

文献标识码: B 文章编号: 1003-0492 (2021) 04-086-04 中图分类号: TP271

郑州市轨道交通自动售检票系统终端设备配置研究

Research on Terminal Equipment Configuration of ZhengZhou Rail Transit Automatic Fare Collection

★杨小彦 (郑州地铁集团有限公司, 河南 郑州 450000)

摘要: 城市轨道交通自动售检票系统是轨道交通所有系统中直接为乘客提供服务且决定公司收益的重要系统之一, 其站厅终端设备的合理布置对服务质量、车站客流的组织和成本节约等方面均起着重要的作用。本文结合车站终端设备的布置情况及运营经验, 对郑州市轨道交通自动售检票系统终端设备的配置进行了较充分的研究, 为新建线路车站的自动售检票设备的配置提供依据。

关键词: 城市轨道交通; 自动售检票系统; 车站终端设备配置

Abstract: The automatic fare collection of urban rail transit is one of the most important systems in the rail transit system, which directly provides services for passengers and determines the company's revenue. The reasonable arrangement of terminal equipment in the station plays a very important role in the service quality, the organization of passenger flow and cost saving. Combined with the arrangement of terminal equipment operation and operation experience, this paper makes a sufficient study on the configuration of the terminal equipment in the automatic fare collection of Zhengzhou rail transit, so as to provide a basis for the configuration of the automatic fare collection equipment in the newly-built railway stations.

Key Words: Urban rail transit; Automatic fare collection; The configuration of station terminal equipment

1 背景分析

对客流组织的深入研究发现, AFC系统终端设备(SLE)的配置数量与布局是影响乘客进出站、乘车效率的重要因素。自动售票机(Ticket Vending Machine, TVM)和自动检票机(Automatic Gate Machine, AGM)的配置数量, 直接关系到乘客出行方便、车站客流引导等问题。

为了优化目前建设中存在的问题, 本文结合郑州

地铁已运营线路客流数据, 对车站AFC系统终端设备的配置进行了深入研究。

2 郑州市轨道交通自动售检票系统终端设备配置研究

2.1 理论预测数量计算

下文以车站站厅使用率最高的自动售票机和自动检票机为例, 分析其理论预测客流值计算下的配置数量:

(1) 自动售票机

$$N_s = 1 + \frac{N_j \times K_c \times K_f \times K_s \times [K_d \times K_{sd} + (1 - K_d)]}{V_s \times 60}$$

其中,

N_s : 自动售票机计算数量, 向上取整, 单位为台;

N_j : 高峰小时进站人数, 单位为人次/小时;

K_c : 超高峰小时系数, 取值为1.1~1.4;

K_f : 分向客流比例, 指站厅每端进站客流的比例;

K_s : 设备裕量, 取为1.1~1.2;

K_d : 使用单程票的比例;

K_{sd} : 使用自动售票机购买单程票的比例;

V_s : 自动售票机售卖能力, 单位为人/分·台。

(2) 自动检票机

· 进站检票机

$$N_e = 1 + \frac{N_j \times K_c \times K_f \times K_e}{V_e \times 60}$$

其中,

N_e : 进站检票机的计算数量, 向上取整;

N_j : 高峰小时进站人数, 单位为人次/小时;
 K_c : 超高峰小时系数, 取值为1.1~1.4;
 K_f : 分向客流比例, 指站厅每端进站客流的比例;
 K_e : 设备富裕量, 取值为1.1~1.5;
 V_e : 进站检票机通过能力, 单位为人/分·通道。
· 出站检票机

$$N_x = 1 + \frac{N_c \times K_c \times K_f}{V_x \times 60} \times \frac{T_j}{T_c}$$

其中,
 N_x : 出站检票机计算数量, 向上取整, 单位为通道;
 N_c : 高峰小时出站人数, 单位为人次/小时;
 K_c : 超高峰小时系数, 取值为1.1~1.4;
 K_f : 分向客流比例, 指站厅每端出站客流的比例;
 T_j : 高峰小时行车间隔, 单位分为分;
 T_c : 乘客出清时间, 单位分为分;
 V_x : 出站检票机设计通过能力, 单位为人/分·通道。

