

# 岸边集装箱起重机“黑匣子”系统研发与应用

宁波港股份有限公司北仑第二集装箱码头分公司 周芒 洪辉

**摘要：**岸桥作为集装箱码头主要装卸设备，具有工况要求高、作业程序复杂等特点，安全事故相对较多。由于没有很好的事故追溯方式，在事故发生后无法对其进行完整的事后分析。本文通过对码头公司岸桥“黑匣子”系统的研发和应用，阐述了“黑匣子”系统在岸桥上使用的重要意义。

**关键词：**岸桥 黑匣子 安全事故

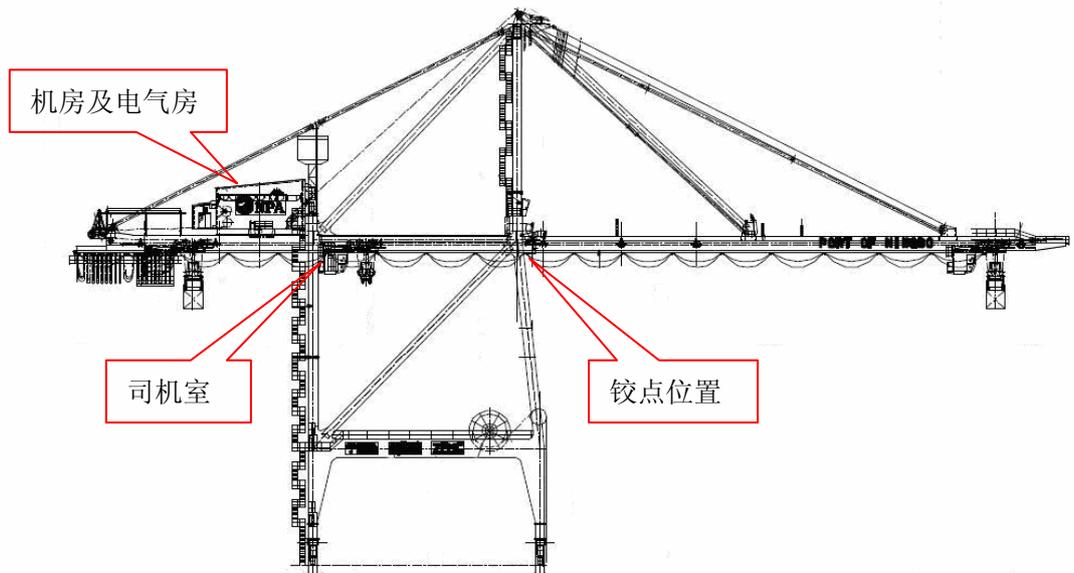
## 一. 引言

岸边集装箱起重机（以下简称岸桥）是集装箱船舶与码头前沿之间装卸集装箱的主要设备。岸桥使用工况恶劣，使用频度高，作业程序复杂。违章操作、违章指挥、超载超期使用等情况时有发生，安全事故相对较多，加强岸桥安全使用与管理已成为公司安全管理的重要任务。

在空难事故发生后，飞机往往严重损坏，救援人员到达现场，总是会寻找空难“见证人”——黑匣子，一种飞行数据记录仪。它能将飞机系统工作状态和发动机工作参数等飞行数据都记录下来，为还原事故真相提供真实可靠的依据。

从飞机“黑匣子”得到启示，我公司对岸桥上安装“黑匣子”系统进行了调研。虽然国内没有相关的标准可遵循，也没有成熟的方案作为参考，但我们认为随着监测手段的成熟和 IT 技术的发展，“黑匣子”系统已经可以应用到岸桥上，为还原岸桥的事故真相和提高岸桥的安全管理水平提供极大的帮助。

