

文章编号：1005-8451（2016）02-0007-05

# 编组站运输能力查定计算方法的研究

吴 鑫<sup>1</sup>, 姚宇峰<sup>2</sup>

(1.呼和浩特铁路局 包头西站, 包头 010010;

2.中国铁道科学研究院 通信信号研究所, 北京 100081)

**摘要：**本文结合编组站作业特点，基于编组站综合自动化(SAM)系统的运营环境，利用SAM系统的作业过程数据，对编组站的到发线接发车能力、调车场解编能力、咽喉通过能力以及最终能力的查定计算方法展开研究。

**关键词：**能力查定；编组站；综合自动化系统；空费率

**中图分类号：**U284.67 : TP39 **文献标识码：**A

## Calculation method of transportation capacity check for marshalling station

WU Xin<sup>1</sup>, YAO Yufeng<sup>2</sup>

(1.Baotou West Station, Hohhot Railway Administration, Baotou 010010, China;

2. Signal & Communication Research Institute, China Academy of Railway Sciences, Beijing 100081, China )

**Abstract:** This article combined with the characteristics of marshalling station operation, based on the operating environment of Synthetic Automation of Marshalling yard(SAM)System, used the process data of SAM System, researched on the capability of receiving and dispatching train, decoding ability of marshalling yard, the throat pass ability as well as the calculation method of transportation capacity check.

**Key words:** capacity check; marshalling station; Synthetic Automation of Marshalling yard(SAM)System; idle rate

新一代编组站综合自动化(Synthetic Automation of Marshalling yard, SAM)系统由中国铁道科学研究院与铁路总公司信息技术中心联合研制，它是将车站计划调度系统和信号控制系统综合集成的编组站管理与控制系统。其紧紧围绕“局站一体化”、“管控一体化”、“运维结合”的设计思想，并以行车组织和货运组织为主线，以运输生产安全、高效为目标，充分协调各作业环节的工作，从而提高全员劳动生产率并提供更好的安全保障，提高我国编组站的总体技术水平。

编组站的作业能力直接影响到路网的畅通，伴随着铁路运输市场化及高速铁路运输的高速发展，开行了大量快速列车、夕发朝至/朝发夕至列车和货运“五定班列”，使编组站的作业组织、运转设备承受了很大的压力。

本文结合编组站作业的特点，基于编组站综合自动化系统的运营环境，对编组站的到发线接发车能力、调车场解编能力、咽喉通过能力以及最终能

力的查定计算方法展开研究。

SAM系统运营后，合理使用其丰富的数据资源完成编组站的能力查定，寻找编组站各项作业最薄弱环节，可以为编组站的科学管理、科学决策提供重要依据，以期使编组站的运能发展与铁路运输需求相适应，获得更好的经济效益。

## 1 国内外研究现状

国外学者于数学、运筹学角度进行研究，更注重学术价值，而和实际的生产作业关联并不密切。

国内学者在车站能力优化设计及设计评价方面先后经历了图解计算法、直接计算法、利用率计算法、排队论方法、计算机模拟方法等，并取得了一些成果。但由于信息采集条件的限制，存在人工写实工作量大、不确定因素多等问题，计算得到的数据准确度不高。

## 2 计算方法的研究

### 2.1 基础参数计算

车站的《车站行车工作细则》(简称“站细”)

收稿日期：2015-06-16

作者简介：吴 鑫，工程师；姚宇峰，助理研究员。

里明确规定了车站各岗位工作人员的交接班、吃饭时间以及机车整备时间，同时，站细也规定了设备空费率<sup>[1]</sup>的取值范围和作业的标准时间，但实际计算车站运输能力值时，需要确定的设备空费值和准确的作业时间。因此，在完成能力计算前，需要统计以往作业数据获得确定的设备空费值和作业时间值。

设备的空费率是设备一昼夜或者指定时间内良好状态下空闲时间占设备可用时间的百分比。按照设备类别，对综合自动化系统内编组站的历史作业数据进行统计计算，获得时间段内的设备空闲时间和设备可用时间，经计算得到此时段内的设备空费率，对各时间段内的空费率取加权平均值作为此设备的计算空费率。空费率的权重是根据计算空费率相对作业量的分布规律通过数据挖掘技术获得，并结合站细规定的取值范围。设备空费率计算公式如下：

$$\gamma_j = \sum_{i=1}^n w_i \left( \frac{\sum t_{ij}^{\text{空闲}}}{\sum t_{ij}^{\text{可用}}} \right) \quad (1)$$

