



T/CECS 1054-2022

---

中国工程建设标准化协会标准

# 建筑施工垂直运输设备安全风险 监控标准

Standard for safety risk monitoring of  
vertical transport equipment in building construction

# 目 次

1	总则	(1)
2	术语	(2)
3	安全评价与监测方法	(3)
3.1	一般规定	(3)
3.2	安全风险评价	(5)
3.3	安全风险监测方法	(12)
3.4	安全监测技术方案	(14)
4	安全监测	(15)
4.1	一般规定	(15)
4.2	设备及附墙结构安全监测	(16)
4.3	设备安装拆除安全监测	(20)
4.4	设备运行安全监测	(33)
5	传感器与监测系统	(36)
5.1	一般规定	(36)
5.2	设备及附墙结构安全监测传感器选型与监测系统	(38)
5.3	设备安装拆除安全监测传感器选型与监测系统	(39)
5.4	设备运行安全监测传感器选型与监测系统	(40)
6	安全预警	(41)
6.1	一般规定	(41)
6.2	设备及附墙结构安全预警	(41)
6.3	设备安装拆除安全预警	(44)
6.4	设备运行安全预警	(45)
7	应急处置	(46)
7.1	一般规定	(46)

7.2 设备及附墙结构安全应急处置 .....	(46)
7.3 设备安装拆除安全应急处置 .....	(49)
7.4 设备运行安全应急处置 .....	(50)
附录 A 传感器分类及选型 .....	(52)
用词说明 .....	(56)
引用标准名录 .....	(57)
附：条文说明 .....	(59)

# Contents

1	General provisions .....	( 1 )
2	Terms .....	( 2 )
3	Safety evaluation and monitoring methods .....	( 3 )
3.1	General requirements .....	( 3 )
3.2	Safety risk assessment .....	( 5 )
3.3	Safety risk monitoring method .....	(12)
3.4	Safety monitoring technology scheme .....	(14)
4	Safety Monitoring .....	(15)
4.1	General requirements .....	(15)
4.2	Safety monitoring of equipment and wall-attached integrated structure .....	(16)
4.3	Installation and dismantling safety monitoring of equipment .....	(20)
4.4	Operation safety monitoring of equipment .....	(33)
5	Monitoring System Installation .....	(36)
5.1	General requirements .....	(36)
5.2	Selection of safety monitoring sensor for equipment and wall-attached integrated structure .....	(38)
5.3	Selection of safety monitoring sensor for installation and dismantling of equipment .....	(39)
5.4	Selection of safety monitoring sensor for operation of equipment .....	(40)
6	Security warning .....	(41)
6.1	General requirements .....	(41)

6.2	Safety warning of equipment and wall-attached integrated structure .....	(41)
6.3	Safety warning for installation and dismantling of equipment .....	(44)
6.4	Safety warning for operation of equipment .....	(45)
7	Emergency disposal .....	(46)
7.1	General requirements .....	(46)
7.2	Safety emergency disposal of equipment and wall-attached integrated structure .....	(46)
7.3	Safety emergency disposal for installation and dismantling of equipment .....	(49)
7.4	Safety emergency disposal for operation of equipment .....	(50)
Appendix A	Requirements for sensor classification and type selection .....	(52)
	Explanation of wording .....	(56)
	List of quoted standards .....	(57)
	Addition; Explanation of provisions .....	(59)

# 1 总 则

**1.0.1** 为规范建筑施工垂直运输设备安全风险监控的技术要求，做到安全可靠、技术先进、经济适用，制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于建筑施工垂直运输设备的安全风险监测。

**1.0.3** 建筑施工垂直运输设备安全风险监控除应符合本标准的规定外，尚应符合国家现行有关标准和现行中国工程建设标准化协会有关标准的规定。

## 2 术 语

**2.0.1 建筑施工垂直运输设备** vertical transport equipment in building construction

建筑施工现场垂直载运建筑材料、设备或人员的机械设备。本标准具体指塔式起重机和施工升降机。

**2.0.2 连接状态** connection status

建筑施工垂直运输设备及附墙结构的连接节点，及使其相连构件共同工作的状态。

**2.0.3 风险事件** risk event

造成建筑施工垂直运输设备事故的直接原因和条件。

**2.0.4 监测参数** monitoring parameter

反映监测对象特征的参数。

**2.0.5 安全参数** safety parameter

表征监测对象安全状态的参数。

**2.0.6 预警** monitoring point warning

基于对象状态感知信息，评价监测对象的测点、断面、工序、整体的安全状态，并根据评价结论在风险发生前发出告警。

## 3 安全评价与监测方法

### 3.1 一般规定

3.1.1 建筑施工垂直运输设备安全监控实施前应进行安全风险评价，依据安全风险评价结果实施安全监测。

3.1.2 建筑施工垂直运输设备安全风险评价项目应包括：建筑施工垂直运输设备及附墙结构安全风险、建筑施工垂直运输设备安装拆除安全风险、建筑施工垂直运输设备运行安全风险、建筑施工垂直运输设备机电安全风险和建筑施工垂直运输设备保护装置安全风险。

3.1.3 建筑施工垂直运输设备进场安装前，应基于施工现场人员、机械、材料、环境等因素，编制建筑施工垂直运输设备安全风险清单，进行安全风险分级评价。

3.1.4 建筑施工垂直运输设备遇下列情况时，应重新进行安全风险评价：

- 1 服务的项目的工程设计、施工方案有重大变更；
- 2 施工环境有重大变化；
- 3 工程停工超过 3 个月后复工的。

3.1.5 建筑施工垂直运输设备安全风险评价，可采用风险等级矩阵法。其中，风险事件发生的可能性，可通过工程经验、查阅历史资料及专家咨询等方式确定，并按表 3.1.5-1 的规定划分为“低”、“较低”、“较高”、“高”四个级别；风险事件的后果严重性，宜根据人员伤亡、直接经济损失、不良社会影响等因素确定，并按表 3.1.5-2 的规定划分为“较小”、“一般”、“严重”、“非常严重”四个级别。

3.1.6 根据安全风险事件发生的可能性和后果严重性，建筑施



工垂直运输设备安全风险等级宜划分为一般（Ⅳ级）、较大（Ⅲ级）、重大（Ⅱ）、特别重大（Ⅰ）四个级别，安全风险等级度量可按表 3.1.6-1 确定，安全风险等级划分矩阵应符合表 3.1.6-2 的规定。

**表 3.1.5-1 安全风险事件发生可能性度量**

级别	定性/定量描述
低	行业内几乎没有发生过/发生概率不超过 0.01%
较低	行业内罕见发生/发生概率为大于 0.01%且不超过 0.1%
较高	行业内偶尔发生/发生概率为大于 0.1%且不超过 1%
高	行业内经常发生/发生概率大于 1%

**表 3.1.5-2 安全风险事件后果严重性度量**

级别	描述
较小	无人员伤亡，直接经济损失不超过 10 万元，社会影响可忽略
一般	有人员轻伤，直接经济损失超过 10 万元，社会影响可忽略
严重	死亡 2 人及以下或重伤 1 人~9 人，或直接经济损失超过 50 万元，社会影响需要考虑
非常严重	死亡 3 人及以上或重伤 10 人及以上，或直接经济损失超过 200 万元，社会影响较为恶劣

**表 3.1.6-1 安全风险等级度量**

级别	描述
一般风险（Ⅳ级）	可接受，可选择性进行监测
较大风险（Ⅲ级）	尚可接受，应加强日常监测，并制定应急措施
重大风险（Ⅱ级）	不可接受，应进行实时监测和预警，并制定应急措施
特别重大风险（Ⅰ级）	规划中的对象，应拒绝接受，必须重新规划、选型；使用中的对象，应强化实时监测和预警，并制定风险控制措施

表 3.1.6-2 建筑施工垂直运输设备安全风险等级划分矩阵

后果严重性	发生可能性			
	很低	低	较高	高
较小	Ⅳ	Ⅳ	Ⅲ	Ⅲ
一般	Ⅳ	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ
严重	Ⅲ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ
非常严重	Ⅲ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅰ

## 3.2 安全风险评价

### I 塔式起重机

3.2.1 塔式起重机安全风险评价应包括下列内容：

- 1 塔式起重机及附墙结构安全风险；
- 2 塔式起重机安装拆除安全风险；
- 3 塔式起重机运行安全风险；
- 4 塔式起重机机电安全风险；
- 5 塔式起重机保护装置安全风险。

3.2.2 塔式起重机及附墙结构安全风险评价，应包括塔式起重机及附墙结构与构造、节点与连接构造以及结构整体稳定性的风险评价。

3.2.3 塔式起重机安装拆除安全风险评价，应包括塔式起重机安装、顶升及拆卸过程的工序作业流程和工序完成质量的评价。工序作业流程及工序完成质量，应符合现行行业标准《建筑施工塔式起重机安装、使用、拆卸安全技术规程》JGJ 196 和设备使用说明书的有关规定，安装拆除作业不得影响其作业范围内的人员、机械、材料、环境、设施。

3.2.4 塔式起重机运行安全风险评价，应包括塔式起重机运行作业对作业范围内的人员、机械、材料、环境，以及与建筑物或

构筑物、电力线路、天然气管线、石油管线、公铁路等之间影响的风险评价，且不得存在交互关系。

**3.2.5** 塔式起重机机电安全风险评价，应包括机电设备设施的故障的风险评价。风险识别与评价可按设备使用说明书及现行国家标准《电气装置安装工程 起重机电气装置施工及验收规范》GB 50256 的有关规定进行。

**3.2.6** 塔式起重机保护装置安全风险评价，应包括保护装置的故障的风险评价。风险识别与评价可按设备使用说明书及现行国家标准《电气装置安装工程 起重机电气装置施工及验收规范》GB 50256 中的有关规定进行。

**3.2.7** 塔式起重机安全风险清单可按表 3.2.7 中所列风险事件制定，安全风险分级评价可按本标准第 3.1.6 条的规定进行评定。

**表 3.2.7 塔式起重机安全风险**

风险类型	风险事件
结构安全风险	基础下沉、开裂、积水引起的锈蚀
	基础受单侧土压力
	不均匀沉降
	地脚螺栓预埋不符合规范要求
	结构件、连接件等设计强度不足
	结构件变形、疲劳开裂、锈蚀、损伤超过规范要求
	连接螺栓规格或安装方式不符合说明书要求且未通过论证
	连接螺栓缺失、松动或预紧力达不到要求
	连接销轴、开口销缺失或安装不到位
	活动爬爪强度不足或焊缝开裂
	标准节踏步强度不足或焊缝开裂
	附着装置与建筑物或构筑物的连接不符合说明书要求
	附着装置水平距离或垂直间距不符合说明书要求

续表 3.2.7

风险类型	风险事件
结构安全风险	塔身自由高度超过说明书要求
	自制附着装置的刚度、强度、稳定性不符合设计要求
	塔身垂直度不符合规范要求
	平台、走道、梯子、护栏的强度和构造不符合规范要求
	吊钩磨损、变形达到报废标准
	刹车片过度磨损、刹车间隙过大
	钢丝绳不符合规格要求或磨损、断丝、变形、锈蚀达到报废标准
安装拆除安全风险	安装拆除单位及相关人员不具备相应资质或资格
	未按规定编制安全可行的专项施工方案
	未按规定进行验收
	安装、顶升、拆卸过程无安全员、监理人员安全管理
	安装、顶升、拆卸过程施工区域无安全警戒
	施工环境不良（风速大于 12m/s、浓雾、雨雪天气等）
	安装、顶升、拆卸过程施工指令不准确
	平衡臂、起重臂、配重安装顺序不正确
	塔式起重机到达规定高度，未安装附着装置情况下进行顶升作业
	升降作业前，未按说明书要求进行配平
	升降作业前，未锁定回转机构
	未能正确调整套架导向轮与标准节主弦杆间隙
	顶升横梁未正确置入标准节踏步内或者未将防脱装置锁住
	活动爬爪未正确搁置在标准节踏步上
	顶升装置液压杆伸长或收缩速度异常
	标准节代替预埋节及标准节代替加强节
	高空作业人员安全防护措施不到位
	高空作业零星工具、材料未放稳
	未对作业人员进行安全技术交底
	拆卸前未对主要结构件、连接件、电气系统、起升机构、回转机构、变幅机构、顶升机构等项目进行检查

续表 3.2.7

风险类型	风险事件
运行 安全风险	操作人员不具备相应操作资格
	群塔作业无防碰撞措施或措施不可靠
	作业环境不良（风速大于 12m/s、浓雾、雨雪天气，夜间作业等）
	吊载作业过程指挥信号不明
	吊点选择不正确、吊物绑扎不牢固
	启动或制动过猛、越级换挡，机构调速失效
	起吊、变幅、回转速度过快
	回转操作时急停并反向回转
	起吊高度不足情况下变幅、回转
	使用限位装置代替操纵装置
	起吊物重量不明情况下强行起吊
	利用吊具载运人员或吊物从人员上方通过
	上下交叉作业时未采取防护措施或措施不可靠
	调试、维修保养过程中擅自启动设备
	操作人员进行安全检查和维修保养时防护措施不到位
	运动部件裸露，防护罩缺失或损坏
	电源线裸露、破损、老化
	配电箱漏电保护器、接地装置失效
	与周围高压输电线过近且无隔离防护措施
	塔吊持续超负荷运转
	使用高度超过 30m 时未配置障碍灯
	使用高度超过 50m 时未配置风速仪
	驾驶员行为不规范
作业结束后回转制动未释放，起重臂未顺风停	
零位锁止功能失效	
使用单位未按规定编制安全应急预案	

