

港口机械设备结构 智能监测系统设计方案



编制单位：工讯科技（深圳）有限公司

编制日期：二〇一八年九月

目 录

1. 引言..... 3

2. 门机在线智能监测系统硬件设计..... 4

 2.1 设计原则..... 4

 2.2 系统设计..... 4

 2.3 测点布设..... 5

 2.3.1 应变监测布点..... 6

 2.3.2 焊缝监测布点..... 11

 2.3.3 振动监测布点..... 11

 2.4 传感器选型..... 12

 2.4.1 应变传感器选型..... 12

 2.4.2 振动传感器选型..... 13

 2.5 传感器的安装及保护..... 13

 2.5.1 传感器的安装..... 13

 2.5.2 传感器的保护..... 14

1. 引言

港口门机是港口装卸的主要机械，在港口装卸作业规模不断扩大和生产日益繁重的情况下，对门机安全性的要求越来越高。门机在使用过程中金属结构件的各种损伤（比如裂纹、腐蚀等）使其极限承载能力降低，某些主要金属构件常常在所承受的载荷小于设计许用载荷的情况下就过早地出现裂纹，由此引起的突发性结构断裂事故也时有发生，我国许多港口多次发生门机臂架弯折和平衡梁折断等事故，这些由于金属结构的疲劳失效而导致的设备事故所造成的人员伤亡和财产损失是很大的，所以对主要金属构件进行故障诊断已成为门机使用安全的一个重大课题。

为了让一些服役年限较长或超期服役的门机在确保安全的前提下正常使用充分发挥它们的使用价值必须对其工况进行监测，确定设备的状态及未来发展趋势为管理人员提供使用维护的依据。

门机风险评估的基础是金属结构、机构和重要零部件诊断状况，需要现场实测来获得门机的实际运行状况，如强度，刚度，稳定性，锈蚀情况，局部变形，钢丝绳断丝，回转大轴承断齿，制动器失效等等。通过实测结构和相关规范要求以及专家的经验，对被测门机从金属结构，机构和重要零部件方面来做出风险评估和检修建议结论。因为对门机的现场实测收到很多因素的限制，仅仅通过现场实测对起重机整机做出风险评估不太容易，而且也缺乏一定的客观性。

起重机械属于对国家明确规定的涉及人身和财产安全，具有较大危险性的特种设备。在用起重机械主要由特种设备检验检测机构采取定期检验的方式来保障使用过程安全，逐台定期检验的缺点明显：大部分检验项目是在停机状态下进行，检验结果难以反映门机械的实际运行状态；单台设备检验时间有限，自动化水平低，没有获得起重设备以往累积的应变、振动等运行状态数据；只能得出“合格”或“不合格”结论，无法精确评估起重机械当前的安全等级、进行安全预警及设备的剩余疲劳寿命预测；起重机械始终处于动态使用过程，特定日期的一次性人工检验难以从根本上发现安全隐患、杜绝安全事故的发生；而且，随着起重机械数量的快速增长，传统的依靠检验人员逐台定检的方式已不适应新的形势下现代社会的发展。2014 年 1 月 1 日起施行《特种设备安全法》第四十八条明确要

求特种设备达到设计使用年限继续使用的，应当通过安全评估。安全评估的基础和前提是对起重机械的金属结构进行智能状态监测。所以，对门机结构智能监测具有十分重要的现实意义。

2. 门机在线智能监测系统硬件设计

2.1 设计原则

监测系统是提供获取门机结构信息的工具，使决策者可以针对特定目标做出正确的决策，其设计原则如下：

- 1、保证系统的可靠性：由于门机结构安全监测系统是长期野外实时运行，保证系统的可靠性，否则先进的仪器，在系统损坏的前提下也发挥不出应有的作用及效果。
- 2、保证系统的先进性：设备的选择、监测系统功能与现有技术成熟监测及测试技术发展水平、结构安全监测的相关理论发展相适应，具有先进和超前预警性。
- 3、可操作和易于维护性：系统正常运行后应易于管理、易于操作，对操作维护人员的技术水平及能力不应要求过高，方便更新换代。
- 4、系统具有远程固件升级功能：根据系统自检及系统需求可通过远程固件进行完善，且系统具备各种类型的通讯协议和接口，可为后期设备升级服务。
- 5、以最优成本控制：本方案的一个原则就是利用最优布控方式做到既节省项目成本、后期维护投入的人力及物力，又能最大限度发挥出实际监测、监测的效果。