通过上述计算公式可知, 自动售检票机的配置数量, 主要受预测客流准确性、超高峰小时系数、站厅客流数据、单程票使用比例、售票机售卖能力、检票机通信能力和行车间隔等因素的影响。

2.2 实际客流与预测客流分析研究

以郑州地铁1号线为例, 单站客流对比计算分析, 如表1所示。

表1 1号线各车站实际客流与预测客流对比

车站	预测		实际		预测与实际比例	
	进站	出站	进站	出站	进站	出站
西湖流站	2170	1776	3015	2789	0.72	0.64
西三环站	1985	1600	1997	1349	0.99	1.19
秦岭路站	2653	2088	3915	3702	0.68	0.56
五一公园	4845	5676	3550	2775	1.36	2.05
碧沙岗	2845	3106	2231	1668	1.28	1.86
绿城广场	3790	4074	2680	2102	1.41	1.94
医学院站	3548	3974	2283	2171	1.55	1.83
郑州火车站	3866	4556	5490	7349	0.7	0.62
二七广场站	6972	6746	7927	6672	0.88	1.01
人民路站	3409	4510	2716	1811	1.26	2.49
紫荆山站	14745	16062	3587	5869	4.11	2.74
燕庄站	5654	7160	2694	2630	2.1	2.72
民航路站	3844	5133	2479	2672	1.55	1.92
会展中心站	6768	8715	4173	7116	1.62	1.22
黄河南路站	4895	4039	2242	1750	2.18	2.31

农业南路站	6404	5287	2634	2861	2.43	1.85
东风南路站	4092	3595	3052	3639	1.34	0.99
郑州东站	5647	4712	6232	6672	0.91	0.71
博学路站	4701	3961	1677	1047	2.8	3.78
市体育中心	4181	3698	4929	6856	0.85	0.54
比例					1.4	1.59

通过对上表的数据对比, 预测客流与实际客流偏差较大的是火车站及商业中心附近的车站。此类车站影响因素较多, 在后续的计算分析中, 选择普通车站计算预测客流与实际客流的差额比。

2.2.1 进出站检票机设备数量分析

2.2.1.1 进站检票机

进站检票机实际与预测布置对比如表2所示。

表2 进站检票机实际与预测布置对比

站名	预测客流计算	实际客流计算	实际客流与预测客流比例	实际布置	实际布置同预测布置比例
西湖流站	4	3	0.75	10	2.5
西三环站	3	2	0.67	6	2
秦岭路站	4	4	1	6	1.5
五一公园	7	3	0.43	9	1.3
碧沙岗	5	2	0.4	6	1.2
绿城广场	6	3	0.5	6	1
医学院站	5	2	0.4	6	1.2
郑州火车站	6	5	0.83	10	1.7
二七广场站	10	7	0.7	10	1
人民路站	5	3	0.6	6	1.2
紫荆山站	14	3	0.21	11	0.8
燕庄站	7	3	0.43	8	1.1
民航路站	5	3	0.6	8	1.6
会展中心站	9	4	0.44	9	1
黄河南路站	6	2	0.33	7	1.2
农业南路站	8	3	0.38	6	0.8
东风南路站	6	3	0.5	6	1
郑州东站	8	6	0.75	12	1.5
博学路站	6	2	0.33	6	1
市体育中心	5	5	1	6	1.2

选取表2中除特殊车站之外的站点, 对表2中的各个车站实际客流计算的布置结果与预测客流计算的布置结果求加权平均, 得出比例为0.6。

2.2.1.2 出站检票机

出站闸机的情况与进站检票机的类似, 根据各个车站实际客流计算的布置结果与预测客流计算的布置结果求加权平均, 得出比例为0.5。

2.2.1.3 现场设备使用情况调研

表3是通过现场实际调研观察及运营反馈，获得的
车站进出站检票机数量评估表。

表3 实际设备情况

类型	车站	车站客流特点	出站 闸机 数量	高峰时段
设备不 够用	东风南 路站	上班族较多，客流 较为集中，早高峰 半小时出站客流在 2600人以上	6	08:00~09:00
	秦岭路站	居民集中区，且靠 近客运西站	6	17:30~19:00
可以满 足使用	人民路站	客流量适中	8	
	碧沙岗站		6	
设备配 置较为 充裕	博学路站	客流量较小	6	
	西三环站		6	
其他	二七广场	周末及节假日期间客流较大，设备数量 明显不足		
	郑州东站			
	郑州火 车站			

