

Study on the Influence of Scheme of Damage Detection to Door Frame

Lingyun Wang

College of Urban Construction and Safety Engineering, Shanghai Institute of Technology, Shanghai
Email: wang0730@sina.com

Received: Dec. 6th, 2017; accepted: Dec. 21st, 2017; published: Dec. 28th, 2017

Abstract

In order to improve the work capacity of door frame, investigations are carried out to detect door frame and to maintain its capacity. It indicates in this paper that the study should be carried out to investigate the influence of the geometry on the damage detection scheme of the machine. The models have been introduced to analyze the moment of the joint if the damage detection system is applied at different points. The study is carried out to analyze the influence of geometry on the member bars of the door frame. The studies are carried out to compare the results of models of different door frames. It appeared that the geometry in the loading of damage detection machine has moderate influence on internal forces of the door frame. The study should be carried out to investigate the climbing speed of climbing system as a design guideline.

Keywords

Door Frame, Steel Beam, Steel Column, Climbing System Speed

门式刚架机器探伤系统运行方案研究

王凌云

上海应用技术大学, 城市建设与安全工程学院, 上海
Email: wang0730@sina.com

收稿日期: 2017年12月6日; 录用日期: 2017年12月21日; 发布日期: 2017年12月28日

摘 要

为提高门式刚架的使用保障, 需要对门式刚架进行探伤与维护。对于门式刚架机器探伤系统, 几何因素对机器探伤系统的运行方案的影响还没有得到很好的研究。为此目的建立了门式刚架模型, 首先分析机

器探伤系统加载在不同位置时对门式刚架的立柱和横梁连接的刚结点产生的弯矩，然后在这个状态下进行分析，考虑几何因素，分析几何因素对门式刚架杆件受压与受拉特性的影响；最后对不同几何比例的门式刚架模型的计算结果进行比较并得到规律。算例分析表明，在进行门式刚架的受力分析中，几何因素—主要是几何比例，对进行机器探伤系统加载的影响是比较显著的。在加载机器探伤系统时，爬升系统的运行速度应进行细致的方案设计。

关键词

门式刚架，横梁，立柱，爬升速度

Copyright © 2017 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

近年来，门式刚架在工业与国民经济建设中发挥着越来越重要的作用[1]。现阶段门式刚架在设计、制作、安装等方面已基本形成一体化[2]，它是用等截面或变截面的焊接 H 型钢作为梁柱[3]，钢柱与基础可以采用刚接，也可采用铰接[4]，因而受力较为简单、传力途径明确，并具有良好的经济效益、应用广泛；随着 H 型钢投入大批量生产，推动门式刚架设计、成型一体化进程[5]。然而，门式刚架不适用于强侵蚀介质环境[6][7]，提高门式刚架体系的质量保障和可靠性是一个重要的问题。而且，尽管钢结构具有良好的延性，但在国内外频繁出现的地震活动以及由此引起的地震灾害中，仍然出现钢柱脆断、数量较多的梁柱节点破坏等工程事故[8]。因而，对门式刚架的探伤与定期维护，确保门式刚架的结构安全性，显得尤为重要。门式刚架的探伤与维护可分为两种，一种是人工目测方式，另一种是采用现代设备进行无人探伤方式。人工目测方式的探伤工作环境恶劣，门式刚架表面的除尘工作难以展开，而借助现代设备如机器爬升系统来实现探伤功能，运用各种爬升和下降机构进行门式刚架的维护，是一个较有前景的发展趋势。门式刚架使用过程必然带来结构损伤，随着结构损伤的影响的加剧，门式刚架使用要求更加无法满足。在目前的技术水平下，改进门式刚架机器探伤系统运行和处理方法，提高使用效率，可较为充分地了解门式刚架的损伤状况，减低门式刚架运行的不确定性，提高门式刚架的应用潜力。

2. 爬升系统在探伤过程中的作用

2.1. 爬升系统加载支座

爬升系统外部由质量较重的框架组成，体积较大，内部结构含有轴承、连杆、滚珠丝杆与弹簧等，爬升系统的电机可带动内部结构进行正反转，使爬升系统移动。当电机带动爬升系统到一定位置时，系统重力由刹车功能提供的扭矩克服，因而产生附加力矩施加于门式刚架。图 1 所示为一个直角坐标系下门式刚架结构，坐标系 x 轴平行于门式刚架左支座和右支座的连线，坐标原点设在门式刚架左支座上，坐标系 y 轴平行于门式刚架左立柱。

