

基于 BIM 的大跨度煤场螺栓球网架施工全过程控制技术研究

赵泽选

中国华电科工集团有限公司 北京 100070

【摘要】：随着大型煤场封闭化建设的发展，大跨度螺栓球网架结构由于其空间利用率高、整体稳定性好等特点被广泛应用于实际生产中。但是这类结构施工过程中的构件数量较多且空间关系较为复杂，在安装时对精度的要求较高，传统的施工管理方式已不能适应全过程精细化控制的需求。本文以基于 BIM 的大跨度煤场螺栓球网架施工全过程控制技术为主题进行深入的研究工作，分析了 BIM 技术在施工准备、安装实施以及施工监测阶段应用的方法，建立包括深化设计、碰撞校核、动态控制及质量管理在内的全过程控制体系。结果表明，采用 BIM 技术可以有效地提高施工信息传递效率，实现了设计、施工与监测的数据集成管理，提高了网架安装精度，降低了施工风险并改善了工程质量、安全和进度控制的效果。本论文研究成果对于类似的其他大跨度空间钢结构工程的数字化施工管理提供了借鉴意义。

【关键词】：BIM 技术；螺栓球网架；全过程控制；施工管理

DOI:10.12417/2811-0528.26.20.075

引言

随着绿色建筑和智能建造技术的发展，在大型工业建筑中越来越多地使用了大跨度的空间钢结构。其中，煤场封闭工程采用了螺栓球网架结构，该结构有跨度大、空间利用率高以及整体稳定性强的优势；但是由于构件数量较多且节点之间相互关联性较强，对安装的精确度也较高，传统的施工管理方式无法做到全过程精准控制^[1]。利用 BIM 技术可以建立起三维的信息模型，并进行工程信息集成、施工过程模拟及动态的数据管理，为复杂的网架结构施工提供了数字化管理手段^[2]。因此，本文根据大跨度煤场螺栓球网架施工的特点，研究 BIM 技术应用于深化设计、安装控制、质量监测等全过程的方法，以此来提高施工管理和工程建设的质量水平，为类似工程提供一定的技术参考。

1 BIM 技术在大跨度煤场螺栓球网架施工中的应用基础

1.1 大跨度煤场螺栓球网架结构与施工特点

大跨度煤场螺栓球网架结构是由螺栓球节点、钢管杆件和支撑体系组成的空间钢结构，在跨度较大时具备承载能力较强、结构稳定性和施工效率较高的优点，并被广泛应用在大型储煤棚建设当中，由于其采用空间杆系来传递荷载，可以有效减小传统的梁柱结构对内部空间的影响，满足煤场封闭化和大空间作业的需求。但是由于网架结构构件较多且节点连接较为复杂，同时对空间位置的要求较高，使施工过程中易受安装误差、环境变化及施工工艺等方面因素的影响，尤其是当跨度较大时，杆件累计偏差和结构变形会对其整体稳定性造成明显的不利影响，故需在施工过程中对构件安装、节点连接、结构变形等各个环节加以控制。而借助 BIM 技术可将复杂的网架结

构以三维模型的形式展现出来并将其与设计信息、施工过程和现场数据相结合，从而为提高施工精度和管理水平提供了有力的技术支持。

1.2 网架施工全过程控制的关键技术难点

大跨度煤场螺栓球网架施工涉及设计深化、构件加工、运输安装、质量检测等各个环节，具有施工周期长、影响因素多和协同管理难度大的特点。一方面网架构件的数量巨大且节点之间相互关联的关系十分复杂，传统的二维图纸管理方式无法及时发现问题（如设计冲突或施工问题），容易造成安装偏差；另一方面在网架安装的过程中，由于跨度较大，结构受力状态会随着施工阶段而发生变化，施工荷载、温度的变化及安装顺序都可能会引起结构变形，需要对其进行动态监测并及时调整。在现场施工中还会遇到高空作业的风险、机械设备协调的问题以及施工进度控制等方面的问题。采用传统的方式主要是依赖人的经验和判断，信息传递速度慢，并不能对整个施工过程实施动态管理。所以需要利用 BIM 技术建立起一个数字化的管理平台，通过对模型的分析、施工模拟和数据反馈来达到精细地控制施工的过程，从而提高工程质量与施工的安全性。

1.3 基于 BIM 的施工全过程控制体系构建

基于 BIM 技术的大跨度煤场螺栓球网架施工全过程控制体系是指以三维信息模型为基础，在施工各个阶段对相关信息进行集成并实施动态管理的技术体系。通过对高精度网架模型的建立，将构件尺寸、节点位置、材料参数等相关信息进行统一整理，并以此作为施工方案优化的数据来源；在施工准备阶段，借助 BIM 模型开展碰撞检查和安装模拟工作，提前发现问题（如设计缺陷或施工难点），从而优化构件安装顺序及资源分配。在施工过程中的进度计划、质量检测以及现场监测数

