

钢结构厂房托梁拔柱改造设计及施工研究

王淑颖

中冶京诚工程技术有限公司, 北京 100176

[摘要]随着工业生产的快速发展, 钢结构厂房因其工期及技术优势得到了越来越广泛的应用。然而, 在多年的使用和市场需求变化下, 也暴露出较多问题, 影响了钢结构厂房稳定性、安全性, 需要做好改造设计工作。本篇文章围绕钢结构厂房托梁拔柱设计及施工, 结合具体工程项目, 进行深入分析, 为钢结构厂房的安全使用提供保障。

[关键词]钢结构厂房; 托梁拔柱; 改造设计

DOI: 10.33142/aem.v7i6.17019

中图分类号: TU746

文献标识码: A

Research on the Design and Construction of Steel Structure Factory Building Support Beam and Column Removal Renovation

WANG Shuying

MCC Jingcheng Engineering Technology Co., Ltd., Beijing, 100176, China

Abstract: With the rapid development of industrial production, steel structure factories have been increasingly widely used due to their construction period and technological advantages. However, after years of use and changes in market demand, many problems have also been exposed, affecting the stability and safety of steel structure factories, and requiring good renovation design work. This article focuses on the design and construction of support beams and columns for steel structure factory buildings, and conducts in-depth analysis based on specific engineering projects to provide guarantees for the safe use of steel structure factory buildings.

Keywords: steel structure factory building; support beams and pull out columns; reconstruction design

引言

近年来, 工业生产发展速度在日益加快, 钢结构厂房的应用愈发广泛, 它具有强度高、工期短、绿色环保、轻质等特点。但是, 在钢结构厂房的长时间使用过程中, 经常出现结构性能下降的情况, 加之部分钢结构厂房在布局上缺乏科学性和合理性, 导致厂房的使用寿命缩短, 需要对其进行加强改造。托梁拔柱施工是当前一种比较常见的改造方法, 可以实现厂房空间的充分运用、顺应设备升级换代要求, 也能优化其结构性能, 因此相关人员应该对托梁拔柱的设计施工进行深入研究和探讨。

1 工程概况

以某冶金厂房工程项目为例, 该项目为长方形钢结构建筑, 长和宽分别为 108.2m、32.5m, 占地面积为 3516.5m²。为扩大生产规模, 厂家引进了一批新的设备, 这与厂房内的一根柱产生冲突。为确保设备能正常运行, 需要拔去柱。经过现场调查以及协商决定, 将厂内的 E 列 5#钢柱拆除, 柱距从最初的 12m 改变为 24m。同时, 为了能将改造的工期缩短, 使改造成本始终把控在可控范围, 项目团队决定利用托梁拔柱, 在不对屋面拆除的基础上, 实现改造任务的高质量完成。

2 钢结构厂房托梁拔柱改造设计

2.1 托梁拔柱改造设计原则

为保证后续改造施工顺利进行, 在进行托梁拔柱改造

设计期间, 应该严格按照相应原则设计, 具体如下:

(1) 一致性原则。从项目实际出发, 对既有情况充分了解, 严格遵循一致性原则, 无论是改造前还是改造后, 承载能力、抗震能力应该始终保持相同。对此, 在结构的布局上, 可以尝试在需要拔的柱两侧位置增设柱间支撑, 同时在被改造影响的位置, 增加屋架横竖向水平支撑, 增强空间系统封闭性^[1]。

(2) 防止连续倒塌的设计原则。所谓的连续倒塌, 具体是指结构受损程度和初始事件的影响, 没有规律地加剧。因此, 在结构改造设计期间, 应该立足项目实际, 选择合适的支撑方法, 科学制定结构改造方案, 保证局部在受到损伤的情况下, 结构的承载力能保持稳定, 能起到对损伤扩散有效抑制的作用, 使结构整体保持安全^[2]。通常情况下, 连续倒塌发生率、灾害事件发生率以及其作用下出现的局部损伤、损伤的连续倒塌概率是正比例关系, 具体如下:

$$P(C) = \lambda H \cdot P(LD|H) \cdot P(C|LD) \quad (1)$$

其中: $P(C)$ 代表的是连续倒塌发生率;