设门式刚架跨度为 L ，门式刚架横梁在竖向方向的高度为 H_1 ，门式刚架立柱的高度为 H_2 ，门式刚架结构的横梁 AB 、 AC 通过铰结点 A 连接， A 点坐标为 $\left(\frac{L}{2}, H_1 + H_2\right)$ ，横梁 AB 与立柱 BD 通过刚结点 B 连接， B 点坐标为 $(0, H_2)$ ，横梁 AC 与立柱 CE 通过刚结点 C 连接， C 点坐标为 (L, H_2) ；立柱 BD 与门式

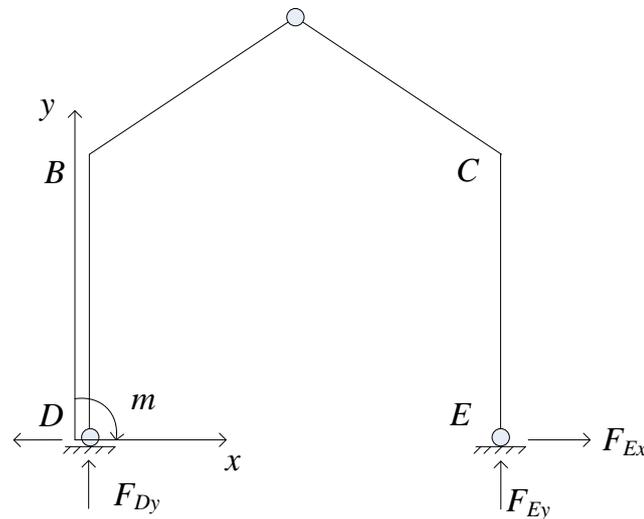


Figure 1. Whole door frame under load (support loaded by climbing system)

图 1. 全跨刚架受力(爬升系统加载支座)

刚架结构的基础通过铰结点 D 连接, D 点坐标为 $(0, 0)$; 立柱 CE 与门式刚架结构的基础通过铰结点 E 连接, E 点坐标为 $(L, 0)$ 。由图 1 可知, 门式刚架机器探伤系统开始运行时, 爬升系统的附加力矩 m 施加在铰结点 D 。令 E 点的支座反力 F_{Ex} 、 F_{Ey} 向 D 点求力矩, 由整体结构的力矩平衡条件可知,

$$F_{Ey} \cdot L - m = 0 \quad (1)$$

由公式(1)可得

$$F_{Ey} = \frac{m}{L} \quad (2)$$

上式中, m 是门式刚架机器探伤系统的爬升系统的附加力矩。在原来的坐标系下, 取右半跨门式刚架为隔离体, 横梁 AB 上的铰结点 A 附近截面的内力为 F_{Ax} 、 F_{Ay} , 如图 2 所示。令 E 点的支座反力 F_{Ex} 、 F_{Ey} 向 A 点求力矩, 由隔离体的力矩静力平衡条件可得