以上均不考虑特殊情况

通过表3可以看出，东风南路站由于上班族较多，
秦岭路站由于靠近居民区，晚高峰出站客流量较大。根
据预测客流，此两车站均配置6台出站检票机，不会产
生拥堵。

2.2.1.4 计算公式参数修正

为了准确的计算检票机数量，进出站检票机20人/分钟
较为合理。计算结果如表4、5所示。

表4 公式参数修订后计算数量

车站	原公式计算出站		修正后计算出站	
	富裕度1.1	通行能力 25人/分钟	富裕度1.1	通行能力 20人/分钟
碧沙岗站		4		5
人民站		4		5

表5 公式参数修订后计算数量

车站	实际布置 数量	计算所得 数量	实际比计算	加权平均
碧沙岗	6	5	1.2	1.4
人民路	8	5	1.6	

根据出站检票机的计算公式（实际客流）及与实
际配置数量1.4的比例，推荐计算结果的富裕度系数调
整为1.5（原富裕度系数×1.4比例≈1.5）。

2.2.1.5 分析结论

（1）以预测客流为前提，充分考虑终端设备的处
理能力、使用比例以及乘客主观通行能力和耗时；

（2）结合既有运营线路研究成果，计算AGM设备
数量时，富裕度系数按1.5考虑；

（3）汽车站、火车站附近的站点，尽量多预留出
站闸机位置；三环内重要商务办公区、商业中心附近的
站点，闸机宜按不少于10进12出设置；三环内普通站
点、三环外重要商务办公区、商业中心附近的站点，闸
机宜按不少于8进10出设置；三环外普通站点，宜按照
6进8出设置。

2.2.2 自动售票机设备数量分析

自动售票机设备数量受周边环境、车站建筑形
式、自动检票机布置、购票能力等影响。计算依据中最
重要的有如下两点：

（1）单程票的使用比例；

（2）自动售票机的实际购票能力；

2.2.2.1 单程票比例

以1号线为例，各类票卡使用比例如表6所示。

表6 1号线各类票卡使用比例

序号	站点	一卡通	单程票	二维码	其他
1	郑州东站	28.06%	38.31%	30.27%	3.36%
2	郑州火车站	28.78%	34.48%	33.75%	2.99%
3	西流湖	41.22%	27.67%	24.57%	6.54%
4	二七广场站	27.36%	27.41%	43.72%	1.52%
5	医学院站	43.20%	22.78%	31.01%	3.02%
6	紫荆山站	44.03%	21.80%	29.13%	5.03%
7	人民路站	43.89%	20.97%	31.37%	3.76%
8	博学路	35.92%	19.97%	27.60%	16.50%
9	市体育中心	37.72%	18.92%	38.91%	4.45%
10	燕庄站	44.32%	16.52%	37.26%	1.90%
11	东风南	45.32%	16.19%	36.49%	2.00%
12	会展中心站	47.04%	15.77%	35.25%	1.93%
13	黄河南	49.42%	15.67%	32.44%	2.47%
14	秦岭路	48.30%	14.72%	33.69%	3.29%
15	民航	45.34%	13.04%	37.03%	4.59%
16	五一公园	52.82%	12.84%	28.75%	5.59%
17	农业南	53.77%	12.66%	31.43%	2.14%
18	西三环	51.69%	12.54%	30.46%	5.30%
19	碧沙岗	53.78%	11.74%	30.11%	4.36%
20	绿城广场站	56.03%	11.50%	29.57%	2.91%

