

# Freight Station Integration and Optimization of Guangshen Railway Based on DEA Model

Yifeng Zou, Xiancong She, Guanghai Liu

School of Business, Guangzhou University, Guangzhou  
Email: [758468932@qq.com](mailto:758468932@qq.com)

Received: Jul. 12<sup>th</sup>, 2014; revised: Aug. 11<sup>th</sup>, 2014; accepted: Aug. 22<sup>nd</sup>, 2014

Copyright © 2014 by authors and Hans Publishers Inc.  
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).  
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

---

## Abstract

As to Guangzhou-Shenzhen Railway freight resource integration, Data Envelopment Analysis (DEA) model is applied to analyze and propose solutions. The paper analyzes the status of the Guangzhou-Shenzhen railway freight stations, and points out the existing problems such as unreasonable layout and low transportation efficiency. It also empirically researches the integration and optimization of Guangshen railway freight station using DEA, taking the efficiency improvement as the breakthrough point. In the end, it puts forward the solutions for Guangshen railway freight station integration and optimization to improve its market competitiveness.

## Keywords

Guangshen Railway, Freight Station, Data Envelopment Analysis (DEA), Resources Integration

---

# 基于DEA模型的广深铁路货运站 整合优化

邹毅峰, 余贤聪, 刘广海

广州大学, 工商管理学院, 广州  
Email: [758468932@qq.com](mailto:758468932@qq.com)

收稿日期: 2014年7月12日; 修回日期: 2014年8月11日; 录用日期: 2014年8月22日

## 摘要

针对广深铁路货运资源整合问题,应用DEA模型进行分析并提出解决方案。首先分析了广深铁路货运站的现状,指出其存在布局不合理、运输效率低等问题。然后以效率提升为切入点,采用DEA分析技术对广深铁路货运站进行整合优化的实证研究,提出各货运站整合优化的解决建议,从而提高广深铁路的市场竞争力。

## 关键词

广深铁路, 货运站, 数据包络法(DEA), 资源整合

## 1. 引言

广深铁路纵贯珠江三角洲腹地,联接广州、深圳和香港三大国际性都市,所处区域是我国经济总量最大、经济活跃度最强的区域之一。广深铁路独立经营的坪石-广州-深圳铁路,营业里程 481.2 公里,纵向贯通广东省全境,其中广坪段为南北大动脉-京广线南段,广深段是目前大陆通往香港的唯一铁路,连接着京九、京广、平南、三茂、平盐 and 香港铁路。

随着经济结构的不断调整,综合运输体系的快速发展,珠三角交通运输市场格局发生了巨大的变化。近年来,铁路的货运量呈现绝对量下降,市场份额不断压缩的局面。广深铁路货运量从 2008 年的 7014 万吨下降到 2013 年的 5956 万吨(如图 1),下降 15.1%;货运周转量由 2008 年的 156 亿吨公里下降到 2013 年 134 亿吨公里,下降 14.1%;2013 年铁路货运量仅占广东省货运总量的 3.94%[1]。

广深铁路货运量下滑除了区域经济结构调整和市场竞争加剧等外部因素外,其货运场站资源配置不合理也是重要原因之一。近几年,虽然广深铁路也不断对沿线货运站进行了整合,布局的合理性得到一定的改善,但是历史形成的货运设施分散、规模小、资源配置不合理等因素并没有得到根本性的改变。因此,有必要加大货运站的整合优化力度,提高物流资源效率,增强铁路货运的市场竞争力。

## 2. 问题分析

广深铁路全段现有货运站 31 个,其中 21 个货运站拥有货场,另外 10 个货运站仅办理专用线货物的发到。主要设施设备规模及货运站布局如表 1、图 2 所示。

调查表明广深铁路货运站存在以下问题:



Figure 1. 2008~2013 Guangzhou-Shenzhen Railway freight volume  
图 1. 2008~2013 年广深铁路货运量

Table 1. Guangzhou-Shenzhen Railway facilities size

表 1. 广深铁路设施设备规模

货场使用面积(m <sup>2</sup> )			货物线总条数(条)		接轨铁路专用线(条)		整列装车站(个)
53.7 × 10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup>			78		236		
仓储面积	雨棚面积	露天堆场面积	<650 m	≥650 m	<650 m	≥650 m	8
19.2 × 10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup>	2 × 10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup>	32.5 × 10 <sup>4</sup> m <sup>2</sup>	71	7	211	25	