式中： $\gamma_j$  表示  $j$  类设备在  $n$  个统计班次或昼夜内的平均空费率； $j$  表示  $j$  类设备； $i$  表示统计的第  $i$  个班次或昼夜； $n$  表示统计的班次或者昼夜数； $w_i$  表示统计的第  $i$  个班次或昼夜内设备的空费率值对平均空费率的贡献权值； $\sum t_{ij}^{\text{空闲}}$  表示第  $i$  个班次或昼夜时间內  $j$  类设备的良好状态下总的空闲时间； $\sum t_{ij}^{\text{可用}}$  表示第  $i$  个班次或昼夜时间内  $j$  类设备的良好状态下总的可用时间。

车站人员进行运输组织分析时，可通过比对实际的平均时间和站细规定的作业时间标准找出影响车站作业效率的瓶颈作业，采取对应的措施解决作业瓶颈。

## 2.2 设备能力值计算

车站的运输能力由运输生产各个环节的运输设备的作业能力综合体现，车站运输能力具体表现为到发线的接发列车能力、咽喉区的通过能力、驼峰的解体能力和编尾牵出线的编组能力。

综合国内外对车站运输能力计算方法，针对编组站作业的不同环节采用不同的计算方法：以公式计算法为基础，结合数理统计的理论，对能力查定计算基础参数获取算法进行优化，剔除或弱化能力

计算基础数据中影响运算准确性的偶然因素，充分考虑作业交叉、设备工作状态等因素。

### 2.2.1 到发线接发列车能力计算

到发场的接发列车能力采用对每条到发线的到发能力汇总的方式获得。计算每条到发线的利用率，根据到发线的作业量和利用率计算本线路的接发能力，最后汇总所有作业股道的能力作为到发场的接发能力。

(1) 到发线利用率的计算。获取统计时间内每条作业股道上列车或者车列的占用时间值作为股道主要作业时间值  $T_{\text{列占}}$ ，调车作业或者本务机走行占用股道的时间值作为主要作业的妨碍时间值  $T_{\text{妨碍}}$ 。计算每条股道在统计时间内可进行接发列车作业的总时间  $T_{\text{总}}$ ，即：

$T_{\text{总}} = (1 - \gamma_{\text{空费}}) (1440 - T_{\text{妨碍}})$ ，股道的利用率可通过下列公式获得。

$$K = \frac{T_{\text{列占}}}{T_{\text{总}}} = \frac{T_{\text{列占}}}{(1 - \gamma_{\text{空费}})(1440 - T_{\text{妨碍}})} \quad (2)$$

作业股道的空费系数  $\gamma_{\text{空费}}$  根据《车站行车工作细则编制规则》规定，在 0.15 ~ 0.20 范围内取值。为了获取较精确的到发线作业能力，按上述的统计方法获得到发线空费率。

列车占用股道时间  $T_{\text{列占}}$  是指由准备列车进路时起至列车完全出清作业股道时止。由计算机实现列车占用时间的统计公式如下：

$$T_{\text{列占}} = \sum_{i=1}^n (w_i - 1) (T_{\text{出清}}^i - T_{\text{准备}}^i) \quad (3)$$

式中， $i$  表示占用股道的第  $i$  种作业； $w_i$  是整数规划变量，表示占用股道的第  $i$  种作业是否是统计的作业类型，如果是则为 2，否则为 1； $T_{\text{出清}}^i$  表示占用股道的第  $i$  种作业的列车、车列或者调机出清此股道的时刻； $T_{\text{准备}}^i$  表示为占用股道的第  $i$  种作业开始准备进路的时刻。

应用上述公式进行妨碍作业时间的统计，仅需将改变变量  $w_i$  所表示的属性，改变其取值即可。

(2) 到发线实际接发列车数统计。到发线实际接发列车数是以指定时间和作业股道为条件，从数据库的列车作业结果数据表中获得。统计公式如下：

$$n_i = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (1 - w_j^i) \quad (4)$$

式中,  $i$  表示到发场的第  $i$  条股道;  $n_i$  表示到发场的第  $i$  条股道实际作业列车数;  $j$  表示占用到发场的第  $i$  条股道的所有作业数量;  $w_j^i$  是  $0 \sim 1$  变量参数, 表示占用到发场的第  $i$  条股道的作业  $j$  的作业种类, 如果作业类型为列车, 取值为 0, 否则为 1。