由上表分析可得，二维码车票的大量使用，使地
铁实体单程票发售及使用量逐渐减少，大部分车站单程
票与一卡通、二维码和其他票种的比例基本在2:8和1:9
之间。考虑到2019年郑州地铁上线的电子票业务还不
够文档，票种比例按照2:8考虑。

2.2.2.2 购票能力

通过现场观察设备实际购票测试，得出表格中测试数据：现金TVM的处理能力大概在3人/分钟左右；网络购票TVM的处理能力略高于现金。考虑到所有的TVM都支持网络购票，所以TVM的处理能力按照4人/分钟计算。结果如表7所示。

表7 TVM购票能力测试

	现金	网络
人民路	2~3人	3人
会展中心	4人	5人
火车站	2~3人	2~3人
郑州东站	3人	4~5人
二七广场	2~3人	3~4人

根据2.2章节的客流数据，按照调整完的参数、预测客流、实际客流计算TVM配置数量及现场实际布置数量，具体计算结果如表8所示。

表8 自动售票机实际与预测布置对比

自动售票机数量统计									
车站	实际客流				预测客流				现场实际布置
	早高进	晚高进	MAX (C进)	配置数量	早高进	晚高进	MAX (C进)	配置数量	
西湖流站	2771	3015	3015	4	2170	1138	2170	3	8
西三环站	1997	814	1997	2	1985	973	1985	2	5
秦岭路站	3915	1877	3915	4	2653	1545	2653	3	5
五一公园	3550	2361	3550	3	4845	4802	4845	5	10
碧沙岗	2231	1226	2231	2	2845	2602	2845	3	5
绿城广场	2680	1720	2680	3	3790	3372	3790	4	7
医学院站	2283	1833	2283	2	3548	3358	3548	5	7
郑州火车站	4393	5490	5490	7	3589	3866	3866	5	16
二七广场站	1748	7927	7927	10	6972	5695	6972	9	27

参考文献：

[1] GB 50157-2003. 地铁设计规范[S].
[2] GB 50490-2009. 城市轨道交通技术规范[S].
[3] 罗慧, 洪澜. 广州市轨道交通自动售检票系统现场设备数量的确定[J].城市轨道交通研究, 2006, (7): 55 - 57.
[4] 叶年发. 铁路客运专线自动检票系统的研究[J]. 中国铁道科学, 2006, 27 (3): 101 - 105.
[5] 张新芳. 自动售检票系统应用于客运专线方案探讨[J]. 自动化与仪表, 2006, (2): 20 - 22.

2.2.2.3 分析结论

通过以上分析，初步确定自动售票机的布置原则如下：

- (1) 单程票和其余票种的比例：按照近期2：8计算；
- (2) TVM处理能力：按照4人/分钟计算；
- (3) 汽车站、火车站附近的站点，根据（1）、（2）的计算结果及建筑形式，近期布置不宜少于10台，并尽量多预留安装位置；三环内重要商务办公区、商业中心附近的站点，宜配置不少于5台；三环内普通站点，三环外重要商务办公区、商业中心附近的站点，三环外普通站点，宜配置不少于4台。

2.3 现场情况分析

通过2.2章节的分析，AGM的实际配置与基于本文研究结果的配置原则基本一致；同时鉴于二维码的全线网使用未稳定，AGM设备配置需考虑一定冗余。根据本文研究的理论计算值，同时结合现场运营人员的实际反馈，对现场的部分TVM设备进行关闭测试。现场观察，排队购买车票的乘客并没有产生拥堵的现象，实际购买车票的数量没有明显的增加或者减少。

3 结束语

AFC系统线网具有一定相关性，由于每个车站具有其独特的客流特征和站型结构，在对车站的售检票终端设备数量配置进行计算时，需要考虑合理调整计算公式中所选取的参数。本文对自动售检票系统终端设备配置的影响因素进行了详细阐述，实际应用中可结合轨道交通行业新技术的发展深入研究，以便配置方案更加合理、可靠，在满足车站乘客使用的同时节省建设成本、提高运营组织效率。AP

作者简介：

杨小彦（1988-），女，甘肃天水人，工程师，硕士，现就职于郑州地铁集团有限公司技术管理部，主要研究方向为软件工程。