

承诺书

赛区评阅编号（由赛区组委会评阅前进行编号）：

2012 高教社杯全国大学生数学建模竞赛

编 号 专 用 页

赛区评阅编号（由赛区组委会评阅前进行编号）：

赛区评阅记录（可供赛区评阅时使用）：

评 阅 人										
评 分										
备 注										

全国统一编号（由赛区组委会送交全国前编号）：

全国评阅编号（由全国组委会评阅前进行编号）：

摘要

葡萄酒的评价需要对评酒员定性分析转变定量分析,同时结合酿酒葡萄的理化指标和葡萄酒的理化指标共同对葡萄酒进行分析评价。本文主要通过对酿酒葡萄和葡萄酒的各项数据利用 SPSS 软件进行了相关性分析,应用了 Wilcoxon 秩检验,因子分析法,信息熵法及典型相关分析得出了两组评酒员评分结果的可信度,红,白葡萄酒的分级及酿酒葡萄和葡萄酒的理化指标间的相关关系。

针对问题一,要得到两组评酒员评价结果有无显著性差异及哪一组评价结果更可信。本文首先采用了 K-S 单样本正态检验得出每一组的评价结果在置信区间内总体都符合正态分布,然后通过 Wilcoxon 秩检验法得出了两组评酒员对红白葡萄酒的评价都存在显著性差异,并且通过肯德尔和谐系数得出了红葡萄酒中第一组评酒员评价结果更加可信和白葡萄酒中第二组评酒员评价结果更加可信。

针对问题二,这是一个评价分级问题。本文综合考虑了酿酒葡萄的理化指标及葡萄酒的质量两种评价方法对酿酒葡萄进行了分级。在考虑酿酒葡萄的理化指标时采用了因子分析法得出了 7 个公共因子,并对其做了解释。再用信息熵法对评酒员的评级结果进行了合理地修正,得出葡萄酒的质量得分。最后引入了模糊数学中的隶属函数对两种评价方法综合考虑,得出了红白葡萄酒的分级结果如下表,并对权重赋予了置信因子的实际背景。

等级	I 级 (优品)	II 级	III 级	IV 级	V 级 (劣品)
红葡萄酒 样品	2, 3, 9, 1, 23, 8, 17, 5	14, 6	24, 19, 12, 22, 2 6, 20, 21	18, 15, 13, 1 6, 7	27, 4, 10, 25, 11
白葡萄酒 样品	27, 24, 28, 5, 20	10, 26, 6, 7, 23, 1	9, 3, 15, 21, 22, 4, 25, 17, 12	14, 18, 13, 2	19, 16, 11, 8

针对问题三,要分析出酿酒葡萄和葡萄酒的理化指标之间的关系。本文结合问题二的因子分析法得出的酿酒葡萄理化指标的 7 个公共因子作为一组变量与葡萄酒的理化指标作为另一组变量,通过 SPSS 软件进行组间变量的典型相关分析得出了在酿酒的过程中,DHPPH 自由基会发生转变而成为 DPPH 半抑制,褐变度在葡萄酒的酿造过程中,对葡萄酒的色泽有较大的决定作用等分析结果。

最后,本文对所建立模型进行了分析及评价,并对评价模型中的置信因子赋予了背景意义。并且通过对置信因子的分析,对葡萄酒的评价及分级提出了几点建议。

关键词: Wilcoxon 秩检验, 因子分析, 模糊数学评价, 置信因子, 典型相关分析

一. 问题重述

1.1 问题的背景

确定葡萄酒质量时一般是通过聘请一批有资质的评酒员进行品评。每个评酒员在对葡萄酒进行品尝后对其分类指标打分，然后求和得到其总分，从而确定葡萄酒的质量。酿酒葡萄的好坏与所酿葡萄酒的质量有直接的关系，葡萄酒和酿酒葡萄检测的理化指标会在一定程度上反映葡萄酒和葡萄的质量。附件 1 给出了某一年份一些葡萄酒的评价结果，附件 2 和附件 3 分别给出了该年份这些葡萄酒的和酿酒葡萄的成分数据。

1.2 问题的重述

问题 1： 分析附件 1 中两组评酒员的评价结果有无显著性差异，哪一组结果更可信？

问题 2： 根据酿酒葡萄的理化指标和葡萄酒的质量对这些酿酒葡萄进行分级。

问题 3： 分析酿酒葡萄与葡萄酒的理化指标之间的联系。

二. 问题的分析

葡萄酒的评价一般是通过评酒员对其进行评价打分，然而葡萄酒的质量好坏又与其酿酒葡萄的理化指标具有相关性。本文要解决的问题就是对葡萄酒的质量，酿酒葡萄的理化指标及芳香物质进行分析，给出它们的相关关系。同时，考虑到建立模型的依据是附件所给的关于酿酒葡萄和葡萄酒的数据。所以，本文首先对所给的数据进行了分析，发现了某些数据较大和某些数据的缺少。我们采取了均值替换的方法对异常和缺失的数据进行了修正。

