

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2019.02.011

# 基于 PLS 回归的轨道交通企业融资结构与 经营绩效关系研究

肖俊斌, 秦海姣

(湖南工业大学 经济与贸易学院, 湖南 株洲 412007)

**摘要:** 以上海证券交易所和深圳证券交易所上市的 25 家轨道交通上市公司为研究样本, 首先运用 SPSS 软件, 采用因子分析法对其经营绩效进行得分评定; 其次运用 Matlab 软件, 构建偏最小二乘回归模型, 并对其融资结构与经营绩效影响关系进行分析。实证结果表明, 轨道交通上市公司的内源融资比率、流动负债比率与其经营绩效呈正相关, 而长期负债比率、股权融资比率、商业信用比率与其经营绩效呈负相关。建议作为城市经济和社会发展重要载体的轨道交通企业, 应不断完善自我积累机制, 提升资金利用能力, 调整负债结构, 加强对负债融资的监督约束。同时, 建立严格的股权融资制度, 避免股权过度集中。

**关键词:** 轨道交通上市公司; 融资结构; 经营绩效; 偏最小二乘回归; PLS

**中图分类号:** F407.47

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1673-9833(2019)02-0060-07

**引文格式:** 肖俊斌, 秦海姣. 基于 PLS 回归的轨道交通企业融资结构与经营绩效关系研究 [J]. 湖南工业大学学报, 2019, 33(2): 60-66.

## Research on the Relationship Between Financing Structure and Operating Performance of Rail Transit Enterprises Based on PLS Regression

XIAO Junbin, QIN Haijiao

(College of Finance and Economics, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

**Abstract:** With 25 rail transit listed companies in Shanghai and Shenzhen stock exchanges as research samples, firstly by using SPSS software, the factor analysis has been used to evaluate its performance. Secondly, the partial least squares regression model has been constructed by using Matlab software, followed by an analysis of the relationship between financing structure and business performance. The empirical results show that the endogenous financing ratio and current debt ratio of rail transit listed companies are positively correlated with their operating performance, while the long-term debt ratio, equity financing ratio and commercial credit ratio are negatively correlated with their operating performance. A proposal has been made that as an important carrier of urban economic and social development, rail transit enterprises should constantly improve the self-accumulation mechanism, enhance the capital utilization ability, adjust the liability structure, and strengthen the supervision and restraint on liability financing. Meanwhile, a strict equity financing system should be established to avoid excessive concentration of equity.

**Keywords:** financing structure; operating performance; factor analysis; partial least squares regression; partial least squares (PLS)

收稿日期: 2018-05-03

作者简介: 肖俊斌 (1964-), 男, 湖南衡阳人, 湖南工业大学教授, 主要从事会计理论与方法及审计理论与方法方面的教学与研究, E-mail: 752136180@qq.com

## 0 引言

近年来,随着我国经济和国家城市群规划建设的高速发展,城市轨道交通呈现出爆炸式发展。作为轨道交通重要组成部分的城市轨道交通,以其运输量大、速度快、无污染、节省能源等优势,成为了公共交通中的主力军,在中国走向新型城镇化建设道路中发挥着至关重要的作用。同时,在“一带一路”的战略背景下,面对庞大的经济总量和稠密的人口分布,作为大运量的铁路交通将成为“一带一路”的先头部队。“一带”沿线、辐射区域、“一路”港口和内陆纵深的交通枢纽、节点,汇通腹地城市的轻轨、地铁、城际铁路,形成庞大的交通需求,使轨道交通走向新一波发展高峰。但是在轨道交通产业发展建设浪潮下,其融资结构不合理、成本高、模式单一等融资问题层出不穷,致使作为准公益服务型产品的轨道交通经济效益持续低迷。如何才能更好、更快地从“城轨大国”驶向“城轨强国”,迎来全面“轨道交通”时代,优化融资结构、提高经营绩效成为了亟待解决的问题。

基于以上原因,本文拟对在上海证券交易所和深圳证券交易所上市的25家轨道交通上市公司为研究样本,首先运用统计产品与服务解决方案(statistical product and service solutions, SPSS)软件,采用因子分析法对其经营绩效进行得分评定;再运用Matlab软件,构建偏最小二乘回归模型,并对其融资结构与经营绩效影响关系进行分析,以期对债务人、投资者以及其他利益相关者提供参考依据。

## 1 轨道交通业概述

轨道交通是指依据特定轨道固定线路的公共交通工具或者运输系统。广义上来讲,轨道交通是以轨道形式为主,包含绳索铁路、干线铁路、有轨电车高速铁路等<sup>[1]</sup>;而狭义的轨道交通一般是指城际轨道交通和城市轨道交通,简称城轨。依据轨道交通行业自身的特殊性,可以将轨道交通上市公司的共有特征归纳为如下3个方面。

