

TB

团体标准

T/SDJSXH 02-2024

塔机自动驾驶系统应用操作规程

Operating Procedures for Application of auto drive system of Tower Crane

(征求意见稿)

20XX-XX 月-XX 日发布

20XX-XX-XX 实施

山东省建筑安全与设备管理协会

发布

塔机自动驾驶系统应用操作规程

Operating Procedures for Application of auto drive system of
Tower Crane

前 言

为加快建筑施工机械智能化技术的应用，规范塔机自动驾驶系统的技术要求，提高塔机安全性能，编制组在广泛调查研究,认真总结实践经验的基础上，参考有关国家和行业标准，经广泛研究讨论，制定本规程。

本规程主要包括：总则、术语和定义、基本规定、功能要求、安装调试、运行、维护与保养等内容。

本规程 2.0.1 条涉及申请号 2024201144199 相关专利技术,4.2 节涉及 CN117466185A 相关专利技术，4.4.1 条涉及 CN202123022360.6 相关专利技术，5.4.2/5.4.3 条涉及申请号 2024100593689 相关专利技术,5.4.5 条涉及申请号 2024100676573 相关专利技术，6.2.3/6.2.4 条涉及 CN117383438A 相关专利技术，4.1 条涉及 CN116339335A、CN116503850A、CN115344048A、CN220230529U 相关专利技术，涉及到作业环境的 BIM 地图创建、吊物起落吊位置的定位、塔吊运行路径规划、吊物轮廓的识别；使用者可直接与专利权人协商处理，本规程的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本规程由山东省建筑安全与设备管理协会归口管理。由中科骊久（济南）机器人有限公司负责具体内容的解释。有关的意见和建议反馈给解释单位（中国（山东）自由贸易试验区济南片区港兴三路未来创业广场 4 号楼 806 室，电话：0531-88817850），以供今后修订时参考。

主编单位：中科骊久（济南）机器人有限公司

参编单位：广联达科技股份有限公司

山东省建设科技与产业化中心

中建五局山东公司

山东三箭建设工程股份有限公司

山东中建众力设备租赁有限公司

大汉科技股份有限公司

上海金虞机械有限公司

主要起草人：

主要审查人：

目 录

1	总则	1
2	术语和定义	2
3	基本规定	3
4	功能要求	4
4.1	系统构成	4
4.2	塔机中央控制系统	4
4.3	吊钩感应器	5
4.4	移动控制终端	6
4.5	手持微动控制器	7
4.6	塔机管控云平台	8
5	安装调试	9
5.1	安装准备	9
5.2	安装	9
5.3	调试	9
5.4	检查与验收	11
6	运行	13
6.1	运行准备	13
6.2	运行	13
7	维护与保养	15
附录 A	传感器参数表	16
附录 B	试验验收与交付确认单	17
附录 C	检查与保养单	19
	本规程用词说明	20
	引用标准名录	21
附：条文说明	错误！未定义书签。	

Contents

1	General Provisions	1
2	Term and Definition	2
3	Fundamental Provisions	3
4	Functional Requirements	4
4.1	System Composition	4
4.2	Tower Central Control System	4
4.3	Hook Sensor	5
4.4	Mobile Control Terminal	6
4.5	Handheld Microcontroller	7
4.6	Tower Control Cloud Platform	8
5	Installation and Commissioning	9
5.1	Installation Preparation	9
5.2	Installation	9
5.3	Debugging	9
5.4	Inspection and Acceptance	11
6	Operation	13
6.1	Preparation for Operation	13
6.2	Operation	13
7	Maintenance	15
	Appendix A Sensor Parameter Table	16
	Appendix B Test Acceptance and Delivery Confirmation Sheet	17
	Appendix C Inspection and Maintenance Sheet	16
	Glossary of Terms	20
	List of referenced standards	21
	Attachment: Explanation of Provisions	错误! 未定义书签。

1 总则

1.0.1 为加快建筑施工机械智能化技术的应用，规范塔机自动驾驶系统的安装运行、维护保养，提高塔机工作效率和运行安全，促进智慧化工地的高水平发展，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于建设工程施工现场塔机自动化驾驶系统的安装调试和运行管理。

1.0.3 塔机自动驾驶系统的安装运行、维护保养应用除应符合本规程外，还应符合国家和地方现行有关标准的规定。

1.0.4 安装塔机自动驾驶系统的塔机除应按本规程进行维护保养外，还应按国家和地方相关规定对塔机进行维护和保养。

2 术语和定义

2.0.1 塔机自动驾驶系统 Auto drive system of tower crane

由塔机中央控制系统、吊钩感应器、移动控制终端、手持微动控制器、塔机管控云平台等组成，能够精准控制塔机运行，达到塔机自动驾驶智能化运行的系统。

2.0.2 塔机中央控制系统 Tower central control system

能够实现运行数据实时采集、传输、分析决策，自动规划运行路径、控制塔机自动运行的智能化系统。

2.0.3 吊钩感应器 Hook sensor

能够实时采集、处理、传输吊钩周围环境信息的自动化感应装置。

2.0.4 移动控制终端 Mobile control terminal

能够设置塔机自动运行参数，显示自动运行状态信息，视频监控塔机运行的移动终端。

2.0.5 手持微动控制器 Handheld microcontroller

向塔机中央控制系统发送起吊点、落吊点位置信息和自动运行指令，并能够手动控制吊钩移动的手持遥控设备。

2.0.6 塔机管控云平台 Tower control cloud platform

收集、分析、存储塔机运行数据信息，具有分级管理功能的云平台。

2.0.7 充电存放箱 Charging storage box

用于移动控制终端、手持微动控制器和吊钩感应器电池充电与存放的装置。

2.0.8 塔机管理员 Tower crane administrator

负责塔机自动控制系统的运行、安全检查和管理的管理人员。

2.0.9 上下料操作员 Loading and unloading operator

负责塔机上、下料，控制塔机运行和精准定位的操作人员。

3 基本规定

3.0.1 塔机自动驾驶系统适用于小车变幅塔式起重机，不应适用于动臂变幅、折臂变幅塔式起重机。

3.0.2 塔机自动驾驶系统的安装只改变塔机操作驾驶方式，不应影响塔机原人工驾驶功能，不应改变塔机的金属结构、工作机构、电气控制系统、安全装置及顶升加节以及附着安装拆卸方式。