(3) 到发线接发列车能力计算。到发线接发列车能力是通过统计的实际作业列车数与到发线的利用率进行商运算得到, 某一股道作业能力的计算公式如下:

$$N_i = \frac{n_i}{K_i} \quad (5)$$

(4) 到发场作业能力计算。获得每一条作业股道的接发车能力后, 对作业股道的能力进行加和运算即得到到发场的接发列车能力。计算公式为:

$$N = \sum_{i=1}^n N_i \quad (6)$$

## 2.2.2 解编能力计算

编组站的解编作业错综复杂, 根据对作业过程的分析, 将解编作业抽象化。将解体作业过程抽象为工件搬运和工件加工问题, 待解车列为工件, 调机为搬运工人, 驼峰为加工机器, 作业进路抽象为搬运路径, 将编组作业抽象为工件搬运组装过程, 那么解编作业即可看成工件加工、组装和搬运过程, 作业平台为驼峰和牵出线。通过计算加工平台的利用率, 将调机作为加工的约束条件实现解编能力的计算, 复杂的作业过程即简单、清晰化。解编能力计算可由 2 步完成: 计算设备的利用率和计算设备的作业能力。

### 2.2.2.1 设备利用率计算

#### (1) 设备作业时间统计

驼峰的占用时间由解体推峰进路准备完毕时刻起至解体完毕调机回退至到达场折返股道时止, 驼峰的空闲时间由解体调机走行至折返股道时刻至下一推峰进路准备好时刻止。如果出现调机下峰进行整场作业, 驼峰停止解体溜放作业, 此部分时间统计为驼峰的固定作业范畴内。对于调机的整备、调车组的吃饭、交接班则全部统计为驼峰的固定作业。

通过对编尾的编组作业分析可知, 调机由折返位置经由牵出线的进路准备好时即为编组的开始时刻, 当调机牵引编成车列至出发场股道时止为完成了一次编组列车作业。依据此作业过程进行统计牵出线的占用时间和空闲时间。

由计算机实现作业时间统计的计算公式为:

$$T_{\text{作业}}^i = \sum (T_{\text{作业结束}}^i - T_{\text{准备进路}}^i) \quad (7)$$

式中,  $i$  表示第  $i$  类设备, 例如驼峰线 XT1、牵出线 SQ1 等;  $T_{\text{作业结束}}^i$  表示第  $i$  类设备作业的结束时刻;  $T_{\text{准备进路}}^i$  表示第  $i$  类设备开始作业的准备进路时刻;  $T_{\text{作业}}^i$  表示第  $i$  类设备在指定时间内的作业时间。

式中, 涉及的  $T_{\text{作业结束}}^i$  和  $T_{\text{准备进路}}^i$  等数据均为基础数据处理模块的结果数据, 数据源为作业的指令信息以及作业结果数据。

车站运输设备空闲时间的统计计算公式为:

$$T_{\text{空闲}}^i = \sum_{j=1}^n (T_{j\text{准备进路}}^i - T_{j-1\text{作业腾空设备}}^i) \quad (8)$$

式中,  $j$  表示使用第  $i$  类设备进行的第  $j$  个作业项;  $T_{j\text{准备进路}}^i$  表示使用第  $i$  类设备进行第  $j$  个作业项的准备进路时刻;  $T_{j-1\text{作业腾空设备}}^i$  表示使用第  $i$  类设备进行第  $j-1$  个作业项的腾空设备时刻;  $T_{\text{空闲}}^i$  表示指定时间内由第  $i$  类设备完成  $n$  个作业项, 第  $i$  类设备在设备状态良好时的空闲时间。

#### (2) 设备利用率计算

通过对作业数据的统计, 将数据代入计算公式

$$K = \frac{T_{\text{作业}}^i}{(1440 - \sum t_{\text{固}})} (1 - \gamma_{\text{空费}}) \quad \text{获得驼峰或者牵出线的利用率。}$$

对于在解体、编组作业系统里面有多台调机时, 调机之间的作业存在妨碍。所以, 处理设备的空费时, 将调机之间的妨碍考虑在内, 从而将调机之间的妨碍进行转移, 使得调机之间复杂的作业妨碍问题得到简化。

### 2.2.2.2 设备作业能力计算

获得单个峰别、牵出线的利用率后, 根据

$$N = \frac{n}{K} + n_{\text{摘挂}} \quad \text{获得本峰、牵出线的作业能力, 然后将作业能力汇总得到驼峰或者编尾的作业能力。即:}$$

$$N_{\text{解体}} = \sum N_i, N_{\text{编组}} = \sum N_i \quad (9)$$

### 2.2.3 咽喉通过能力计算

咽喉区的通过能力是由选定的关键道岔或者道岔组的通过能力体现，在一昼夜或者指定时间段内，本咽喉区的关键道岔或者道岔组可以通过的列车数。所以，咽喉区的通过能力计算可分2步进行。