续表 3.2.7

风险类型	风险事件
运行 安全风险	未安装起重量限制器或限制器不灵敏
	未安装力矩限制器或限制器不灵敏
	未安装起升高度限位器或限位器不灵敏
	起升高度限位器的安全越程不符合规范要求
	未安装幅度限位器或限位器不灵敏
	回转不设集电器的塔式起重机未安装回转限位器或限位器不灵敏
	行走式塔式起重机未安装行走限位器或限位器不灵敏
	小车变幅的塔式起重机未安装断绳保护及断轴保护装置
	未对作业人员进行安全技术交底
	塔臂覆盖范围内的人员密集区及临电设施, 未搭设安全防护棚
	设备出厂年限超过规定年限及使用频率

## II 施工升降机

**3.2.8** 施工升降机安全风险评价的评价项目, 应包括下列内容:

- 1 施工升降机及附墙结构安全风险;
- 2 施工升降机安装拆除安全风险;
- 3 施工升降机运行安全风险;
- 4 施工升降机机电安全风险;
- 5 施工升降机保护装置安全风险。

**3.2.9** 施工升降机及附墙结构安全风险评价, 应包括施工升降机及附墙结构与构造、节点与连接构造, 以及结构整体稳定性的风险评价。

**3.2.10** 施工升降机施工安装拆除安全风险评价, 应包括施工升降机安装、顶升、拆除过程的工序作业流程和工序完成质量的评价。工序作业流程及工序完成质量, 应符合现行行业标准《建筑施工升降机安装、使用、拆卸安全技术规程》JGJ 215 和设备使

用说明书的有关规定，安装拆除作业不得影响其作业范围内的人员、机械、材料、环境。

**3.2.11** 施工升降机运行安全风险评价，应包括施工升降机与搭载人员、货物以及外部环境之间的影响的风险评价，且不得存在不良交互关系。

**3.2.12** 施工升降机机电安全风险评价，应包括机电设备设施的故障的风险评价。风险识别与评价应按设备使用说明书及现行国家标准《电气装置安装工程 起重机电气装置施工及验收规范》GB 50256 的有关规定进行。

**3.2.13** 施工升降机保护装置安全风险评价，应包括保护装置的故障的风险评价。风险识别与评价应按设备使用说明书及现行国家标准《电气装置安装工程 起重机电气装置施工及验收规范》GB 50256 的有关规定进行。

**3.2.14** 施工升降机安全风险清单可按表 3.2.14 中所列风险事件制定，安全风险等级可按本标准第 3.1.6 条的规定进行评定。

表 3.2.14 施工升降机安全风险

风险类型	风险事件
结构安全风险	基础下沉、开裂、积水引起的锈蚀
	地脚螺栓预埋不符合规范要求
	结构件、连接件等设计强度不足
	结构件变形、锈蚀、疲劳开裂、损伤超过规范要求
	连接螺栓规格或安装方式不符合安装说明书要求
	连接螺栓缺失、松动或预紧力达不到设计要求
	附着装置水平距离或垂直间距不符合安装说明书要求
	导轨架自由高度超过说明书要求
	自制附着装置的刚度、强度、稳定性不符合设计要求
	附着装置与建筑物或构筑物的连接不符合安装说明书要求
	导轨架垂直度不符合规范要求

续表 3.2.14

风险类型	风险事件
结构 安全风险	层门安装高度、强度不符合规范要求
	停层平台两侧未设置防护栏杆和挡脚板
	地面出入通道防护棚的搭设不符合规范要求
	齿轮、齿条磨损、变形、损伤超过安装说明书和规范要求
	钢丝绳规格、固定不符合安装说明书和规范要求
	钢丝绳磨损、变形、锈蚀达到报废标准
安装拆除 安全风险	安装拆除单位及相关人员不具备相应资质或资格
	未按规定编制安全可行的专项施工方案
	安装、加节、拆卸过程无安全员、监理人员安全管理
	安装、加节、拆卸过程施工区域无安全警戒
	安装、加节、拆卸过程施工指挥信号不明
	施工环境不良（风速大于 12m/s、浓雾、雨雪天气等）
	施工升降机到达规定高度，未安装附着装置情况下进行加节作业
	在吊笼内进行施工升降机安装操作
	导轨架或附着装置有人员作业时开动施工升降机
	安装吊杆有悬挂物时开动施工升降机
	超载使用施工升降机安装吊杆
	加节完成后未及时重新设置行程限位和极限限位
	加节完成后吊笼顶部设置的安装吊杆未拆卸
	高空作业人员安全防护措施不到位
	高空作业零星工具、材料未放稳
未对作业人员进行安全技术交底	
运行 安全风险	操作人员不具备相应操作资格
	吊笼载荷和乘客人数超过额定值
	吊笼通道内存在障碍物情况下进行升降作业
	顶部风速大于 20m/s 工况下进行升降作业



续表 3.2.14

风险类型	风险事件
运行 安全风险	调试、维修保养过程中擅自启动设备
	操作人员进行安全检查和维修保养时防护措施不到位
	运动部件裸露，防护罩缺失或损坏
	电源线裸露、破损、老化
	配电箱漏电保护器、接地装置失效
	与周围高压输电线过近且无隔离防护措施
	施工升降机电源接触不良或电压不稳
	施工升降机持续超负荷运转
	使用单位未按规定编制安全应急预案
	未安装起重量限制器或起重量限制器不灵敏
	未安装渐进式防坠安全器或防坠安全器不灵敏
	防坠安全器超过有效标定期限
	对重钢丝绳未安装防松绳装置或防松绳装置不灵敏
	未安装急停开关或急停开关不符合规范要求
	未安装吊笼和对重缓冲器或缓冲器不符合规范要求
	未安装极限开关或极限开关不灵敏
	未安装上限位开关或上限位开关不灵敏
	未安装下限位开关或下限位开关不灵敏
	极限开关与上限位开关安全越程不符合规范要求
	极限开关与上、下限位开关共用一个触发元件
	未安装吊笼门机电连锁装置或连锁装置不灵敏
未安装吊笼顶窗电器安全开关或开关不灵敏	
未对作业人员进行安全技术交底	

### 3.3 安全风险监测方法

#### 3.3.1 建筑施工垂直运输设备安全风险监测方法，应根据设备

安全风险等级和类型，选择旁站、巡视、传感器监测、视频监控或多种方法组合监测。

**3.3.2** 使用过程中的建筑施工垂直运输设备，当安全风险评价等级为Ⅰ级的特别重大安全风险时，应制定风险控制措施、强化实时监测和预警，并应符合下列规定：

1 建筑施工垂直运输设备及附墙结构安全风险，应采用传感器进行实时数据采集、分析和预警；

2 建筑施工垂直运输设备安装拆除安全风险，应采用旁站、视频监控和传感器进行实时监测；

3 建筑施工垂直运输设备运行安全风险，应采用传感器和视频监控进行实时监测。

**3.3.3** 安全风险等级为Ⅱ级的重大风险，应进行实时监测和预警，并应符合下列规定：

1 建筑施工垂直运输设备及附墙结构安全风险，宜采用传感器进行实时数据采集、分析和预警；

2 建筑施工垂直运输设备安装拆除安全风险，应采用视频和传感器进行实时监测；

3 建筑施工垂直运输设备运行安全风险，宜采用巡视和视频监控。

**3.3.4** 安全风险等级为Ⅲ级的较大风险，应加强日常监测频率，并宜符合下列规定：

1 建筑施工垂直运输设备及附墙结构安全风险，可采用巡视或传感器进行监测；

2 建筑施工垂直运输设备安装拆除安全风险，宜采用视频监控；

3 建筑施工垂直运输设备运行安全风险，可采用巡视、检查和视频监控进行监测。

**3.3.5** 安全风险等级为Ⅳ级的一般风险，可采用巡视、检查进行安全监测。

### 3.4 安全监测技术方案

- 3.4.1 达到Ⅱ级及以上的安全风险，应编制安全监测技术方案。
- 3.4.2 安全监测技术方案，应包括监测项目、监测手段、监测指标、监测阈值、监测频率、处置措施等内容。
- 3.4.3 监测实施单位应向建设单位和施工单位通报监测结果。识别出Ⅱ级以上风险时应立即通报，并应对监测结果进行分析。应在监测数据接近阈值时按安全监测技术方案进行处置，并应保证安全措施实施的即时性。

## 4 安全监测

### 4.1 一般规定

4.1.1 安全监测项目，应包括设备及附墙结构安全监测、设备安装拆除安全监测和设备运行安全监测。

4.1.2 安全监测实施前，应检查塔式起重机或施工升降机相关文件资料的齐全性和规范性。相关文件资料应包括下列内容：

1 购销合同、制造许可证、产品合格证、使用说明书、备案证明等原始资料；

2 定期检验报告、定期自行检查记录、定期维护保养记录、维修和技术改造记录、运行故障和生产安全事故记录、累计运转记录等运行资料；

3 历次安装验收资料；

4 安装、拆卸合同及安全协议书；

5 安装、拆卸工程专项施工方案；

6 安全施工技术交底的有关资料；

7 安装工程验收资料；

8 安装、拆卸工程生产安全事故应急救援预案；

9 操作人员资格证书。

4.1.3 选取测点时应符合下列规定：

1 应能反映监测参数的实际状态及变化趋势；

2 重要部位宜适度冗余布设；

3 宜便于监测设备的安装、测读、维护和替代；

4 不得妨碍监测对象的施工和正常使用；

5 信号传输应避免障碍物。

## 4.2 设备及附墙结构安全监测

4.2.1 建筑施工垂直运输设备及附墙结构安全监测，应包括设备及附墙关键结构件的本体损伤状况、结构件的连接状态、关键结构件的受力状况的监测。

4.2.2 塔式起重机及附墙关键结构件的本体损伤状况监测，应包括磨损、锈蚀、开裂、变形状况的监测，并应包括下列内容：

1 塔身垂直度；

2 基础的不均匀沉降、排水措施与积水、水头冲刷情况；

3 基础混凝土的开裂情况；

4 基础钢梁、预埋固定支腿、预埋地脚螺栓杆等预埋件的磨损、锈蚀、裂纹、变形等损伤情况；

5 基础节、加强节和标准节的主弦杆、直腹杆和斜腹杆，附着装置的附着框、附着杆和连墙件，塔臂的臂节杆和拉杆，及回转塔身与塔顶的受力杆件等杆件的磨损、锈蚀、裂纹、变形等损伤情况；其中，基础节的关键杆件、最上一道附着装置所在标准节的关键杆件、最上一道附着杆及起重臂根部的关键杆件可作为重点监测对象；

6 回转支承齿轮的磨损、锈蚀、裂纹、变形等损伤情况。

4.2.3 塔身独立状态或附着状态下最高附着点以上塔身轴线对支承面垂直度偏差不得大于  $4/1000$ ，最高附着点下塔身轴线对支承面垂直度偏差不得大于相应高度的  $2/1000$ 。

4.2.4 监测设备设施本体损伤状况应基于监测对象、监测参数及所采用监测手段的特点选择测点。塔身垂直度测点宜选取为塔式起重机顶部和最上一道附着所在标准节处；塔臂挠度测点宜选取为起重臂和平衡臂变形最大处。

4.2.5 塔式起重机及附墙结构的连接状态监测，应包括结构件连接节点的可靠性的监测，并应符合下列规定：

1 监测对象宜包括下列内容：

- 1) 基础节与基础的连接节点；
- 2) 基础节与加强节的连接节点；
- 3) 加强节与标准节的连接节点；
- 4) 标准节之间的连接节点；
- 5) 标准节与下支座的连接节点；
- 6) 套架与下支座的连接节点；
- 7) 回转支承与上下支座的连接节点；
- 8) 上支座与回转塔身的连接节点；
- 9) 回转塔身与塔臂的连接节点；
- 10) 回转塔身与塔顶的连接节点；
- 11) 塔臂臂节之间的连接节点；
- 12) 平衡重的固定连接节点；
- 13) 拉杆与塔臂的连接节点；
- 14) 拉杆与塔顶的连接节点；
- 15) 附着框与塔身的连接节点；
- 16) 附着框与附着杆的连接节点；
- 17) 附墙杆与连墙件的连接节点。

**2 重点监测对象宜包括下列内容：**

- 1) 本条第 1 款第 1)、2)、3)、5)、6) 项内容；
- 2) 本条第 1 款第 4) 项中最上一道附着装置所在标准节与上下标准节的连接节点；
- 3) 本条第 1 款第 4) 项中其他附着装置所在标准节与上标准节的连接节点。

**3 各类连接方式的监测参数宜包括：**对准情况、连接装置数量及完整性、拧紧力矩、应力等。

**4 连接状态监测的测点应基于监测对象、监测参数、所采用监测手段及现场实际情况确定。**对于包含多个连接节点的连接界面，宜根据现场实际情况将连接界面所含多个连接节点所在位置选取为测点，构成监测断面。

**4.2.6 塔式起重机及附墙结构关键结构件的受力状况监测**，宜包括下列内容：

1 基础混凝土的强度和应力；

2 附着装置预埋处混凝土强度和应力；

3 基础节、加强节和标准节的主弦杆、直腹杆和斜腹杆，附着装置的附着框、附着杆和连墙件，塔臂的臂节杆和拉杆及回转塔身与塔顶的受力杆件等杆件的应力。其中，基础节的关键杆件、最上一道附着装置所在标准节的关键杆件、最上一道附着杆及起重臂根部的关键杆件可作为重点监测对象。