1) 资源密集型企业。轨道交通不仅造价高、投资金额巨大,并且投资回收周期较长,是典型的资源密集型企业<sup>[2]</sup>。从本研究选取的25家轨道交通上市公司可以看出,2017年其总资产规模均值已经高达752亿元人民币。其中,总资产规模最小的为华虹计通,其总资产规模为5亿元人民币;最大的为中国铁建,其总资产规模为7593亿元人民币。根据轨道交通官方网站公布的数据,2017年,我国32座城市新

增52段轨道开工线路,合计里程为1415.96 km,车站共839座,总投资额为8216.79亿元人民币,但是其完工度不及40%,建设周期均大于2 a。

2) 社会公益性。一般来说,作为定位为公益性服务型产品行业的轨道交通业,其建设目的就是向公众提供准时、快速、运输量大并且安全舒适的公共服务,因而导致轨道交通企业无法按照运营成本制定相应的票价,所以其带来的社会效益往往远超过其经济效益,这也是城轨日益受到政府和公众亲睐的原因之一<sup>[3]</sup>。

3) 规模经济。规模经济特征可以用最低效率规模与规模报酬递增进行解释,前者为生产产品过程中平均成本降至最小值时所对应的产量<sup>[4]</sup>,后者则为产品投入要素的增加额小于产品产出的增加额。轨道交通企业需要经过建设期、成长期、成熟期3个发展阶段,其成本增加的速度会日益减缓。与此同时,线路网逐渐完善,社会效益与经济效益同时增加,其运营效率随之不断提高。此时,规模经济的经济特征尤为明显。

轨道交通上市公司融资因具有投资金额大、回收周期长、经济效益低迷的特征,导致其难以引起社会资本的兴趣<sup>[5]</sup>。根据最新修订的《中长期铁路网规划》,到2020年,我国铁路网的规模目标将达到 $15 \times 10^5$  km,其中高速铁路将达 $3 \times 10^5$  km。作为“一带一路”战略的重要角色,轨道交通上市公司的经营绩效决定其是否能可持续发展。“易建设,运营难”是当今部分城市轨道交通的现状,因此轨道交通上市公司的运营是否优良对轨道交通发展建设的可持续性有着决定性作用。

## 2 融资结构与经营绩效影响实证分析

偏最小二乘法(partial least squares, PLS),是目前为止较为前沿的多元回归方法,由S. Wold等人于1983年首次提出。在传统的多元回归模型中,当总体数据符合高斯-马尔科夫假设条件时,若其中具有 $\mathbf{Y}=\{y_1, y_2, \dots, y_p\}$ 和 $\mathbf{X}=\{x_1, x_2, \dots, x_p\}$ ,运用最小二乘法,可得出

$$\hat{\mathbf{Y}} = \mathbf{X}(\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1} \mathbf{X}^T \mathbf{Y}$$

从上式中的可逆矩阵 $(\mathbf{X}^T \mathbf{X})^{-1}$ 得知,其可能因为自变量个数较多,样本量较少,导致自变量之间具有多重相关性,使得预测结果与实际结果严重偏离。针对这个难题,将相互正交的主成分 $\mathbf{F}_1$ 、 $\mathbf{G}_1$ 从自变量 $\{x_1, x_2, \dots, x_p\}$ 、 $\{y_1, y_2, \dots, y_p\}$ 中提取出来,为了使主成分 $\mathbf{F}_1$ 能更准确地诠释 $\mathbf{G}_1$ ,令 $\text{Var}(\mathbf{F}_1) \rightarrow \max$ 、

$Var(\mathbf{G}_1) \rightarrow \max$  且  $Cov(\mathbf{G}_1, \mathbf{F}_1) \rightarrow \max$ , 此时  $\mathbf{G}_1$ 、 $\mathbf{F}_1$  应满足  $r(\mathbf{G}_1, \mathbf{F}_1) \rightarrow \max$ 、 $\mathbf{G}_1^T \mathbf{G}_1=1$  以及  $\mathbf{F}_1^T \mathbf{F}_1=1$ <sup>[6]</sup>。然后运用 PLS 对  $\mathbf{F}_1$  进行回归分析。接下来, 循环利用  $\mathbf{X}$  和  $\mathbf{Y}$  对  $\mathbf{F}_1$  上次解释后的残余信息继续进行回归分析, 直至精确度达到上述条件要求为止。最后, 将  $y_k(k=1, 2, \dots, q)$  对从自变量  $\{x_1, x_2, \dots, x_p\}$  中提取出来的  $m$  个主成分  $\mathbf{F}_1, \mathbf{F}_2, \dots, \mathbf{F}_m$  的回归方程, 转化为  $y_k(k=1, 2, \dots, q)$  对自变量  $x_j(j=1, 2, \dots, q)$  的回归方程<sup>[7]</sup>。

