

一款车载式检查系统的研究开发

杨建学

(同方威视 北京 100083)

摘要：车载移动式 CT 型检查系统具有机动灵活、反应快速等特点，特别适用于被检查对象地域分布较广但密度低或突发事件的情况。本文较为系统地介绍了某款车载 CT 产品的设计开发过程，介绍了产品的总体布局、检测流程和车辆改装方案，对一些关键技术方案做了详细介绍，如滑环自动锁定方案、自动调平方案、升降式屏蔽门等。作为首款车载移动式安检 CT 类产品，其成功开发为后续系列化产品的开发提供了宝贵的经验。

关键词：自动锁定；自动调平；升降屏蔽门

0 引言

车载移动式 CT 型行李 / 物品检查系统（以下简称车载 CT）是新型具有独立配置的移动式 CT 型检查系统，具有机动灵活、反应快速等特点，满足公安、民航、海关等特种行业部门对查验地点机动性的特殊要求。车载 CT 产品的推出，将伴随公安缉毒、公安反恐、民航和海关等一系列安检市场的开放，其市场前景非常广阔。

车载 CT 主要由改装车辆和优化的 CT 型行李 / 物品检查系统（以下简称 CT 主机）组成。选用具有先进技术和高性能的汽车底盘，经过改装将 CT 主机集成到车辆上。改装车辆还可以提供监控系统、车用空调系统、供配电系统、操作台、开包台及舒适的休息空间等。车载 CT 可由安装到车辆上的柴

油发电机供电，也可通过自身携带的电缆盘由市电供电。

CT 主机是在自主研发的产品基础上，综合考虑车载产品的特殊性，进行一系列改进和针对性开发，并配备了附加输送机、到物架等必要的附加模块。CT 主机可以提供被检物品的二维图像、彩色高清三维立体图像以及计算机断层扫描切片图像，能够清晰反映被检物品内容，可协助工作人员进行判图操作，提高检出率并降低人工开包频率，达到非侵入式检查的目的。