2.2 系统设计

门机钢结构的刚度、振动指标主要依靠监测的方法，获取变形等主要参数，并按照设定的周期进行测量，以监测主要参数的变化。在线监测是在门机钢结构主要部位布设应变传感器和振动传感器，测试其应变和振动信号，同时将信号输入计算机，进行数据处理、计算、统计分析，并输出有关钢结构疲劳强度、刚度和振动状态评价结果。该方法的准确度与计算模型、应变、振动信号数据采集及

分析方法相关。

系统由前端的传感器、数据采集设备、数据传输设备和数据处理终端组成。在门机主要部位安装振弦传感器、振动传感器与常见焊缝出现部位安装振弦传感器，通过实测应力应变数据与理论研究数据进行对比，从而判断门机结构是否处于安全运行状态。门机在线监测系统内容如下图所示：

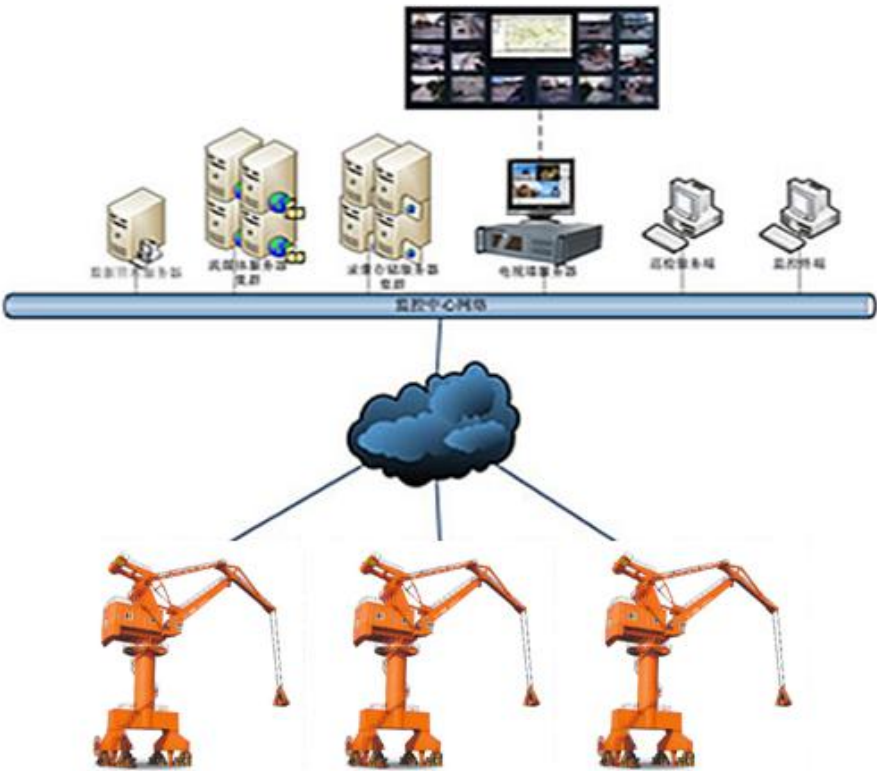


图 2-2 门机在线智能监测系统示意图

结构智能与安全监控预警系统包括多参数的监控及研究，需要根据自身特点来考虑系统测试的项目及测点的布置。只有这样才能建成一个具有实用性、先进性的智能与安全监控预警系统。

2.3测点布设

此次门机智能监测系统工程应用现场为青岛市某港口的门座式门机上，主要是监测门机的内部和外部的应力情况，向港口管理方提供比较重要的技术参数，这对于门机的正常运行起到了重要的指导意义，对港口的经营生产提供了安全保障。

