2 的规定。

表 3.2.4-2 实训中心环境视频特性指标

技术规格	全高清系统
视频输入/输出	HDMI, DP 或 DVI: 二进一出 RGB 或 VGA: 二进一出
分辨率	必选支持 1080P, 可选支持 4K
对比度	平板: $\geq 2000:1$ 投影: $\geq 1600:1$

3 音频设备的主要技术指标应符合相关国家或行业标准如《多媒体教学环境设计要求》GB/T 36447 的规定,扩声系统的特性指标宜符合表 3.2.4-3 中的规定。

表 3.2.4-3 实训中心扩声系统设置要求

技术规格	标准
每座容积 (m^2)	≥ 3
隔墙的空气声隔声单值评价量 (dB)	>55
楼板的空气声隔声单值评价量 (dB)	>50
混响时间 (s)	0.9~1.2
最大声压级	额定通带内: $\geq 88\text{dB}$
传输频率特性	以 100Hz~6300Hz 平均声压级为 0dB, 在此频带内允许范围: $-3\text{dB}\sim+3\text{dB}$
传声增益	100Hz~6300Hz 的平均值 $\geq -8\text{dB}$
稳态声场不均匀度	1000Hz: $\leq 6\text{dB}$; 4000Hz: $\leq 6\text{dB}$
扩声系统语言传输指数	≥ 0.6
系统总噪声级 (dB)	$\leq \text{NR-30}$

4 影像采集设备宜能实现教学影像和教学演示内容的采集、传输功能,可选择摄像机、展台、高拍仪、编解码器及接口转接设备。摄像机宜符合下列规定:

- 1) 宜支持多角度高清视频录制 (1080P), 采用国家标准协议接口, 宜具有自动和手动两种定标方式;
- 2) 宜支持跟踪模式: 可实现自动跟踪或手动跟踪模式, 适应于不同的教学应用场景;
- 3) 支持图像去重, 同一目标自动去重, 保留不少于 3 张目标图像, 支持大小图匹配;

4) 支持常用视频压缩标准, 同时支持 TCP/IP, HTTP, HTTPS, FTP, DHCP, DNS, DDNS, RTP, RTSP, RTCP, PPPoE 等常用网络协议。

5 中控设备宜能实现对实训中心内多媒体设备的管理和控制, 能够通过网络借助教学设备管理平台实现远程管控, 主要技术要求应满足国家现行标准《多媒体教学环境设计要求》GB/T 36447 的规定。

6 可设置成套移动实训设备服务教师端和学生端, 可实现展示、拍摄、课程录制、直播、投屏示教等应用场景, 实现对教师教学示教和实训操作录制、直播, 同时可接入学生实训音视频采集设备的接入管理, 如小组录制、回看、对比展示、直播等功能。

3.2.5 感知设备宜具有探测、传感、控制功能, 并能与网络进行通信, 包括环境传感器、能耗检测、环境设备联动等, 宜符合下列规定:

1 环境传感器可实现对实训中心环境及设备状态数据的采集, 并将数据发送给控制平台。

2 支持与环境传感器联动调节功能, 可根据环境传感器检测的结果自主判定是否开启或关闭环境调控设备, 达到高效节能的使用效果。

3 支持能耗功率检测功能, 可对实训中心电教设备实现用电能耗统计和计量, 同时可将实时数据上报至平台。

3.2.6 服务器宜能承载及运行实训中心各类教学及管理应用平台并为相关用户提供服务的计算设备, 宜符合下列规定:

1 本地部署宜考虑功能服务器、认证服务器、存储服务器、编解码服务器、数据库服务器、备份服务器等。

2 服务器宜具备入侵防范、用户保护、防火墙和防病毒、数据备份等安全功能。

3 服务器宜具备定时自动备份功能及额外电源。

3.3 通用软件

3.3.1 通用软件宜能够提供课程的教学过程管理、教学模式管理、督导管理等支撑服务, 并具备外网访问实现远程教学的功能。

3.3.2 通用软件宜包括智慧教学云平台软件、物联集控平台、环境监控和调节支

撑软件和课堂教学软件。

3.3.3 智慧教学云平台软件宜符合下列规定：

1 宜采用模块化设计和多级平台设计理念，便于用户使用和后期软件功能扩展，便于视频资源的管理、存储与使用；

2 宜具有完善的资源管理功能，包括资源目录、资源排序与推荐、资源点播和资源搜索；

3 宜具有实时巡课、多画面巡课、历史课程巡课、巡课历史记录查询、巡课统计等功能，兼容多种浏览器；

4 宜具有课程评价功能，可通过授权组织相关人员进行课程评价，评价结果能自动形成报表并汇总；宜具备按照课程教案、教学资源、教学视频进行评课并提供评课记录的功能；

5 平台宜具备完善的网络信息安全管理功能，应通过信息安全等级保护测评（二级），符合国家相关标准，实现数据的容灾备份，保障系统内的数据安全。

【条文说明】

1 资源管理主要包括：

1) 资源目录：支持按照资源按照年级、学科、类别、类型、格式、微课、优课、随堂练习、作业、测试、考试、等信息进行分类，生成资源目录，用户可根据实际需要手动修改。

2) 资源排序与推荐：支持按照最新资源、最热资源、最多播放、评分最高等排序组合进行排名推荐，支持管理员手动推荐资源。

3) 资源点播：支持对教案、课件、习题等文档及图片在线预览，观看视频资源，无需安装其他播放器。

4) 资源搜索：支持模糊条件词条筛选，快速搜索到课程资源。

2 巡课功能主要包括：

1) 实时巡课：具有老师、学生、教学电脑多画面预览轮切的功能，单个画面可双击放大预览；支持实时巡课活动记录，可对课前准备情况、课堂行为、教学纪律进行打分评价，并具有综合意见记录功能。

2) 多画面巡课：具有多路预览功能，可支持四通道模式、八通道模式自由切换，预览画面可按照教师摄像机、学生摄像机、教学电脑画面统一切换。

3) 历史课程巡课：显示搜索与登录账号关联的巡课历史课程，课程按照校

区、年级、班级、学科排序，支持按照时间段、待巡课、已巡课进行查询搜索课程，已巡课记录按照报表形式呈现，待巡课的课程，支持课后巡课活动。

4) 巡课记录：显示搜索全部巡课历史课程，课程按照校区、年级、班级、学科排序，支持按照时间段、待巡课、已巡课进行查询搜索课程，巡课记录按照报表形式呈现。

5) 巡课统计：可对巡课的内容评分进行分项对比，以报表的形式呈现课前准备情况、课堂行为、课表执行情况、教学纪律具体内容；支持可视化呈现分析对比结果，并支持图表导出功能。

3 网络信息和数据安全主要内容：

1) 内置网间网络隔离功能，对云平台服务器、数据库服务器做高低安全区隔离处理，区域间可进行协议隔离，低安全区请求在进行分析过滤后才可送达高安全区，以保障关键设备的网络安全和信息安全；平台需保障系统内的数据安全，提供有力的数据水印技术实现数据防篡改，对平台内数据的物理损坏和人为破坏进行监管，保证素材、内容等数据的管理和使用可信、安全。

2) 为保障教学电脑乃至整个校园网络的安全，有效防止病毒等恶意程序通过计算机的 USB 接口进行传播，平台需支持教学一体机、教学电脑的 USB 接口管控以及移动存储介质认证功能，可对 USB 接口的读写策略进行设置以及对拷贝的内容数据进行过滤分析。

3.3.4 物联集控平台宜符合下列规定：

- 1 宜能支持 7*24 小时工作；
- 2 宜能支持可视化管理；
- 3 可自定义多级账号权限管理；
- 4 宜支持环境数据统计功能；
- 5 宜支持远程对门禁开关，并具有门禁总数、正常、异常、开门、常闭等状态的数量统计；
- 6 宜支持通过编辑任务的方式，远程管理设备；
- 7 宜具备日志管理功能，做到管理有据可查，日志信息中可包含时间、设备、任务、结果、执行人等信息；
- 8 宜具备设备告警统计功能，支持故障设备、环境感知告警、设备告警总数统计功能，可对单一告警设备或环境告警查询。

【条文说明】

1 可视化管理：视频监控和多媒体控制及物联管理在同一界面，无需切换，并能直观查看实训中心的环境感知参数、灯光、窗帘、空调、门禁、投影机、教学电脑、幕布、设备的运行状态，支持单个设备控制和上课、下课一键模式操作控制；提供老师摄像机、学生摄像机、教学电脑监控预览画面，可实现画面轮切。

2 环境数据统计功能：查看实训中心温度、湿度、光照强度、甲醛、PM2.5、CO2、TOVC 等参数信息，环境参数可通过曲线图或分布图呈现环境的变化趋势。

3 远程设备管理任务：任务命令支持按照开始和结束时间设置，可对前端多媒体设备、环境控制设备按照优先级、条件自由编辑设定。

3.3.5 课堂教学软件宜符合下列规定：

1 教师端主控软件宜符合下列规定：

- 1) 含智慧教室主屏服务端系统、智慧教室副屏服务端系统、智慧教室教师端控制系统三套软件；
- 2) 控制端含授课模式、小组讨论、成果呈现三大教学模块，全面支持分组教学、TBL（Team-Based Learning，团队式学习）教学、PBL（Problem-Based Learning，项目式学习）教学、混合式教学等不同创新教学模式；
- 3) 可实现大小屏互动，包括微课录制、屏幕批注、视频展台、双向同屏、同步课堂、视频直播、放大镜、聚光灯、照片墙等功能；
- 4) 课堂互动功能可包括：屏幕推送、即时回馈、大屏控制、学生示范、文件分发、班级管理、小组投屏等。

