

# 工业厂房混凝土排架柱加固设计与实践

文 / 付 力 中南建筑设计院股份有限公司

**摘要：**工业厂房属于工业生产的核心载体，其结构安全性与稳定性能够直接决定生产活动的连续性和从业人员的生命安全。而由于混凝土排架柱作为工业厂房中的关键承重构件，所以在长期应用过程中极易因荷载增加、恶劣环境侵蚀、初始设计施工缺陷等因素而出现结构损伤，如果不及时对其进行加固处理，那么极有可能引发厂房整体坍塌和损坏等重大安全事故。因此，本文结合相关案例来对排架柱检测与评估、常见加固方法与加固设计方案选择等内容进行详细分析，并对工业厂房混凝土排架柱加固施工技术要点、加固效果验收与评估、加固设计实践中的问题与解决措施等进行深入探讨，如此对于推动老旧工业厂房结构改造与安全升级具有重要意义。

**关键词：**工业厂房；混凝土排架柱；加固设计；实践

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.23.107

## 引言

混凝土结构因取材广泛、强度稳定等优势被长期应用于工业厂房排架柱建设当中。然而在实际应用过程中极易受多方面因素的影响而导致排架柱出现承载力不足、稳定性下降等问题。经过相关数据研究显示大部分超30年工业厂房中的排架柱都存在不同程度的碳化、裂缝或钢筋锈蚀现象甚至有少部分已无法满足现行安全标准。所以相关企业必须要对工业厂房混凝土排架柱加固进行加固处理，如此不仅能恢复其结构性能，同时还能够延长厂房使用寿命，也可避免拆除重建带来的资源浪费。因此本文从理论体系与工程实践双重维度出发深入探讨排架柱加固设计与实践的关键内容。

## 一、工程背景介绍

某工业厂房建于1985年，其位于华北地区且属于单层单跨钢筋混凝土排架结构。此厂房跨度为18m，柱距为6m，总长60m。而且排架柱主要采用工字形截面柱，截面尺寸为上柱400mm×400mm，下柱400mm×800mm，同时混凝土强度等级为C25，具体见图1。另外原设计用途为机械零件加工车间，所以屋面结构采用的是预应力混凝土大型屋面板和梯形钢屋架，而且每跨设有一台5t的电动单梁式吊车，吊车梁牛腿标高为7m。但是随着企业的不断发展该厂房计划对设备进行升级，并且拟将吊车更换为10t的电动双梁桥式吊车，同时增加部分大型加工设备，如此就对排架柱的承载能力提出了更高的要求。



图1. 工业厂房混凝土排架柱

## 二、排架柱检测与评估

### （一）外观检查

通过对现场情况进行观察能够发现厂房内部分排架柱表面存在不同程度的裂缝。其中下柱靠近牛腿部位有较多竖向裂缝，且裂缝宽度在0.2-0.4mm之间，长度约为1m-2m。同时柱底部也有少量水平裂缝，其宽度约为0.2mm。另外还有部分排架柱表面还出现了蜂窝麻面现象，主要集中在柱的中部和底部，而蜂窝面积最大处约为200mm×300mm。此外，部分柱角出现了混凝土剥落和钢筋外露情况，且钢筋外露长度最长达300mm<sup>[1]</sup>。

### （二）混凝土强度检测

对排架柱混凝土强度进行检测主要应用回弹法与钻芯法相结合的方式。首先在每根柱子上均匀布置10个回弹测区，并对每个测区进行16次回弹测试，随后根据回弹值来对碳化深度进行分析，进而计算出混凝土的推定强度<sup>[2]</sup>。其次工作人员还要在部分柱子上钻取芯样，芯样的直径为100mm，同时通过芯样抗压试验来对芯样抗压强度实测值进行明确。最后经过检测能够了解到排架柱混凝土强度推定值为C20，明显低于原设计强度等级C25。

### （三）钢筋锈蚀检测

这一检测开展时可对钢筋锈蚀仪进行合理应用，并且工作人员要在柱表面的不同位置布置测点。而检测结束后能够了解到部分钢筋锈蚀电位处于-200mV至-350mV之间，如此表明钢筋存在锈蚀风险。此外工作人员在对钢筋外露部位进行检查时发现钢筋锈蚀问题较为严重，且钢筋截面损失率约在5%-10%之间。

### （四）承载能力评估

工作人员在对排架柱承载能力进行评估时，不仅需要分析检测结果，同时还要考虑材料性能劣化和构件损伤等情况，并且采用结构力学方法来开展相应评估工作。由此能够了解到在原设计荷载作用下排架柱的抗弯、抗剪和抗压承载能力均有不同程度的降低，尤其是在吊车荷载增大后下柱靠近牛腿部位的抗弯承载能力不足极为

