

# 浅谈某钢框架结构厂房结构鉴定与加固设计

张怀林 阿热帕提·艾斯凯尔

乌鲁木齐建筑设计研究院有限责任公司 新疆 乌鲁木齐 830092

**摘要：**新疆某某厂房一层部分箱型柱因箱体中有积水，越冬时期水结冰膨胀致使部分箱型柱箱体膨胀变形，导致焊缝开裂。为保证厂房结构安全，对厂房进行了结构安全鉴定，根据鉴定结果提出了对箱型柱本身进行校正和对箱型柱进行加固的处理方案。论文通过阐述结构安全鉴定的流程，分析了箱型柱焊缝开裂的原因，进而给出了对应的加固处理方法。

**关键词：**钢框架；箱型钢柱；焊缝

## 工程概况

该工程为钢框架结构，设计为地上五层、无地下室，建筑面积为14059.55m<sup>2</sup>，检测部位为一层箱型钢柱，该工程于2022年8月开工，主体结构已完工。该工程一层部分箱型柱因箱体中有积水，越冬时期水结冰膨胀致使部分箱型柱箱体膨胀变形，导致焊缝开裂。

根据新疆某某建设工程质量检测有限责任公司所出具的新疆某某县某某发展实验区（一期）标准厂房建设项目工程总承包11#、12#标准厂房项目检测报告，11#厂房发现一共有11根钢柱冻胀变形（包含焊缝开裂），2根钢柱焊缝开裂，12#标准厂房发现有1根钢柱冻胀变形且焊缝开裂。

## 1 钢柱壁板冻胀危害分析

钢柱壁板在寒冷环境中可能会出现冻胀现象<sup>[1]</sup>，这种现象主要是由于水在低温下冻结并膨胀所引起的<sup>[2]</sup>。钢柱壁板表面或内部的水分在气温骤降时会结冰，冰的体积比水大，从而产生膨胀的力<sup>[3]</sup>。这种膨胀力会对钢材产生较大的应力<sup>[4]</sup>，导致钢柱壁板出现裂纹<sup>[5]</sup>、焊缝开裂、变形甚至断裂等问题。

冻胀现象不仅会直接损害钢柱壁板的结构完整性，还会间接影响建筑物的整体稳定性和安全性。裂纹和变形会削弱钢材的承载能力，增加结构的脆弱性。在严重情况下，冻胀可能导致钢柱壁板的局部或整体失效，进而引发建筑物的倒塌或其他严重事故。

此外，钢柱壁板出现冻胀现象后，修复和维护工作将变得更加复杂和昂贵。需要对受损部分进行仔细检查，确定损坏程度，并采取相应的修复和加固措施。这不仅增加了建筑维护的成本，还可能影响建筑物的正常使用，造成不便和经济损失。

为了防止钢柱壁板出现冻胀现象，可以采取多种预防措施。例如，选择抗冻性能更好的材料，优化钢柱壁

板的设计和施工工艺，加强对建筑物的维护和监测，尤其是在寒冷季节，及时排除可能导致水分积聚的隐患。这些措施可以有效减少冻胀对钢柱壁板的影响，延长建筑物的使用寿命，提高其安全性和可靠性。