**4.2.7 受力状况监测的测点**应选取为关键结构件的不利受力截面，应在结构受力分析的基础上确定不利受力截面。对于由多个关键结构件的不利受力截面形成的不利受力区，宜根据现场实际情况将不利受力区所含多个不利受力截面选取为测区，构成监测断面。

**4.2.8 施工升降机及附墙关键结构件的本体损伤状况监测**，应包括磨损、锈蚀、开裂、变形等损伤状况监测，并应包括下列内容：

1 导轨架垂直度；

2 基础的不均匀沉降、排水措施与积水、水头冲刷情况；

3 基础混凝土的开裂情况；

4 基础钢梁、预埋固定支腿、预埋地脚螺栓杆等预埋件的磨损、锈蚀、裂纹、变形等损伤情况；

5 基础节和标准节的主弦杆、直腹杆和斜腹杆，及附着装置杆件的磨损、锈蚀、裂纹、变形等损伤情况；其中，基础节的杆件、最上一道附着装置所在标准节的杆件，及最上一道附着装置的杆件可作为重点监测对象；

6 齿轮齿条式施工升降机的齿轮和齿条；

7 钢丝绳式施工升降机的钢丝绳磨损、锈蚀、裂纹、变形等损伤情况。

**4.2.9** 导轨架高度不大于 70m 时，垂直度偏差不应大于  $H/1000$ ；架设高度为 70m~100m 时，垂直度偏差不应大于 70mm；架设高度为 100m~150m 时，垂直度偏差不应大于 90mm；架设高度 150m~200m 时，垂直度偏差不应大于 110mm；架设高度 200m 时，垂直度偏差不应大于 130mm。

**4.2.10** 监测施工升降机的本体损伤状况应基于监测对象、监测参数及所采用监测手段的特点选取测点。其中，导轨架垂直度测点宜选取为导轨架顶部。

**4.2.11** 施工升降机及附墙结构的连接状态监测，应包括结构件连接节点的可靠性的监测，并应符合下列规定。

1 监测对象宜包括下列内容：

- 1) 基础节与基础的连接节点；
- 2) 基础节与标准节的连接节点；
- 3) 标准节之间的连接节点；
- 4) 附着装置与导轨架的连接节点；
- 5) 附着装置与建筑物或构筑物的连接节点。

2 重点监测对象宜包括下列内容：

- 1) 本条第 1 款中第 1)、2) 项内容；
- 2) 本条第 1 款第 3) 项中最上一道附着装置所在标准节与上下标准节的连接节点；
- 3) 本条第 1 款第 3) 项中其他附着装置所在标准节与上标准节的连接节点。

3 各类连接方式的监测参数宜包括对准情况、连接数量、拧紧力矩、应力等。

4 连接状态监测的测点应选择结构件连接节点所在位置，并应基于监测对象、监测参数、所采用监测手段及现场实际情况确定。对于包含多个连接节点的连接界面，宜根据现场实际情况将连接界面所含多个连接节点所在位置选取为测点，构成监测断面。



**4.2.12** 施工升降机及附墙关键结构件的受力状况监测，宜包括下列内容：

- 1 基础混凝土的强度和应力；
- 2 附墙预埋处混凝土强度和应力；

3 基础节和标准节的主弦杆、直腹杆、斜腹杆及附着装置杆件的应力。其中，基础节的杆件、最上一道附着装置所在标准节的杆件及最上一道附着装置的杆件可作为重点监测对象。

**4.2.13** 受力状况监测的测点应选取为关键结构件的不利受力截面，可在结构受力分析的基础上确定。对于由多个关键结构件的不利受力截面形成的不利受力区，宜根据现场实际情况将不利受力区所含多个不利受力截面选取为测点，构成监测断面。

### **4.3 设备安装拆除安全监测**

**4.3.1** 建筑施工垂直运输设备安装拆除安全监测，应包括设备安装、顶升和拆卸作业的工序流程、工序过程安全和工序完成状态等的监测。

**4.3.2** 应根据设备的说明书，确定安装、顶升和拆卸作业的工序流程，明确工序的过程安全约束和完成状态质量。

**4.3.3** 每个工序涉及一项或多项监测内容，监测内容所含监测参数可分为技术参数和安全参数。技术参数应反映工序的功能状态；安全参数应体现工序施工过程中某一功能需满足的安全约束。

**4.3.4** 安装拆除安全监测，应基于监测对象、监测参数及所采用监测手段的特点确定测点。

**4.3.5** 塔式起重机安装、顶升和拆卸作业过程中，设备最大高度处的风速不应超过 12m/s。施工升降机安装、加节和拆卸作业过程中，设备最大高度处的风速不应超过 13m/s。

**4.3.6** 设备安装、顶升和拆卸施工前，应检查相关文件资料的

齐全性和规范性，相关文件资料应包括下列内容：

- 1 安装、顶升和拆卸专业分包合同；
- 2 设备安装拆除单位专业分包资质证书、安全生产许可证等；
- 3 安装、顶升和拆卸专项施工方案；
- 4 特种作业人员的操作资格证书；
- 5 辅助起重机械的合格证及作业人员的操作资格证书；
- 6 设备安装、顶升（加节）和拆卸前的检查合格证明；
- 7 书面安全技术交底资料。

4.3.7 塔式起重机安装作业监测应包括下列内容：

- 1 塔式起重机安装作业前，应完成下列准备工作：
  - 1) 施工范围内设置警戒区，警戒区标识明显；
  - 2) 检查设备最大高度处风速不超过 12m/s，且无恶劣天气；
  - 3) 按照设计要求制作基础，基础混凝土强度达到设计要求；预埋件埋设位置准确；行走式塔式起重机按照说明书要求铺设轨道，吊装行走机构；
  - 4) 按照设备使用说明书要求组装套架，各构件连接齐全可靠；
  - 5) 按照设备使用说明书的要求组装回转总成，下支座、回转支承、上支座、回转塔身及司机室对位准确、连接齐全可靠；
  - 6) 按照设备使用说明书的要求组装塔臂，塔臂臂节组装顺序准确、连接齐全可靠；塔臂拉杆组装顺序准确、连接齐全可靠；平衡重组装数量和顺序准确、连接齐全可靠。

2 塔式起重机的安装作业过程中，应对工序流程及各工序所含监测内容进行监测。普通上回转、小车变幅、塔式起重机安装作业工序清单及监测内容可按表 4.3.7 制定。

表 4.3.7 塔式起重机安装作业工序清单及监测内容

编号	工序	监测内容		工序完成状态要求	
		监测对象	监测参数		
1	吊装基础节	基础节与预埋件的连接节点	连接状态	对准准确；连接齐全可靠	
2	吊装加强节	加强节与基础节的连接节点	连接状态	对准准确；连接齐全可靠	
3	吊装标准节	标准节与加强节的连接节点	连接状态	对准准确；连接齐全可靠	
		标准节与标准节的连接节点	连接状态	对准准确；连接齐全可靠	
4	测量垂直度	塔身	塔身轴线对支承面的垂直度偏差	独立状态塔身(或附着状态下最高附着点以上塔身)	$\leq 4/1000$
				附着状态下最高附着点下列塔身	$\leq 2/1000$
5	吊装套架	套架与标准节的连接节点	连接状态	对准准确；连接齐全可靠	
6	吊装回转总成	回转总成与套架的连接节点	连接状态	对准准确；连接齐全可靠	
7	吊装塔顶	塔顶与回转总成的连接节点	连接状态	对准准确；连接齐全可靠	
8	吊装平衡臂	拉杆与平衡臂的连接节点	连接状态	对准准确；连接齐全可靠	
		拉杆与塔顶的连接节点	连接状态	对准准确；连接齐全可靠	

续表 4.3.7

编号	工序	监测内容		工序完成状态要求
		监测对象	监测参数	
8	吊装平衡臂	平衡臂与回转塔身的连接节点	连接状态	对准准确；连接齐全可靠
9	吊装起重臂	拉杆与起重臂的连接节点	连接状态	对准准确；连接齐全可靠
		拉杆与塔顶的连接节点	连接状态	对准准确；连接齐全可靠
		起重臂与回转塔身的连接节点	连接状态	对准准确；连接齐全可靠
10	吊装平衡重	平衡重	组装顺序	顺序准确
		平衡重与起重臂的连接节点	连接状态	连接齐全可靠
11	穿绕钢丝绳	钢丝绳	穿绕状态	穿绕准确

#### 4.3.8 塔式起重机顶升作业监测应包括下列内容：

##### 1 塔式起重机顶升作业前，应完成下列准备工作：

- 1) 施工范围内设置警戒区，警戒区标识明显；
- 2) 检查设备最大高度处风速不超过 12m/s，且无恶劣天气；
- 3) 放松电缆绳，放松长度略长于总顶升高度；
- 4) 待安装标准节在标准节引入方向就位；
- 5) 附着装置附着点处的建筑物或构筑物的结构强度及预埋件的埋设位置满足设备使用说明书的要求。

2 塔式起重机的顶升作业过程中，应对工序流程及各工序所含监测内容进行监测。普通上回转、小车变幅、塔式起重机顶

升作业工序清单及监测内容可按表 4.3.8 制定。

表 4.3.8 塔式起重机顶升作业工序清单及监测内容

编号	工序	监测内容		过程安全约束	工序完成状态要求
		监测对象	监测参数		
1	吊运待安装标准节	吊钩	高度	不得超限	
		标准节	位置		就位于引进平台
2	吊运平衡标准节	吊钩	高度	不得超限	
		起重臂	方向		位于标准节引入方向
		回转制动器	状态		调至制动状态
		小车	位置		停在参考配平位置
		爬升滚轮与塔身	间隙		各滚轮与塔身间隙基本一致
3	顶升横梁一次就位	顶升横梁耳轴	位置		耳轴置入耳板
4	塔身与套架脱离连接	连接件	状态		拆除
5	套架初次顶升	液压活塞杆	顶升速度	顶升速度不得异常	
			顶升长度	不得顶升过多	顶升至活动爬爪略高于耳板
		套架	垂直度	在说明书规定范围内	
6	固定活动爬爪	活动爬爪	状态		活动爬爪固定在耳板内
7	顶升横梁回缩	液压活塞杆	回缩速度	回缩速度适中	
			回缩长度		回缩至顶升横梁略高于耳板

续表 4.3.8

编号	工序	监测内容		过程安全约束	工序完成状态要求
		监测对象	监测参数		
8	顶升横梁二次就位	顶升横梁耳轴	位置		耳轴置入耳板
9	释放活动爬爪	活动爬爪	状态		活动爬爪收回原位
10	套架二次顶升	液压活塞杆	顶升速度	顶升速度适中	
			顶升长度	不得顶升过多	顶升至足够引入标准节的高度
		套架	垂直度	在说明书规定范围内	
11	引入待安装标准节	待安装标准节	位置		与已安装标准节对准准确
12	套架回缩	液压活塞杆	回缩速度	回缩速度适中	
		待安装标准节	高度		下端与下部标准节上端贴合
		套架	垂直度	在说明书规定范围内	
13	连接待安装标准节与下部标准节	待安装标准节与下部标准节的连接节点	连接状态		对准准确；连接齐全可靠
14	套架回缩	液压活塞杆	回缩速度	回缩速度适中	
		套架	高度		与待安装标准节上端贴合
			垂直度	在说明书规定范围内	

续表 4.3.8

编号	工序	监测内容		过程安全约束	工序完成状态要求
		监测对象	监测参数		
15	连接待安装标准节与下支座	待安装标准节与下支座的连接节点	连接状态		对准准确；连接齐全可靠
16	放下平衡标准节	平衡标准节	位置		到达地面卸载位置
17	安装附着装置	附着装置构件间的连接节点	连接状态		安装齐全可靠
		附着框与塔身的连接节点	连接状态		安装齐全可靠
		附着杆与连墙件的连接节点	连接状态		安装齐全可靠
18	顶升系统停机	顶升横梁	位置		收回
		液压顶升装置	状态		停机
19	测量垂直度	塔身	垂直度		达标

#### 4.3.9 塔式起重机拆卸作业监测应包括下列内容：

##### 1 塔式起重机拆卸作业前，应完成下列准备工作：

- 1) 施工范围内设置警戒区，警戒区标识明显；
- 2) 检查设备最大高度处风速不超过 12m/s，且无恶劣天气。

2 塔式起重机的拆卸作业过程中，应对工序流程及各工序所含监测内容进行监测。普通上回转、小车变幅、塔式起重机的

拆卸工序清单及监测内容可按表 4.3.9 制定。

表 4.3.9 塔式起重机拆卸作业工序清单及监测内容

编号	工序	监测内容		过程安全约束	工序完成状态要求
		监测对象	监测参数		
1	吊运平衡标准节	吊钩	高度	不得超限	
		起重臂	方向		位于标准节引入方向
		回转制动器	状态		调至制动状态
		小车	位置		停在参考配平位置
		爬升滚轮与塔身	间隙		各滚轮与塔身间隙基本一致
2	顶升横梁一次就位	顶升横梁耳轴	位置		耳轴置入耳板
3	塔身与下支座脱离连接	连接件	状态		拆除
4	套架稍稍顶升	液压活塞杆	顶升速度	顶升速度适中	
			顶升长度	不得顶升过多	顶升至足够退出标准节的高度
		套架	垂直度	在说明书规定范围内	
5	拆除待拆卸标准节下部与塔身连接	连接件	状态		拆除
6	退出待拆卸标准节	待拆卸标准节	位置		位于标准节引进平台
7	套架一次回缩	液压活塞杆	回缩速度	回缩速度适中	
			回缩长度		回缩至活动爬爪略高于踏步
		套架	垂直度	在说明书规定范围内	