明显，从而无法满足新增设备和吊车的荷载需求<sup>[3]</sup>。

### 三、常见加固方法与加固设计方案选择

#### (一) 常见加固方法

##### 1. 增大截面法

增大截面法是较为传统且应用极其广泛的加固方式。其在应用时通过在原混凝土排架柱的周边浇筑新的混凝土，并配置适量的钢筋来使排架柱的截面尺寸增大，进而大幅度提高其承载能力和刚度。然而新增混凝土层的厚度通常需要根据实际加固需求进行明确，且一般不宜小于60mm，如此可保证新浇混凝土与原柱之间有足够的黏结力和协同工作能力。另外新增钢筋与原柱钢筋之间还要通过焊接、植筋等方式进行连接，以达到整体共同受力的效果。

##### 2. 外包钢加固法

外包钢加固法应用时主要是在排架柱的四个角或两侧包裹型钢，如角钢、槽钢等（具体见图2）。然而根据实际施工工艺和受力特点可将其分为干式外包钢和湿式外包钢。其中干式外包钢加固时无需在型钢与原柱之间加入粘结材料，主要通过缀板进行连接。而湿式外包钢则需要在型钢与原柱之间填充结构胶或细石混凝土，如此才能使型钢与原柱之间形成整体共同受力。并且该方法的应用能在不显著增加构件截面尺寸的情况下大幅提高排架柱的承载能力和抗震性能，而且这一方法更加适用于对空间要求较高的厂房<sup>[4]</sup>。



图2. 外包钢加固法

##### 3. 碳纤维加固法

这一方法在实际应用时主要利用结构胶与碳纤维布或碳纤维板相结合来进行加固处理。首先施工人员需要将排架柱表面清理干净，并保证其平整、干燥，然后将碳纤维材料用结构胶粘贴在柱表面确保碳纤维材料的纤维方向与受力方向相同。另外碳纤维材料具有强度高、质量轻、耐腐蚀、施工方便等优点，且基本不增加结构自重，所以在各类工业厂房排架柱加固中应用越来越广泛。例如在某食品加工厂厂房，由于柱子出现裂缝且承载力略有不足，所以采用粘贴碳纤维布进行加固，其具

体施工过程简单快捷，且加固后柱子的性能得到有效改善和提升，使其充分满足当前实际使用需求<sup>[5]</sup>。

#### (二) 加固设计方案选择

在此厂房加固设计方案明确过程中，施工人员需要综合考虑排架柱的损伤情况、加固效果、施工难度和成本等多方面因素，最终通过相应分析和研究确定采用外包钢加固法来对排架柱进行加固。因外包钢加固法能在不显著增加柱截面尺寸的情况下大幅度提高排架柱的承载能力和刚度，所以可使厂房设备升级后的荷载要求得到充分满足。而且这一加固方式的施工相对简便也对生产影响较小。

### 四、施工技术要点

#### (一) 植筋

在此厂房原排架柱上植入连接钢筋可达到对外包角钢进行固定的作用。首先在植筋前施工人员需要用钢筋探测仪来明确原柱钢筋的位置，如此可避免钻孔时损伤原钢筋。其次钻孔直径要比钢筋直径大4mm-6mm，而且钻孔深度也要根据钢筋锚固长度要求进行明确，并且一般不小于15d（d为钢筋直径）。最后在钻孔工作完成以后工作人员还要用吹风机和毛刷来对孔内灰尘进行清理，然后注入结构胶，并将钢筋缓慢插入孔内，如此才能够确保钢筋与结构胶充分粘结<sup>[6]</sup>。

#### (二) 混凝土浇筑

如果采用细石混凝土灌注，那么混凝土强度等级应比原柱混凝土高一级，而且骨料粒径不宜大于20mm。同时在浇筑工作开展之前要先将原柱表面湿润，然后从模板底部的灌注口缓慢注入混凝土，随后采用振捣棒或振捣器对其进行振捣，以确保混凝土的密实性。此外在浇筑过程中施工人员还必须随时观察模板是否有变形、漏浆等情况，如有问题则需及时处理。

#### (三) 钢材焊接

角钢与缀板之间需采用焊接的方式进行连接，首先在焊接前应将角钢和缀板表面的铁锈、油污等清理干净。其次在焊接过程中要采用手工电弧焊或气体保护焊，并且焊接电流、电压和焊接速度等都应根据钢材厚度和焊接工艺的实际要求来进行合理选择，同时确保焊缝无气孔、夹渣、裂纹等问题。最后在焊接完成后在对其外观和焊缝质量检测进行详细检查<sup>[7]</sup>。

### 五、加固效果验收与评估

#### (一) 验收方法

首先针对现场施工情况工作人员需要采用超声探伤仪来对钢材焊接质量进行检测，以确保焊缝内部无缺陷。其次要使用游标卡尺对角钢和缀板的尺寸进行测量，如此可检查其是否与实际设计要求相符合。最后还要用拉拔仪对植筋进行拉拔试验，以明确植筋的锚固强度。

此外在加固后的排架柱上还要进行荷载试验,通过模拟吊车满载运行时的荷载工况来检测其荷载情况。具体是先在柱顶和牛腿部位布置位移计和应变片,以测量柱子在荷载作用下的变形和应力,同时逐级加载至设计荷载的1.2倍,并观察柱子是否有异常变形、裂缝等情况<sup>[8]</sup>。

