

模块化装配式生物实验室施工技术研究

文 / 李 炜 广州市水电设备安装有限公司

摘要：现代实验室项目建设要求不断增加，传统的技术手段、方法应用，并不符合要求。通过模块化技术、装配式技术的应用，不仅可以改善实验室的建设方法，还可以在实验室的综合打造过程中给出较多的参考，一系列问题的综合解决效果比较好。但是，该项技术的应用方案有待完善，技术操作的各项要点有待明确。在此背景下，探究了模块化装配式生物实验室的技术操作方法、操作要点，增加实验室项目的建设参考，为今后的实验室项目发展给出更多的保障，减轻项目建设的压力。

关键词：模块化；装配式；生物实验室；技术策略

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.23.092

引言

目前，模块化装配式生物实验室得到了社会各界的广泛关注，由于实验室项目的业务比较广泛，而且对社会发展和国家建设存在巨大的影响，因此在项目的技术操作过程中必须给出充足的依据，不仅要减少技术的制约条件，还要在技术实践的过程中积累丰富的经验，与同行业的项目开展对比研究，找出其中存在的问题、不足，采取针对性的策略去解决。基于此，探究模块化技术、装配式技术的应用，已经成为实验室项目的新方向，要进一步革新技术体系，转变技术操作路线，创造出更高的价值。

一、项目概况

本项目原为丙二类高层厂房，共计五层，每层层高均为 5.5 米，每层建筑面积为 1860 平方米。本次施工范围为首层局部、三层及四层，施工面积约 4144 平方米。地上部分耐火等级为二级，地下部分为一级。采用钢筋混凝土剪力墙结构。厂房建筑高度 28.75 米，地上五层，地下一层；建筑面积 22444.8 m²。其中，地上 18551 m²。每层划分了两个防火分区。其中首层层高为 5.5m；二至五层高为 5.5m。现将首层局部，三、四层整层设计装修成生物医疗器械实验楼。

二、施工过程控制

对于模块化装配式生物实验室而言，施工过程控制是非常重要的环节，直接关系到技术的综合应用效果，不仅要革新技术操作方法，还要在技术实施的时候开展灵活的把控，发现任何问题都要快速的解决，这样才能创造出较高的价值。与此同时，模块化装配式生物实验室相对特殊，所以在技术实施时应做好多方面的准备，发现任何隐患都要及时的处理，不能出现任何拖沓的现象^[1]。

前期准备：项目单位要与设计单位、模块工厂保持密切的联系，加强 BIM 模型拆分研究，对不同的功能模块高度关注，加强各类功能模块的有效衔接。由于实验室项目的关注度较高，因此在模块化施工前，应办理好

模块运输许可，一些超宽模块需要进行夜间运输，并且提前做好场地的平整工作，对吊装平台进行浇筑，要求每平方的承载力保持在 30kN 以上。

工厂预制：根据模块化装配式生物实验室的要求，所有模块都要进行提前预制，尤其是钢结构模块、墙板模块、管线模块，在预制的过程中要开展多次质量抽查检验，至少进行 3 次抽检，对密封胶施工、管线接口等位置进行重点检查。预制施工的默契阶段，要加强洁净度的检测分析，所有的模块都要达到万级洁净标准，合格率必须达到 100%，避免在施工现场作业中出现较多的问题和不足。

现场组装：模块化装配式生物实验室施工时，所有的模块在运输的时候，不太可能一次性运输完毕，因此要按照分批运输的模式操作，每一个批次的运输应保持较高的均匀性。运输过程中要加强模块的全面保护，不能出现变形的问题，也不能出现管线损坏的现象。模块吊装施工时，每天应按照固定的工程量去吊装作业，并且利用全站仪进行定位辅助，对于模块拼接要注意控制好误差，最高不能超过 3mm 的误差。模块拼接时，应加强螺栓连接位置的密封处理，同时在地面自流平施工时应严格遵守国家的相关规范、标准。施工人员开展管线对接的时候，要对水电系统、通风系统、气路系统进行有效的改善，禁止出现管线冲突的问题，要根据 BIM 模拟进行优化。

在生物医疗器械实验室及平台建设项目工程、广州市第八人民医院二期感染病住院楼及医技楼应急收治工程和华南理工大学国际校区 B 地块洁净实验室中，洁净实验室安装采用固定模数，固定组件，灵活接头的模块化产品，通过更换标准件实现家具或房间功能布局的变化，实验室模块实现批量生产，现场组装，灵活更换。真正实现洁净实验室模块化装配式，缩短工程建设周期，并取得显著的经济效益，取得较好的经济效益（见图 1）。



