

ICS 91.140.90

Q78

广东省特种设备行业协会团体标准

T/GDASE 0029-2021

起重机械金属结构应力测试技术规范

Technology procedures for hoisting machinery

metal structure stress test

2021-12-06 发布

2021-12-26 实施

广东省特种设备行业协会 发布

目录

1. 内容与范围.....	1
2. 引用标准.....	错误! 未定义书签。
3. 术语与定义.....	1
4. 总则.....	2
5. 基本规定.....	2
6. 资料查阅.....	2
7. 仪器设备.....	3
8. 测试布点.....	4
9. 工况.....	4
10. 自重应力.....	5
11. 数据处理.....	6
12. 报告.....	6

前 言

本标准按 GB/T 1.1-2009《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》的规定编写。

本标准由广州特种机电设备检测研究院提出。

本标准由广东省特种设备行业协会归口。

本标准起草单位：广州特种机电设备检测研究院。

本标准主要起草人：江爱华、陈敏、何山、孙学礼、陈海、陈志刚、武星军、刘英杰、王新华、邓贤远、芮中樑、蒋秉栋、谢超、陈冬青、朱富强、吴稚筠。

本标准为首次发布。

起重机械金属结构应力测试技术规范

1. 内容与范围

1.1 本标准适用于起重机械金属结构应力测试方法、步骤和报告。

1.2 本标准适用于港口、电厂、码头、仓库等堆取料作业用起重机械金属结构的现场应力测试。

1.3 本标准适用于起重机械金属结构现场应力测试，起重机械零部件应力测试不包含在本标准之内。

2. 规范性引用文件

下列文件对于本标准的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件，有特殊规定的按相关标准和协议执行。

