

Research on Balanced Production Level Evaluation Method and Case Analysis

—A Case Study of the Package Department of Honghe Cigarette Factory

Yunfei Zhang¹, Xingxu Li^{2*}, Sen Ren¹, Yan Zhang¹, Yanxiang Jin², Yaming Zhang¹, Guoyan Wang¹

¹Honghe Cigarette Factory, Hongyun Honghe Group, Honghe Yunnan

²Yunnan Economy & Society Bigdata Research Institute, Yunnan University of Finance and Economics, Kunming Yunnan

Email: yuanpengyp@sina.com

Received: Jun. 8th, 2017; accepted: Jun. 23rd, 2017; published: Jun. 28th, 2017

Abstract

Based on the concept of balanced production, this paper puts forward and designs the evaluation method system for time balance level of cigarette production in coil package. A case study is carried out in the case of the package of Honghe Cigarette Factory. The rationality of the method is verified from three aspects: Product quality, consumption and equipment stability. The results show that the production unit can achieve the goal of "good quality, high efficiency and low cost" by improving the level of production. Therefore, this method can be used for reference for the management and control of the cigarette packaging machine.

Keywords

Case Analysis, Evaluation Method, Unit Equilibrium, Tobacco Enterprise

均衡生产水平评价方法研究及实例分析

——以红河卷烟厂卷包部为例

张云飞¹, 李兴绪^{2*}, 任森¹, 张雁¹, 金艳香¹, 张亚明¹, 王国艳¹

¹红河红河烟草(集团)有限责任公司红河卷烟厂, 云南 红河

²云南财经大学云南省经济社会大数据研究院, 云南 昆明

Email: yuanpengyp@sina.com

*通讯作者。

收稿日期：2017年6月8日；录用日期：2017年6月23日；发布日期：2017年6月28日

摘要

本文从均衡生产的理念出发，提出并设计了卷包机组卷烟产量时间均衡水平的评价方法体系；以红河卷烟厂卷包部为例，进行了实例分析；从产品质量、消耗和设备稳定性三个方面，对方法合理性进行了验证。结果显示：卷包机组可以通过提升均衡生产水平来实现“质量好、效率高和成本小”的生产目标。因此，此方法对烟草企业卷包机组的管理和控制具有借鉴意义。

关键词

实例分析，评价方法，机组均衡，烟草企业

Copyright © 2017 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

1. 问题提出

卷烟工业企业卷包部承担着卷烟生产过程的卷接和包装任务，承担任务的基本单元为机组(固定的卷接设备、包装设备和工人)。企业在管理实践中，对机组一般采用多目标考核的方法，即从产品质量、生产效率和成本三个方面对机组生产过程进行全面考核。对于计划生产任务(产量)，机组可以选择在计划生产时间内均衡生产、也可以选择非均衡生产来完成。问题是：机组应该如何组织生产过程，才能实现产品质量好、生产效率高和生产成本小的目标？这取决于设备(卷接、包装)运行状态和工人的操作水平；设备运行越稳定，即均衡生产，生产的产品质量也越高、生产效率也越高、生产成本也越小。

这里所称的均衡生产，是指在相等的时间内生产的数量基本相等或稳定递增。但如何测度机组的均衡生产水平呢？对于均衡生产水平的评价方法，国外学术界和企业界主要研究了产品生产过程各环节的均衡性问题。基本的思路是：基于对均衡生产的不同定义而设计相应的评价方法。国内学者对均衡生产的研究也集中在产品生产过程各环节的均衡性问题上，均衡生产评价方法研究也集中在对生产过程各环节的均衡性评价[1] [2] [3] [4] [5]。如李必强[1] (1991)提出采用时间分段比例法和生产均衡率两个指标来评价生产均衡性。没有发现有关机组均衡生产水平评价方法的研究文献。

因此，本文研究机组生产过程的单位时间产量的均衡问题，重点研究机组均衡生产水平的评价方法，并以红云红河集团红河卷烟厂卷包部为例，进行方法的实例和验证分析。接下来的内容安排为：1) 均衡生产水平评价方法，分析卷包部的内部结构，利用综合评价思想，设计评价方法体系；2) 实例分析，基于红河烟厂数据，给出评价实例；3) 评价方法科学性验证，对目标假说进行实证分析；4) 主要结论。