3.0.3 塔机自动驾驶系统的安装应在塔机安装验收交付合格后，系统安装完成后应按照本规程第 5 章进行检测试验。

3.0.4 塔机管理员、上下料操作员应由经自动驾驶系统供应商专业技术培训合格的施工现场塔司、司索工担任。

3.0.5 塔机自动驾驶系统对塔机管理员应具有身份认证功能。

3.0.6 塔机自动驾驶系统应具备相应的数学模型和智能控制算法，根据吊物重量、吊物姿态、实时风速和现场信息等，能够自动规划运行路径和计算确定运行参数，实现自动避障和限位控制，保证塔机运行效率和安全。

3.0.7 塔机自动驾驶系统的技术指标应符合本规程第 5 章所述要求。

3.0.8 塔机自动驾驶系统采用的传感器应符合国家相关标准要求，具体参数应符合附录 A 的要求。

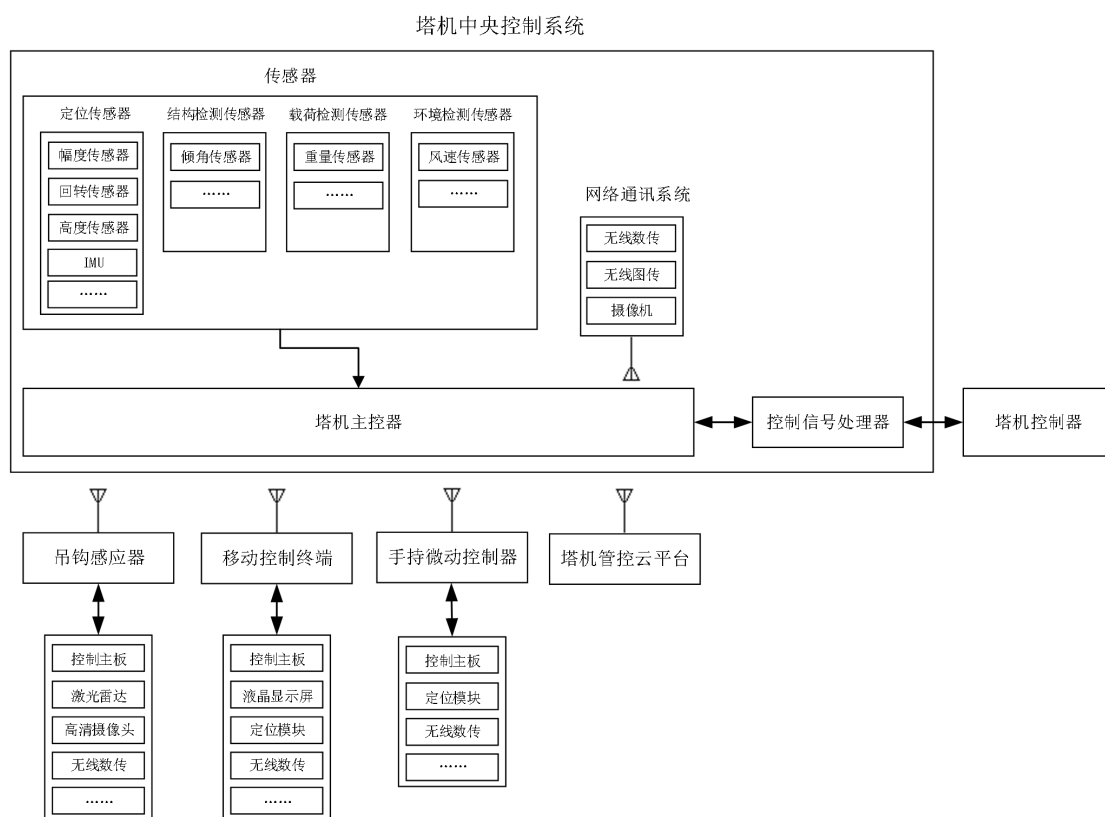
3.0.9 安装、使用塔机自动驾驶系统控制运行的塔机应符合国家《塔式起重机安全规范》GB5144、《建筑机械使用安全技术规范》JGJ33 等相关规定。

4 功能要求

4.1 系统构成

塔机自动驾驶系统应由塔机中央控制系统、吊钩感应器、移动控制终端、手持微动控制器、塔机管控云平台等智能化装置组成。塔机中央控制系统和塔机管控云平台之间应通过网络进行数据传输；塔机中央控制系统与吊钩感应器、移动控制终端、手持微动控制器之间应使用无线通信连接。塔机自动驾驶系统的构成如图 4.1 所示。

图 4.1 系统构成图



4.2 塔机中央控制系统

4.2.1 塔机中央控制系统应由塔机主控器、控制信号处理器、网络通讯系统和各传感器组成。各传感器采集的信息直接传送至塔机主控器，塔机主控器通过控制信号处理器和联动台控制塔机自动运行。

4.2.2 塔机主控器、控制信号处理器、网络通讯系统和各传感器主要技术指标应符合下列规定：

1. 供电电压：DC24V

2. 工作温度：-20°C ~ +55°C
3. CPU：支持 64 位寻址
4. 通信：支持以太网、2.4G/5G WiFi，4G、5G 移动网络
5. 数据存储不少于 1 个月
6. 防护等级：IP65

4.2.3 塔机中央控制系统应具有开机自检功能。通过对塔机主控器、控制信号处理器、网络通讯系统和各传感器进行自检，保障塔机中央控制系统运行可靠性。

4.2.4 塔机中央控制系统应具有运行状态信息自动采集和分析处理功能。通过高度传感器、幅度传感器、回转传感器、重量及力矩传感器、倾角传感器及风速仪等传感器采集处理塔机运行数据信息；通过信息处理器采集处理塔机运行故障、报警信息；通过吊钩感应器、移动控制终端及手持微动控制器采集处理吊钩运行控制信息。

4.2.5 塔机中央控制系统应具有自动规划运行路径功能。通过分析塔机运行数据信息、吊钩运行控制信息和塔机报警信息，计算确定上、下料点空间位置、规划运行路径、自动避障、群塔协同等运行数据，形成塔机运行控制指令。