图 1: 生物医疗器械实验室及平台建设项目工程施工

三、模块化装配式生物实验室的现存问题与优化对策

(一) 主要问题

模块化装配式生物实验室建设的过程中,对模块运输要高度关注,传统的运输方法表现为粗放的特点,不仅没有给出明确的保障,还在运输的过程中出现了较多的漏洞。对于超高模块、超高模块而言,长途运输过程中有可能因为颠簸问题的影响,导致钢结构呈现出变形的问題,对于模块现场拼接的精度造成了巨大的影响,一旦在框架平整度方面出现较大的误差,比如误差超过了 3mm,就需要在现场开展校正,由此耗费的时间和精力比较多,对模块化装配式生物实验室的建设效率、建设质量造成了较大的影响。模块的密封性能问题也要引起高度的关注,比如夏季温度不断增加,此时会导致密封胶呈现出收缩的现象,出现一些微小的、不容易察觉的风霞,对模块的洁净度造成了较大的影响,现场施工中要重新进行打胶作业^[2]。

(二) 优化对策

根据模块化装配式生物实验室的特点与要求,各个环节的施工不仅要给出明确的依据,还要在长期施工的过程中增加安全保障,避免造成较多的风险和漏洞。项目单位在模块运输的时候,针对模块工厂的选址,应尽量地靠近项目现场,运输距离应控制在 200km 以内,避免长途运输带来的破坏和风险。针对超大型模块在运输前,应加强模块的可拆卸功能设计,等待模块运输到现场后,再进行组装施工,从根本上减少变形风险的影响。密封技术操作时,要考虑到模块化装配式生物实验室的现场动态因素影响,建议选用耐候性较强的密封胶,比如使用聚硫密封胶时,最低适应温度可以达到零下 40℃,最高耐受温度可以达到零上 80℃,相比传统的硅酮密封胶具有更好的效果。拼接缝施工方面,建议增

加金属压条,通过双重保障模式,提高模块的密封性能,减少温度变形的影响。另外,模块化装配式生物实验室的施工作业,应加强各方协同,通过 BIM 模型的应用,加强专业碰撞检测,提前对各类管线冲突高度明确,并改善设计方案。模块拆分的时候,应邀请使用方参与进来,从科研团队中得到较多的建议,确保各类功能在使用过程中不会出现新的问题^[3]。

四、模块化装配式生物实验室的关键技术

(一) 模块化拆分设计技术

目前,模块化装配式生物实验室的技术意识比较高,各项技术手段的实施,不仅要根据现实情况灵活的调整,还要在技术操作的过程中给出更多的依据,逐步减少技术作业的风险和问题,坚持在技术操作的过程中给出更多的保障,避免造成较多的漏洞。模块化拆分设计技术是比较重要的技术手段,不仅可以在项目的建设过程中增加便捷条件,还可以改善施工机制,对现场各类特殊情况能够有效的应对,整体上得到的发展水平也比较高。

功能区拆分方面,项目单位要结合模块化装配式生物实验室的运行流程,加强各个模块的合理拆分,包括核心实验模块、辅助模块、设备模块等,不同的模块在拆分和组装后,不能影响实验室的正常建设,也不能对实验室的功能造成较大的负面影响。另外,功能模块经过拆分以后,各个模块之间要通过洁净走廊进行连接,避免对模块本身的性能造成不利影响,要最大限度提高模块化装配式生物实验室的建设质量。

结构尺寸优化方面,对于不同的模块应开展尺寸分析,既要提高模块生产、加工的精度,又要根据现场施工的标准,强化模块之间的合理搭配。大部分情况下,每一个模块的宽度应控制在 3m 左右,模块的长度应控制在 5m 左右,模块的高度应控制在 4m 左右,这些尺寸的模块,基本上可以通过公路的运输标准,但是有些地方的公路表现出限宽要求,所以建议使用可拆卸的侧墙板进行设计,方便通过公路运输的相关要求,还可以在模块的应用中得到更多的便利条件。

BIM 协同拆分方面,项目单位要加强 BIM 技术的有效应用,对模块化装配式生物实验室的整体模型进行优化,尤其是对模块拼接以后的管线走向、承重分布等情况,都要采取合理化的模拟方法进行操作,针对各类管线冲突问题提前识别、研究,要采取针对性的策略去解决,针对通风管与电缆桥架的交叉,应提前做好优化设计,由此才能在模块化装配式生物实验室的长期施工中得到理想的效果,对各类常见问题应快速的处理。

(二) 工厂预制施工技术

目前,模块化装配式生物实验室的技术体系不断完善,工厂预制技术是不可或缺的组成部分,该项技术不仅可以降低模块化装配式生物实验室的成本,还可以在

各类模块的加工过程中给出较多的参考，最大限度提高工程建设的可靠性、可行性。但是，工厂预制技术的选择、应用，要考虑到各个细节的影响，对不同的加工环节、预制模式进行有效的对比分析，找出其中可能存在问题的地方，采取科学、合理的策略进行调整、优化，避免在未来的工程建设中出现较多的漏洞。