1 整机方案布局

根据 CT 主机改进后的外形尺寸、质量、使用工况等要求，选用德国曼恩的轻型二类底盘，通过在底盘上加装舱体，将 CT 主机集成在舱体内部。综合

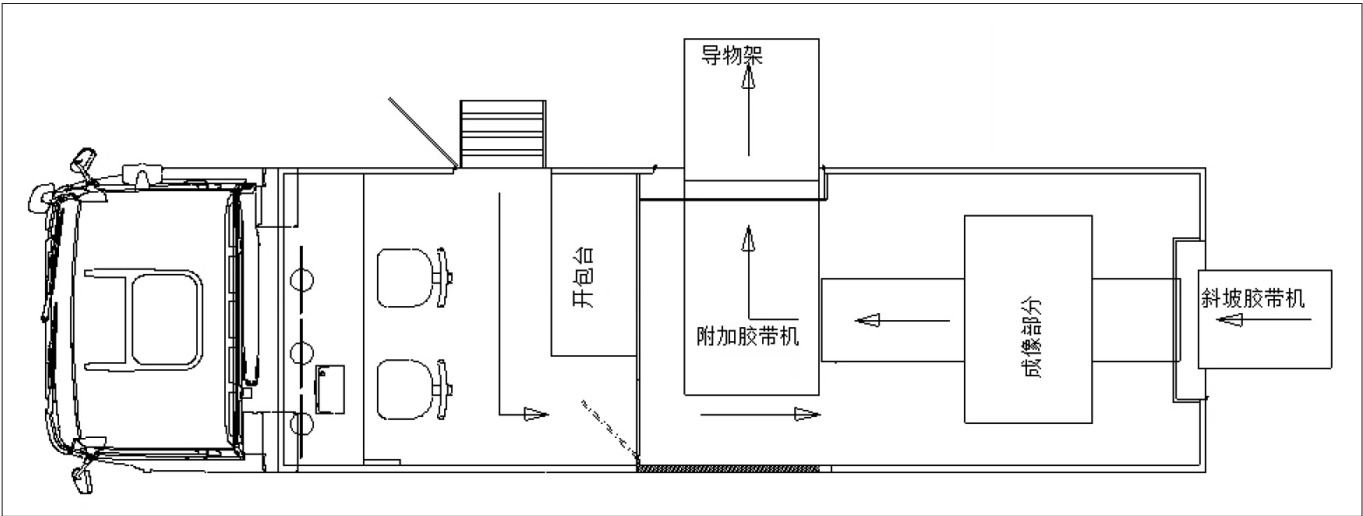


图 1 总体布局

考虑车辆承载要求及设备使用等因素，将 CT 主机布置于车辆后部，在车辆尾部布置可翻转胶带输送机，在车辆右侧 CT 出口端设计导物架机构。

如图 1 所示，将改装车舱体划分为前、后两个区域，靠近驾驶室区域为操作室，作为工作人员工作、休息场所；远离驾驶室区域为设备室，用于安装 CT 主机、胶带输送机、导物架、供配电柜等相关附件。在操作室、设备室之间的隔离墙上留有通行门，作为设备维护保养时的行人通道，舱体底部通过辅车架与底盘大梁固定。

设备主要参数如表 1 所示^[1,2]。

表 1 设备主要技术指标表

项目	技术指标
设备尺寸	长度≤ 10000mm，宽度≤ 2500mm，高度≤ 4000mm
设备展开尺寸	长度≤ 12000mm，宽度≤ 4500mm，高度≤ 4000mm
整车质量	≤ 15000kg
通道尺寸	宽度≥ 750mm，高度≥ 630mm
传送载荷	最大传送载荷：100kg 均布
传送带速度	额定速度 0.2m/s
扫描方式	单向扫描，先通过 CT 主束后通过 DR 主束
泄漏剂量率	< 1μSv/h（距离外壳 5cm 处）
供电方式	提供市电与发电机两种供电方式

2 使用流程

车辆行驶到指定场地后，首先由工作人员将整机调平并展开，同时接入市电（或使用发电机供电）。待所有准备就绪后，旅客或工作人员将待检测行李物品放到车辆尾部胶带机上（斜坡胶带机），通过胶带机将待测物输送到 CT 设备中进行扫描检测。扫描完成后，待测物由设备出口的附加胶带机传送至车辆右侧导物架上，完成整个检测流程。

CT 主机为单包扫描，标准包长度小于 800mm，胶带输送速度 0.2m/s。若包裹长度超过 800mm，由于超出设备自身的辐射防护能力，无法进行安全检测，只能采用超长包裹处理流程。

图 2 为扫描流程判定简图，具体扫描流程如下：

（1）包裹运行到斜坡胶带机的光电 1、2 后，判断屏蔽门是否处于开启状态。如果屏蔽门处于关闭状态，斜坡胶带机停止、等待；如果屏蔽门开启，斜坡胶带机继续运行，把包裹送入扫描通道。

（2）包裹尾部通过光电 3、4 后，屏蔽门关闭。

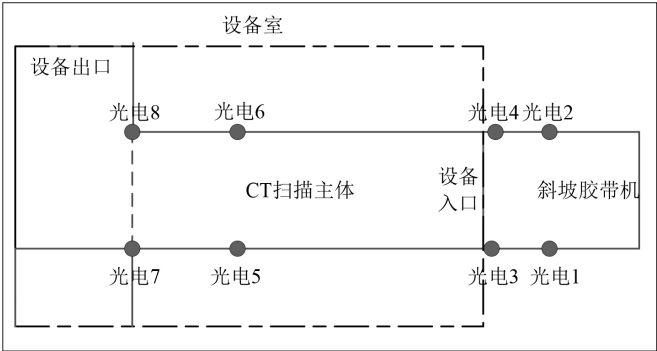


图 2 扫描流程判定简图

（3）包裹到达光电 5、6 后，如果屏蔽门关闭，光机出束；如果屏蔽门没有关闭，则判定包裹超长，设备停止运行。与此同时，操作界面弹出弹窗，提示操作人员“行包超长，请按超长包流程处理”。

3 设计方案及关键技术

3.1 车辆改装方案

为方便旅客取 / 放待检行李包裹，尽可能地降低胶带机高度，故将 CT 主机中占用空间最大的 CT 成像组件部分放置到后轴之后靠下的位置，并低于底盘大梁。经与底盘供应商充分沟通后，把底盘大梁的后悬截到最短，并把截掉后悬的部件与车载 CT 所需的其他主要部件合理地布置到车架两侧，形成改装车的下边舱，图 3 为下边舱内部的布置图。