DB44/T 830-2010 桥式起重机安全性能评估

GB/T 3811-2008 起重机设计规范

GB 6067.5-2014 起重机械安全规程 第5部分：桥式和门式起重机

GB/T 14405 通用桥式起重机

GB/T 14406 通用门式起重机

GB/T 29560 门座起重机

GB/T 30024 起重机 金属结构能力验证

GB/T 6974.1—2008 起重机 术语 第1部分：通用术语

JB/T 7688.1-2008 冶金起重机技术条件—第1部分：通用要求

TSG Q0002-2008 起重机械安全技术监察规程—桥式起重机

TSG Q7002 桥式起重机型式试验细则

TSG Q7015 起重机械定期检验规则

TSG Q7016 起重机械安装改造重大维修监督检验规则

3. 术语与定义

3.1 应力测试 Stress test

通过应变传感器对起重机械主要受力构件进行宏观应变数据采集以评估结构强度指标的测试过程。

3.2 测试布点 Arrange test points

应力测试过程中确定测试点的位置、应变片的方向的技术分析过程。

3.3 工况 Working condition

应力测试过程中起重机械动作和载荷的组合。

3.4 自重应力 Gravity stress

由起重机械自身质量对其结构产生的应力。

4. 总则

4.1 本标准制定的目的是为了在起重机械金属结构现场应力测试中,保障过程标准、数据准确、操作方便。

4.2 本标准规定了起重机械金属结构现场应力测试的基本要求。当本标准与国家法律、行政法规的规定相抵触时,应按国家法律、行政法规的规定执行。

4.3 本标准所采用的仪器设备的具体操作方法按照各个仪器说明书进行。

5. 基本规定

5.1 应力测试的工况、位置和贴片方向应具有代表性,可反映起重机械整体结构的强度状况。

5.2 应力测试原则上应采集起重机械结构的绝对应力,即包含自重应力与载荷产生的应力。

5.3 应力测试只针对起重机械结构的宏观应力,以评估结构的整体强度。测试过程不考虑结构局部应力集中、焊接残余应力,以及板件的内部残余应力等。

6. 资料查阅

6.1 一般规定

本部分适用于对设备资料进行核查,确定其真实性、连续性、完整性、符合性,委托方应提供真实有效的设备技术档案资料。

6.2 资料查阅内容

6.2.1 资料查阅应当严格依据国家及行业的技术标准、规范的有关要求和设备设计资料等。

6.2.2 进行应力测试的设备，应对以下资料进行查阅

6.2.2.1 设计资料：产品设计文件（设计总图、主要受力结构件图、电气原理图、零件图）、产品技术资料、质量合格证明、安装使用维修说明等。

6.2.2.2 制造许可证或型式试验合格证明。

6.2.2.3 原材料检测记录。

6.2.2.4（重大）维修记录、使用记录、改造记录。

6.2.2.5 首次检验报告和最近一次法定检验报告。

6.2.2.6 其他相关技术资料。

6.2.3 为保证查阅工作的质量，查阅时间至少应保证 3 个有效工作日，查阅组成员应在查阅过程中做好书面记录，并将查阅记录汇总，形成总体意见，提交评估项目组长。

6.2.4 若查阅资料不全或者缺失，委托单位应该出具书面说明并加盖公章。

6.2.5 资料查阅完成后，应对查阅的内容形成书面记录并存档。

7. 仪器设备

7.1 一般规定

应力测试所用的仪表和测量设备应按中国国家计量检定规程的相关规定进行检定或校准，并在计量有效期内使用。

7.2 精度

进行应力测试的成套设备应保证测试精度在（ $-20\sim+20\mu\epsilon$ ）范围内。

7.3 采样率

为保证在动载荷作用下完整地记录结构的应力时间历程，应使用采样率在 50Hz 以上的仪器设备。

7.4 数据传输、存储

7.4.1 仪器设备应具有数据导出功能，以备份测试数据。

7.4.2 数据存储应符合标准格式，或提供解析协议，不宜采用以非标准格式存储数据的仪器设备。

7.4.3 仪器设备应具有断电保护功能，确保在意外断电时测试数据不丢失。

7.5 抗干扰性

仪器设备应具有较高的抗干扰性，保证其在起重机械现场环境中的测试性能。

8. 测试布点

8.1 一般规定

8.1.1 本部分适用于起重机械金属应力测试过程中测量点的布置原则。

8.1.2 应对主要受力构件进行应力测试，常见机型的主要受力构件具体可参考附录 A。

8.2 测试点的定位原则

8.2.1 应根据结构力学理论分析出结构上应力危险区域进行测试点的布置。具体可参考附录 B。

8.2.2 存在复合应力（不包括剪切应力）的部位必须使用可测量复合应变的传感器，也可在同一位置设置 2 个相互垂直的单方向应变传感器。

8.3 传感器的方向

传感器的测量方向应与结构的主应力方向一致。

8.4 特殊位置

由于客观条件限制，无法到达的应力危险区可不设置测试点，但必须对其局部进行强度计算。例如有限元分析等，以此评估强度性能。

9. 载荷与工况

9.1 一般规定

本部分规定的工况，适用于起重机械应力测试以获取结构的强度、疲劳性能。

9.2 载荷

9.2.1 应分别进行静载荷与动载荷测试，静载荷取 1.25 倍额载，动载荷取 1.1 倍额载。

9.2.2 静载荷下的应力时间历程用于结构强度评估，相关工况参考 9.3。

9.2.3 动载荷下的应力时间历程用于结构疲劳性能分析，相关工况参考 9.3。

9.3 工况

对应力测试而言，静载荷与动载荷工况是不同的，应区分对待。

9.3.1 静载荷工况

静载荷工况目的是评估结构的强度性能，载荷应缓慢离地起升，起升至离地面 100mm 时停下，停留 10 分钟后放下。工作幅度变化的起重机械，应对所有可能出现最大应力的幅度进行静载荷测试。静载荷测试过程中不得运行小车或大车。