## 二. “黑匣子”安装位置的选择



图一 岸桥整体结构

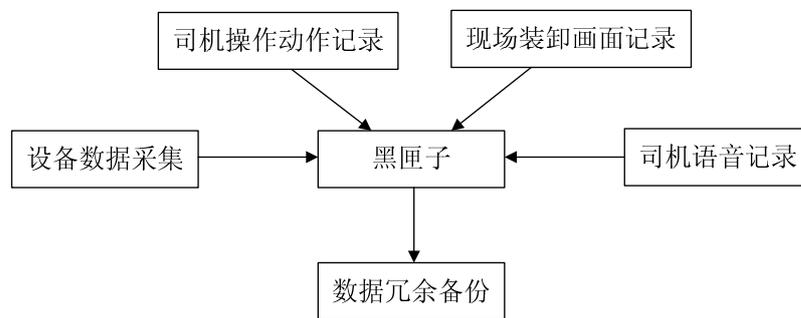
飞机上的“黑匣子”实际上是飞行数据记录器和舱声录音器的结合，其体积小、耐高温，抗震和密封性能好。考虑到岸桥本身工作环境震动大、粉尘多、腐蚀性强、

电磁干扰强、温差变化大等特点，我们选择了一台工控机作为我们存储数据的“黑匣子”。

“黑匣子”的安装位置应该是整个岸桥最不容易遭受破坏的位置，而且容易取得各种需存储的信号。在岸桥的整个结构中，司机室是指挥中心，司机与地面和总控室人员协调，各种操作指令的发出都是在司机室完成。但司机室震动大，空间局促，很多设备信号无法在司机室内采集。而且在岸桥坍塌等事故中，司机室会遭受较大的冲击和变形，这些都是对“黑匣子”系统安装不利的地方。

电气房整体位置在后大梁处，外层有机器房作为保护，震动小、粉尘少。电气房是密闭、恒温环境、供电稳定，有利于“黑匣子”系统的长时间稳定工作。且所有设备信号和控制命令都是从电气房内收集和发送，司机室和电气房之间有光纤进行信号传输，是放置“黑匣子”的理想位置。

### 三. “黑匣子”系统功能研发与实现



图二 “黑匣子”系统结构图

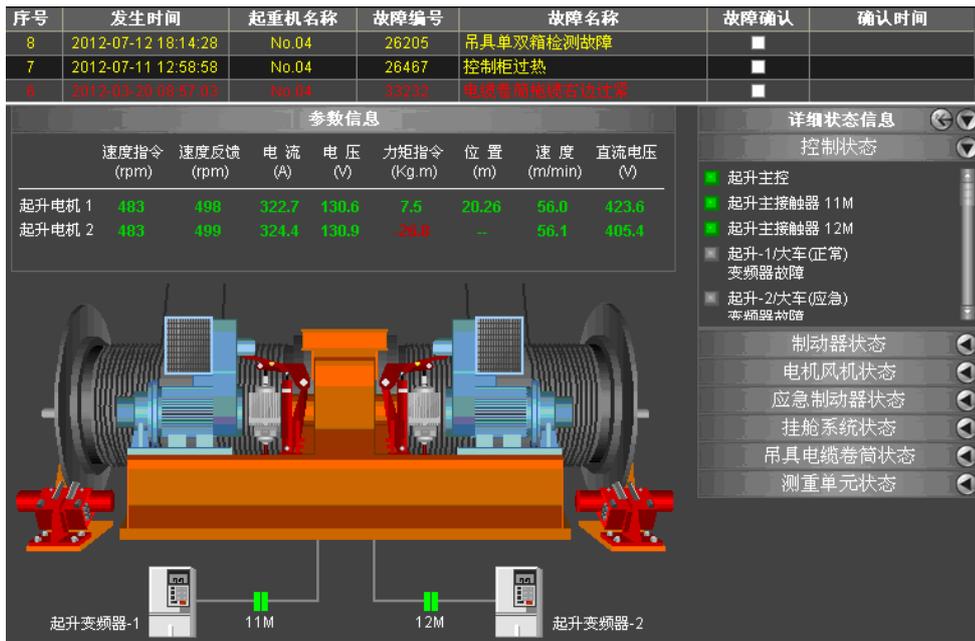
“黑匣子”系统包含五项功能模块设计，如图二所示。

#### 1. 设备数据采集

针对安全事故发生时所需要追溯的数据，我们要求实时采集并记录以下设备运行数据，并要求对下述数据实现图形化的数据显示：

- 1) 起升、大车、小车、俯仰等四大机构的的动作状态，各机构电机电压、电流、转速等。
- 2) 力矩限制器、高度限制器、幅度限制器、风速报警器等安全装置的动作状态。
- 3) 电气系统的短路、过流、失压、接地、断相、过热保护装置的动作状态。
- 4) 对超载、超行程等故障和联锁发生时间和修复时间进行记录。

