

地下室超长后浇带铝木结合支撑体系优化及质量控制研究

曹 洪 卢 明

安徽建工三建集团有限公司 安徽 合肥 230000

摘 要：地下室超长后浇带施工当中，支撑体系选型及质量控制和结构安全、工程经济性直接相关，铝木结合做法兼具承载功能与调节简易，但二者材料的属性差异很大，体系协同来工作会面临众多技术方面的挑战，本研究就铝模与木模材料特性所存在的差异，提出基于刚度匹配跟变形协调的构件选择方法，阐明连接节点构造的要求要点；通过分析超长结构中温度效应与收缩变形对支撑体系所起的作用机制，商定考虑时空要素的承载力验算以及稳定性判别做法；围绕安装的精度、浇筑的过程和养护的条件三个关键期，搭建覆盖施工全时期的质量控制框架，研究结果期望造就一套逻辑有序、指标确切且拥有现场应用达成性的技术方案，为同类型地下室后浇带工程给予直接参照样本。

关键词：地下室；超长后浇带；铝木结合；支撑体系；质量控制

引言

地下室后浇带作为超长混凝土结构应对温度收缩与不均匀沉降的关键构造措施，其施工质量对主体结构整体性与耐久性具有决定性影响。支撑体系在后浇带施工中承担着传递荷载、维持几何位形与保障作业安全的多重功能，其合理性与可靠性直接制约施工进度与成型质量。铝合金模板与木模板在工程实践中均有广泛应用，但各自材料特性存在本质差异——铝模刚度大、精度高却热传导快，木模加工灵活、缓冲好却易受湿度影响，将二者结合使用虽可互补短长，却也引入了界面协调与变形匹配的新问题。当前施工现场对铝木组合支撑体系的选择多依赖经验判断，缺乏系统的力学分析与明确的质量验收指标，导致支撑失效、混凝土开裂或尺寸偏差等质量问题时有发生。本研究以超长后浇带为工程背景，聚焦铝木结合支撑体系的材料适配、力学性能与质量控制三个维度，力求建立一套具有理论依据和现场可行性的技术方案。

1 超长后浇带铝木支撑体系的材料适配与结构选型

1.1 铝合金模板与木模板的材料特性及互补机制

地下室后浇带施工所处的环境有着湿度大、温度明显波动以及荷载工况复杂的特征，整个技术方案逻辑上的起始点是支撑体系材料合理选择，铝合金模板借助自身所拥有的较高强度重量比、良好的耐腐蚀性能以及稳定的截面尺寸，承受竖向施工荷载时所表现出的弹性变形较小，此特性对控制后浇带两侧已浇筑结构的相对位移是至关重要的。铝合金材料表面致密氧化膜给予它良

好的抗锈蚀能力，处于地下室潮湿环境中长期周转使用之后，截面几何参数仍维持完整性，木模板在低的热传导系数和良好钉凿加工性能上有长处，在局部补缝、异形节点处理和临时加固等状况里面呈现出不可替代的灵活性^[1]。特别关注两种材料热膨胀系数的不同很有必要，铝合金线膨胀系数大概为木材的2至3倍，在超长结构温度变形约束的条件之中，要是该差异没有处理好，会引起附加温度应力集中，合理的互补策略应把铝合金模板作为主要的受力构件承担荷载，木模板作为调节、填充构件，接纳温差造成的变形并改良接触面的摩擦性能，两类材料要协同工作，依赖于接触面摩擦系数准确取值以及连接构造的可靠性，于连接节点处装设橡胶垫片，或者使用螺栓施加压紧力，可有效传递剪力并使相对有一定程度的滑移，从而逸散温度应力。

1.2 基于工况分级的支撑构件选型原则与方法

地下室超长后浇带在不同施工阶段承受的荷载类型与量级存在显著差异，笼统地采用单一配置方案必然导致材料浪费或安全冗余不足。根据施工进度将工况划分为三个等级：顶板浇筑完成后养护期内支撑体系主要承受结构自重与施工活荷载，属于基本工况；后浇带两侧温差效应显著且混凝土收缩受到既有结构约束时产生较大的水平推力，属于控制工况；上部结构继续施工传递下来的附加荷载叠加作用于支撑体系，属于最不利工况。针对基本工况，铝合金主楞与木次楞的组合方式足以满足承载力要求，主楞间距控制在合理范围内即可保证竖向变形限值。控制工况要求对支撑体系进行侧向刚度加强，增设剪刀撑或水平连系杆以抵抗水平方向的不

