

一种铁路货场综合管控可视化平台设计与实现

青浩波 王银 崔恩著 卓禹心

北京全路通信信号研究设计院集团有限公司, 中国·四川 成都 610073

摘要: 随着“一带一路”中欧班列开行量突破 2 万列, 铁路集装箱周转效率成为物流核心痛点, 而集装箱管理又是制约效率的核心因素。本文基于此设计并实现一种可视化货场综合管控平台, 能够提高设备效率、加强货场集装箱管理, 实现货场的数字化、信息化、智能化。可应用于铁路货场、港口码头和物流基地等多种场景。

关键词: 集装箱; 可视化平台; 数字化; 多场景

Design and Implementation of a Comprehensive Management and Control Visualization Platform for Railway Freight Yards

Qing Haobo, Wang Yin, Cui Enzhu, Zhuo Yuxin

Beijing National Railway Signal & Communication Research and Design Institute Group Co., Ltd., China Sichuan Chengdu 610073

Abstract: As the volume of China-Europe Railway Express operations under the "Belt and Road Initiative" has exceeded 20,000 trains, the turnover efficiency of railway containers has become a key bottleneck in logistics, while container management is the core factor restricting efficiency. Based on this, this paper designs and implements a visual comprehensive management and control platform for freight yards, which can improve equipment efficiency, strengthen freight yard container management, and realize the digitalization, informatization, and intelligentization of freight yards. It can be applied to various scenarios such as railway freight yards, ports and wharves, and logistics bases.

Keywords: Container; Visualization platform; Digitalization; Multiple scenarios

0 引言

近年来发展和管理的不匹配暴露出当前货运系统面临着标准化作业水平不高, 智能化设备投入不足, 信息化管理能力低下的问题, “找箱难、管箱乱、服务差、办法少”的情况在各个货场普遍存在, 作业信息重复采集、生产数据人工统计、管理缺乏手段等难题长期无法解决, 极大的影响铁路货运整体作业效率和安全基础, 成为下一步铁路货运安全生产、增运上量、节支降耗的重要制约因素。故建成一套设备智能化、业务数字化、作业信息化、服务标准化的货场管理体系辅助货运生产、提高作业效率、规范基础管理、提升安全保障是非常迫切必要的。

1 Web 端技术方案

可视化平台主要包括集装箱综合管控和站场设备综合监控, 前者侧重于接发车辆的管理以及集装箱信息和装卸等计划的编制与管理, 后者侧重于站场设备与信息联锁的实时监控与管理。对于货场静态资源如箱位、股道等位置固定不动的, 而集装箱、现车等位置实时变动, 且集装箱和现车以及站场设备在某些时刻可能还具备不同状态, 故

Web 端设计 Canvas 画布分层绘制。

1.1 核心自定义控件

Web 架构实现大型铁路工作图表时, 由于显示时间维度长, 切面数据量较大等原因, 图表的尺寸常常会比较大。而 Web 绘图都是基于 canvas, 当 canvas 尺寸过大时会使浏览器占用大量内存空间, 而浏览的内存使用量又受到操作系统的限制, 所以当内存占用达到一定的瓶颈之后会导致网页应用程序卡顿, 运行不稳定, 严重的情况下甚至会导致浏览器直接崩溃。基于此本文设计一个自定义 Canvas 控件, 可分层绘制, 并按视口刷新指定画布层。实现原理为:

①数据驱动的思想: 在显示图表时, 同一时刻呈现给用户的只有一块显示屏大小的界面内容, 故绘制过大的 canvas 时, 大部分的 canvas 内存消耗被浪费。基于数据驱动的思想, 只需要保证与图表相关的数据在内存中的完整性和实时性, 并不需要同时绘制所有的界面内容, 只需动态地绘制一屏大小的内容即可。