续表 4.3.9

编号	工序	监测内容		过程安全约束	工序完成状态要求
		监测对象	监测参数		
8	固定活动爬爪	活动爬爪	状态		活动爬爪固定在耳板内
9	顶升横梁下降	液压活塞杆	顶升速度	顶升速度适中	
			顶升长度		顶升至顶升横梁略高于耳板
10	顶升横梁二次就位	顶升横梁耳轴	位置		耳轴置入耳板
11	释放活动爬爪	活动爬爪	状态		活动爬爪收回原位
12	套架二次回缩	液压活塞杆	回缩速度	回缩速度适中	
			回缩长度		回缩至下支座上部与下部标准节上端贴合
		套架	垂直度	在说明书规定范围内	
13	连接下支座与下部标准节	下支座与下部标准节的连接节点	连接状态		对准准确；连接齐全可靠
14	放下平衡标准节	平衡标准节	位置		到达地面卸载位置
15	放下待拆卸标准节	待拆卸标准节	位置		到达地面卸载位置
16	拆除附着装置	附着装置之间的连接件	状态		拆除
		附着框与塔身的连接件	状态		拆除
		附着杆与连墙件的连接件	状态		拆除

续表 4.3.9

编号	工序	监测内容		过程安全约束	工序完成状态要求
		监测对象	监测参数		
17	顶升系统停机	顶升横梁	位置		收回
		液压顶升装置	状态		停机
18	拆除起升钢丝绳	钢丝绳	状态		拆除
19	拆除平衡重	平衡重	状态		按规定数量拆除
20	拆除起重臂	起重臂	状态		拆除
21	拆除平衡臂	平衡臂	状态		拆除
22	拆除塔顶	塔顶	状态		拆除
23	拆除回转总成	回转总成	状态		拆除
24	拆除套架	套架	状态		拆除
25	拆除剩余标准节（包括基础节与加强节）	标准节	状态		拆除

#### 4.3.10 施工升降机安装作业监测应包括下列内容：

- 1 施工升降机安装作业前，应完成下列准备工作：
  - 1) 施工范围内设置警戒区，警戒区标识明显；
  - 2) 检查设备最大高度处风速不超过 12m/s，且无恶劣天气；
  - 3) 按照设计要求制作基础，基础混凝土强度达到设计要求；预埋件埋设位置准确；
  - 4) 按照设备使用说明书的要求在吊笼和对重运行通道周围设置地面防护围栏；
  - 5) 按照设备使用说明书的要求在各停层处设置停层平台与层门；
  - 6) 对待安装基础节与标准节进行清理和润滑，并在地面

按照设备使用说明书的规定提前组装数节待安装标准节；

- 7) 附着装置附着点处的建筑物或构筑物的结构强度及预埋件的埋设位置满足设备使用说明书的要求。

2 施工升降机的安装作业过程中，应对工序流程及各工序所含监测内容进行监测。普通垂直安装齿轮齿条式施工升降机的安装作业工序流程及监测内容可按表 4.3.10 制定。

表 4.3.10 施工升降机安装作业工序清单及监测内容

编号	工序	监测内容		工序完成状态要求
		监测对象	监测参数	
1	安装底架及吊笼下缓冲弹簧	底架	水平度	达标
		底架与地脚螺栓的连接节点	可靠性	连接齐全可靠
2	安装基础节	基础节与地脚螺栓的连接节点	可靠性	连接齐全可靠
3	吊装 1 个或 2 个吊笼	吊笼	状态	安装到位
4	吊装传动小车	传动小车	状态	安装到位
5	连接吊笼与传动小车	传动小车与吊笼的连接节点	可靠性	连接齐全可靠
6	测量及调整导轨架垂直度	导轨架	垂直度	在说明书规定范围内
7	复紧地脚螺栓	地脚螺栓	拧紧力矩	达标
8	调整外笼门框垂直度	外笼门框	垂直度	在说明书规定范围内
9	安装吊笼顶部的护身栏杆	护身栏杆与吊笼的连接节点	可靠性	连接齐全可靠
10	调整门锁	门锁	状态	达标
11	吊装对重	对重	状态	安装到位，活动灵活
12	吊装标准节	标准节标准节间的连接节点	可靠性	对准准确，连接齐全可靠

续表 4.3.10

编号	工序	监测内容		工序完成状态要求
		监测对象	监测参数	
13	附着装置就位与安装	附着装置	状态	安装到位
14	校核导轨架垂直度	导轨架	垂直度	在说明书规定范围内
15	安装天轮与钢丝绳	天轮	状态	安装到位
		钢丝绳	状态	安装到位
16	安装电缆、电缆保护架及电缆导向装置	电缆、电缆保护架及电缆导向装置	状态	安装到位

#### 4.3.11 施工升降机加节作业监测应包括下列内容：

##### 1 施工升降机加节作业前，应完成下列准备工作：

- 1) 施工范围内设置警戒区，警戒区标识明显；
- 2) 检查设备最大高度处风速不超过 12m/s，且无恶劣天气；
- 3) 按照设备使用说明书的要求在各停层处设置停层平台与层门；
- 4) 附墙装置附着点处的建筑物或构筑物的结构强度及预埋件的埋设位置满足设备使用说明书的要求。

2 施工升降机的加节作业过程中，应对工序流程及各工序所含监测内容进行监测。普通垂直安装齿轮齿条式施工升降机加节作业工序清单及监测内容可按表 4.3.11 制定。

表 4.3.11 施工升降机加节作业工序清单及监测内容

编号	工序	监测内容		工序完成状态要求
		监测对象	监测参数	
1	拆除天轮与钢丝绳	天轮与钢丝绳	状态	拆除
2	释放电缆	电缆	长度	略长于加节长度
3	吊装标准节	标准节间的连接节点	可靠性	对准准确，连接齐全可靠

续表 4.3.11

编号	工序	监测内容		工序完成状态要求
		监测对象	监测参数	
4	附着装置就位与安装	附着装置	位置	就位
		附着装置与标准节及建筑物或构筑物的连接节点	可靠性	安装到位, 连接齐全可靠
5	校核导轨架垂直度	导轨架	垂直度	在说明书规定范围内
6	安装天轮与钢丝绳	天轮	状态	安装到位
		钢丝绳	状态	安装到位
7	调整电缆导向装置	电缆导向装置	状态	安装到位

#### 4.3.12 施工升降机拆卸作业监测应包括下列内容:

##### 1 施工升降机拆卸作业前, 应完成下列准备工作:

- 1) 施工范围内设置警戒区, 警戒区标识明显;
- 2) 检查设备最大高度处风速不超过 12m/s, 且无恶劣天气。

2 施工升降机的拆卸作业过程中, 应对工序流程及各工序所含监测内容及工序的施工顺序进行监测。普通垂直安装齿轮齿条式施工升降机拆卸作业工序清单及监测内容可按表 4.3.12 制定。

表 4.3.12 施工升降机拆卸作业工序清单及监测内容

编号	工序	监测内容		工序完成状态要求
		监测对象	监测参数	
1	拆除天轮与钢丝绳	天轮与钢丝绳	状态	拆除
2	拆除电缆、电缆保护架及电缆导向装置	电缆、电缆保护架及电缆导向装置	状态	拆除
3	标准节拆除与吊运	标准节间的连接节点	状态	拆除
		标准节	位置	位于地面卸载处

续表 4.3.12

编号	工序	监测内容		工序完成状态要求
		监测对象	监测参数	
4	附着装置拆除与吊运	附着装置与标准节及建筑物或构筑物的连接节点	状态	拆除
		附着装置	位置	位于地面卸载处
5	拆除对重	对重	状态	拆除
6	拆除传动小车	传动小车	状态	拆除
7	拆除吊笼	吊笼	状态	拆除
8	拆除基础节	基础节	状态	拆除
9	拆除底架及吊笼下缓冲弹簧	底架	状态	拆除

#### 4.4 设备运行安全监测

**4.4.1** 建筑施工垂直运输设备运行安全监测，应包括作业人员的安全行为、设备安全保护装置、运行环境条件、设备与环境中其他对象的交互关系、运行作业流程等的监测。

**4.4.2** 设备安全保护装置监测，对于塔式起重机，应包括力矩限制器、重量限制器、回转限位器、变幅限位器、起升高度限位器、行走限位器等的工作性能；对于施工升降机，应包括防坠安全器、防松绳开关、安全钩、上下限位装置等的工作性能的监测。

**4.4.3** 设备运行环境条件监测，应包括作业环境的风速、风向、温度、雨雪天气和多塔作业等的监测。

**4.4.4** 塔式起重机的运行安全监测应符合下列规定：

1 应监测塔式起重机司机、起重信号司索工，并应符合下列规定：

- 1) 司机、起重信号司索工应持有特种作业人员操作资格证书；
- 2) 司机的操作应遵守设备使用说明书的要求，并应响应指挥信号、规范操作；
- 3) 起重信号司索工应正确、清晰地向司机传递指挥信号；
- 4) 起重信号司索工应合理选择吊具和索具，应可靠完成吊物的吊挂和卸载；
- 5) 司机、起重信号司索工应沟通有效。

2 应监测吊物的绑扎情况，吊物应绑扎牢固、稳定，易散落的吊物应使用吊笼。

3 应监测吊钩的运动路径，判断吊钩与周边障碍物、危险源、作业人员的相对位置关系，吊钩的运动路径应远离周边障碍物及危险源，且不得经过作业人员上方。

4 应监测塔式起重机的吊运作业流程，并应符合下列规定：

- 1) 司机上、下塔式起重机途中，应检查塔式起重机的安全状态并处置安全隐患；
- 2) 吊运开始前，应检查塔式起重机机电设备的安全状态与吊索具的安全状态，合理规划吊运路径并设置警戒区域；
- 3) 在下放吊钩、吊运及收回吊钩过程中，当吊钩位于司机盲区时，不宜进行回转和变幅操作，可进行垂直升降操作；
- 4) 必须进行回转和变幅操作时，应严格按照信号工指挥进行操作，且操作幅度不得过大；
- 5) 吊运作业结束后，应松开回转制动器，将各部件置于非工作状态，控制开关置于零位，并切断总电源。

4.4.5 施工升降机的运行安全监测应符合下列规定：

1 应监测施工升降机司机的安全操作与乘员的安全行为，并应符合下列规定：

- 1) 司机应持有特种作业人员操作资格证书；
- 2) 司机的操作应遵守安全操作规程；
- 3) 乘员及货物应均匀分布。

2 施工升降机运行中，应监测吊笼的运载量，包括乘员数量和物资重量，吊笼的运载量不得超过核载量限制。

3 施工升降机运行中，应监测吊笼运行轨道范围内的障碍物情况，吊笼运行轨道范围内不得出现构件、杂物或人员等障碍物。

4 施工升降机运行中，应监测吊笼门与楼层门的开闭，吊笼到达指定楼层位置时，方可打开吊笼门与楼层门；楼层门关闭，同时吊笼门关闭后，吊笼方可升降。



## 5 传感器与监测系统

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 建筑施工垂直运输设备安全风险监测，应根据项目具体需求和实际应用条件选择合适的传感器类型，并应符合下列规定：

1 传感器应具有良好的稳定性和抗环境干扰能力，可满足在建筑施工垂直运输设备恶劣工作环境下正常使用的要求；

2 在确保监测可靠性与准确性的前提下，宜满足经济性和可更换性；

3 不应参与或影响监测对象受力，不应影响监测对象正常使用；

4 不应干扰正常作业活动。

**5.1.2** 传感器的性能应符合下列规定：

1 监测对象处于正常使用状态时，监测参数值宜为传感器量程的30%~80%；监测对象处于最大工作负荷时，监测参数值不应超过传感器量程；

2 传感器的分辨率、精度等参数应满足项目使用需要；

3 传感器的灵敏度和信噪比应满足监测需求；

4 传感器宜配备独立电源供电和备用供电设施。

**5.1.3** 传感器的数据传输可采用有线传输或无线传输方式，并应符合下列规定：

1 设计传感器数据传输方式前，应具备下列基本资料：

1) 工程场地周边通信条件；

2) 工程场地的平面布置图；

3) 专项施工方案；

- 4) 监测方案，包括测点与传感器布设方式、传感器选型及数据类型、传感器传输数据量等；
- 5) 根据监测方案配备备用传感器。

2 应结合工程特征、布线难度、电磁屏蔽情况、数据传输距离、通信条件、已有通信设备等因素选择数据传输方式，并应符合下列规定：

- 1) 传感器的数据传输方式宜采用无线传输；
- 2) 根据工程实际需要，可选择一种或多种数据传输方式组合使用。

3 采用无线方式传输数据时，应根据已有通信条件、通信成本、硬件成本、数据传输距离、数据传输量及其他现场实际情况，选择合适的无线传输方式。

4 采用有线方式传输数据时，宜充分利用工程现场已有的网络环境。

5 数据传输系统应设计适当的冗余及备份机制，保证数据传输线路出现故障时数据的完整性和可靠性，并应符合下列规定：

- 1) 布置于关键测点的传感器所发出的数据，应被至少 2 个以上的数据中继节点接收并对外发送；其他传感器所发出的数据，宜选择性地设置冗余机制；
- 2) 数据中继节点应至少保存最近 3d 的数据作为备份。