4.2.6 塔机中央控制系统应具有运行安全软限位功能。根据高度、幅度、回转传感器信息，自动计算测定吊钩运行高度、小车运行幅度、塔臂回转角度；根据吊物重量、吊钩位置、力矩等信息，计算测定小车沿塔臂运行距离和运行速度；实现运行高度、幅度、回转、力矩等安全运行软限位功能。

4.2.7 塔机中央控制系统应具有塔机自动运行控制功能。通过控制信号处理器将塔机运行控制指令传送给塔机电气控制系统，控制塔机自动安全运行。

4.2.8 塔机中央控制系统应具有自动报警和处理功能。在塔机自动运行过程中，吊钩运行路径上出现障碍物时，应实现自动报警和自动避障；在塔机手动运行过程中，吊钩运行路径上出现障碍物时应实现自动报警，提醒上下料操作员采取相应处理措施。

4.3 吊钩感应器

4.3.1 吊钩感应器应由控制主板、激光雷达、高清摄像头及无线数传模块等组成。通过控制主板分析处理的激光雷达数据及摄像头监控视频，通过无线方式与塔机中央控制系统进行信息交互。

4.3.2 吊钩感应器主要技术指标应符合下列规定：

1. 工作电压：DC18.5V~DC21V
2. 工作温度：-20°C ~ +55°C
3. 激光雷达量程（@100klx） 40m@10%反射率，70m@80%反射率
4. 高清摄像头清晰度：1080P
5. 防护等级：IP65

4.3.3 吊钩感应器应具有自检功能。对传感器、电池电量进行开机自检，保障吊钩感应器工作可靠性。

4.3.4 吊钩感应器应具有数据采集与分析处理功能。通过激光雷达和高清摄像头实时获取吊钩周围环境信息，通过控制主板分析处理激光雷达点云数据和视频像素数据，上传至塔机中央控制系统，提供塔机自动规划运行路径和自动避障的基础数据。

4.3.5 吊钩感应器应具有信息存储及传输功能。通过控制主板可存储雷达点云数据和视频像素数据信息，通过无线网络可将存储的数据信息传输至塔机管控云平台，实现实时存储和传输功能。

4.3.6 吊钩感应器应具有起钩、落钩提示功能。通过语音或声光提示，提醒塔机操作工采取相应措施。

4.3.7 吊钩感应器应具有报警功能。通过激光雷达和高清摄像头实时测定吊钩运行路径上障碍物的距离及轮廓等信息，当吊钩距障碍物距离小于安全阈值时，吊钩感应器及时发出报警信号，并发送至塔机中央控制系统、移动控制终端和手持微动控制器，塔机主控器根据安全策略实时决策并做出相应指令动作，并提醒塔机操作工采取相应安全措施。

4.3.8 吊钩感应器应具有失联提示功能。吊钩感应器失联后，塔机应停止运行，并在移动控制终端及塔机管控云平台进行故障提示。

4.4 移动控制终端

4.4.1 移动控制终端应由控制主板、液晶显示屏、定位模块、无线数传模块等组成。通过无线方式与塔机中央控制系统进行信息交互传输。

4.4.2 移动控制终端主要技术指标应符合下列规定：

1. 供电电压：DC10.8V~DC12.6V

2. 工作温度：-20°C ~ +55°C
3. 液晶屏：背光 27pcs、亮度 1000CD/M²
4. 定位精度：升降精度±0.2 米，变幅精度±0.2 米，回转精度±0.5 度
5. 防护等级：IP65

4.4.3 移动控制终端应具有自检功能。对定位模块、数传模组、电池电量进行开机自检，保障移动控制终端工作可靠性。

4.4.4 移动控制终端应具有自动驾驶系统参数设置功能。通过控制主板设置各种零位、惯性、修正等初始参数，塔机安装后的塔心空间坐标、臂长、塔高、安全距离等基础参数，塔机升塔后的塔高调整参数，塔机预设上、下料点等运行参数。

4.4.5 移动控制终端应具有人机交互控制功能。通过控制主板向塔机中央控制系统下达塔机自动、手动、点动或急停等运行控制指令，通过塔机中央控制系统向手持微动控制器授权指挥操作功能。移动控制终端至少应具有升降、变幅、回转方向控制，使用摇杆实现档位和方向的切换，自动、手动、点动驾驶模式切换，上电、下电、急停、风标制动、电笛等功能。

4.4.6 移动控制终端应具有实时定位功能。通过控制主板和定位模块，设置上、下料点位置信息，发送至塔机中央控制系统，控制塔机自动运行。

4.4.7 移动控制终端应具有视频监控功能。通过视频接收模块和显示屏，实时查看塔机吊钩周围环境信息和运行信息，监控吊钩运行安全。

4.5 手持微动控制器

4.5.1 手持微动控制器应由控制主板、定位模块、无线数传模块等组成。通过无线方式向塔机中央控制系统发送控制指令。

4.5.2 手持微动控制器主要技术指标应符合下列规定：

1. 工作电压：DC3.7V~DC4.2V
2. 工作温度：-10°C ~ +55°C
3. 定位精度：升降精度±0.2 米，变幅精度±0.2 米，回转精度±0.5 度
4. 防护等级：IP65

4.5.3 手持微动控制器应具有自检功能。对定位模块、数传模组、电池电量进行开机自检，保障手持微动控制器工作可靠性。

4.5.4 手持微动控制器应具有实时自动发送定位信息功能。通过手持微动控制器主板解析定位数据，实时获取上、下料点位置信息，通过无线自动发送至塔机中央控制系统。

4.5.5 手持微动控制器应具有人机交互控制功能。通过控制主板向塔机中央控制系统下达塔机自动或手动运动控制指令，控制塔机运行。

4.5.6 手持微动控制器应具有点动控制功能。通过手持微动控制器向塔机主控器发送控制指令，实现吊钩上下、前后、左右精准控制。

4.5.7 手持微动控制器的工作方式与塔机中央控制系统、移动控制终端的功能匹配并关联，手持微动控制器跟随吊钩在塔机工作范围内的任意地点，对上下料点精确定位。

4.6 塔机管控云平台

4.6.1 塔机管控云平台是利用现有互联网和云平台资源，开发的具备塔机监控和管理功能的多用户平台。

4.6.2 塔机管控云平台主要技术指标应符合下列规定：

1. 服务器支持 Windows 2003 Server/2008/2008R2/2012/2012 或 Linux/Unix 系列常用操作系统，支持 MySQL 数据库访问方式；
2. 客户端支持普通 PC 下的 Windows/Linux/IOS 操作系统，支持 IE8 以上以及 Opera、Chrome、Firefox 等浏览器及依据其开源技术开发的其他浏览器；
3. 客户端支持普通以太网络和 Internet 网络交互式访问，支持移动控制终端（wap）访问，支持局域网内网和 Internet 外网并行访问；
4. 客户端支持多级权限管理。