$$F_{Ex} \cdot (H_1 + H_2) + F_{Ey} \cdot \frac{L}{2} = 0 \quad (3)$$

由公式(3)可得

$$F_{Ex} = -\frac{m}{2(H_1 + H_2)} \quad (4)$$

由公式(4)可得, 门式刚架横梁 AB 上刚结点 B 附近的弯矩 M'_B 为

$$M'_B = k_1 m \quad (5)$$

其中, $k_1 = \frac{0.5H_2}{H_1 + H_2} - 1$, 且 $k_1 < 0$ 。

2.2. 爬升系统加载顶点

如图 3 所示, 当门式刚架机器探伤系统的爬升系统运行到门式刚架横梁上铰结点 A 左侧附近时, 爬升系统的附加力矩 m 加载在铰结点 A 左侧附近截面。

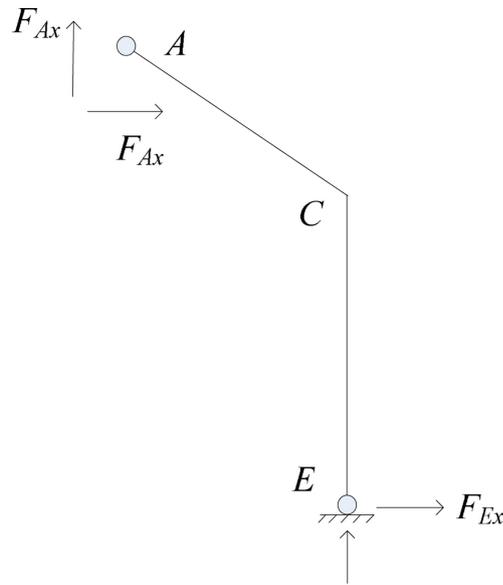


Figure 2. Half door frame under load (support loaded by climbing system)
图 2. 半跨刚架受力(爬升系统加载支座)

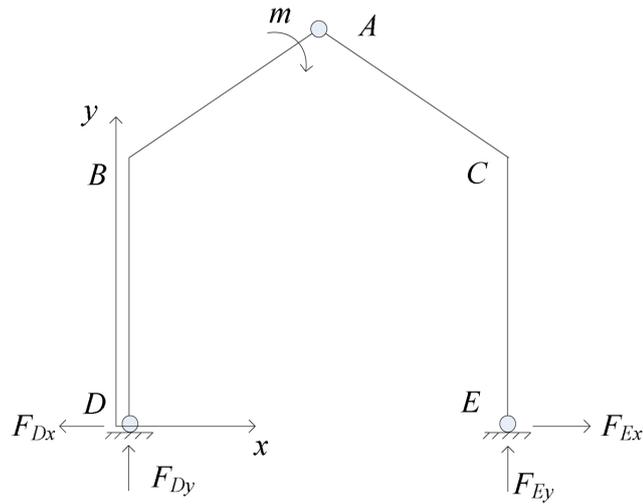


Figure 3. Whole door frame under load (top loaded by climbing system)
图 3. 全跨刚架受力(爬升系统加载顶点)

令 E 点的支座反力 F_{Ex} 、 F_{Ey} 向 D 点求力矩，由整体结构的力矩平衡条件可知，

$$F_{Ey} \cdot L - m = 0 \tag{6}$$

由公式(6)可得

$$F_{Ey} = \frac{m}{L} \tag{7}$$

在原来的坐标系下，取右半跨门式刚架为隔离体，横梁 AC 上的铰结点 A 右侧附近截面的内力为 F_{Ax} 、 F_{Ay} ，如图 4 所示。令 E 点的支座反力 F_{Ex} 、 F_{Ey} 向 A 点求力矩，由隔离体的力矩静力平衡条件可得

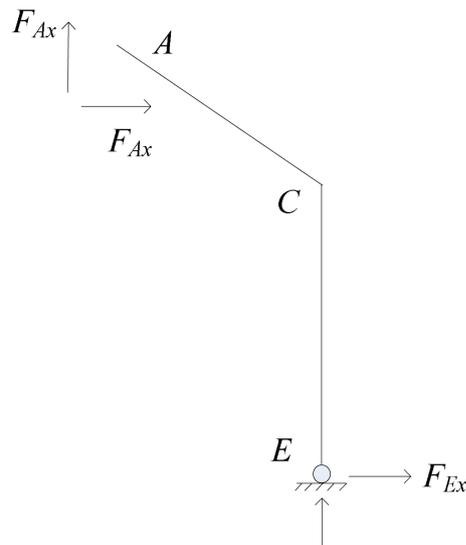


Figure 4. Half door frame under load (top loaded by climbing system)

