

# 阔大货物装载方案中超限自动识别方法<sup>①</sup>

邱谦谦, 王若成

(西南交通大学 交通运输与物流学院安全工程系, 成都 610031)

**摘要:** 为了改善阔大货物运输安全, 提高铁路货物运输效率, 开发了一种铁路阔大货物运输超限自动识别系统. 该自动识别系统利用阔大货物三视图, 结合阔大货物运输车辆, 在综合分析货物三维空间结构与铁路限界几何关系的基础上, 实现阔大货物超限自动识别技术. 该系统可以帮助货物运输前选车, 并对货物超限等级做出预先判断, 保证货物运输的安全性.

**关键词:** 阔大货物; 超限货物; 自动识别; 铁路运输; 安全

## Automatically Out-of-Gauge Identification of Rail Freight Loading and Transportation Scheme

QIU Qian-Qian, WANG Ruo-Cheng

(Department of Safety Engineering School of Transportation and Logistics, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China)

**Abstract:** To improve the safety level of large and heavy freight transportation, and to improve the efficiency of rail freight transportation, an automatic out-of-gauge identification system for large and heavy freight has been developed in the present paper. The developed system adopts information including the three-view drawing of the freight and the user specified type of train vehicle, and then performs comprehensive analysis to obtain three-dimensional structure of the freight by comparing with the gauge of railway, which at last results in the automatic out-of-gauge identification technology for freight loading. The system can help choose train vehicle before transport of goods, and provide the level of out-of-gauge to ensure the safety of the transport.

**Key words:** freight transportation; out-of-gauge freight; automatic identification; railway transportation; safety

从 2000 年以来, 铁路阔大货物运输量大, 始终保持在铁路货运量的 10% 左右, 且阔大货物大都是国民生产、国防建设、化工业等生产不可或缺的基本元素, 对我国现代化发展具有重大意义. 阔大货物具有长、重、大的特点, 运输组织复杂, 运输效率较低, 运输过程容易发生事故, 一旦发生事故, 会诱发严重的事故后果. 为了保证铁路阔大货物运输安全, 铁路部门相继出台了《技规》<sup>[1]</sup>、《铁路超限超重货物运输规则》<sup>[2]</sup>, 指导阔大货物装载、运输工作. 然而, 在上述规则中, 对于阔大货物的超限等级确立仍然不十分明确, 对曲线路段超限等级确立内外偏差的选择并不十分明确, 没有考虑到纵向位置差异所带来的超限等级偏差. 不但如此, 铁路部门目前尚未运用计算机自动化的超限自动识别系统, 超限判别主要依赖于人工计算, 差错

率高, 对于超限运输极其不利.

为了改善阔大货物运输安全, 提高货物运输效率, 我国学者针对我国铁路运输具体现状, 对超限货物运输做了大量研究. 王花兰等提出了建立平车虚拟限界表, 通过判定货物与虚拟限界之间的位置关系来判断货物是否超限<sup>[3]</sup>; 邓永贵通过分析和计算影响货物安全空间的实测宽度、偏差量、附加偏差量、线路实际限界宽度等 4 个因素, 得出安全空间的计算公式, 借以确定货物超限等级状况<sup>[4]</sup>; 韩梅针对直线段圆柱体货物超限等级判别不准确的情况, 提出了新的圆柱体货物超限判别方法<sup>[5]</sup>; 周文研究开发了一款超限超重货物运输辅助系统<sup>[6]</sup>; 谭政民等提出利用计算机拟合阔大货物空间轮廓的方法, 自动化判别阔大货物超限状况<sup>[7]</sup>.

