

大体积混凝土内预埋件精准定位施工技术研究

张丹丹

安徽建工三建集团有限公司

DOI:10.32629/etd.v7i6.21017

[摘要] 大体积混凝土内预埋件起到连接主体结构 and 设备基础的作用,它的定位精度直接影响到后面安装的质量以及结构的安全。由于大体积混凝土浇筑方量大、作业时间长,预埋件在混凝土流动冲击、振捣扰动和水化热变形的共同作用下很容易产生位移,传统的只用铁丝绑扎或者简单的点焊来固定的方式已经不能满足精密设备基础对毫米级精度的要求。本文从施工全链条的角度出发,对预埋件精准定位这一核心技术问题进行系统的梳理,主要论述了深化设计和测量放线准备、刚性定位支架体系建立、浇筑和振捣过程中位移抑制、全过程检测复核及偏差处理等主要施工环节,并且提出了数字化模拟以及成品保护移交制度。研究目的在于形成一套可以操作、可以追踪、可以闭环控制的综合定位技术方案,给同类工程提供技术上的参考。

[关键词] 大体积混凝土; 预埋件; 精准定位; 施工技术

中图分类号: TV52 **文献标识码:** A

Research on Precise Positioning Construction Technology of Embedded Parts in Large Volume Concrete

Dandan Zhang

Anhui Construction Third Construction Group Co., Ltd

[Abstract] The embedded parts in large volume concrete play a role in connecting the main structure and equipment foundation, and their positioning accuracy directly affects the quality of subsequent installation and the safety of the structure. Due to the large volume of concrete pouring and long operation time, the embedded parts are prone to displacement under the combined effects of concrete flow impact, vibration disturbance, and hydration heat deformation. The traditional method of only using wire binding or simple spot welding for fixation can no longer meet the millimeter level accuracy requirements of precision equipment foundations. This article systematically sorts out the core technical issue of precise positioning of embedded parts from the perspective of the entire construction chain. It mainly discusses the main construction links such as deepening design and measurement preparation, establishment of rigid positioning support system, displacement suppression during pouring and vibration process, full process detection and rechecking, and deviation handling. It also proposes digital simulation and finished product protection and handover system. The research aims to develop a comprehensive positioning technology solution that can be operated, tracked, and closed-loop controlled, providing technical reference for similar projects.

[Key words] large volume concrete; Embedded parts; Accurate positioning; construction technology

在现代工业和重大基础设施建设中,大型设备基础、重型钢结构柱脚等关键部位常常需要在超大体积混凝土内准确地预埋数量众多、位置极为严格的锚栓和埋件,稍有偏差就会造成设备无法就位、返工成本高、留下安全隐患等问题。但是,在实际操作中由于受到“重主体、轻细部”的思维惯性的影响,预埋件常常被简化为钢筋绑扎体系中的附属构件,固定方式粗放、测量基准不稳定、浇筑过程中没有针对性的保护措施,造成定位精度很

大程度上依靠工人的经验,离散性较大。由于设备安装精度要求越来越高,粗放式管理已经不能满足需要了。本文从大体积混凝土施工复杂工况出发,以测量基准、固定刚度、浇筑扰动、温度变形、检测闭环为主线进行论述,试图把预埋件定位由经验性行为提高到量化的控制体系。

1 大体积混凝土内预埋件定位的技术难点与精度要求

1.1 预埋件定位的主要难点

大体积混凝土一般指结构实体最小几何尺寸不小于1m的混凝土构件,浇筑时方量大、分层多、持续时间长,给预埋件的稳定定位带来了许多困难。混凝土在浇筑过程中具有较强的流动性及冲击性,下料、摊铺时容易推挤预埋件而使其发生偏移;振捣作业产生的高频振动会松动固定约束,造成预埋件下沉、倾斜或者移位。水化热引起的温度变形也不能忽略,大体积混凝土内部温度升高明显,结构在升温、降温过程中会产生胀缩,从而导致预埋件的位置发生变化。模板侧压力和新浇筑混凝土的浮托作用都会改变受力状态,预埋件自重、外露部分长时,浮力作用下更容易上浮或者失稳^[1]。这些因素在连续浇筑时相互叠加,造成全过程预埋件位置不稳成了一个突出的技术难题,必须依靠系统的定位和固定措施来解决。