2. 均衡生产水平评价方法

烟草企业卷包部承担着卷烟的卷接、包装任务，生产的卷烟可能存在规格差异。卷包部由若干车间组成，车间由若干机组组成，机组由卷接、包装设备和操作工人组成，机组为卷包生产的基本单元。机组根据设备的类型划分为不同的群。

均衡生产，是指计划生产量在计划期内每个工作日生产数量的均衡性，即生产量在时间上的均衡。

卷包部的组织结构决定了均衡生产水平的评价方法分为三个层面,即机组、车间和部门,机组为基础。

根据目的的不同,卷包部机组均衡生产水平评价可分为机组之间均衡生产水平评价和机组时间均衡生产水平评价。评价方法的核心是机组产量的可比性问题。

标准产量与均衡产量

机组单位时间(工作日)均衡产量(下文简称“均衡产量”),定义为机组生产稳定状态下单位时间内(工作日)生产的卷烟产量。均衡产量存在机组和规格差异,即同一机组生产不同规格的卷烟,其均衡产量不同。

机组单位时间(工作日)实际产量(下文简称“实际产量”),如果在机组之间进行比较,它受到机型、产品规格、以及工作日内是否调牌的影响;如果实际产量在不同时间进行比较,它受到产品规格、以及工作日内是否调牌的影响。因此,机组之间(或机组不同时间之间)一个可比的产量指标(下文简称“标准产量”)是进行比较评价的基础。

1) 标准产量

机型、规格差异用生产定额来衡量。由于生产的卷烟规格不同,同一机组额定台时产量存在差异;由于机组的不同,生产同一规格卷烟,机组额定台时产量也存在差异。因此,需要将机组的实际产量转化为标准产量。

记 x_{pj}^0 为 j 机型生产 p 规格卷烟的额定台时产量,则规格、机型之间的差异定义为:

$$k_{pj}^0 = \frac{\max(x_{pj}^0)}{x_{pj}^0}, \quad j = 1, 2, \dots, J \quad (1)$$

其中: J 为机型种类总数量。

记 x_{ip}^0 为同一机组生产 p 规格卷烟的额定台时产量,则机组生产规格之间的差异定义为:

$$k_{ip}^0 = \frac{\max(x_{ip}^0)}{x_{ip}^0}, \quad p = 1, 2, \dots, P \quad (2)$$

其中: P 为卷烟规格总数量。

① 考虑机组之间产量的可比性

假定机组 i 在标准工作日内生产 q 个规格的卷烟,每个规格卷烟产量 x_{pi} 、生产时间为 t_{pi} 、调牌时间为 t_{pi}^0 ,则机组之间进行比较时机组 i 的标准产量为:

$$x_{bi}^* = \sum_{p=1}^P k_{pj}^0 \times x_{pi} \times \left(\frac{t_{pi} + t_{pi}^0}{t_{pi}} \right) \quad (3)$$

由公式(3)可以看出,机组的标准产量不等于实际产量,它消除了机型、规格和调牌的影响,机组的标准产量在机组之间具有可比性。

② 考虑机组产量时间上的可比性

如果同一机组在不同时间进行比较时,则机组 i 的标准产量可定义为:

$$x_i^* = \sum_{p=1}^P k_{ip}^0 \times x_{pi} \times \left(\frac{t_{pi} + t_{pi}^0}{t_{pi}} \right) \quad (4)$$

2) 均衡产量的选择

机组均衡产量既可以从机组所使用机型和生产卷烟规格两个纬度进行确定,也可以基于标准产量进行确定。对于均衡产量,既可以是平均指标,也可以用最优指标。本文建议采用最近 30 个工作日标准产量的平均指标作为机组均衡产量。由于中位数的良好性质(不受极端值的影响),因此,采用最近 30 个工

作日标准产量中位数作为均衡产量。

① 考虑机组之间产量的可比性，机组均衡产量计算方法为：

$$x_{bi}^m = \begin{cases} x_{bi}^* \left(\frac{n+1}{2} \right) & n \text{ 为奇数时} \\ \frac{1}{2} \left(x_{bi}^* \left(\frac{n}{2} \right) + x_{bi}^* \left(\frac{n+1}{2} \right) \right) & n \text{ 为偶数时} \end{cases} \quad (5)$$