<sup>①</sup> 收稿时间:2014-02-16;收到修改稿时间:2014-04-08

阔大货物三视图可以准确提供货物三维线性数据,但是在实际的货物超限判别中并没有良好运用到.基于此,作者研究了利用阔大货物三视图建立货物三维结构模型图,在货物几何中心与车辆几何中心在垂直面重合、货物长中心线与车辆长边中心线重合的方式装载,继而模拟装运车辆在铁路线路上运行,得到装运后的货物在线路横断面中心线上的投影轮廓图,通过轮廓图与各级限界比较,得到货物超限参数,综合求得货物超限等级参数.该系统可以实现阔大货物超限自动识别,在利用阔大货物三视图研究货物超限等级具有一定指导意义,并且对于评判阔大货物装载方案的优劣具有一定的帮助.

## 1 系统分析与设计

铁路限界主要包括机车车辆限界、一级超限限界、二级超限限界、隧道建筑限界和桥梁建筑限界.装载货物的车辆在其运行径路上,货物装载部分超过了机车车辆限界,但在一级超限限界范围内为一级超限,超过了一级超限限界,但在二级超限限界范围内为二级超限,超过了二级超限限界为超级超限.隧道、桥梁建筑限界是铁路隧道、桥梁建筑的极限限界.各类限界均为平面几何图形,所以需要求解货物装车后在道路中心线的投影图形来判断货物超限程度.但是,铁路运输曲线路段,线路修建时外部加高与线路加宽的存在,铁路中心线发生偏移,在实际求解过程应该单独求解其货物轮廓图.

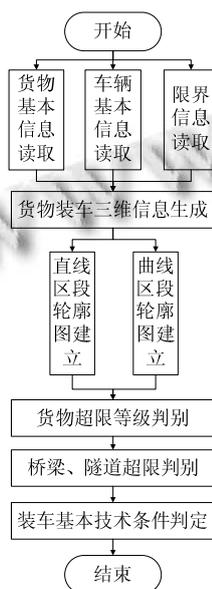


图 1 阔大货物超限自动识别程序流程图

基于货物三视图的超限自动识别系统,其主要工作可以表述为:通过读取货物三视图、拟用车辆信息、限界信息,生成货物装车后的三维几何结构图,从而建立货物轮廓图,判断货物超限等级、车辆装载状况、桥隧限界超限状况.该系统的建立和应用可以实现货物超限等级识别、装运车辆选择、超载判定、超长判定.由于技术缺陷,本文主要介绍直线性货物的超限自动识别技术,对于曲线型的货物不做讨论,自动识别程序的框架图如图 1 所示.

## 2 货物信息处理与轮廓图求解

### 2.1 货物装车后三维空间模型

由于车辆曲线运行过程偏差量的存在,必须建立阔大货物三维模型才能对货物超限等级做出准确判定.为了准确建立阔大货物三维模型,作者考虑对货物三视图做处理,在三视图结构中增加新的辅助线段,该辅助线段连接货物表面所有突出点在正视图和俯视图中的投影位置,同时,在三视图中标示出货物几何中心投影.通过对正视图、俯视图、侧视图、点投影连线图建立不同图层,加以区分,将货物信息导入程序.

货物三维信息转换过程表述如下:

第 1 步:找出货物正视图底部点的坐标 $(x_s, y_s)$ .

第 2 步:点投影连线图层中所有线条的起点设置为正视图,终点设置为俯视图,设共  $k$  条线,每条线起点、终点可以表述为 $(x_{m1}, y_{m1})$ 、 $(x_{m2}, y_{m2})$  $(m=1,2,3\dots k)$ .

第 3 步:以货物几何中心在货物底部投影为坐标原点、投影俯视图下侧为  $x$  轴、右侧  $y$  轴、垂直方向为  $z$  轴,按照右手法则建立坐标系,将货物坐标转换为三维坐标.设货物几何中心在正视图、俯视图中坐标为 $(x_0, y_0)$ 、 $(x_0, y_{01})$ ,对于任意点  $m$  的三维坐标为 $(x_m, y_m, z_m)=(y_{01}-y_{m2}, x_0-x_{m1}, y_{m1}-y_s)$ .然后,根据投影三视图中的点线连接关系即可确立货物三维几何模型图.

