

基于时间序列预测-ABC-XYZ 融合的印染厂库存优化研究

王建文¹ 李松峰² 蓝春霞¹ 林睿¹

1 韶关学院旅游与地理学院, 广东韶关, 512005;

2 韶关学院创新创业学院, 广东韶关, 512005;

摘要: 本文以潮州市某染厂的库存管理现状为研究对象, 采用理论实践和案例分析相结合的方法, 通过线下实地调研, 了解并记录个案业者对于染厂工作所需染料的采购进货, 备货, 以及存货控制等实际情况。再者, 阐述了该染厂的经营现状和库存管理现状, 并基于理论从订货和仓储两个方面分析了库存管理中存在的问题。在制定仓库管理和订单管理方案时, 科学运用基于趋势与季节变动的时间序列预测方法和 ABC-XYZ 分类法对染料库存进行库存优化。通过对某染厂半年染料使用与进货数据的分析, 构建需求预测模型, 结合安全库存与订货量计算, 优化进货方案。同时运用 ABC-XYZ 分类法对库存分类管理, 合理规划摆放位置, 提高库存管理效率, 降低运营成本。期望通过这个项目的实践, 解决线下染厂库存问题, 尽量避免产品库存积压或缺货的现象, 对商品进行精细化管理, 有效地控制库存。本研究对于存在同样库存管理问题的染厂具有一定应用价值和指导意义。

关键词: 时间序列; 需求预测; 库存优化; 安全库存; 订货策略

DOI: 10. 64216/3080-1486. 25. 04. 014

引言

随着全球纺织产业调整与制造业数字化转型, 印染行业库存管理效率直接影响产业链协同与企业盈利。据《中国纺织工业“十四五”发展规划》, 2023年我国规模以上印染企业总产值达7863亿元, 同比增长4.2%, 但行业库存周转率较国际先进水平低15%-20%, 库存积压与缺货问题突出。其中潮汕地区作为重要印染集群, 2024年染厂平均库存成本占运营成本28%, 远超15%-20%的合理阈值。

在“双碳”与智能制造升级背景下, 印染行业面临环保管控趋严、染料价格波动超30%、订单小批量多批次化等挑战, 传统经验型进货与粗放仓储模式难以为继。调研显示, 潮汕地区62%的染厂安全库存设置不合理, 38%因分类缺失导致拣货低效, 25%因需求预测偏差年浪费12%-15%库存。

本文聚焦行业痛点, 以潮汕某染厂为对象, 融合时间序列预测(趋势与季节变动模型)与ABC-XYZ分类法, 构建“需求预测-分类管理-订货优化”方案。旨在通过揭示需求季节性规律提升预测精度, 依托双维度分类提效仓储, 结合安全库存与经济订货量形成动态策略。研究对推动印染行业库存智能化转型、降低产业链成本具有实践价值, 也为离散型制造业提供方法论参考。

1 研究方法

1.1 基于趋势与季节变动的时间序列预测方法

时间序列预测方法是一种基于时间序列数据, 运用数学模型和统计方法, 揭示数据随时间变化规律, 并对未来数据进行定量估计和预测的方法。其一般形式可表示为

$$Y_t = T_t \times S_t \times C_t \times I_t \quad (\text{公式 2-1})$$

其中, Y_t 表示时间序列数据, T_t 表示长期趋势, S_t 表示季节变动因素, C_t 表示循环变动因素, I_t 表示不规则变动因素。

在本研究中, 本文收集并整理了印染厂的历史数据, 包括染料的使用量与进货数据。通过分析这些数据中的趋势性和季节性规律, 构建了染料需求预测模型。^[1] 具体而言, 假设时间序列只包含趋势、不规则变动和季节变动, 预测值可表示为:

$$\hat{Y} = \hat{T} \times \hat{s} \quad (\text{公式 2-2})$$

其中, $\hat{Y}$ 表示预测值, $\hat{T}$ 表示趋势预测值, $\hat{s}$ 表示季节指数。

以某印染厂2024年下半年元明粉使用量数据为例, 通过计算连续两个月的平均使用量和总平均使用量, 得到各月的季节指数 S_t , 计算公式如下:

$$s_i = \frac{\bar{y}_i}{\bar{y}} \times 100\% \quad (\text{公式 2-3})$$

其中, $\bar{y}_i$ 为同期平均数, $\bar{y}$ 为计算全部数据的总平均数。

根据计算出的季节指数，可以对印染厂的染料需求情况进行分析

1.1.1 需求预测模型计算与分析

在染厂库存管理中，再订货时间点、订货量及安全库存量是影响库存量的核心因素，直接关系到生产需求的满足和库存优化。染料供需管理需依据历史需求数据，结合淡旺季波动规律，动态调整进货策略。