据均可以与 BIM 模型相关联,使施工状态得以实时更新,以便及时了解结构安装情况和偏差的变化^[3]。BIM 平台还可以实现工程资料的集中管理,为后续验收和运维提供了完整数据支持。通过构建全过程控制体系,有助于提高施工管理的信息化程度,实现大跨度煤场网架施工从传统的经验管理到数字化、智能化管理的转变。

2 基于 BIM 的大跨度煤场螺栓球网架施工全过程控制技术

2.1 施工准备阶段的 BIM 深化设计与碰撞校核

在施工准备阶段, BIM 技术主要用于深化设计、模型建立和碰撞校核等方面的应用,在此过程中,通过对杆件尺寸、节点位置以及材料信息的空间关系建立三维模型,并以数字形式表示设计图纸内容,可以提前发现结构设计中存在的一些空间冲突和施工难点。运用 BIM 碰撞检测的功能,对网架结构与支撑体系之间、设备设施之间、施工临时布置之间的关系进行分析,及时调整设计方案,避免出现现场变更情况的发生,并根据施工方案进行虚拟建造模拟,对网架拼装方式、吊装路径、安装顺序等进行预演,提高施工组织的合理性。通过施工准备阶段的 BIM 深化设计和碰撞校核,能够有效实现设计与施工的衔接,为后期网架安装精度控制和施工质量管理工作提供了可靠的依据数据支持。

2.2 施工实施阶段的网架安装与精度动态控制

施工实施阶段是保证大跨度煤场螺栓球网架结构质量的重要阶段,在此期间可以借助 BIM 技术来实现安装过程的动态控制。可以在网架安装之前使用 BIM 模型来进行施工流程优化,确定构件安装顺序以及关键控制点等信息以减少施工中的误差;在安装的过程中可以通过 BIM 模型与现场测量的数据进行比对分析,从而了解当前杆件的位置、节点标高等相关信息并随时关注整个结构的整体偏差情况,根据监测的结果及时调整施工方案;对于大跨度网架容易受到施工荷载、温度变化等原因的影响而发生变形的情况,也可以利用 BIM 平台对其进行结构的状态分析,实现对关键部位的动态跟踪。还可以利用 BIM 模型记录各个阶段的施工数据以便于后期的质量检查和问题追溯工作。通过 BIM 技术的应用,可以有效提升网架安装的精确度,降低施工的风险,实现复杂的空间钢结构施工过程的精细化管理。

2.3 施工监测阶段的模型数据集成与质量控制

在施工监测方面主要是利用 BIM 模型结合现场检测的数据来实现对网架施工的质量全程控制。传统的监测方式存在着数据分散、信息反馈不及时的问题,在采用基于 BIM 的管理模式后可以将结构检测数据、节点质量信息、安装偏差数据及

施工记录都集中到模型当中,并且实时地反映施工的状态变化,通过对模型中的数据进行分析,能及时了解网架结构的变形情况和安装质量并对螺栓球节点连接、杆件安装精度等方面的重点部位进行重点关注,一旦发现检测结果有异常的情况,则能迅速找到出现问题的位置并且做出相应的调整以防止质量问题进一步扩大^[4]。还可以借助 BIM 平台实现施工资料的数字化管理,对于构件生产的各个环节如:构件生产、运输、安装和验收的过程都可以被记录下来,提高了质量追溯的能力。因此可以通过模型数据集成成为手段来进行质量管理从而有效地提高网架施工水平保证了工程的安全、质量和进度的目标得以实现。

3 BIM 全过程控制技术的工程应用与实施效果分析

3.1 BIM 全过程控制技术的工程实施流程

BIM 全过程控制技术应用到大跨度煤场螺栓球网架施工中,需要建立贯穿于设计、施工、监测和验收过程的信息化管理流程,在工程开始时,根据施工图纸、结构参数和现场条件建立三维 BIM 模型,并把螺栓球节点、杆件、支座等构件信息进行集成,使实体结构与数字模型相对应。在施工准备阶段,利用 BIM 模型进行深化设计和碰撞检查,对网架结构的关系、构件的连接方式及施工的空间条件进行分析,提前发现问题并解决设计和施工中存在的隐患,同时结合施工方案,对网架拼装、吊装路线、机械布置和安装顺序进行模拟优化,提高施工组织的合理性。在施工过程中,将进度计划、质量检测数据和现场测量信息联系起来,实时更新施工状态,通过对模型的实际安装情况进行分析,找出其与设计要求之间存在的差别,及时调整施工措施,控制节点的位置、标高和结构变形。当工程施工完成之后,将竣工资料、检测数据和模型信息进行整合,形成完整的数字化工程档案。通过全过程 BIM 管理流程可以实现工程信息共享和施工动态控制,提高项目的管理效率,为大跨度煤场网架施工提供了技术保证。