平衡力。最不利工况下需要引入冗余承载路径,即在主要支撑构件之外设置辅助支撑点,使荷载传递具备多重路径保障。选型决策中还应纳入支撑构件的周转次数和维修便利性等经济性指标,铝合金构件虽一次性投入较高但周转次数可达百次以上,分摊到单个施工段的成本优势明显。木模板的选型应着重控制含水率指标,过高的初始含水率在干燥收缩后将造成支撑高度下降,这一隐蔽的沉降变形极易被忽视却可能造成严重后果。

1.3 铝木界面连接构造的传力机制与细部处理

铝木界面连接节点的传力依赖于螺栓抗剪、承压和木材孔壁局部承压三种机制的共同作用,其中木材孔壁承压往往是决定节点承载能力的控制因素。螺栓连接中木材在螺栓周边处于三向受压状态,这种约束条件在一定程度上提高了木材的局部承压强度,但木材的蠕变特性使节点在长期荷载下产生松弛从而降低预紧力的维持效果。连接构造的细部处理应着重解决三个问题:防止螺栓松动造成的节点刚度退化,阻断水分沿螺栓杆渗入木材内部引发腐朽,以及缓冲温度变形引起的界面相对位移。在螺栓与木材之间设置钢垫板可增大承压面积并改善木材受力状态,在铝合金型材与木模板之间嵌入橡胶垫片则能吸收部分温差变形并改善接触均匀性。连接件的规格不宜过多,否则将增加现场管理的复杂度和安装出错的概率,统一为有限种类并做好清晰标记是现场可操作性的基本保障。

2 超长后浇带支撑体系的力学性能与变形特征

2.1 温度作用与混凝土收缩对支撑荷载的影响规律

超长后浇带结构在温度变化和混凝土收缩共同作用下产生显著的纵向变形,这一变形受到支撑体系和既有结构的双重约束后转化为作用于支撑构件的水平推力。降温过程中后浇带两侧结构向中间靠拢,处于二者之间的支撑体系受到挤压而产生水平方向的内力,这一内力在支撑立柱中形成附加弯矩并使构件处于压弯组合受力状态^[2]。升温过程则使两侧结构背离后浇带方向移动,支撑体系受拉而使连接节点承受拔力,螺栓连接的抗拔能力往往低于抗剪能力,这一工况对节点可靠性提出更高要求。混凝土收缩产生的效应与降温效应具有叠加性,二者共同作用时支撑体系承受的水平荷载达到最大值。支撑体系对这一水平力的响应方式取决于其侧向刚度的大小和边界约束条件,侧向刚度越大则承担的水平力越多但自身变形越小,侧向刚度越小则水平力向周边结构传递的比例增大但支撑自身可能产生过大侧移。

2.2 支撑体系整体稳定与构件局部稳定的判别方法

支撑体系的整体稳定问题表现为在外荷载作用下结构丧失初始平衡位形而发生侧向失稳,这一失稳模式在立柱高度较大且水平连系杆设置不足时尤为突出。整体稳定承载力的计算应以空间框架模型为基础,考虑节点刚度和基础约束条件对有效长度系数的影响,实际工程中完全理想的刚接或铰接边界均难以实现,边界条件介于二者之间时有效长度系数应取用中间数值。立柱与水平杆件之间的连接若采用扣件或插销方式则转动约束较弱,计算长度系数应适当放大。构件局部稳定问题集中于铝合金薄壁型材的板件屈曲,受压翼缘和腹板的宽厚比若超出限定范围则可能在整体失稳之前先行发生局部屈曲。判别方法的实用化方向是将稳定验算转化为几何控制指标的查表操作,根据立柱高度、型材截面和荷载等级直接查取容许间距和极限承载力,从而降低现场技术人员的应用门槛。

2.3 木材干缩与铝材温胀引起的变形协调问题

木材含水率随环境湿度变化而发生波动,干燥条件下木模板收缩可导致支撑体系高度降低数毫米,这一隐蔽的沉降变形在混凝土浇筑后持续发展将造成成型面标高偏差。铝合金的线膨胀系数约为木材的数值级差异,环境温度每变化若干度时两种材料在相同长度上的变形差即超出混凝土表面平整度的容许偏差范围。变形协调问题的本质在于两种材料对同一环境变量的响应速率和幅度各不相同,连接节点必须消化这一差异而不产生过大的约束力^[3]。实际工程中应对这一问题的措施包括对木模板进行进场含水率检测并存放于现场环境下预调湿,以及在支撑顶部设置可调顶托以便在变形发生后进行高度补偿。后浇带两侧已硬化结构与新浇筑混凝土之间同样存在变形协调问题,两侧结构已完成大部分收缩而新浇混凝土的收缩才刚刚开始,这一时间差造成的变形不协调只能通过限制新浇混凝土的收缩量和增加界面粘结来缓解。