车辆行进方向左侧边舱，依次布置车载电瓶、电动支腿、发电机散热器及其附件、发电机、电缆盘等。车辆行进方向右侧边舱，依次布置尿素箱、车辆排气系统、电动支腿、翻转楼梯、车辆油箱等，并将储气罐放置到大梁内侧。

3.1.1 辅车架及自动调平支腿

辅车架作为舱体与底盘连接的中间桥梁，底盘后悬之外的所有质量全部由其承受，因此设计时要求其具有足够的刚度和强度。

辅车架为型钢焊接而成，中间辅以加强横筋及线缆过线孔，两侧伸出悬臂为支撑上舱体的托架，后部设计成框型结构，为 CT 主机留出足够的下沉空间，具体结构如图 4 所示。

在车载 CT 设备工作时，为了保证 CT 主机工作稳定、图像质量可靠，要求主机水平放置，且不会由于取放行李、工作人员进出操作室等引起整车晃动。为解决上述问题，改装车专门配置了自动调平系统。

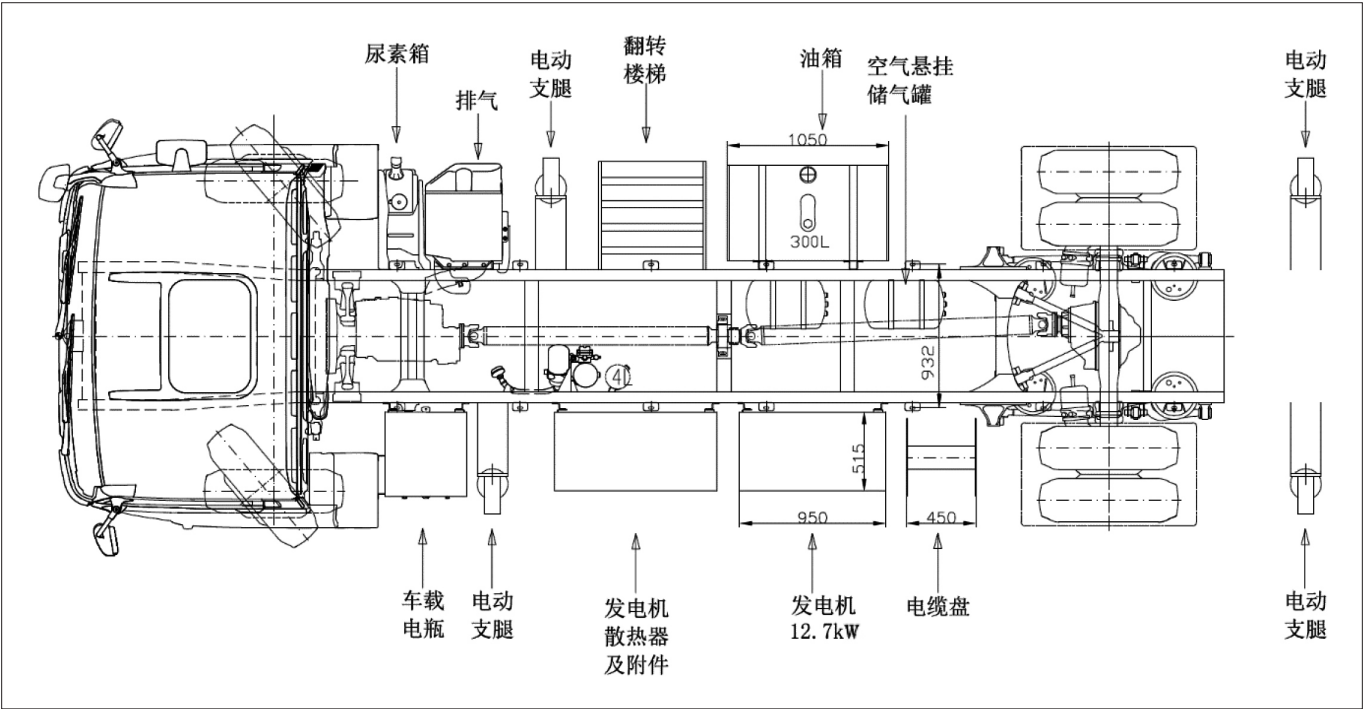


图 3 下边舱内部布置图

如图 3 所示，在车架大梁适当位置安装 4 个电动支腿，在车载 CT 设备工作时，将整车轮胎卸荷并调整 CT 主机水平。根据底盘各部件的排布，前部支腿位置为车辆排气系统及车载电瓶的后面，后部支腿位置为 CT 主机滑环支架两侧的副车架。支腿由车辆电瓶供电，配套的水平传感器固定在 CT 主机支架上。控制箱具有单支腿点动及全部支腿一键自动调平、一键自动支撑、一键自动收起功能，调节精度 $\leq \pm 0.1^\circ$ ，保证支腿在一般混凝土地面可正常使用。车辆就位后开始启动调平功能，整体调节时间 $\leq 5\text{min}$ ，调平后锁定。支腿形式及控制箱外形如图 5 所示。