4.6.3 塔机管控云平台应具有塔机运行信息存储及展示功能。通过互联网获取、存储塔机运行数据和环境信息，在 3D 地图上实现实时立体展示和数据回放。

4.6.4 塔机管控云平台应具有分级管理功能。根据不同用户群体，分配分级管理权限，配置不同功能模块，实现塔机设备状态、运行信息、设备台账、费用管理等分级管理功能。

4.6.5 塔机管控云平台应具有运行日志存储、分析、汇总及报表展示功能。对获取的塔机运行关键数据进行筛选、分析和汇总，生成每台塔机的日志报告和分析报表。

4.6.6 塔机管控云平台应具有故障分析功能。对获取的塔机运行数据和故障信息等关键数据进行汇总分析，实现塔机日常故障的收集、诊断和报警。

4.6.7 塔机管控云平台可以永久储存塔机运行数据。工程完工可以根据需求手动删除数据。

5 安装调试

5.1 安装准备

5.1.1 塔机自动驾驶系统安装作业前,应根据装箱清单内容进行设备检查,核对与所安装塔机的参数匹配情况。

5.1.2 塔机自动驾驶系统安装调试人员必须经塔机自动驾驶系统供应商进行专业技术培训,具备相应操作技能。

5.2 安装

5.2.1 塔机中央控制系统安装应符合下列规定:

1. 塔机主控器应安装在塔机驾驶室内,安装位置应确保不遮挡人工驾驶时塔机司机视线,保证塔机人工驾驶功能正常使用;

2. 控制信号处理器应安装在塔机联动台附近,与联动台连接,并与塔机主控器有线连接;

3. 升降、变幅、回转传感器应安装在相应限位器传动轴上,传感器固定应牢靠,转动灵活;

4. 风速传感器宜安装在无干涉物、受风良好、旋转灵敏的塔机顶部位置;

5. 倾角传感器应安装在塔机回转转台上,选择平整位置,磁铁直接吸附即可;

6. 重量传感器宜安装在测力环中心位置。

5.2.2 吊钩感应器安装应符合下列规定:

1. 吊钩感应器宜采用支架和夹具安装在吊钩滑轮架上部或侧壁上,并采取防坠落措施;

2. 激光雷达距吊钩顶部距离宜为 500mm;

3. 高清摄像头应处于吊钩滑轮架之下。

5.3 调试

5.3.1 调试人员应检查塔机自动驾驶系统设备安装及线路连接情况,应符合设计和使用说明书要求。

5.3.2 调试人员应根据塔机型号和塔机安装位置等,在移动控制终端上设置塔机基座空间坐标、塔臂长、塔臂高、安全高度、通讯参数、编码器参数、重力传感器参数、软限位等塔机参数信息。

5.3.3 调试人员使用移动控制终端控制塔机空载运行,检查塔机运转时的塔机基座空间坐标、塔臂长、塔臂高、安全高度、编码器参数、软限位等数据的误差,并校正至符合使用说明书要求。

5.3.4 调试人员使用移动控制终端和手持微动控制器控制塔机空载运行,在塔机工作范围内测试设备通讯可靠性和及时性,并符合产品使用说明书要求。

5.3.5 调试人员使用移动控制终端和手持微动控制器控制塔机空载运行,测试地图校准功能、预设上、下料点空间位置、视频监控功能的可靠性。

5.3.6 调试人员使用移动控制终端和手持微动控制器控制塔机空载运行,测试移动控制终端和手持微动控制器各功能按键的可靠性。

5.3.7 调试人员使用移动控制终端和手持微动控制器控制塔机空载运行,测试手动控制升降、变幅、回转运行的可靠性;测试精准定位功能下的升降、变幅、回转运行的可靠性。

5.3.8 调试人员使用移动控制终端控制吊钩距地面 7 米位置进行回转及变幅空载运行,在塔机不同运行路径上设置高度不小于 2 米的障碍物,检查塔机自动避障运行情况。

5.3.9 调试人员使用移动控制终端控制塔机不同荷载运行时,测定并设置塔机速度与变幅、回转、升降的惯性参数;测定并校准重量传感器参数。

5.3.10 系统安装调试完成后,安装调试人员应填写安装调试记录,并上传至塔机管控云平台。

5.4 检查与验收

5.4.1 塔机自动驾驶系统包装中应具备塔机中央控制系统、吊钩感应器、移动控制终端、手持微动控制器、说明书、保修卡、合格证、发货清单等。

5.4.2 塔机自动驾驶系统调试完成后,应由塔机使用单位组织监理人员、项目安全员、塔机管理员和调试人员共同进行试验验证,完成塔机空载运行、加载运行、超载运行和运行避障等试验验收工作。

5.4.3 塔机空载运行试验:在塔机空载状态下,利用移动控制终端设置上、下料点位置坐标,激活塔机自动运行功能,验证吊钩到达上、下料区位置的准确性,并使用手持微动控制器验证吊钩微调控制状况。

5.4.4 塔机加载运行试验:根据塔机型号和起重臂最前端 100%力矩额定载荷,选择相应的

吊物重量，在移动控制终端设置上、下料点位置坐标，激活塔机自动运行功能，验证吊钩到达上、下料区位置的准确性；验证起吊和运行时吊物与小车的同步运行一致性和落料时重物底部距下料平面的安全距离，并使用手持微动控制器验证吊物微调控制运行的准确性。