9.3.2 动载荷工况

动载荷工况目的是评估结构的疲劳性能，应以起重机械各机构可达到的最大加速度启动运行。动载荷测试工况参考附录 C。

10. 自重应力

10.1 一般规定

本部分适用于起重机械自重应力的计算，应力测试不能获取自重产生的应变时，应综合考虑计算应力进行强度性能评估。

自重应力的检测分为理论分析法和试验分析法。通过设计图计算获取结构自重应力的方法称作理论分析法。理论分析法可以得到结构任意部位的自重应力，但对于使用多年的起重机械，结构实际的自重应力可能与计算值存在一定差异；通过现场实测结构安装后的自重应力的方法称作试验分析法。试验分析法得到的自重应力值较符合结构实际的受力状态，但试验分析法的现场可操作性存在一定的局限。在对起重机械进行自重应力检测时，应选择合适可行的方法。

10.2 计算工具

起重机械自重应力计算工具应为业内普及的计算公式或软件，计算方法可参考 GB3811/T-2008 第 5 章。

10.3 计算人员

实施理论分析的人员应熟练掌握力学知识，并对起重机械结构分析计算有完整的理解。

10.4 计算对象

自重应力计算对象应包括主金属结构上的所有测量点。

11. 数据处理

11.1 一般规定

应力测试应对结构整体强度、疲劳进行评估，给出结果。

11.2 滤波

应对应力测试数据进行低通滤波，以保证应力时间历程曲线清晰。

11.3 强度评估

11.3.1 应根据力学理论将自重应力与测试应力合成等效应力进行强度评估。

11.3.2 应尽量采用第三强度理论进行强度评估。

11.4 疲劳评估

11.4.1 优先采用 Miner 线性累积损伤理论进行金属结构疲劳性能评估，具体可参考 BS5400。

11.4.2 疲劳分析也可以参考 GB 3811/T-2008 5.8。

12. 报告

报告应包括以下内容：

- 1) 委托方、检测方、现场检测时间、地点及环境；
- 2) 基本信息（制造单位、使用单位、设备型号规格、制造日期、安装日期等）；
- 3) 基本参数；
- 4) 检测依据、检测结论、报告编号、检测人员、审核、批准和签发日期等。
- 5) 报告的具体格式参考附录 D。

附 录 A

(资料性)

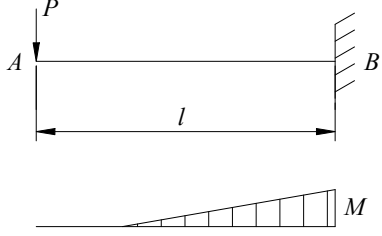
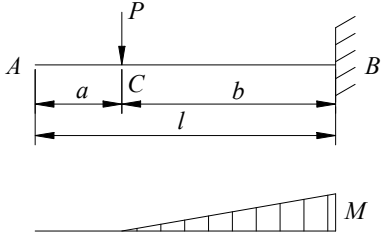
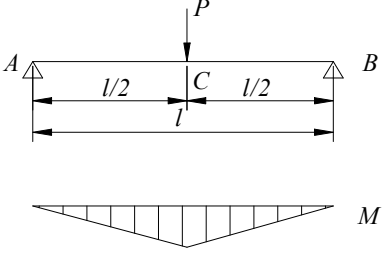
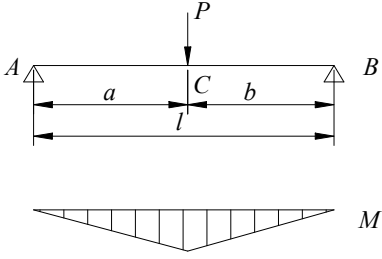
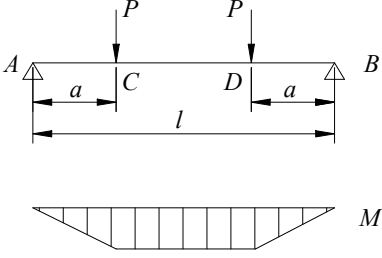
起重机械常见机型的主要受力构件