3.1.2 设备室布局

如图 6 所示，设备室主

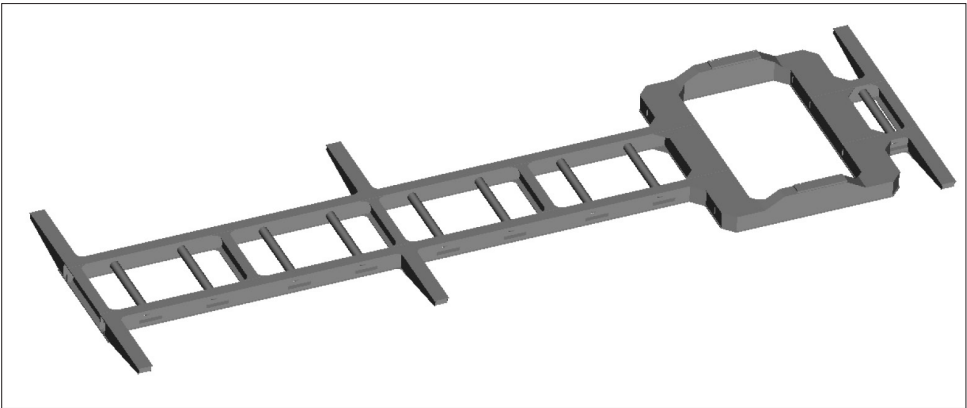


图 4 辅车架



图 5 电动支腿及控制箱

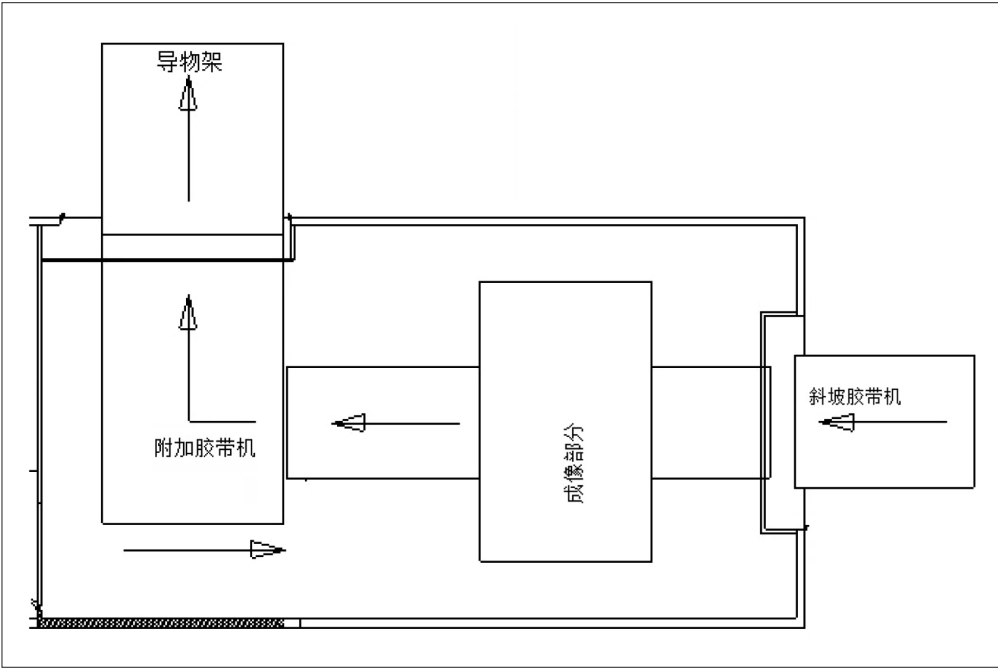


图 6 设备室布局图

要配有 CT 主机、入口输送机、出口输送机、出口导物架、车载空调、燃油空气加热器、灭火器、供配电柜及监视摄像头等，并留有适当的过人通道及维护保养空间。

在车舱的后部和右侧面各布置一个上翻门，在执行安检任务时，将后门和侧门打开并将入口输送机、折叠导物架放下。

3.2 CT 主机方案设计

CT 主机由机械分系统、电气分系统、数采分系统、物理分系统、光机系统等多个分系统组成。本文只对机械分系统部分进行介绍，机械分系统主要包含胶带机组件、通道组件、DR 成像组件、CT 成像组件、滑环系统、升降屏蔽门组件等，如图 7 所示。下文中将对几项关键技术进行介绍。