5.4.5 塔机过载运行试验：在塔机起重臂根部吊起塔机起重臂前端 10 米处最大力矩载荷 1.1 倍的重物时，移动控制终端上应实时显示出吊起重物的实际重量，自动计算和显示出小车变幅安全运行最大限位位置。利用手持微动控制器控制小车向外变幅运动，验证小车限位停止运行的位置与移动控制终端上显示的安全运行最大限位位置的一致性。

5.4.6 塔机自动避障试验：避障实验应做固定障碍物的避障试验和突然侵入吊钩运动路径的移动障碍物的避障试验。在塔机空载运行状态下，控制无人机悬停于吊钩和吊物运动路径前方 20 米外，验证塔机避让固定障碍物的功能；控制无人机突然闯入吊钩和吊物运行路径前方 20 米外，验证塔机避让移动障碍物的功能。

5.4.7 试验验收合格后，将塔机自动驾驶系统交付于使用方保管与使用，并填写试验验收与交付确认单，参与人员签字确认，上传至塔机管控云平台。验收确认单见附录 B。

6 运行

6.1 运行准备

6.1.1 塔机自动驾驶系统使用单位应组织编制相应的专项应用方案,对塔机管理员和上下料操作员进行技术交底。

6.1.2 塔机自动驾驶系统上电后应自动进行开机自检,自检完成后应将自检内容及结果上传塔机管控云平台。

6.1.3 塔机管理员除按规定对塔机进行日常检查外,在塔机自动驾驶系统开机前应检查清理吊钩感应器上的激光雷达和摄像头。

6.1.4 塔机管理员在升塔完成后,应在移动控制终端重新设置塔高、升降编码器参数等塔机参数。

6.2 运行

6.2.1 在塔机工作区域内任意位置,通过移动控制终端或手持微动控制器设置上、下料点位置。

6.2.2 通过移动控制终端或手持微动控制器将吊钩呼叫至上料点上方,使用手持微动控制器精准控制吊钩到达上料点位置,将吊物悬挂到吊钩上,遥控试吊,保证吊物悬挂平稳可靠,完成上料吊装。

6.2.3 通过移动控制终端或手持微动控制器下达自动运行指令,塔机中央控制系统自动规划运行路径,实现自动避障,控制吊钩自动运行至下料点上方。

6.2.4 使用手持微动控制器精准控制吊钩到达下料点位置,完成下料任务后,当收到上料指令时,吊钩自动运行至下一个上料点;未收到上料指令时,吊钩自动上升至门上高位置,等待下一个上料指令。

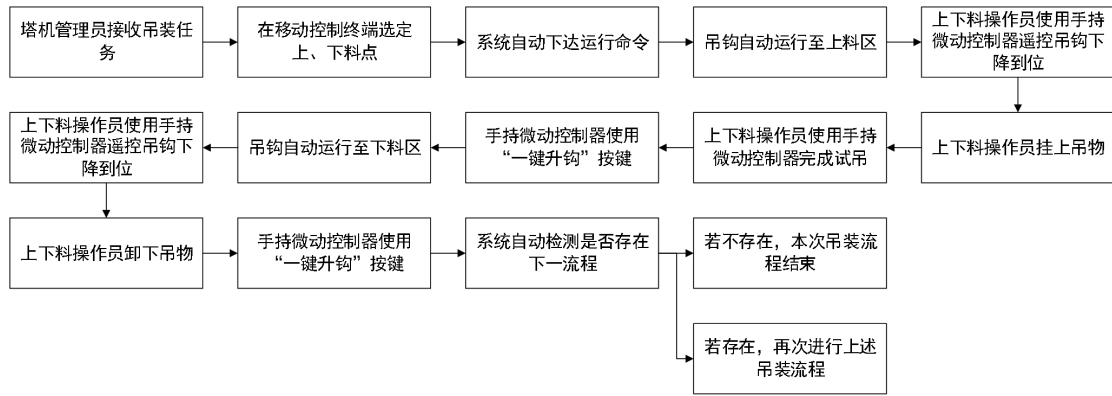
6.2.5 塔机停止工作前,使用手持微动控制器“一键升钩”按键,控制吊钩回到门上高位置,同时放开风标制动。

6.2.6 塔机停止工作后,塔机管理员应对系统进行安全检查,卸下吊钩感应器充电电池并与移动控制终端、手持微动控制器一并放入充电存放箱内充电保存。

6.2.7 移动控制终端和手持微动控制器应有专人管理,操作应符合施工现场安全管理规定。

6.2.8 塔机自动驾驶系统自动运行如图 6.1 所示。

图 6.1 系统运行流程图



7 维护与保养

7.0.1 塔机自动驾驶系统在使用过程中，应每天检查激光雷达感应器和摄像头镜片，并使用棉布或软毛刷清理干净。

7.0.2 塔机自动驾驶系统在使用过程中，应按本规程附录 C 的项目定期对塔机自动驾驶系统进行检查、保养，确保运行可靠性。

7.0.3 塔机停止使用 6 个月以上、大雨或超六级风后，应对塔机自动驾驶系统进行检查和保养。

7.0.4 在塔机使用完成拆除前，应首先拆除塔机自动驾驶系统设备，并做好安全存放。

附录 A 传感器参数表

序号	类别	技术标准	技术参数
1	回转传感器	最低分辨率：1° 电源电压波动范围：±10%	供电：10~30VDC±5% 通信协议：CANopen 单圈分辨率：1024 圈数：1024 圈 工作温度：-40°C~85°C 防护等级：IP66
2	变幅传感器	最低分辨率：0.01m	供电：10~30VDC±5% 通信协议：CANopen 单圈分辨率：1024 圈数：1024 圈 工作温度：-40°C~85°C 防护等级：IP66
3	高度传感器	最低分辨率：0.01m	供电：10~30VDC±5% 通信协议：CANopen 单圈分辨率：1024 圈数：1024 圈 工作温度：-40°C~85°C 防护等级：IP66
4	重量传感器	精度：≤5% 最低分辨率：最大起重量千分之一	供电：10~30VDC 通信接口：RS485 工作温度：-20°C~70°C 综合精度：<1%（线性+滞后+重复性） 防护等级：IP66
5	风速传感器	最低分辨率：0.1m/s 周期：≤100ms 工作温度：-20°C~60°C 工作湿度：≤90%（20°C）	供电：10~30VDC 最大功耗：0.2W 工作温度：-40°C~60°C， 0%RH~95%RH（非结露） 通信接口：485 通讯（ModBus）协议 分辨率：0.1m/s 测量范围：0~60m/s 动态响应时间：≤2s 精度：±（0.2+0.03V）m/s V 表示风速 防护等级：IP68
6	倾角传感器	最低分辨率：0.1° 采集周期：≤100ms 工作温度：-20°C~60°C 工作湿度：≤90%（20°C）	供电：5~36VDC 通信接口：RS485 输出数据：双轴角度（X、Y 轴）