#### 2.2.3.1 咽喉区关键道岔或者道岔组的选定

咽喉区关键道岔或者道岔组选定的原则为：到达场或者出发场衔接两个及其以上方向时，按照衔接方向分别确定接车进路或者发车进路上工作负荷最大的道岔或者道岔组作为本接车进路或者出发进路的关键道岔组。遵循上述原则，统计作业进路数据，获得作业进路占用道岔或道岔组的负荷量，从而确定关键道岔或道岔组。能力计算软件依据以下公式按照衔接方向别、进路别、道岔别（或道岔组）进行关键道岔或道岔组的确定。

$$S_j = \max\left(\sum_{j=1}^n \sum_{r=1}^m T_{jr}^S\right) \quad (10)$$

式中， $j$  表示到达场或出发场所衔接的  $n$  个作业方向中的第  $j$  个方向； $r$  表示到达场或出发场衔接的第  $j$  个方向上所排布的  $m$  条进路中的第  $r$  条进路； $T_{jr}^S$  表示到达场或出发场衔接的第  $j$  个方向上排布的第  $r$  条进路占用道岔或者道岔组  $S$  的时间； $S_j$  表示到达场或出发场衔接的第  $j$  个方向的关键道岔或道岔组。

#### 2.2.3.2 咽喉区通过能力计算

咽喉区通过能力的计算是对关键道岔或者道岔组占用、出清时间的统计，获得道岔或者道岔组的利用率。结合实际作业列车列数和利用率获得咽喉的通过能力。如果本作业场衔接两个及其以上方向时，将各个方向的能力进行加和就为本咽喉区的通过能力；如果作业场仅衔接一个方向时，咽喉区的通过能力等于该方向上各条进路咽喉关键道岔或者道岔组的能力之和。

关键道岔或者道岔组的占用时间统计  $T_{\text{占用}}^i$  为：

$$T_{\text{占用}}^i = \sum_{j=1}^n (T_{j\text{出清}}^i - T_{j\text{准备}}^i) \quad (11)$$

式中， $j$  表示使用咽喉区  $i$  号道岔或道岔组的第  $j$  条进路； $T_{j\text{出清}}^i$  表示作业的第  $j$  条进路出清咽喉区  $i$  号道岔或道岔组的时刻； $T_{j\text{准备}}^i$  表示准备的第  $j$  条作业进路，占用咽喉区  $i$  号道岔或道岔组的时刻； $T_{\text{占用}}^i$

表示指定时间内在咽喉区的作业对  $i$  号道岔或道岔组占用的总时间。

计算咽喉区关键道岔或者道岔组的利用率时，由于其作业负荷量包括调机、本务机走行，调机、本务机占用必然影响到列车进路的排布，因此计算利用率时将调机、本务机走行占用作为妨碍列车作业的固定作业。此时，利用率所反映的就是可用于接发列车的设备利用状况。如有站间有车次的单机调移作业，那么接入到发场作业可看作是列车作业，计算利用率时按照列车占用统计。

获得咽喉区关键道岔或者道岔组的利用率之后，按照衔接的方向分别对通过本咽喉区的列车数进行统计，用获得的列车数与利用率求商，并将各个方向的通过能力值进行加和汇总得到本咽喉区的通过能力。实现计算的公式如下：

$$N = \sum_{j=1}^n \left( \frac{\sum_{i=1}^m (n_{sj}^i)}{K_s} \right) \quad (12)$$

式中， $j$  表示到发场衔接的第  $j$  方向； $i$  表示衔接第  $j$  方向占用  $s$  道岔或道岔组的第  $i$  个作业项； $n_{sj}^i$  表示衔接第  $j$  方向占用  $s$  道岔或道岔组的第  $i$  个作业项的作业量； $K_s$  表示衔接第  $j$  方向的作业进路所占用  $s$  道岔或道岔组的利用率； $N$  是衔接发场咽喉区的通过能力。

#### 2.2.4 车站最终能力确定

将车站咽喉道岔、到发线的通过能力，驼峰、牵出线的改编作业能力进行汇总，得到在统计时间段内车站实际作业能力值。针对最大能力和较小能力进行详细分析和综合平衡，针对车站设备能力的薄弱环节，重新调整有关各项设备的作业分工，将繁忙部分担当的作业，重新加以分配，分配给作业较少的部分担当，以满足全站较大行车量的需要。通过综合平衡以及各有关设备能力的再分配后，所得的车站各车场每昼夜所能通过的最大货物列车数，就是车站最终的作业能力。实现的计算公式如下：

$$N_{\text{到达}} = \min(N_{\text{到达场}}, N_{\text{驼峰}}, N_{\text{咽喉区}}) \quad (13)$$

$$N_{\text{出发}} = \min(N_{\text{出发场}}, N_{\text{牵出线}}, N_{\text{咽喉区}}) \quad (14)$$