2.3.1 应变监测布点

根据现场以往常见病害，裂纹易产生处：

1、门腿与圆环梁连接处，这里很容易产生裂纹，尤其是与臂架作业位置成对角的门腿上。该处交变的拉应力峰值最大，容易出现裂纹。

2、平衡重梁腹部，这里承受压应力，应力集中使该处失稳而出现褶皱，进而产生裂纹。

3、小拉杆拐角处，拐角使应力增大，由于累积变形或者焊接使两边不对称，会使受力大的一侧发生折断。

4、臂架上部与象鼻梁连接处。



图 2.3.1-1 门机裂纹布点示意图

分别建立了 6 种常见工况下门座式起重机的有限元模型，经过计算分析，综合 6 种工况得出了门座式起重机的受力最不利点。具体情况如下图所示。

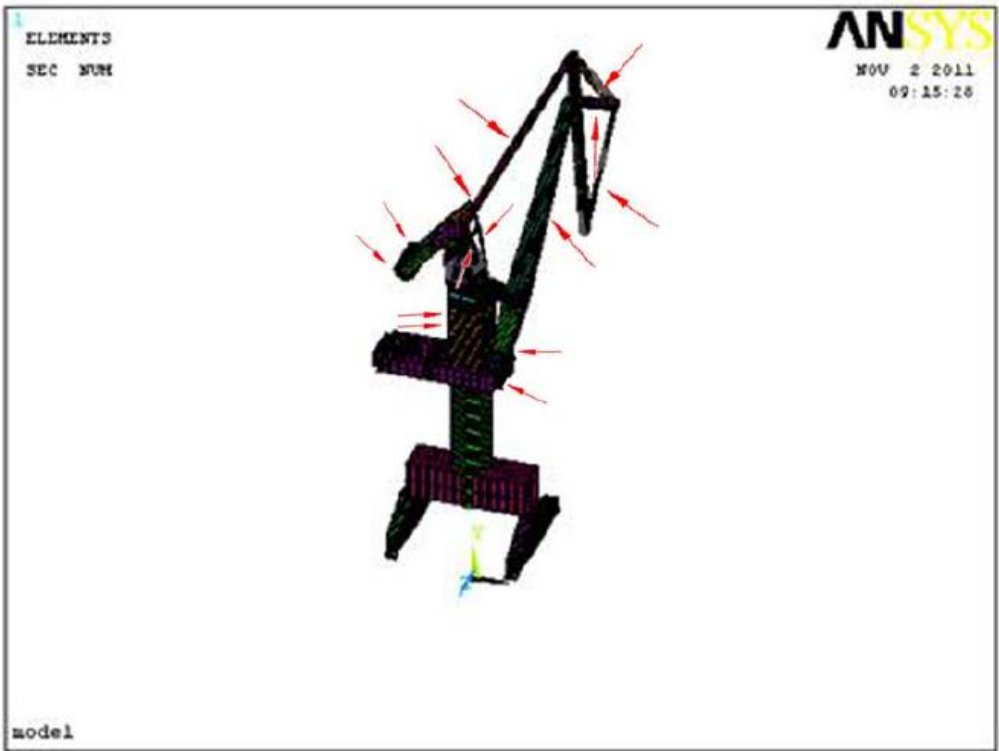


图 2.3.1-2 6 种工况综合分析下得出的门座式起重机受力不利点
门座式起重机各构件的受力不利点的有限元分析结果如下图中所示：

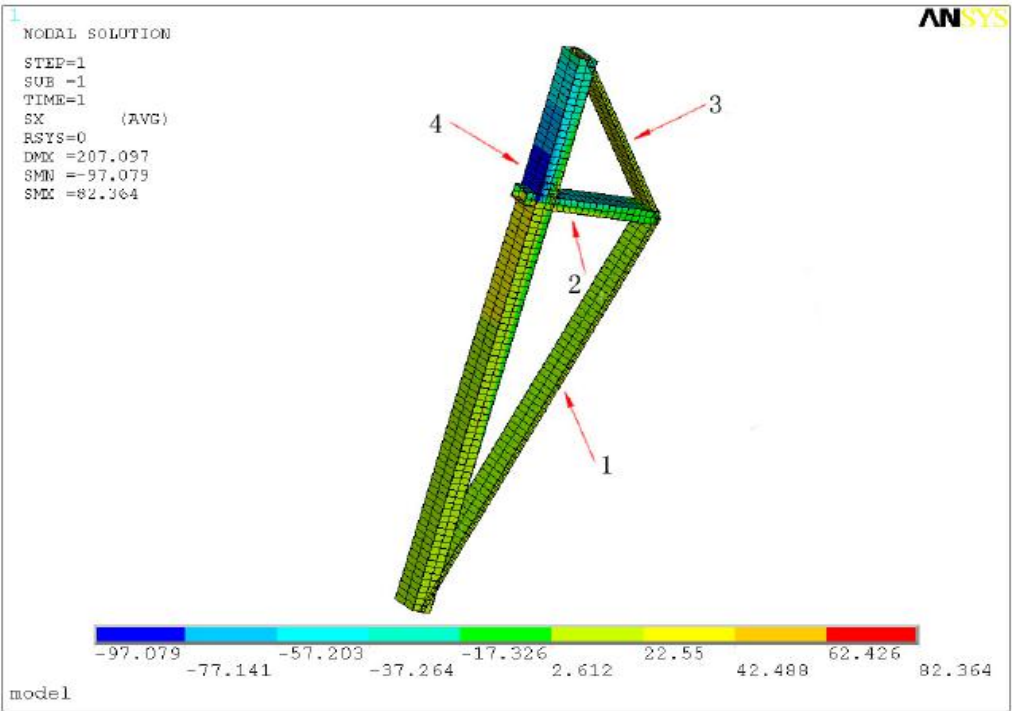


图 2.3.1-3 象鼻梁受力不利点

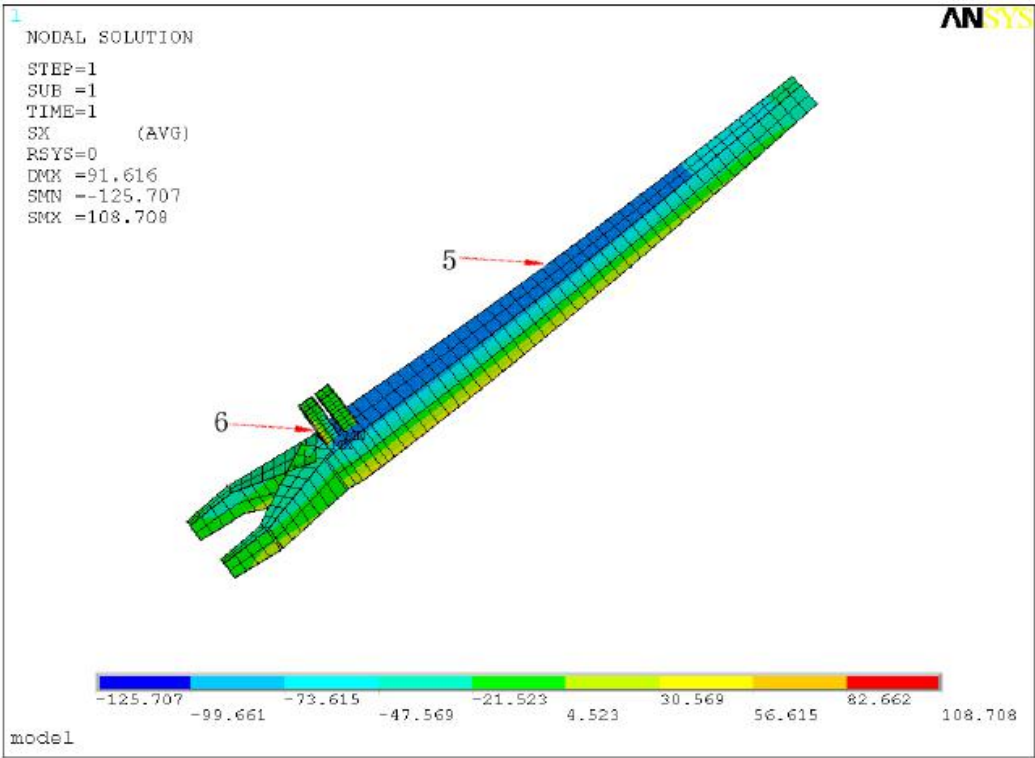


图 2.3.1-4 臂架的受力不利点

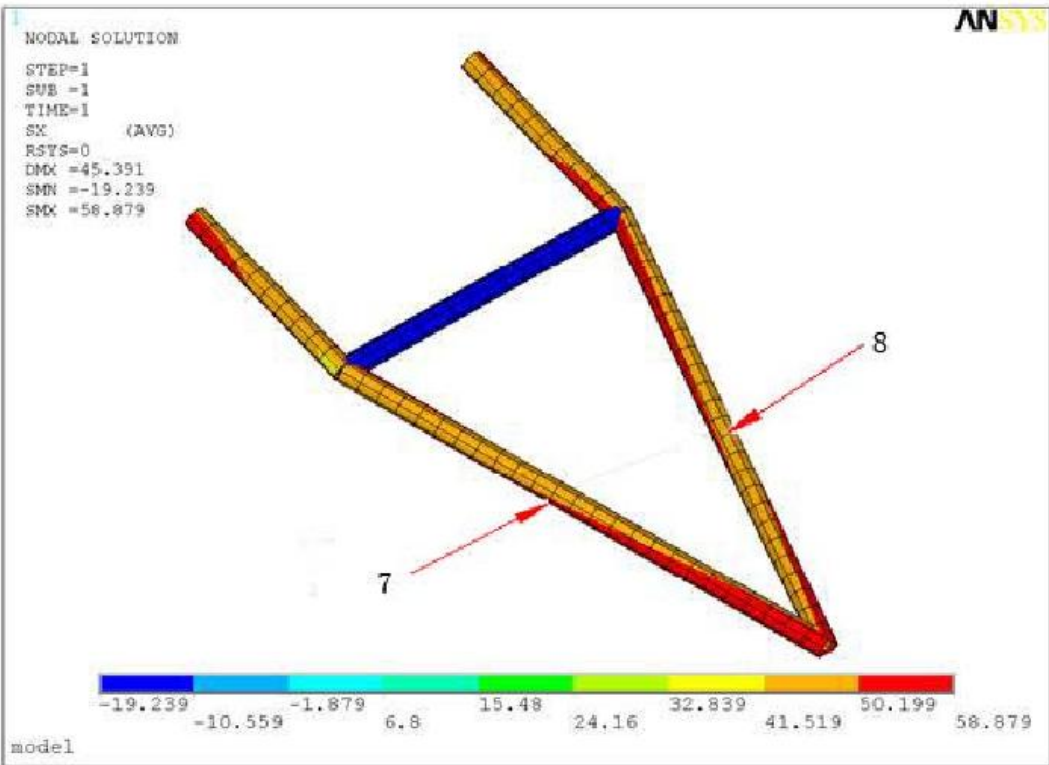


图 2.3.1-5 小拉杆的受力不利点

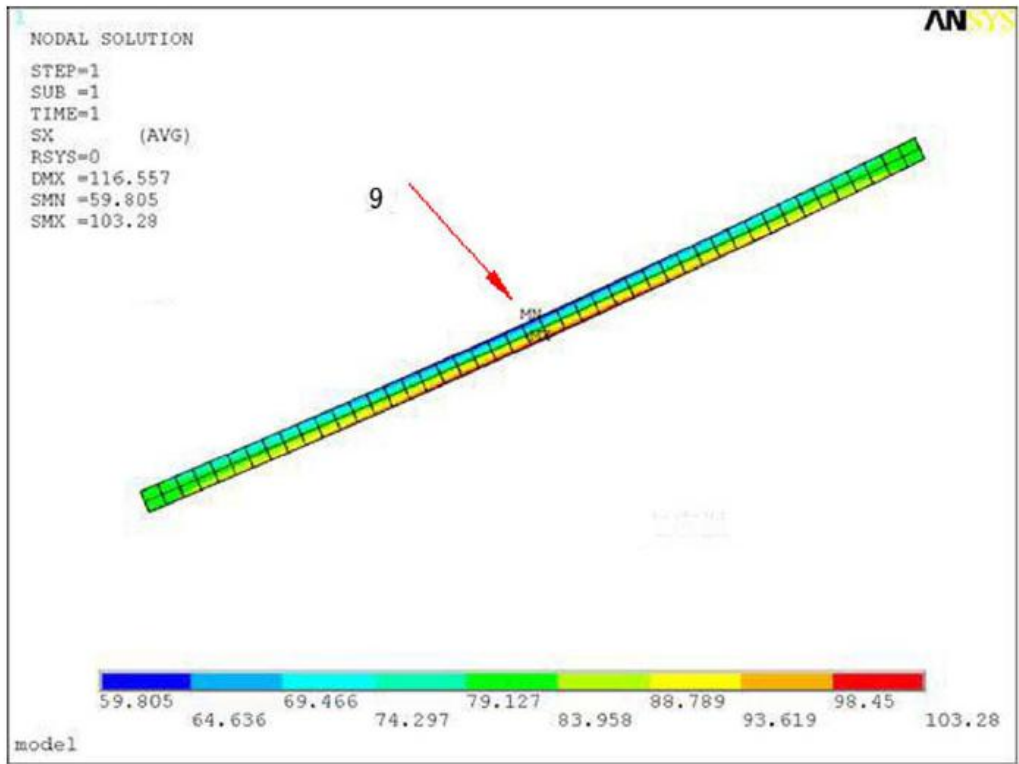