CT 主机纵向布置于汽车尾部的后悬，胶带机下表面与舱体底壁相连，CT 主机支架下沉到舱体底壁之下，底架下部对应主机位置设置可拆卸罩板，便于 CT 主机的安装及维修。

车辆底盘与 CT 主机连接区域设计加强板，CT 主机与加强板通过隔振垫相连，以减少车辆振动对检查系统的影响；车辆底架下部尤其是 CT 主机部分，进行防尘防水处理，防止 CT 主机受到雨水及灰尘的污染。

3.2.1 滑环自动锁定方案

滑环系统是整个 CT 设备的关键部分，其中 X 光

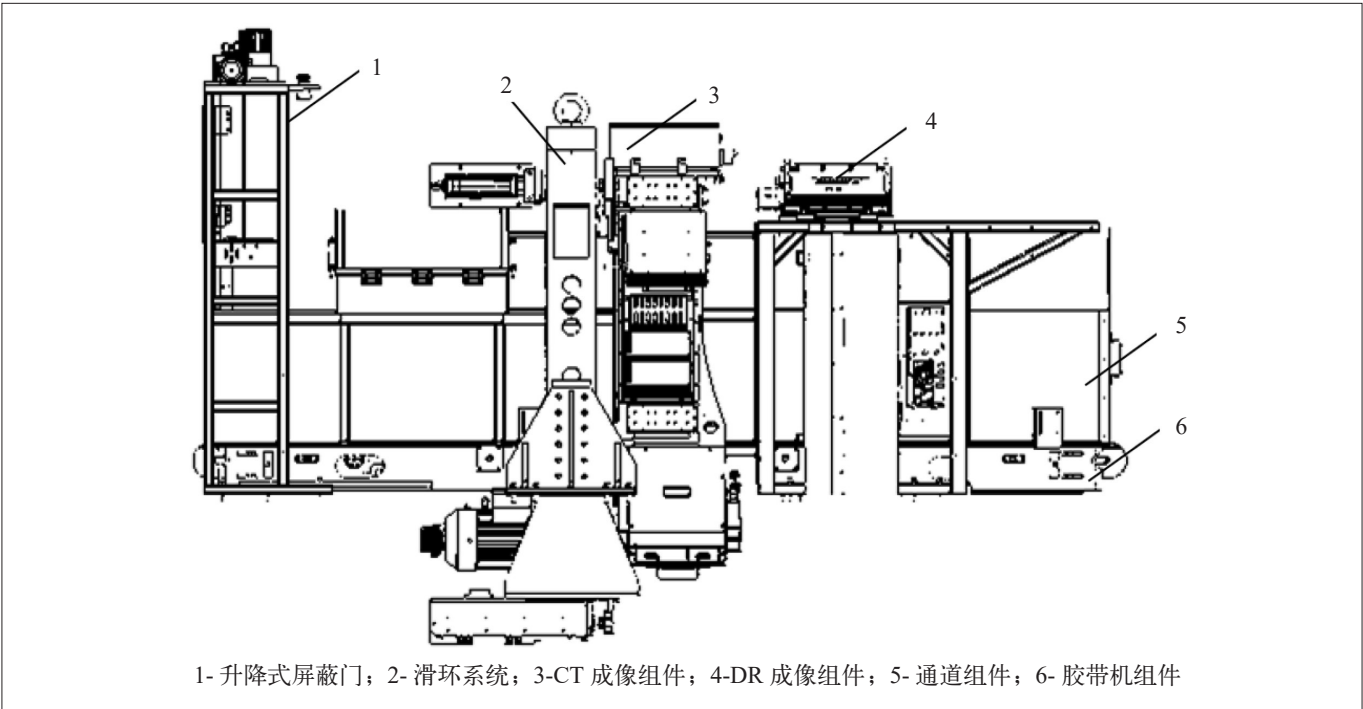


图 7 CT 结构示意图

机、探测器系统均安装在滑环系统上，跟随滑环进行旋转扫描。在车辆行驶过程中，滑环处于闲置状态，可以随意转动，会受到各个方向的冲击振动，进而会导致 X 光机、探测器系统及旋转轴承等关键部件受到损坏。为解决此类问题，设计了滑环自动锁定机构，在完成工作任务、设备关机时，完成滑环自动锁定动作。