			量程: X: $\pm 180^\circ$, Y $\pm 90^\circ$ 角度精度: 0.2° 分辨率: $0.0055^\circ/\text{LSB}$ 使用温度: $-40\sim+80^\circ\text{C}$ 防护等级: IP67
7	激光雷达	采集周期: $\leq 100\text{ms}$ 工作温度: $-20^\circ\text{C}\sim 60^\circ\text{C}$ 工作湿度: $\leq 90\%$ (20°C)	量程(@100klx): $40\text{m}@10\%$ 反射率, $7\text{m}@80\%$ 反射率 分辨率: $< 0.3^\circ$ 近处盲区: 0.1m 视场角: 水平 360° , 垂直 $-7^\circ\sim 52^\circ$ 测距随机误差: $\leq 2\text{cm}(@10\text{m})\leq 3\text{cm}(@0.2\text{m})$ 点云帧率: 10HZ 抗串扰功能: 有 虚警率 (@100klx) : $< 0.01\%$ IMU: 内置 工作环境温度: -20°C 至 55°C 供电: $9\sim 27\text{VDC}$ 防护等级: IP67
8	双目相机	测试范围: $> 30\text{米}$ 精度误差: $< 3\%$ 深度图帧率: $> 10\text{FPS}$	测试范围: 50米 精度误差: $< 3\%$ 深度图分辨率: $1280*720$ 深度图帧率: 60FPS 双目基线: 200mm

表 A

附录 B 试验验收与交付确认单

组织单位：

年 月 日

序号	验收项目	试验方法	试验要求	试验数据	试验结果
1.	空载运行	通过移动控制终端设置上/下料点位置坐标，激活塔机自动运行功能，对比系统设置位置与吊钩实际到达位置	系统设置上、下料区位置与实际到达位置在误差范围内（误差：升降±0.2m、变幅±0.2m、回转±0.9°）	系统设置上料位置： 升降_____m 变幅_____m 回转_____° 系统设置下料位置： 升降_____m 变幅_____m 回转_____° 实际到达上料位置 升降_____m 变幅_____m 回转_____° 实际到达下料位置 升降_____m 变幅_____m 回转_____°	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格
		使用手持微动控制器控制吊钩点动运行,观察吊钩点动运行状况	点动一次,升降、变幅和回转不大于 3cm	点动前： 升降_____m 变幅_____m 回转_____° 点动后： 升降_____m 变幅_____m 回转_____°	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格
2.	加载运行	在移动控制终端设置上、下料点位置坐标，激活塔机自动运行功能	系统设置上、下料区位置与吊钩实际到达位置在误差范围内（误差：升降±0.2m、变幅±0.2m、回转±0.9°）	系统设置上料位置： 升降_____m 变幅_____m 回转_____° 系统设置下料位置： 升降_____m 变幅_____m 回转_____° 实际到达上料位置 升降_____m 变幅_____m 回转_____° 实际到达下料位置 升降_____m 变幅_____m 回转_____°	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格
		控制吊钩起吊和运行时，观察吊物与小车的运行状况	吊物与小车运行同步		<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格
		测量落料时重物底部距下料平面的距离，与移动控制终端显示的限制控制高度进行对比	测量的数据与系统显示的限制控制高度在误差范围内（误差：±0.2m）	测量的重物底部距下料平面的距离_____m 系统显示限制控制高度_____m	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格

		使用手持微动控制器控制吊钩点动运行，观察吊钩点动运行状况	点动一次，升降、变幅和回转不大于 2cm	点动前： 升降_____m 变幅_____m 回转_____° 点动后： 升降_____m 变幅_____m 回转_____°	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格
3.	超载运行	在塔机起重臂根部吊起超过最大力矩载荷 1.5 倍的重物，利用手持微动控制器控制小车向外变幅运动，对比小车停止运行的位置与移动控制终端上显示的安全运行最大限位位置一致性	小车停止运行的位置与移动控制终端上显示的安全运行最大限位位置在误差范围内（误差：-0.5~0m）	吊物重量_____吨 小车停止运行的变幅位置_____m 移动控制终端显示的安全运行最大变幅限位位置_____m	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格
4.	运行避障	在塔机空载运行状态下，控制无人机悬停于吊钩和吊物运动路径前方 20 米处，观察塔机是否成功避障	塔机成功避让固定障碍物		<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格
		在塔机空载运行状态下，控制无人机突然闯入吊钩和吊物运行路径前方 20 米处，观察塔机是否成功避障	塔机成功避让移动障碍物		<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格
5.	验收结果				