②设置 canvas 尺寸: 对于 canvas 分为实际 canvas 和虚拟 canvas。实际 canvas 的尺寸设置为浏览器窗口的大小。

虚拟 canvas 为业务数据所对应的完整图表, 其尺寸根据业务需求进行计算匹配。

③独立的滚动条控制虚拟 canvas 大小及滚动刷新: 在 canvas 的右侧和下侧分别放置一个纵向和横向滚动条。HTML 没有直接的 scrollBar 控件, 可使用嵌套的两个 div 来实现。以纵向滚动条为例, 内部的 div 宽度设置为 1, 高度设置为虚拟 canvas 的高度, 外部 div 高度设置为实际 canvas 的高度。当滚动条滚动时, 根据滚动条的偏移量计算出虚拟 canvas 在此时的偏移量 offsetX 和 offsetY, 然后调用 canvas 画笔的变形函数: translate(offsetX, offsetY) 来移动画布 canvas 的坐标原点 (坐标变换)。最后调用的业务绘图函数对 canvas 进行一帧刷新, 这就相当于实现了虚拟 canvas 的滚动。

④把以上对 Canvas 的特殊处理封装成一个新的 canvas 控件, 调用此组件, 就可以不关心内部的实现原理, 直接像使用普通 canvas 一样只关注绘制逻辑即可。组件具有通用性, 调用简单。

1.2 画布分层设计

① StaticCanvasLayer: 底层绘制箱区箱位、股道以及其他固定位置资源。

② DynamicCanvasLayer: 中层绘制集装箱和现车等动态位置。

③ StatusCanvasLayer: 顶层绘制各种状态。

2 集装箱综合管控可视化平台设计与实现

2.1 静态数据设计

设计三层表结构用于表征不同作业区, 第一层为货场资源总表, 存储货场里面所有资源和相对位置关系; 第二层为箱区表, 存储货场所有箱区以及所属工作区; 第三层为箱位表, 存储货场所有箱位以及所属箱区及其属性。

①货场资源总表: 资源 ID, 名称, 类型, 顺序, 关联资源, 父资源, 相对位置。其中资源类型取值区间^{[1,8],[701,707]}表征了不同的资源类型。比如 701 表示资源类型为箱区。

②箱区表: 箱区 ID, 所属场域, 关联股道, 方向, 名称, 类型。类型用于表征箱区类型, 用以区分用途。

③箱位表: 箱位 ID, 所属箱区, 关联箱位, 起点, 终点, 箱行, 贝位, 箱位名, 最大层高, 特征, 类型。关联箱位记录一个箱位 ID, 表征二者位置构成一个关联箱位。本文采用一个箱位为标准 20 英尺集装箱, 两个相邻的标准箱位可构成一组关联箱位。一个箱位只能关联一个相邻的箱位, 不能关联多个。箱位特征用以区分用途, 比如

到达重箱, 到达空箱, 待发重箱, 冷藏箱区, 40 英尺箱, 20 英尺箱等。箱位类型分实际箱位、虚拟箱位, 前者按箱位类型可视化, 后者按具体资源类型可视化。

2.2 数据采集使用

获取货场的工作区、箱区、股道、各装卸设备及其工作范围等基础数据, 并将其按相对位置存入资源总表。获取货场的箱区箱位分布, 对于无序箱区, 为其设计行列分布, 对于汽车道、火车道等为其设计虚拟箱区和行列分布, 箱区信息存入箱区表, 箱位信息存入箱位表。资源表中 I_PARENT_ID 为 0 表示全场资源, I_PARENT_ID 为 1 表示各个作业区资源。通过该字段取值 0 或者 1 找出货场全场资源 ID 和所有工作组的资源 ID。以 I_PARENT_ID=0 为例, 按下述操作获取全场资源:

①找出资源表中 I_PARENT_ID=0 的资源集合, 记作 Array0, 一般情况只有一条数据。

②遍历 Array0, 找出资源表所有 I_PARENT_ID 等于 Array0 中 I_RESOURCE_ID 的子资源, 记为集合 ArrayChildrenRes。

③遍历 ArrayChildrenRes, 如果子资源类型 E_CONTAINERCHART_RES_TYPE 等于 5, 则该子资源为作业组, 记为 WorkGroup, 需进一步在资源表找出所有 I_PARENT_ID 等于 WorkGroup 的 I_RESOURCE_ID 的资源作为该 WorkGroup 的子资源。