② 考虑机组产量不同时间上的可比性，机组均衡产量计算方法为：

$$x_i^m = \begin{cases} x_i^* \left(\frac{n+1}{2} \right) & n \text{ 为奇数时} \\ \frac{1}{2} \left(x_i^* \left(\frac{n}{2} \right) + x_i^* \left(\frac{n+1}{2} \right) \right) & n \text{ 为偶数时} \end{cases} \quad (6)$$

基于机组的标准产量和均衡产量数据，我们采用功效系数法的思想设计均衡生产水平评价模型。

1) 机组评价模型

机组均衡生产水平评价模型的基础指标为机组标准产量，机组标准产量越接近均衡产量，机组均衡生产水平就越高，超过或不及均为较差。因此，将机组均衡生产水平评价模型定义为：

① 机组之间进行比较评价，评价模型为：

$$s_{bi} = \begin{cases} 100 + \left(1 - \frac{x_{bi}^m}{x_{bi}^*} \right) \times 100 & x_{bi}^* \leq x_{bi}^m \\ 100 + \left(1 - \frac{x_{bi}^*}{x_{bi}^m} \right) \times 100 & x_{bi}^* > x_{bi}^m \end{cases} \quad (7)$$

进一步，考虑到分机型、规格均衡产量与额定产量之间的差异，即设备效率差异，企业追求的均衡生产应该是高水平上的均衡生产。因此，考虑到设备效率，机组均衡生产水平评价模型为：

$$s_{bi} = \begin{cases} \left\{ 100 + 100 \times \left(1 - \frac{x_{bi}^m}{x_{bi}^*} \right) \right\} \times e_i & x_{bi}^* \leq x_{bi}^m \\ \left\{ 100 + 100 \times \left(1 - \frac{x_{bi}^*}{x_{bi}^m} \right) \right\} \times e_i & x_{bi}^* > x_{bi}^m \end{cases} \quad (8)$$

其中

$$e_i = \frac{x_i^*}{x_i^0} \quad x_i^0 = \sum_p k_{ip}^0 \times x_{ip}^0 \times t_{pi} \quad (9)$$

公式(8)表明：如果机组标准产量远离均衡产量，其偏离越大，机组均衡生产水平越低，机组评价得分就越低；机组标准产量越接近均衡产量，机组评价得分就越高，说明机组均衡生产水平越高，机组生产过程稳定性越好。

② 机组在不同时间进行比较评价，评价模型为：

$$s_i = \begin{cases} \left\{ 100 + 100 \times \left(1 - \frac{x_i^m}{x_i^*} \right) \right\} \times e_i & x_i^* \leq x_i^m \\ \left\{ 100 + 100 \times \left(1 - \frac{x_i^*}{x_i^m} \right) \right\} \times e_i & x_i^* > x_i^m \end{cases} \quad (10)$$

2) 车间、部门评价模型

车间均衡生产水平由车间内机组的均衡生产水平决定, 部门均衡生产水平由车间均衡生产水平决定。在公式(8)的基础上, 可以计算车间、部门的均衡生产水平。车间均衡生产水平评价模型为:

$$s_j = \frac{\sum_{i=1}^m s_{ji}}{m} \quad (11)$$

其中, s_j 为 j 车间均衡生产水平得分, m 为车间的机组数。

部门均衡生产水平评价模型为:

$$s = \frac{\sum_{j=1}^n s_j}{n} \quad (12)$$

其中, s 为卷包部均衡生产水平得分, n 为卷包部的车间数。

进一步, 根据管理的需要, 以机组均衡生产水平得分为基础, 通过分类平均, 可得机型、牌号的均衡生产水平得分, 用以反映机型、牌号的均衡生产水平。

3. 实例分析

3.1. 数据来源及描述

实例数据来源于红河卷烟厂。红河卷烟厂卷包部分三个卷包车间、27 个机组, 卷包设备类型有 5 个(见表 1)。数据包括机组 2013 年 10 月每个工作日生产的各规格卷烟产量、生产时间等指标。