1.2 定位精度的控制要求

预埋件定位精度要以设计文件为第一依据,还要符合现行国家验收规范的最低标准。根据《混凝土结构工程施工质量验收规范》GB50204规定,预埋件中心线位置允许偏差为10mm,预埋管(套管)允许偏差为5mm,插筋/预留筋中心位置允许偏差为5mm;外露长度、顶面标高、螺栓垂直度等均应符合设计公差要求。钢结构柱脚地脚螺栓应与《钢结构工程施工质量验收规范》GB50205的螺栓安装偏差体系相衔接,其中心偏移允许值一般控制在5.0mm以内,垂直度偏差不大于 $L/1000$ 且一般不大于5.0mm,在隐蔽验收时用“允许偏差+实测值”的形式进行闭合记录。业主或者设备厂家的技术文件会更加严格,在精密设备基础里,成组螺栓跨距/相邻距偏差控制在 $\pm 2\text{mm}$ 以内,关键孔位用 $2\text{mm}\sim 3\text{mm}$ 级验收窗,这时需要将允许偏差取为“设备—结构—预埋件”三者中最严格的值,并且在深化图上进行公差堆叠校核,防止将不能实现的精度压到现场。

2 预埋件精准定位的施工准备与测量放线

2.1 深化设计与施工准备

精准定位的开始要依靠充分的前期工作。施工前应根据结构图、设备图进行预埋件深化设计,核对预埋件的型号、规格、数量及坐标标高,绘制详细的平面布置图和定位大样图,确定每一个预埋件的三维位置参数,对预埋件进行统一编号,从源头上杜绝图纸矛盾、遗漏。有条件的情况下可以利用建筑信息模型做碰撞检查,提前发现预埋件和钢筋、管线之间存在的冲突并加以调整。根据预埋件的形式和受力情况,预先设计出相应的定位和固定方案,确定支架的形式、锚固的方式以及材料规格用量。施工材料进场后必须进行严格的验收,对预埋件的尺寸偏差、焊缝质量及防腐处理进行检查,剔除变形或者不合格的构件。技术交底也十分重要,应该向操作人员清楚地说明定位要求、固定方法和质量标准,使各个工序的人员能正确理解控制要点,为现场精确施工打下良好的基础。

2.2 测量控制网与放线定位

现场应沿大体积基础外侧布置独立三维控制网,平面采用闭合导线或闭合边角网,高程采用二等/三等水准(根据精度要

求选择),控制点固定在基坑围护冠梁、硬化带或专用观测墩等非扰动体上,用红白警示护栏和防碰撞盖板保护;每班次/每层浇筑前至少复测一次,形成控制点复测记录和复核签字^[2]。放样优先用全站仪坐标法,选用2"级测角、测距精度 $2\text{mm}+2\text{ppm}$ 仪器时,在200m量级内控网边长条件下,点位放样中误差一般可以控制在 $\pm(2\sim 3)\text{mm}$ 以内,满足预埋件“毫米级放线”的要求;高程传递采用水准仪加检定钢尺悬垂法进行尺长和温度的改正,消除下垂和温差读数漂移。成组螺栓按“主轴线→辅助基线→逐点坐标放样→对角线闭合检核”顺序进行,关键群栓在完成定位支架初固定之后,再用全站仪做二次复核(形成“放样—复核”双人双记录),防止由于钢筋绑扎回弹造成系统漂移。