**5.1.4** 传感器宜具备前端预警功能，并应符合下列规定：

1 传感器宜具备分析处理监测数据，并应具有预警判断的能力。传感器数据处理能力应满足自身最高采样频率条件下的数据处理需求；

2 传感器宜具有独立产生预警信号的能力，预警信号可以为声、光等形式；

3 传感器的前端预警功能，应与传感器的测值功能相互独立，前端预警功能的故障不应导致传感器的测值及数据传输功能

失效。

5.1.5 传感器使用寿命不应低于 2 年。

5.1.6 传感器的选型和使用可按本标准附录 A 的规定执行。

## 5.2 设备及附墙结构安全监测传感器选型与监测系统

5.2.1 设备及附墙结构安全监测，可采用的传感器类型包括应力应变类传感器、位移传感器和倾角传感器。

5.2.2 设备及附墙结构安全监测所采用的应力应变传感器，可用于实现测点的应力应变、连接状态监测，并应符合下列规定：

1 传感器可独立完成监测参数的换算，并对外输出应力、应变值；

2 传感器应能承受监测对象的反复变形；

3 布设在施工扰动较多的测点的应力应变传感器，数据传输方式应以无线传输为主；

4 传感器的安装应可靠，且不对结构造成损伤，宜选用机械连接或胶粘连接等安装方式；

5 装设于附墙结构连接节点、基础节与预埋件连接节点等应力应变较大节点的应力应变传感器，应具有前端预警功能。

5.2.3 设备及附墙结构安全监测所采用的位移传感器，可用于实现测点的连接状态监测，并应符合下列规定：

1 传感器应安装可靠，应防止设备作业过程对传感器的扰动；

2 传感器应能够修正由于热胀冷缩造成的测值误差。

5.2.4 设备及附墙结构安全监测所采用的倾角传感器，可用于实现测点的垂直度、沉降情况监测，并应符合下列规定：

1 倾角传感器的数据传输方式应采用无线传输；

2 传感器应安装可靠；

3 用于测定塔身垂直度、施工升降机导轨架垂直度等的倾

角传感器，应具有前端预警功能。

### 5.3 设备安装拆除安全监测传感器选型与监测系统

5.3.1 设备安装拆除安全监测，可采用传感器类型包括开关量传感器、环境类传感器、倾角传感器和位移传感器。

5.3.2 设备安装拆除安全监测所采用的开关量传感器，可用于实现测点的就位状态、连接到位情况监测，并应符合下列规定：

- 1 开关量传感器的数据传输方式应以无线传输为主；
- 2 开关量传感器的供能方式应以独立电源供电为主，续航能力应满足长期监测的要求。

5.3.3 设备安装拆除安全监测所采用的环境类传感器，包括风速传感器、温度传感器等，可用于实现测点风速、温度等的监测。传感器选择及安装应符合下列规定：

- 1 传感器宜能够独立完成监测参量的换算；
- 2 传感器的信号输出方式宜采用无线传输；
- 3 风速传感器宜具备前端预警功能。

5.3.4 设备安装拆除安全监测所采用的倾角传感器，可用于实现测点垂直度的监测，并应符合下列规定：

- 1 倾角传感器的数据传输方式宜采用无线传输；
- 2 传感器应安装可靠；
- 3 用于测定塔身垂直度、施工升降机导轨架垂直度等的倾角传感器应具有前端预警功能。

5.3.5 设备安装拆除安全监测所采用的位移传感器，可用于顶升高度、顶升速度等的监测，应符合下列规定：

- 1 传感器应安装可靠，应能够抵抗监测过程中反复伸缩，应避免构件刮蹭影响区；
- 2 传感器宜为独立电源供电，数据传输方式宜采用无线传输。

## 5.4 设备运行安全监测传感器选型与监测系统

- 5.4.1 设备运行安全监测，可采用的传感器类型宜包括环境类传感器、倾角传感器和位移传感器、开关量传感器等。
- 5.4.2 作业环境安全性监测可采用环境类传感器。
- 5.4.3 设备结构倾斜状态安全监测可采用倾角传感器。
- 5.4.4 塔吊设备吊钩高度监测可采用位移传感器、视频等方式。

## 6 安全预警

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 安全预警应根据设备安全监测的结果，评价设备安装拆除及运行的安全水平，并应根据评价结论实施针对性的应急处置措施。

**6.1.2** 根据建筑施工垂直运输设备的安全风险类型，安全预警可分为设备及附墙结构安全预警、设备安装拆除安全预警和设备运行安全预警。

### 6.2 设备及附墙结构安全预警

**6.2.1** 设备及附墙结构安全预警可分为测点预警、断面预警和整体预警。

**6.2.2** 测点预警应在对测点的监测结果进行预警评价的基础上，发出告警，并应根据评价结论实施针对性的应急处置措施。根据监测内容，测点预警可分为关键结构件本体损伤状况测点预警、结构件连接状态测点预警和关键结构件受力状况测点预警，并应符合下列规定：

1 关键结构件本体损伤状况的预警评价，应包括设备及附墙关键结构件本体的磨损、锈蚀、开裂、变形等损伤状况的监测结果评价。当预警评价的结论为不合格时，应予以警示并实施针对性的应急处置措施。

2 结构件连接状态测点的预警评价，应包括结构件连接节点可靠性的监测结果评价。当预警评价的结论为不合格时，应予以警示并实施针对性的应急处置措施。

3 关键结构件受力状况测点的预警等级，应根据测点处结

构件的抗力与荷载效应的比值 ( $K$ ) 进行评价, 评价结论可按表 6.2.2 分为 4 个警示等级。

表 6.2.2 受力状况测点预警的警示等级

警示等级	定量描述 ( $K$ )	定性描述
四级	$[1, +\infty)$	测点部位的受力状况良好, 抗力富余
三级	$[0.95, 1)$	测点部位的受力状况一般, 抗力基本满足实际效应需求
二级	$[0.90, 0.95)$	测点部位的实际效应值超过抗力设计值, 应排查风险
一级	$[0, 0.90)$	测点部位的实际效应值过大, 应马上采取应对措施

4 测点处结构件的抗力设计值与荷载效应的比值 ( $K$ ) 应按下式计算:

$$K = R/S \quad (6.2.2)$$

式中:  $R$ ——测点部位的抗力设计值;

$S$ ——测点部位的实际效应值;

$K$ ——结构安全系数。

6.2.3 断面预警应在对监测断面所含测点的评价结论进行综合评价的基础上, 发出告警。根据监测内容, 断面预警可分为跨结构连接界面预警和关键结构件不利受力截面预警, 并应符合下列规定:

1 跨结构连接界面预警, 宜按表 6.2.3-1 进行预警评价, 并可根据各测点对监测断面的重要性程度适当调整警示等级;

表 6.2.3-1 跨结构连接界面预警的警示等级

警示等级	定量描述	定性描述
四级	评价结论为不合格的测点不超过 10%	断面安全状态良好
三级	评价结论为不合格的测点超过 10% 但不超过 20%	断面安全状态一般, 继续使用 可能存在安全风险
二级	评价结论为不合格的测点超过 20% 但不超过 30%	安全状态差, 安全风险较高, 应及时排查风险
一级	评价结论为不合格的测点超过 30%	安全状态差, 安全风险高, 应停工整改

2 关键结构件不利受力截面预警宜按表 6.2.3-2 进行预警评价, 并可根据各测点对监测断面的重要性程度适当调整警示等级。

表 6.2.3-2 关键结构件不利受力截面预警的警示等级

警示等级	定量描述	定性描述
四级	所有测点的评价结论均为四级	断面安全状态良好
三级	不含二级和一级测点, 可含三级测点但含量不超过 15%	断面安全状态一般
二级	不含一级测点, 可含二级测点但含量不超过 15%	安全状态差, 存在安全风险, 应及时排查
一级	含一级测点或二级测点含量超过 15%	安全状态差, 安全风险高, 应停工整改

6.2.4 整体预警应在设备整体安全性综合评价基础上发出告警, 整体预警应包括整体牢固性预警和整体受力状况预警两个部分, 并应符合下列规定:

1 整体牢固性应基于关键结构件本体损伤状况测点等级和跨结构连接界面断面等级预警, 可按表 6.2.4-1 的规定执行;

表 6.2.4-1 整体牢固性的警示等级

警示等级	定量描述	定性描述
四级	本体损伤状况测点的评价结论均为合格; 且连接界面监测断面的评价结论均为四级	整体牢固性状况良好
三级	本体损伤状况评价结论为不合格的测点不超过 10%; 且评价结论为三级的连接界面监测断面不超过 30%, 其余连接界面监测断面的评价结论为四级	整体牢固性状况一般
二级	本体损伤状况评价结论为不合格的测点超过 10%但不超过 15%; 或存在评价结论为二级的连接界面监测断面	整体牢固性状况较差, 存在安全风险, 应及时排查



续表 6.2.4-1

警示等级	定量描述	定性描述
一级	本体损伤状况评价结论为不合格的测点超过 15%；或评价结论为二级的连接界面监测断面超过 30%，或存在评价结论为一级的连接界面监测断面	整体牢固性状况差，安全风险高，应停工整改

2 整体受力状况应基于关键结构件不利受力截面等级预警，可按表 6.2.4-2 的规定执行。

表 6.2.4-2 整体受力状况的警示等级

警示等级	定量描述	定性描述
四级	不利受力截面监测断面的评价结论均为四级	整体受力状况良好
三级	不含二级和一级断面，可含三级断面但含量不超过 30%	整体受力状况一般
二级	不含一级断面，可含二级断面但含量不超过 20%	整体受力状况较差，存在安全风险，应及时排查
一级	含一级断面或二级断面含量超过 20%	整体受力状况差，安全风险高，应停工整改

### 6.3 设备安装拆除安全预警

6.3.1 设备安装拆除安全预警，可分为测点预警、工序预警和整体预警。

6.3.2 测点预警应包括各项具体监测内容所含安全参数的状态预警评价。当安全参数不满足过程安全约束或未达到完成状态要求，应予以警示并实施针对性的应急处置措施。

6.3.3 工序预警应包括某一工序所含各项安全参数的状态综合评价。当工序所含各项安全参数的评价结论均为安全时，则工序

的预警评价结论应为安全，否则应为不安全。当工序预警评价结论为不安全时，应予以警示并实施针对性的应急处置措施。

**6.3.4** 整体预警应包括安装拆除作业工序流程及各工序环境条件的状态综合评价。当工序流程及环境条件不符合时，应予以警示并实施针对性的应急处置措施。

## **6.4 设备运行安全预警**

**6.4.1** 设备运行安全预警，应包括运行环境条件预警、作业人员的安全行为预警、建筑施工垂直运输设备与环境中的其他对象的交互关系预警、运行作业流程预警。

**6.4.2** 运行环境条件预警，可按安全监测方案中不适宜作业的环境条件为标准，当出现恶劣条件时，应立即予以警示，并采取相应的管控措施。

**6.4.3** 设备运行安全预警，应符合下列规定：

1 当作业人员的安全行为出现不符合安全规定的行为时，应予以警示并立即进行整改；

2 当设备与环境中的其他对象发生不符合安全规定的交互关系时，应予以警示并立即进行整改；

3 当设备运行作业流程出现不符合安全规定的作业行为时，应予以警示并立即进行整改。

## 7 应急处置

### 7.1 一般规定

7.1.1 应对建筑施工垂直运输设备的不安全状态和相关人员的不安全行为制定应急处置计划。

7.1.2 在建筑施工垂直运输设备安装拆除和运行期间，应根据建筑施工垂直运输设备安全监测与安全预警结论，在收到预警警示后实施有针对性的应急处置措施。

7.1.3 根据建筑施工垂直运输设备的安全风险类型，应急处置可分为设备及附墙结构安全应急处置、设备安装拆除安全应急处置和设备运行安全应急处置。

### 7.2 设备及附墙结构安全应急处置

7.2.1 根据监测内容，设备及附墙结构安全应急处置可分为测点应急处置、断面应急处置和整体应急处置。

7.2.2 测点应急处置，应根据测点预警评价结论，采取针对性的应急处置措施，及时处理测点异常状态。根据测点预警内容，测点应急处置可分为关键结构件本体损伤状况测点应急处置措施、结构件连接状态测点应急处置措施和关键结构件受力状况测点应急处置措施，并应符合下列规定：