监理人员：_____项目安全员：_____塔机管理员：_____调试人员：_____

附录 C 检查与保养单

序号	检查/维保项目	检查/维保方法	预期结果	检查结果
1.	吊钩感应器安装是否牢靠	查看吊钩感应器固定是否歪斜，壳体是否完整，螺栓是否牢固	吊钩感应器固定不歪斜，壳体完整，螺栓牢固	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格
2.	激光雷达和摄像头表面是否清洁	使用棉布或软毛刷清洁激光雷达和摄像头表面	激光雷达和摄像头表面清洁	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格
3.	移动控制终端和手持微动控制器电量是否满足吊装要求	查看移动控制终端和手持微动控制器显示屏显示的电量值	电量>20%	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格
4.	移动控制终端与塔机中央控制系统的互联互通	查看移动控制终端的状态显示屏是否显示通讯信号强度	移动控制终端的状态显示屏显示通讯信号强度	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格
5.	手持微动控制器与塔机中央控制系统的互联互通	查看手持微动控制器显示屏的通讯图标是否闪烁	手持微动控制器显示屏的通讯图标闪烁	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格
6.	移动控制终端能够控制升降、回转、变幅运动	通过移动控制终端的手动模式，操作摇杆控制升降、回转、变幅	塔机升降、回转、变幅随摇杆控制运动	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格
7.	检查和分析移动控制终端展示的来自塔机中央控制系统的异常和报警信息	通过移动控制终端的无控制-运行状态，查看异常信息和报警信息	异常信息：_____ 报警信息：_____	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格
8.	移动控制终端显示吊钩视频和吊臂视频的状态	通过移动控制终端的视频-添加-登录-预览，查看监控视频	可正常添加、登录、预览，监控视频流畅	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格
9.	充电存放箱接地是否良好	使用万用表蜂鸣档测量充电存放箱外壳和大地，查看蜂鸣器是否鸣响	蜂鸣器鸣响	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格
10.	充电存放箱供电是否正常	使用万用表交流电压档测量断路器输出电压值，使用万用表直流电压档测量吊钩感应器和手持微动控制器电池充电器电压值，移动控制终端和手持微动控制器充电器电压值	断路器电压：_____ 吊钩感应器电池充电器电压：_____ 手持微动控制器电池充电器电压：_____ 移动控制终端充电器电压：_____ 手持微动控制器充电器电压：_____	<input type="checkbox"/> 合格 <input type="checkbox"/> 不合格

塔机管理员：_____ 维保人员：_____

本规程用词说明

- 1 为了便于在执行本规程条文时区别对待，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”。
- 2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合.....的规定”或“应按.....执行”。

引用标准名录

- 1 《低压电器基本实验方法》 GB 998
- 2 《电工电子产品基本环境实验规程实验Ca:恒定湿热实验方法》 GB 2423.3
- 3 《建筑塔式起重机性能试验规范和方法》 GB 5031
- 4 《塔式起重机安全规程》 GB 5144
- 5 《起重机械名词术语塔式起重机》 GB 6974.9
- 6 《电气控制设备》 GB/T 3797
- 7 《起重机设计规范》 GB/T 3811
- 8 《外壳防护等级》 GB/T 4208
- 9 《机械电气安全机械电气设备 第32部分：起重机械技术条件》 GB/T 5226.32
- 10 《起重机械安全规程 第1部分：总则》 GB/T 6067.1
- 11 《起重机控制台》 JB/T 6748
- 12 《称重传感器》 GB/T 7511
- 13 《机电产品包装通用技术条件》 GB/T 13384
- 14 《起重机械安全监控管理系统》 GB/T 28264
- 15 《智能传感器》 GB/T 33905.1
- 16 《塔式起重机安全监控系统及数据传输规范》 GB/T 37366
- 17 《自动驾驶功能场地试验方法及要求》 GB/T 41798
- 18 《起重机电气装置施工及验收规范》 GB/T 50256
- 19 《塔式起重机操作使用规程》 JG/T 100
- 20 《建筑机械使用安全技术规范》 JGJ 33
- 21 《角位移传感器校准规范》 JJF 1352
- 22 《叶轮式风速计校准规范》 JJF 1971

塔机自动驾驶系统应用操作规程

Operating Procedures for Application of auto drive system of Tower Crane

条文说明

目 录

1	总则	24
2	术语和定义	24
3	基本规定	24
4	功能要求	25
4.2	塔机中央控制系统	25
4.3	吊钩感应器	25
4.4	移动控制终端	25
4.5	手持微动控制器	26
4.6	塔机管控云平台	26
5	安装调试	26
5.1	安装准备	26
5.2	安装	26
5.3	调试	27
5.4	检查与验收	27
6	运行	27
6.1	运行准备	27
6.2	运行	28
7	维护与保养	28

1 总则

1.0.1 本条明确了制定本规程的目的和意义。规范塔机自动驾驶系统的设计生产和应用，提高工作效率和运行安全，加快建筑机械智能化应用，促进智慧工地建设。

2 术语和定义

2.0.1 本条规定了塔机自动化驾驶系统的定义和内涵，既能精确控制塔机运行，又能够达到智能化控制的要求。塔机自动化驾驶系统与塔机监控系统、无人驾驶系统等有着本质的区别，不能混为一谈。

2.0.2 本条规定了塔机中央控制系统的定义和内涵。不仅能实时采集传输和汇总分析塔机运行数据，而且能够自动规划和计算确定塔机运行路径及运行参数，指挥控制塔机自动运行。

2.0.8 本条规定了塔机管理员的定义和基本要求。塔机管理员是对塔机进行管理的工作人员，也是塔机的主控人员，一人可管理一台或多台塔机，并对塔机运行安全负责。塔机管理员应持有建筑施工特种作业操作资格证书（塔式起重机司机），并经塔机自动驾驶系统供应商专业技术培训获得培训合格证书。

2.0.9 本条明确了上下料操作员的定义和基本要求。上下料操作员既负责上下料操作，又指挥塔机自动运行和精确定位，应持有建筑施工特种作业操作资格证（建筑起重机司索信号工），并经塔机自动驾驶系统供应商专业培训获得培训合格证书。

3 基本规定

3.0.2 本条规定了现有塔机加装自动驾驶系统不应损坏原有人工驾驶设备，不应影响原有的人工驾驶功能，其目的是当自动驾驶系统万一出现问题时，塔机通过人工驾驶正常运行。

3.0.6 本条规定了塔机自动驾驶系统应建立科学合理的数学模型和智能控制算法，能够根据吊物重量和现场数据信息，自动规划运行路径和计算确定运行参数，并实施自动精确控制，保证运行安全。

4 功能要求

4.2 塔机中央控制系统

4.2.5 本条明确了塔机中央控制系统的自动规划路径功能。吊钩应按照自动规划的路径行驶，完成吊装任务，优化运行路径，提高工作效率，实现自动避障，保障运行安全。

4.2.6 本条明确了塔机中央控制系统的安全软限位功能。通过自动计算，在塔机原有机械限位之前，再次设置吊钩运行高度、小车运行幅度和塔臂回转角度等的停止软限位和减速软限位，防止吊钩和小车行驶超限位，保障运行安全。