2 学生端软件宜符合下列规定：

- 1) 支持学生端自带手持设备接入系统；
- 2) 支持学生手持设备同时飞屏至小组屏进行讨论，并可远程直接书写；
- 3) 可通过学生端屏幕共享让学生示范做题过程；
- 4) 小组资料共享，或者资料扫码带走。

3 小组屏软件宜符合下列规定：

- 1) 可显示小组讨论课题；
- 2) 可呈现小组成员屏幕内容；
- 3) 可实现小组资料共享。

3.3.6 实训录播软件宜符合下列规定：

- 1 软件集合示范教学、分组实训、资源回放、资源管理等功能应用，满足教学示范、学生分组、课程录制、工位查看等使用场景；
- 2 支持多种流媒体视音频编码格式；
- 3 支持多种 IP 封装的流媒体传输协议；
- 4 内置多种典型模板可供选择，也可自定义模板并使用，通道的画面大小可任意配置；
- 5 支持子画面以全画面显示或者按照比例显示；
- 6 支持子画面音频监听选择以及全屏幕放大显示；
- 7 支持学生工位多画面配置功能，画面可任意组合，布局灵活；
- 8 支持对按学生工位视频录制回放控制，便于学生可以实时对自己演练过程进行回看反思，从而掌握、提高各项教学技能；
- 9 支持拍摄学生实操练习时，教师可以随意调取任何一路学生视频，向前拖拽时间轴，对学生操作全程进行精确辅导（点评）。
- 10 支持老师实训示范教学的同时将老师操作镜头画面全屏显示在大屏或一体机上；
- 11 支持老师端手动导播功能；
- 12 具备老师、学生视频点评回放功能，可根据日期、课程、知识点回放浏览；
- 13 支持学生实训画面分组调阅和多画面轮巡显示，同时具备视频录制和远程巡视指导和评审功能；
- 14 支持评审内容可根据不同科目灵活自定义；
- 15 支持老师工位多个景位单画面、双画面、三画面和四画面实时显示和录制，多路画面自由切换、全屏显示、录制、视频打点、课程网络直播等功能；
- 16 具备老师、学生视频点评回放功能，可根据日期、课程、知识点回放浏览；
- 17 支持视频资源的拷贝、上传、查看、删除等功能。

4 专业模块设置

4.1 一般规定

4.1.1 专业硬件设置宜满足本标准 3.2.1 条中对通用硬件的规定。

4.1.2 可根据培养方案和目标选择 4.2~4.6 中的一个或多个模块。

【条文说明】

可根据培养目标和培养方案参照本标准设置内容拓展土木类专业其他方向课程实训。

4.1.3 计算机最低配置宜符合表 4.1.3 的规定。

表 4.1.3 专业模块计算机配置

系统	64 位系统;
CPU	主频 3.4GHZ, 四核
内存	16G
硬盘	1T 机械硬盘+128G 固态硬盘
显卡	独立显卡, 显存 2G
显示器	1280×1024 真彩色显示器

4.1.4 计算机数量宜不少于人均一台。

4.2 工具类

I 测绘

4.2.1 测绘模块实训对应智能测绘类课程, 实训宜能使具备测绘任务规划、测绘成图、和常用测绘工具的实际操作能力, 熟练掌握信息采集以及地理信息管理, 并能够使用软件完成数据处理和三维实景模型创建。

【条文说明】

本条结合土木工程对测绘工具类能力的需求及建筑工业化背景下装配式建筑智能安装定位、智能施工、智能监测、智能运营需求而成。

4.2.2 测绘模块硬件配置宜符合下列规定:

- 1 计算机配置宜符合表 4.1.3 规定;
- 2 无人机配置宜符合如下规定:

- 1) 无人机结构宜包括动力系统、飞行控制系统、数据传输系统;
- 2) 支持获得必要的导航要素,包括高度、速度、姿态、航向;
- 3) 支持获得满足精度要求的定位信息,包括经度、纬度;
- 4) 支持预定任务航线计划,并对任务航线的执行进行动态管理;
- 5) 支持通过无线电和移动网络进行图像传输和数据传输。

3 三维激光扫描仪配置宜符合如下规定:

- 1) 采用非接触性测绘方式;
- 2) 高精度、高分辨率和高采样率;
- 3) 数据化采集方式兼容性好;
- 4) 可配合外置相机、GNSS 系统使用。

4 全站仪宜具备实时电子草图,实现所见即所得,内外业一体化,无缝接入 GIS 库的功能。

5 超站仪宜具备硬件一体化和软件一体化,采用智能操作系统,可实现无加密控制的即用即测作业模式,精度高。

6 GNSS接收机配置宜符合如下规定:

- 1) 具有在 $-40^{\circ}\text{C}\sim+65^{\circ}\text{C}$ 、湿度 100%防冷凝的环境下 ze 常工作的能力;
- 2) 具备基准站原始数据分析功能,即通过对基准站数据的分析,得到各基准站可用性、数据质量、卫星健康状态等信息;
- 3) 具备自动解算基准站坐标并对其实时定位精度、瞬时偏差等完整性信息进行分析的功能;
- 4) 具有较强的稳健性和适应性,能够进行数据处理并提供正常的厘米级的 RTK 差分数据服务;
- 5) 软件显示和操作界面良好、清晰、直观,重要信息以图形化方式显示。

7 智能监测系统宜符合如下规定:

- 1) 配置卫星定位系统接收机、振弦式应变计、环境监测站、多通道数据集线器、自动化采集仪、双轴倾角仪和空间信息采集器;
- 2) 配置物联网数据采集器,具备云储存能力;
- 3) 数据处理与控制展示系统具有多媒体触摸屏。

【条文说明】

1 全站仪测绘,使学生具备熟练使用全站仪进行导线测绘、大比例尺数字地图测绘、施工放样及智能监测的能力。掌握全站仪导线测绘的外业作业流程、国家的相关测绘规范;掌握全站仪导线测绘外业观测方法和内业计算方法;深化全站仪内外业一体化的数字化、信息化、智能化地理信息采集、地图绘制及信息管理的流程及细节。

2 GNSS 测绘,使学生具备熟练使用 GNSS 测量仪器进行外业静态数据采集、数据处理、GNSS 碎部测绘、GNSS 平面位置及高程测设的能力。

3 无人机测绘,使学生具备无人机倾斜摄影、Lidar 量测技术能力,掌握该技术在工程建设风险评价中的使用方法,并要求指导老师具有超视距驾驶员无人机执照。

4 三维激光扫描仪,使学生具备场景选取、设备校准、扫描、点云处理及数据转换等技术能力,可用于获取高精度高分辨率的数字地形模型。

5 智能监测系统:使学生具备智能测绘与灾害预警的能力,了解并掌握智能测绘与灾害预警技术的基本理论、技术原理和方法,掌握土木工程勘察、设计、制图、测绘、实验、检测等专门技术,以及常用的现代工程工具、仪器、信息技术工具和专业模拟软件的原理及适用范围。熟悉智能测绘在岩土工程、桥梁与隧道工程、水利工程灾害预警与风险控制等方面的应用与行业热点问题,提高学生在解决工程灾害方面分析问题、解决问题的能力。

4.2.3 测绘模块软件配置宜符合如下规定:

- 1 软件宜能完成三角测绘运算、自由网(控制网)平差运算;
- 2 软件建模及计算宜包含空中三角测绘运算、纹理映射和三维场景构建功能。

4.2.4 测绘模块课程设置宜符合如下规定:

- 1 课程实训模块设置和学生能力培养目标的对应关系宜符合表 4.2.4 中的规定;
- 2 《智能测绘》实训模块设置宜符合下列规定:
 - 1) 学时 22 学时±4 学时;
 - 2) 宜包含常规测绘仪器水准仪、经纬仪及现代测绘仪器全站仪、GPS 接收机、数字水准仪、无人机、三维激光扫描数据采集、数据处理数字化、信息化、智能化。

3 《智能测绘实习》实训模块设置宜符合下列规定：

- 1) 学时 40 学时；
- 2) 宜包括数字地图测绘、施工放样、无人机测绘。

4 《三维建模应用》实训模块设置宜符合下列规定：

- 1) 学时 32 学时；
- 2) 宜包括无人机飞行任务规划、三维激光扫描仪任务规划和三维建模软件的应用。

表 4.2.4 测绘课程实训模块设置与能力培养目标达成关系表

序号	能力/课程 (学时)	智能测绘 (22±4)					智能测绘实习 (40)			三维建模应用 (32)		
		全站仪导线测绘、数据采集、施工放样 (8)	GPS 控制测绘、数据采集、变形监测 (6)	无人机数字地形图测绘 (4)	水准测绘及高程测设 (2)	智能监测系统 (2)	数字地形图绘制 (16)	施工控制网、施工放样 (16)	地理空间信息应用 (8)	无人机飞行任务规划 (10)	三维激光扫描仪任务规划 (6)	三维建模软件应用 (16)
1	设备操作	√	√	√	√		√			√	√	
2	任务规划	√	√	√	√	√	√			√	√	
3	数据分析		√			√		√	√			
4	误差评定	√	√				√	√		√	√	
5	模型构建						√		√			√