资料来源：根据广深铁路股份有限公司提供资料统计。

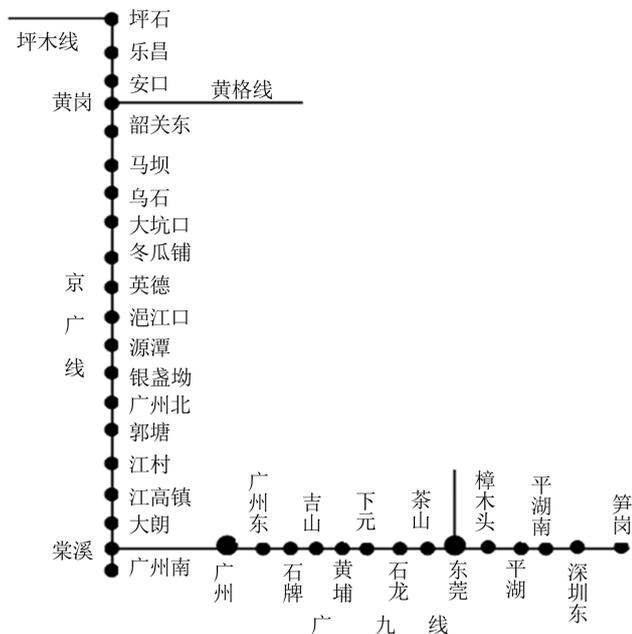


Figure 2. Guangzhou-Shenzhen Railway freight stations layout

图 2. 广深铁路货运站布局图

1) 滞后于城市规划调整

随着珠三角地区城镇化进程的加快，城市向外围迅速扩大，导致许多原来处于郊区的货运站或货场现已处于城市中心区，周围被新建的商业圈或住宅区所包围。同时，由于城市规划，产业结构调整，各生产企业及物流中心纷纷向外迁移，使得货运站与货源的距离增加，使得物流成本不断提高。例如广州的广州东、石牌、吉山，深圳的布吉、笋岗等站。

另外由于城市交通拥挤、堵塞的现象日益严重，导致市区交通管制更加严格，货运车辆白天不允许进入市区，这严重影响了车站的作业，增加了仓储压力。诸多因素使得这些货运站在运输市场上的竞争力逐渐下降。

2) 场站密度高，间距低，分工有待优化。根据营业里程和场站数量计算，货运站平均间距仅为 15.52 km，货场平均间距为 22.91 km。货运场站密度高，平均间距小，这虽然相对便利于服务货主，但容易造成铁路内部场站、铁路与公路之间的吸引范围相互重叠、无序竞争，铁路货场内部及对外分工有待进一步理清和优化。

3) 场站运量规模小，结构失衡，集中化程度低。从场站运量平均规模看，2012 年广深铁路货运站站均完成货运量 160.7 万吨，货场平均运量 80.9 万吨/个，专用线运量 13.9 万吨/条，站均运量规模较小。从场站运量结构看，运量在 200 万吨以上的车站仅有 4 个(其中大朗、下元、马坝三个站均超过 800 万吨)，

100~200 万吨的车站有 4 个，而运量低于 30 万吨的车站数量达到 11 个，其中银盏坳货运量最低，2012 年货运量仅为 4.3 万吨。

因此，从站均运量、运量结构来看，广深铁路管内货运场站现状平均运量规模较小，尤其是低运量水平车站数量较多，集中化程度不足，不利于提高货运生产效率、提升服务水平。

4) 运输效率偏低，运输质量不能满足市场需求。目前广深铁路运输组织除了面临运能与运量的矛盾外，更面临着尽快提高运输质量的压力，尤其要提高以速度为核心的运输质量。据表 2 所示，广深铁路货物列车的平均速度不到 40 km/h，远远低于公路运输的平均旅行速度，很难适应快捷货物运输的要求；且货车非运行时间长，2013 年货车在编组站的中转作业时间(即中时)超过 8 h，在货场的作业及停留时间(即停时)超过 21 h，二项相加超过 30 h。

由此可见，广深铁路货运存在二方面问题：一是布局不合理，总体资源闲置与结构性短缺并存；二是运输效率较低，运输的时效性很难得到保证。广深铁路必须加强对货运站资源的整合力度，提高资源利用率，同时改善运输质量以提高在货运市场上的竞争力。