2.1 问题 1 的分析

对于问题一，要得到两组评酒员对红，白葡萄酒质量的评价结果有无显著性差异和哪一组的评分结果更可信。本文先针对两组评酒员对红葡萄酒的评分进行有无显著性差异的判定和确定哪一组评分结果更可信，白葡萄酒采取相同的方法进行分析和判定。

针对两组评酒员对红葡萄酒的评价结果有无显著性差异，我们从附件一得出红葡萄酒有 27 个样品，对于红葡萄酒的每一个样本都含有 10 项评价指标，每一项指标都有 10 位评酒员进行评分，由于问题是对两组评酒员的评价结果有无显著性差异的判定，所以本文对每个样品的 10 位评酒员综合评分求均值，即可得到每组的红葡萄酒样本综合评分均值 (27×1) 的矩阵，对所得到的矩阵利用 spss 软件对其进行单样本 k-s 正态检验，对满足 k-s 正态检验的两组单样本进行配对，然后利用 wilcoxon 秩检验法，对红葡萄酒的两组评价结果有无显著性差异进行判定。

要判定两组评酒员的评分结果哪一组结果更可信，我们引入了肯德尔和谐系数建立了秩相关分析评价模型。肯德尔和谐系数是指计算多个等级变量相关程度的一种相关量，最常用的情况是考察多位评分者评分的一致性程度。

2.2 问题 2 的分析

针对问题 2，这是考虑酿酒葡萄的理化指标和葡萄酒的质量两个因素的综合评价模型。我们先对附件二中的酿酒葡萄理化指标进行分析，发现酿酒葡萄的理化指标分为一级理化指标 28 个和二级理化指标若干个。结合酿酒葡萄二级指标

在对葡萄酒的现实生活评价和二级指标对酿酒葡萄好坏的影响,由于二级指标在评价中影响较小,故我们在对酿酒葡萄进行分级时仅考虑 28 个一级理化指标。

现有资料研究表明,28 个一级指标中的某些指标在葡萄中的含量具有相关性,相关性较大的理化指标可能在评价分级中有一定的联系。因子分析法是根据变量之间的相互关系,运用数学变换将多个变量转变成少数几个线性不相关的综合指标,从而简化数据处理,用较少的,有代表性的因子来说明纵多变量之间的关系。在本文中,首先对问题附件二酿酒葡萄中的各样本一级理化指标的含量进行标准化处理,然后得到各一级指标含量之间的相关系数矩阵,求出相关系数矩阵的特征值和特征向量。再使用方差最大法进行正交变换,使因子载荷两极分化,旋转后的因子仍是正交的,最后确定出因子的个数,计算因子得分和各样本的因子综合总得分。

在考虑葡萄酒的质量对酿酒葡萄的影响时,单纯考虑附件一评酒员的具体打分情况,但是百分制打分各单项指标的分数分配不一定合理,也就是说单项指标的权重分配不一定合理。因此本文采取了信息熵法对各指标的权重进行重新分配,得出了基于信息熵法的综合得分的评价模型。信息熵法是偏于客观的确定权重的方法,它借用信息论中的熵的概念,对数据进行处理,得出决策矩阵,最后通过决策矩阵合理地对各指标的分配权重。本文通过信息熵法确定了各指标的权重,然后利用了线性加权求和法得到了葡萄酒质量的综合评分。

最后综合考虑酿酒葡萄理化指标及葡萄酒质量两个方面,本文引入了模糊数学中的隶属函数的概念,选取了偏大型正态隶属函数,对酿酒葡萄进行模糊综合评分,同时选取不同的段值对酿酒葡萄进行了模糊分级。在进行模糊综合评分时,我们同时对权值赋予了酿酒葡萄评价时的背景意义。

2.3 问题 3 的分析

针对问题三,要通过所给附件分析酿酒葡萄与葡萄酒理化指标之间的关系。我们知道酿酒葡萄有多个理化指标,其中红葡萄酒包括 28 个一级指标及若干个二级指标,同时葡萄酒理化指标有 7 个。若是单个考虑两组理化指标中的单个指标进行相关性分析,不仅会使得两组变量间有多个简单的相关系数,使问题显得复杂,难以从整体描述,而且这样做出来的分析结果毫无实际意义。因此本文考虑研究两组变量的之间的相关关系的多元分析方法—典型相关分析,选用问题 2 中得出的酿酒葡萄 7 个互不相关的公共因子作为一组变量,葡萄酒的 7 个理化指标作为另一组变量,应用 spss 软件中的相关分析,更好的说明问题 3 中酿酒葡萄与葡萄酒的理化指标之间的关系。

三. 模型假设和符号的说明

3.1 模型的假设

- (1)附件所给的数据准确且可用。
- (2)酿酒葡萄的二级指标影响较小,不做考虑。
- (3)评酒员对各葡萄酒的偏爱程度相同。

3.2 符号的说明

α_{ij} : 第 i 个样品第 j 项指标的含量

y_{imj} : 第 m 位评酒员对第 j 个葡萄酒样品第 i 项指标的评分值

F_{ik} : 第 i 个样本的第 k 种评价方法的得分 ($k=1,2$)