【条文说明】

1 设备操作指的是具有全站仪、超站仪、GPS、无人机、三维激光扫描仪等常规测绘设备的操作使用能力；

2 任务规划指的是能够综合考虑设备性能、工作环境、任务要求等约束条件，合理进行任务分配，保证测绘任务能够高效、圆满完成；

3 数据分析指的是针对测绘设备原始数据的采集、存储、处理及深度数据挖掘能力；

4 误差评定指的是能够根据测绘任务要求对于测绘数据进行误差处理及精度评定；

5 模型构建指的是基于测绘数据通过三维建模软件构建不同精度要求的三维实景模型。

6 《智能测绘实习》的学时建议集中在一周内完成。

II BIM 建模

4.2.5 BIM 建模模块实训对应 BIM 建模及应用类课程，实训宜能使具备依照施工图纸使用参数化建模软件建立多专业 BIM 模型的能力，能够检查模型精度和完整度，使用 BIM 平台完成技术交底、进度 4D 模拟与资金 5D 模拟、以及质量安全协同管理。

【条文说明】

BIM 技术通过对建设工程进行全生命周期的数字化表达，可有效提高工程全生命周期的信息集成化程度，是支撑智能建造的重要信息化技术。BIM 建模是应用 BIM 技术的基础。本实训模块侧重培养学生多专业参数化建模和应用 BIM 模型的能力。

4.2.6 工具类建模模块计算机硬件配置宜符合表 4.1.3 规定。

【条文说明】

表 4.1.3 规定的计算机硬件配置为最低要求。计算机硬件配置宜能流畅地运行 BIM 建模和应用程序，显示 4D 模型动画、三维建筑信息模型、二维视图及相关建筑图纸。

4.2.7 工具类建模模块软件配置宜符合下列规定：

- 1 软件宜能完成建筑信息模型的建立，包括建立多专业三维模型、赋予建筑构件信息、导出建筑施工图和其他能够用于模型展示的功能等。
- 2 软件建模及工程应用宜包含使用已有的功能对建筑模型进行操作，使用块、族或库等对建筑信息模型进行深化设计，满足实际工程需要。

【条文说明】

软件宜具备实现学生建模实训能力培养的相关功能。建筑三维模型包括所见即所得的建筑要素。建筑构件信息包括建筑的各个组成部分。建筑施工图包括平面图、立面图、剖面图和详图。建模的工程应用包括对软件内置的基本构件的使用，对族库的使用，对族库的参数化建模等。

4.2.8 工具类建模模块课程设置宜符合下列规定：

- 1 课程实训模块设置和学生能力培养目标的对应关系宜符合表 4.2.8 中的规

定。

2 《BIM 技术基础》实训模块设置宜符合下列规定：

- 1) 学时 16 学时；
- 2) 宜包含建筑施工图识读、建筑专业建模、模型检查和成果输出。

3 《BIM 技术基础实习》实训模块设置宜符合下列规定：

- 1) 学时 40 学时；
- 2) 宜包含工程案例图纸识读、建筑专业建模、图纸输出与比对等。

4 《BIM 中级应用》实训模块设置宜符合下列规定：

- 1) 学时 32 学时；
- 2) 宜包含 BIM 建模软件的工程应用，能够实现模块化族、结构建模和水暖电设计、多专业模型碰撞检查等。

5 《BIM 高级应用》实训模块设置宜符合下列规定：

- 1) 学时 16 学时；
- 2) 宜包含多专业信息模型整合与技术操作、模型漫游、碰撞检查、净高检查、4D 进度计划演示、BIM 移动端协同应用。

表 4.2.8 建模课程实训模块设置与能力培养目标达成关系表

序号	能力/课程(学时)	BIM 技术基础 (16)				BIM 技术基础实习 (40)			BIM 中级应用 (32)				BIM 高级应用 (16)			
		土建专业制图标准(4)	BIM 建筑模型创建、定义、设置(4)	BIM 建筑模型编辑、浏览(6)	BIM 模型平面图与成果输出(2)	建筑施工图识读(8)	BIM 建模(建筑专业模型)(24)	建筑信息输出(明细表、图纸、模型文件)(8)	族(8)	结构模型(8)	设备模型(12)	多专业模型碰撞检查(4)	多专业模型技术交底(4)	多专业模型漫游、碰撞、净高及预留孔洞检查(4)	进度及资金动态模拟(4)	电脑端-移动端协同管理(4)
1	识读施工图纸	√		√		√				√						
2	建筑专业建模	√	√	√		√	√		√							
3	结构专业建模								√	√						
4	设备专业建模										√					
5	参数化建								√	√	√					

	模															
6	模型 质量 检查		√	√	√	√					√	√		√		
7	三维 技术 交底							√				√	√			
8	4D 与 5D 模拟														√	
9	质量 安全 协同 管理															√

【条文说明】

1 工程识图指的是要求学生熟悉工程功能、图纸内容、建筑物的平面状况和平面布置，包括房间分割、楼梯布置、走道布置、墙柱构件、轴线编号、门窗位置、平面尺寸等。建筑平面图了解以下内容：图名、比例及文字说明；纵横定位轴线及编号；平面形状和总尺寸；房间布置、用途及联系；门窗布置、数量及型号；房屋开间、进深、细部尺寸和室内外标高；房屋细部构造和设备配置；剖切符号及索引符号等。建筑立面图了解以下内容：图名、轴线、哪一个立面；室内外高差、室外台阶；门窗、阳台、雨篷、台阶、屋顶、勒脚等细部形式和位置；各部位标高，包括层高、总高、雨篷和窗台等高度；立面装饰材料及雨水管位置等；与平面图进行比对。建筑剖面图了解以下内容：图名及比例；剖面图与平面图的对应关系；房屋结构形式；主要标高和尺寸；屋面、楼面、地面的构造层次和做法等；屋面排水方式；索引详图的位置及编号。

2 专业建模指的是按照软件要求能够进行新建、修改和保存，能够创建模型族和简单的参数族，能够按照工程图纸创建建筑构件、结构构件、设备构件并建立多专业模型的连接，定义图纸并输出兼容格式的平面图、立面图、剖面图和详图等。

3 多专业模型技术交底指的是将 BIM 技术与传统技术交底相融合，通过深入利用多专业 BIM 模型，更加清晰直观地展现工程特点、技术质量要求、施工方法及质量安全措施等工程技术内容。主要涉及模型剖切与标注、模型视图管理、模型显示/隐藏以及构件信息查询与编辑等操作。

4 进度及资金动态模拟指的是进度计划、成本与模型的关联与编辑以及动态模拟等。

5 电脑端-移动端协同管理指的是任务设置、派发、实施与反馈，任务统计分析等。

6 可为《BIM 技术基础》和《BIM 高级应用》实训内容配备前置不少于 16 学时的理论学习。《BIM 技术基础实习》实训内容建议集中在一周内完成。

III 信息

4.2.9 工具类信息模块对应信息化智能化相关课程，实训宜能使具备利用计算机及其程序设计来分析问题、解决问题的能力，并能了解信息技术在智能建造中的应用现状和发展前景。

【条文说明】

本条结合智能建造发展背景下对信息技术的需求而成。

4.2.10 工具类信息模块硬件设置宜符合下列规定：

- 1 计算机硬件配置宜符合表 4.1.3 规定；
- 2 宜包括多种具有感知功能的硬件，包括深度感知摄像头、传感器、射频识别电子标签及读写器等；
- 3 宜具备具有足够打印空间和良好稳定性及精度的 3D 打印设备，宜具有可触控操作面板；
- 4 宜具备可移动电子设备及便携式连接开发板的小型电脑，并内置无线联网模块。

【条文说明】

- 1 计算机硬件配置宜能流畅的运行数据分析训练程序和物联网运维平台，显示建筑信息模型，表 4.1.3 规定的计算机硬件配置为最低要求。
- 2 深度感知摄像头能够提供复杂的实时景深计算，通过立体视觉感知环境，并可搭载于可移动电子设备，户内和户外均可使用
- 3 传感器包括但不限于振动、加速度、倾斜、温度、湿度、雨滴、火焰、红外线等，建议在 6~10 种。
- 4 根据课程需要确定 3D 打印机打印尺寸。
- 5 便携式小型电脑通过外接开发板可连接多种传感器和摄像头，宜具有足够的内存和存储空间。

4.2.11 工具类信息模块软件设置宜符合下列规定：

- 1 集成开发环境宜包括提供程序开发环境的应用程序，包括代码编辑器、编译器、调试器和图形用户界面等工具。
- 2 深度摄像头配套软件可将三维扫描数据生成点云文件并可导入 BIM 建模软件辅助逆向建模。
- 3 3D 打印切片软件宜能进行可视化切片过程模拟，估算打印时间和输出打印机配套文件格式。
- 4 三维建模软件宜可导入和导出多种格式的三维模型，可对接深化设计软件和 3D 打印切片软件。

【条文说明】

不同课程所需配置的开发环境不一定相同，具体的软件和模块安装的选择需根据课程实训内容匹配。

4.2.12 工具类信息模块课程设置宜符合下列规定：

- 1 课程实训模块设置和学生能力培养目标的对应关系宜符合表 4.2.12 中的规定。
- 2 《Python 程序设计基础》实训模块设置宜符合下列规定：
 - 1) 学时 12 学时；
 - 2) 宜包含软件安装、语法元素分析、数据类型、控制结构和函数使用。
- 3 《智能感知网》实训模块设置宜符合下列规定：
 - 1) 学时 16 学时；
 - 2) 宜包含环境搭建、图像处理和识别、多传感器感知平台搭建、三维扫描和逆向建模。
- 4 《物联网》实训模块设置宜符合下列规定：
 - 1) 学时 16 学时；
 - 2) 宜包含物联网组网方式设计、数据库设计及搭建、通讯协议及接口的采集设计、数据解析规范设计、监控平台设计及开发等。
- 5 《人工智能数据分析》实训模块设置宜符合下列规定：
 - 1) 学时 16 学时；