转盘正面安装 3 个固定连接板，通过螺栓固定在转盘相应的位置上，用于固定滑环自动锁定装置。滑环支架背面安装 3 套推动机构。推动机构由电动推杆、弹簧、拉杆、滑轨、接近开关等组成，用于滑环自动锁定。图 8 ~ 图 10 为锁紧机构布置方案及详细机构。

锁紧动作：滑环带动 3 个固定连接板转到一定角度，电动推杆推动拉杆伸出，当电动推杆伸出到指定位置后，滑环带动固定连接板反方向旋转，使得拉杆伸进固定连接板滑槽中，到达位置后，滑环停止转动。此时电动推杆带动拉杆反向收回，拉杆与固定连接板锁紧面接触后继续执行锁紧动作。此时电动推杆克服弹簧阻力移动，电动推杆固定件随滑轨向前移动，当固定在固定架上的接近开关，与电动推杆固定件分开时，电动推杆停止动作。此时拉杆与固定连接板锁死，滑环不能转动，固定在滑环支架上。

松开动作：电动推杆做伸出动作，此时弹簧的弹力使得电动推杆固定件和拉杆同时动作。当接近开关感应到电动推杆固定件时，拉杆与固定连接板脱开；滑环反向转动，拉杆从固定连接板滑槽内脱开。电动推杆做收回动作，当推杆收回到位后，滑环准