再订货点（ROP）和订货量的确定是关键。常用经济订货量（EOQ）公式计算最优订货量，考虑到染厂需求和提前期的不确定性，需设置安全库存。实际计算再订货点存在三种情况：

提前期确定、需求不确定：需求服从正态分布，通过公式

$$B = L\bar{d} + z_{SL}/2 \sqrt{\sigma_L} \quad (\text{公式 2-4})$$

计算，根据服务水平查表取值。

需求确定、提前期不确定：提前期服从正态分布，公式为

$$B = L\bar{d} + z_{SL}/2 \sqrt{d \sigma_L} \quad (\text{公式 2-5})$$

缺货保护水平提高至 98%。

提前期和需求都不确定：采用近似公式计算。

$$B = L\bar{d} + z_{SL}/2 \sqrt{L \sigma^2 + \bar{d}^2 \sigma_L^2} \quad (\text{公式 2-6})$$

本文基于三种情况的计算方法，对染厂进行调研分析，制定进货、补货方案，为库存管理提供改善依据。

1.2 基于 ABC 分类法协同 XYZ 矩阵的库存管理方案建立

1.2.1 ABC 分类法

ABC 分类法是一种经典的库存分类管理方法，由意大利经济学家维尔弗雷多·帕雷托率先提出，故又叫帕累托分析法。其核心思想是在决定事物的众多复杂因素中区分主次因素，确定对事物起决定性作用的几个关键因素，并根据不同的分类条件进行管理。^[2]具体可见表 2-1：

表 2-1 ABC 分类法

分类	价值特征	数量特征	库存策略
A 类	价值高，占总价值 70%-80%	数量少，占总数 10%-20%	设置低安全库存，采用连续检查系统，实时监控库存
B 类	价值中等，占总价值 15%-25%	数量适中，占总数 20%-30%	设定适中安全库存，定期检查库存水平
C 类	价值低，占总价值 5%-15%	数量多，占总数 50%-70%	设置较高安全库存，采用定量订货模型

1.2.2 XYZ 分类法

XYZ 分类法是一种以需求稳定性为核心依据的库

存管理方法，通过分析物品需求的波动性和可预测性，将库存划分为 X、Y、Z 三大类。具体分类标准如下：

表 2-2 XYZ 分类法

物品分类	需求特性	库存管理	补货策略
X 类 - 需求稳定且可预测	需求通常无大幅波动，一定时期内需求量相对固定，可依据过往数据、人口数量等精准预测需求，如食盐	设置较低安全库存，库存周转率高。采用定期盘点，维持稳定库存水平，优化库存布局以提升存取效率	当库存降至预设补货点时，按照既定补货量补货，维持稳定库存
Y 类 - 需求有波动但大致可预测	需求受多种因素影响产生波动，但存在规律，可通过分析历史数据、季节变化、时尚潮流等预估需求，如季节性服装	设置适中安全库存，采用动态库存管理，根据季节、促销活动等提前调整库存水平，合理安排库存空间	依据需求预测和当前库存状况，灵活确定补货量，提前规划旺季补货
Z 类 - 需求不稳定且难以预测	需求变化无规律，受多种不确定因素影响，难以通过常规方法准确预测，如新型高科技产品初期	设置较高安全库存，加强库存监控，实时跟踪市场动态，及时调整库存策略，采用先进库存管理系统辅助决策	一旦库存低于警戒水平，立即启动紧急补货流程，与供应商加急沟通补货事宜

1.2.3 ABC-XYZ 法

ABC 分类法与 XYZ 分类法结合，能从价值和需求稳定性两个关键维度，对库存物品进行全面、细致的评

估，避免单一分类法的局限性。陈楚欣将 ABC 分类法与 XYZ 分类法相结合，针对原材料的不同特性提出不同的优化方案。^[3]将 ABC 与 XYZ 分类交叉组合后，可形成九种细分类型，每类对应差异化的管理策略。