U_i : 第 i 个样本的满意度

V : 第一组典型变量

W : 第二组典型变量

四. 模型的建立与求解

4.1 数据的预处理

通过对所给附件的数据分析,找出缺失的数据以及包含粗大误差的异常数据。用均值替换法来进行修正。即

$$x_m^* = \frac{1}{n-1} \left[\sum_{k=1, k \neq m}^n x_k \right] (m=1,2,\dots,n),$$

该式子表明对于附件处理后的数据都用其平均水平来表示。

表 1-1 红葡萄酒样品 20 色调数据的修补

评酒员	1 号	2 号	3 号	4 号	5 号	6 号	7 号	8 号	9 号	10 号
修正前	6	6	4	—	6	6	8	6	6	8
修正后	6	6	4	6	6	6	8	6	6	8

表 1-2 第一组白葡萄酒品尝评分样本 3 持久性数值异常的修正

评酒员	1 号	2 号	3 号	4 号	5 号	6 号	7 号	8 号	9 号	10 号
修正前	7	5	7	5	6	7	77	5	6	7
修正后	7	5	7	5	6	7	6	5	6	7

因为本文建立模型的依据是附件所给的关于葡萄酒的各项数据,所以首先对数据的预处理是很有必要的,而且在后文中对所用的数据皆为修正后的数据。

4.2 问题 1 的模型建立与求解

4.2.1 单样本数据的 k-s 正态检验

首先计算出每一个样本 10 位评酒员的综合评分的均值,

$$\bar{y}_j = \frac{\sum_{m=1}^{10} \sum_{i=1}^{10} y_{imj}}{10} (i=1,2,\dots,10; m=1,2,\dots,10; j=1,2,\dots,27),$$

其中: y_{imj} 为第 m 位评酒员对第 j 个葡萄酒样品第 i 项指标的评分值; \bar{y}_j 为

10 位评酒员对第 j 个样品的综合评分均值。

然后通过 spss 软件分别对上式所得的每组综合评分值进行单样本 k-s 正态检验。如果样本点的数据在正态分布 P-P 图上大致呈一条直线,且由 K-S 图得出

$p > 0.05$ ，即可判定样本的总体分布为正态分布。

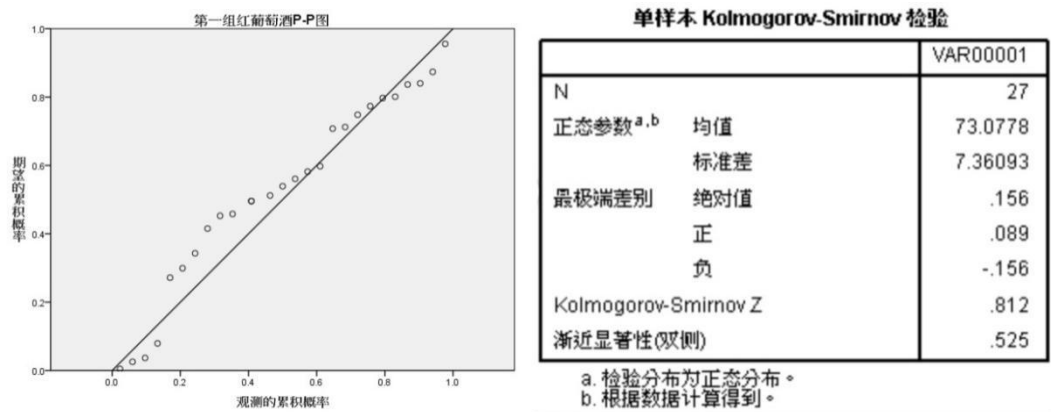


图 2-1 第一组红葡萄评价结果的正态 P-P 图和 K-S 检验结果

从图 2-1 可以看出第一组数据的散点分别近似为一条直线，且与对角线大致重叠；双边检验结果 $p = 0.525 > 0.05$ 。因为可以认为评酒员对葡萄酒的评分服从正态分布。

4.2.2 两组评价结果的显著性差异的评定

上述检验现实各类葡萄酒得分情况属于正态总体，为了进一步说明评酒员评分的科学性以及两个评分组评分的可信度，需要坚持两组给出的评分是否有显著性差异，即对数据进行显著性检验。本文采用 wilcoxon 符号秩检验法，具体检验步骤如下：

Step1. 提出假设： H_0 ：两组评酒员的评价结果是相同的

H_1 ：两组评酒员的评价结果是不相同的

Step2. 选定显著性水平， $\alpha = 0.05$, $n_1 = 27, n_2 = 27$ ，

Step3. 根据样本值计算成对样本均值之差 D_i ，并将 D_i 的绝对值按大小排序并编上等级。最小的等级记为 1。

Step4. 等级编号完成后恢复正负号，计算出正等级之和 T^+ 和负等级之和 T^- 。选择 T^- 和 T^+ 中较小的一个作为威尔克克森检验统计量 T 。

Step5. 统计量 T 的均值和方差分别为 $E(T)$ 和 $D(T)$ 。确定检验统计量 z

$$z = \frac{T - E(t)}{\sqrt{D(t)}} \sim N(0,1)$$

近似服从标准正态分布。

Step6. 查正态分布的表得 $z_{\alpha/2} = 1.96$ 故可知 $-z_{\alpha/2} = -1.96$ 。确定 H_0 的拒绝

域

$$z = \frac{T - E(t)}{\sqrt{D(t)}} = \frac{T - \frac{n(n+1)}{4}}{\sqrt{\frac{n(n+1)(2n+1)}{24}}} \leq -1.96$$