基于上述分析, PLS 回归不但解决了自变量间复共线性的难题, 并且当  $\mathbf{F}_1$ 、 $\mathbf{G}_1$  相关时, 自变量  $\mathbf{X}$  和因变量  $\mathbf{Y}$  也高度相关。此时, 与岭回归 (ridge regression, RR)、主成分回归 (principal component regressin, PCR) 相比, PLS 回归模型算法结合了回归建模、主成分分析、两组变量间的典型相关性分析, 因而能够有效地提取对系统解释能力最强的综合变量, 去除一些多重相关信息和外界环境的不确定性因素, 增强模型稳健性, 进而使得预测结果更加精确<sup>[8]</sup>。经过数十年的理论研究与应用, PLS 回归已经被运用于多个领域, 比如计量化学、生物医学、工业设计、市场分析等<sup>[9]</sup>。

2.1 变量定义

综合我国轨道交通上市公司的自身行业特点、融资来源与财务报表信息, 为得到更加科学与合理的研究理论, 本文根据财务指标易获得性和代表性的特点, 设置融资结构和经营绩效两套指标体系。

2.1.1 自变量的选择

本研究选择的自变量及其定义如表 1 所示。

表 1 自变量及其定义  
Table1 Variables with definition

变量名称	变量符号	变量定义
内部融资率	NY	(盈余公积 + 未分配利润) / 总资产
股权融资率	GQ	(股本 + 资本公积) / 总资产
长期负债率	JR	长期负债 / 总资产
流动负债率	LD	流动负债 / 总资产
商业信用比率	SY	(应付账款 + 预收账款 + 应付票据) / 总资产

轨道交通上市公司融资结构对其经营绩效的影响研究可以从以下 3 个方面开展: 内部融资、外部融资以及股权融资。轨道交通属于城市公共事业的一部分, 且“一带一路”的热浪也正使得政府大力发展轨道交通建设, 所以其融资来源主要包括政府拨付的资金 (包括轨道交通发展专项资金, 市、区 (县) 财政分摊出资, 国家专项建设基金等)、债务资金 (包括银行贷款、外国政府和国际金融组织贷款、企业债券、融资租赁、绿色债务融资工具等)、PPP

(public-private-partnership) 模式的股权融资 (包括 PPP 基金、保险股权投资计划) 及 PPP 模式的债权融资 (包括银行贷款及其他融资方式)<sup>[10]</sup>。根据以上融资方式对轨道交通上市公司归整划分之后加以分析, 可选定如表 1 所示自变量。

2.1.2 因变量的选择

基于轨道交通上市公司的特征, 其绩效评价指标体系由盈利能力、发展能力以及营运能力 3 个方面构成<sup>[11]</sup>, 筛选出的因变量财务指标如表 2 所示。

表 2 轨道交通业财务指标  
Table 2 Financial indicators of rail transit industry

指标体系	指标名称	指标符号	指标计算公式
盈利 能力	营业利润率	TTM	净利润 / 主营业务收入
	每股收益	EPS	净利润 / 期末总股本
	成本费用利润率	AROB	营业利润额 / 成本费用总额
	销售净利率	ROPC	净利润 / 销售收入
发展 能力	净利润增长率	NPRG	(当期净利润 - 上期净利润) / 上期净利润
	总资产增长率	TAGR	(年末资产总额 - 年初资产总额) / 年初资产总额
营运 能力	主营业务收入增长率	MBRG	(本期主营业务收入 - 上期主营业务收入) / 上期主营业务收入
	总资产周转率	TATO	营业收入净额 / 平均资产总额
	固定资产周转率	FAT	销售收入 / 平均固定资产净值
	存货周转率	ITO	销货成本 / 平均存货余额

2.2 样本选取与数据来源

本研究以在深圳证券交易所和上海证券交易所 A 股上市的轨道交通业上市公司为样本。其中, 排除被进行退市风险警示 (specialtreatment, ST) 的样本、特别转让 (particular transfer, PT) 以及当年数据损失的样本, 筛选后一共确定了 25 家上市公司。本文中相关的数据均来自国泰安数据库、前瞻网以及新浪财经网。

2.3 模型的建立

根据上述因变量, 建立因子分析模型评估样本公司的经营绩效  $P$ ,  $X_i (i=1, 2, \dots, 10)$  表示为

$$\begin{bmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \vdots \\ X_p \\ \vdots \\ X_{10} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \omega_1 \\ \omega_2 \\ \vdots \\ \omega_p \\ \vdots \\ \omega_{10} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \alpha_{1,1} & \alpha_{1,2} & \cdots & \alpha_{1,10} \\ \alpha_{2,1} & \alpha_{2,2} & \cdots & \alpha_{2,10} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \alpha_{p,1} & \alpha_{p,2} & \cdots & \alpha_{p,10} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \alpha_{10,1} & \alpha_{10,2} & \cdots & \alpha_{10,10} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} t_1 \\ t_2 \\ \vdots \\ t_p \\ \vdots \\ t_{10} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \theta_1 \\ \theta_2 \\ \vdots \\ \theta_p \\ \vdots \\ \theta_{10} \end{bmatrix}, \tag{1}$$

式中:  $\omega_1 \sim \omega_{10}$  为常数项;  
 $\alpha_{i,j}$  为载荷因子;  
 $t_1 \sim t_{10}$  为公共因子;