机型	主要受力构件
门式起重机	主梁、门腿（刚性腿，柔性腿）、大车平衡梁、端梁、小车结构
门座式起重机	臂架、大拉杆、小拉杆、象鼻梁、人字架、转台、圆筒门座（八撑杆结构）、大车平衡梁
桥式起重机	主梁、大车平衡梁、端梁、小车结构
岸边集装箱起重机	前后门框、前大梁、后大梁、人字架、斜撑杆、小车结构、大车平衡梁、横梁

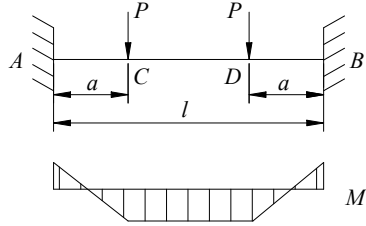
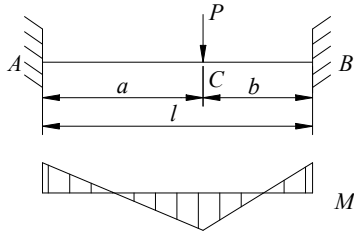
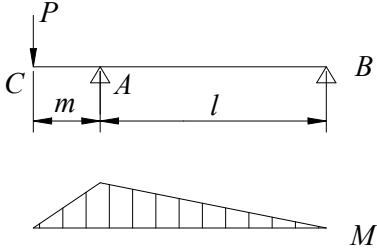
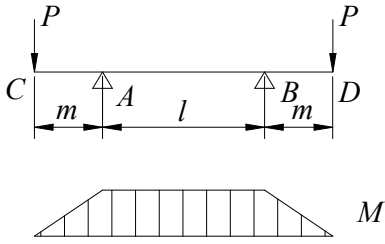
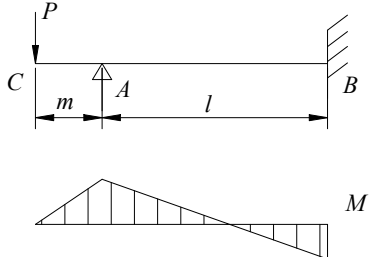
附录 B

(资料性)

起重机械常见金属结构弯矩图

分类	简图	弯矩
悬臂梁		$M_B = -Pl$
		$M_B = -Pb$
简支梁		$M_C = \frac{Pl}{4}$
		$M_C = \frac{Pab}{l}$
		$M_C = Pa$

		$M_C = \frac{Pa}{l} \times (2c + b)$
一端简支 另一端固定梁		$M_C = \frac{5Pl}{32}$
		$M_C = \frac{5Pab^2}{2l^2} \left(3 - \frac{b}{l}\right)$
		$M_C = \frac{P}{2} \left(2 - 3\frac{a}{l} + 3a^2\right)a$
		$M_{\max} = \frac{9ql^2}{128}$
		$M_{\max} = \frac{Pl}{8}$

		$M_{\max} = \frac{Pa^2}{l}$
		$M_C = \frac{2Pa^2b^2}{l^3}$
<p>带悬臂的梁</p>		$M_A = Pm$
		$M_A = Pm$
		$M_A = Pm$ $M_B = \frac{Pm}{2}$

附录 C

(资料性)