3 地下室后浇带施工全过程质量控制要点

3.1 支撑体系安装阶段的几何精度控制要求

支撑体系安装阶段的精度控制首先表现为立柱平面位置的准确性,立柱轴线偏离设计位置将使模板边缘悬挑过长或过短,前者导致局部承载力不足而后者造成钢筋保护层厚度不足。立柱垂直度的偏差在高度方向被逐级放大,偏差值超过限时竖向荷载将在柱底产生不可忽略的水平分力,这一分力对基础底板的局部稳定性构成潜在威胁。水平连系杆的标高一致性决定了木次楞的搁置状态是否均匀,连系杆标高参差不齐将使部分木次楞悬空而失去支撑作用,实际承受荷载的次楞数量减少

后单根次楞的弯矩急剧增大。安装完成后应对支撑体系的整体尺寸进行全面校核而非仅抽查个别点位,因为超长结构的累积误差往往在端部位置达到最大而中间部位尚在容许范围以内,抽样检查容易遗漏端部的超差情况。校核结果的记录应详细标注偏差方向和数值,为后续调整提供准确依据。

3.2 混凝土浇筑阶段的荷载控制与变形监测

混凝土浇筑过程中支撑体系承受的荷载包括静态自重、动态冲击和泵送振动等多个来源,其中动态冲击荷载的瞬时值显著高于静态荷载且难以通过常规计算精确预判。浇筑速度和浇筑顺序直接影响荷载在支撑体系上的分布形态与变化规律,单侧集中浇筑造成支撑体系单侧超载而对侧空载,这一偏载条件对结构的整体稳定性非常不利。变形监测的重点应放在支撑体系顶部竖向位移和立柱中部的侧向位移两个方面,竖向位移反映整体压缩变形的累积量而侧向位移指示稳定性储备的消减程度^[4]。监测频率应根据浇筑进度动态调整,浇筑速度较快的区段应加密监测频次以便及时发现变形异常并采取暂停浇筑或局部加固等应对措施。监测数据与允许变形值之间的比较应设定预警和报警两个层次的阈值,预警值用于提醒施工人员关注变化趋势,报警值则意味着必须立即停止作业并进行处置。

3.3 养护阶段的质量跟踪与拆模条件管理

后浇带混凝土进入养护阶段后支撑体系的作用转变为维持几何位形并约束收缩变形,这一阶段支撑体系的松动或拆卸将导致混凝土在强度增长期内承受不可逆的损伤。养护期间的检查应重点关注支撑立柱基础是否发生不均匀沉降、连接节点螺栓是否因木材干缩而松弛以及模板拼缝处是否有水泥浆渗漏痕迹等外观可辨的异常现象。拆模条件的确定不应仅以混凝土试件标准养护强度为依据,因为试件强度代表的是理想养护条件下的强

度发展而结构实体强度受现场养护条件影响往往偏低。更为可靠的做法是将同条件养护试件的实测强度与现场回弹检测结果进行交叉验证,二者均达到设计规定的拆模强度时才允许拆除支撑^[5]。拆除顺序应从跨中向两端逐步卸荷使结构内力平缓重分布,局部先行拆除将造成未拆区域支撑承受超出设计值的附加荷载从而可能引发连锁倒塌。

结束语

铝木结合支撑体系在地下室超长后浇带工程中的应用潜力取决于对两种材料特性的准确把握和对现场工况的合理应对。本研究从材料适配入手提出基于受力层级的构件选配方法和连接构造方案,使铝材的高承载能力与木材的灵活调节特性形成有效互补。力学分析层面揭示了温度效应和收缩变形对支撑体系的荷载特征与稳定条件的影响机制,为间距确定和变形验算提供了理论支点。质量控制部分从安装、浇筑到养护分阶段提出具体控制指标和检查方法,使技术方案具备落实到作业层面的可行性。所形成的成果在工程实践中可直接作为施工方案编制和现场质量检验的参照依据,后续可在监测手段和数据分析方面进一步深化以提高控制精度。

参考文献

- [1] 吴智金,陈明,卢谱成,等. 楼板后浇带混凝土方柱支撑施工技术[J]. 建筑技术开发,2023,50(9):51-53.
- [2] 杨双健. 新型模板支撑体系在房建施工中的技术创新与应用[J]. 山西建筑,2026,52(10):80-84.
- [3] 吴洪捷. 后浇带施工技术创新与工程实践[J]. 房地产导刊,2025(15):46-48.
- [4] 魏嵩琦. 后浇带施工中新型独立支撑架的施工与应用研究[J]. 砖瓦,2026(6):91-93.
- [5] 任向锋,蔡阳,王光新,等. 地下室后浇带组合支撑施工技术应用[J]. 建筑机械化,2025,46(4):64-66.