2013 年 10 月卷包部生产了 10 个规格的卷烟, 机组在工作日内存在调牌现象。按公式(6)将机组工作日实际产量转化为机组标准产量, 结果见表 2。

机组日标准产量平均值为 149.71 箱, 标准差为 20.76。分机型来看, 高于机组总平均水平的是机型 III 的机组(210.35)和机型 V 的机组(150.88); 另外, 同一机型的机组之间标准产量差异较大, 同一机组每个工作日之间的标准产量差异也较大, 这充分说明了机组生产的非均衡性。

3.2. 均衡生产水平计算及分析

考虑到红河烟厂同一机型内部存在的差异性, 我们采用机组生产在不同时间上的均衡性评价方法。据公式(10), 计算得到 2013 年 10 月机组的均衡生产水平得分(见表 3)。

同理, 计算得到各车间及部门 2013 年 10 月的均衡生产水平得分: 卷包部(69.76), 其中一车间(72.56)、二车间(59.60)、三车间(77.54)。

结果分析: 1) 2013 年 10 月卷包部的均衡生产水平为 69.76。从车间来看, 三车间水平最高、一车间次之、二车间最低; 从机组来看, 22#机均衡生产水平最高, 18#机最低。2) 二车间生产均衡水平低主要受 17#、18#机影响, 究其原因是设备故障率高及维修多。

4. 方法科学性验证

4.1. 理论假设

本文提出的均衡生产水平评价方法是否科学、合理? 是否可以成为卷烟企业卷包部机组追求的目标? 这需要进行验证。

目前卷包部对生产过程实行的是多目标考核, 即“产品质量好、生产效率高和生产成本小”, 为此, 提出以下假设:

Table 1. The list of units divided by type
表 1. 按机型划分的机组一览表

机型	机组
I	A03#、A04#、A07#、A08#、A09#、A10#、A11#
II	B13#、B14#、B15#B29#、B30#、B31#、B32#
III	A05#、A06#
IV	B17#、B18#
V	B19#、C20#、C21#、C22#、C23#、C24#、C25#、C27#、C28#

Table 2. The statistical characteristics list of standard production date in October 2013
表 2. 2013 年 10 月机组日标准产量统计特征

机组	均值	最大值	最小值	极差	中位数	机组	均值	最大值	最小值	极差	中位数
A03#	149.33	188.62	56.93	131.69	160.00	B19#	161.69	191.08	53.92	137.16	175.00
A04#	145.26	186.19	45.56	140.63	155.84	C20#	162.84	193.65	61.90	131.75	176.06
A05#	223.79	283.39	77.82	205.57	246.64	C21#	155.54	197.15	0.00	197.15	175.44
A06#	196.90	261.30	72.30	189.00	212.06	C22#	161.99	191.42	60.57	130.85	176.63
A07#	147.92	185.09	54.68	130.41	157.93	C23#	139.04	183.97	54.52	129.45	150.81
A08#	146.23	184.70	48.87	135.83	158.93	C24#	145.45	176.23	50.94	125.29	156.60
A09#	150.12	188.05	51.20	136.85	169.48	C25#	140.35	175.40	56.98	118.42	157.07
A10#	142.80	189.30	54.52	134.78	152.48	C27#	146.55	186.47	52.83	133.64	158.87
A11#	155.03	183.38	57.81	125.57	168.04	C28#	144.53	177.36	54.13	123.23	161.08
B13#	135.87	173.62	51.18	122.44	148.93	B29#	110.37	168.03	21.16	146.87	119.57
B14#	149.58	179.82	50.80	129.02	166.63	B30#	139.96	178.40	42.84	135.56	152.13
B15#	133.72	179.86	39.85	140.01	140.60	B31#	145.83	181.91	54.40	127.51	160.12
B17#	142.28	205.62	23.70	181.92	160.49	B32#	136.45	172.31	44.80	127.51	150.00
B18#	132.78	198.19	21.68	176.51	152.65						

Table 3. Unit equilibrium production level score in October 2013
表 3. 2013 年 10 月机组均衡生产水平得分

机型	机组	得分	机型	机组	得分	机型	机组	得分
I	A03#	77.07	II	B15#	67.99	V	B19#	83.85
	A04#	72.57		B29#	47.82		C20#	84.60
	A07#	72.26		B30#	69.79		C21#	79.59
	A08#	74.54		B31#	75.18		C22#	83.97
	A09#	75.74	B32#	69.06	C23#		69.59	
	A10#	72.66	III	A05#	64.27		C24#	74.52
	A11#	80.21		A06#	58.34		C25#	70.00
B13#	67.87	IV		B17#	42.66		C27#	75.07
B14#	76.83		B18#	40.28	C28#	76.66		