3 预埋件固定与浇筑过程的位置保持技术

3.1 定位支架与固定措施

保持预埋件在浇筑过程中不发生位移,主要依靠设置稳固的定位固定系统。应根据预埋件的尺寸和重量,采用型钢或者大直径钢筋焊接制作刚性定位支架,将预埋件与支架可靠焊接或者螺栓连接,再把支架与主体结构钢筋或者预埋基座牢固固定,形成整体受力的稳定结构,避免单点约束。对地脚螺栓等精度要求高的预埋件,宜用定位钢板或定位框架整体固定,用定位钢板上预钻孔来约束各个螺栓的间距和位置,用双螺母上下锁紧来保证螺栓之间的相对关系准确稳定。固定时要考虑混凝土浮力和侧压力的影响,必要时增加斜撑、压杆或者配重,防止预埋件上浮或者偏转。所有固定措施完成后,再次复测预埋件的中心位置和标高,确认无误后进行隐蔽验收,严禁带病施工。

3.2 混凝土浇筑与振捣控制

浇筑和振捣环节的精细控制,是防止预埋件移位的重要保证。大体积混凝土应采用分层浇筑、斜面分层推进的方法,分层厚度一般控制在 $300\sim 500\text{mm}$ 之间,防止一次下料过厚冲击预埋件。下料要对称、均匀,布料点与预埋件之间保持一定的距离,不得用混凝土直接冲砸预埋件及支架^[3]。振捣作业要避免预埋件密集区,振捣棒插点间距按振动作用半径的1.5倍控制,一般不大于500mm,与预埋件、定位支架保持安全距离,快插慢拔、不漏振不过振。温度控制贯穿浇筑全过程,混凝土内外温差 $\leq 25^\circ\text{C}$ 、表面与大气温差 $\leq 20^\circ\text{C}$ 、降温速率 $\leq 2^\circ\text{C}/\text{d}$,采用定时埋设测温点的方式进行温度监测,合理安排保温保湿养护,养护时间不小于14d,减小温度变形对预埋件位置的影响。

4 定位精度的检测、复核与质量控制

4.1 浇筑前基准校验与严苛准入控制

精准定位依靠的是施工前严格的校验。混凝土浇筑前,必须对已经固定好的预埋件进行全面的“体检”。用全站仪、水准仪和高精度钢卷尺对每一个预埋件的坐标、顶面标高和垂直度进行复测,重点检查成组螺栓间距和对角线尺寸,保证误差控制在设计和规范允许范围内。另外还要对固定支架焊缝饱满度、螺栓锁紧情况以及防变形措施做专项检查,防止由于焊接应力或者搬运碰撞造成隐性位移。只有全部指标达到验收标准并有完整的预埋件安装检验批验收记录和影像资料之后,才能签发

混凝土浇筑令。该阶段零容忍的态度是阻止误差传到下一道工序, 确定质量控制基线的重要屏障。

4.2 浇筑过程旁站监测与动态纠偏机制

混凝土浇筑是预埋件最容易出现位移的高危阶段, 必须实行全过程旁站监测并迅速应对。应指派专职测量员带全站仪、经纬仪旁站, 重点控制下料流向和振捣作业。严格控制混凝土卸料点距离预埋件不小于1.5米, 振捣棒与预埋件之间保持100毫米以上的安全距离, 防止直接冲击定位支架。浇筑初期、浇筑面接近预埋件底部、过半和收面等重要节点处应进行高频次复测, 建议每30分钟一次。一旦监测数据出现超过3毫米的趋势性偏移, 就要立即发出暂停振捣或者调整下料的指令, 对支架进行紧急加固或者微调, 在混凝土初凝前把偏差消除掉。可以有效地消除由于流体动力学造成的预埋件受到的扰动。

4.3 终凝后复测评估与偏差分级处置

混凝土终凝之后到拆模之前, 要实施最终位置的全量复测, 这是评判施工品质并指引后续安装的最终依据。复测数据要详细记载每一个预埋件的X、Y坐标和Z向标高, 同理论值对比算出偏差矢量, 再画出偏差分布图。根据检测结果采取分级处置措施, 微小偏差(小于5毫米)用调整垫板厚度或者扩孔处理; 超差但未硬化时用顶升纠偏; 混凝土已经硬化且偏差超限时不得使用暴力敲击, 必须会同设计单位制定专项补救方案, 一般采用植筋增设过渡连接板或者后扩底锚栓技术进行纠偏。最后把所有的检测数据、处理方案、验收记录进行归档, 形成质量闭环, 保证设备安装精度。

