

精益建造理念下洁净室施工进度与质量协同管控

何宗霖

信息产业电子第十一设计研究院科技工程股份有限公司 四川成都 610000

摘要: 洁净室施工要求施工人员通过精密的结构设计和空气过滤系统,为电子装配、生物制药等高精度制造领域提供受控的高洁净环境,具有高精度、高洁净、多专业交叉的特点,因此需要满足较高的施工要求和标准。文章以精益建造理念的融入作为要点,简要概述精益建造理念与洁净室施工的概念,分析精益建造理念下洁净室施工进度与质量控制要求,探讨工程施工进度与质量协同管控措施,为加强洁净室施工成效提供理论参考。

关键词: 精益建造理念; 洁净室; 施工进度; 质量管理

开展洁净室施工作业时,需要做好支吊架安装、风管与管道安装、围护结构安装等工作,还要合理使用各类设备,做好地面工程施工作业,安装和调试高效过滤器等,完成各项工作之后,达到相应的标准。精益建造理念下的洁净室施工需要满足更高的要求,尤其是在保证施工质量的同时不出现进度拖延的情况,也要规避为了赶进度牺牲质量的问题。因此,非常有必要对精益建造理念下的洁净室施工进度与质量协同管控措施进行科学分析,确保工程项目施工作业保质保量、按时交付。

一、精益建造理念与洁净室施工概述

1. 精益建造理念概述

精益建造的目的在于通过消除浪费、优化流程和持续改进来提升工程项目效率、质量与价值,在工程项目建设中落实精益建造理念徐呀系统性地识别和消除工程项目中产生的过度库存、不必要的等待时间、过度加工等消除浪费,建设单位要以客户价值为导向,保证每项活动都可以直接创造价值。精益建造理念下的生产模式主要有拉动式生产和均衡化施工两种,前者需要以最终工序的需求拉动前序工序的开展,避免过度生产,后者需要通过合理分配人力、设备、材料并且划分工作面的方式,保证各工序作业时间基本一致,确保施工过程连续、有节奏,从而缩短工期^[1]。在精益建造理念下,管理人员要满足较高的现场管理与标准化要求,保证现场整洁有序,提升效率与安全性,还应该在工程项目管理中采取全过程质量控制方法,通过人员与协作管理的方式减少工程建设期间的沟通误差,并且借助全新的技术方法实现数据驱动,加强对工程建设人员、材料、设备的精准管理与实时数据共享。

2. 洁净室施工特点

第一,模块化与灵活性。大多数洁净室工程项目施工都需要以工业铝材或不锈钢框架为主,搭配风机滤网机组,形成模块化结构,便于快速安装、移动和扩展,尤其适用于车间内的局部净化区域。

第二,气流控制。通过顶部满布层流罩或组合超净工作台,形成垂直或水平单向气流,确保工作区风速稳定,维持高洁净度。

第三,多级过滤与压差监控。系统内置初效、中效、高效三级过滤装置,并通过压差监控和变频风机控制,确保洁净区始终处于正压状态,防止外部污染侵入^[2]。

第四,高标准的材料选择与表面处理。设置洁净室墙体、吊顶、地面等维护结构时,需要以不产尘、不易积尘、耐腐蚀的不锈钢、彩钢板等材料为主。在工程项目假设施工期间要保证表面结构的光滑性,避免滋生微生物,还要处理好阴阳角,防止出现清洁死角。

第五,精细化施工工艺与密封管理。处理接缝、电缆入口、管道穿墙孔等问题时需要使用专用的密封材料进行封堵,防止形成污染通道。在工程项目建设期间要引进先进的施工工艺,固定管道之后不能够晃动,以此维持长期密封效果。

第六,防火与安全特殊要求。洁净室施工材料为高分子材料并且室内空间常年密闭,存在较高的火灾风险。在工程建设施工期间应该严格遵循防火规范,利用阻燃材料、设置防火分区等,形成畅通的通道,避免风管串通蔓延火势。

二、精益建造理念下洁净室施工进度与质量控制要求

1. 结构设计的技术要求

第一,维护结构材料与密封性。上文提到洁净室施

工需要满足高标准的选择材料与表面处理要求，在精益建造理念下对洁净室工程结构进行设计时，就需要围绕这个标准与要求合理选择施工材料，处理接缝时满足密闭性标准，防止外部污染物通过缝隙渗入。门窗、传递窗等开口处需设计为气密性结构，避免空气泄漏。

第二，气流组织设计。洁净室施工的核心在于构建空气净化系统，这就需要利用高效过滤器提高气流组织稳定性。设计人员需要与施工人员进行技术交底，根据洁净度等级采用单向流或者非单向流的方式保证空气从洁净区向污染区有序流动，避免涡流或死角^[5]。送风口和回风口的布局需精确计算，以维持均匀气流。