λH 代表的是灾害事件发生率;

$P(LD|H)$ 代表的是灾害事件影响下引发的局部损伤;

$P(C|LD)$ 代表的是局部损伤导致的连续倒塌概率。

结合公式可知, 在对连续倒塌问题控制期间, 需要从不同角度出发, 根据实际情况将灾害事件控制好, 促进局

部抵抗损伤能力的提升,同时利用合适的方式将荷载传递的路径调整好。

2.2 托梁拔柱改造设计方案选取

通过对厂房的勘察发现,新设备在布置过程中,与33#轴的距离比较近,加之所在位置的空间有限,所以没有设置支撑柱的位置,只能采取无支撑托梁拔柱。在设计期间,共设计两套方案:

(1) 设计方案 1: 将现有的拔柱替换,设计钢吊车梁,长度 24m,数量为 2 根,同时在跨中,增设横梁并与拔柱的上柱连接,截掉下柱。通过此种方式,替换好的梁能起到对屋面有效支撑的作用。此方案在施工期间,能将工程量减小,但是因吊车梁截面高度较高,很难达到设备对梁下净空的要求。

(2) 设计方案 2: 制作两榀 24m 托架,对称分布,将拟拔柱的上柱和托架利用焊接的方式连接,使之形成一个整体。上柱为竖杆,与顶升技术联合,将屋面的荷载通过上柱转移给托架,之后截取下柱,达到让托架支撑屋面,在此期间,吊车梁能对吊车荷载单独承受,由此实现将吊车梁截面高度缩小的目的,与梁下净空的要求相符。

通过对两种方案的比较,决定采用第二种方案,以促进改造效果的提升。

2.3 托架设计

托架具有传递和转移荷载的作用,在本次的钢结构厂房托梁拔柱改造设计施工中,采取不拆除屋盖的方式^[3]。基于此,针对托架的设计,决定将在两侧加固柱的上柱对托架进行固定。为保证结构的稳定和安全,避免后期使用过程中出现问题,需要对托架和上柱的连接格外注意,此环节也是设计的重点。在 4#柱、6#柱之间,设计布置两榀托架,长度为 24m,对称分布。托架杆件露出的高度应该保持在上方平台安全护栏高度以下,为吊车的正常行走提供便利。在两榀桁架对接位置,增设一块连板。为确保连板的稳定性,使用焊接的方式加固,保证托架能稳固连接,同时形成一个整体。拟拔柱上柱作为托架中间竖杆,在上柱的腹板位置进行开槽,在槽内,将拼接角钢嵌入其中,最后进行焊接,固定好,以便连接节点位置的强度能达到设计标准。针对拟拔柱被截断剩下的部分,焊接一块端板,借助弹簧板和吊车梁走道板连接。为增强厂房的整体稳定性和安全性,新增加的托架在承受荷载以后,构件挠度和厂房原本的托架挠度相同,以达到对屋面因为受力差异而出现变形问题预防的目的。在对拟拔柱截断后,需要对其上柱继续向上顶升,满足设计标高的要求后,与托架相接位置,借助焊接的形式进行固定。托架左右两侧和 4#柱、6#柱,连接位置在固定过程中,使用铰接的办法,以增强其稳定性。

2.4 钢柱加固设计

如果拟 5#拔柱被截断,相邻的四根柱会受到较大影响,承受的荷载会随之增大。在此情况下,若单纯利用加

固的办法,无论是工程量还是工程造价,均可能出现增加的情况^[4]。因此,在钢柱加固设计过程中,可以优先加固与拟拔柱距离较近的柱,即 4#柱、6#柱,采取对柱刚度提升的措施,将 5#柱水平力减小。以剩余两柱的受力情况为基准,即 3#柱、7#柱,分析是否需要加固。针对 4#柱和 6#柱,为达到对刚度增强的目的,采用增加截面法处理。同时,增加 H40 工字钢,以便上柱和后贴钢板能紧密贴合。在柱脚部位,增设加劲肋,且要插入混凝土灌浆料中,将深度控制好,一般在 200mm 以上,具体效果如图 1 所示。