岸桥作为成熟的码头装卸设备，相关的保护和报警都已经较为完善，系统中已经配备有绝对值编码器、重量传感器、电流互感器等监测设备，上述的数据只需从传感器中引入，按照时间轴存储在“黑匣子”中即可。当发生安全事故后，可按照时间轴从“黑匣子”中进行读取。图三显示为起升机构的整体图形画面。

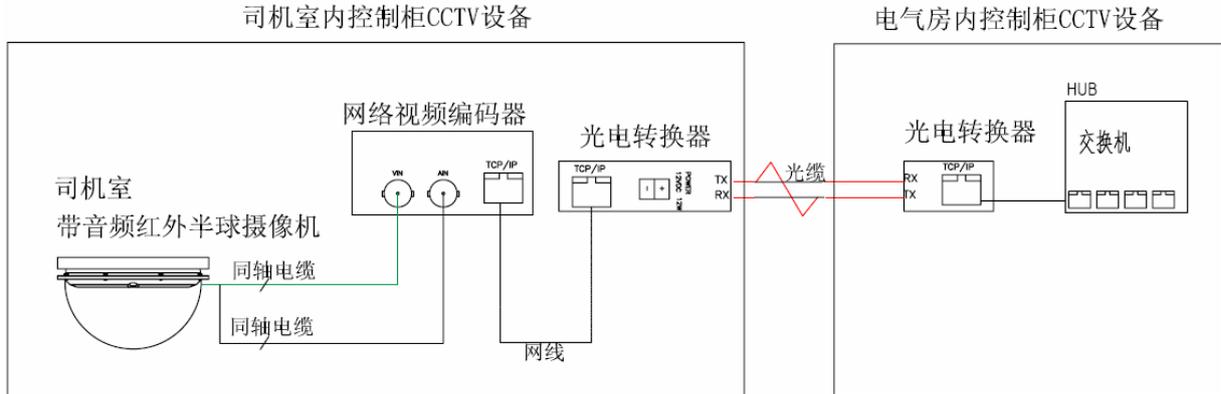


图三 岸桥起升机构状态图

## 2. 司机操作动作记录

司机的操作动作是我们追溯事故发生的重要依据,我们对司机的操作动作采用了两种方式进行记录。

### 1) 在司机室安装摄像头



图四 司机室摄像记录系统框图

如图四所示,我们在司机室内安装带音频红外半球摄像机,对司机室内的司机操作画面进行拍摄,通过视频解码器和光电转换器将信号通过光纤传送到电气房内的光电转换器,并通过 HUB 接入电气房内的工控机中。

### 2) 通过 PLC 采集司机操作动作

司机在操作台上的每个动作,都能被 PLC 采集到并记录下来,遵循这个原理,我们对相关的司机操作 PLC 数据进行了采集,并以图形化的方式回放出来,如图五、六所示。

图五和图六分别是司机室中的左、右操作台画面,包括司机的操作手柄、导板控制旋钮、开闭锁旋钮、夹轮器控制按钮等 PLC 采集的数据都采集下来,记录到工控机硬盘中。在事故追溯时,可从硬盘中提取出来,用图形化的方式直观显示操作台上手柄打的档数,按钮的动作状态,各控制开关的状态等,甚