第三，压差控制。洁净室内部应该相对于外部相邻区域保持正压，防止出现不洁空气倒灌的问题。设置压差系统时要配备监测和报警装置，确保在停电等异常情况下能自动调节或警示。

第四，人员与物料计划设施。开展结构设计时需要考虑缓冲区、更衣室、风淋室等区域设计，做好人员和物料的净化处理。流程应避免人流与物流交叉，减少人为污染源。

第五，节能与运维便利性。洁净室需要长期稳定运行就需要从优化工程结构设计着手，设计人员可以通过优化气流路径降低风机能耗，并预留智能监控接口，便于实时监测和维护环境参数。

2. 施工基本流程要求

首先，做好前期准备与设计工作。参与工程项目建设施工的人员需要明确洁净室施工需求，在精益建造理念下与客户深入沟通，明确洁净室的基本用途，一般包括制药、电子、手术室，确定洁净度等级以及温湿度、压差等环境参数。进行现场勘察时，需要评估现场空间布局、基础设施条件，识别空间不足、结构缺陷等潜在问题^[4]。设计人员确定相关建设施工内容之后，要基于需求制定详细设计方案，包括平面布局、气流组织、空气净化系统、压力梯度控制、机电系统集成等。

其次，开展基础建设与维护结构施工。这个环节的首要任务在于处理地面，施工人员在工程项目建设施工期间要进行找平、防潮、防静电处理，铺设环氧自流平、PVC卷材或防静电地坪，确保无缝、易清洁。安装墙体和天花板时，需要使用彩钢板、铝塑板等洁净室专用材料，安装时注重密封性，避免缝隙积尘。通常先安装墙板再安装顶板，以减少施工误差。管理人员要在现场施工期间进行环境封控，施工前清洁现场，使用防尘布隔离区域，防止施工污染影响洁净度。

再次，安装各类系统。安装机电设备系统时，需要将空调与通风系统安装作为核心，优先安装风管、风机过滤单元、送回风口等，确保空气净化系统的完整性。安装时需注意风管密封性，避免泄漏。安装管道与电气系统时，要安装电缆桥架、水管、气管及照明设备，遵循“小管让大管、有压让无压”的避让原则，避免管道碰撞。安装净化设备时，以风淋室、洁净工作台、高效过滤器等末端设备安装作为要点，确保气流均匀分布。

最后，调试与检测系统。测试空气净化系统的换气次数、压差控制、温湿度稳定性。验证洁净度时，需要使用粒子计数器检测颗粒物浓度，进行微生物采样，确保符合行业标准。最后还要进行空吹与清洁处理，使用净化空调系统空吹12小时以上，擦拭洁净表面，再安装高效过滤器，最后进行彻底清洁消毒^[5]。

三、精益建造理念在洁净室施工进度与质量协同管控措施

1. 优化施工流程

第一，明确“质量-进度”基准线。组织工程建设施工作业之前利用BIM技术构建三维立体模型，搭建洁净室结构、暖通、管线、洁净装饰等全专业模型，针对工程施工中可能产生的风管与FFU设备空间冲突、灯具与高效过滤器位置重叠等问题进行碰撞检查，确定工序的先后顺序，避免因工程建设施工中的拆改问题返工^[6]。针对洁净室施工中的墙面彩钢板敢接、地面环氧树脂自流平施工等关键工序制定精益质量施工标准，要求施工人员在实践操作中确定每一项细节内容，将洁净室施工标准转化为三维效果图，与现场实际情况进行对比，直观展现每一道工序的重点。

第二，划分流水段实现均衡施工。按照洁净室施工的洁净等级分区流水，在同一个等级区域内组织施工人员开展工程建设施工与管线安装、洁净装修等工作，防止不同等级区域之间出现交叉污染。测算每一道工序需要花费的时间，在工程建设施工期间实时跟进施工进度，一旦出现进度偏差就需要组织工作人员共同分析原因，分配施工资源，避免后续施工受影响。

2. 构建动态平衡管理机制

第一，进度动态管控。制定洁净室施工总体进度计划、阶段性计划和详细作业计划，明确土建收尾、设备安装、调试等关键节点，并通过BIM技术模拟施工流程，提前识别冲突。为了减少进度问题的产生对工程建设施工质量造成的影响，施工单位应采用“周计划+日碰头”制度，每日跟踪工序完成情况，对比计划偏差。施工管