表 2-3 ABC-XYZ 法

物品类别	价值属性	需求特性	库存管理重点
------	------	------	--------

AX 类	高价值	需求稳定且可预测	设置极低安全库存
AY 类	高价值	需求有波动但大致可预测	设置适中安全库存，建立动态库存调整机制
AZ 类	高价值	需求不稳定且难以预测	设置较高安全库存运用先进库存管理系统辅助决策
BX 类	中等价值	需求稳定且可预测	设置较低安全库存，定期盘点库存
BY 类	中等价值	需求有波动但大致可预测	设置适度安全库存，采用周期性库存管理
BZ 类	中等价值	需求不稳定且难以预测	设置较高安全库存定期评估库存合理性
CX 类	低价值	需求稳定且可预测	设置较高安全库存，简化流程，降低成本
CY 类	低价值	需求有波动但大致可预测	设置适量安全库存，采用粗放库存管理
CZ 类	低价值	需求不稳定且难以预测	设置较高安全库存，定期清理库

2 个案印染厂整体情况

2.1 个案印染厂简介

本研究以广东省汕头市某自主经营印染厂为研究对象。该厂配套设施齐全，拥有系统化化验室（含染液滴定机、调制机、全能试色实验机等），染色车间采用自动称料送料系统，定型车间通过智能中控与助剂配送系统实现自动化、标准化生产。厂区占地约 5,000 平方米，设两个仓库存储坯布及成品布，主营高端化纤、棉、人棉等针织布料染色，客户以纺织公司批量订单及印染厂代工订单为主。

2.2 个案印染厂现存的问题

（1）染料进货不科学：采用固定批量定期进货模式，缺乏染料使用统计与精细化补货机制，采购决策无科学依据，难以匹配需求。粗放管理易致库存失衡：过多则占用空间、增加过期浪费；过少则引发生产中断，影响交货周期与客户满意度。

（2）安全库存设置不合理：因进货策略问题，出现安全库存不足或积压。染料需求受季节波动与不确定性影响，不合理采购形成恶性循环，拖慢生产效率、推高成本，甚至导致亏损。

（3）染料摆放位置不合理：为省空间和方便装卸，染料摆放凌乱无区隔，增加寻货难度与时间成本，降低效率。损坏耗材与过时品项占用仓储空间，造成资源浪费。

3 研究分析

3.1 基于趋势与季节变动的时序序列预测分析

3.1.1 基于趋势与季节变动的时序序列预测分析

染厂在不同月份需求不同，为提高生产效率，科学进货，可以采取基于趋势与季节变动的时序序列预测方法对染料使用量进行分析，来确认高利润染料的需求预测值；再以需求订货模型计算高利润染料订货量（进货数量），并进一步分析需求与提前期处于不确定的情况。

表 4-1 个案染厂 2024 年下半年元明粉使用量

月份	7	8	9	10	11	12
月使用量（公斤）	173,666	119,348	87,381	130,955	90,260	62,002

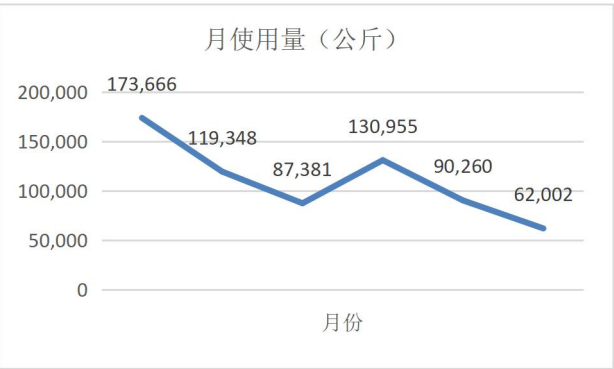


图 4-1 2024 年下半年元明粉使用量折线图

由表 2 中的数据可知，2024 年下半年各月季节指

数分别为：7 月 158.45%、8 月 108.89%、9 月 79.72%、10 月 119.48%、11 月 82.35%、12 月 56.57%。结合生产实际分析如下