3.2 网架施工质量、安全与进度控制效果

在大跨度煤场螺栓球网架施工中采用 BIM 全过程控制技术可以提高工程质量、安全和进度管理水平。在质量管理方面, BIM 模型能直观地展现网架结构的空間关系,便于构件加工、运输和安装等环节使用。施工人员可以根据模型的信息核对杆件编号、节点位置和安装方向,避免由于人工识图造成施工错误;此外还可以把现场测量的数据同模型数据进行比对,及时发现问题如节点偏移、标高误差以及结构变形等情况^[5],并采取相应的调整措施以保证网架安装精度。在安全管理方面, BIM 技术能够对吊装过程、高空作业区域和设备运行范围进行模拟分析,提前识别出可能存在的施工风险,从而优化吊装方案和作业流程,降低了发生安全事故的概率。在进度控制方

面,可以通过建立施工进度模型来实时了解各个施工阶段的完成情况并对构件加工、现场拼装和整体安装进行协调管理,如果出现实际进度与计划不符的情况,则可通过模型迅速分析其原因并做出相应资源调配。BIM 技术实现施工过程的可视化和动态化管理,提高了网架工程的质量、安全和进度控制的效果。

3.3 全过程控制技术应用评价与优化建议

在大跨度煤场螺栓球网架的施工过程中运用 BIM 全过程控制技术可以实现工程信息集成和施工过程精细化管理,对于提高复杂的空间结构施工水平有着重要的意义。利用 BIM 技术建立统一的信息模型,实现设计、施工、监测和验收的数据共享,减少了以往施工管理中存在的信息传递不及时、沟通效率低下等问题。在实际的应用中, BIM 技术能提前发现问题并进行解决,如提前发现设计冲突问题,优化施工方案,再根据现场数据反馈做出相应的调整,从而有效地提升了施工质量及管理水平。但是目前 BIM 全过程控制技术仍然存在一定的不足之处,比如一些项目的应用范围较小,主要集中在模型展示方面而没有充分地发挥其数据分析和智能管理的作用,另外不同的软件之间数据兼容性以及现场人员 BIM 应用的能力也会影响到该技术的效果。因此需要进一步完善 BIM 应用的标准,加强对模型数据的管理,促进 BIM 技术和现场监测、智

能测量等技术相结合,实现施工信息的实时采集和动态分析。并且还需要加强施工人员的培训工作,提高 BIM 技术应用水平。不断改进和完善技术体系和管理模式,才能更好地发挥 BIM 全过程控制的优势,提高大跨度煤场螺栓球网架施工安全性、经济性和可靠性,为类似的工程起到借鉴作用。

4 结论

大跨度煤场螺栓球网架施工涉及面广、结构复杂且对安装精度的要求较高,在施工过程中需要进行大量的协调工作,传统的管理模式无法实现全过程动态控制。利用 BIM 技术可以构建从设计到施工再到监测及验收阶段的信息化管理系统,实现工程数据的统一管理和有效传递。在施工前可以通过 BIM 模型协助深化设计和碰撞检查,优化施工方案;在施工中可以根据现场数据实现安装过程动态控制,提高网架定位精度,在施工监测时可以通过模型的数据集成实现质量追踪和问题反馈。研究结果表明,采用 BIM 全过程控制技术能有效地提高大跨度煤场网架施工质量和安全以及进度管理水平,减少施工风险,提高工程建设效率。今后要继续加强对 BIM 技术和智能监测、物联网等技术的融合应用,不断完善数据管理的标准,提高施工全过程数字化控制的能力,为类似的大型空间钢结构工程建设提供更可靠的保障和技术支持。

参考文献:

- [1] 朱桂权.大跨度穹顶螺栓球钢网架拼接施工技术研究[J].城市建设理论研究(电子版),2026,(19):127-129.
- [2] 汪莉,刘光辉,于震海.大跨度封闭煤场拱形螺栓球网架施工安装方法分析[J].新世纪水泥导报,2026,32(3):53-56.
- [3] 高绍桥.BIM 技术管理在钢结构屋面网架施工中的应用[J].中国建筑金属结构,2026,25(6):130-132.
- [4] 陆海奇,高永强,陈辉.大跨度螺栓球网架施工与变形控制技术研究[J].建筑技术开发,2026,53(2):50-54.
- [5] 田晓捷.煤场网架施工安装技术[J].安装,2021,(8):38-41.