$\theta_1 \sim \theta_{10}$  为特殊因子。

建立 PLS 回归模型以阐述经营绩效与各自变量比率间的关系, 具体如下:

$$p = \alpha_1 NY + \alpha_2 GQ + \alpha_3 JR + \alpha_4 LD + \alpha_5 SY. \quad (2)$$

式中:  $p$  为经营绩效;

$\alpha_1 \sim \alpha_5$  为 Bartlett 回归系数。

表3 KMO 和 Bartlett 的检验结果

Table 3 KMO and Bartlett test results

变量名称	取值
取样足够度的 Kaiser-Meyer-Olkin 度量。	0.733
Bartlett 的球形度近似卡方	236.849
检验 $df$	45
Sig	0.000

根据表3所示检验结果, KMO的测度值为0.733, 远大于0.5, 显著性为0.000, 小于0.01%。这代表着设定的指标间相关性显著, 较适用因子分析。

### 3.1.2 公共因子分析

利用 SPSS21.0, 采用主成分分析法进行分析, 得出了选用上市公司的相关财务指标, 其中公因子方差分析结果见表4, 解释总方差分析结果见表5, 正交旋转主成分特征向量与贡献值分析结果见表6。

## 3 实证分析结果与讨论

### 3.1 基于因子分析法的经营绩效评估

#### 3.1.1 相关性检验

为了检验25家轨道交通业上市公司筛选出的10个指标是否存在多重相关性, 利用统计产品与服务解决方案软件, 将检验标准设置为KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) 检验, 并且运用因子分析法进行检验, 所得具体检验结果见表3。

表4 公因子方差分析结果

Table 4 Common factor variance analysis

取值类型	指 标									
	MBRG	TTM	ROPC	EPS	NPRG	AROB	TAGR	TATO	FAT	ITO
初始	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
提取	0.750	0.978	0.973	0.841	0.599	0.944	0.795	0.845	0.618	0.661

表5 解释总方差分析结果

Table 5 Total variance analysis interpretation

成分	初始特征值			提取平方和载入			旋转平方和载入		
	合计	方差的 /%	累积 /%	合计	方差的 /%	累积 /%	合计	方差的 /%	累积 /%
1	5.123	51.227	51.227	5.123	51.227	51.227	3.796	37.957	37.957
2	1.638	16.377	67.604	1.638	16.377	67.604	2.300	23.004	60.961
3	1.242	12.424	80.028	1.242	12.424	80.028	1.907	19.067	80.028
4	0.793	7.933	87.961						
5	0.508	5.077	93.038						
6	0.372	3.722	96.760						
7	0.160	1.599	98.359						
8	0.136	1.358	99.717						
9	0.017	0.170	99.887						
10	0.011	0.113	100.000						

表6 旋转成份矩阵分析结果

Table 6 Analysis results of rotation component matrix

成分	指 标									
	ROPC	TTM	AROB	NPRG	TATO	FAT	EPS	ITO	MBRG	TAGR
1	0.949	0.939	0.938	0.715	0.096	0.231	0.594	-0.022	0.192	0.413
2	0.155	0.195	0.015	0.295	0.871	0.734	0.679	0.594	0.185	-0.080
3	0.222	0.241	0.253	0.031	0.277	-0.163	0.163	0.555	0.824	0.786

从表4所示的公因子方差分析结果可以看出, 各财务指标的共同度较高, 说明所选变量中大部分变量所解释的信息都能够被因子提取, 因子分析结果真实有效。表5显示, 正交旋转前后3个因子的累计方差贡献率为80.028%, 即所提取的财务指标涵盖了原

总指标80.028%的信息, 可以代替其它财务指标来解释绩效。根据正交旋转前后主成分特征向量与贡献率表6提取的各个公共因子可以看出: 销售净利率ROPC、营业利润率TTM、成本费用利润率AROB在公共因子 $F_1$ 中所占权重分别为0.949, 0.939, 0.938,

可作为诠释企业盈利能力的重要指标；总资产周转率  $TATO$ 、固定资产周转率  $FAT$  在公共因子  $F_2$  中占较大比例，故  $F_2$  可代表企业的营运能力；主营业务收入增长率  $MBRG$ 、总资产增长率  $TAGR$  在公共因子  $F_3$  中所占比例较大，因子贡献率高达 12.424%，故  $F_3$  可代表企业的发展能力。

3.1.3 绩效值  $P$  的计算

利用 SPSS21.0，采用回归方法进行分析，可以得出各个公共因子的得分系数矩阵。将各个公共因子的方差贡献率作为系数，继而可得出各样本公司的绩效值  $P$ ，具体见表 7。