至可比摄像头的拍摄画面更清晰、简洁。



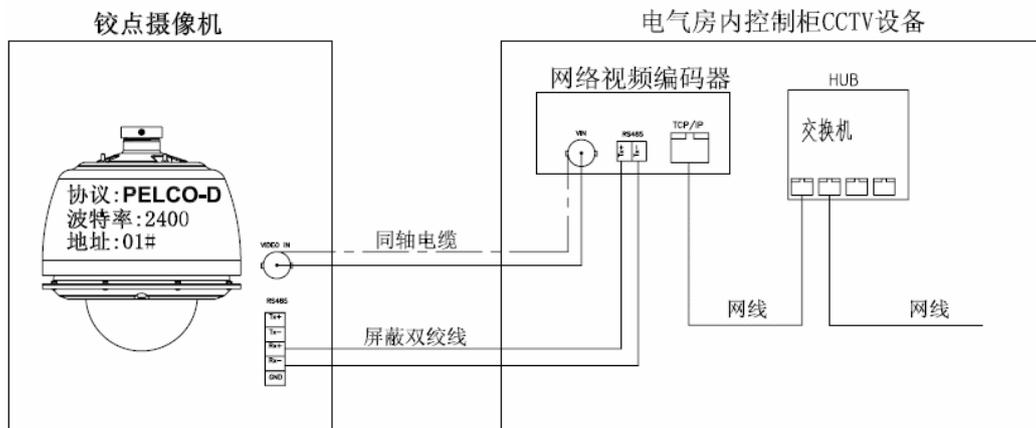
图五 司机室左操作台



图六 司机室右操作台

### 3. 现场装卸画面记录

现场装卸画面主要是记录岸桥本身设备外部的装卸情况，我们在岸桥的铰点位置（见图一）安装了一个抗震智能快速全球摄像头，用于记录岸桥在码头和船舶上的装卸箱作业细节，便于在事故回放中为判断岸桥外部环境提供依据。



图七 铰点摄像记录系统框图

摄像头角度向下，可基本覆盖码头和船舶区域，记录从装拆箱销、起吊、移动、放箱、集卡移动等细节。摄像头的的数据通过同轴电缆和屏蔽双绞线接入电气房内视频编码器，通过交换机存入“黑匣子”电脑硬盘中。

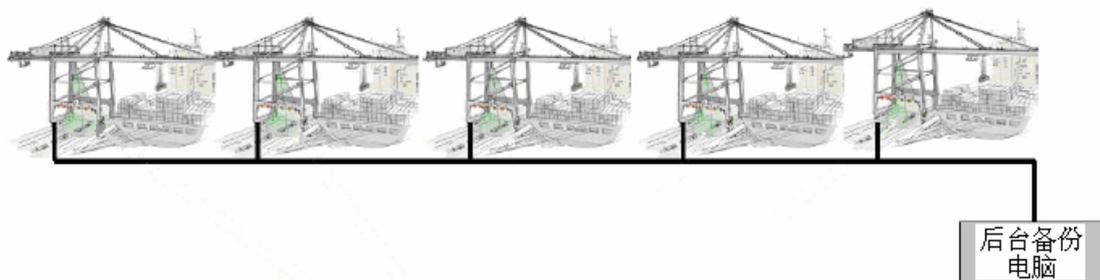
### 4. 司机语音记录

司机在操作岸桥时，很多情况下需要通过通讯装置同地面及船舱处人员取得联系，语音记录系统就是用来记录岸桥司机的通讯情况。在分析安全事故时，司机与其它人员间联系的语音记录是非常重要的依据。

司机室的红外线摄像头配备有音频拾取装置，通过该装置拾取司机室内的声音信号，并通过光电转换等进入“黑匣子”电脑硬盘，如图四所示。

### 5. “黑匣子”数据的冗余备份

上述数据都存储在岸桥电气房工控机内，考虑到硬盘存在的损坏、数据丢失等情况，而我公司岸桥已实现了与后方大楼的 5.8G 无线网络连接，因此我们将存储的数据建立了冗余备份措施。所有的“黑匣子”数据存储于工控机电脑中，并同时通过无线网络存储在后台备份电脑中，网络结构如图八所示。



