

大型厂房预制立柱与灌浆套筒安装应用研究

徐 达

上海城建市政工程(集团)有限公司 上海 200065

摘 要:为解决工业厂房立柱安装过程中遇到的难题,本文结合某工业厂房工程实例,采用分段预制立柱吊装技术明确装配式立柱施工工艺和技术要点,应用灌浆套筒连接施工技术,精确控制立柱的定位与校正,使用高强度无收缩水泥灌浆料并分析其施工效果,最大程度解决分段立柱构件连接稳定性问题。结果表明:各项性能指标良好,灌浆连接部位泌水率均为0.00%,立柱表面平整度控制在3mm以内,标高精度控制在 $\pm 2\text{mm}$ 以内;灌浆料试件在1d、28d临期抗压强度均符合规范要求。

关键词: 厂房立柱; 预制装配; 灌浆套筒连接; 应用研究

引言:在现代工业快速发展以及建筑行业追求高效、高质量建设的大环境下,大型厂房的建设需求日益增长,预制装配式建筑因其诸多优势得到广泛应用。其中,采用灌浆套筒进行连接的预制厂房立柱在分段立柱安装过程中面临着一系列问题,如连接稳定性难以保障、施工精度控制难度大等。本文以上海市固体废物处置中心工程为例,重点研究并验证预制厂房立柱与灌浆套筒安装的优化应用方案^[1]。一方面,采用预制立柱吊装技术,对墩柱的吊装施工进行精准控制,最大程度保障厂房预制墩柱的拼装施工质量;另一方面,利用灌浆套筒连接技术,选用C100高强无收缩水泥灌浆料进行灌浆,有效填充套筒与分段立柱之间的间隙,从材料性能与施工工艺两方面增强立柱连接的紧密性和稳定性,以期同类工业厂房建设项目提供借鉴参考。

1 工程概况

本工程为上海市固体废物处置项目,位于上海市浦东新区老港固废基地东侧中部。本标段建筑面积为61897m²,主要建设内容为焚烧车间、综合楼、废水处理车间、危险品仓库烟囱等。厂房主要生产区域为焚烧车间。焚烧车间结构类型为框架结构,F、S轴为独立立柱,顶部采用混凝土梁连接。焚烧车间共设置三条焚烧线及1条熔融线,焚烧线设备位于C-E、F-H、N-R区域,熔融线设备位于S-V轴区域,设备安装高度超20米。若F、S轴立柱按照传统浇筑工艺,需搭设多层排架,分层浇筑,且搭设支架造成工期延长,立柱施工占用空间大,无法做到与大型设备安装同步进行。通过施工技术优化,计划将原F、S轴立柱改为1段现浇和2段预制以满足现场施工条件及工期要求。预制柱尺寸为0.8m \times 1m \times 9.7m,重量约为19.5t。分段立柱采用灌浆套筒连接技术施工。立柱分段截面图见图1,工程具体剖面图

见图2。

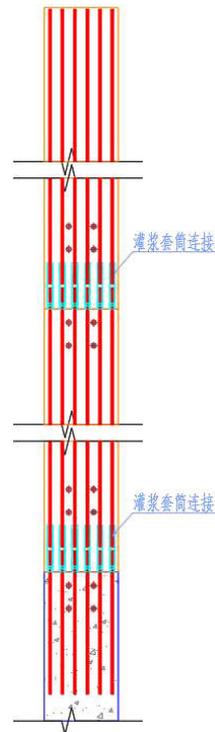


图1 立柱分段截面图

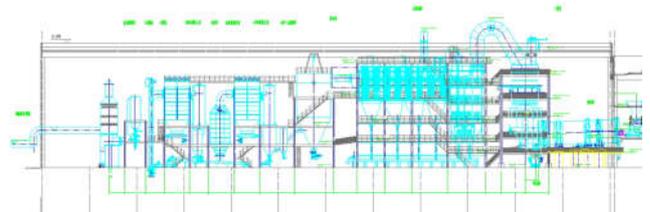


图2 项目剖面图

2 施工重难点

本工程立柱采用分段预制拼装式,立柱与立柱连接采用灌浆套筒连接构造施工工艺,因此下节立柱预留伸

出钢筋定位、长度需满足规范要求。预留钢筋定位如有偏差,造成立柱起吊钢筋无法插入套筒内;预留钢筋过长,钢筋之间顶撞容易造成立柱无法吊装至设计标高;预留钢筋过短,造成钢筋锚固长度不足,影响立柱整体结构受力。灌浆前后应对预留钢筋、连接套筒或灌浆金属波纹管定位进行检查,允许误差在 $\pm 2\text{mm}$ 内。

3 预制立柱安装施工工艺

3.1 预制立柱工艺流程

本工程均采用预制直立柱,预制立柱选用C40高强度混凝土,通过 $\phi 40$ 全灌浆套筒进行连接,下节预制柱底套筒与底部现浇立柱预埋筋紧密连接,柱顶预埋筋与上节预制柱底套筒相连接。具体工艺流程如图3所示。