表 7 轨道交通上市公司的经营绩效排名表

Table 7 Management performance of listed companies in rail transit

公司		$F_1$	$F_2$	$F_3$	绩效值 $P$	排名
名称	代码					
宏润建设	002062	0.970 9	0.047 9	0.605 8	0.580 5	1
键桥通讯	002316	0.938 2	0.029 3	0.239 7	0.515 2	2
东方雨虹	002271	0.473 0	0.043 4	0.386 6	0.297 5	3
赛为智能	300044	0.523 7	0.064 7	0.026 5	0.282 2	4
辉煌科技	002296	0.389 2	0.161 7	0.243 1	0.256 1	5
申通地铁	600834	0.421 8	0.020 5	0.201 4	0.244 5	6
天马股份	002122	0.365 7	0.042 3	0.330 9	0.235 3	7
晋亿实业	601002	0.259 1	0.038 8	0.460 5	0.196 3	8
包钢股份	600010	0.091 7	0.040 6	0.875 3	0.162 4	9
时代新材	600458	0.191 2	0.079 9	0.116 2	0.125 5	10
天铁股份	300587	0.251 4	0.016 4	-0.116 4	0.117 0	11
中国铁建	601186	0.183 9	0.006 8	0.005 8	0.096 0	12
鼎汉技术	300011	0.127 5	0.018 1	0.037 2	0.072 9	13
华虹计通	300330	0.078 6	0.115 5	0.062 1	0.066 9	14
南方汇通	000920	0.091 0	0.064 3	0.055 2	0.064 0	15
太原重工	600169	0.069 5	0.107 5	0.044 5	0.058 8	16
中国中铁	601390	0.053 3	0.039 8	0.072 3	0.042 8	17
国电南瑞	600406	0.054 6	0.036 3	0.041 7	0.039 1	18
神州高铁	000008	0.000 1	0.005 8	0.301 9	0.038 5	19
晋西车轴	600495	-0.021 1	0.010 1	0.315 3	0.030 0	20
特锐德	300001	0.002 6	0.029 4	-0.141 6	-0.011 4	21
隧道股份	600820	0.068 8	0.012 0	-0.419 0	-0.014 8	22
新筑股份	002480	-0.294 8	0.009 5	-0.047 8	-0.155 4	23
中鼎股份	000887	-0.584 2	0.011 1	-0.479 8	-0.357 0	24
国电南自	600268	-1.178 0	0.007 1	-0.672 0	-0.685 8	25

综合因子得分  $p$  以下式计算：

$$p=0.512 3 \times F_{i1}+0.163 8 \times F_{i2}+0.124 2 \times F_{i3},$$

式中： $i=1, 2, \dots, 25$ ；

$$F_{i1}=0.949 \times ROPC+0.939 \times TTM+0.938 \times AROB;$$

$$F_{i2}=0.871 \times TATO+0.734 \times FAT;$$

$$F_{i3}=0.824 \times MBGR+0.786 \times TAGR。$$

3.2 PLS 回归分析融资结构对经营绩效的影响

根据筛选出的财务指标，它们不仅具有较高的相关性，且样本数据较难查找、样本量较少，因此适用于偏最小二乘回归解决其变量间共线性难题，从而使

研究结果更为精确。

3.2.1 提取自变量组和因变量的成分

首先，将融资结构指标  $\alpha_{ij}$  和经营绩效值  $P$  标准化，分别为  $E_0$  和  $P_0$ ，同时计算其相关系数矩阵；然后，从  $E_0$  中提取主成分  $f_1=E_0v_1$ ，同时  $\|v_1\|=1$ 。化简得： $E_1=E_0-f_1P_1^T$ 。为了使提取数达到 PLS 回归分析所要求的提取个数，需要重复建模，以  $E_1$  代替  $E_0$ ， $P_1$  代替  $P_0$ ，得到  $v_1$ ；以  $E_2$  代替  $E_1$ ， $P_2$  代替  $P_1$ ，得到  $v_2$ ；...；以  $E_n$  代替  $E_{n-1}$ ， $P_n$  代替  $P_{n-1}$ ，得到  $v_n$ 。依此类推，直到满足 PLS 回归交叉有限性原则。运用 Matlab 中的 PLS 回归，计算得到当提取两个成分，即  $f_1、f_2$ （具体见表 8）时，交叉有效性  $Q^2=-0.384 0$ ，此时满足交叉有限性要求条件，并得出标准化回归方程的成分系数  $w$  与  $w^*$ ，具体见表 9。

表 8  $f_i$  取值表

Table 8  $f_i$  value table

排名	$f_1$	$f_2$	排名	$f_1$	$f_2$
1	-0.097 8	-1.409 9	14	-1.029 0	0.350 2
2	0.366 7	0.541 8	15	0.405 6	1.453 6
3	-0.949 0	1.437 7	16	0.170 5	0.718 0
4	-0.626 5	-0.825 4	17	1.064 1	-0.942 8
5	-1.299 0	-0.678 8	18	0.263 9	-1.444 5
6	-0.839 2	-0.425 9	19	-0.916 7	-0.347 3
7	0.464 1	-0.481 9	20	-0.514 6	-1.216 7
8	0.620 7	0.593 2	21	-0.126 8	1.030 0
9	-1.252 0	0.679 3	22	0.061 1	1.256 7
10	0.375 9	0.496 9	23	1.130 3	-0.277 0
11	1.093 7	-0.210 8	24	2.696 7	0.156 6
12	0.108 3	0.821 3	25	-0.186 4	-1.615 9
13	-0.984 7	0.341 6			