2)宜包含科学计算库的使用、数据描述性分析、人工智能算法应用实例。

表 4.2.12 信息课程实训模块设置与能力培养目标达成关系表

序号	能力/课程 (学时)	Python 程序设计 基础 (12±2)		智能感知网 (16±2)		物联网 (16±2)			人工智能数据分析 (16±2)	
		软件安 装 (2)	编程基 础 (10)	图像处理 与深度感 知(8)	多传感器 感知平台 搭建(8)	物联网组 网(4)	数据库 搭建 (6)	监控平台 设计开发 (6)	数据处理 和分析 (6)	人工智能 算法应用 (10)
1	环境搭建	√		√	√	√	√	√	√	√
2	编程语言		√	√	√	√	√	√	√	√
3	数据采集 与传输		√	√	√	√	√	√	√	√
4	智能硬件 应用			√	√	√		√		
5	数据存储						√	√		
6	数据处理			√					√	√
7	数据应用			√	√	√	√	√		

【条文说明】

1 环境的搭建指的是建立运行程序文件的基础，包括安装软件、服务器的部署、环境的配置等，根据不同实训模块需求有所不同，根据需要处理的问题需要搭建不同的环境。

2 编程语言指的是以 python 为主的编程语言，物联网课程中涉及 c#语言的学习和使用。

3 数据采集与传输指的是软件和硬件通讯协议选型与设计。

4 智能硬件指的是各类传感器、（智能）（深度）摄像头、暖通空调设备等，智能硬件应用指在掌握硬件原理基础上结合工程背景使用并解决工程问题的能力。

5 数据存储指的是数据库选型与设计。

6 数据处理包括标准化处理、人工智能、数据融合关联等，根据实训模块对应的具体问题，可能需要用到分类数据、数值数据、图像数据等。

7 数据应用指的是应用功能设计和相应编程语言的选型。

4.3 设计类

I 建筑设计

4.3.1 建筑设计模块实训对应房屋建筑学课程，实训宜能使具备建筑建模和

绘制施工图的能力。

【条文说明】

本条结合土木工程对房屋的建筑设计需求而成。

4.3.2 建筑设计模块计算机硬件配置宜符合表 4.1.3 规定。

【条文说明】

计算机硬件配置宜能流畅的显示结构模型,满足建筑设计精度和渲染的需求,表 4.1.3 规定的计算机硬件配置为最低要求。

4.3.3 建筑设计模块软件配置宜能完成建筑建模、施工图设计。

【条文说明】

软件宜具备实现学生建筑设计实训能力培养的相关功能。软件宜包含建筑建模、建筑效果图、总平面图、设计说明、材料做法表、以及建筑平面、立面、剖面图和详图的设计功能。

4.3.4 建筑设计模块课程设置宜符合下列规定:

1 课程实训模块设置和学生能力培养目标的对应关系宜符合表 4.3.4 中的规定。

2 《房屋建筑学》实训模块设置宜符合下列规定:

1) 学时 8 学时 $\pm$ 2 学时。

2) 宜包含建筑制图软件应用和建筑选型分析。

3 《房屋建筑学课程设计》实训模块设置宜符合下列规定:

1) 学时 40 学时。

2) 宜包含建筑制图软件应用和建筑选型分析。

表 4.3.4 建筑设计课程实训模块设置与能力培养目标达成关系表

序号	能力/课程(学时)	房屋建筑学 (8 $\pm$ 2)		房屋建筑学课程设计 (40)	
		建筑方案设计 (4)	建筑细部构造设计 (4)	建筑方案设计 (16)	建筑细部构造设计 (24)
1	建筑选型	√		√	
2	建筑建模	√		√	
3	建筑构造设计		√		√
4	施工图绘制		√		√

【条文说明】

1 建筑方案设计指的是建筑项目实施之前,根据项目要求和所给定的条件确立项目设计主题、项目构成、内容和形式的过程。建筑方案设计主要以建筑平面

图、立面图、剖面图及必要细部详图等技术性图纸作为表达方式，该阶段的目标是使学生初步具备建筑设计的能力。

2 建筑细部构造设计指的是研究建筑物的构造组成，以及选择合适的技术方案满足建筑物的舒适、安全、美观等方面的要求，满足建筑物空间的功能要求。

3 建筑选型指的是要求学生初步掌握建筑结构基本知识，在进行建筑构思和设计中，能够结合建筑的合理性与可行性，做出经济合理、切实可行的建筑方案与设计。

4 建筑建模指的是要求学生初步具备采用 BIM 相关软件建立建筑轴网系统、墙体、门窗、楼梯、梁板柱、幕墙和屋顶等建筑主要部件以及非常规构件建模的能力。

5 建筑构造设计指的是要求学生初步掌握房屋的构造组成、构造原理和构造做法，具备理解建筑设计意图，查阅有关建筑规范、建筑图集等资料的能力。

6 施工图绘制指的是要求学生了解建筑制图国家标准的基本规定，掌握建筑作图、计算机软件绘图的基本方法，具备识读、绘制建筑施工图的能力。

7 《房屋建筑学课程设计》学时建议集中在一周内完成。

II 结构设计

4.3.5 结构设计模块实训对应（装配式）结构（智能）设计类课程，实训宜能使学生具备结构建模、计算和绘制施工图的能力，能够使用软件完成装配式结构正向设计和构件深化设计。

【条文说明】

本条结合土木工程对结构设计能力的需求及建筑工业化背景下装配式结构设计需求而成。

4.3.6 结构设计模块计算机硬件配置宜符合表 4.1.3 规定。

【条文说明】

计算机硬件配置宜能流畅的显示结构模型，具有较高的结构分析计算效率，表 4.1.3 规定的计算机硬件配置为最低要求。

4.3.7 结构设计模块软件配置宜符合下列规定：

1 软件宜能完成上部结构建模及计算、基础设计、施工图设计、结构详图设计。

2 软件建模及计算宜包含装配式结构设计功能，能够和其他 BIM 建模软件实现模型相互转换。

【条文说明】

软件宜具备实现学生结构设计实训能力培养的相关功能。结构类型包括混凝土结构和钢结构。为了完成装配式结构实训内容，软件宜包含装配式结构相应的设计功能，包括结构选型、参数设置、结构拆分等。结构建模分析软件宜能和 BIM 建模软件进行模型的相互转换，实现在成熟平台上的多专业协同设计。

4.3.8 结构设计模块课程设置宜符合下列规定：

- 1 课程实训模块设置和学生能力培养目标的对应关系宜符合表 4.3.8 中的规定。
- 2 《钢结构（智能）设计原理》实训模块设置宜符合下列规定：
 - 1) 学时 16 学时±4 学时；
 - 2) 宜包含工程数学软件应用和两种有限元分析软件实现钢结构构件计算。
- 3 《钢结构（智能）课程设计》实训模块设置宜符合下列规定：
 - 1) 学时 40 学时；
 - 2) 宜包括钢框架结构建模和整体分析和结构深化设计。
- 4 《混凝土结构（智能）设计原理》实训模块设置宜符合下列规定：
 - 1) 学时 8 学时±2 学时；
 - 2) 宜包括工程数学软件完成混凝土构件设计。
- 5 《混凝土结构（智能）课程设计》实训模块设置宜符合下列规定：
 - 1) 学时 40 学时；
 - 2) 宜包括混凝土预制构件设计及施工详图绘制。
- 6 《装配式混凝土结构（智能）设计》实训模块设置宜符合下列规定：
 - 1) 学时 16 学时±4 学时；
 - 2) 宜包括装配式混凝土结构建模和整体分析和结构深化设计。

表 4.3.8 结构设计课程实训模块设置与能力培养目标达成关系表

序号	能力/课程 (学时)	钢结构智能设计 原理 (16±4)		钢结构课程设计 (40)		混凝土结构智能 设计原理 (8±2)	混凝土结构课程 设计 (40)		装配式混凝土结构 智能设计 (16±4)	
		工程数学 软件应用 (8)	钢框架 结构有 限元计 算 (8)	钢框架结 构建模 和整体 分析 (24)	钢框架 结构深 化设计 (16)	工程数学软件 应用 (8)	混凝土叠 合楼板设 计 (24)	施工详 图绘制 (16)	装配式 混凝土 结构建 模分析 (8)	结构深 化设计 (8)

1	结构选型			√			√		√	
2	结构建模		√	√			√		√	
3	结构分析 (手算)	√		√		√	√			
4	结构分析 (电算)		√	√			√		√	
5	构件和节点 设计	√		√		√	√		√	
6	施工图绘制			√				√		
7	装配式结构 拆分				√					√
8	构件深化设计				√			√		√

【条文说明】

1 结构选型指的是结构体系确定、构件布置方案选择和截面尺寸预估，使学生具备结构概念设计能力。

2 结构建模指的是在有限元软件中建立建筑结构体系的模型，包括轴网、构件、截面、材料、连接和边界约束、荷载等设置。

3 结构分析(手算)指的是学生手写或应用工程数学软件完成结构构件计算。

4 结构分析(电算)指的是应用有限元分析软件进行结构力学性能分析，基于设计行业标准需要，需采用两种有限元软件分析，计算结果相互校核并和手算结果校核。

5 构件和节点设计指的是对装配式钢结构和混凝土结构的主要构件和节点进行设计，满足相关规范规定的承载力极限状态和正常使用极限状态的设计指标要求，如钢结构构件设计包括轴心受压构件、梁和偏心受压构件的强度、刚度和稳定性计算；