1 关键结构件本体损伤状况测点应急处置措施可按表 7.2.2-1 实施；

表 7.2.2-1 关键结构件本体损伤状况测点应急处置措施

预警等级	应急处置措施
合格	正常实施定期检查与维护工作

续表 7.2.2-1

预警等级	应急处置措施
不合格	测点问题较轻,不影响结构整体牢固性,应上报现场安全管理人员,尽快安排人员采取处理措施,直至预警结论为合格
	测点问题严重,可能导致倒塌、折断事故,应立即停止作业,并上报项目部项目经理,即刻安排人员采取紧急处理措施,对设备与关键结构件的本体状况进行全面检查,直至预警结论为合格,方可重新开始作业,并加强日常管理检查与维护工作

2 结构件连接状态测点应急处置措施可按表 7.2.2-2 实施;

表 7.2.2-2 结构件连接状态测点应急处置措施

预警等级	应急处置措施
合格	正常实施定期检查与维护工作
不合格	测点问题较轻,不影响结构整体牢固性,应上报现场安全管理人员,尽快安排人员采取处理措施,直至预警结论为合格
	测点问题严重,可能导致倒塌、折断事故,应立即停止作业,并上报项目部项目经理,即刻安排人员采取紧急处理措施,对结构件的连接状态进行全面检查,直至预警结论为合格,方可重新开始作业,并加强日常管理检查与维护工作

3 关键结构件受力状况测点的应急处置措施可按表 7.2.2-3 实施。

表 7.2.2-3 关键结构件受力状况测点应急处置措施

预警等级	应急处置措施
四级	正常实施定期检查与维护工作
三级	应上报现场安全管理人员,建议安排人员采取处理措施,对预警的关键结构件受力状态进行检查,直至预警等级稳定为四级
二级	应立即停止作业,并上报项目部安全主管,即刻安排人员采取紧急处理措施,对预警的关键结构件受力状态进行检查,直至预警等级稳定为四级方可继续作业

续表 7.2.2-3

预警等级	应急处置措施
一级	应立即停工整顿,并上报项目部项目经理,即刻安排人员采取紧急处理措施,对关键结构件受力状态状况进行全面检查,直至预警等级稳定为四级后,方可重新开始作业,并加强日常管理检查与维护工作

**7.2.3 断面应急处置**应根据断面预警等级和预警内容,采取针对性的应急处置措施,处理监测断面的异常状态。跨结构连接界面应急处置措施和关键结构件不利受力截面断面的应急处置措施,可按表 7.2.3 实施。

表 7.2.3 跨结构连接界面和关键结构件不利受力截面应急处置措施

预警等级	应急处置措施
四级	正常实施定期检查与维护工作
三级	应上报现场安全管理人员,安排人员采取处理措施,对预警的断面异常状态进行检查,直至预警等级稳定为四级
二级	应立即停止作业,并上报项目部安全主管,即刻安排人员采取紧急处理措施,对预警的断面异常状态进行检查,直至预警等级稳定为四级方可继续作业
一级	应立即停工整顿,并上报项目部项目经理,即刻安排人员采取紧急处理措施,对断面异常状态进行全面检查,直至预警等级稳定为四级后,方可重新开始作业,并加强日常管理检查与维护工作

**7.2.4 整体应急处置**应根据整体预警等级和整体预警内容,采取针对性的应急处置措施,处理设备整体的异常状态。整体牢固性应急处置措施和整体受力状况应急处置措施,可按表 7.2.4 实施。

表 7.2.4 整体牢固性和整体受力状况应急处置措施

预警等级	应急处置措施
四级	正常实施定期检查与维护工作

续表 7.2.4

预警等级	应急处置措施
三级	应上报现场安全管理人员，尽快安排人员采取处理措施，对预警的设备整体异常状态进行检查，直至预警等级稳定为四级
二级	应立即停止作业，并上报项目部安全主管，即刻安排人员采取紧急处理措施，对垂直运输设备整体进行检查，直至预警等级稳定为四级方可继续作业
一级	应立即停工整顿，并上报项目部项目经理，即刻安排人员采取紧急处理措施，对垂直运输设备整体进行全面检查，直至预警等级稳定为四级后，方可重新开始作业，并加强日常管理检查与维护工作

### 7.3 设备安装拆除安全应急处置

7.3.1 设备安装拆除安全应急处置可分为测点应急处置、工序应急处置和整体应急处置。

7.3.2 测点应急处置措施可按表 7.3.2 实施。

表 7.3.2 测点应急处置措施

预警等级	应急处置措施
安全	正常实施定期检查与维护工作
不安全	应立即停止作业，并上报项目部项目经理，即刻安排人员采取紧急处理措施，对关键结构件测点进行全面检查，直至预警结论为安全，方可重新开始作业，并加强日常管理检查与维护工作

7.3.3 工序应急处置应根据安装拆除工序预警等级，采取针对性的应急处置措施，处理工序的异常状态。工序应急处置措施可按表 7.3.3 实施。

表 7.3.3 工序应急处置措施

预警等级	应急处置措施
安全	正常实施定期检查与维护工作

续表 7.3.3

预警等级	应急处置措施
不安全	应立即停止作业，并上报项目部项目经理，即刻安排人员采取紧急处理措施，对关键工序进行全面检查，直至预警结论为安全，方可重新开始作业，并加强日常管理检查与维护工作

**7.3.4 整体应急处置应根据安装拆除整体预警等级，采取相应的控制措施，处理施工顺序及环境条件的异常状态。整体应急处置措施可按表 7.3.4 实施。**

表 7.3.4 整体应急处置措施

预警结论	应急处置措施
安全	正常实施定期检查与维护工作
不安全	应立即停止作业，并上报项目部项目经理，即刻安排人员采取紧急处理措施，对整体施工顺序及环境条件进行全面检查，直至预警结论为安全，方可重新开始作业，并加强日常管理检查与维护工作

## 7.4 设备运行安全应急处置

**7.4.1 设备运行安全应急处置，可分为运行环境条件应急处置、作业人员行为应急处置、设备与环境中其他对象的交互关系应急处置和作业流程应急处置等。**

**7.4.2 设备运行环境条件应急处置，应包括对作业环境的风速、风向、温度和雨雪天气等灾害性天气的应急处置。当存在风速超过规范要求、风向不适、温度过高或过低、天气恶劣等严重影响建筑施工垂直运输设备运行安全的情况时，应停止设备运行作业，采取降低安全风险的保障措施，以及现场标识等保护管理措施。恶劣作业环境条件影响结束后，应全面检查评估设备安全，所有安全隐患消除后方可重新开始作业。**

**7.4.3 设备作业人员的操作与行为不符合安全生产要求或安全操作规程时，应立即制止并整改，对多次实施不安全操作或行为**

的作业人员，应重新进行安全教育培训和考核评价。

**7.4.4** 设备与环境中其他对象出现不良交互关系的，应立即予以警示并指导交互对象安全分离。

**7.4.5** 设备运行作业过程违背安全作业流程的，应立即予以警示并指导整改。



## 附录 A 传感器分类及选型

### A.1 传感器的分类及性能参数

A.1.1 安全监测所使用的传感器可分为下列类型：

1 应力应变传感器，包括电阻应变计、振弦式应变计和光纤光栅应变计等。

2 位移传感器，包括百分表、连通管、线性可变差动变压位移传感器（LVDT）、电阻位移计、激光测距仪、综合型加速度计、微波干涉仪、激光测距仪等。

3 倾角传感器，包括陀螺仪、加速度计、磁罗盘、光敏式倾角传感器等。

4 开关量传感器，包括光电开关、电磁感应开关、压电感应开关、超声波感应开关、电容感应开关、微动开关传感器等。

5 环境类传感器，包括风速传感器、风向传感器、温度传感器，具体包括下列内容：

- 1) 风速传感器包括机械式风速仪、超声风速仪、多普勒雷达、多普勒 SODAR 等；
- 2) 风向传感器包括电子风向标、电子风向袋等；
- 3) 温度传感器包括热电偶、热敏电阻、电阻温度检测器、半导体温度传感器、膨胀式温度计、光纤温度计、红外测温仪、光学温度计等。

A.1.2 传感器的主要性能参数应包括量程、采样频率、线性度、灵敏度、信噪比、分辨率、精度、重复性、漂移、蠕变、动态响应速度、测量误差、抗干扰能力。

## A.2 应力应变传感器

A.2.1 应力应变传感器应根据监测目的和要求进行选择，可按表 A.2.1 选取。

表 A.2.1 应力应变传感器性能

性能参数	电阻应变计	振弦式应变计	光纤光栅应变计
体积	小	较大	小
蠕变	较大	较小，满足长期测量需求	较小，满足长期测量需求
灵敏度	较高	高	高
抗干扰能力	较差，受温度及导线影响	较好	较好
动态响应速度	较好	较差	好

A.2.2 传感器的最大采样频率不应小于 0.1Hz。

A.2.3 应力应变传感器应根据监测对象在使用过程中的振动、撞击、日晒雨淋、腐蚀、电磁干扰等情况选择。当监测环境较恶劣时，应选取抗干扰能力强的应力应变传感器。

A.2.4 应力应变传感器的选择应根据监测点位的连接情况，选择标距合适的应力应变传感器。

A.2.5 应根据布设点位与应力应变传感器的材质，选用合适的粘贴剂；在选用应力应变传感器、粘贴剂和导线时，应基于监测对象在制作、养护和施工中的环境条件选用。

A.2.6 若选用有线式的应力应变传感器，应力应变传感器及其连接电缆均应有防潮、绝缘等防护措施。

A.2.7 应力应变传感器应符合下列规定：

1 电阻应变计的测量片和补偿片应选择相同规格的产品，并应做好绝缘防护措施；

2 振弦式应变计应通过匹配的测量仪进行测量，分辨率应

小于 1Hz;

3 光纤光栅的静态波长测量精度应小于 3pm, 重复性应小于 5pm, 波长年漂移量应低于 30pm; 动态波长测量精度应小于 5pm, 重复性应小于 10pm, 波长年漂移量应低于 60pm。

### A.3 位移传感器

A.3.1 位移传感器可分为电位式、应变式、磁弹性式等, 应根据监测目的和要求选择, 可按表 A.3.1 选取。

表 A.3.1 位移传感器性能

性能参数	电位式	应变式	磁弹性式
体积	多样化	小	小
灵敏度	高	较高	极高
抗干扰能力	好	好	极强
动态响应速度	差	好	好

A.3.2 位移传感器的分辨率不应大于被测总位移量的 2%。

A.3.3 当选用位移传感器时, 监测参数的最大值不应超过传感器量程的 90%。

### A.4 倾角传感器

A.4.1 倾角传感器的单轴倾角测量误差应在  $0.1^\circ$  以内, 且分辨率应优于  $0.01^\circ$ 。

A.4.2 倾角传感器宜能够测量三轴方向上平面角及扭转角的角度变化。

A.4.3 倾角传感器的最大采样频率不得小于 1Hz, 分辨率应优于  $0.01^\circ$ 。

### A.5 开关量传感器

A.5.1 开关量传感器可分为光电式开关传感器、电磁式开关传

感器、机械式开关传感器、压电式开关传感器等。

**A.5.2** 应根据监测目的和要求选择开关量传感器，可按表 A.5.2 选取。

**表 A.5.2 开关量传感器性能**

参数类型	光电式	电磁式	机械式	压电式
工作方式	非接触式	非接触式	接触式	接触式
感应距离	较远	近	极近	极近
灵敏度	高	较高	高	较高
续航能力	差	好	好	好

## **A.6 环境类传感器**

**A.6.1** 风速传感器的量程应满足当地风速监测的要求，风速传感器的精度应优于 0.1m/s，非线性度应在满量程的±1%范围内。

**A.6.2** 风速传感器的选用和布设应符合下列规定：

- 1 风速传感器的最大采样频率不应小于 2Hz；
- 2 风速传感器宜同时测定风向；
- 3 风速传感器安装应避免工程结构紊流影响区。

## 用词说明

本标准引用下列标准。其中，注日期的，仅对该日期对应的版本适用本标准；不注日期的，其最新版适用于本标准。

为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

- 1 表示很严格，非这样做不可的：  
正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；
- 2 表示严格，在正常情况下均应这样做的：  
正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；
- 3 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：  
正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；
- 4 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

## 引用标准名录

《电气装置安装工程 起重机电气装置施工及验收规范》  
GB 50256

《建筑施工塔式起重机安装、使用、拆卸安全技术规程》  
JGJ 196

《建筑施工升降机安装、使用、拆卸安全技术规程》JGJ 215

中国工程建设标准化协会标准

建筑施工垂直运输设备安全风险  
监控标准

**T/CECS 1054 - 2022**

条文说明

## 制定说明

本标准制定过程中，编制组针对建筑施工垂直运输设备安全风险进行了广泛深入的调查研究，总结了我国工程建设施工垂直运输设备安全风险管理的实践经验，同时参考了国外先进技术法规、技术标准，通过建筑施工塔吊等垂直运输设备安全风险监控试验，取得了建筑施工垂直运输设备结构、安装与拆除、使用安全风险监控的指标与可采用的感知、分析、评估、预警方法。

为便于广大技术和管理人员在使用本标准时能正确理解和执行条款规定，编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明。对条款规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项等进行了说明。