#### 2.2.5 数值检验

按照上述的计算方法，采集呼和浩特铁路局包

头西站3个月的作业过程数据，得到编组站的各项作业能力。按照包头西站所配属的作业股道数以及列车占用股道作业的平均时间，查《GB13231-1991铁路编组站到发线通过能力计算方法》，将获得的能力值与附件表中所记载的能力值进行比对，检验获得的计算值，计算值位于规定取值范围内，满足能力查定要求。

### 3 结束语

编组站运输能力查定将编组站的设备信息、作业信息以及作业过程信息有机地融合，综合展现运输生产各个环节的作业能力，为运输组织指挥人员调整运输组织模式、站场改扩建提供准确的数据支持，

(上接P2)

目前采用的客运量预测方法是客票预售分布预测值与客流变化趋势预测值的拟合。图4是从上述两个角度对客运量进行独立预测的结果分布图。



图4 两种时间序列分别进行春运客运量预测分析图

可以看出采用两种不同的时间序列分析方法分别进行2010年客运量预测时与2010年实际客运量的差异。节前预售情况预测比较接近实际值，节后历年客运量预测值比较接近实际值。这充分证明了前面的论述：客运量具有稳定的形态，可以在预测中相对较为平衡的保持客运量的波动形态。客票预售情况预测在节后不太理想的主要原因经过分析，和预售期的调整有关，因为2007年、2008年、2009年的预售期与2010年调整的预售期不尽相同，这样直接引起的就是预售规律的随之破坏，从而导致预测结果的偏差。

图5给出了采用HAP方法进行铁路发送量预测

使编组站运输生产组织工作更合理、科学，有助于制定车站发展规划，实现编组站综合效益的最大化。

### 参考文献：

- [1] 孔庆铃，刘其斌. 铁路运输能力计算与加强 [M]. 北京：中国铁道出版社，2008.
- [2] 杨介平. 铁路运输能力的计算与利用 [M]. 北京：中国铁道出版社，2001.
- [3] H·B·普拉夫金. 车站配线及能力计算方法 [M]. 刘其斌，北京：北方交通大学出版社，1986.
- [4] 李玉旦，彭辉. 车站技术作业过程和通过能力查定计算管理系统研究 [J]. 铁路计算机应用，1999, 8 (3) : 11-13.
- [5] 刘澜，甘灵. 车站咽喉通过能力可视化计算集成系统的研究 [J]. 数学的实践与认识，2005, 35 (2) : 80-86.

责任编辑 陈蓉

的2010年预测案例，预测误差整体小于5%，证明了HAP方法的有效性和可用性。

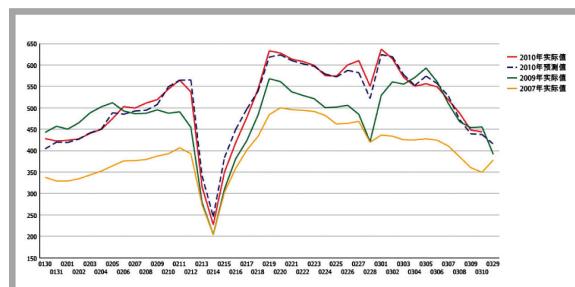


图5 2010年铁路春运客流预测曲线图

### 3 结束语

本文从铁路的客流规律研究出发，发现客流具有良好的稳定性、显著的周期性和趋势性，通过采用差分的方式自动识别客流规律，将历史数据和实时产生的预售数据引入预测，并将重要的运输能力因素引入预测，从而提高预测的精确性。实际的铁路客运量预测结果表明了该方法在进行铁路总量预测时的可行性和有效性。

### 参考文献：

- [1] 张振利. 适应中国高速铁路客流特性的售票组织策略优化研究 [J]. 铁道经济研究，2010 (6) : 43-45.
- [2] 何勇，鲍一丹. 随机型时间序列预测方法的研究 [J]. 系统工程理论与实践，1997 (1) : 36-43.
- [3] 王燕. 应用时间序列分析 [M]. 北京：中国人民大学出版社，2005.

责任编辑 陈蓉