图 2.3.1-6 大拉杆的受力不利点

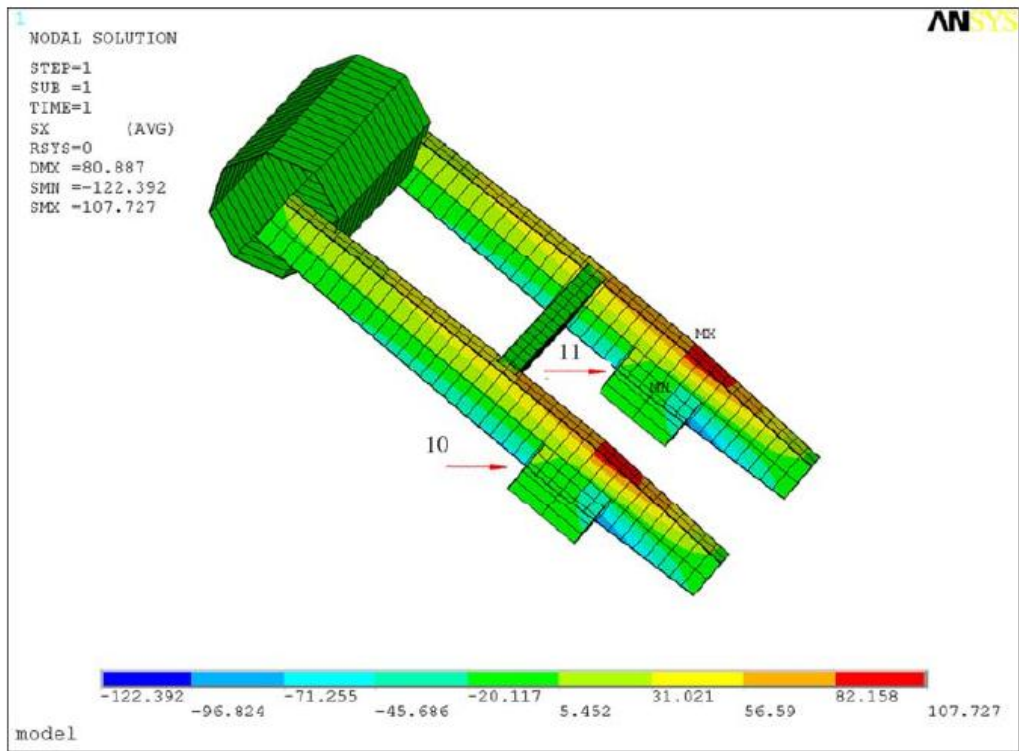


图 2.3.1-7 平衡梁的受力不利点

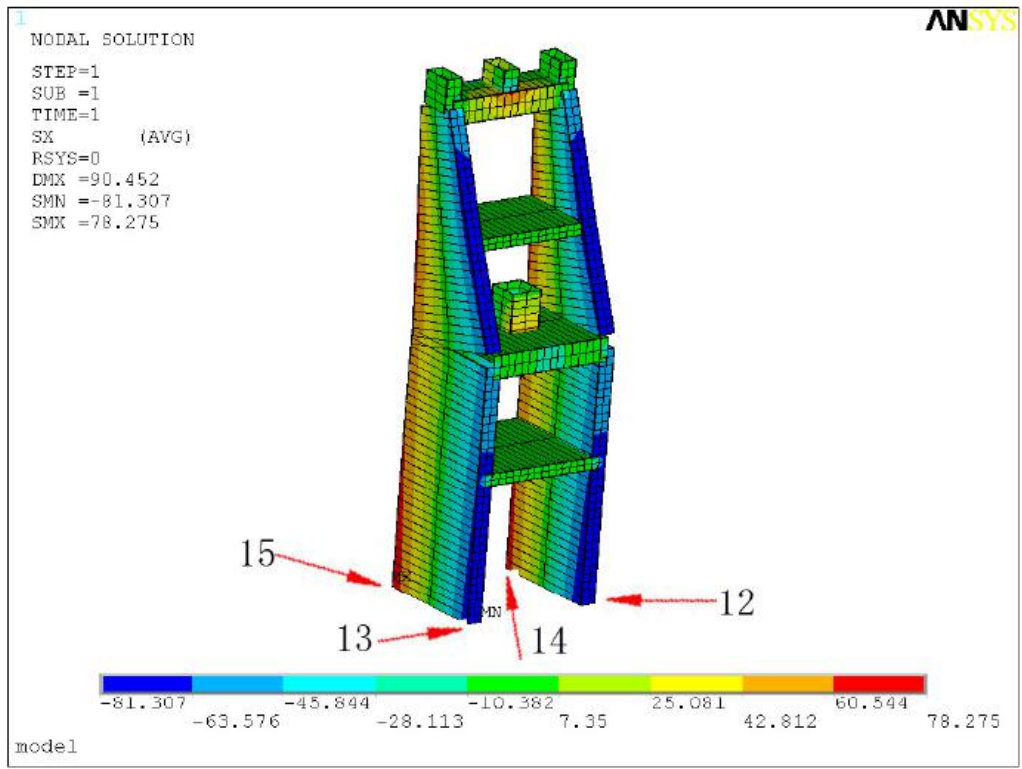


图 2.3.1-8 人字架的受力不利点

结合有限元分析结果，本次监测选取门座式门机金属结构中关键部位和截面突变部位，共 15 个测点具体位置如下表所示。

测点位置表 表 2.3.1

测点号	测点位置描述
1	象鼻梁前拉杆上侧中心位置
2	象鼻梁撑杆前侧下部
3	象鼻梁后拉杆上侧中心位置
4	象鼻梁主梁后端下表面右位置
5	臂架中部上表面