本条文说明不具备与标准正文及附录同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。



# 目 次

1	总则	(64)
3	安全评价与监测方法	(65)
3.1	一般规定	(65)
3.2	安全风险评价	(66)
3.3	安全风险监测方法	(66)
3.4	安全监测技术方案	(67)
4	安全监测	(68)
4.1	一般规定	(68)
4.2	设备及附墙结构安全监测	(68)
4.3	设备安装拆除安全监测	(69)
4.4	设备运行安全监测	(70)
5	传感器与监测系统	(72)
5.1	一般规定	(72)
5.2	设备及附墙结构安全监测传感器选型与监测系统	(72)
5.3	设备安装拆除安全监测传感器选型与监测系统	(73)
5.4	设备运行安全监测传感器选型与监测系统	(73)
6	安全预警	(74)
6.1	一般规定	(74)
6.2	设备及附墙结构安全预警	(74)
6.3	设备安装拆除安全预警	(76)
6.4	设备运行安全预警	(77)
7	应急处置	(78)
7.1	一般规定	(78)
7.2	设备及附墙结构安全应急处置	(78)

7.3 设备安装拆除安全应急处置 .....	(79)
7.4 设备运行安全应急处置 .....	(79)
附录 A 传感器分类及选型 .....	(80)

# 1 总 则

**1.0.1** 本标准编制的目的是建筑施工垂直运输设备安全风险防控。

**1.0.2** 鉴于垂直运输设备类型较多，同时考虑安全监控的技术要求难度大，适用对象明确为风险高、工程常用的塔式起重机和施工升降机，实现其安全风险监测的规范化和标准化。

**1.0.3** 建筑施工塔式起重机和施工升降机的安全风险监控除应符合本标准外，针对施工现场设备具体情况尚应符合国家现行有关标准和现行中国工程建设标准化协会有关标准的规定。

## 3 安全评价与监测方法

### 3.1 一般规定

**3.1.1** 明确安全风险监测前应进行安全风险评价，以保障安全风险监测的科学性、针对性。

**3.1.2** 为加深对垂直运输设备安全风险的理解，根据风险的时空分布特征，将垂直运输设备安全风险划分为五种类型。

**3.1.3** 安全风险评价应在安装前进行，以消除特别重大安全风险，使用中的设备是进行动态安全风险评价，评价中需要考虑人员、机械、材料、方法、环境等因素。

**3.1.4** 为提前合理制定风险防控措施，应在设备进场安装前对垂直运输设备进行安全风险分级评价。当工程方案、施工环境等发生重大变化时，应重新进行安全风险评价，并对风险防控措施进行调整。

**3.1.5** 垂直运输设备安全风险评价推荐采用风险等级矩阵法，企业亦可根据自身情况和工程实际选择适宜的风险评价方法，或者同时采用几种风险评价方法互相验证，确保风险评价的准确性。

风险事件发生可能性等级的划分参考了现行国家标准《城市轨道交通地下工程建设风险管理规范》GB 50652 的分级方法，风险事件后果严重性等级的划分参考了国务院《生产安全事故报告和调查处理条例》的相关规定。

**3.1.6** 按照风险分级管控原则，将垂直运输设备安全风险划分为四级：一般风险、较大风险、重大风险、特别重大风险。在特别重大风险处置上强调规划环节的应重新选择可行方案，使用中的加强监测。

## 3.2 安全风险评价

**3.2.1** 本条明确了建筑施工塔式起重机的五类安全风险对象，鉴于塔式起重机设备、施工升降机功能性安全在《塔式起重机能试验》GB/T 5031 和《施工升降机试验方法》GB/T 10056 中有明确要求，本标准只涉及塔式起重机及附墙结构安全风险、塔式起重机安装拆除安全风险、塔式起重机运行安全风险的辨识、评价与监控。

**3.2.2~3.2.6** 这几条明确了建筑施工塔式起重机五类安全风险对象的评价内容。

**3.2.7** 表 3.2.7 中所列风险事件参考了现行行业标准《建筑施工塔式起重机安装、使用、拆卸安全技术规程》JGJ 196 和《建筑施工安全检查标准》JGJ 59 中的部分条文内容，企业可结合工程实际对清单内容进行补充。

**3.2.8** 本条明确了建筑施工升降机五类安全风险对象。五类风险有施工升降机及附墙结构安全风险、施工升降机安装拆除安全风险、施工升降机运行安全风险的辨识与监控。施工升降机安装拆除作业虽不及塔式起重机复杂且风险因素多，但具有很多类似性，为统一用词“顶升”作业本标准泛指塔式起重机顶升和施工升降机的加节、降节作业。

**3.2.9~3.2.13** 这几条明确了建筑施工升降机五类安全风险的评价内容。

**3.2.14** 表 3.2.14 中所列风险事件参考了现行行业标准《建筑施工升降机安装、使用、拆卸安全技术规程》JGJ 125 和《建筑施工安全检查标准》JGJ 59 中的部分条文内容，企业可结合工程实际对清单内容进行补充完善。

## 3.3 安全风险监测方法

**3.3.1** 本条给出了四种常用的安全风险监测方法。企业亦可根

据自身情况和工程实际，在保证监控质量与效果的前提下，选用其他风险监控方法。

**3.3.2~3.3.5** 按照风险分级管控原则，给出了建筑施工垂直运输设备不同等级不同类型安全风险监控方法的优先选项。

### **3.4 安全监测技术方案**

**3.4.1** 经辨识评价的建筑施工垂直运输设备较大及以上安全风险，应通过编制安全监控技术方案进行重点监控。为确保安全监控技术方案的全面性、经济性、适用性、可行性，方案在编制完成后应组织专家论证。

**3.4.2** 本条明确了安全监控技术方案内容。

**3.4.3** 本条明确了监测单位的主要责任。

## 4 安全监测

### 4.1 一般规定

**4.1.2** 在实施监测时应根据建筑施工垂直运输设备的特征，及施工现场的安全风险水平、安全管控需求、成本约束、环境状况等实际条件，编制安全监测技术方案，针对性地选取监测内容。

**4.1.3** 本条参考现行国家标准《建筑与桥梁结构监测技术规范》GB 50982 的有关内容制定。监测方案中需要根据现场实际条件明确测点。

### 4.2 设备及附墙结构安全监测

**4.2.1** 建筑施工垂直运输设备及附墙结构（本标准中塔式起重机的附墙和施工升降机与建筑物相连的功能性构件统一称为附着装置，其结构为附墙结构）安全是保障建筑施工垂直运输设备安装拆除安全和建筑施工垂直运输设备作业安全的基础。监测设备与关键结构件的本体损伤状况，目的是保证设备结构具有足够的抗力；监测结构件的连接状态，目的是保证设备结构能够保持完整的受力体系；监测关键结构件的受力状况，目的是保证设备结构的作用效应不超过结构抗力。

**4.2.2** 本条参考现行行业标准《建筑施工塔式起重机安装、使用、拆卸安全技术规程》JGJ 196 有关内容制定。

**4.2.3** 本条依据现行行业标准《建筑施工塔式起重机安装、使用、拆卸安全技术规程》JGJ 196 给出塔吊垂直度偏差控制值。

**4.2.4~4.2.7** 建筑施工垂直运输设备由于类型、型号、生产厂家等方面的不同，在设备结构与构造上往往有显著差异，在实施结构安全监测时，必须以使用说明书为准，在监测方案中确定具

体的监测内容。

塔式起重机及附墙设备与关键结构件的本体损伤状况，应满足国家现行标准《塔式起重机安全规程》GB 5144、《建筑施工塔式起重机安装、使用、拆卸安全技术规程》JGJ 196、《塔式起重机混凝土基础工程技术标准》JGJ/T 187 等标准规范和设备使用说明书的要求。

塔式起重机基础节的主弦杆和起重臂根部的关键杆件受轴向力较大，最上一道附着装置所在标准节及最上一道附着装置受作业荷载较大；施工升降机基础节的主弦杆受轴向力较大，最上一道附着装置所在标准节及最上一道附着装置受作业荷载较大。这些杆件及其相关连接结点可作为重点监测对象，并应随着设备附着装置增设而增加最上一道附着装置监测。

**4.2.8~4.2.13** 参考国家现行标准《施工升降机安全规程》GB 10055、《建筑施工升降机安装、使用、拆卸安全技术规程》JGJ 215 等和设备使用说明书的要求，对施工升降机设备及附墙结构安全的安全监测进行规定。

### 4.3 设备安装拆除安全监测

**4.3.1** 建筑施工垂直运输设备安装、顶升和拆卸作业程序复杂，且各工序在时间和空间上存在严格的逻辑关系，属于典型的串联系统，作业过程容错率较低，任何工序的完成质量不达标或执行顺序不规范都可能导致生产安全事故。同时，建筑施工垂直运输设备在安装、顶升和拆卸施工过程中，是不稳定的临时结构体系，对不当操作或外界干扰的敏感性强，安全韧性较差。实施建筑施工垂直运输设备安装拆除安全监测，要求保证工序实施过程安全（如顶升速度不可过快），工序完成质量达标（如活动爬爪可靠固定在耳板内），且工序施工顺序规范（如必须在固定活动爬爪后方可回缩顶升横梁）。

本标准中活动爬爪是顶升套价支撑于爬耳或踏步的装置，与



片式塔吊上的挂靴的作用功能相同；顶升横梁销轴是顶升油缸支撑顶升套架时的固定装置，与片式塔吊的顶升横梁锁靴作用功能相同。

**4.3.2** 建筑施工垂直运输设备由于类型、型号、生产厂家等方面的不同，往往具有不同的安装、顶升、拆卸施工流程与操作要求，在实施程序安全监测时，必须以设备使用说明书为准，在监测方案中确定具体的监测内容与监测要求。

**4.3.3** 技术参数可以是就位情况、连接情况和顶升高度等，安全参数可以是风速、垂直度、顶升速度和顶升高度等。

**4.3.4** 建筑施工垂直运输设备及其所在项目环境的差异性，会造成监测内容和监测手段的差异性，在确定测点时就需要因地制宜。

**4.3.6~4.3.12** 这几条参考现行行业标准《建筑施工塔式起重机安装、使用、拆卸安全技术规程》JGJ 196 和《建筑施工升降机安装、使用、拆卸安全技术规程》JGJ 215 的有关内容制定。表 4.3.7~表 4.3.12 列举了塔式起重机和施工升降机安装、顶升和拆卸施工前的准备工作要求和施工过程中的监测内容，以 QTZ100 (TC6013) 型和 QTZ63 (TC5510) 型为参考，施工升降机以 SCD200/200G 型为参考给出其工序清单和监测内容，当设备型号特性与此设备不一致的，应依据相应设备说明书修改完善。

## 4.4 设备运行安全监测

**4.4.1** 建筑施工垂直运输设备的作业活动是一种机械、人员、环境复杂交互的动态过程，具有风险水平高的特点。本条提出了四类主要监测内容，主要考虑到：其一，建筑施工垂直运输设备处于露天作业环境，且作业高度大，其作业过程受风、雨、雾、高温等恶劣环境条件的影响大。其二，建筑施工垂直运输设备的作业过程涉及塔式起重机司机、信号工等多类特种作业人员，其

作业安全水平受特种作业人员知识技能、身心条件及沟通协调等多方面因素的综合影响。其三，建筑施工垂直运输设备作业过程具有交叉作业、高空作业、动态作业等特性，在作业过程中与场内外人员、材料、其他施工机械设备等形成潜在的交互关系。其四，建筑施工垂直运输设备作业时必须遵循规范的作业流程，执行必要的检查和确认手续。

**4.4.3** 恶劣的作业环境条件，可能形成影响建筑施工垂直运输设备结构安全的外部荷载，也可能影响相关特种作业人员的判断或操作。

**4.4.4、4.4.5** 这两条参考现行行业标准《建筑施工塔式起重机安装、使用、拆卸安全技术规程》JGJ 196 和《建筑施工升降机安装、使用、拆卸安全技术规程》JGJ 215 的有关内容制定。

## 5 传感器与监测系统

### 5.1 一般规定

**5.1.1** 建筑施工垂直运输设备工况复杂，外界干扰因素多，在进行传感器的选型时，需要着重考量传感器性能的稳定性和抗干扰性。同时，由于垂直运输设备施工作业工作面较小，人机交互界面多，在选用传感器时，应优先选择不会对正常的施工作业造成影响的传感器。此外，传感器的可更换性及经济性也应作为传感器选型的考虑因素。

**5.1.2** 不同型号的监测对象，如附着式塔式起重机、内爬式塔式起重机等，在工作方式及工作环境中存在较大的差别，由此本条对传感器的性能提出了不同的要求。

**5.1.3** 根据传输介质的不同，数据传输方式可分为无线传输方式和有线传输方式。在选用传感器的数据传输方式时，需要了解现场情况及监测需求，综合考虑布线难度、电磁屏蔽情况等因素进行。为了减少传感器对现场施工作业的干扰，数据传输方式建议以无线传输为主。