④注意在③中找 WorkGroup 的子资源时需按 I_RESOURCE_ORDER 排序, 同时如果 WorkGroup 的子资源类型 E_CONTAINERCHART_RES_TYPE 为 701 时说明该子资源 (记为 WorkGroupChild0) 是堆场箱区, 则需在箱位表中找出所有箱区 ID 即 I_AREA_ID 等于该子资源的 I_RELATION_ID 的箱位, 记为集合 ArraySlots, 作为该子资源 WorkGroupChild0 的子资源。

2.3 静态数据可视化

对于 Web 端需要图形化展示的数据, 需要计算其画布坐标。按 3.1.1.4 数据使用说明, 在操作资源时, 先确定零点 (ResX, ResY), 即第一个需要图形化展示的资源位置, 而后按资源类型进行以下处理:

①标题: 起始位置 (ResX, ResY), ResX+= 标题宽度。

②箱区: 按先贝后行遍历箱区所有箱位, 计算箱位中心位置 (ResX+ 配置箱位宽度 / 2, ResY+ 配置箱位高度 / 2)。贝位增加时, ResX+= 配置箱位宽度; 行数增加时, ResY+= 配置箱位高度。连续箱位非关联时, ResX+= 配置间隔。

③股道、汽车道等：记录两个端点 (ResX, ResY), (resX+ 股道长度, ResY)。

2.4 动态数据可视化

①集装箱：在箱位上的集装箱，根据 3.3 初始的箱位信息可计算其中心位置：

横坐标 X= 箱型 >20?(箱位中心点横坐标 + 关联箱位中心点横坐标)/2: 箱位中心点横坐标；

纵坐标 Y(以最大堆放层数 3 为例)：

if(所在层数 ==1) Y= 箱位中心点纵坐标 + 配置集装箱高度 / 配置最大层数 3

else if(所在层数 ==2) Y= 箱位中心点纵坐标

else(所在层数 ==3) Y= 箱位中心点纵坐标 - 配置集装箱高度 / 配置最大层数 3

如果箱子在现车上，则需根据现车位置计算其中心位置：

车上只有一个箱子时，箱子中心位置横坐标 X= 车辆中心横坐标位置，箱子中心纵坐标位置 Y= 车辆中心纵坐标位置 - 车辆高度 /2- 集装箱高度 /2。

车上有两个箱子时：左侧箱中心横坐标 = 车辆中心横坐标 - 车辆宽度 /4，左侧箱中心纵坐标 = 车辆中心纵坐标 - 车辆高度 /2- 集装箱高度 /2；右侧箱中心横坐标 = 车辆中心横坐标 + 车辆宽度 /4，右侧箱中心纵坐标 = 车辆中心纵坐标 - 车辆高度 /2- 集装箱高度 /2。

②现车：车辆中心纵坐标始终为股道所在纵坐标 - 股道高度 /2，车辆已对位时，中心横坐标等于所对箱位中心横坐标 + 配置箱位宽度 /2；车辆未对位时，按顺位号从股道左端依次排列即可：左端第一个车中心坐标为 (股道所在横坐标, 股道所在纵坐标 - 股道高度 /2)，后续每个车中心横坐标在前一个车中心横坐标的值上加配置车宽即可。

③门吊等设备：根据接口传送的实时地理坐标位置，转换为对应箱位位置即可。

2.5 可视化实现

经过数据采集制作与可视化加工处理，Web 端可根据坐标展示相应图形在 canvas 画布上：

①按 3.2 数据使用说明获取全场资源以及各个作业区及其资源。

②对于全场资源和各个作业区资源，分别计算画布宽 (W) 高 (H)：Step1: 找出资源类型为作业区的资源集合，记作 ArrayGroups；Step2: 遍历 ArrayGroups, 如果资源类型为标题，则 W+= 标题宽度；H+= 标题高度；资源类型为作业组，则进一步遍历作业组找出资源类型为箱区的，按

先贝后行遍历箱区：W+= 配置箱位宽度；行数增加时，H+= 配置箱位高度。连续箱位非关联时，W+= 配置间隔；遍历完箱区后 H+= 配置区域间隔；Step3:Step2 中遍历得到的所有 W、H 中最大值作为画布宽高。