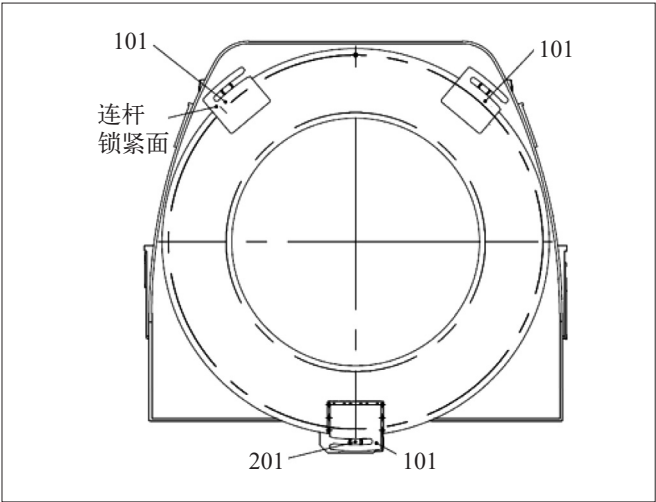


图 8 锁紧方案正视图

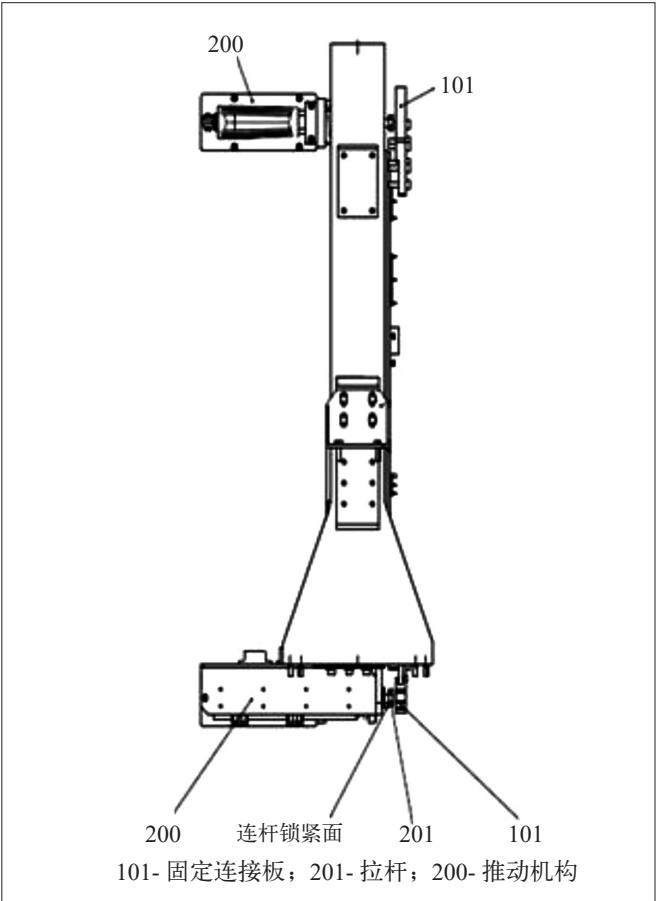


图 9 锁紧方案侧视图

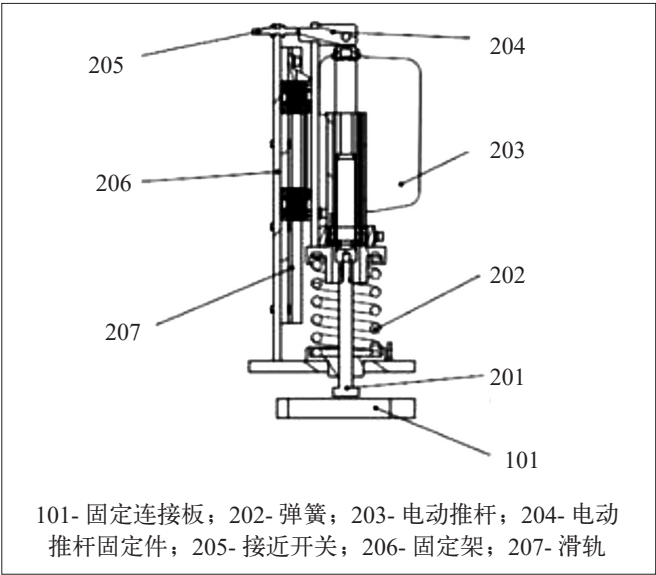


图 10 推动机构图

备工作。

3.2.2 升降式屏蔽门设计

现有射线检查设备中，在检查空间的入口和出口安装屏蔽门帘，以屏蔽射线检查设备内的 X 射线，

防止其泄漏。屏蔽门帘固定在射线检查设备的支撑框架上,由于屏蔽门帘本身比较重,质量较轻的待检目标,无法顶开屏蔽门帘进入到检查区域。目前常规CT产品在通道内采用分布式布置多道屏蔽门帘的形式,在一道屏蔽门帘被顶开的情况下,仍有其它的屏蔽门帘保持关闭,从而防止射线泄露。但是此种门帘布置方案需要通道具有足够的长度才能达到屏蔽X射线的目的,所占空间较大。

由于车载CT整机空间有限,无法采用分布式屏蔽门帘布局方案。为了满足轻包的检测需求,特在CT设备入口采用升降式屏蔽门方案,通过伺服电动机驱动屏蔽门升降。

升降屏蔽门机构如图11所示,屏蔽门帘安装

在门帘支架上,并通过固定座与同步带相连接。同步带由同步轮和惰轮固定,同步轮通过联轴器、减速机与驱动电动机相连。同步带可以通过安装在固定座上的同步带压板和调节螺钉进行张紧量的调节。