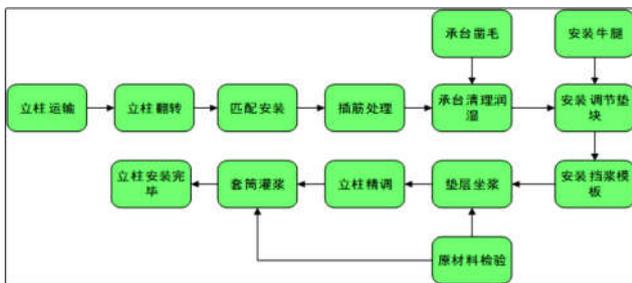


图3 安装工艺流程

3.2 现场准备工作

将验收合格后的立柱利用重型平板车和起吊设备运输到工厂内指定的施工区域。预制立柱采用100t吊车卸下车,立柱卸车后搁置于枕木和轮胎之上。

在拼接面放置4块2cm厚中心垫块,该橡胶垫块规格为 $200 \times 200 \times 21.4\text{mm}$ 。根据预制立柱中心标高来确定挡浆板厚度,当节段重量小于60t时可采用5mm厚钢板,重量超过60t的则采用10mm钢板。先在止浆环正下方插上橡胶环,止浆环放置位置可选择在立柱插筋以下约30cm。节段立柱上口观测点所在面以钢筋中为基准点贴上刻度条,立柱下口观测点所在面以混凝土面中为基准画中线。

3.3 立柱试吊

立柱试吊时拼接面不坐浆,立柱吊装对位,利用拼接面四倒角处限位装置,对立柱进行平面限位,防止扭转现象^[2]。立柱底面离预留插筋约2cm时,缓慢调整立柱位置后将预埋钢筋套入灌浆套筒。立柱下放底部距离橡胶垫块约2cm时,及时调整上下立柱中心一致对齐,用倒角限位板进行微调后下放立柱至中心垫块上。

3.4 拼接面施工

3.4.1 立柱凿毛、清理及湿润

在正式吊装施工前对上下立柱端面进行凿毛^[3]。凿毛后对立柱凿毛面进行清理,先采用高压水枪将立柱凿毛面进行清尘及湿润,再采用高压气管将表面多余水清

除,最后确保凿毛面不留水迹。

3.4.2 安装挡浆模板

挡浆钢模板采用5cm槽钢制作。下部立柱的垫层采用C60高强度砂浆,拌料配合比为干料:水=100:17.5。拌浆设备采用科尼乐立轴行星式搅拌机或自制搅拌机,搅拌时间为3分钟。砂浆料搅拌完成后直接倾倒入底部立柱凿毛面,用铁板刮平垫层砂浆。铺浆完成后在立柱预留钢筋上套止浆垫,要求止浆垫略高于浆液面^[4]。

3.5 立柱吊装施工

3.5.1 吊索具配备

1) 立柱卸车吊索具配备

立柱规格为 $0.8 \times 1 \times 9.7\text{m}$,重量为19.5t(不包括吊绳及吊耳)。卸车吊索具选用两根20t吊带,现场采用卷毯、枕木等配合吊机吊装就位。

吊带与水平面夹角 $\alpha = 76^\circ$,吊带受力 $T = Q/2/\sin\alpha = 19.5/2/0.97 = 10.05\text{t}$,选取2根20t吊带符合要求。

2) 立柱翻转

立柱吊装至地面后需将立柱翻转成竖直状态。钢丝绳选用两根直径39mm的 $6 \times 36\text{WS} + \text{IWR}1770\text{MPa}$ 钢丝绳环形式索具,采用2点吊装法,安全系数 $K = 6$,钢丝绳环形式索具破断拉力 $T_p = 80.3\text{t}$, $T = 10.05\text{t} < T_p/K = 80.3/6 = 13.4\text{t}$,满足立柱翻转要求^[5]。

3) 立柱吊装吊索具验算

每根吊索与水平面的夹角 $\alpha = 81^\circ$,钢丝绳容许拉力 $T = Q/(2 \times \sin\alpha) = 19.5/(2 \times 0.988) = 9.87\text{t}$,根据《简明施工计算手册》, $\phi 39\text{mm}$ 的破断拉力和为 $T_p = 80.3\text{t}$, $T = 9.87\text{t} < T_p/6 = 80.3/6 = 13.4\text{t}$,公称直径为39mm的钢丝绳满足施工需求。

3.5.2 吊装施工

根据现场施工条件、预制立柱构件规格、吊装工程量及进度要求,采用1台100t汽车吊进行现场吊装施工。汽车吊臂长22.5m,最大作业半径可达12m,额定起重量为 $= 40.5 \times 0.8 = 32.4\text{t}$ 。吊钩和吊索具总重量为3.3t,起重机的实际起重量为 $19.5 + 3.3 \times 2 = 26.1\text{t} < 32.4\text{t}$,满足本工程吊装要求^[6]。