钢结构框架预制方面，应选择高性能的型钢焊接框架开展现场施工，对于焊接点要进行高效防腐处理，建议使用镀锌涂层、环氧树脂涂层联合作业的方法去操作。施工人员要加强框架平整度误差的有效控制，要求每米施工的平整度误差，保持在2mm以内，并且要通过激光水平仪进行校准工作，这不仅可以在施工过程中得到更多的参考，还可以避免在后期验收中表现出较多的问题。

墙板与吊顶安装方面，针对内侧的施工建议使用高性能不锈钢板进行操作，不仅可以增加耐腐蚀的效果，还可以提高清洁程度；外侧则可以使用彩钢板施工，由此可以对模块化装配式生物实验室的美观度有效提升；中间位置可以使用岩面保温层，该类型材料的防火等级达到了A级标准。针对墙板拼接位置，建议使用企口式设计，避免出现严重的密封缝隙现象，给模块化装配式生物实验室带来更多的保障。

管线集成预制方面，对待不同的管线要采用差异性的方法操作，将各类管线的功能价值良好地发挥出来。水电管线方面，建议使用PERT管线或者是PVCU管线，这些管线的综合性质比较稳定；电线穿镀锌钢管预埋的时候，要加强管线的标识，保持较高的清晰度，不能出现标识错误的现象。通风管线应加强不锈钢风管的应用，要求管线的厚度保持在0.8mm以上，预制的过程中要做好风阀的安装、过滤器的安装，针对风管的漏风率要进行详细的检测、分析，将其控制在1.5%以内。

（三）现场组装与调试技术

随着模块化装配式生物实验室的技术手段不断优化，

表 1：技术对比：模块化 vs 传统施工

对比维度	模块化装配式施工	传统现场施工
施工周期	缩短 30%-50%	周期长（通常 180-270 天）
现场污染风险	低（工厂预制占比 80%+）	高（现场切割、焊接多）
洁净度达标率	95% 以上	80%-85%
后期改造难度	低（模块可拆装重组）	高（需破坏原有结构）

结语

现阶段的模块化装配式生物实验室建设，不仅能够明确自身的发展方向，还可以在各项技术的实施过程中进行系统化的调整，各项技术问题的识别、处理均取得了非常好的效果，整体上得到的进步空间非常大。但是，模块化装配式生物实验室的技术创新意识不能放松，每一个环节的技术操作，都要给出明确的依据，要逐步调整技术的操作标准，提高技术的验收水平，加强技术设备、技术材料、技术结构的灵活调整，面对各方面的问题和隐患，都要快

现场组装与调试技术的应用，要从多个角度进行研讨，逐步调整技术的操作方案，坚持在技术实施的过程中给出明确的依据，发现任何技术问题，都要按照科学、合理的路线去优化，避免在技术作业的过程中出现较多的隐患。

模块的运输与吊装环节，要求对模块的底部位置，使用型钢托盘进行固定，运输车辆要加强减震装置的应用，充分降低运输过程中产生的颠簸问题，避免对管线造成严重的松动现象。吊装环节的要求比较高，至少需要使用25t级别的汽车吊装设备，对吊点的设置，应选择模块钢结构框架的受力点，为了在工程建设中得到较高的便利条件，应提前在工厂预埋吊环，借此可以节省现场施工的时间。吊装施工过程中要加强精度的控制，最大误差不能超过5mm，要通过全站仪进行检测分析，确保在长期作业中满足相关要求。

模块拼接施工方面，结构连接先采用临时支撑固定模块，再用高强螺栓连接框架，螺栓拧紧扭矩控制在35-40N·m（用扭矩扳手检测）；密封处理时，拼接缝隙先填充泡沫条，再打硅酮密封胶（宽度15mm、厚度8mm），胶面需平整无气泡；地面处理时，模块间地面采用环氧树脂自流平施工，厚度2mm，平整度误差≤1mm/m。

五、实施成果

通过开展施工技术控制，模块化装配式生物实验室的建设符合预期要求，施工工期相比原本计划得到了合理的缩短，施工成本也大幅度降低，整体上的工程建设品质较高，具体对比见表1。我们在生物医疗器械实验室及平台建设项目工程、广州市第八人民医院二期感染病住院楼及医技楼应急收治工程和华南理工大学国际校区B地块洁净实验室这三个工程中，通过实施洁净实验室模块化装配式施工技术，节约了人工成本共636250元，节约率为45.0%，达到节约成本、施工质量高、保障了施工安全等效果，该技术将会得到越来越广泛的应用。

速的解决，减少模块化装配式生物实验室的损失。

参考文献

[1] 王庆. “绿碳方舟”集成技术在装配式低碳建筑中的应用研究——以上海人工智能实验室项目为例[J]. 现代工程科技, 2025, 4(13): 169-172.

[2] 田保川. 装配式综合支吊架在实验室中的创新应用[J]. 中国建筑金属结构, 2025, (03): 119-121.

[3] 孟祥彬. 装配式建筑施工技术及质量控制研究[J]. 工程建设与设计, 2025, (01): 164-167.