为降低驱动电动机工作载荷,屏蔽门帘背面装有配重单元。为使得屏蔽门帘和配重单元在竖直方向能做直线运动,屏蔽门帘和配重单元分别与导轨1和导轨2相连。

同时布置上、下到位检测传感器来判断屏蔽门开合状态,只有屏蔽门处于闭合状态时,X光机才允许出束并进行扫描,扫描完成后屏蔽门自动升起,从而完成行李物品检测流程。

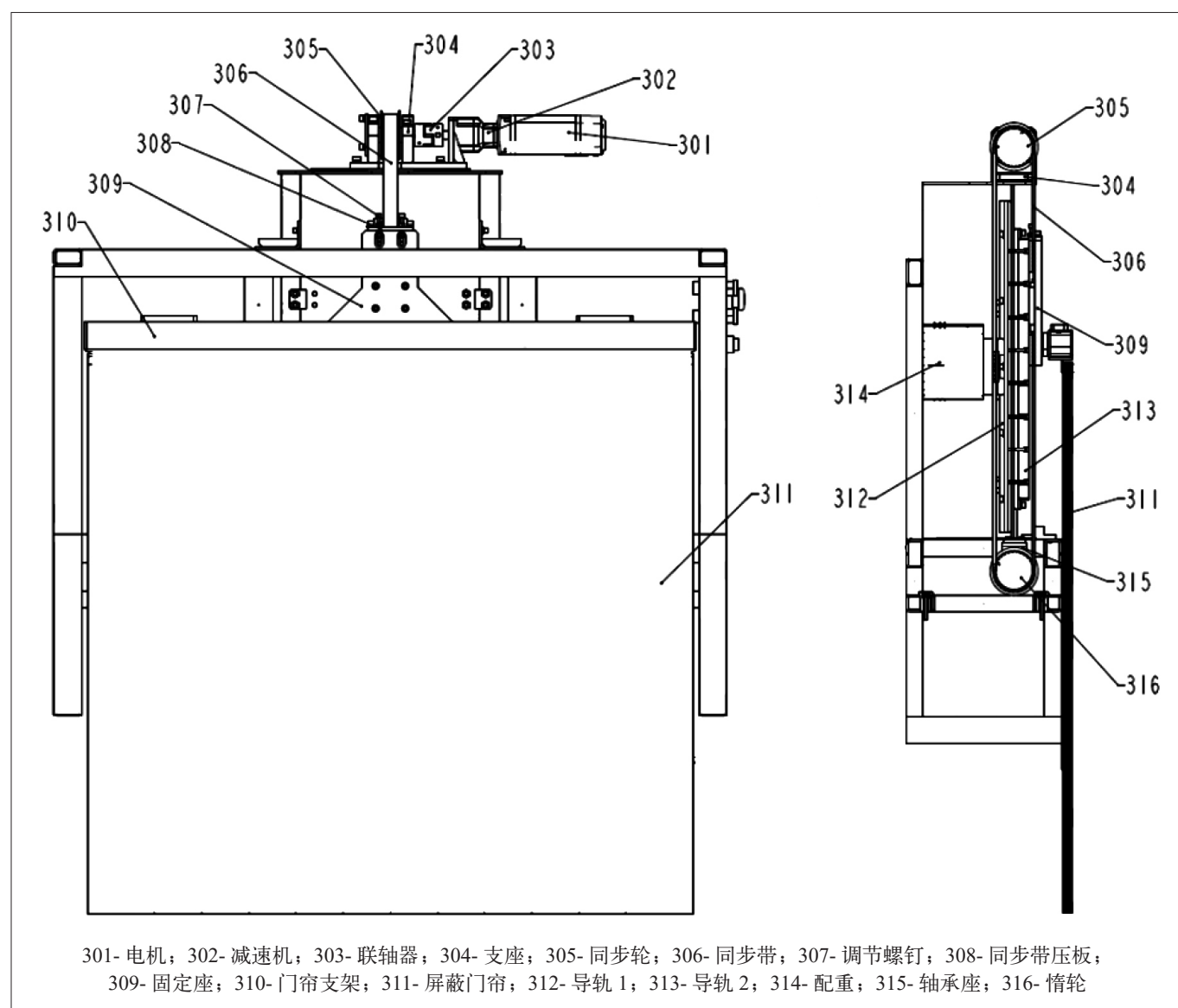


图 11 升降屏蔽门结构图

4 结语

通过公司各个部门的共同努力，该车载 CT 得以顺利开发。完成样机试制后，公司组织安排了环境适应性试验、连续运行测试、型式实验、路面测试等测试项目。结果表明，该产品各项性能指标均满足开发要求，图 12 为测试过程状态展示。

在中国云南边防局长达半年的试用阶段，该车载 CT 多次查出毒品、管制物品等，边防局对车载 CT 给出了很高赞誉。在首款车载 CT 开发成功后，公司近年已连续开发多款车载 CT 产品，为公司创造了良好的经济效益。



图 12 测试过程状态展示图

参考文献：

[1] 全国安全防范报警系统标准化技术委员会．微剂量 X 射线安全检查设备 第 1 部分：通用技术要求：GB 15208.1-2018[S]．北京：中国标准出版社，2018.

[2] 工业和信息化部．汽车、挂车及汽车列车外廓尺寸、轴荷及质量限值：GB 1589-2016[S]．北京：中国标准出版社，2016.