图 4. 半跨刚架受力(爬升系统加载顶点)

$$F_{E_x} \cdot (H_1 + H_2) + F_{E_y} \cdot \frac{L}{2} = 0 \quad (8)$$

由公式(8)可得

$$F_{E_x} = -\frac{m}{2(H_1 + H_2)} \quad (9)$$

由公式(9)可得, 门式刚架横梁 AB 上刚结点 B 附近的弯矩 M_B'' 为

$$M_B'' = k_2 m \quad (10)$$

其中 $k_2 = \frac{0.5H_2}{H_1 + H_2}$, 且 $k_2 > 0$ 。

3. 爬系统方案选取

在门式刚架机器探伤系统的爬升系统从支座运行到顶点过程中, 门式刚架横梁刚结点 B 的弯矩使得刚架受力状态从刚架的内部钢纤维受拉变成外部钢纤维受拉。随着刚架的尺寸比例 H_1/H_2 变小, k_1 的绝对值逐渐变大, 即刚架内部钢纤维受拉程度加剧, 而 k_2 的值逐渐变小, 即刚架外部钢纤维受拉程度减弱。因此, 令 ε_1 为爬升系统在立柱上的爬升速度, ε_2 为爬升系统在横梁上的爬升速度, ε_1 、 ε_2 的设计方案见表 1。表 1 为门式刚架模型在三种几何比例下横梁与立柱相连接的刚结点上弯矩值对应的爬升系统的爬升速度的相对情况。

从表 1 中结果可见:

1) 机器探伤系统加载支座时, 门式刚架几何比例对刚架结点的弯矩值影响比较明显, 相对横梁高度与立柱高度比例为 1/2 的情况, 几何比例为 1/3 的门式刚架的刚结点弯矩值增大 5%, 几何比例为 1/4 的门式刚架的刚结点弯矩值增大 8%。

2) 机器探伤系统加载门式刚架顶点时, 门式刚架几何比例对刚架结点的弯矩值影响不可忽略, 相对横梁高度与立柱高度比例为 1/2 的情况, 几何比例为 1/3 的门式刚架的刚结点弯矩值减少 25%, 几何比例

Table 1. Influence of size proportion on door frame
表 1. 门式刚架尺寸比例的影响

$\frac{H_1}{H_2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{4}$
k_1	-0.833	-0.875	-0.900
k_2	0.167	0.125	0.100
ε_1	较慢	中等程度	较快
ε_2	较快	中等程度	较慢

为 1/4 的门式刚架的刚结点弯矩值减少 40%。

由上述结果可知，门式刚架几何比例主要影响杆件的内力，刚架杆件内力主要受自身的刚结点的内力弯矩值的影响，随着不同的刚架几何比例的变化，机器探伤系统的加载位置对刚结点的内力弯矩值的影响也在变化，因而需要考虑爬升系统的速度调整方案。

4. 结论

由上述分析可知：

- 1) 门式刚架加载机器探伤系统主要影响门式刚架杆件受拉和受压性能；
- 2) 随着门式刚架几何比例的变化，机器探伤系统加载对门式刚架杆件的受拉和受压性能的影响也在变化；
- 3) 对于门式刚架横梁与立柱连接的刚结点来说，在机器探伤系统加载的作用下，几何比例对它们的影响很大，不同门式刚架的几何比例相差超过一定值时，爬升系统的爬升速度要进行调整。由于门式刚架结构的运行环境较为复杂，对于不同的门式刚架机器探伤系统的运行，需采用不同的爬升系统方案设计，以提高运行的可靠度。

参考文献 (References)

- [1] 刘朝宏, 李天. 轻型门式刚架的平面内稳定系数的计算[J]. 郑州工业大学学报: 工学版, 2001, 22(2): 73-76.
- [2] 王红梅. 谈门式刚架的特点及应用[J]. 山西建筑, 2012, 38(18): 60-61.
- [3] 李一凡, 刘福胜, 孙勇. 门式刚架轻型结构房屋的发展现状[J]. 钢结构, 2006, 21(2): 1-4.
- [4] 邱鑫. 谈轻型门式刚架结构[J]. 山西建筑, 2016, 42(34): 53-54.
- [5] 唐张利. 50t 吊车门式刚架的设计[J]. 江苏冶金, 2008, 36(6): 35-37.
- [6] 曾世开. 门式刚架在工业建筑设计中若干问题的探讨[J]. 科技信息, 2013(10): 389.
- [7] 贾宏玉, 郝宏伟, 岳鹏飞. 门式刚架的振动损伤识别方法研究[J]. 内蒙古科技大学学报, 2011, 30(3): 278-281.
- [8] 高轩能, 李琨. 变截面门式刚架地震反应研究进展[J]. 四川建筑科学研究, 2008, 34(3): 141-145.

知网检索的两种方式：

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2325-498X，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：ijm@hanspub.org