### 3. DEA 优化模型

数据包络分析方法(DEA, Data Envelopment Analysis)主要是通过保持决策单元(DMU, Decision Making Units)的输入或者输出不变，借助于数学规划原理和统计数据确定相对有效的生产前沿面，将各个决策单元投影到 DEA 的生产前沿面上，并通过比较决策单元偏离 DEA 前沿面的程度来评价它们的相对有效性[2]。

#### 3.1. 模型的建立

基于 DEA 模型的基本原理，将广深铁路货运站资源整合的几大主导要素指标分类如下：第一类为需要尽可能减少投入的指标集合  $X_j$ ；第二类需要为尽可能扩大产出的指标集合  $Y_j$ 。现假设待整合系统有  $n$  个决策单元， $DMU_{j(i)}$  ( $i=1,2; j=1,2,3,\dots,n$ ) 表示第  $i$  类中第  $j$  个铁路货运站的决策单元。理论上，决策单元的理想状态应该是以较少的投入实现较多的产出，所以广深铁路货运站资源整合优化即为具有  $m$  种输入因子和  $k$  种输出因子的  $n$  个决策单元的货运站资源整合优化问题，构造 DEA(C<sup>2</sup>R)模型[3]如下：

$$\begin{aligned} & \min \theta \\ & s.t. \begin{cases} \sum_{j=1}^n \lambda_j X_j + s^- = \theta X_0, \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j Y_j - s^+ = Y_0, \\ \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, n, \\ s^+ \geq 0, \quad s^- \geq 0. \end{cases} \end{aligned} \tag{1}$$

**Table 2.** Indicators Guangzhou-Shenzhen Railway freight cars  
**表 2.** 广深铁路货车运用指标

指标	单位	2012 年平均值	2013 年平均值
旅行速度	km/h	39.98	38.85
中时	h	8.19	8.53
停时	h	20.41	21.66

资料来源：根据广深铁路股份有限公司资料整理。

式中： $X_j = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj})$  为输入变量， $Y_j = (y_{1j}, y_{2j}, \dots, y_{kj})$  为输出变量， $\theta = (\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n)$  为各货运站的效率系数， $\lambda_j$  为第  $j$  个变量的权系数， $s^-$ 、 $s^+$  为松弛变量和剩余变量。

### 3.2. 模型的求解

1) 以  $D$  表示各货运站的输入输出指标集，通过编程对式(1)求解，测算出各货运站的效率系数向量集  $\theta_j(D)$ ，当  $\theta_j(D)=1, s^+ = s^- = 0$  则 DEA 有效，否则 DEA 非有效。

2) 利用  $D_i$  表示去掉第  $i$  个输入或者输出的指标集，并再次利用 DEA 模型求出不同指标体系下的效率系数，得到一个新的向量集  $\theta_j(D_i)$ 。

3) 通过  $\theta_j(D)$  与  $\theta_j(D_i)$  向量集的比较，分析某一指标对各货运站效率系数的影响，公式如下：

$$S_j(i) = \frac{\theta_j(D) - \theta_j(D_i)}{\theta_j(D_i)} \quad (2)$$

4) 通过式(2)的求解，求得  $S_1(i)$ ， $S_2(i)$ ， $S_3(i)$ ， $\dots$ ， $S_n(i)$ 。倘若货运站  $j$  满足  $S_j(i) = \max\{S_1(i), S_2(i), S_3(i), \dots, S_n(i)\}$ ，那么表示该货运站在加入或剔除第  $i$  项指标后效率系数变化较大，所以也称  $i$  指标为该货运站的敏感要素指标。由于每一项指标都代表货运站不同的资源投入或产出要素，倘若某一项指标的加入或剔除对于整个效率系数影响较大，那么表示该货运站在该指标方面的投入不足或者产出不理想。

## 4. 实证分析

### 4.1. 效率系数测算

通过对广深铁路主要货运站相关数据的收集和整理，确定主导指标体系由货运站设施面积 ( $x_1$ ) ( $m^2$ )、货运站从事货运业务工作人员 ( $x_2$ ) (人)、货运站车辆平均停留时间 ( $x_3$ ) (h)、货运站所在地区的 GDP 水平 ( $y_1$ ) (亿元)、车站货运量 ( $y_2$ ) (万吨)、车站日均装卸量 ( $y_3$ ) (车) 以及衔接专用线条数 ( $y_4$ ) 七个指标构成。考虑到不同货运站之间的特殊性以及 DEA 分析技术的要求，选取 21 个拥有自有货场的货运站作为样本站。各样本货运站经过处理后的主导指标体系数据如表 3 所示。