第 4 步:确立货物长、宽、高,选择坐标原点为车辆几何中心投影点,按照货物几何中心与车辆几何中心重合的方式装载,根据装运车辆的地板面高度参数,将货物三维坐标转换为装车后的三维几何模型.

### 2.2 直线线段轮廓图的建立

对于阔大货物超限等级的确定,首要关键点是阔大货物轮廓图的建立.货物轮廓图是货物在与道路中心线垂直的平面内的极限投影<sup>[8]</sup>.货物轮廓图是计算阔大货物超限等级的关键.如果求得轮廓过小,可能

会引起货物超限过低, 区间限速不够, 安全保障措施不够等问题, 极易引发事故; 如果求得阔大货物轮廓图过大, 则可能对货物超限办理过高, 引起不必要的限速、绕行和避让等措施, 对铁路货物正常运输产生干扰, 影响货物运输效率. 阔大货物轮廓图的建立主要利用投影综合的方式, 利用三维线段关系投影得到二维投影线性关系, 具体的投影过程可以表述为:

$$\left\{ \begin{array}{l} [(x_1, y_1, z_1), (x_2, y_2, z_2)] \\ [(x_2, y_2, z_2), (x_3, y_3, z_3)] \\ \dots\dots \\ [(x_k, y_k, z_k), (x_l, y_l, z_l)] \end{array} \right\} \xrightarrow{\text{投影}} \left\{ \begin{array}{l} [(x_1, z_1), (x_2, z_2)] \\ [(x_2, z_2), (x_3, z_3)] \\ \dots\dots \\ [(x_k, z_k), (x_l, z_l)] \end{array} \right\}$$

(其中:  $k=1, 2, 3, \dots, n; l=1, 2, 3, \dots, n$ ) (1)

求得货物投影后只需将投影线条做综合处理, 得到货物投影最外围轮廓, 即为货物轮廓图, 轮廓图求解主要依赖于货物投影线, 投影交点的交叉处理, 通过交叉直线在交叉点上下远离、靠近中心线比较, 求得外围曲线, 具体的轮廓图求解可以参照图 2. 得到的黑实线部分即为货物轮廓图.

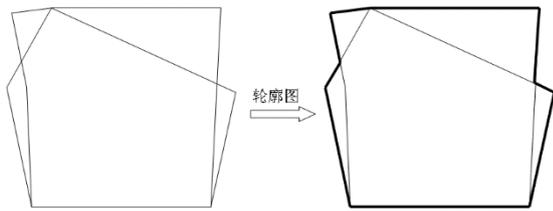


图 2 阔大货物轮廓图的求解过程

### 2.3 曲线线段轮廓图的建立

列车在曲线线路运行过程, 车辆中心线与道路中心线发生偏移, 产生货物偏差量, 除此之外, 车辆在曲线过程的蛇形运动也使得车辆产生附加偏差量, 因此, 货物在曲线运行过程的轮廓图求解需要与货物几何空间位置数据结合<sup>[9]</sup>, 根据货物在曲线路段的偏差状况, 求解货物轮廓图.

货物计算宽度与货物偏差量、附加偏差量有关. 货物偏差量与货物计算点的空间位置有关, 是由车辆在曲线路段车辆中心线与线路中心线发生偏移产生, 计算点处于不同位置时, 该值不同, 可以根据公式求出. 附加偏差量是由车辆蛇形运动产生的, 检定断面位于车辆转向架外侧时需要考虑该值.  $R$  为曲线半径,  $L$  为车长或者货物总长度,  $l$  为转向架中心销之间的间距,  $l_1$  为检定断面计算点与车辆横中心线之间的距离,

货物在曲线路段的偏移计算公式可以表述为:

①当货物检定断面计算点位于车辆中央时,

$$\text{计算宽度} = \text{实测宽度} + \frac{l^2}{8R} - 36 \quad (2)$$

②当货物检定断面计算点位于货物端部或车辆端部时,

$$\text{计算宽度} = \text{实测宽度} + \frac{L^2}{8R} - \frac{l^2}{8R} + K - 36 \quad (3)$$