根据样本值计算的检验统计量的观测值为：

$$z = \frac{T - E(t)}{\sqrt{D(t)}} = \frac{T - \frac{n(n+1)}{4}}{\sqrt{\frac{n(n+1)(2n+1)}{24}}} \approx -2.53 \leq -1.96$$

所以应该拒绝 H_0 ，故在显著性水平 $\alpha = 0.05$ 的条件下，认为两组评酒员对红葡萄酒的评价存在显著性差异，具体的计算结果如附表 2-3。
类似的，对于两组品酒员对白葡萄酒的评价结果如附表 2-4，可以得到

$$z = \frac{T - E(t)}{\sqrt{D(t)}} = \frac{T - \frac{n(n+1)}{4}}{\sqrt{\frac{n(n+1)(2n+1)}{24}}} \approx -2.23 \leq -1.96$$

同样可得，应该拒绝 H_0 ，故在显著性水平 $\alpha = 0.05$ 的条件下，认为两组品酒员对白葡萄酒的评价存在显著性差异。

4.2.3 秩相关分析评价模型的建立

这里引用肯德尔和谐系数，肯德尔和谐系数是指“计算多个等级变量相关程度的一种相关量”。适用于 K 个评分者评 N 个对象，也可以是同一个人先后 K 次评 N 个对象。

Step1. 对附件 1 评分表中数据作秩变换（见附表 2-5）。

Step2. 计算肯德尔和谐系数 ω ，建立秩相关评价模型，其目的是评价品酒员评分整理效果。

$$\omega = \frac{S}{\frac{1}{12}m^2(j^3 - j)}$$

其中： S 表示每个被评样本所得等级秩数之和 R_j 与所有这些和的平均数 \bar{R}_j 的离差的平方和：

$$S = \sum_{j=1}^n (R_j - \bar{R}_j)^2$$

其中：当对红葡萄酒分析时，n 取 27；对白葡萄酒分析时，n 取 28。

Step3. 对肯德尔和谐系数的显著性检验

本文共有两个组，每组由 10 个评酒员组成，分别对 27 个红葡萄酒样本和 28 个白葡萄酒样本进行评分，表示每个被评样品所有等级秩数之和。分析知，

当评酒组意见比较一致时,各个秩和之间差距较大,当评酒组意见分歧较大时候,差距较小。

解得四组评分结果 ω 如表 2-1:

表 2-1 各组评酒员对葡萄酒品尝得分 ω 值

组别	第一组红葡萄酒得分	第二组红葡萄酒得分	第一组白葡萄酒得分	第二组白葡萄酒得分
ω 值	0.5217	0.4571	0.4467	0.4481

因为样品数 $j>7$, 检验统计量为 χ^2 , $\chi^2 = m(j-1)\omega$

设 H_0 : 评价者意见不一致;

H_1 : 评价者意见一致。

若 $\chi^2 > \chi^2_{1-\alpha}(j)$, 则拒绝 H_0 , 否则接受 H_0 。对 χ^2 的计算值如表 2-2 所示。经查表 $\chi^2_{1-\alpha}(j) = \chi^2_{0.95}(27) = 40.11$

表 2-2 各组品酒员对葡萄酒品尝得分检验结果

组别	第一组红葡萄酒得分	第二组红葡萄酒得分	第一组白葡萄酒得分	第二组白葡萄酒得分
χ^2	135.642	148.846	120.601	120.993

从表 2-2 可知,对于红葡萄酒,第一组品尝得分检验结果存在的相关的概率大于第二组品尝得分检验结果存在的相关概率,故第一组评分结果更可信;对于白葡萄酒,第二组品尝得分检验结果存在的相关的概率大于第一组品尝得分检验结果存在的相关的概率,故第二组评分结果更可信。因此再之后的分析中,对于红葡萄酒质量评价结果选用第一组品尝得分,对于白葡萄酒质量评价结果选用第二组品尝得分。

4.3 问题 2 的模型建立与求解

4.3.1 基于因子分析的葡萄酒理化指标的综合得分

根据问题的分析,28 个一级指标中的某些指标在葡萄中的含量具有相关性,相关性较大的理化指标可能在评价分级中有一定的联系,因此需要对问题所给的 28 的个一级理化指标之间的相关关系进行分析。运用数学变换将多个变量转换为少数几个线性不相关的综合指标,用于简化数据处理,同时要保证通过较小的有代表性的因子能够充分地说明众多变量的主要信息,因此在这里可以采用因子分析法研究。

因子分析法的具体步骤如下:

Step1.: 对原始数据进行标准化处理

对原始数据标准化处理的一般公式为

$$\bar{\alpha}_{ij} = \frac{\alpha_{ij} - \bar{u}_j}{s_j}, i = 1, 2, \dots, 27; j = 1, 2, \dots, 28$$

其中： $\bar{u}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \alpha_{ij}$, $s_j = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\alpha_{ij} - \bar{u}_j)^2}$, α_{ij} 为第 i 个样品第 j 项指标的含
量。

Step2. :求各项理化指标相关系数矩阵 R

相关系数矩阵 $R = (r_{ij})_{p \times p}$, 有

$$r_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^n \bar{\alpha}_{ki} \cdot \bar{\alpha}_{kj}}{n-1}, i, j = 1, 2, \dots, 28$$

其中： $r_{ii} = 1; r_{ij} = r_{ji}$, r_{ij} 是酿酒葡萄第 i 个理化指标与第 j 个理化指标的相关
系数。

根据以上公式，结合问题附件二中酿酒葡萄理化指标提供的数据，则可得到
各理化指标之间的相关系数如附表 3-1。

从附表 3-1 中可以看出花色苷对苹果酸, 褐变度, DPPH 自由基, 总酚, 单宁
的相关系数分别是 0.633, 0.696, 0.655, 0.728, 0.688, 从此可以判断出在葡
萄酒中的花色苷与较多的理化指标在成因与起源上具有较大的相关性。同时也能
从表中, 看出 DPPH 自由基在酿酒葡萄成分的形成中具有较大的促进作用。

Step3. 求相关系数矩阵的特征值和特征向量

利用相关系数矩阵求出相应的因子特征值和累计贡献率, 用 spss 统计软件
计算可以得到结果如表 3-2

表 2.2 特征值及累计贡献率

因子	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 %
F1	6.875	24.553	24.553	6.875	24.553	24.553	5.159	18.423	18.423
F2	4.767	17.026	41.579	4.767	17.026	41.579	4.481	16.003	34.427
F3	2.988	10.672	52.250	2.988	10.672	52.250	3.147	11.241	45.667
F4	2.834	10.123	62.374	2.834	10.123	62.374	2.865	10.233	55.900
F5	1.975	7.052	69.425	1.975	7.052	69.425	2.572	9.185	65.086
F6	1.565	5.588	75.013	1.565	5.588	75.013	2.200	7.856	72.941
F7	1.292	4.613	79.626	1.292	4.613	79.626	1.872	6.685	79.626

由表可以分析出来, 选取前 7 个公共因子的累计贡献率已经达到了 80%, 这
7 个公共因子提供了原数据的 80%的信息, 满足因子分析的原则。

Step4. 方差最大法进行正交变换

利用 spss 软件得出旋转后各因素的载荷矩阵如下表 3-3.

表 3-3 旋转之后的各理化指标的载荷矩阵

	成份
--	----

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
氨基酸总量	.137	.636	-.326	-.323	-.073	.406	.127
蛋白质	.592	-.248	-.126	.019	.434	.299	.317
VC 含量	.027	-.480	-.136	-.256	-.128	.100	-.429
花色苷	.716	.063	.572	-.085	.154	.110	.064
酒石酸	.212	.123	-.289	-.181	.220	.087	.798
苹果酸	.122	.153	.820	-.287	-.001	-.164	.055
柠檬酸	-.055	-.003	.390	-.148	.051	.089	.804
多酚氧化酶活力	.000	.177	.688	.279	.076	.317	.028
褐变度	.272	-.098	.833	-.147	.095	.274	.024
DPPH 自由基	.818	-.181	-.029	-.002	.237	.354	.049
总酚	.897	.140	.066	-.081	.173	.178	-.005
单宁	.808	.003	.230	-.036	-.211	.242	.070
葡萄总黄酮	.881	.005	-.053	.039	.113	.101	.031
白藜芦醇 (mg/kg)	-.120	-.261	-.105	-.550	.297	.237	.045
黄酮醇 (mg/kg)	.208	.161	.131	-.021	.039	.880	.102
总糖	.043	.917	-.009	-.108	.060	.001	-.070
还原糖	-.143	.789	.023	-.080	-.062	-.038	.075
可溶性固形物	.066	.903	.085	.033	-.059	.016	-.080
PH	.337	.052	-.504	-.083	.658	.039	-.132
可滴定酸	-.069	.341	-.118	.172	-.846	-.105	-.162
固酸比	.110	.106	.254	-.085	.811	-.043	.190
干物质含量	.112	.908	.137	-.132	-.149	.035	.175
果穗质量	-.065	-.296	-.137	.763	.209	-.164	.087
百粒质量	-.112	-.231	-.219	.752	-.125	-.191	-.258
果梗比	.270	-.164	.247	-.337	.064	.700	-.007
出汁率	.753	.043	.050	-.001	.042	-.177	-.091
果皮质量	-.024	-.062	.015	.878	-.206	.148	-.094
果皮颜色	-.593	-.385	-.160	.166	.306	.162	-.200

从上表中 3-3 可以看出，花色苷，DPHH 自由基，总酚，单宁，葡萄总黄酮在公共因子 F1 有较大的载荷，即可认为这些理化指标在酿酒葡萄的成因及来源有较大相关性，且 F1 可认为是激活因子。褐变度，总糖，还原糖，在公共因子 F2 有较大的载荷，在一定程度上可认为，F2 可代表酿酒葡萄中的营养因子，同理

可得其他某些理化指标在公共因子上的载荷。

Step5. 通过因子得分矩阵得到酿酒葡萄样本的综合得分

为了更好的进行评价分析，利用 spss 软件则可得到各因子的得分系数矩阵如附表 3-4.