## 2 钢柱壁板变形危害分析

钢柱壁板变形，通常是指钢柱的壁厚减薄或形状改变，这种变形会带来以下危害：

**容易引发疲劳破坏：**钢柱壁的变形可能导致应力分布不均，加速材料的疲劳，从而降低其使用寿命。

**结构承载力下降：**壁厚减薄会直接影响钢柱的承载能力，使结构在承受相同荷载时更容易发生破坏。

**应力集中：**变形可能导致应力集中，这在荷载作用下可能会引发局部失稳，进一步影响整体结构稳定性。

**材料性能下降：**变形可能使钢材的机械性能下降，如屈服强度和抗拉强度等，降低其抵抗外力的能力。

**安全风险增加：**严重的钢柱壁板变形会显著增加建筑的安全风险，可能引发结构突然失效，对人员和财产安全构成威胁。

**维修成本和时间增加：**修复变形的钢柱壁板通常需要专业技术和设备，费用较高，且可能需要停用建筑部分或全部区域，影响正常运营。

因此，对钢柱壁板变形的预防和及时修复是建筑安全的重要环节，需要定期进行结构检查和维护，确保建筑的安全性。

## 3 常见钢柱加固处理方法

当针对钢柱进行加固处理时，可以根据具体情况选择以下方法：

**外加钢板加固：**选择合适尺寸和厚度的钢板，通过焊接或螺栓连接固定在钢柱外表面，增加钢柱的承载能力和稳定性。

**碳纤维加固：**在钢柱表面涂布环氧胶粘剂，粘贴碳

纤维布，待固化后形成碳纤维增强层，增加钢柱的受力性能。

**钢柱混凝土包覆：**先清理钢柱表面，设置模板，浇筑混凝土，待混凝土充分固化后形成混凝土包覆层，提高钢柱的承载能力。

**钢柱剪力墙加固：**在钢柱周围设置混凝土墙或钢板墙，与钢柱连接构成整体剪力墙结构，提高整体结构的稳定性。

**钢柱加筋加固：**通过在钢柱内部或外部加设横向加筋，通常使用角钢或方钢，焊接或螺栓连接，提高钢柱的承载能力。

**钢柱局部加固：**针对钢柱局部损坏或变形部位，可采取补强焊接、加固套筒等方法，恢复钢柱的原有承载能力。

**预应力加固：**在钢柱上设置预应力杆件或预应力筋，施加预压力，使钢柱受拉能力增强，提高其承载能力和抗震性能。

以上方法都需要在工程师的指导下进行，确保施工质量和加固效果，选择何种加固方法应综合考虑结构的具体情况、使用要求和预算等因素。

#### 4 加固处理流程

钢柱壁板出现冻胀引起的局部鼓曲变形以后，首先应当进行变形矫正，此时由于钢柱壁板变形较大已经产生了塑性变形，因此钢柱承载能力受损，为了弥补承载

力的降低，应当在局部鼓曲部位变形矫正后进行加固，使得钢柱与正常钢柱相比承载力持平或略有增加，最后开展防腐、防火处理，使钢柱重新满足正常使用要求。

从检测报告可以看出，钢柱的冻胀变形存在三种情况：

参考《钢结构工程施工质量验收标准》（GB50205-2020）中要求腹板的局部平面度的允许偏差为2mm，因此根据现场及检测情况，分为以下三种情况

**情况1：**对于钢柱壁板鼓曲值在0~2mm的情况，认为其在钢柱壁板的允许误差范围内，可不作加固处理。

**情况2：**对于部分轴线位置上的钢柱检测出冻胀变形但无焊缝开裂情况时，冻胀变形在2~21mm之间，需进行复位矫正并加固。

**情况3：**对于部分轴线位置上的钢柱检测出冻胀量较大且检测有焊缝开裂，需进行复位矫正、焊缝重新焊接及加固。

上述三种情况的钢柱冻胀量差异较大，说明钢板产生的塑性变形差异较大，应分别采取不同的加固方式进行处理：第一，情况（2）中大部分冻胀变形的钢柱应采取图1所示的基本流程。第二，情况（3）中钢柱的竖向焊缝由于冻胀脱开，存在焊缝开裂，针对此种情况，应当按照图2流程处理。第三，其余未检测出冻胀变形的钢柱，也应在柱壁上开孔进行排水、干燥、孔封堵、防腐、防火等。

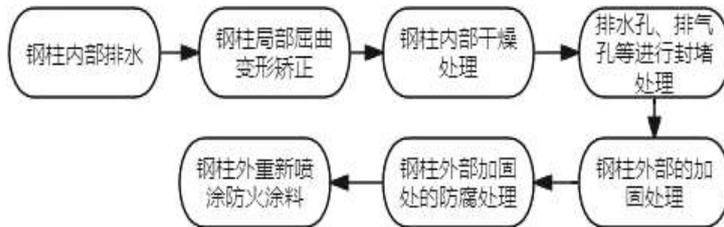


图1 冻胀变形钢柱的处理流程

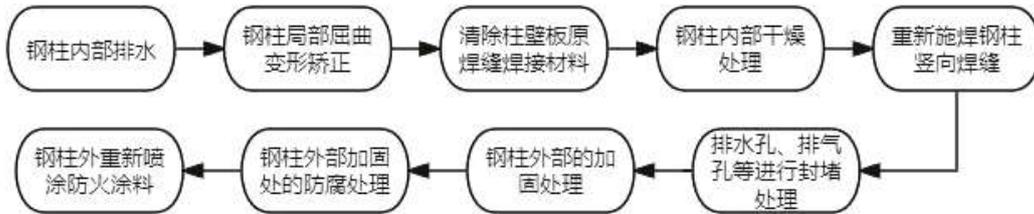


图2 钢柱冻胀变形且有焊缝开裂情况的处理流程

#### 5 具体加固方案

5.1 对于钢柱局部冻胀变形的矫正工作，由于该项目结构属于钢框架结构，箱型钢柱为主要竖向承载力构件，目前结构主体已经完工，钢柱已是负载状态，因此在对钢柱进行矫正时需架设临时支承进行部分卸荷（卸