表 9 参数  $w$  与  $w^*$  的计算值

Table 9 Calculated values of parameters  $w$  and  $w^*$

融资结构指标	$w_1$	$w_2$	$w_1^*$	$w_2^*$
内部融资率	0.405 8	0.313 4	0.405 8	-0.078 9
股权融资率	0.508 5	-0.095 8	0.508 5	-0.587 4
长期负债率	0.580 2	0.116 6	0.580 2	-0.444 3
流动负债率	-0.363 5	-0.374 8	-0.363 5	-0.023 4
商业信用比率	0.328 6	-0.859 4	0.328 6	-1.177 0

基于表 8 中的数据，通过交叉验证法筛选出成分  $f_k$ ，此时绩效回归方程的拟合度最佳，预测精确度最高。可取如下  $f_1、f_2$  拟合回归模型：

$$y_k=r_{1k}f_1+r_{2k}f_2, k=1, 2。$$

然后根据表 9 得到的权重系数，可得出

$$f_i=w_{i1} \times x_1+w_{i2} \times x_2 r_{2k}。$$

再将  $y$  对  $f_i$  的回归方程转换成为如下  $y$  对  $x_j$  的回归方程：

$$y_k = r_{1k} (w_{11}^* x_1 + w_{12}^* x_2) + r_{2k} (w_{21}^* x_1 + w_{22}^* x_2) = (r_{1k} w_{11}^* + r_{2k} w_{21}^*) x_1 + (r_{1k} w_{12}^* + r_{2k} w_{22}^*) x_2。$$

最后, 将标准化变量  $E_0$  和  $P_0$  分别还原为原始变量, 可得如下回归方程:

$$P=0.313 6+0.087 8NY-0.255 2GQ-0.585 1JR+0.075 1LD-0.438 0SY。$$

常数矩阵:  $sol = \begin{pmatrix} 0.313 6 \\ 0.087 8 \\ -0.255 2 \\ -0.585 1 \\ 0.075 1 \\ -0.438 0 \end{pmatrix}$ ,

$Y$  对  $f_i$  的回归系数矩阵:  $\beta_{f_i} z = \begin{pmatrix} -0.175 4 \\ 0.169 5 \end{pmatrix}$ ,

$Y$  对  $x$  的回归系数矩阵:  $xishu = \begin{pmatrix} 0.084 6 \\ -0.188 7 \\ -0.177 1 \\ 0.059 8 \\ -0.257 2 \end{pmatrix}$ 。

### 3.2.2 模型检验

运用 Matlab 软件对上述 PLS 回归所得结果绘图并进行预测, 可以得到如图 1 所示的权重比重图和图 2 所示的综合绩效预测图。

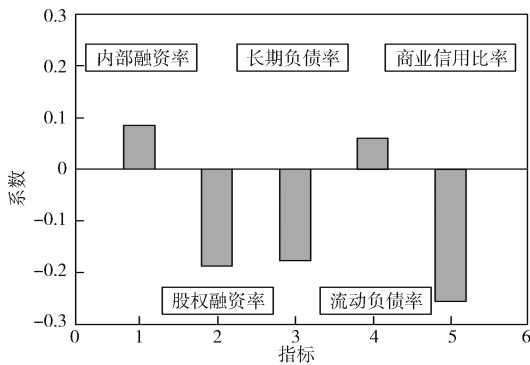


图 1 权重比重图

Fig. 1 Weighted gravity map

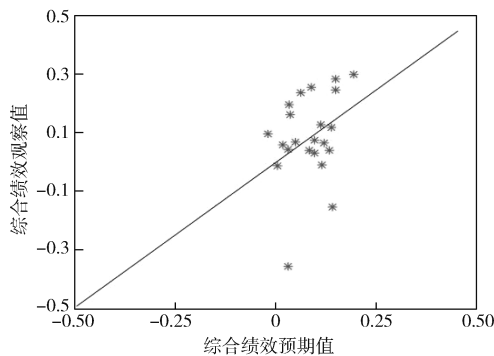


图 2 综合绩效预测图

Fig. 2 Comprehensive performance prediction chart

根据图 1 所示权重比重图和图 2 所示综合绩效预测图 (即拟合效果图) 可以得知, 商业信用变量在回

归方程中的解释力度相对较强, 而流动负债的解释能力相对较弱。为检验综合绩效回归方程的精确度, 以  $(y_{ik}^*, y_{ik})$  为坐标值, 对所有样本点进行绘制绩效预测图。 $y_{ik}^*$  是第  $k$  个变量, 也是第  $i$  个样本点  $(y_{ik})$  的预测值。从图 2 可以看出, 样本点绩效值均大多贴近对角线双侧, 即表明其绩效指标回归方程的差异较小, 拟合程度较高, 回归方程拟合效果较好, 可见其预测检验结果的精确度也较高。