4.3 吊钩感应器

4.3.5 本条明确了吊钩感应器的信息存储功能及传输方式，便于对塔机自动驾驶系统运行过程中的数据查询、故障分析及责任判定。

4.3.6 本条规定了吊钩感应器在起钩、落钩时要具有语音或声光提示功能，用以警示操作工，保障操作安全。

4.3.7 本条规定了吊钩感应器应具有报警功能，当吊钩距障碍物的距离小于安全阈值时，应及时发出报警信号，并发送至塔机中央控制系统，自动采取相应的安全措施，同时也提醒塔机管理员和上下料操作员采取必要的安全措施。

4.4 移动控制终端

4.4.1 本条规定了移动控制终端的基本构成和信息交互方式。移动控制终端是自动驾驶系统的主要操控设备，通常由塔机管理员使用管理，移动控制终端可以给手持微动控制器下发操作指令，同时使用多台手持微动控制器时，可以规定微动控制器的优先级顺序，提高工作效率。

4.4.4 本条规定了移动控制终端应具有自动驾驶参数设置功能。可以设置和调整自动驾驶的相关初始参数、基础参数和运行参数等，为塔机自动驾驶系统运行提供数据支持。

4.4.5 本条规定了移动控制终端应具有人机交互功能。利用人机交互技术，可使操作更方便快捷、输入更高效、任务流程更清晰、工作效率更高。

4.4.6 本条规定了移动控制终端应具有实时定位功能。将定位信息发送至塔机中央控制系统，塔机中央控制系统自动规划运行路径，控制塔机自动运行。

4.4.7 本条规定了移动控制终端应具有视频监控功能。通过显示屏实时查看吊钩周围环境信

息和吊钩作业状况，方便作业安全监管，保障运行安全。

4.5 手持微动控制器

4.5.4 本条规定了手持微动控制器应具有实时自动发送定位信息功能。手持微动控制器可实时获取上、下料点位置信息，向塔机中央控制系统提供自动驾驶的目标点坐标，为自动驾驶提供数据基础。手持微动控制器可以跟随吊钩到塔吊工作区域的任何位置和任何作业平面。

4.5.6 本条规定了手持微动控制器应具有点动控制功能。可实现吊钩上下、前后、左右精准控制，特别是对装配式建筑预构件吊装和精准定位将发挥重要作用。

4.6 塔机管控云平台

4.6.6 本条规定了塔机管控云平台应具有故障分析功能。及时对故障问题进行预判、诊断及报警，便于有效预防和及时解决故障，保障塔机运行的安全性。

5 安装调试

5.1 安装准备

5.1.1 本条规定了塔机自动驾驶安装作业前，应核对塔机自动驾驶系统与塔机参数的匹配情况。其目的是保证塔机的各功能指标满足安装塔机自动驾驶系统的要求，保证其正常安全运行。

5.2 安装

5.2.1 本条规定了塔机中央控制系统各组成部件具体安装位置和要求。其目的是便于设备安装和获取最佳数据信息，保证塔机自动驾驶系统正常安全运行。

5.2.2 本条规定了吊钩感应器的安装位置及要求。激光雷达距吊钩顶部距离宜为 500mm，高清摄像头应安装在吊钩滑轮之下，监控吊钩工作情况及保障运行安全。

5.3 调试

5.3.2 本条规定了调试人员应根据塔机型号和安装位置的不同，对每台塔机都要在移动控制终端上设置不同的运行参数。

5.3.3 本条规定了调试人员控制塔机空载运行，检查和校正各种运行数据误差符合产品说明书的要求。其目的是减小塔机运行的误差，提高塔机自动驾驶系统控制塔机运行的准确性。

5.3.4-5.3.5 两条规定了调试人员控制塔机空载运行时，应分别调试和检查通讯设备及塔机

运行参数的可靠性，保证塔机正常安全运行。

5.3.8 本条规定了调试人员控制吊钩回转及变幅空载运行，调试和检查塔机自动避障运行情况，保证塔机自动避障功能和安全运行。

5.4 检查与验收

5.4.1 本条规定了塔机自动驾驶系统包装中包含的物品。

5.4.2 本条规定了塔机自动驾驶系统安装调试完成后验收及交付的组织单位、参与人员和试验验证项目要求。其目的是保证塔机自动驾驶系统安装调试质量和顺利验收交付使用。

5.4.3-5.4.6 逐条分别规定了塔机空载运行、加载运行、过载运行和自动避障的实验方法和要求。其目的是通过不同的试验，验证塔机是否能够达到自动驾驶的主要功能要求，保证自动驾驶运行控制的准确性和安全性。

5.4.5 本条规定了塔机超载实验所涉及的方法符合 GB5031-2009 第 6 章试验方法之规定。

5.4.7 本条规定了塔机自动驾驶系统试验验证合格后，参与人员应填写《试验验收与交付确认单》（附录 B），并签字确认后方可交付使用。验收不合格，不得交付使用。

6 运行

6.1 运行准备

6.1.3 本条规定了塔机自动驾驶系统运行前的检查项目和要求。特别是雨雾天气时，应及时检查清理吊钩感应器上的激光雷达和摄像头，保证其清晰清楚。

6.1.4 本条规定了每次升塔后都要调整和重新设置塔高、升降编码器参数及其他主要运行参数等，保证塔机自动运行的准确性和安全性

6.2 运行

6.2.2-6.2.4 逐条规定了上料吊装、自动规划运行路径、实现自动避障、控制吊钩自动运行直至完成下料任务的整个吊装过程的操作方法和步骤，保证塔机自动驾驶正常运行和安全。

6.2.5 本条规定的门上高位置为自动驾驶的吊钩位置最低点。

6.2.6-6.2.7 逐条规定了移动控制终端、手持微动控制器应有专人管理，单独存放，符合施工现场安全管理规定。

7 维护与保养

7.0.1 本条规定了每天应对激光雷达感应器和摄像头镜片进行检查和清理。具体清洁方式如下：

1 使用压缩空气清洁器：首先使用压缩空气清洁器对准窗口需清洁的部分进行点喷，然后使用镜头清洁布进行擦拭。

2 擦拭污点：先使用洁净的无尘布或镜头清洁布轻轻擦拭窗口，如果窗口仍有可见污点，再使用清洁布沾少量酒精擦拭窗口。