起重机动载荷测试工况

机型	步骤	详细描述
门式起重机	1 初始化状态	小车位于门腿端极限位置，起升机构钢丝绳松弛不受力。
	2 起升	以最大加速度起升载荷离地。
	3 小车运行	小车以最大加速度启动运行，加速至额定速度后，以最大制动力停止于主梁跨中。
		小车以最大加速度启动运行，达到另一门腿处极限位置。 小车以最大加速度启动运行，加速至额定速度后，以最大制动力停止于主梁跨中。
	4 跨中起升下降	以最大加速度下降载荷，达到额定速度后，以最大制动力制动。 以最大加速度起升载荷离地。（该步骤重复 2 次）
	5 大车、小车运行	以最大加速度同时运行大车、小车，保持时间至少 30s。在反方向以最大加速度同时运行大车、小车，保持时间至少 30s。
6 复位	将起重机状态恢复至步骤 1 的状态。	
门座式起重机	1 初始化状态	臂架系统垂直轨道，处于最小幅度位置，起升机构钢丝绳松弛不受力。
	2 不同的额定载重量	在起重机参数规定的各幅度上重复步骤 3 至步骤 7
	3 起升	以最大加速度起升载荷离地。在臂架系统与大车轨道成 45° 夹角方向上，以最大加速度启制动起升机构。
	4 变幅	以最大加速度启制动臂架系统，在额定载荷对应的最大幅度内，往复变幅至少 2 个循环。
	5 回转	在额定载荷对应的最大幅度上以最大加速度在 2 个相反的方向上各完成 2 周回转动作。执行过程中在臂架系统与大车轨道成 45°、135°、225° 和 315° 夹角位置至少进行一次最大加速度制动停止。
	6 大车运行	臂架系统与大车轨道成 45° 夹角，以最大加速度启制动，在不

		同方向上运行大车至少 30s。
	7 复位	将起重机状态恢复至步骤 1 的状态。
桥式起重 机	1 初始化状态	小车位于端梁极限位置，起升机构钢丝绳松弛不受力。
	2 起升	以最大加速度起升载荷离地。
	3 小车运行	小车以最大加速度启动运行，加速至额定速度后，以最大制动力停止于主梁跨中。
	4 跨中起升下降	以最大加速度下降载荷，达到额定速度后，以最大制动力制动。 以最大加速度起升载荷离地。（该步骤重复 2 次）
	5 大车、小车运行	以最大加速度同时运行大车、小车，保持时间至少 30s。在反方向以最大加速度同时运行大车、小车，保持时间至少 30s。
	6 复位	将起重机状态恢复至步骤 1 的状态。
岸边集装箱 起重机	1 初始化状态	小车位于停车位置，起升机构钢丝绳松弛不受力。
	2 起升	以最大加速度起升载荷离地。
	3 小车运行	小车以最大加速度启动运行，加速至额定速度后，以最大制动力停止于前大梁极限位置。
	4 大车运行	以最大加速度启制动运行大车运行机构，在不同方向上至少运行 60s。
	5 起升机构	以最大加速度起升下降载荷。
	6 小车运行	以最大加速度启动运行，加速至额定速度后，以最大制动力停止于后大梁极限位置。
	7 复位	将起重机状态恢复至步骤 1 的状态。

注：上述所有工况应尽可能在接近最大工作风压的气候条件下进行。

附 录 D

(资料性)

起重机械金属结构应力测试报告

编号：

检测单位				
检测地点				
制造单位				
使用单位				
测试环境		温度____℃； 湿度____%RH；	检测日期	
设备名称			规格型号	
投入使用年限			出厂日期	
基本参数	额定起重量		跨度/悬臂	
	起升高度		工作级别	
仪器型号			应变片型号	
检测依据		GB/T3811-2008 起重机设计规范		
		GB 6067.1 起重机械安全规程 第一部分：总则		
		GB/T 5905-2011 起重机试验规范和程序		
		TSG Q7015 起重机械定期检验规则		

	GB/T 14406 通用门式起重机	
	DB44/T 1655-2015 门式起重机金属结构安全评估技术规程	
测试内容	<input checked="" type="checkbox"/> 结构动态测试 <input checked="" type="checkbox"/> 结构静态测试	
测试布点		
结构应力 测试工况		
结构应力 测试数据		
检测结果		
检测人员： 时间：	审核： 批准：	时间： 时间：
备注		