6 施工图绘制指的是根据结构分析和设计结果，绘制结构构件和节点的施工图纸；

7 装配式结构拆分指的是根据装配式结构构件生产、运输和现场安装要求，对整体结构进行合理拆分，可应用相关专业软件辅助完成。

8 构件深化设计指的是对接生产环节，对构件的构造设计细化和完善，形成可服务于构件生产的设计方案。

9 钢框架结构指的是一榀钢结构框架。钢框架结构建模和整体分析中包括采用简化算法手算初步确定钢框架结构的主要特性，如自振周期、荷载及作用总和等，为有限元分析提供方向和验证依据。深化设计建议考虑非结构构件的装配式

设计，即钢结构构件深化设计方案与非结构构件形成部品时的设计细节。

10 混凝土叠合楼板结构选型指的是选用单向板或双向板方案，进行楼板拆分设计；结构建模和分析包括采用结构设计软件进行叠合楼板受力分析计算、节点设计及施工验算；结构深化设计建议采用普通叠合板，包括预制板布置、预制板大样详图等。

11 装配式混凝土结构建模分析指的是采用结构设计软件电算确定剪力墙结构的墙身设计如截面尺寸、构造配筋等，连接设计如水平接缝设计、竖向钢筋连接设计等，以及水平构件设计如水平现浇带设计、连梁设计等，为结构深化设计提供基础。结构深化设计建议采用装配整体式混凝土结构，考虑装配率、构件生产、构件运输及吊装等因素，确定剪力墙结构构件拆分设计和各类构件细节设计。

12 《钢结构课程设计》和《混凝土结构课程设计》建议各集中在一周内完成。

4.4 生产和施工类

I 构件生产

4.4.1 构件生产模块实训对应构件生产与管理类课程，实训宜能使具备构件工厂建设及布置、图纸深化设计、构件生产准备、构件生产工艺设计、构件性能管理的能力，能够应用软件完成构件生产流程了解、构件生产要素管理、多模台多批量生产调度优化，控制工序及产品质量等。

【条文说明】

构件生产与管理类包括预制（结构）构件、建筑部品、集成式厨房、集成式卫生间等不同类型构件的生产及管理的范畴。

结合新时代建筑行业变革中对装配式建造技术的推广与相关人才能力匹配需求，构件生产作为装配式建筑技术的主要内容，要求土木类专业学生应掌握图纸深化设计、构件生产工艺流程、生产要素优化管理、进度及品质控制深度融合的能力，培养学生深度识图、流程管理、要素管理、品质控制以及信息化平台应用的能力，完成构件生产全流程全要素的管理优化。

4.4.2 构件生产与管理类模块计算机硬件配置宜符合表 4.1.3 规定。

【条文说明】

计算机硬件配置宜能流畅的显示 BIM5D 轻量化模型、构件运输管理 GIS 地图实时显示，具有较高的数据存储、调用、分析计算效率，表 4.1.3 规定的计算机硬件配置为最低要求。

4.4.3 构件生产与管理模块软件配置宜符合下列规定：

1 软件宜能完成新建项目维护、用户权限管理、图纸深化设计、构件需求计划管理、物料需求计划管理（包括材料、配件、采购计划、领用与盘点）、模板计划管理（包括模具加工、使用维护）及生产计划管理（包括订单情况、工期安排、人力资源安排、动态生产计划）等。

2 软件需求为：支持 BIM 模型导入与数据绑定、生产流程多用户应用、生产状态及流程要素管控、结果分析等。

【条文说明】

1 建模软件、图纸深化软件、企业 ERP 系统、RFID 及移动互联网设备等能够通过数据交换标准格式实现构件生产集成化管理软件的兼容。

2 软件宜具备实现学生构件生产与管理实训能力培养的相关功能。为了完成构件生产与管理实训内容，软件宜包含生产工艺流程分析、生产要素投入分析、进度分析、质量及缺陷分析的功能等。

4.4.4 构件生产与管理模块课程设置宜符合下列规定：

1 课程实训模块设置和学生能力培养目标的对应关系宜符合表 4.4.1 中的规定。

2 《构件生产与质量控制关键技术》实训模块设置宜符合下列规定：

1) 学时为 48 学时。

2) 掌握构件深化设计技术、构件工序流程制作技术、构件生产进度管理技术、构件质量控制与缺陷追溯技术等，以及各自的基本原理与方法，并掌握多订单、多模台等特殊场景下时的构件生产与管理要求。

表 4.4.1 构件生产课程实训模块设置与能力培养目标达成关系表

序号	能力/课程 (学时)	构件生产与质量控制关键技术（48）	
		构件深化设计技术、构件工序流程制作技术、构件生产进度管理技术、构件质量控制与缺陷追溯技术等（36）	多订单、多模台等特殊场景下时的构件生产与管理要求（12）
1	图纸设计	√	√
2	流程设计	√	√
3	过程要素管理	√	√

4	性能评价与 管控	√	√
---	-------------	---	---

II 施工技术

4.4.5 施工技术模块实训对应建筑施工技术与工艺类课程，实训宜能使具备施工技术方案设计、施工设备选择的能力，并能够通过软件完成相关计算分析、工艺与技术优化，达到根据工程具体条件和要求，分析、解决一般施工技术问题的能力的目的。

【条文说明】

建筑施工类包括传统的土方、基础、钢筋混凝土等建筑施工，以及装配式建筑施工及智慧施工的范畴。

结合新时代土木工程发展对施工技术的需求，培养学生掌握传统施工与智能施工的原理与工艺，具备能将大数据、BIM 技术、深度学习、物联网、机器人、数字化项目管理等新兴技术深度融合于传统施工的能力，培养学生利用虚拟仿真软件学习现场施工过程、了解传统施工技术与新兴技术的融合、掌握应用施工技术的能力，完成施工技术、工艺的优化与升级。

4.4.6 施工类模块计算机硬件配置宜符合表 4.1.3 规定。

4.4.7 施工技术模块软件配置宜符合下列规定：

- 1 软件宜能完成建模及计算、工艺优化、虚拟施工等。
- 2 软件需求为：建模软件、数值计算、结果分析、施工过程仿真等。

4.4.8 施工技术模块课程设置宜符合下列规定：

- 1 课程实训模块设置和学生能力培养目标的对应关系宜符合表 4.4.4 中的规定。
- 2 《施工技术及原理》实训模块设置宜符合下列规定：
 - 1) 学时为 24 学时。
 - 2) 掌握深基础施工技术、钢筋混凝土施工技术、装配式建筑施工技术等，以及各自的施工原理与施工机械，并掌握特殊工况时的施工要求。
- 3 《智能施工技术》实训模块设置宜符合下列规定：
 - 1) 学时为 40 学时。
 - 2) 了解新兴智能化理念与前沿技术，掌握智能化施工技术，结合具体工

工程项目，应用选定软件进行施工过程的建模、计算及优化工作。

3) 通过虚拟仿真软件，了解传统及新兴施工技术在建筑行业的实际应用场景，了解各施工技术在实际使用中的价值点。

表 4.4.4 施工技术课程实训模块设置与能力培养目标达成关系表

序号	能力/课程（学时）	施工技术及原理（12）		智能施工技术（80）		
		深基础施工技术、钢筋混凝土施工技术、装配式建筑施工技术等技术（9）	施工技术原理及特殊工况施工要求（3）	新兴施工技术、软件学习（24）	建模及计算分析（24）	新兴施工技术在建筑业的应用（32）
1	建模			√	√	
2	计算分析	√	√	√	√	
3	施工技术、原理及机械	√	√			√
4	施工图绘制	√	√			

【条文说明】

1 建筑施工技术指的是研究建筑工程施工中各主要工种工程的施工工艺、技术和方法的科学。以建筑工程项目为对象，研究综合运用有关学科的基本理论、知识和有关施工规律，以最好的经济效益完成建筑施工任务。

2 新兴施工技术指的是将 BIM 技术、机器学习、5G、物联网、云计算、机器人、数字化项目管理等新兴智能化理论及技术与土木施工技术相结合，并予以实际运用，同时涵盖有智慧工地、智慧机械等施工理念与技术特点。

3 深基础施工技术指的是掌握基础及地下结构分析原理，研究基础工程的地质环境及其评估方法、基础开挖后的力学动态、支护结构的力学效应及其特征、支护体系的设计及优化原则和方法等；掌握基础工程主要施工技术和方法，施工期间的力学动态与行为，基础与地下工程地质灾害理论体系，以及基础与地下工程设计与施工的信息化方法等。

4 钢筋混凝土施工技术指的是掌握模板的制作、安装与调试等；掌握钢筋的采购、运输、验收、保管、加工、制作与安装等；掌握混凝土的制作、拌和、运输、浇筑、振捣、养护、缺陷处理等。该施工工艺包含有施工准备，材料采运，加工，模板及钢筋制作与安装，混凝土搅拌与运输，浇筑振实，养护，拆模，养护，检查验收。

5 装配式建筑施工技术指的是把传统建造方式中的大量现场作业工作转移

到工厂进行，在工厂加工制作好建筑用构件和配件（如楼板、墙板、楼梯、阳台等），运输到建筑施工现场，通过可靠的连接方式在现场装配安装而成。掌握建筑构件的设计、制作及装配原理；掌握装配式施工的工艺流程等。

6 建模指的是针对特定的施工技术或者工法，应用合适的商业软件，对施工环境、施工工法、建造过程等建立数值模型，为后续计算分析提供模型基础。

7 计算分析指的是基于建立的数值模型，予以参数分析与结果优化；同时指施工技术中涉及到的土方调配、钢筋设计等施工参数的设计、计算与分析。

8 施工技术、原理及机械指的是施工过程中采用的各种建筑施工技术与其对应的施工原理，以及各自施工过程中所需使用的施工设备。

9 施工图绘制指的是针对不同施工工法，确定不同施工参数的设计方法及作业进度表的设计计算。

10 《智能施工技术》学时建议集中在 2 周内完成。

III 施工组织

4.4.9 施工组织模块实训对应建筑施工组织与管理类课程，实训宜能使具备 BIM 建模、进度管理和成本控制的能力，能够使用软件完成工艺优化，加快施工进度，控制施工成本。