6	臂架下部上表面节点附近
7	小拉杆右边中部下表面
8	小拉杆左边中部下表面
9	大拉杆后部上表面
10	平衡梁根部右边下表面
11	平衡梁根部左边下表面

12	人字架前侧右边根部
13	人字架前侧左边根部
14	人字架后侧右边根部
15	人字架后侧左边根部

2.3.2 焊缝监测布点

门机焊缝不良处常见于：

- 1) 主腹板与下盖板之间焊缝；
- 2) 偏轨箱形主梁在跨中的焊缝及其附件母材上；
- 3) 支腿座板与支腿之间的焊缝；
- 4) 上横梁与支腿之间的焊缝。

根据现场技术人员描述，在主要焊缝处布设传感器，具体如下示意图所示。
实际布点根据现场情况而定。



图 2.3.2-1 门机焊缝布点示意图

2.3.3 振动监测布点

在象鼻梁前拉杆和后拉杆各安装一个振动传感器。

2.4 传感器选型

2.4.1 应变传感器选型

应变监测传感装置主要采用振弦传感器。振弦式表面应变计主要用于钢结构、混凝土结构的表面应变监测，如管线、钢结构桥梁、混凝土桥梁、桩基等。振弦式表面应变计直接输出频率信号，具有抗干扰能力强、零点漂移小、受温度影响小、性能稳定可靠等特点。传感器监测存在诸多不足之处，长期在工作环境下出现锈蚀、信号漂移、耐久性差、受干扰能力下降等缺点，因而不适用于门机金属结构长期在线监测。振弦传感器与传统传感器相比具有体积小、抗电磁干扰、本质防爆、抗腐蚀、耐高温、集成化、本征性的特点，可见，振弦传感技术十分适合长时间连续工作状态下。