以基础数据表 3 中的  $X_i$  ( $i=1,2,3$ ) 作为输入指标， $Y_k$  ( $k=1,2,3,4$ ) 作为输出输出指标，运用 DEA 模型，采用 lingo 软件编程，测算各货运站的 DEA 效率系数和各指标的相对效率，结果如表 4、表 5 所示。

Table 3. Leading indicators of sample stations' basic data

表 3. 样本站主导要素指标基础数据

序号	站名	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$
1	坪石站	5795	45	7.5	83	46.7	31	1
2	乐昌站	11,341	41	22.8	83	69	26	10
3	黄冈站	9330	26	10.3	157	21	12	4
4	韶关东	22,080	45	28.4	157	176	131	30
5	马坝	5530	45	28.8	123	1137	288	40
6	乌石	2952	17	14.6	123	128	49	5
7	大坑口	15,017	15	22.9	123	22	9	5
8	英德	35,460	46	27.6	184	49	26	5
9	源潭	10,480	24	18.6	326	68	36	0

续表

10	银盏坳	2950	10	40.5	326	4.3	5	2
11	郭塘	16,524	36	27.1	1186	107	34	9
12	江高镇	71,723	48	27	1186	307	181	6
13	大朗	640,000	170	12.2	1186	743	362	12
14	棠溪站	90,076	108	24.1	1186	117	125	9
15	广州东	63,500	35	27.3	2403	11	6	0
16	石龙	79,340	15	17.5	66	80	49	6
17	常平	30,000	18	11	201	68	78	0
18	茶山	16,910	13	18.5	80	20	12	3
19	平湖	6421	12	21.6	2176	21.7	13	0
20	平湖南	6308	30	17.9	2176	101	107	10
21	笋岗	9100	80	20.5	1358	13.8	25	6

Table 4. Guangzhou-Shenzhen Railway stations' DEA (C<sup>2</sup>R) measurement data  
表 4. 广深铁路样本站 DEA(C<sup>2</sup>R)测算数据

序号	站名	$\theta$	$S_1^-$	$S_2^-$	$S_3^-$	$S_1^+$	$S_2^+$	$S_3^+$	$S_4^+$
1	坪石站	0.4344	0	13.97	0	0	63.66	0	3.045
2	乐昌站	0.3269	0	1.19	0	0	212.52	47.74	0
3	黄岗站	0.3489	0	2.76	0	0	89.20	20.12	0
4	韶关东	0.7717	10957.35	0	0	0	672.62	86.78	0
5	马坝	1.0000	0	0	0	0	0	0	0
6	乌石	0.4779	179.79	0	1.12	0	64.05	0	1.72
7	大坑口	0.4146	5216.74	0	4.83	0	121.20	27.64	0
8	英德	0.1607	3338.51	0	0	0	79.73	13.27	0
9	源潭	0.3036	1729.24	0	0	0	50.18	0	4.533
10	银盏坳	0.4087	0	0	12.05	0	53.59	11.54	0
11	郭塘	0.5262	4525.14	0	0	0	88.54	45.51	0
12	江高镇	0.7853	35878.16	0	0	0	227.88	0	15.77
13	大朗	1.0000	0	0	0	0	0	0	0
14	棠溪站	0.5899	0	28.89	0	0	164.84	0	3.02
15	广州东	0.7705	41920.78	0	0	0	73.39	79.98	7.62
16	石龙	0.5242	40522.42	0	3.85	0	112.83	0	0.77
17	常平	0.7531	18858.03	0	0	0	213.04	0	10.34
18	茶山	0.2896	4274.20	0	2.50	0	65.98	10.02	0
19	平湖	1.0000	0	0	0	0	0	0	0
20	平湖南	1.0000	0	0	0	0	0	0	0
21	笋岗	0.5449	1022.15	24.87	0	0	49.23	41.78	41.78

**Table 5. Relatively effective measurement data of Guangzhou-Shenzhen Railway sample stations**  
**表 5. 广深铁路样本站相对有效测算数据**