7 月（高峰）：秋冬季服装备货旺季，订单集中致元明粉需求激增；

8 月（次高峰）：消化 7 月订单余量，高温与库存调整影响需求；

9 月（低谷）：秋冬订单完成后生产放缓，环保限产加剧库存风险；

10 月（次高峰）：春节与双十一备货启动，电商促销带动需求反弹；

11 月（低谷）：电商订单收尾后进入淡季，企业缩减采购；

12 月（超低谷）：年度生产低谷，库存清理与年末检修致需求骤降。

且根据访谈显示，虽 2022-2023 年部分数据缺失，但厂长证实历年下半年淡旺季规律与 2024 年一致。因此可依据时间序列趋势一致性，以 2024 年数据为基准，利用水平趋势预测值 $\hat{Y}$ 乘以各月的季节指数 s_i ，即可对 2025 年下半年的使用量作出预测。

$$\hat{Y} = \hat{T} \times \hat{s} \quad (\text{公式 4-1})$$

安全库存计算需提前期、平均需求量及需求标准差参数。本文以 2024 年 7-8 月数据计算元明粉安全库存时发现，其需求波动大导致标准差远超实际。“由于方差是数据的平方，与检测值本身相差太大，人们难以直观的衡量，所以常用方差开根号换算回来，这就是我们要说的标准差。”[4]参考标准差定义（“方差开根号以优化数据直观性”），通过对需求标准差再次开根调整，使计算结果更贴合实际安全库存需求。

3.1.2 需求和提前期是否确定的分析

在本文所调研的库存优化问题里，染厂需求通常具有不确定性。这是因为其需求主要依据订单情况，而订单的数量、时间等存在变数，难以精准预测。与之不同的是，提前期一般是确定的，有着相对稳定的时间周期。基于此，本文展开了深入的实际调查，旨在针对需求不确定、提前期确定这一复杂情形，深度剖析染料订货模型。

在计算需求不确定、提前期确定情况时，本文利用公式

$$B = L\bar{d} + z_{SL/2} \sqrt{\sigma L} \quad (\text{公式 4-2})$$

表 4-2 提前期确定、需求不确定情况下元明粉的再订货点

月份	染料	平均需求 (kg)	需求标准差 (kg)	提前期 (天)	再订货点 (kg)
七月	元明粉	5,789	1,197	3	17,367
八月	元明粉	3,978	1,197	3	12,051
九月	元明粉	2,913	1,197	3	8,856
十月	元明粉	4,365	1,197	3	13,212
十一月	元明粉	3,009	1,197	3	9,144
十二月	元明粉	2,067	1,197	3	6,318

元明粉是工业使用染料，单位时间的需求量常存在不确定的情况。一旦遇到需要使用大量元明粉的突发情况就会让其用量增加，一切需求的不确定性都影响着安全库存，这就需要科学地根据公式对再订货点进行计算。

(1) 提前期内需求服从于正态分布 $N(L\bar{d}, L\sigma^2)$

(2) 再订货点为 B

(3) 元明粉每日订货提前期为 $\bar{d}$

(4) 元明粉的平均提前期为 L

(5) 提前期内每天需求的标准差开根表示为 $\sqrt{\sigma}$

(6) 提前期内的需求为 $L\bar{d}$

(7) 提前期、确定需求不确定的安全存量为

$$z_{SL/2} \sqrt{\sigma L}$$

(8) 缺货保护水平或服务水平 SL

当元明粉的缺货保护水平或服务水平设定在 95% 水平时，等同于不出现缺货的概率不小于 95%，则通过对 $z_{\alpha/2}$ 数值查表可得 $z_{SL/2}$ 的值为 1.96。

通过计算，7 月份元明粉对应的提前期分别是 3 天对应的平均需求量分别为 5,789kg 因此通过计算可得出元明粉在 2025 年 7 月需求标准差开根为约 34.6 同时要保证其服务水平保持在 95% 左右，将这些数据代入公式 (4-3)

$$B = L\bar{d} + z_{SL/2} \sqrt{\sigma L} \quad (\text{公式 4-3})$$

根据计算可以确定 2025 年下半年各月的订货点：7 月 17,367kg、8 月 12,051kg、9 月 8,856kg、10 月 13,212kg、11 月 9,144kg、12 月 6,318kg。

3.2 基于 ABC 分类法协同 XYZ 矩阵对染料进行

分类

3.2.1 ABC 分类法分析

染厂染料存储因数量差异大、种类繁多，且生产需求受季节与市场波动影响，导致库存管理复杂。采用 ABC 分类法，依据染料占用资金大小将其分为 A、B、C 三类；在此基础上，按前处理剂（X）、染色剂及助剂（Y）、后整理剂（Z）三类工艺步骤，进一步将染料细分，两次分类后共得九类，符合个案染厂的存储规模与特点。