③当货物检定断面计算点位于车辆两转向架之间任一位置时,

$$\text{计算宽度} = \text{实测宽度} + \frac{l^2}{8R} - \frac{(2l_1)^2}{8R} - 36 \quad (4)$$

④当货物检定断面计算点位于车辆端部或货物端部至两转向架之间任一位置时,

$$\text{计算宽度} = \text{实测宽度} + \frac{(2l_1)^2}{8R} - \frac{l^2}{8R} + K - 36 \quad (5)$$

曲线路段计算宽度与实测宽度、货物偏差量、附加偏差量有关. 值得注意的是, 附加偏差量、货物偏差量的存在不会影响货物端部超限判别, 但是货物偏差量的存在可能导致车辆中央横断面货物超限等级的变化. 因此, 在列车行经曲线路段时, 除了货物端部, 我们还应考虑车辆中央横断面, 具体的轮廓图求解过程可以参照图 3.

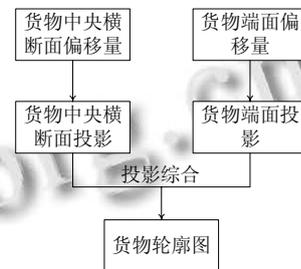


图 3 曲线路段轮廓图求解过程

## 3 货物超限等级识别

### 3.1 装车基本技术条件判定

货物超载、超长危险性高, 可能诱发严重的事故后果. 在基本技术条件模块, 通过校验货物重量与车辆载重可以判定货物超载. 同时, 通过演算货物两端最远点至货物几何中心的距离, 与车辆长度的一半比较, 得到超长量. 超长量与限值比较, 即可获得货物是否超长, 判定是否需要游车装运.

### 3.2 轮廓超限判定

对于货物超限状况的判定, 只需将货物轮廓图与

各级限界分别对比,若货物轮廓图超出了限界范围,则货物部分尺寸超出了限界,该货物判定为超出该限界.如图 4 所示,选择货物轮廓图端点作为超限判别点,只要有一个轮廓图端点超出限界范围,即为超限.因此,货物超限判别可以简化为货物轮廓图端点超限与否判定,通过轮廓端点处于不同限界范围内分别讨论可以准确求得货物超限与否,根据货物轮廓图超出的限界等级得出该货物超限等级参数.超限限界就线性来说可以分为四类:圆曲线、竖直线、水平线和斜线.计算点位于超限上述区段时分别求解,通过计算点高度处的限制宽度与计算点宽度相比,可以求得货物超限状况.假设计算点的坐标值为  $S(x, z)$ , 对于计算点位于上述限界区段的计算方法如下:

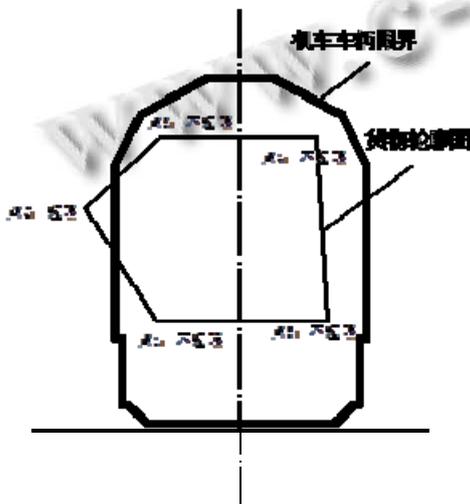


图 4 铁路超限判别

1)圆曲线部分. 设圆曲线圆心为  $(x_1, z_1)$ , 半径为  $R$ . 对图 5 中与  $S$  同一计算高度的圆弧点, 设其与  $O$  点水平线所呈角度为  $\theta$ , 与  $O$  点宽度之差为  $\Delta x$ , 高度之差为  $\Delta z$ . 由几何关系易得:  $\Delta x = R * \cos \theta$ ,  $\Delta z = R * \sin \theta$ , 对于计算点,  $z = z_1 + \Delta z$ , 则易得限制宽度为  $L = \Delta x = R * \cos \{ \arcsin [(z - z_1) / R] \}$ . 若  $x$  大于限制宽度  $L$ , 则超出了限界, 反之亦然.