序号	车站	输入				输出		
		$S_j(1)$	$S_j(2)$	$S_j(3)$	$S_j(4)$	$S_j(5)$	$S_j(6)$	$S_j(7)$
1	坪石站	0.7647	0.0000	2.4273	0.0740	0.0000	0.8998	0.0000
2	乐昌站	0.0023	0.0000	0.1616	0.0351	0.0000	0.0000	1.6522
3	黄岗站	0.0111	0.0000	0.7122	0.2478	0.0000	0.0000	1.1511
4	韶关东	0.0000	0.0017	0.0182	0.0147	0.0000	0.0000	0.6350
5	马坝	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
6	乌石	0.0000	0.2326	0.0000	0.0612	0.0000	0.3066	0.0000
7	大坑口	0.0000	1.2983	0.0000	0.1055	0.0000	0.0000	2.1832
8	英德	0.0000	0.0026	0.1281	0.2324	0.0000	0.0000	0.4065
9	源潭	0.0000	0.2293	0.0334	0.2955	0.0000	0.3040	0.0000
10	银盏坳	0.0181	0.1926	0.0000	0.8163	0.0000	0.0000	0.2650
11	郭塘	0.0000	0.1644	0.1471	0.8708	0.0000	0.0000	0.1924
12	江高镇	0.0000	0.0707	0.1295	0.2116	0.0000	0.3486	0.0000
13	大朗	0.0000	0.0000	1.7733	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
14	棠溪站	0.2073	0.0000	1.5758	0.2891	0.0000	0.1734	0.0000
15	广州东	0.0000	0.0641	1.0349	27.7646	0.0000	0.0000	0.0000
16	石龙	0.0000	1.0428	0.0000	0.0270	0.0000	0.1214	0.0000
17	常平	0.0000	0.0973	0.0461	0.0745	0.0000	1.6808	0.0000
18	茶山	0.0000	1.1372	0.0000	0.1156	0.0000	0.0000	0.6969
19	平湖	0.0000	0.0179	0.0000	4.9077	0.0000	0.0000	0.0000
20	平湖南	0.0000	0.0000	0.0000	0.6830	0.0000	0.0000	0.0000
21	笋岗	0.0000	0.0000	0.2596	1.5859	0.0000	0.0000	0.0000
	$\sum S_j(i)$	1.0036	4.5514	8.4472	38.4142	0.0000	3.8345	7.1842

## 4.2. 数据分析

### 1) 整体情况分析

据表 4 中测算结果显示, 广深铁路总体 DEA 有效的货运站有马坝、大朗、平湖和平湖南四个站, 表明这四个货运站投入与产出相匹配, 货运站资源得到较好的利用; 其他货运站 DEA 均为非有效, 最低是英德货运站, 仅为 0.1607, 说明这些货运站资源没有得到充分利用。

### 2) 主导要素影响分析

根据表 5 的测算结果可以分析输入、输出要素对广深铁路样本站整合效率的影响程度:

①从投入要素要来看, 首先广深铁路货运站车辆平均停留时间对整个样本总体的影响 ( $\sum S_j(3)=8.4472$ ) 程度最大, 这表明: 在广深铁路货运站资源整合的过程中, 改善货物车辆的组织管理, 提高货物车辆的装卸效率, 进一步压缩车辆在车站的停留时间对货运站资源整合至关重要。其次影响较大的是人力资源要素, 其影响值 ( $\sum S_j(2)=4.5514$ )。再次是货运站设施要素, 影响值为 ( $\sum S_j(1)=1.0036$ )。

表明在广深铁路货运站资源整合过程中，较车辆平均停留时间而言，适当减少货运站设施和人力资源要素的投入，这对于各货运站资源整合效率提高影响较小。通过进一步的比较分析，发现减员增效的重点是大坑口、茶山以及石龙三个站，而应重点提高设施利用率的为坪石、棠溪和银盏坳三个货运站。

②从产出要素来看，首先，货源不足是广深铁路提高各货运站资源利用效率所面对的最主要问题。在四大产出主导要素指标中，地区 GDP 对整合效率的影响最大，达到  $(\sum S_j(4) = 38.4142)$ ，尤其是广州东货运站，单个影响值就到达 27.7646。这主要是由于铁路发展过程中，逐渐与城市规划不协调，一些原先处于城市边缘的货运站已经处于中心城区，加上诸多工业企业的外迁，铁路货源不断丧失所致。其次影响程度较低的是衔接专用线数  $(\sum S_j(7) = 7.1842)$  和货运站日装卸车数  $(\sum S_j(6) = 3.8345)$ 。