表 4-3 染料 ABC 分类依据

染料名称	总出库量（千克）	单价（元）/kg	总消耗金额（元）	金额占比	累计金额占比	分类
HBK005 清光黑 S-G	6,950	30	208,500	10.77%	10.77%	A 类
CR101 硅油 YJ-03	10,360	25	259,000	13.40%	24.17%	A 类
CR103 红中软油 3250	23,582	20	471,640	24.37%	48.54%	B 类
NX301 暗色毛洗粉	23,351	20	467,020	24.14%	72.68%	B 类
CR018 红中硅油	10,073	20	201,460	10.40%	83.08%	B 类
CR102 硅油 6 号	6,862	20	137,240	7.09%	90.17%	B 类
CR005 亲水平滑剂	7,023	15	105,345	5.44%	95.61%	C 类
NYM002 元明粉（中性）	130,955	0.65	85,121	4.40%	100%	C 类

计算每类染料月平均出库库存占用资金，排序再计算。对个案染厂 8 类染料 ABC 分析显示，前 2 类金

额占比 24.17% 为 A 类，3-6 类占比累计 90.17% 为 B 类，6-8 类为 C 类。

表 4-4 染料 ABC 汇总表

ABC 分类	库存金额（元）	占总金额百分比	累计百分比	染料数量	占总染料数百分比	累计百分比
A	234,400	24.17%	24.17%	17,310	7.90%	7.90%
B	1,277,360	66.00%	90.17%	63,868	29.14%	37.04%
C	190,466	9.84%	100%	13,798	62.96%	100%

3.2.2 基于 ABC 分类结果对染料进行 XYZ 分类

对染料进行 ABC 分类后实现初步管理，但因染厂染料数量大、种类多、管理复杂，仅靠 ABC 分类法无法实现精细化管理。因此需进一步分类，以细化管理、缩小拣货范围、提高工作效率。

表 4-5 染料 ABC-XYZ 分类表染料 ABC-XYZ 分类表

序号	染料类别	ABC 分类	工艺步骤分类
1	HBK005 清光黑 S-G	A	Y
2	CR101 硅油 YJ-03	A	Z
3	CR103 红中软油	B	Z
4	NX301 暗色毛洗粉	B	X
5	CR018 缸中硅油	B	Z
6	CR102 硅油 6 号	B	Z
7	CR005 亲水平滑剂	C	Z
8	NYM002 元明粉	C	Y

3.2.3 基于 ABC-XYZ 矩阵法对汇总分析

综合染料价值（ABC 分类）与工艺步骤（XYZ 分类）双维度，构建 ABC-XYZ 矩阵细化分类。通过整合表中数据，分别形成金额与重量汇总表，实现对染料库存的多维度量化分析。

表 4-6 基于 ABC-XYZ 矩阵法的染料金额汇总

分类	A	B	C	总计
----	---	---	---	----

X		467,020		467,020
Y	208,500		85,121	293,621
Z	259,000	810,520	105,345	1,174,865
总计	234,400	1,277,540	190,466	1,935,326

3.3 基于不同类别染料制定管理策略

3.3.1 AY、AZ 类染料管理策略

AY、AZ 类染料具有库存种类少、数量少，但价值相对最高、可替代性差、关键性高的特点。管理上应严格控制存储数量，适当减小每次采购量，并增加采购频次，采购频次应在每周一次，只在必要的情况下订货，尽可能使库存数量处于较低水平，以节省存储成本。同时，增加盘点频率，盘点周期应为每月一次，从而防止缺货影响生产进度。

3.3.2 BX、BZ 类染料管理策略

BX、BZ 类染料在出库库存种类、数量及库存资金

占用比例方面均处于中间位置。管理上不需要像 AY、AZ 类染料那样进行严格的管理，但也不能过于宽松，采用一般的管控即可。按照普通的方法进行管理，设置必要的安全库存，可有一定的采购量，对库存进行定期检查。

3.3.3 CY、CZ 类染料管理策略

CY 类染料属于价值低的 C 类物资，但由于该类染料使用量高，其管理措施应与 BX、BZ 类染料措施相同。CZ 类染料库存种类多、数量大，但占用资金较小。管理上可以相对宽松，采用简单的管理控制即可。可大批量进行采购，降低采购成本，存储数量也可较多。^[5]