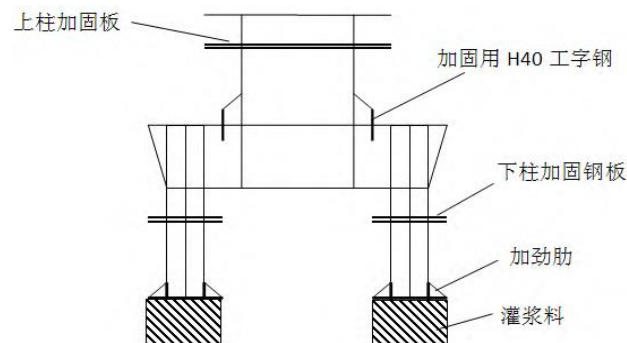


图 1 钢柱加固示意图

在对 4#柱、6#柱进行加固后,结合相关技术规程,对剩余两柱的 β 值进行计算。如果 $\beta \leq 0.8$,应该对柱采取加固处理措施;如果 $\beta > 0.8$,则可以不采取加固措施。其中, β 在计算时,公式如下:

$$\beta = \frac{\sigma}{f} \quad (2)$$

在公式中: σ 代表的是构件的截面应力;

f 代表的是钢材强度。

结合最终的计算结果来看,3#柱、7#柱在 0.8 以上,因此不必采取加固的方式处理。基于此,在本次改造设计期间,只加固 4#柱、6#柱,能将工程量减少,有效节约改造成本。

2.5 地基基础加固设计

本厂房在建设过程中,主要利用独立基础,使用预制桩基,规格为 600mm×400mm。在托梁拔柱改造设计工作完成后,因为荷载出现了转移的情况,所以厂房两侧基础荷载出现了增大的现象。通过验算可知,虽然原桩基的承载力能达到要求,但随着沉降量的增大,基础出现了不均匀沉降问题,致使钢结构很难保持稳定。对此,需要结合现场情况,采取对桩基础加固的方式,保证整体结构的可靠性。在基础加固过程中,主要采用钻孔灌注桩,在设计过程中,从地面钻孔到持力层,之后对混凝土进行浇注,让其形成灌注桩,直径为 550mm。以原基础为依据,在外侧重新建设承台,形状保持一致,且新承台外包原基础。在二者基础面上植入梅花筋,型号为 $\phi 12@400$,同时进行加固连接,确保新承台和旧承台能够形成整体。因为厂

房内部空间有限,6#柱基础部分无法进一步扩大。面对此情况,决定将原基础作为基准,采取补桩的方式进行加固。具体而言,利用静力切割的办法,将部分基础切割,重新植入钢筋,涂刷界面剂后,对高强度混凝土进行浇灌,将基础补齐。混凝土养护完毕后,将原柱间支撑下的基础梁拆除。对于部分移位的柱间支撑跨,采取增设基础梁的办法处理,以便吊车荷载在传递过程中能始终保持正常。

3 钢结构厂房托梁拔柱改造施工

3.1 托梁拔柱改造施工方案

改造施工作业在开展前,安排技术人员测量加固结构、待拆除部位,对重要参数逐一核对,包括结构尺寸、钢柱垂直度等。并且,对各类构件的数量以及型号仔细检查,将表面的杂物全部清理干净。在完成准备工作后,将基础开挖和加固、柱间支撑位移、钢柱加固、屋面支撑、托架制作以及安装、拔柱施工工作做好,各步骤需要以设计要求为基准,严格按照规范操作,保证改造效果和质量能得到最佳。在施工期间,托架的安装与拔柱是重要环节,直接影响托梁拔柱改造效果。因此,在本次研究中,只对这两个步骤的施工展开分析。