## (二) 验收结果评估

超声探伤检测结果显示钢材焊缝质量合格,无明显缺陷,且角钢和缀板尺寸偏差在允许范围内。另外植筋拉拔试验结果表明植筋锚固强度满足实际设计要求。此外在荷载试验中,排架柱的变形和应力均在允许范围内,且柱子未出现新的裂缝和异常变形,如此则表明加固后的排架柱承载能力和刚度可充分满足设计要求,能够满足厂房设备升级后的使用需求。

## 六、加固设计实践中的问题与解决措施

### (一) 空间受限问题与解决措施

许多既有工业厂房内部存在设备密集、管道纵横的情况,所以在对混凝土排架柱进行加固施工时其作业空间十分有限。例如在某化工企业厂房加固中,柱子周围布满各类化工管道和反应设备,从而导致大型施工机械无法靠近,进而给材料运输和施工操作带来极大困难。针对这一问题,在实际施工过程中施工人员需要采用小型便携式施工设备来进行作业。同时,施工人员还要合理规划施工顺序,先对周围可移动设备和管道进行临时迁移或保护,为排架柱加固腾出必要空间。而且在迁移管道时还必须要由专业技术人员进行操作,如此才能够尽可能保证管道安全,也能够避免因迁移而引发泄漏等安全事故<sup>[9]</sup>。

### (二) 原结构拆除问题与解决措施

在采用增大截面法等加固方法进行施工时,可能需要拆除原排架柱表面部分疏松或损坏的混凝土。但由于原柱混凝土与钢筋粘结紧密,且部分混凝土强度较高,所以拆除难度相对较大。例如在某机械加工厂房加固中原排架柱混凝土强度等级较高,从而导致应用传统风镐对其进行拆除时效率低下,且容易对周边未拆除部分结构造成损伤。此时可采用较为先进的无损拆除技术,如静态破碎剂拆除法,这一方法是将静态破碎剂注入预先钻好的孔中,利用其膨胀力使混凝土破碎,这种方法不仅对周边结构影响较小,同时其拆除效率也相对较高。另外也可采用高压水射流拆除技术,这一方法主要通过高压水流冲击混凝土表面使其剥落,从而达到拆除的目的,同时在拆除过程中工作人员必须密切监测原结构的变形情况,以确保整体结构的安全性<sup>[10]</sup>。

## 结语

本文通过具体工程实例完整地展示了从工程背景介绍、排架柱检测与评估、加固设计方案确定、加固设计计算过程、施工过程与技术要点到加固效果验收与评估的全过程,从而验证了加固设计方案的可行性和有效性。而且在加固设计实践中还针对施工难点提出了切实可行的应对策略,如此可确保加固工程的顺利实施,也为工程整体质量提供有力保障。此外当前我国科技在不断进步,未来工业厂房混凝土排架柱加固技术也将逐渐朝着多元化方向发展,从而可进一步提高工程结构的耐久性,进而延长工业充分的使用寿命。

## 参考文献

- [1] 杨允锴,武双章,高振儒,等.近爆作用下钢筋混凝土柱损伤判据的试验研究[J].工程爆破,2023,29(5):47-56.
  - [2] 赵泽涛,高向宇,刘亚凯,等.混凝土管柱排架与小直径管柱防屈曲支撑减震排架抗震性能试验研究[J].建筑结构学报,2021,42(3):80-89.
  - [3] 汪秀石,伍敏,程建,等.装配式排架混凝土骨料反应诊断与加固治理[J].中国高科技,2024(10):91-94.
  - [4] 余晓云,陶明霞,叶剑标.基于BIM技术的建筑钢筋混凝土框架梁柱构件数字化建模研究[J].黑龙江工业学院学报(综合版),2024,24(12):152-156.
  - [5] 雷杰,张昕.预制混凝土框架结构建模及梁柱节点钢筋自动排布[J].土木建筑工程信息技术,2024,16(3):25-29.
  - [6] 王广浩.基于扩展有限元法的钢筋混凝土排架柱拟静力试验裂纹模拟分析[J].建筑工程技术与设计,2021(33):2858-2859.
  - [7] 丁云飞,张金仁,薛宇,等.某机械厂排架柱混凝土电化学再碱化技术的应用研究[J].建筑施工,2023,45(11):2351-2355.
  - [8] 李刚,易鑫,潘志成,等.混凝土框排架结构可靠性鉴定与减振加固分析[J].混凝土世界,2024(5):63-69.
  - [9] 程小春,傅军,徐金涛,等.装配式混凝土框架结构的构件参数对碳排放量的影响[J].浙江理工大学学报,2023,49(5):404-414.
  - [10] 李旺喜.梁板后浇带PVC管混凝土柱独立支撑体系应用[J].建筑机械化,2024,45(9):136-138.
- 作者简介:付力(1987年7月-),男,高级工程师,汉族,湖北仙桃,主要从事结构设计及加固改造设计研究。