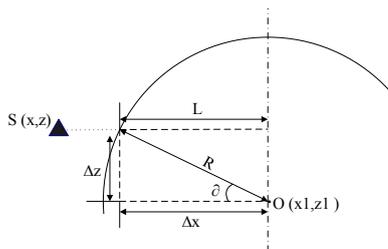


图 5 计算点在曲线部分超限求解

2)斜线部分. 如图 6, 当  $S$  位于斜线限界区段时, 根据直线公式, 代入端点数值, 易得当高度为  $z$  时的限制宽度为  $x_0 = [(z_0 - z_1) * (x_2 - x_1) + (z_2 - z_1) * x_1] / (z_2 - z_1)$ , 根据限制宽度与  $x$  值比较即可得到超限状况.

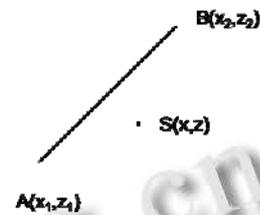


图 6 计算点在斜线部分的超限求解

3)竖直线. 竖直线部分的限界两端点高度不同, 宽度相同, 限制宽度即是两端点宽度, 用  $x$  值与两端点宽度相比较即可得到超限状况.

4)水平线部分. 水平线一般是限界顶端部分, 计算超限程度时, 首先应当计算货物高度是否超过最高点高度, 高度超过最高点高度, 即为超限.

### 4 结论与展望

本文介绍的阔大货物超限自动识别系统, 可以改善目前铁路阔大货物装运过程自动化程度不高的情况. 目前, 该阔大货物超限自动识别系统尚处于研发的初级阶段, 圆形货物的超限求解尚未涉及, 仅能针对平车运输货物的情况. 但是, 该系统的开发, 对于阔大货物自动化超限求解具有一定指导意义, 随着阔大货物超限自动识别系统的进一步完善和多功能化, 铁路货物运输安全性、自动化程度将会大大提高.

伴随着信息共享时代的到来, 阔大货物超限自动识别系统也可以通过阔大货物设计、制造过程的信息共享, 迎来新的突破. 阔大货物超限自动识别系统在充分结合阔大货物设计、制造过程的三维模型的基础上, 又与阔大货物制造材料结合, 利用计算机自动化计算货物重心, 综合求解不同装载车辆的超限程度. 总的来说, 在阔大货物承运阶段, 自动识别超限等级, 科学选择适宜的车辆, 对于阔大货物运输效率、安全性的提高具有重要意义.

### 参考文献

- 1 中华人民共和国铁道部.技规.北京:中国铁道出版社,2006.
- 2 铁路超限超重货物运输规则.北京:中国铁道出版社,2007.

- 3 王花兰,张端阳.基于虚拟三维限界表的货物超限等级判定方法研究.兰州交通大学学报,2011,30(6):123-126.
- 4 邓永贵.基于安全空间的货物超限等级判定研究.铁道运营技术,2009,15(3):12-14.
- 5 韩梅.直线上圆柱体货物超限等级的判定方法研究.铁道学报,2001,23(6):11-15.
- 6 周文.铁路超限货物运输方案辅助决策系统的研究[学位论文].成都:西南交通大学,2005.
- 7 谭政民,彭其渊,陈思,龚雪.基于空间几何理论的货物超限等级计算机判定算法.西南交通大学学报,2014,49(1).
- 8 雷定猷,王娟,汤波,张英贵.面向对象的铁路超限货物轮廓计算方法.计算机工程与应用,2012,48(28):20-25.
- 9 陈宜吉.铁路货运组织.北京:中国铁道出版社,2006.

[www.c-s-a.org.cn](http://www.c-s-a.org.cn)

[www.c-s-a.org.cn](http://www.c-s-a.org.cn)