假说 1: 机组均衡生产水平越高, 生产的卷烟质量就越好。卷烟质量的度量指标有很多, 本文选择一个综合性的指标—卷制包装质量得分, 作为质量高低的标准。

假说 2: 机组均衡生产水平越高, 消耗就越少。由于数据限制, 这里选择单箱卷纸消耗和单箱废烟量作为消耗指标。

假说 3: 机组均衡生产水平越高, 设备的稳定性就越好。这里选择维修时间和维修次数作为设备的稳定性的测度指标。

4.2. 数据及统计描述

本文利用红河卷烟厂 2014 年 1 月卷包部 25 台机组的数据进行验证。相关变量的统计描述见表 4。

4.3. 验证方法及结果分析

通过图 1 看出, 均衡水平与卷制包装质量呈正相关关系, 与单箱卷纸消耗量、单箱废烟量、维修时间和维修次数呈负相关关系。初步说明变量之间的关系符合假说 1、假说 2 和假说 3。

进一步, 我们将机组均衡水平作为解释变量, 分别建立线性回归模型, 被解释变量分别为卷制包装质量(模型 1)、单箱卷纸消耗量(模型 2)、单箱废烟量(模型 3)、维修次数(模型 4)和维修时间(模型 5)。如果模型 1 解释变量系数为正、且统计显著, 则假说 1 成立; 如果模型 2、模型 3 和模型 4 中解释变量系数为负、且统计显著, 则假说 2 和假说 3 成立; 如果所有假说均成立, 则机组均衡水平评价方法的科学性得到验证。模型估计结果见表 5。

Table 4. Statistical description list of variables

表 4. 变量的统计描述

变量	均值	标准差	最小值	下四分位数	中位数	上四分位数	最大值
均衡水平	83.53	5.53	74.08	79.51	82.99	89	93.87
卷制包装质量	98.89	0.286	98.30	98.65	98.88	99.17	99.4
单箱卷纸消耗	2966.9	13	2945.8	2956.7	2963.9	2978	2993.2
单箱废烟量	0.42	0.1826	0.15	0.275	0.37	0.55	0.85
维修次数	29.79	7.02	15	25	31	34.5	44
维修时间	22.14	8.91	8	16.05	20.92	27.5	49.92