表 4-7 不同类别染料管理策略汇总表

管理策略	AY、AZ 两类	BX、BZ 两类	CY、CZ 两类
控制方式	严格控制	一般控制	宽松控制
存货量	小	中	大
订货频次	每周一次	两周一次	每月一次
采购量	小	中	大
检查方式	严密检查	一般检查	宽松检查
安全库存	低	适当较高	较高
管理重点	对库存量严格控制，采用多次少量订货的方式采购，提高对这类染料预测的准确性，防止缺货	管理方式相对适中，定期检查库存，可按经济订货批量订货；可有适当的库存量	管理方式相对宽松，在存储条件允许的情况下，可进行大批量的订货；存储量可较高

4 结论与建议

4.1 结论

文本对汕头市某印染厂物流问题展开深入调研，通过实地考察与访谈，明确其运营现状及物流管理主要问题：一是进货批量固定缺乏灵活性，致库存积压或缺货频发；二是库存管理无科学方法，库存成本高；三是仓储空间利用低效，货物摆放混乱影响物流效率。

为解决问题，收集该厂近期进货及使用量数据，用时间序列分析法精准预测各类原材料需求。基于预测结果构建需求订货模型，确定最优订货量、再订货点和安全库存量，并分析需求与提前期的不确定性。同时，采用 ABC 分类法协同 XYZ 矩阵的库存管理方案对材料

分类。

据此提出优化方案：一是优化进货策略，摒弃固定批量模式，依需求预测动态调整进货量，引入先进数据分析软件实时监控市场需求和生产进度，匹配进货量与实际需求；二是引入先进库存管理系统，融入 ABC 分类法和 XYZ 矩阵，按类别采取不同策略，实时监控预警库存水平，优化库存结构降低成本；三是重新规划仓储布局，按货物种类、性质和使用频率划分区域，规范摆放，引入智能化仓储设备提升空间利用率和物流效率。

实证分析验证了《基于时间序列预测 - ABC-XYZ 融合的印染厂库存优化》的可行性与有效性。该方案既解决了该厂当前物流问题，也为国内传统印染厂物流管理提供理论参考和实践指导，具有较高原创性和应用价值。

4.2 建议

尽管本研究在调研和数据分析中力求严谨,但受时间和资源限制仍可能存在疏漏。调研后期虽通过文献调研和数据分析为企业运营提供参考,但实际操作中存在偏差,例如印染厂原材料需求波动大、需求标准异常,导致传统安全库存公式难以直接应用,为此本文已对安全库存公式进行调整以贴合实际需求。

当前数字化技术快速发展,传统制造业面临转型升级的压力与机遇,然而针对印染厂这类企业的物流和库存管理调研较少,现有成果难以完全满足企业实际需求。因此建议后续调研者在本文基础上继续深入探索物流优化方案:一方面可拓展研究范围,将印染厂上下游企业纳入研究体系,构建完整的供应链物流优化模型;另一方面可引入人工智能、大数据等前沿技术,提升物流管理智能化水平,为印染厂及整个传统制造业转型升级提供更有利支持。

参考文献

[1] 孙琼,江晶晶,李雪岩,唐少清.基于后疫情时代的旅游需求预测研究[J].中国软科学,2022(z1):217-226.DOI:10.3969/j.issn.1002-9753.2022.z1.025.

[2] 兰昊,工业工程.W造船企业阀件仓库分类管理与布局优化研究[D].江苏科技大学[2025-03-18].

[3] 陈楚欣.C公司原材料库存管理方法的优化[D].厦门大学,2017.

[4] 李平科.基于SIFT矢量场的运动目标检测算法研究[D].哈尔滨工程大学,2011.DOI:10.7666/d.y2052704.

[5] 兰昊,工业工程.W造船企业阀件仓库分类管理与布局优化研究[D].江苏科技大学[2025-03-18].

作者简介:王建文,男(1969.04-),汉族,中国台湾地区,博士,副教授,研究方向:项目管理、市场营销、旅游研学、城乡规划治理。

李松峰,男(1965.08-),汉族,中国台湾地区,博士,副教授,研究方向:创新创业,工商管理,市场营销。

蓝春霞,女(2005.1-),汉族,籍贯:韶关乐昌,本科,学生,研究方向:旅游管理,物流管理,项目管理。

林睿,女(2006.04-),汉族,籍贯:广东河源,本科,学生,研究方向:旅游管理,物流管理,项目管理。