基于上述考虑，选用表面式振弦应变计。该应变计是针对桥梁钢箱梁、减震阻尼器、金属锚具及其他金属结构件应力变形测量需求开发的高性能应变计。

技术参数如下表所示：

应变计技术参数表

表 2. 4. 1


规格代号			MAS-B M15A	MAS-N M15A	MAS-B M30A	MAS-N M30A	产品图片
尺 寸 参 数	标距 L: mm		100				
	外形尺寸 (长*宽*高): mm		174*26*38				
性 能 参 数	应变测量 范围	拉伸: $\mu\epsilon$	1500		3000		
		压缩: $\mu\epsilon$	1500		3000		
	分辨率: F·S		≤0.2%				
	温度测量范围: ℃		-20~+70				
	温度测量精度: ℃		(-20℃~-10℃测温精度在 2℃内, -10℃~70℃测温精度在 0.5℃内)				
	耐水压: MPa		≥0.2				
	绝缘电阻: MΩ		≥50				

注：尺寸、性能参数为常规产品参数，其他参数指标可按需求订制。

2.4.2 振动传感器选型

振动传感装置主要采用加速度计传感器，其具有体积小、重量轻、低频特性好、分辨率高、动态范围大、使用方便等特点，可适用于桥梁振动监测、拉索索力监测、爆破振动监测、电机振动监测和重型机械监测等领域。

加速度计技术参数表 表 2. 4. 2

产品型号	MAS-ZD-A01	<div>产品图片</div> 
量程 (g)	±2g	
灵敏度(V/g)	1.25±5%	
带宽(Hz)	0~50Hz	
测量轴向	Z 轴	
工作电压	DC 12V	
输出电压范围 (V)	0~5V	
工作温度	-40℃~+85℃	
尺寸 (mm)	65*58*37	
重量 (g)	165	
防水等级	IP66	

2.5传感器的安装及保护

2.5.1 传感器的安装

门机一般都位于环境条件复杂和恶劣的港口地区，为了保证传感器安装后，门机的状态信息能有效传递到传感器中，同时要满足对门机结构进行长期的智能监测，故必须采取合理可行的传感器安装工艺，这是对门机智能监测的前提。在该门机上应用的是高精度的应变传感器，传感器安装后要使应变有效地传递到传感器中，同时保证传感器安装后使用期限尽可能长。

- 传感器的安装工艺流程如下：
- 1、设备进场前，必须开箱进行初步检验和测试，如发现仪器及设备有不良，应立即退回厂家，仪器及设备不得在现场开机检修，严禁有问题的仪器及设备

进场安装。

- 2、传感器及设备的相关配件按设计要求沿各测试点布好。安装必须按设计要求对中就位。
- 3、安装传感器及设备底座，传感器及设备底座必须安装牢靠，严格按相关规范安装，防止在长期运营振动过程中松动脱落。
- 4、传感器及设备底座安装在钢结构表面时，结构表面须打磨除去漆面和氧化层。
- 5、传感器底座焊接安装时必须用湿棉质毛巾及时冷却，避免过热造成传感器损坏。
- 6、通常情况下，传感器及设备本身的安装应在底座或者安装块之后，在传感器及设备安装就位后，禁止对安装底座进行任何方式的焊接处理，否则有可能造成传感器的永久损坏。
- 7、焊接时只需将传感器不锈钢金属部分两侧点焊至钢结构表面，注意焊缝充实即可，防止虚焊脱落，确保传感器与钢结构固定为一体。焊接前，手按压传感器不要过于用力，要求接触面平坦，整齐，切忌存在拱翘挤压等。
- 8、传感器及设备的调试必须严格按有关要求，防止在调试之中突然断电对仪器的损坏，同时必须避免在雷雨天进行通电调试。
- 9、传感器、传输线缆及设备必须以醒目标志警示，并注意进行保护，以免防止机械损坏和进水。
- 10、在传感器及设备安装就位后，必须做好防雷及接地保护。

2.5.2 传感器的保护

1、焊好的传感器在去除焊渣后，四周及钢结构表面需用原配的油漆回涂，为今后的防腐防锈工作做好保护。

2、传感器安装在钢结构表面基本完成，后续的工作还有将传感器保护罩分别焊接在传感器表面，然后用玻璃胶将线缆固定，注意线缆在弯折过程中不应有过小的角度，防止弯折造成的影响采集效果。