3.2 托架制作和安装施工

本项目在施工期间,拟拔柱属于中间柱,上方保留的部位可以看成托架的中间竖杆,共设置2榀托架,全部为24m。托架在布置过程中,利用对称布置的形式。通过勘察现场发现,托架上弦和原托架之间的距离较近,间隙为50cm,整个空间比较狭小,为吊装工作带来较大难度。为解决此问题,促进施工效率的提升,决定采取工厂预制单件的方式,在施工现场进行拼装。托架单件在工厂预制结束后,安排人员全方位检查,内容包括长度、平整度、表面等,需要与设计要求一致,表面不能有生锈、裂纹等情况出现。如果单件检查后达到要求,可以运送到脚手架上,现场进行焊接。针对托架的节点位置,应该先将螺栓拧紧,增强稳定性,之后结合实际情况适当调整,对误差严格把控,最后焊接。本次主要利用对称焊接工艺,焊接时对材料表面温度密切监测,温度始终低于240℃,保证后续不会有热变形问题发生。

3.3 拔柱施工

在钢结构厂房托梁拔柱改造过程中,拔柱施工是至关重要的一环,需要对施工过程严格控制,精准把握施工要点。在本项目中,施工的要点主要包括荷载转移、拔柱等。在正式施工期间,在吊车梁表面200mm的位置,按照设计要求将截柱设置好,保证托架的承受屋面荷载的能力能增强。在此种情况下,拟拔柱不受力,因此可以将其截断。但需要注意的是,拟拔柱上柱的H型钢应该保留,将下柱的格构柱截除。在吊车梁上,将上柱作为中心,左右两侧分别设置一台千斤顶,且保持对称,确保上部位置的牛腿能托住。以设计图纸为依据,明确需要截掉的位置并标

记,最后借助切割机辅助开展拔柱施工工作。针对拟拔柱,如果下柱截割完成,应该立即对柱底板进行封盖。在选择和使用千斤顶过程中,最好利用螺旋千斤顶,吨位以厂房屋盖系统的荷载、顶升位移为依据而定。依照改造要求来看,本厂房的上柱顶升位移量是20mm,所以顶升力最小为660kN。经过计算,在施工现场,需要使用吨位50t的螺旋千斤顶,共在现场布置四台。为保证施工现场的安全,降低安全事故出现概率,在使用千斤顶期间,与压力传感器联合,对千斤顶工作时的压力值密切监测,以便千斤顶能共同分担屋面荷载。拟拔柱的上柱和下柱全部截断后,对H型截面同步切割,增强屋面结构的整体稳定性和可靠性,确保厂房结构能始终处在安全状态。

3.4 施工注意事项

在钢结构厂房托梁拔柱改造施工过程中,由于涉及的内容较多,加之施工现场环境复杂,因此很容易出现安全事故,需要格外注意,合理制定风险控制措施。

3.4.1 托梁拔柱改造施工安全事故的控制

在托梁拔柱改造施工期间,由于现场环境复杂,加之施工期间经常需要高空作业,作业面狭小,所以施工人员时常面临高空坠落的风险。针对此类风险,在实际控制过程中,需要对作业面加大排查力度,对安全防护设施仔细、全面检查,包括安全帽、安全带等。全体人员的操作应保持规范,严格按照要求进行。在施工期间,也容易出现物体打击事故,此类问题与物体坠落、作业区下站人有密切联系,因此应对物体坠落严格控制,包括禁止高空抛物、设备施工前要全面检查,施工期间安排专门的人员对实施工作现场进行统筹规划,不能出现作业区下站人的情况。坍塌事故也是施工期间比较容易出现的问题,与设计不合理、施工不规范等因素有关^[5]。为降低此类问题出现概率,需要在设计前将施工现场的可靠性鉴定工作落实到位,仔细检查设计图纸,明确施工阶段的非完整结构是否稳定。在后期使用期间,对各项设施严格管理,做好安全检查、调试工作,保证风险能从源头得到遏制。