图八 “黑匣子”数据冗余备份

#### 四. “黑匣子”系统的应用

我公司的“黑匣子”系统从 2011 年 2 月研发成功后，一直处于平稳运行状态。在以下几个方面展示出了良好的效果。

##### 1. 事故回放

“黑匣子”中存储的数据量是五天，当事故发生后，可通过状态回放模块，定位到事故发生时的时间点，将存储的数据进行正常速率的播放，结合司机的操作动作、司机室的语音、装卸现场的视频录像、设备数据的相关情况，可以对事故进行一个较完整的回放，是获得事故原因最可靠、最直接的证据。

使用一年多以来，“黑匣子”系统参与多起安全事故分析，对司机违规操作、地面人员指令错误、集卡司机违规行车、船上人员未确认开闭锁情况等原因引起的安全事故都给出了确凿的判断依据，成为安全部门还原事故真相的重要依据。

##### 2. 司机操作习惯跟踪

司机操作数据和收发指令数据都能通过无线网络传回后方电脑，后方的管理人员则通过实时传回的数据跟踪司机的操作过程，当发现司机有违章操作，地面或舱底人员有违章指挥等情况可及时加以纠正或制止，大大提高了司机的操作安全水平。

管理人员已经将“黑匣子”中的数据作为司机绩效考核和培训质量测评的参考依据，从回放和实时画面中，可评定司机的技能和培训质量。并将违规操作进行记录，作为绩效考核或处罚的依据。对违章违规行为较多的作业人员实行停工教育或人员清退。

##### 3. 故障记录和超载报警

通过这套系统，设备维护人员可定期观察设备的故障记录，对高发和常见故障进行跟踪分析，当实时出现超载等报警时，可立即采取应对措施，并可立即采取告警措施。

设备维护人员通过“黑匣子”系统建立了设备维护数据库系统，对设备的状态进行跟踪和对比，当发现某机构的故障频率增加或异常时，可提前对设备进行检查，降低设备机损事故。

##### 4. 创造了良好的社会效益和经济效益

岸桥每次发生的安全事故都损失惨重，且会涉及到人员伤亡，造成很大的社会影响和经济损失。虽然每起事故原因迥异，但追本溯源都不外乎岸桥自身

机械原因与违规操作。利用岸桥“黑匣子”系统预防安全事故的发生，不仅保障了集装箱从业人员的生命安全和家庭幸福，同时若以一起安全事故巨大经济损失来说，其产生的经济效益是相当可观的。岸桥“黑匣子”系统作为岸桥安全使用的保护神，无形之中为公司创造良好社会效益与巨大经济利益起到了举足轻重的作用。

## 五. 总结和展望

飞机的“黑匣子”只有音频信号和操作数据记录，岸桥的“黑匣子”既有岸桥操作数据，又有司机室的语音信号，还有现场作业画面和司机室作业画面作为补充，对事故还原更加直接和可靠。

我公司岸桥“黑匣子”系统的研制成功，无论从社会效益还是经济效益都有着积极的作用。作为岸桥的“安全卫士”，岸桥“黑匣子”系统通过记录兼预警手段，保障了岸桥作业相关人员和财产的安全，大大降低了安全事故的发生。

2011年3月，国家质检总局与国家安全监督总局联合制定了《大型起重机械安装安全监控管理系统实施方案》，要求提高大型起重机械本质安全性能，促进产品升级换代，防范事故发生，保障从业人员和公众的生命安全。方案中重点提到了要安装安全监控管理系统，通过监视、控制、管理等手段，实现操作安全控制、危险临界报警、现场实时显示和数据记录保存等功能，同时达到运用视频和音频技术实时显示和记录工作状态、事后回放的功效。我公司的“黑匣子”系统能较好的满足“方案”中的要求，作为一个有益的尝试，希望能给其他码头单位作为参考。“黑匣子”系统是我们在安全管理上面临的新课题，在性能上尚有不少地方需要完善，下一步我们将在增强监测设备的可靠性，增强数据记录的完整性、保密性等方面进行改进，使之在公司安全管理上发挥更大的作用。

## 参考文献:

1. 《起重机械安全规程》 GB6067-2010
2. 《大型起重机械安装安全监控管理系统实施方案》国家质检总局 2011.3.28