3) 敏感要素指标分析

①据表 5 所示，四个 DEA 整合有效货运站中，大朗货运站的敏感要素指标为车辆的平均停留时间，平湖及平湖南的敏感要素指标为当地 GDP。因此要保持此类货运站整合 DEA 有效，应特别加强对地区货运资源的开发力度以及改善相应的配套设施设备，使货运站更加有效的运作，最终实现较低投入、较高产出的目标。

②对于整合 DEA 非有效货运站的敏感要素指标问题，最终落脚点都在投入要素与产出要素的不匹配问题，如果投入要素测算中  $S_j(i_0) = \min\{S_j(1), S_j(2), \dots, S_j(i)\}$ ，很有可能是因为投入较多，利用率太低；或者是因为投入较少，产出率太低；如果产出要素测算中  $S_j(i_1) = \max\{S_j(1), S_j(2), \dots, S_j(i)\}$ ，对应的便是反映该要素指标所对应的投入较少。广深铁路整合 DEA 非有效货运站投入敏感要素指标分析如表 6 所示。

**Table 6. Input sensitivity index of Guangzhou-Shenzhen Railway DEA non-effective freight stations**  
**表 6. 广深铁路整合 DEA 非有效货运站投入敏感要素指标**

序号	站名	Min[S <sub>j</sub> (i)]	敏感要素	Max[S <sub>j</sub> (i)]	敏感要素
1	坪石站	0.0000	人力资源	2.4273	停时
2	乐昌站	0.0000	人力资源	1.1616	停时
3	黄冈站	0.0000	人力资源	0.7122	停时
4	韶关东	0.0000	设施面积	0.0182	停时
5	乌石	0.0000	设施、停时	0.2326	人力资源
6	大坑口	0.0000	设施、停时	1.2983	人力资源
7	英德	0.0000	设施面积	0.1281	停时
8	源潭	0.0000	设施面积	0.2293	人力资源
9	银盏坳	0.0000	停时	0.1926	人力资源
10	郭塘	0.0000	设施面积	0.1644	人力资源
11	江高镇	0.0000	设施面积	0.1295	停时
12	棠溪站	0.0000	人力资源	1.5758	停时
13	广州东	0.0000	设施面积	1.0349	停时
14	石龙	0.0000	设施、停时	1.0428	人力资源
15	常平	0.0000	设施面积	0.0973	人力资源
16	茶山	0.0000	设施、停时	1.1372	人力资源
17	笋岗	0.0000	设施、人力	0.2956	停时

## 5. 结论与建议

根据投入产出要素理论以及 DEA 原理, 可以得出以下几点结论:

1) 货运设施设备没有得以充分利用的有韶关东、乌石、大坑口、英德、源潭、郭塘、江高镇、广州东、石龙、常平、茶山和笋岗等 12 个车站, 且没有因设施场地限制而影响到货源的车站。这从另一个角度反映了目前存在的货源严重不足问题。

2) 车辆停留时间较长, 作业效率低下的货运站为乌石、大坑口、银盏坳、石龙、茶山; 而受车辆停留时间限制的货运站有坪石、乐昌、黄岗、韶关东、英德、江高镇、棠溪、广州东、笋岗站。

3) 由于人力资源投入较大, 可以考虑减员增效的货运站有坪石、乐昌、黄岗、棠溪、笋岗; 而受人力资源要素约束, 影响车站作业的货运站有乌石、大坑口、源潭、银盏坳、郭塘、石龙、常平、茶山。

因此, 针对广深铁路货运站整合优化提出以下建议:

1) 对坪石、乐昌、韶关东、乌石、大坑口、英德、源潭、郭塘、江高镇、棠溪、石龙、常平等 12 个货运站进行技术改造, 提高机械化作业和信息化水平, 缩短货车停留时间;

2) 关闭银盏坳、茶山和广州东 3 个货运站;

3) 扩建平湖南、黄岗和石龙 3 个货运站为物流中心;

4) 维持马坝、大朗、平湖 3 个货运站的发展;

5) 逐步弱化笋岗站货运功能, 其业务向平湖南转移。

## 参考文献 (References)

- [1] 广东省统计局 (2013) 广东统计年鉴(2008-2013 年). 广州.
- [2] 张宝成, 王万乐, 林卫峰, 杜纲, 吴育华 (2010) 含非阿基米德无穷小量 DEA 模型的研究综述. *系统工程学报*, **3**, 407-414.
- [3] 夏伟怀 (2010) 铁路物流资源整合优化理论与应用研究. 博士论文, 中南大学, 长沙.