③对于各个作业区资源，按 3.3 计算其静态位置，按 3.4 计算其动态数据位置。

④Web 端根据推送的数据或者主动调用接口，绘制相应图元。

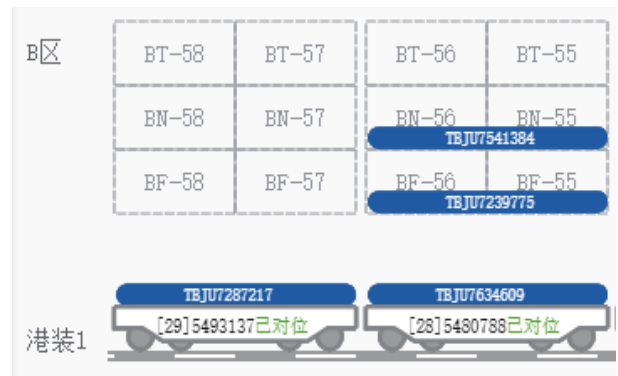


图1 综合管控平台可视化效果图

3 站场设备综合监控可视化平台设计实现

借助系统数据配制软件，基于全场的资源 (包括道岔、信号、线路、无岔区段、减速器等信号设备以及系统下的各控制子系统资源)，以信号工程图为基础，通过图形化的方式完成实体对象绘制并对于各实体对象赋予相关的属性，进而产生需要的数据。

3.1 基础数据制作

数据制作开始前需准备管理数据库 IGS_XX 以及集控数据库 Graph_IGS_XX。在集控库中整理好以下基础表的数据：DC_DRAW_MENU、DC_DRAW_MIXCO、DC_DRAW_STATION、DC_DRAW_SUBSYS。其中 DC_DRAW_MIXCO 由该软件版本决定，其余表需根据系统、集控所集成的联锁子系统来定。在管理系统数据库中准备好：DC_CT_AREA、DC_RA_YARD、DC_RA_MIXCO、DC_RA_CHINESE_ENGLISH、DC_TD_GRO、HOSTLIST。其中 DC_RA_YARD 根据系统所管理的货场结构、业务组织而定。

3.2 数据输出说明

主要输出：DC_DRAW_MENU、DC_DRAW_DEVICE、DC_DRAW_POSITION 等。其中设备表 DC_DRAW_DEVICE 存储全场设备信息，坐标表 DC_DRAW_POSITION 存储了全场设备的坐标、字体、菜单等信息。

3.3 数据使用

设备表 DC_DRAW_DEVICE 中的 E_DEVTYPE 字段表征设备类型, 主要分为道岔、信号、区段、按钮、减速器、道口、门吊等大类型。大类型中又具体分小类型, 比如道岔类型取值区间[16,31], 具体分为分路道岔 (取值 16), 单动道岔 (取值 17), 双动道岔 (取值 18)。设备坐标表 DC_DRAW_POSITION 中的 E_TYPE 取值表征了坐标类型, 比如取值 608 表示设备对应菜单弹出坐标 (范围); 取值 1027 表示道口信号机灯柱位置; 取值 1028 表示道口信号机灯圈位置。

DC_DRAW_DEVICE 中的 E_DEVTYPE 和 DC_DRAW_POSITION 表的坐标类型共同决定站场设备图元的设计, 以主要图元示例说明:

① E_DEVTYPE 属于信号机大类范围且 E_TYPE=1027 时, 表征道口信号机柱, 故 POSITION 表坐标 (X1,Y1) 与 (X2,Y2) 应连接成线标示机柱。

② E_DEVTYPE 属于信号机大类范围且 E_TYPE=1028 时, 表征道口信号机灯圈, 坐标 (X1,Y1) 与 (X2,Y2) 应分别作为正方形的左上顶点和右下顶点, 灯圈则为正方形内接圆。

③ E_DEVTYPE 属于道岔大类范围且 E_TYPE=272 或者 E_TYPE=288 时, 表示道岔后方定位或者反位, 则坐标 (X1,Y1) 与 (X2,Y2) 应连接成线, 并用不同线宽和颜色表示以区别机柱。