【条文说明】

施工组织是指建筑施工组织与管理，也包括装配式建筑施工及智慧施工的范畴。

结合新时代土木工程施工对组织能力的需求，培养学生在新的信息手段下，将 BIM 技术与施工进度管理、成本控制深度融合的能力，培养学生 BIM 技术应用、进度管理、成本控制的能力，完成质量、进度、成本优化。

4.4.10 施工类模块计算机硬件配置宜符合表 4.1.3 规定。

【条文说明】

计算机硬件配置宜能流畅的显示 BIM5D 模型，具有较高的分析计算效率，表 4.1.3 规定的计算机硬件配置为最低要求。

4.4.11 施工设计模块软件配置宜符合下列规定：

- 1 软件宜能完成建模及计算、工艺优化、造价管理、进度管理。
- 2 软件需求为：建模软件、土建算量、施工现场规划软件、施工管理软件、

施工进度计划编制软件。

【条文说明】

1 建模软件与算量软件、规划软件及施工管理等软件能够通过数字建筑数据交换标准格式实现兼容。

2 软件宜具备实现学生施工管理实训能力培养的相关功能。为了完成施工管理实训内容，软件宜包含进度优化及成本分析的功能等。

4.4.12 施工设计模块课程设置宜符合下列规定：

1 课程实训模块设置和学生能力培养目标的对应关系宜符合表 4.4.8 中的规定。

2 《工程施工组织与管理》实训模块设置宜符合下列规定：

1) 学时 16 学时；

2) 进行 BIM5D 软件中各功能模块的操作及应用。

3 《BIM5D 施工组织设计课程设计》实训模块设置宜符合下列规定：

1) 学时 40 学时；

2) 结合具体工程项目，应用 BIM5D 软件进行施工进度计划编制，造价数据确定及成本、进度控制及优化工作。

表 4.4.8 施工组织课程实训模块设置与能力培养目标达成关系表

序号	能力/课程（学时）	工程施工组织与管理 (16)		BIM5D 施工组织设计课程设计 (40)	
		BIM 进度计划 (8)	BIM 施工场布 (8)	施工组织方案等设计 (24)	BIM5D 软件应用-进度、成本优化设计 (16)
1	施工场地布置及建模		√		√
2	计算分析	√	√	√	
3	进度计划编制及优化	√		√	√
4	成本分析			√	√

【条文说明】

1 施工场地布置及建模指的是学生能够利用相关的场布软件，根据提供的工程背景，实现三维场地模型的整体构建。

2 计算分析指的是学生借助 BIM5D 软件，根据提供的工程变更等条件计算分析进度、成本等的变化情况。

3 进度计划编制及优化指的是学生结合具体工程项目，进行施工组织方案设计和施工进度计划编制，结合造价数据，进行进度控制及优化工作。

4 成本分析指的是学生在造价编制的基础上，将造价数据的成果与 BIM 模型相结合，并结合进度变化，分析成本的变化。

5 施工进度计划指的是控制工程施工进度和工程施工期限等各项施工活动的主要依据，是施工组织设计的关键内容。

6 BIM5D 指的是在 BIM 三维模型的基础上，加入时间(Time)和成本(Cost)两个维度而成的五维信息载体。

7 《BIM5D 施工组织设计课程设计》学时建议集中在一周内完成。

4.5 管理类

4.5.1 管理类实训模块对应于工程管理类课程，实训宜使学生具备工程项目（智能建造）全过程管理与决策能力，通过模拟智能建造工程案例，模拟真实建设环境、模拟实际参建角色，真实体验智能建造管理业务流程，掌握工程经济分析、全过程策划与管理、风险分析，以及决策能力。

【条文说明】

智能建造是以现代通用的信息技术为基础，建造领域的数字化技术为支撑，实现建造过程一体化和协同化。因此，智能建造不仅是建造技术的智能化转型升级，更对建造管理和决策模式产生了深刻变革。为真正实现智能建造的效率和效益，智能建造人才需具备工程项目智能建造全过程管理与决策能力。

4.5.2 管理类模块计算机硬件配置宜符合表 4.1.3 规定。

【条文说明】

计算机硬件配置宜能流畅运行工程计量计价软件、项目财务报表编制软件、BIM 项目管理电子沙盘软件，表 4.1.3 规定的计算机硬件配置为最低要求。

4.5.3 管理类模块课程设置宜符合下列规定：

1 课程实训模块设置和学生能力培养目标的对应关系宜符合表 4.5.3 中的规定。

2 《工程经济分析实验》实训模块设置宜符合下列规定：

1) 学时 40 学时；

2) 宜包含工程项目财务辅助报表、财务报表编制，财务评价指标计算与盈利能力与偿还能力分析，以及风险及不确定性分析等内容。

【条文说明】

所谓财务辅助报表是为编制财务报表而先行编制的报表，比如投资估算表、收入预测表、总成本费用表等。财务报表一般包括全部投资的现金流量表和自有资金投资的现金流量表、损益表、资产负债表等。财务评价指标宜包括盈利能力评价指标和偿债能力评价指标。盈利能力评价指标宜包括财务净现值、财务内部收益率和财务投资回收期。偿债能力评价指标宜包括利息备付率和偿债备付率。风险及不确定性分析宜包括盈亏平衡分析和敏感性分析。其中敏感性分析至少包括单因素敏感性分析。要根据风险及不确定性分析的结果提出风险防范的建议。

3) 软件配置宜能兼容常用的文字处理软件和数据处理软件，能够编制财务评价相关报表，自动计算财务评价指标，实现分析结果的视觉呈现；能够基于初始条件生成数据，并根据设定的程序进行自动处理，自动生成视图。软件操作能够实现视窗化，并附带相关操作说明，人机界面友好。

【条文说明】

软件必须具备丰富的报表呈现功能，数据统计分析功能，外部数据导入功能，处理数据导出功能。输入原始数据和条件参数，软件能够根据输入数据和条件参数进行智能化处理，处理结果以图和表的形式实时呈现。处理的结果能够方便导出，形成文档性报告。

3 《工程管理全过程模拟》实训模块设置宜符合下列规定：

1) 学时 24 学时±8 学时；

2) 宜包括项目策划、方案优化、项目实施过程模拟、成本控制。

【条文说明】

工程管理沙盘模拟实训包括：(1) 项目团队建设，模拟实际参建角色及任务分工，并以团队为单位完成项目策划和实施全过程管理。(2) 项目策划及优化，包括绘制进度计划横道图，并根据计划完成工、料、机等各项资源的需求量计划、工程量完成计划、融资计划、风险防范计划等内容及现金流量分析，并对方案进行优化；(3) 根据策划方案模拟实施过程，监控材料消耗、现金流，进行成本核算，恰当变更及风险控制，妥善控制成本。

3) 软件配置宜能完成策划方案数据输入及现金流计算，策划方案分析及评分；实施方案数据输入及成本核算、执行分析及评分。电子（实物）

沙盘能模拟项目实施全过程。

【条文说明】

策划分析一般可包括项目策划状态分析及预警，包括工程量完成状态、劳务班组状态、现场机械状态、模板状态、现场材料状态、贷款状态、结算状态、欠付状态等；策划方案现金流测算；以及策划方案评分。项目执行分析一般可包括项目执行现金流测算、项目执行状态分析、项目执行绩效评分等。

表 4.5.3 管理课程实训模块设置与能力培养目标达成关系表

序号	能力/课程（学时）	工程经济分析实验（40）			工程管理沙盘模拟实训（24±8）					
		投资估算及现金流量表编制（28）	经济评价及不确定性分析（8）	投资决策（4）	工期、资源计划（3）	融资计划与现金流分析（3）	工期-资源优化（8±2）	风险防范计划与变更（2±2）	项目执行过程模拟及月末结算与分析（4±2）	项目执行成本核算与分析（4±2）
1	工程经济分析	√	√	√		√				
2	工程策划管理	√			√	√	√	√		
3	工程实施管理							√	√	√
4	风险管理		√					√		
5	决策分析			√			√			√

【条文说明】

1 工程经济分析指的是对各种智能建造技术方案的经济效益进行计算、分析和评价的能力，使智能建造技术有效地服务建设目标。

2 工程策划管理指的是在项目实施前进行科学化、系统化和规范化策划的能力，包括进行工期与资源的计划与优化、融资计划与现金流分析等能力。

3 工程实施管理指的是围绕建设目标，按照项目计划进行逐步实施和动态控制的能力。

4 风险管理指的是能通过风险识别、风险分析、和风险评价、去认识工程项目的风险，并以此为基础合理地使用各种风险应对措施、管理方法、技术和手段对风险实行有效地控制的能力。

5 决策分析指的是运用系统的观点分析管理决策问题，对项目投融资方案、项目计划等内容做出科学决策的能力。

6 《工程经济分析实验》学时建议集中在一周内完成。

4.6 应用场景类

4.6.1 应用场景包括 3D 打印混凝土、隧道施工安全、低碳建筑、智慧工地等智能建造技术应用场景。

【条文说明】本节应用场景设置供参考,可根据相关专业培养方案设置应用场景。

I 3D 打印混凝土

4.6.2 3D 打印混凝土模块实训对应智能建造类课程,实训能使具备构件数字设计、建模、打印路径规划、模拟打印、3D 打印混凝土的实际操作能力,熟练掌握 3D 打印混凝土原理和打印基础操作,熟悉 3D 打印构件或建筑的设计、建造流程。