### 3.2.3 结果分析

1) 轨道交通行业中的内部融资比率与经营绩效呈正相关, 这与优序融资理论相符。轨道交通上市公司融资时首选的是具有融资成本小、无限制运用资金、无支付负担等优势的内部融资。对于轨道交通业来说, 内部融资不但包括实收资本、留存收益、折旧及定额负债等, 而且包括政府减免税及相关专项资金等财政补贴。它是外部融资的基本保证, 也与经营绩效二者之间呈互助关系。内部融资能力越强, 公司的经营绩效越好。轨道交通业上市公司可以通过内部融资的自主性、内生性优化自身资本结构, 充分利用正外部效应, 提高盈利能力, 扩大运营收入。

2) 轨道交通行业中的长期借款比率与经营绩效呈负相关, 流动负债比率与经营绩效呈正相关。轨道交通建设资金需求较大, 除了政府专项资金来源外, 大部分建设资金来源于债务融资, 其中国内银行贷款是其最主要的渠道。上述研究结果表明, 债务期限结构与上市公司的经营绩效呈负相关。即期限不同的债务融资, 其不同的影响机制和影响途径对经营绩效产生的影响也不同。上市公司为加强对经营风险的控制, 通常利用短期负债来降低对风险较高项目的投资, 进而降低相关代理成本和资产的替代效应。作为成长性较强的轨道交通上市公司, 其倾向于短期融资, 比如灵活性较高、成本较低、审批程序较简单的短期融资券等。另一方面, 相对于短期负债, 长期借款利率较高、灵活性较差。长期借款的增加虽然可以带来更多的抵税收益, 但同时也会增加信誉风险, 影响公司的市场形象。

3) 轨道交通行业中股权融资与经营绩效呈负相关。依据优序融资理论, 股权融资为最后一步, 这就说明股权融资对提升公司经营绩效方面的作用并不理想。控制权和股权的分离是股权融资的直接结果, 接踵而至的是信息不对称、激励不相容以及代理人资产转移等风险。股权融资的增加致使公司控股权被稀释, 管理层的变动可能对公司未来的经营目标和发展战略产生不利影响。再者, 上市公司通常通过股权融资筹集廉价资本, 但其实际营业利润率、净资产

收益率却日益下降<sup>[12]</sup>。

4) 轨道交通行业中商业信用比率与经营绩效呈负相关。我国商业信用相关法律制度还不够健全,没有监管部门以及相关监督机构,也没有相应的监管制度以及查询渠道。债权人与债务人在进行借贷过程中缺乏有效的监督与法律保护,且无相应价值的抵押品或担保品,进而导致债权人的利益无法确保实现,使得其上市公司的信用风险增加。

## 4 结论与建议

我国轨道交通上市公司应该优化其融资结构,进而提高经营绩效。上述实证结果表明,内源融资、流动负债对上市公司的经营绩效具有一定的提升作用。相反,长期负债、股权融资与商业信用融资对其绩效增长产生抑制作用。其实证部分结果与资本结构理论间有些许偏差,这主要是因为轨道交通属于公共事业,不同于其他行业的一般市场经济行为,融资模式主要分为以政府主导的负债型融资模式与市场化融资模式。其运营既要满足社会利益,又要满足正常经营中的成本效益原则,因此,作为城市经济和社会发展的重要载体,轨道交通直接关系到人民群众的生活质量、社会公共利益以及城市经济的可持续发展。对此,提出以下建议:

1) 不断完善自我积累机制,提升资金利用能力。轨道交通的内源融资能力较弱,上述实证结果显示,其内部融资与经营绩效呈正相关,所以轨道交通企业应从观念上重视内源融资,充分认识到内源融资是衡量企业融资能力的标尺,对企业经营成败与否起到决定性作用。因此,鉴于国外经验以及我国轨道交通业现状,为提升内部融资能力,轨道交通上市公司除提升自身绩效外,还应完善产权制度,积极发展内源融资,通过内部银行或其他监管机构对资金的运用提高资金使用效率。

2) 调整负债结构,加强对负债融资的监督约束。实证结果表明,长期负债与其经营绩效呈负相关,流动负债与经营绩效呈正相关,说明债务融资并未发挥积极的治理效应。由此,轨道交通上市公司应通过合理地配置长短期借款比例、合理利用债务资本,发挥积极的税盾效应;再者,政府为保障债权人利益,应完善破产机制以及相关法律制度,增强对负债融资的监督约束效应。