由因子得分的一般公式

$$F_{ik} = \sum_{j=1}^{28} \bar{\alpha}_{ij} \bullet b_{jk}, \quad (i=1,2,\dots,27;k=1,2,\dots,7)$$

其中： F_{ik} 为第 i 个样本的第 k 个公共因子的得分； b_{jk} 为第 j 项理化指标在第 k 个公共因子的得分系数（由表 2-3）可以得出。

则第 i 个样本的 7 个公共因子的综合得分是

$$F'_i = \sum_{k=1}^7 F_{ik} \bullet \omega'_k$$

其中： $\omega'_k = \frac{\omega_k}{\sum_{k=1}^7 \omega_k}$ ， ω_k 为第 k 个因子的方差贡献率。

利用 SPSS 软件计算分析出各基于因子分析的综合得分。第一组酿酒红葡萄的综合得分如下表 3-5，第二组酿酒白葡萄的综合得分如下表 3-6。

表 3-5 酿酒红葡萄的因子综合得分

酿酒葡萄 样本	因子分析综 合得分	8	0.46622	16	-0.26266	24	0.07723
1	0.67517	9	0.59191	17	0.38069	25	-0.6489
2	0.66298	10	-0.9205	18	-0.17932	26	-0.08623
3	0.65361	11	-0.7262	19	-0.03116	27	-0.39666
4	-0.48344	12	0.04454	20	-0.09449		
5	0.33756	13	-0.24596	21	-0.10528		
6	0.12635	14	0.27744	22	-0.04522		
7	-0.30196	15	-0.21428	23	0.44855		

表 3-6 酿酒白葡萄的因子综合得分

酿酒葡萄 样本	因子分析综 合得分	8	-0.88547	16	-0.53196	24	0.60140
1	0.13257	9	0.07083	17	-0.12949	25	-0.11228
2	-0.22312	10	0.26495	18	-0.20724	26	0.24658
3	0.07565	11	-0.65171	19	-0.59215	27	0.84003
4	-0.03335	12	-0.13066	20	0.30068	28	0.40692
5	0.33454	13	-0.22146	21	0.05705		
6	0.18146	14	-0.19916	22	0.00759		
7	0.18188	15	0.06932	23	0.14662		

4.3.2 基于信息熵法的葡萄质量综合得分

(1) 各项评价指标的权重合理性分析

由附件 1 可知，葡萄酒的每项评价指标的权重都是以百分制给出，我们可以直接通过简单的动态加权法得出葡萄酒中每个样本的质量综合得分。但是，考虑到以百分制确定的权重较为主观，不利于合理地得出综合得分。因此，我们采用偏向于客观确定权重的信息熵法，重新对每一项指标权重进行了合理分配，然后在采用加权求和的方法得出质量的综合得分。

(2) 信息熵法确定葡萄质量综合得分的具体步骤：

Step. 1: 构造决策矩阵

以 2 组评酒员对红葡萄酒各项指标评分的平均值为信息构造决策矩阵 Y ，样本变量 y_i ($i=1,2,\dots,27$) 为 27 中红葡萄酒，决策变量的属性 $[\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_{10}]$ 。则决策矩阵如下：

$$Y = \begin{bmatrix} 3.1 & 7.6 & \dots & 8.4 \\ 3.1 & 7 & \dots & 9.1 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 3.7 & 6.2 & \dots & 8.8 \end{bmatrix},$$

Step. 2: 决策矩阵数据标准化处理

由于所给的评价指标都是正向指标，故对数据标准化处理常用的公式为

$$y'_{ij} = \frac{y_{ij} - \min\{y_j\}}{\max\{y_j\} - \min\{y_j\}},$$

其中： y_{ij} 为决策矩阵的第 i 个样品的第 j 项指标的评分均值， $\max\{y_j\}$ 和 $\min\{y_j\}$ 分别表示为第 j 项指标中的最大或者最小评分值。

Step. 3: 对标准化决策矩阵进行归一化

由归一化公式 $y''_{ij} = \frac{y'_{ij}}{\sum_{i=1}^{27} y'_{ij}}$ 对规范化矩阵进行归一化处理，得到归一化决策矩阵为 Y''