④ E_DEVTYPE 属于停车器大类范围且 E_TYPE=1089 时, 表示脱轨器, 则坐标 (X1,Y1) 与 (X2,Y2) 应分别作为正方形的左上顶点和右下顶点, 图元应取方形左上、左下、右下三个点绘制封闭的三角形并填充颜色表示。

3.4 静态数据可视化实现

对 4.2 经数据制作得到的 DEVICE 表和 POSITION 表, 使用如下:

①配置设备图形不同状态下的颜色、线条的宽高、不同字体大小颜色等基本数据。

②处理 POSITION 表, 将 X1 与 X2 中较小者存于 X1, 较大者存于 X2。而后遍历本表找出最大纵横坐标, 在此基础上加上一定边界冗余即为 Canvas 画布宽高。

③获取 DEVICE 表所有可见设备并按 I_DEVNUM 排序。遍历本表, 对每一个设备, 在 POSITION 表根据 I_DEVNUM 字段找出本设备所有位置信息, 如果位置类型为 608 时, 还需查找 DC_DRAW_MENU 菜单命令表, 此

时 X2 存的是菜单 ID, 根据菜单表 I_MENU_ID 等于 X2 找出菜单命令。将本设备, 本设备位置列表, 本位置菜单信息三者组合成一条推送 Web 端的设备信息。

④ Web 端得到设备信息, 根据设备大类型调用相应绘图函数, 在绘图函数里根据坐标位置类型和设备类型在 StaticCanvasLayer 画布绘制相应的图元即可。

3.5 动态数据可视化实现

①站场表示服务接收现车服务的车辆信息、箱管服务的集装箱信息以及各种设备接口推送的状态和位置信息, 统一处理后推送至 Web 端。

②由车辆股道信息定位到图层股道, 再根据顺位和换长绘制车辆; 由集装箱位置信息定位到箱位或者火车, 根据箱型和所在层数绘制集装箱; 由设备地理位置换算后定位到相应图元而后绘制设备。

③绘制图形时根据设备状态和设备特征按相应配置对图形颜色或者大小以及字体颜色和大小等做实时调整。

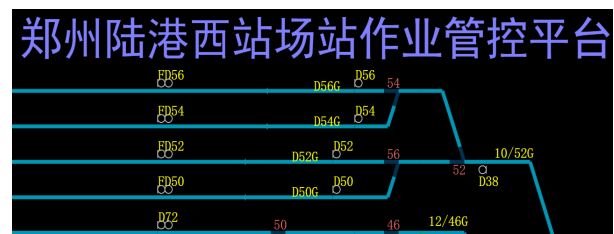


图2 综合监控平台可视化效果图

4 结语

本文设计并实现了一种集装箱综合管控可视化平台, 可应用于铁路货场、港口码头和物流基地等多种场景。平台基于行业前沿实践整合的架构设计, 融合信息联锁技术, 实现从办理进路; 大门、道口、红牌联动; 接车进场; 前三检; 卸车作业; 查验作业; 集卡进出门作业; 装车作业; 后三检; 发车出场等全货场管控一体化作业。平台在磨憨口岸、郑州国际陆港的使用中证明闸口通行率和装车计划准确率明显提高, 取送车作业更加安全简便, 集装箱管理更加直观、更加系统全面、简洁高效。平台通过作业自动控制、智能监控、生产智能调度, 能够节能减排提高设备效率, 实现了集装箱运输的数字化、智能化, 推进了场站物流系统智能化提质升级。未来发展中, 3D 建模可视化以及 5G+AI 视觉识别集装箱破损检测等都是进一步研究方向。

参考文献:

[1] 中国铁道科学研究院. 铁路集装箱智能场站建设规范, 2024.

[2] Zhang L, et al. Journal of Advanced Transportation. 2023(5):1-15.

[3] 刘洋. 集装箱堆场资源调度优化模型研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2023.

[4] 刘振华等. 基于 WebGL 的港口堆场动态渲染优化算法[J]. 计算机集成制造系统, 2024, 30(3): 521-530.

[5] GB/T 38549-2020, 集装箱 RFID 货运标签系统[S]. 北京: 中国标准出版社, 2020.