3) 建立严格的股权融资制度,避免股权过度集中。从上述实证结果看,轨道交通上市公司股权融资与经营绩效呈负相关。为使股权集中度和制衡度调至

适当水平,避免“一股独大”等问题的出现,轨道交通上市公司应推进股权融资多元化,适当加大其他股东的持股比例,进而加强对控股股东的监督和制约。

## 参考文献:

- [1] 李彬. 城市轨道交通: 现状、发展与对策研究 [D]. 成都: 西南财经大学, 2012.  
LI Bin. Urban Rail Transit: Current Situation, Development and Countermeasures [D]. Chengdu: Southwestern University of Finance and Economics, 2012.
- [2] 肖俊斌, 黄程. 基于 DEA 模型的轨道交通上市公司投资效率研究 [J]. 湖南工业大学学报 (社会科学版), 2016, 21(5): 27-33.  
XIAO Junbin, HUANG Cheng. On Investment Efficiency of Rail Transit Listed Company Based on DEA Model [J]. Journal of Hunan University of Technology (Social Sciences Edition), 2016, 21(5): 27-33.
- [3] 陈灿莹. 城市轨道交通建设投融资模式研究 [D]. 杭州: 浙江大学, 2016.  
CHEN Canying. Research on Investment and Financing Mode of Urban Rail Transit Construction [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2016.
- [4] 礼诗桐. 城市轨道交通行业融资问题研究 [D]. 大连: 东北财经大学, 2016.  
LI Shitong. Research on Financing of Urban Rail Transit Industry [D]. Dalian: Dongbei University of Finance and Economics, 2016.
- [5] 张晓文. 城市轨道交通融资模式浅析 [J]. 时代金融, 2017(8): 53-54.  
ZHANG Xiaowen. Analysis of Urban Rail Transit Financing Mode [J]. Times Finance, 2017(8): 53-54.
- [6] 潘玥, 臧敦刚, 吉阳. 基于 PLS 回归的农业上市公司融资结构对经营绩效的影响研究 [J]. 农业技术经济, 2015(9): 107-116.  
PAN Yue, ZANG Dungan, JI Yang. Research on the Influence of Financing Structure of Agricultural Listed Companies on Operation Performance Based on PLS Regression [J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2015(9): 107-116.
- [7] 闫春, 王泽祎. 基于 Pls-Logit 模型的寿险公司财务风险预警模型研究 [J]. 技术与创新管理, 2018, 39(1): 102-110.  
YAN Chun, WANG Zeyi. Research on Financial Risk Early Warning of Life Insurance Company Based on Pls-Logit Model [J]. Technology and Innovation Management, 2018, 39(1): 102-110.
- [8] 孙凤林. 偏最小二乘回归法非线性建模及其递推算法的研究 [D]. 广州: 华南理工大学, 2010.

(下转第 74 页)

- Testing[J]. *Econometrica*, 1987, 55(2): 251-276.
- [20] GRANGER C W J. Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-Spectral Methods[J]. *Econometrica*, 1969, 37(3): 424-438.
- [21] JOHANSEN S. Estimation and Hypothesis Testing of Cointegration Vectors in Gaussian Vector Autoregressive Models[J]. *Econometrica*, 1991, 59(6): 1551-1580.
- [22] BOLLERSLEV T, CHOU R Y, KRONER K F. ARCH Modeling in Finance a Review of the Theory and Empirical Evidence[J]. *Journal of Econometrics*, 1992, 52(1/2): 5-59.
- [23] ENGLE R. Dynamic Conditional Correlation: A Simple Class of Multivariate GARCH Models[J]. *Journal of Business & Economic Statistics*, 2002, 20(3): 339-350.
- [24] LIEN D, TSE Y K, TSUI A K C. Evaluating the Hedging Performance of the Constant-Correlation GARCH Model[J]. *Applied Financial Economics*, 2002, 12(11): 791-798.

(责任编辑: 申 剑)

(上接第 66 页)

- SUN Fenglin. Study on Nonlinear Modeling and Recursive Method of Partial Least-Squares Regression Method[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2010.
- [9] 孙 雪. 基于 PLS 的城市轨道交通乘客满意度研究 [D]. 北京: 北京交通大学, 2013.
- SUN Xue. Research on Passenger Satisfaction of Urban Rail Transit Based on PLS[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2013.
- [10] 刘丽琴, 李明阳, 王忠微, 等. 城市轨道交通建设资金来源研究 [J]. *都市快轨交通*, 2017, 30(5): 46-50.
- LIU Liqin, LI Mingyang, WANG Zhongwei, et al. Financing Sources for Urban Rail Transit Construction[J]. *Urban Rapid Rail Transit*, 2017, 30(5): 46-50.
- [11] 何 岚, 张培林. 基于功效系数法的交通运输类企业绩效评价 [J]. *物流技术*, 2016, 35(6): 104-106.
- HE Lan, ZHANG Peilin. Performance Evaluation of Transportation Enterprises Based on Effectiveness Factor[J]. *Logistics Technology*, 2016, 35(6): 104-106.
- [12] 陈玉荣, 赵小克. 资本结构、股权结构和企业经营绩效关系研究: 基于我国电力上市公司的实证分析 [J]. *西安石油大学学报 (社会科学版)*, 2017(6): 18-24.
- CHEN Yurong, ZHAO Xiaoke. The Study on the Relationship of Capital Composition and Ownership Structure with Corporate Performance: Based on the Empirical Analysis of Listed Power Companies in China[J]. *Journal of Xi'an Shiyou University(Social Science Edition)*, 2017(6): 18-24.

(责任编辑: 廖友媛)