Step. 4: 计算指标的信息熵：

$$E_j = -k \sum_{i=1}^{27} (y''_{ij} \times \ln y''_{ij})$$

Step. 5: 计算信息熵冗余度及指标的权重：

$$D_j = 1 - E_j \quad (j=1,2,\dots,10)$$

$$\omega_j = \frac{D_j}{\sum_{j=1}^{10} D_j}$$

其中： D_j 表示第 j 项指标的冗余度； ω_j 为第 j 项葡萄酒评价指标的分配权重。

Step. 6: 葡萄酒质量综合评价总分

根据以上信息熵重新确定的各个评价指标的权重分配，得到每种葡萄酒指标的权重向量如下表 3-7：

表 3-7 红葡萄酒各项指标的权重

评价指标 权重	外观分析		香气分析			口感分析				平衡/整体 评价
	澄清度	色调	纯正度	浓度	质量	纯正度	浓度	持久性	质量	
第一组红葡萄酒	0.0502	0.0690	0.0965	0.1128	0.1037	0.0734	0.1095	0.1338	0.1205	0.1306
第二组白葡萄酒	0.0795	0.0756	0.1258	0.1221	0.1556	0.0562	0.1179	0.0609	0.1026	0.1039

在根据权重和评酒员的评分就可以计算出每种葡萄酒质量的总得分：

$F_i'' = \omega_1 \bar{\alpha}_1 + \omega_2 \bar{\alpha}_2 + \cdots + \omega_{10} \bar{\alpha}_{10}$, ($i = 1, 2, \cdots, 27$), 计算得出第一组红葡萄酒质量的综合得分和第二组白葡萄酒质量的综合得分。

表 3-8 红葡萄酒质量的综合评价总分

酿酒葡萄 样本	红葡萄质量 的综合得分	8	7.6952	16	7.9625	24	8.2268
1	6.6751	9	8.6829	17	8.3881	25	7.2911
2	8.6148	10	7.8490	18	6.5146	26	7.7772
3	8.5184	11	7.4793	19	8.3171	27	7.7737
4	7.2069	12	5.9280	20	8.4457		
5	7.6477	13	7.9485	21	8.1782		
6	7.6450	14	7.7003	22	8.1250		
7	7.6042	15	6.1319	23	9.1290		

表 3-9 白葡萄酒质量的综合评价总分

酿酒葡萄 样本	红葡萄质量 的综合得分	8	7.6531	16	7.0917	24	8.0134
1	8.2474	9	8.6085	17	8.5203	25	8.4239
2	7.9938	10	8.5439	18	8.1095	26	7.8459
3	8.0185	11	7.5682	19	8.1200	27	8.1523
4	8.0863	12	7.7254	20	8.1373	28	8.4229
5	8.6886	13	7.8456	21	8.4036		
6	8.0591	14	8.1634	22	8.4467		
7	7.8920	15	8.3368	23	8.1799		

4.3.2 基于模糊数学隶属度对酿酒葡萄进行分级

结合问题 2 上述的分析结果，我们可以得到考虑两种综合评分：基于酿酒葡萄的理化指标所得的综合得分和基于评酒员对葡萄酒的评价得出的综合评分。因此，在对酿酒葡萄进行分级的时候必须考虑这两方面的综合得分。同时，我们可以由上述两种评分值观测到两种综合评分的数量级并不相同，所以简单的加权求和在此并不可行。此外，对酿酒葡萄的分级应该是模糊的，不可精确量化的。综合考虑上述情况，本文决定引入模糊数学中隶属函数对两种评分的进行综合考虑。引入的函数为偏大型正态隶属函数，因为人为主观上对葡萄酒的评分的感官并不相同，故分级的方式也并非线性的。如人为对某一葡萄酒的评分为 0.8-0.9 与 0.9-1.0 这两个分级的感官并不相同。所以引入偏大型正态隶属函数葡萄酒进行评价更加符合实际生活和分级。同时，在对葡萄酒进行评分，分级的时候，可以考虑到若是某葡萄酒分级越高，则人为对其的满意度则高，所以我们在此确定此隶属函数为满意度函数。模糊数学综合评价方法的具体步骤如下：

Step. 1: 偏大型正态分布满意度函数的确定

当评分值为正时，开始其值变化较为缓慢，但达到一定的程度其函数值会迅速的上升，当函数值上升到一定限度，已充分接近 1 而又不等于 1 时，则函数值继续增大对人为上的感官就没有多大意义了。这是符合人为对葡萄酒的满意度的真实情况。当葡萄酒质量很低时，人为对其的满意度可以说是不喜欢；而对于优质葡萄酒和半优质葡萄酒，人为对其的满意度相差不大。

根据上面的描述选取的隶属函数如下：

$$\mu(F) = \begin{cases} 1 - e^{-\left(\frac{F}{\sigma}\right)^2}, & F > 0 \\ e^{-\left(\frac{F}{\sigma}\right)^2} - 1, & F < 0 \end{cases},$$

其中： σ 为待定参数，在这里与综合评分状态的转折点的选取有关。令

$\mu''(F) = 0$ ，则可求解得 $F = \frac{\sqrt{2}}{2}\sigma$ ，即 $\mu(F)$ 的拐点为 $\left(F, \frac{\sqrt{2}}{2}\sigma\right)$ 。对于拐点的