4.6.3 3D 打印混凝土模块硬件配置宜符合下列规定:

1 计算机配置宜符合表 4.1.3 规定;

2 3D 打印混凝土设备宜符合如下规定:

- 1) 3D 打印混凝土设备宜包含动力系统、打印控制系统、材料处理系统、打印工具头;
- 2) 动力系统具有使打印工具头在三维空间内移动功能,可根据打印程序路径运动,满足打印需求。宜使用具有五个及以上自由度的动力系统。宜满足建筑构件 3D 打印的打印范围需求。
- 3) 控制系统宜具有设备状态监控和综合控制功能,可实时监测打印硬件是否正常运行。宜具有手动交互模式,可在打印过程中开关及调节打印速度。
- 4) 材料处理系统可对原材料进行搅拌、泵送处理,处理后输送到打印工具头供打印使用。宜具有供料速率调节功能。宜具有自动执行、自动注水等自动化功能。
- 5) 打印工具头宜具有改变打印宽度功能。
- 6) 打印精度宜不大于各方向打印量程的千分之一,且不宜超过 2mm。
- 7) 宜配备高精度电子秤、混凝土流动度测试设备等辅助设备。

4.6.4 3D 打印混凝土模块软件配置宜符合下列规定:

- 1 宜具有主流三维建模软件文件读取接口。
- 2 宜具有具备打印路径编程功能,包括对三维模型进行切片、生成打印路径、

设定打印速度、生成打印设备控制代码等。

3 宜具有打印模拟功能，宜具有打印范围检测、周边环境碰撞检测、打印时间估算等功能。

4.6.5 3D 打印混凝土模块课程设置宜符合如下规定：

1 课程实训模块设置和学生能力培养目标的对应关系宜符合表 4.6.4 中的规定；

2 《3D 打印混凝土-理论与基础》实训模块设置宜符合下列规定：

1) 学时 22±4 学时；

2) 宜包括 3D 打印混凝土原理与发展现状、数字建筑设计基础、三维建模软件基础、路径规划与程序代码、3D 打印混凝土模拟。

3 《3D 打印混凝土-应用》实训模块设置宜符合下列规定：

1) 学时 32 学时；

2) 宜包括 3D 打印混凝土设备操作基础、3D 打印混凝土构件设计及打印。

表 4.6.5 3D 打印混凝土课程实训模块设置与能力培养目标达成关系表

序号	能力/课程(学时)	3D 打印混凝土-理论与基础 (22±4)					3D 打印混凝土-应用 (32)	
		3D 打印混凝土原理与发展现状 (4)	数字建筑设计基础 (8)	三维建模软件基础 (4)	路径规划与程序代码 (4)	3D 打印混凝土模拟 (2)	3D 打印混凝土设备操作基础 (2)	3D 打印混凝土构件设计及打印 (30)
1	理论学习	√	√	√	√	√	√	
2	模型搭建		√	√				
3	路径规划与代码生成				√	√		
4	构件设计		√	√				√
5	设备操作						√	√

II 隧道施工安全

4.6.6 隧道施工安全模块仿真实训对应隧道与地下工程施工课程，实训宜能使学生具备塌方灾害原因分析、抢险救援技术优选等能力。

【条文说明】

本条结合土木工程对隧道塌方灾害处治能力的需求而成。

4.6.7 隧道施工安全模块计算机硬件配置宜符合表 4.1.3 规定。

【条文说明】

计算机硬件配置宜能流畅的显示结构模型，具有较高的结构分析计算效率，表 4.1.3 规定的计算机硬件配置为最低要求。

4.6.8 隧道施工安全模块软件配置宜符合下列规定：软件宜能仿真软弱围岩隧道施工过程、围岩快速劣化过程、衬砌掉块过程、围岩渐进式塌方过程。

【条文说明】

软件宜具备实现学生隧道施工安全技术实训能力培养的相关功能。隧道施工塌方包括关门塌方和非关门塌方。为了完成隧道施工安全技术实训内容，软件宜包括隧道塌方事故及抢险救援过程模拟、学生交互操作及反馈等内容。

4.6.9 隧道施工安全模块课程设置宜符合下列规定：

1 课程实训模块设置和学生能力培养目标的对应关系宜符合表 4.6.8 中的规定。

2 《隧道与地下工程施工》实训模块设置宜符合下列规定：

1) 学时 16 学时±8 学时。

2) 宜包含软弱围岩隧道塌方灾害处治及防灾救援技术。

表 4.6.8 隧道施工安全课程实训模块设置与能力培养目标达成关系表

序号	能力/课程（学时）	隧道与地下工程施工 (16±8)	
		软弱围岩隧道塌方灾害原因分析 (6)	塌方灾害处治及防灾救援技术 (10)
1	围岩压力分析	√	
2	灾害成因分析	√	
3	生命通道方案优选		√
4	逃生通道方案优选		√

【条文说明】

1 围岩压力分析指的是学生采用隧道设计规范中衬砌荷载计算方法并考虑围岩级别等信息进行的围岩压力快速估算。

2 灾害成因分析指的是学生采用岩体力学、工程地质与水文地质等知识，快速判断导致隧道塌方的主要原因。

3 生命通道方案优选指的是学生应用隧道施工力学快速确定打通生命通道的施工方案，为被困人员输送空气、食物，进行信息传递以及心理干预。

4 逃生通道方案优选指的是学生应用隧道力学、结构力学、钢结构等知识，

优选出逃生通道施工方案。同时，由于塌方极为复杂，坍塌体中可能存在孤石、钢筋，或者坍塌体极为松散、无自稳能力等，救援抢险的过程中随时都可能发生意外，因此，需要学生制定出逃生通道施工应急处置方案。

III 低碳建筑

4.6.10 低碳建筑模块实训对应低碳建筑设计类课程，实训宜能使具备低碳建筑建模、模拟和低碳建筑评价的能力（主要针对资源节约和健康舒适两项进行评价），能够使用软件完成基于能耗和碳排最低的建筑热工优化设计。

【条文说明】

本条结合智能建造对建筑能耗和碳排放能力的需求及建筑工业化背景下装配式建筑设计需求而成。

4.6.11 低碳建筑模块计算机硬件配置宜符合表 4.1.3 规定。

【条文说明】

计算机硬件配置宜能流畅的显示结构模型，具有较高的结构分析计算效率，表 4.1.3 规定的计算机硬件配置为最低要求。

4.6.12 低碳建筑模块软件配置宜能完成建筑建模及冷热负荷计算、建筑内外环境模拟、能耗与碳排放分析、绿色建筑评价。

4.6.13 低碳建筑模块课程设置宜符合下列规定：

1 课程实训模块设置和学生能力培养目标的对应关系宜符合表 4.6.12 中的规定。

2 《冷热源课程设计》实训模块设置宜符合下列规定：

- 1) 学时 40 学时±2 学时；
- 2) 宜包含冷热源方案比较分析，能耗与碳排放计算，实现节能设计。

3 《室内环境系统设计》

- 1) 学时 40 学时±2 学时；
- 2) 宜包含室内负荷计算软件应用，环境控制系统方案比较及构成。

4 《装配式建筑可持续设计》

- 1) 学时 80 学时±4 学时；
- 2) 宜包含装配式建筑热工性能节能判断，建筑模型的建立以及利用绿色建筑相关软件进行绿色建筑等级评价。

表 4.6.12 低碳建筑课程实训模块设置与能力培养目标达成关系表

序号	能力/课程（学时）	冷热源课程设计 （40）		室内环境系统设计 （40）		装配式建筑可持续设计 （80）	
		冷热源方案 比较（8）	施工图绘制 （32）	负荷计算及 方案比较 （16）	施工图绘制 （24）	建筑建模 （40）	绿色建筑评 价（40）
1	系统方案选择	√		√			
2	建筑建模					√	
3	负荷计算（手算电算）			√			
4	水力计算	√		√			
5	施工图绘制		√		√		
6	绿色建筑评价						√

【条文说明】

1 系统方案选择指的是冷热源方案及空调系统末端方案的比较确定，使学生具备各种方案概念设计能力。

2 建筑建模指的是利用专业软件对建筑物建立物理模型，并在模型中输入维护结构的热工参数。

3 负荷计算手算指的是应用相关知识对建筑物某一典型房间进行冷热负荷计算。负荷计算电算指的是应用专业软件首先对典型房间完成冷热负荷的计算并与手算结果比较，误差在允许范围内表明软件使用正确，然后继续进行整个建筑物的冷热负荷计算。

4 水力计算指的是对设备及管路系统进行阻力计算确定管道尺寸和选择动力设备型号。

5 施工图绘制指的是在完成相关计算后进行采暖或空调系统施工图的绘制。

6 绿色建筑评价指的是利用绿色建筑软件对建筑环境的声、光、热以及能耗与碳排放的模拟分析，对应于绿色建筑评价分值中资源节约和健康舒适中的部分评价内容，未包括安全耐久、生活便利、环境宜居评分项。