5 数字化管理与成品保护策略

5.1 基于BIM的数字化模拟与三维激光扫描复核

为了提高大体积混凝土内预埋件的定位精度和管理效率, 建筑信息模型(BIM)和三维激光扫描技术已经成为行业的发展方向。施工准备阶段用BIM技术做预埋件与钢筋、冷却水管、劲性骨架的三维碰撞检查, 提前优化排布路径, 解决空间冲突问题, 根据模型导出高精度坐标数据指导现场放样^[4]。混凝土浇筑完成后达到上人强度时, 立即用三维激光扫描仪对预埋件进行全景扫描, 用点云数据和BIM模型做色谱偏差分析。该技术可以迅速生成全场预埋件的实测坐标和偏差色谱图, 把传统的“单点抽检”变成“全场实测绘”, 准确找到偏差大于3mm的异常点位, 给后面设备基础精平调整提供详细的依据, 避免由于预埋误差造成设备无法安装的风险。

5.2 成型预埋件的成品保护与移交管理

预埋件在混凝土初凝之后就进入了成品保护的关键时期, 这一时期直接影响到它的最终使用性能。后续钢筋绑扎、模板

支设、混凝土浇筑过程中必须设立预埋件保护区, 不得将已安装的地脚螺栓用作受力点悬挂重物或者搭设脚手架, 严禁人为碰撞造成位移风险; 外露螺纹部分要强制包裹防水胶带或者加装PVC保护套, 防止后期施工时水泥浆污染和锈蚀。混凝土终凝后, 立即清除预埋件表面浮浆和油污, 直到露出金属光泽为止, 并且同时进行二次复测, 把最后的中心坐标、标高、垂直度数据如实记录在竣工测量资料里。工序交接时实行“影像加数据”的双重移交制度, 拍摄全景和特写照片存档, 向设备安装单位提供预埋件精确坐标、标高、垂直度和保护情况的详细清单, 锁定质量责任, 保证数据可追溯, 实现土建预埋到设备安装的无缝衔接, 切实保证工程实体质量。

6 结论与展望

本文对大体积混凝土内预埋件精准定位技术进行了系统的论述。研究表明, 由于混凝土流动冲击、振捣扰动和水化热变形等各种不利因素的影响, 传统的粗放式固定方式已经不能满足现代工业建设的要求了。经过创建从深化设计、独立测量控制网的建立、刚性支架的固定以及全过程动态纠偏的一整套技术链条, 可以很好地克服环境干扰, 保证预埋件在复杂工况下稳定、准确地工作, 由被动修补转向了主动预防管控。

展望未来, 由于智能建造技术的发展而使预埋件定位技术朝着数字化、智能化的方向不断发展。建筑信息模型和三维激光扫描技术的深度融合会成为常态, 从“事后检测”到“实时反馈”实现飞跃。同时结合物联网传感技术以及自适应调节装置的研发, 可以实现预埋件位移的自动监测和校正。另外, 推进标准化、模块化定位工装的应用, 会大大提高施工效率和质量的均一性, 给各种高精度、超大型设备基础的建设赋予更牢靠的技术支撑。

[参考文献]

- [1]李宇国.大型锚固预埋件安装精度技术研究[J].工程质量, 2025, 43(12): 49-53.
- [2]赵付波, 杜勇刚, 姚志成.高精度预埋件的质量控制与分析[J].价值工程, 2025, 44(27): 100-102.
- [3]刘帅杨, 段兵壮, 于宏达.预制清水混凝土外墙挂板精准安装技术[J].建筑技术, 2024, 55(10): 1227-1229.
- [4]牛中元.工业建筑施工中预埋件施工技术要点[J].中国建筑金属结构, 2023, 22(10): 57-59.

作者简介:

张丹丹(1992--), 女, 汉族, 安徽人, 专科, 助理工程师, 研究方向: 建筑工程。