3.4.2 托梁拔柱改造施工各类风险管控

在施工过程中,为确保现场安全,促进施工质量和效率的提高,还要加强安全风险的管控,以施工要求和现场情况为基础,保证施工事故等能得到合理控制。具体而言,将工程特点、现场情况作为基础,科学设置安全目标,逐层分解到生产一线,逐级签订安全责任状,并将责任落实到个人。通过逐级的监督,建立完善的责任体系,可以使安全管理工作有条不紊地进行。结合施工要求制定安全教育培训计划,做好日常施工安全知识普及和教育,针对新上岗人员、待岗人员、转岗人员等,进行制度化、系统化的培训。针对技术要求高、施工难度大的施工工艺,在施工前进行安全操作训练,保证施工期间各个环节能严格按照规范进行。在施工过程中,采取随时检查和固定节点检查联合的办法,

将集中检查与分散检查整合,对施工技术措施、安全技术交底等落实情况严格检查。对于检查过程中发现的各类问题,及时分类和总结,同时提出切实可行的应对办法^[6]。

在施工期间,加大安全技术管理力度,做好施工工艺评估,确保不会出现盲目施工的情况,降低安全事故发生概率。在托梁拔柱改造施工期间,关键杆件、结构重要位置等应做好现场的监测,一旦发现异常情况,第一时间处理,以免出现安全隐患。针对设施设备的管理,也要加强重视,将安全设施和防护管理工作落实到位。设备的安装、检测、使用、定期保养等有明确的制度支撑,重大设施设备安排专业的技术人员管理,禁止非操作人员对机械设备进行操作。此外,对设备定期维修和保养,以保障设备在使用时能够正常运行,各项性能均达到要求。

3.4.3 加强质量控制

在托梁拔柱改造施工作业开展期间,需要在保证安全的基础上,加强施工各个环节质量的控制,建立健全的质量控制机制并严格落实,满足施工设计要求,从源头规避质量问题出现。结合施工现状,加大管理力度,完善管理制度,保证问题出现时能有制度可依。同时,强化质量责任机制的落实,对施工质量全方位检验,确保施工现场没有任何质量问题。如果在检查期间发现质量隐患,需及时处理,以免耽误施工进度^[7]。

4 结束语

综合而言,在钢结构厂房改造过程中,加强托梁拔柱

的应用,不必将屋面、天窗拆除,能将繁重的工作量减少,也能加快改造的进度,具有较强的经济性、实用性。因此,为促进钢结构厂房改造效果和质量的提升,相关人员应该认识到托梁拔柱的重要性,结合工程项目实际,合理制定设计施工方案,并加强施工过程的管理,保证施工作业能顺利进行,改造任务能在规定时间内完成。

[参考文献]

- [1]马宇强,贾智慧.超龄服役的大型钢结构厂房升级改造加固项目的若干关键问题研究[J].中华建设,2024(11):115-117.
 - [2]周亚彤,贾智慧.大型钢结构厂房加固改造技术探析[J].中国建筑金属结构,2024,23(8):56-58.
 - [3]辛开.钢结构厂房托梁拔柱改造设计与施工技术[J].科学技术创新,2024(18):145-148.
 - [4]高雅坤.钢结构厂房托梁拔柱改造设计施工研究[J].住宅与房地产,2024(17):50-52.
 - [5]孟祥宽,张娟.钢结构厂房托梁拔柱改造设计施工研究[J].中国建筑金属结构,2024,23(3):162-164.
 - [6]高志军,段世昌.某带夹层门式刚架轻型房屋钢结构厂房加固改造结构设计[J].建筑结构,2023,53(2):1576-1581.
 - [7]蒋璐,李向民,杨凯.某佛塔巨型通天柱底层拔柱改造工程设计与施工研究[J].建筑结构,2020,50(9):116-120.
- 作者简介:王淑颖(1985.10—),女,北京工业大学,道路与铁道工程,中冶京诚工程技术有限公司,高级工程师。