3.6 垫层坐浆

确保预制立柱安装的稳定性,上下节立柱间采用C60高强度砂浆作为垫层(28d抗压强度达60MPa),砂浆性能要求如表1所示。立柱下放就位前摊铺砂浆,立柱沿四周倒角限位板下放并复测下口中线。中线垫块受力后复测立柱上口中线,微调千斤顶并进行最终精调工作。立柱下放过程中确保端面四周均有浆液挤出,坐浆密实后将砂浆面与挡浆板抹平,并将挤出的砂浆清理干净^[7]。

表1 拼接处C60高强砂浆性能要求

检测项目		性能指标
抗压强度	1d	≥ 30MPa
	3d	≥ 40MPa
	28d	≥ 60MPa且高出被连接构件强度等级的5MPa
初凝时间		大于2h
竖向膨胀率		0.02%~0.1%
氯离子含量		≤ 0.03%

3.7 立柱安装定位、校正

吊装就位后用二台经纬仪在垂直方向同时监测复核立柱中心十字线，确保吊装立柱垂直度将误差控制在H/1000内。立柱位置校正通过端面凿毛区顶面放置的4个调节垫块，测量复核4个调节垫块的顶面标高。若标高控制不到位需及时调整垫块厚度来确保立柱顶面标高。立柱吊装完成后再进行安装轴线及垂直度复核^[8]。

3.8 灌浆套筒连接

本工程套筒内采用C100高强度无收缩水泥灌浆料连接上下节立柱。（28d抗压强度达到100MPa），砂浆性能要求如表2所示。搅浆时间不得少于5分钟，凿毛端面浆后24h可进行压浆施工。搅拌浆料至浆液内完全没有固态干料存在为止，将拌制好的浆料倒入灌浆设备后开始压浆（压浆设备压力不得小于3MPa，压浆量不得小于4L/min。）。浆料从下部注浆孔压入，待浆料从上部出浆口持续流出2s后压浆完毕，立即封堵出浆口并停止压浆。

表2 C100高强无收缩水泥浆料性能要求

检测项目		性能指标
流动度	初始	≥ 320mm
	30min	≥ 260mm
抗压强度	1d	≥ 35Mpa
	3d	≥ 60Mpa
	28d	≥ 100Mpa
竖向自由膨胀率	3h	≥ 0.02%~2
	24h与3h差值	0.02%~0.5%
28d自干燥收缩		≤ 0.045
氯离子含量		≤ 0.03%
泌水率(%)		0

下节段立柱的纵向预埋主筋与上节段立柱灌浆连接套筒连接。灌浆料在立柱拼装前一天进行1d临期抗压强度测试，强度大于35MPa方可用于现场拼装连接。

3.9 施工效果

本工程施工完成后，依据《GB/T50080-2016普通混凝土拌合物性能试验方法》对灌浆套筒连接部位进行检测，结果显示泌水率均为0.00%。此外，预制立柱表面的平整度和高度精准控制在3mm和±2mm以内；灌浆料试件在28d后临期抗压强度大于100MPa；立柱抗压强度、荷载性能指标均符合规范要求^[9]。

4 结束语

采用灌浆套筒技术进行连接的分段预制装配式立柱，确保了上下节立柱间的精准拼装及稳定连接，使用的C60高强度坐浆料和C100高强无收缩水泥灌浆料，最大程度解决工业厂房立柱构件连接安全性问题。结果表明预制立柱安装工艺和技术可行，立柱表面平整度及高度定位满足精度要求，泌水率、抗压强度等各项性能指标符合设计规范要求。采用预制立柱对于装配式建筑安装质量、节省工期具有重要意义，可为类似工业厂房建设工程提供借鉴。

参考文献

[1]张帅,刘凯,苏伟.高速铁路钢筋套筒灌浆连接式拼装桥墩设计及建造技术研究[J].铁道标准设计,2020,64(S1):195-200.

[2]周明阳,赵思远,宋军学.桥梁施工中大型预制墩柱拼装技术的应用探究[J].黑龙江交通科技,2021,44(6):96-97.

[3]李菁,朱志华.预制墩柱的施工技术及其特点分析[J].公路交通科技(应用技术版),2016,12(3):18-19.

[4]刘波,陈浩,陈雁云.某城市桥梁预制墩柱与承台拼装施工技术[J].施工技术,2018,47(24):73-76.

[5]雷洋波,赵鹏.墩柱预制安装施工技术研究[J].科学技术创新,2022(10):93-96.

[6]张进,刘杰,余毅.装配式建筑预制柱套筒灌浆连接技术分析研究[J].建设科技,2024(7):101-103.

[7]陆海波.预制装配式建筑钢筋套筒灌浆连接检验要点分析[J].建筑理论,2023,(04):45-46.

[8]李连锁.关于预制装配式建筑施工中的灌浆套筒连接技术探讨[J].文化科学,2021,(07):71-72.

[9]陈修,罗铃.装配式建筑钢筋套筒灌浆连接检验要点[J].文化科学,2021,(09):90-91.