**5.1.4** 为了提高预警的时效性，同时提高传感器系统的鲁棒性，传感器宜具备前端预警功能，使得传感器能够独立判断特定指标的安全状况。

**5.1.5** 考虑到建设工程主体工程建设周期，明确监测设备使用寿命不应低于2年。

### 5.2 设备及附墙结构安全监测传感器选型与监测系统

**5.2.1** 垂直运输及设备附墙结构安全监测的主要监测指标包括各类结构杆件的应力应变、垂直运输设备主体结构垂直度、各类

关键构件倾角及各类位移变化情况等。

**5.2.2~5.2.4** 以不影响设备结构安全为基本原则，满足监测要求为条件，对传感器的性能和安装提出要求。

### **5.3 设备安装拆除安全监测传感器选型与监测系统**

**5.3.1** 建筑施工垂直运输设备安装拆除安全监测的主要监测指标包括各类物理量的临界变化情况，风速、风向、温湿度等环境条件，垂直运输设备主体结构垂直度、各类关键构件转角及各类位移变化情况等。

**5.3.2~5.3.5** 以不影响设备结构安全为基本原则，满足监测要求为条件，对传感器的性能和安装提出要求。

### **5.4 设备运行安全监测传感器选型与监测系统**

**5.4.1~5.4.4** 建筑施工垂直运输设备运行安全状态监测的主要监测指标包括风速、风向、温湿度等环境条件、垂直运输设备主体结构垂直度、各类关键构件转角、各类位移变化情况及各类物理量的临界变化情况等。

## 6 安全预警

### 6.1 一般规定

**6.1.1** 建筑施工垂直运输设备安全预警工作以安全监测结果作为可靠的现场安全信息来源，依据本标准第3章制定的安全监测方案和预警体系，评价建筑施工垂直运输设备施工作业的安全水平，并最终根据该标准第7章内容指导实施针对性的应急处置措施，从而实现评估安全风险、及时排除安全隐患的目的。

**6.1.2** 建筑施工垂直运输设备在服役过程中存在多种类型的安全风险。在设备及附墙结构安全方面，其安全风险呈现为整体牢固性不佳和整体受力状况不利的问题，前者导致设备整体不能形成完整合理的传力结构，后者导致构件失效、位移超限等；在设备安装拆除安全方面，其安全风险呈现为某一工序内安全指标未达到要求和工序之间执行秩序混乱的问题，这些问题均会导致建筑施工垂直运输设备出现程序安全问题。

### 6.2 设备及附墙结构安全预警

**6.2.1** 建筑施工垂直运输设备及附墙结构安全预警采用分层、分级预警思想，具体分为测点预警、断面预警和整体预警三个部分，测点层次的预警工作依据现场安全监测结果评定其预警等级，由同一断面内各个测点的预警等级评定断面的预警等级，最后根据各个断面的预警等级结合其重要性评定整体的预警等级。

**6.2.2** 结构安全预警部分中测点预警工作分为牢固性和受力状况两类，本标准第4章中列出各类可按的监测内容，在不同的情形下，应由专家指导确定最终的监测内容。

牢固性类别的测点预警针对设备与关键结构件的本体损伤状

况和结构件连接状态，评价关键结构件的本体损伤状况，旨在确保其实际抗力和设计值不会相差过大，也确认其使用年限内构件的有效性；评价结构件的连接状态，旨在确保各构件直接有效地连接在一起，能够合理地进行传力；评价标准建议参考建筑施工垂直运输设备使用说明书、现行行业标准《建筑起重机械安全评估技术规程》JGJ/T 189、《建筑施工塔式起重机安装、使用、拆卸安全技术规程》JGJ 196 及《建筑施工升降机安装、使用、拆卸安全技术规程》JGJ 215 等。

当关键结构构件的本体损伤状况满足设备说明书、现行行业标准《建筑起重机械安全评估技术规程》JGJ/T 189、《建筑施工塔式起重机安装、使用、拆卸安全技术规程》JGJ 196 及《建筑施工升降机安装、使用、拆卸安全技术规程》JGJ 215 等的要求时，则评价结论应为合格，否则应为不合格。

对于不同的连接方式，当连接状态满足相连构件的对准准确、螺栓的安装齐全且拧紧力矩达标、销轴与开口销的安装齐全、焊缝完整性、连接件应力不超过设计值、连接界面应变或位移不超限等要求时，则评价结论为合格，否则为不合格。

关键结构件受力状况测点的预警评价，应考虑测点的应力、应变等作用效应及构件实际承载能力。

受力状况类别的测点预警针对设备在服役过程中各构件的力学效应是否超过其实际抗力，参考国家标准《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144 - 2019 相关内容，依据重要性系数  $K$  值大小 ( $K = R/S$ ) 将受力状况测点预警的警示等级划分为 4 个级别，并对其进行定性说明，第一级和第二级测点部位的实际效应值超过抗力设计值，因此需要对其采取排查风险、及时修整的措施。

需要说明的是，国家标准《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144 - 2019 根据构件在结构体系中的重要性程度将其分为主要构件和一般构件两种，在该部分预警工作中测点所在的构件均默认为构件类别中的主要构件，本标准第 4 章内容列出可供参考的

监测内容，最终选取应以专家结论为准，因此我们默认其需要进行监测的构件均为主要构件。

**6.2.3 结构安全预警中断面预警层次工作以测点预警工作为基础，参考国家标准《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144 - 2019 的相关内容，依据同一断面内各预警等级的测点分布占比来确定该断面的预警警示等级。**

这里的各测点不包含具有“一票否决”性质的测点，这一类测点的确定宜根据现场实际情形由专家进行确定，在确定了这些测点之后编入安全监测方案中，这些测点的预警工作应单独作为一项工作进行，只有保证该类别测点所在的构件受力达标，方可进行其他的预警工作。

**6.2.4 结构安全预警中整体预警层次工作以测点预警工作和断面预警工作为基础，参考国家标准《工业建筑可靠性鉴定标准》GB 50144 - 2019 的相关内容，依据该设备整体中各预警等级的断面分布占比来确定该设备整体的预警警示等级。**

### **6.3 设备安装拆除安全预警**

**6.3.1 建筑施工垂直运输设备安装拆除安全预警采用分层、分级预警思想，具体分为测点预警、断面预警和整体预警三个部分，测点层次的预警工作依据现场安全监测结果评定其预警等级，由同一断面内各个测点的预警等级评定断面的预警等级，最终根据各个断面的预警等级结合其重要性评定整体的预警等级。程序安全预警同样划分为测点预警、工序预警和整体预警三个部分，这里的整体应理解为施工过程中的某一工作流程，如塔式起重机的一次顶升作业流程；工序应理解为一次作业流程具体包含的各个工序，如顶升作业流程中的顶升横梁就位；测点应理解为某一工序中应进行监测的对象，该监测对象的监测参数在当前工序中应满足过程安全约束或达到完成状态条件。**

**6.3.2~6.3.4 安装拆除安全预警工作按测点、工序、整体层次**

顺序进行，测点预警评价参考本标准第 4 章对监测参数的要求进行，满足相应的要求时，认为该参数对应的监测对象在该工序中处于安全状态；工序预警评价依据某一工序中测点预警评价进行，当该工序中所有监测对象的检测参数达到要求时，认为该工序操作无误，处于安全状态，可执行下一个工序；整体预警评价依据某一作业流程中各工序的预警评价进行，当该作业流程中所有工序操作无误且执行秩序无误时，认为该作业流程处于安全状态；程序安全预警工作中一旦出现不安全的状态，都应予以相应的警示，并及时采取管控措施使其恢复至安全状态后方可进行后续作业。

## 6.4 设备运行安全预警

**6.4.1、6.4.2** 建筑施工垂直运输设备运行安全预警中，作业环境条件预警、设备与环境中的其他对象的交互关系预警可通过现场布设的传感器获取信息，并依据本标准第 4 章相关条款评价其安全状态，出现不符合安全规定的环境条件或交互关系需进行整改；作业人员的安全行为预警和作业流程预警可依赖人为巡查监督或物联网技术监控，发现不符合安全规定的作业行为应及时整改。

**6.4.3** 塔式起重机和施工升降机的运行安全预警工作以本标准第 4 章安全监测内容及要求相关条款制定。



## 7 应急处置

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 根据国务院发布的《国家突发公共事件总体应急预案》，应在建筑施工垂直运输设备入场前，根据施工现场实际情况制定应急处置计划，完成应急管理工作。

**7.1.2** 应急处置工作应联系施工现场实际情况，根据施工现场建筑施工垂直运输设备实时监测和安全预警的内容，按照本标准第6章设置的安全预警等级，制定有针对性的应急处置措施，实现快速上报、处理安全隐患。

**7.1.3** 根据本标准第4章监测内容与第6章的安全预警分类，应急处置工作对应分为三类，在制定应急处置措施时应根据施工现场实际情况，安排具体的上报人员与详细的处理建筑施工垂直运输设备安全隐患的方案。

### 7.2 设备及附墙结构安全应急处置

**7.2.1** 根据本标准第6.2.1条，把建筑施工垂直运输设备及附墙结构安全应急处置分为测点应急处置、断面应急处置和整体应急处置三个部分，设置对应的安全预警评价结论的应急处置措施。

**7.2.2~7.2.4** 根据本标准第6.2.2条~第6.2.4条的内容，考虑施工现场具体情况，在确定建筑施工垂直运输设备及附墙结构安全预警内容后，制定与其对应的应急处置措施。各级预警结论与等级具体划分应由专家指导确定，具体的应急处置措施应考虑施工现场具体情况，设置具体上报人员，提供快捷上报通道及详细处理措施，尽可能快速处理建筑施工垂直运输设备及附墙结构

安全隐患。

### 7.3 设备安装拆除安全应急处置

**7.3.1** 根据本标准第 6.3.1 条，把建筑施工垂直运输设备安装拆除安全应急处置分为测点应急处置、工序应急处置和整体应急处置三个部分，设置对应的安全预警评价结论的应急处置措施。

**7.3.2~7.3.4** 根据本标准第 6.3.1 条~第 6.3.4 条的内容，制定不同预警结论下的应急处置措施。

### 7.4 设备运行安全应急处置

**7.4.1** 根据本标准第 4.4.1 条的运行安全监测内容，将建筑施工垂直运输设备运行安全应急处置分为对应的四部分。

**7.4.2** 建筑施工垂直运输设备作业环境条件应急处置主要考虑针对外界环境条件恶劣采取的应急措施，包括风速、风向、温度、雨雪天气等严重影响建筑施工垂直运输设备运行安全的情况；此时，应及时采取保护措施保障现场安全，在排除影响确认无碍后才可以开始作业。

**7.4.3** 建筑施工垂直运输设备作业人员行为应急处置主要针对作业人员的违规行为进行整改和再教育。

**7.4.4** 建筑施工垂直运输设备与环境中其他对象的交互关系，当出现不良交互关系时，会影响设备正常运行或导致现场安全事故，应及时予以警示并指导交互对象安全分离。

**7.4.5** 施工过程中不可违反建筑施工垂直运输设备安全运行流程进行操作。

## 附录 A 传感器分类及选型

### A.1 传感器的分类及性能参数

**A.1.1** 本条参照协会标准《结构健康监测系统设计标准》CECS 333:2012 的有关规定制定。

**A.1.2** 传感器的主要性能参数的具体内容如下：

- 1 量程：传感器能测量的物理量的极限范围；
- 2 采样频率：传感器每秒从实际连续信号中提取并组成离散信号的采样个数；
- 3 线性度：传感器的输出与输入呈线性关系的程度；
- 4 灵敏度：传感器在稳定状态下输出量变化对输入量变化的比值；
- 5 信噪比：传感器接收的被信号量与噪声量的比值；
- 6 分辨率：传感器能够感知或检测到的最小输入信号增量；
- 7 精度：传感器测量值与真值的最大差异；
- 8 重复性：传感器在输入量按同一方向做全量程多次测试时，所得的输入-输出特性曲线的一致程度；
- 9 漂移：传感器在输入量不变的情况下，输出量随时间变化的现象；
- 10 蠕变：元件在恒温、恒载荷的长期作用下缓慢产生塑性变形的现象；
- 11 动态响应速度：监测参数发生变化时，传感器输出从初值变化到终值的速度；
- 12 测量误差：监测量的观测值或计算值与其真实值之差；
- 13 抗干扰能力：传感器屏蔽内外部不良因素的影响，保持正常工作性能的能力。

## A.2 应力应变传感器

A.2.1 在垂直运输设备安全风险监控中，主要考虑不同类型应力应变传感器的可布设性、抗干扰能力及响应速度等特性。

A.2.2 传感器应具有较高的采样频率，以确保监测数据的连续性，提高安全监测及安全预警的响应速度；

A.2.3 垂直运输设备工程现场通常为无遮挡的室外环境，且现场电磁屏蔽现象较严重，所选用的应力应变传感器应能够满足在恶劣环境条件下正常工作的要求。

A.2.4 在对构件连接节点进行监测时，应选用标距合适的应力应变传感器。

A.2.5 应力应变传感器应能够被可靠连接在监测点位上，以保证其在使用过程中能够持续输出正确的监测数值。

A.2.6 工程现场通常为露天环境，当选用有线式应力应变传感器时，应做好绝缘防水措施，降低应力应变传感器在工作过程中短路或失效的风险。

A.2.7 本条参照协会标准《结构健康监测系统设计标准》CECS 333：2012 的有关规定制定。

## A.3 位移传感器

A.3.1 在垂直运输设备安全风险监控中，主要考虑不同类别位移传感器的可布设性、抗干扰能力、响应速度及灵敏度等特性。

A.3.2 本条参照国家标准《建筑与桥梁结构监测技术规范》GB 50982 - 2014 的有关规定制定。

A.3.3 监测参数的最大值应小于传感器的量程，以保证位移传感器不会在使用中损坏。

## A.4 倾角传感器

A.4.1、A.4.3 这两条参照国家标准《建筑与桥梁结构监测技