7 《冷热源课程设计》和《室内环境系统设计》学时建议各集中在一周内完成，《装配式建筑可持续设计》学时建议集中在两周内完成。

IV BIM+智慧工地

4.6.14 智慧工地实训模块对应智能建造类课程，实训宜使学生具备项目施工过程中数字化综合管理、智慧工地平台运用、软硬件实操的能力，能完成基于数字化

管理平台、智能硬件、AI 等工具的项目全生命周期智慧化管理。

4.6.15 智慧工地模块硬件配置宜符合下列规定：

1 计算机配置宜符合表 4.1.3 规定；

2 智慧工地其他设备宜符合如下规定：

1) 劳务管理

宜包含智能安全帽、翼闸、人脸识别设备，显示器、投屏设备、人员定位设备、手持人员信息采集设备、安全帽柜子；

2) 智能视频监控

宜包含高速球机、红外枪机、8 口汇聚交换机、硬盘录像机、智能硬件设备、不小于 55 寸显示器、网络机柜、24 口主交换机、键鼠；

3) 虚实互动塔吊监测

宜包含塔机模型、塔机监测设备、座舱、操作台等；

4) 普通塔机监测

宜包含塔机模型、塔机监测设备；

5) 升降机安全监测

宜包含升降机模型、升降机监测设备、遥控器；

6) 物料现场验收

宜包含工控机、高清显示器、双联机柜、高拍仪、模拟地磅、汽车模型等；

7) 基坑监测系统

宜包含测量倾角、位移、应力应变等检测设备；

8) 高支模监测系统

宜包含模架架体、传感器、监测主机、模拟浇筑施压装置等；

9) 环境在线监测及喷淋控制

宜包含环境质量监测设备、喷淋控制箱、水泵、水桶、管道及喷头等；

10) 安全教育类硬件可包括 VR 行走平台、安全蛋椅等；

11) 建筑机器人可包括：混凝土找平机器人、抹平提浆机器人、抹光收面机器人、四足机器狗等。

【条文说明】

1 智能视频监控设备参数宜满足：红外枪机, ≥ 200 万像素，球机摄像头 ≥ 200

万像素；硬盘录像机：≥1 盘位；硬盘：≥2T。

2 虚实互动塔吊监测、普通塔机监测设备宜包括：重量传感器、幅度传感器、高度传感器、风速传感器、倾斜传感器、无线通讯防碰撞模块、电子罗盘、监测主机、吊钩可视化摄像头。

3 升降机监测设备易包括：重量传感器、高度传感器、倾斜传感器、驾驶员人脸识别、监控主机。

4 物料现场验收硬件还易包括：UPS 电源、16 口交换机、打印机、蓝牙便携针式打印机、红外对射仪、12V 电源、枪式摄像头、半球摄像机、车牌识别摄像头、功放、音箱、桌面话筒、硬盘录像机。

5 基坑监测设备易包括：无线倾角仪监测设备、锚索计监测设备、智能无线数据采集终端监测设备、自动化测斜传感器监测设备、测斜安装杆监测设备、二维面阵激光位移计监测设备、自动化水位计监测设备、静力水准仪监测设备、应变计监测设备。

6 高支模传感器宜包含：倾斜监测、位移监测、轴压监测。

4.6.16 智慧工地软件配置宜符合下列规定：

智慧工地软件宜包含劳务管理、大型机械、物料、工艺工法、环境监测系统，并支持数字化管理平台数据集成及分析。

1 BIM+智慧工地平台宜满足：利用先进技术，以进度为主线，成本为核心，集成软硬件、实时汇总数据，实现建筑实体、生产要素、管理过程的全面数字化。

2 人员管理系统宜包含：实名制登记、劳务评价、教育培训、人员考勤、工资发放等；

2 视频监控系统宜包含：实时监控画面、延时摄影、AI 识别、数据集成同步等功能；

3 虚实互动塔吊监测系统宜包含：模拟操作、数据采集、数据集成等；

4 塔吊、升降机运行状态监控系统宜包含：负载、稳定、运行轨迹、运行速度、能耗分析、预警报警、功效分析；

5 物资管理系统宜包含：物资进场验收、物资入库、物资出库、物资调拨、物资跟踪、物资退还、物资台帐管理等；

6 基坑监测系统宜包含：数据自动采集与实时传输，建模分析；

7 高支模监测系统宜包含：监测关键点的模板沉降、立杆轴力、立杆倾斜、模板水平位移以及地基沉降等参数，实时查看监测数据，系统自动报警；

8 环境监测系统宜包含：数据实时传输功能、污染源超标报警功能。具宜备自动处置功能、监测点定位功、历史数据查看与下载、环境监管统计分析等功能；

9 VR 行走平台系统宜包含：多项安全事故场景，并可查看 BIM 土建模型等信息。

【条文说明】

1 BIM+智慧工地平台的先进技术宜包含：IoT、BIM、大数据、AI、机器人等。

2 视频监控系统宜包含：远程查看现场实时画面，多视角了解施工实况；记录现场历史视频，留存取证，并支持云端查看；抓拍施工问题，记录施工进度；定时抓拍生成延时摄影视频，记录施工动态形象进度；无需人员值守，自动识别现场安全问题，包括未戴安全帽、未穿反光衣、区域入侵等不少于 8 种算法；识别结果实时同步到云端智慧工地、视频监控等平台，使管理人员可远程把控现场安全状况；对监控区域内人员进行姿态检测，识别人体站、座、蹲至少 3 种姿态；可识别厂区内人员聚集情况，聚集人数阈值可自定义，当监控区域人数超过阈值时进行报警。

3 虚拟互动塔吊系统宜满足：支持虚拟现实制作软件发布的虚实结合场景操作功能，可真实模拟远程程序化控制塔机工作原理，制作过程无需编程；可通过遥控控制，还支持驾驶舱操纵杆控制；支持采集塔机操作过程中的各种数据功能并预警报警；支持与智慧工地平台数据对接。

4 基坑监测系统宜满足：监测数据的自动采集和实时传输，运用数学模型和回归分析、差异分析等数理方法对采集到的各类数据进行数字化建模分析，形成各类变化曲线和图形、图表，并实时报警功能。

5 VR 行走平台系统宜满足：支持在 VR 行走台体验 34 项安全事故场景，以及如高处坠落、物体打击、机械伤害、坍塌、火灾以及触电六大伤害。支持在 VR 行走平台上直接查看 BIM 土建模型构件的图元信息、类别、砼标号、砼类型、厚度、标高信息、汇总类型、材质、砂浆标号、砂浆类型、截面高度和宽度等对应的属性信息等。

4.6.17 智慧工地模块课程设置宜符合如下规定：

- 1 课程实训模块设置和学生能力培养目标的对应关系宜符合表 4.6.16 中的规定；
- 2 《智能建造技术与设备》实训模块设置宜符合下列规定：
 - 1) 学时 24 学时；
 - 2) 宜包括智能建造常用技术及对应设备的基础知识，专业软件应用、硬件设备应用。
- 3 《建筑机器人应用》实训模块设置宜符合下列规定：
 - 1) 学时 24 学时；
 - 2) 宜包括 Python 编程、机器人操作系统基础、机器人动力学控制、机器人控制实验。
- 3 《建筑工程物联网》实训模块设置宜符合下列规定：
 - 1) 学时 24 学时；
 - 2) 宜包括物联网技术体系、标识与感知、物联网通信、物联网数据处理、物联网控制等。

表 4.6.17 智慧工地课程实训模块设置与能力培养目标达成关系表

序号	能力/课程 (学时)	《智能建造技术与设备》 16 学时			《建筑机器人应用》 24 学时			《建筑工程物联网》 24 学时		
		基础知识 (4)	专业软件应用 (6)	硬件设备实训 (6)	施工机器人操作系统基础 (8)	机器人动力学控制 (8)	施工机器人操作实训 (8)	物联网技术体系 (6)	物联网数据处理 (8)	物联网控制实训 (10)
1	理论学习	√			√	√		√		
2	专业软件应用		√		√	√		√	√	√
3	IOT 采数与分析			√					√	√
4	机器人操作					√	√			
5	智慧工地数据综合应用		√	√			√			√

5 管理设置

5.1 管理制度

- 5.1.1 智能建造实训中心可由归属单位负责建设管理，实训安排由教务部门统一组织。
- 5.1.2 宜指定专门技术人员负责智能建造实训中心运行管理及仪器设备维修。
- 5.1.3 智能建造实训中心技术人员宜制定完善的仪器设备操作手册。
- 5.1.4 智能建造实训中心运行应严格遵守学校相关安全管理规定，制定完善的安全管理规章制度。
- 5.1.5 智能建造实训中心应制定突发事件应急处理预案，并定期开展应急处理预案演练与评估。
- 5.1.6 智能建造实训中心使用者应严格遵守国家法规、学校规章；未经许可，不得进行实训内容以外或未经批准的活动。
- 5.1.7 智能建造实训中心使用者应严格按照规范操作仪器设备，使用时应注意仪器设备运转情况。
- 5.1.8 智能建造实训中心使用者宜自行保存实训数据。
- 5.1.9 使用时若仪器设备出现故障，不得擅自拆改设备、关闭总电源等，使用者应及时通知智能建造实训中心技术人员处理，说明出现故障的原因，由智能建造实训中心技术人员处理。
- 5.1.10 智能建造实训中心技术人员应定期对仪器设备进行检查和维护，必要时可对仪器设备相关系统进行重装。
- 5.1.11 智能建造实训中心内严禁随意串接、并接、搭接各种供电线路，如发现用电安全隐患，应即时采取措施解决，不能解决的应及时向相关部门报告。

5.2 人员要求

- 5.2.1 智能建造实训中心技术人员宜具备相关实验室及智慧教室管理经验，宜具备相关仪器设备安装、调试、使用和基本维修的能力。
- 5.2.2 智能建造实训中心使用教师宜能熟练操作通用教学设备和相应的专业实

训仪器设备,具备基本的仪器设备故障排查能力,以及具备相应的软件操作能力。