理人员要聚焦影响工程整体进度的净化装修、设备调试等关键线路，优先配置资源，及时优化计划以应对现场变化。

第二，资源动态调配。根据施工阶段的实际需求动态调整人员，例如在风管安装高峰期增配专业工人，在检测阶段提前协调第三方机构。在工程建设施工现场建立材料进场预警系统，提前采购空气过滤器等关键设备，设置专用保管区域，让专人负责机具维护，确保设备完好率。

第三，质量与污染控制动态管理。一旦在洁净室施工中产生污染问题就会直接影响施工质量，延误施工进度。在精益建造理念下开展施工作业时，就需要分阶段控制污染，在吊顶前控制防尘涂装、管线安装等作业，要求人员穿戴防护服，产尘作业需即时清理，安装壁板之后要加强材料洁净度管理，每日清扫，严控产尘作业，完成空吹作业之后，限制人流物流，进入人员需经风淋室净化，禁止任何产生尘埃的活动。

第四，环境与安全管理动态响应。根据季节或突发事件（如沙尘暴）调整施工计划，例如封闭孔口、覆盖材料，并合理安排噪声作业时间。施工单位要构建安全动态监督管理机制，实施安全交底制度，设置紧急疏散标识，对交叉作业区域采取隔离措施，确保安全门始终畅通。与此同时，还应该实时监控工程预算，在保证与质量的情况下避免超支。

3. 将质量管控嵌入进度节点

第一，制定详细的集成计划。开展洁净室工程项目初期施工作业时，编制包含质量控制节点的详细施工进度计划，明确每个施工阶段的质量目标、检验标准、责任人和验收时间点，确保质量管控活动与进度节点同步推进。针对精益建造理念下的洁净室施工要求，构建集成计划时，需要将风管制作安装、高效过滤器安装、墙面吊顶施工等关键工序的质量检查点直接嵌入进度表中，避免质量检查滞后或遗漏。

第二，建立分阶段验收机制。将整个洁净室工程项目划分为基础施工、围护结构安装、管道系统安装、净化空调系统调试等工作内容，在每个阶段设置质量验收节点。完成节点施工作业之后，监理单位、施工单位和业主要共同验收，确认符合洁净室标准后，方可进入下一阶段。这能及时发现并纠正问题，防止缺陷累积^[7]。

第三，实施过程质量监控。针对进度阶段设置实时监控措施，使用风速仪、粒子计数器等检测仪器对洁净

度、压差、温湿度等参数进行动态监测。针对工程施工中的密封处理、过滤器安装等关键工序实施旁站监理或首件检验制度，确保工艺符合规范要求。

第四，强化材料与设备管控。将洁净室施工材料与设备运输到现场之后，需要进行进厂检验、性能测试等，确保所有材料符合洁净室要求。开展详细的工作时，应在安装吊顶之前验收板材的平整度和密封性，运行空调系统之前完成管道清洗和压力测试。

第五，应用信息化管理工具。使用BIM或者进度管控平台将质量数据与进度计划关联，实现节点提醒、问题跟踪和报告自动生成。在工程项目管理中，使用电子验收单、检测数据云存档等数字化记录的方式提高质量追溯效率，便于及时调整进度偏差。

结语

在精益建造理念下开展洁净室施工作业时，应该满足相关的结构设计与工艺技术要求，确定各个环节的工作要点，充分提高工程建设施工技术操作水平，满足更高的工程项目建设施工质量与进度控制标准。基于目前的工程建设施工情况，施工单位在精益建造理念下落实洁净室施工进度与质量协同管控时，应优化施工流程、构建动态平衡管理机制、将质量管控嵌入进度节点等，加强工程项目综合建设施工成效，达到高精度、高效率双重要求。

参考文献

- [1] 李德斌. 基于精益建造的工民建项目质量成本双控管理体系研究[J]. 建设科技, 2025, (S1): 115-117.
- [2] 王敏. 精益建造下工程项目进度管理优化研究[J]. 城市开发, 2025, (15): 171-173.
- [3] 吴乾明. 工程项目质量管理中的精益建造理念应用推广[J]. 珠江水运, 2025, (11): 112-114.
- [4] 刘宜和. 精益建造视角下城市道路工程质量管理成效分析[J]. 福建建筑, 2025, (04): 94-98.
- [5] 雷国威. 建筑工程施工质量与进度管控策略研究[J]. 房地产世界, 2024, (24): 140-142.
- [6] 党培, 赵静, 牛占文, 等. 精益建造视角下装配式建造质量风险影响因素及对策研究[J]. 建筑经济, 2024, 45(S1): 329-333.
- [7] 翟志轩. 浅谈洁净室结构工程的设计与施工[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2024, (03): 187-189.