荷量不小于50%），然后开展后续矫正工作。

5.2 钢柱的人工排水工作。在钢柱下端开小孔进行排水。

5.3 矫正范围为检测报告中检测出的冻胀变形值大于2mm的钢柱，采用机械矫正方法进行，机械矫正常用的

工具有千斤顶、螺旋拉紧器和压力机等。对于钢柱不同位置产生的冻胀变形,可以在柱上产生变形的部位设置夹板进行加载。钢柱垂直度采用经纬仪实时监测,将钢柱柱壁最终恢复至平面。

5.4 钢管内部干燥处理。对于检测出冻胀变形的钢柱,在进行完钢柱冻胀变形的矫正工作后,对钢管内部进行干燥处理,其余箱体内有水未检测出冻胀变形的钢柱,直接进行钢管内部的排水及干燥处理:

首先将钢管柱内水排干,然后柱上下两端各开一个约50mm小孔,使用电热鼓风机通过鼓入循环热风对钢管内壁残余水分进行干燥,注意鼓风速度,避免钢柱内产生过大压力。干燥完毕后,可以通过向钢柱内部打入干燥剂粉末的方式对残余水汽进行吸附,进一步保证钢管内壁不会因残余水的作用而腐蚀,最后对排水孔、鼓风机孔及检测时需要开的孔进行封闭。

5.5 钢柱壁板局部冻胀变形部位的加固。采用在箱型钢柱局部冻胀变形矫正区域焊接150×16mm的钢箍板的方式对钢柱进行加固,钢箍板采用Q355级钢材制作,加固钢箍板之间的焊接采用半熔透对接坡口焊缝,加固钢箍板与钢柱之间采用角焊缝,焊脚尺寸为12mm。

5.6 对于钢柱冻胀变形后出现钢柱竖向焊缝脱开的情况,在对钢柱冻胀变形部位进行加固之前,应当在钢柱壁板的局部冻胀变形矫正后,首先对钢柱张开焊缝位置通过碳弧气刨清除原焊缝金属焊接材料,随后使用角磨机进行焊道表面氧化物的打磨,直至露出金属本色,检查焊接件的接头质量和焊接区域的坡口、间隙等处理情况,然后重新施焊。

5.7 出现焊缝开裂的钢柱重新施焊及焊接加固钢箍板时应满足以下要求:

5.7.1 界面的清理:焊接前,需要清理钢柱的防腐

层、防火涂料等,保证钢柱表面和加固钢箍板的表面平整、干净。

5.7.2 焊接施工要求:每条焊缝应连续施焊不得中途无故停焊,焊接完成后立即进行焊缝清理和外观检查。同时,在焊接过程中全程安排质检人员跟踪指导,检查焊缝表面不得有气孔、未熔合、裂纹等缺陷,焊缝等级为二级,应按照国家相关标准及规定进行施工及检测。

#### 结论

冻胀引起的钢柱局部鼓曲部位已经产生了很大的塑性变形,在变形矫正以后此部位仍然为钢柱的薄弱部位,会导致钢柱在轴压力作用下首先在该部位产生局部屈曲,钢柱承载力下降明显。通过重新补焊开裂的部位,并在钢柱外焊接钢箍板加固,最终使结构的受力更加合理,弥补因局部屈曲变形导致的承载力下降,满足结构承载受力要求。

#### 参考文献

- [1]高莹,王文焘.季节冻土地区大型敞口地下水池冻胀计算方法[J].石油化工安全环保技术,2020,36(04):25-27+31+6.
- [2]王绍君,刘江云,耿琳,等.深基坑支护体系冻胀变形及控制三维数值分析[J].土木工程学报,2018,51(05):122-128.
- [3]韩伟涛.预应力与冻融循环耦合作用下水工混凝土性能研究[J].黑龙江水利科技,2024,52(03):37-40.
- [4]陈正伟,许桂霞.冻融循环和盐卤侵蚀作用下复掺纳米混凝土的损伤模型[J].材料导报,2023,37(S2):262-267.
- [5]韩重庆,杨瑞丰,李向民,等.装配式矩形钢管混凝土柱-钢梁侧板连接节点抗震性能研究[J].建筑结构学报,2024,45(04):50-60.