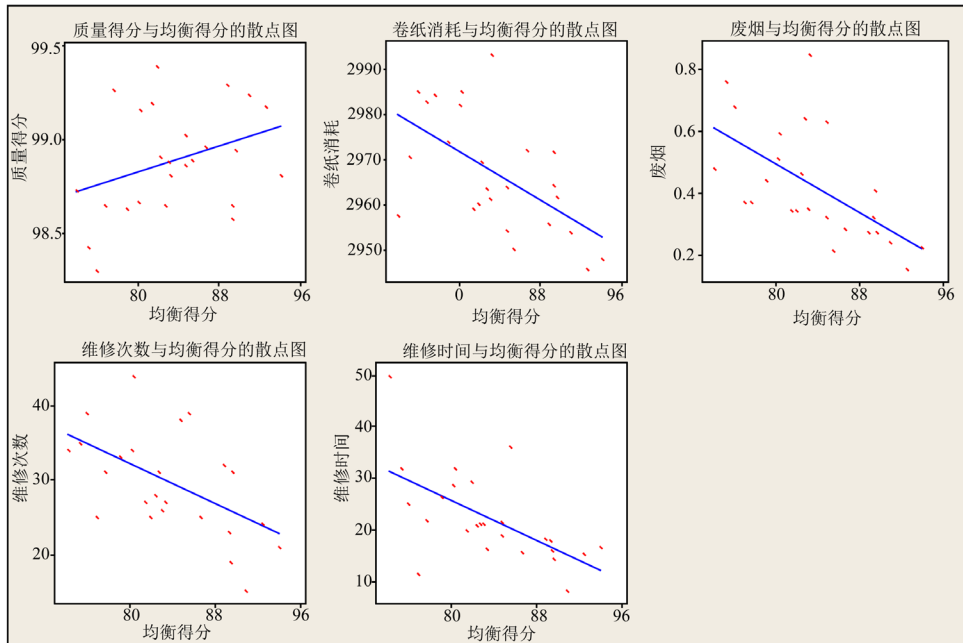


Figure 1. Scatter plot of equilibrium level and related variables

图 1. 均衡水平与相关变量散点图

Table 5. Model estimation results**表 5. 模型估计结果**

自变量	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4	模型 5
常数项	97.4028*** (0.8501)	3080.49*** (33.38)	2.0736*** (0.4617)	86.24*** (18.77)	103.50*** (22.44)
均衡水平	0.01775* (0.01016)	-1.3604*** (0.3988)	-0.019797*** (0.005515)	-0.6761*** (0.2242)	-0.9739*** (0.2681)
R-Sq (调整)	7.9%	30.7%	33.1%	25.2%	33.7%

注：“*”为显著水平为 10%，“**”为显著水平为 5%，“***”为显著水平为 1%。

模型 1 显示，机组均衡水平对卷制包装质量具有统计上显著(显著水平为 10%)的正向影响，机组卷制包装质量得分变动的 7.9%可由机组均衡水平进行解释，即机组的均衡生产水平越高，卷烟的卷制包装质量也越高，假说 1 得到验证。

模型 2 和模型 3 显示，机组均衡水平对单箱卷纸消耗量和单箱废烟量具有统计上显著(显著水平为 1%)的负向影响，机组均衡得分分别解释了单箱卷纸消耗量和单箱废烟量变动的 30.7%和 33.1%，即机组的均衡生产水平越高，单箱消耗也越少，假说 2 得到验证。

模型 4 和模型 5 显示，机组均衡水平对维修次数和维修时间具有统计上显著(显著水平为 1%)的负向影响，机组均衡得分分别解释了维修次数和维修时间变动的 25.2%和 33.7%，即机组的均衡生产水平越高，设备的稳定性也就越好，从而验证了假说 3 的成立。

由于验证了假说 1、假说 2 和假说 3 的成立，因此本文基于产量设计的机组均衡生产水平评价方法的评价结果，符合方法假定。均衡生产水平可以成为卷包机组追求的综合目标，从而实现从多目标考核向单一目标考核的转变。

5. 主要结论及启示

烟草企业卷包部在生产质量管理中，对生产机组存在多目标考核的情况，即“产品质量好、生产效率高和生产成本小”，但如何才能实现上述目标，机组并没有一个清晰的导向。本文以红河卷烟厂卷包部为例，从均衡生产的理念出发，设计了机组之间以及机组内部时间生产均衡水平的评价方法体系；考虑到机组生产过程中设备、卷烟规格、是否调牌等对机组生产的影响，提出了机组之间以及同一机组不同时间上具有可比性的标准产量指标和计算方法；并利用卷包部 2013 年 10 月的数据对机组均衡生产水平进行了测算；进一步，利用 2014 年 1 月的机组生产数据，从产品质量、消耗和设备稳定性三个方面对验证了方法的合理性，即“机组均衡生产水平越高，产品质量就越好、单箱消耗就越少、设备的稳定性就越好”。因此，企业可以通过对机组“树立均衡生产理念、提高均衡生产水平”的方式进行考核，实现从“多目标导向”向“单一目标导向”的转变。此方法对烟草企业卷包机组的管理和控制具有借鉴意义。

基金项目

红云红河集团“2014 年统计应用提升项目”。

参考文献 (References)

- [1] 李必强. 关于均衡生产的评价与考核问题[J]. 现代管理技术, 1991, 6(7): 30-33.
- [2] 鲁小东. 企业的均衡生产[J]. 有色金属工业, 2003(3): 43-44.
- [3] 张彤臻, 侯昌志. 精益生产管理体系中的均衡化管理[J]. 今日工程机械, 2009(6): 106-108.

-
- [4] 金青. OEM 电子产品制造的均衡生产方式[J]. 制造业自动化, 2011, 34(2): 20-23.
- [5] 叶顺宇, 李秋林. 运用资源优化控制链实现的均衡生产[J]. 科技创新导报, 2013(6): 215-216.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: sa@hanspub.org