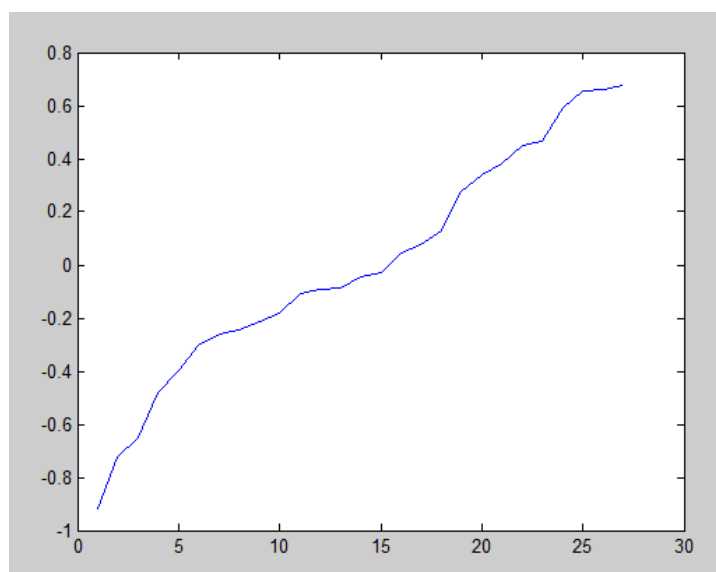
实际意义可以确定为在这个拐点满意度的变化率为最大。

Step. 2: 满意度函数参数的确定

(1) 酿酒葡萄理化指标评分参数的确定

不同样本酿酒葡萄的理化指标综合评分曲线如下图 3-1

图 3-1 酿酒红葡萄的理化指标综合评分曲线



从上图我们确定当拐点 F' 为 0.2 更为合适。于是我们得出了 27 个样本的满意度如下表 3-10

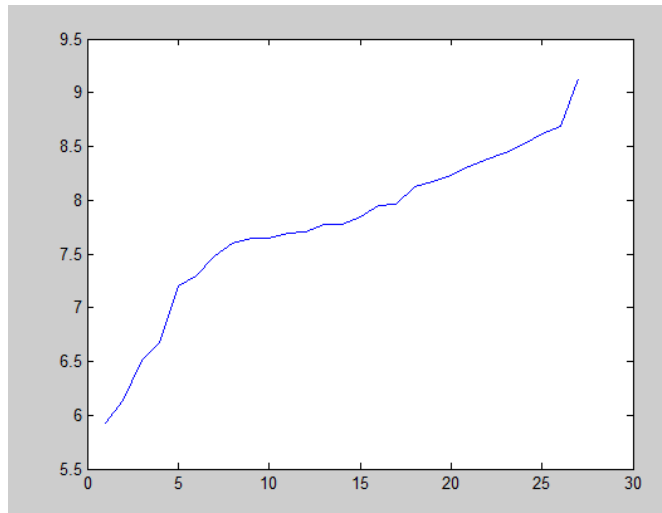
表 3-10 酿酒红葡萄的满意度

酿酒葡萄 样本	满意度	8	0.9339	16	-0.5778	24	0.9191
1	0.9966	9	0.9875	17	0.8366	25	0.0718
2	0.9959	10	-1.0000	18	-0.3310	26	-0.9948
3	0.9952	11	-0.9986	19	-0.0121	27	-0.0888
4	-0.9461	12	0.0245	20	-0.1056		
5	0.7593	13	-0.5306	21	-0.1294		
6	0.1809	14	0.6179	22	-0.0252		
7	-0.6801	15	-0.4367	23	-0.5778		

(2) 葡萄质量综合评分参数的确定

不同样本的葡萄质量评分曲线如下图 3-2，

图 3-2 葡萄质量评分曲线



从图中我们确定当拐点 F'' 为 7.9. 于是我们得出了 27 个样本点满意度如下表 3-11。

表 3-11 基于葡萄质量评分得出的满意度

酿酒葡萄 样本	满意度	8	0.3777	16	0.3983	24	0.4185
1	0.3002	9	0.4534	17	0.4309	25	0.3468
2	0.4482	10	0.3896	18	0.2882	26	0.3840
3	0.4409	11	0.3612	19	0.4255	27	0.3838
4	0.3404	12	0.2454	20	0.4353		
5	0.3741	13	0.3972	21	0.4148		
6	0.3739	14	0.3781	22	0.4107		
7	0.3708	15	0.2601	23	0.4871		

Step. 3: 评价模型的建立

由问题 2 的分析中, 我们就可以得到要对酿酒葡萄进行分析, 不能仅根据线性直接加和求得综合评分, 也不能仅考虑其中的任一种综合得分进行分级。由此, 引入了模糊数学中的满意度函数来对酿酒葡萄进行评价, 分级, 其一般的模型为

$$U = \sum_{i=1}^2 p_i \mu(F),$$

其中: $p_i (0 < p_i < 1)$ 表示为第 i 种综合评分的权重, 在此, 我们赋予其背景意义为评分的置信因子, 容易知道若是评酒员的评价水平较高, 则对应的置信因子则越大, 若是酿酒葡萄理化指标更加合理, 则其对应的置信因子也越大。在此我们对酿酒葡萄的理化指标给予较高的权重 0.8, 葡萄酒质量综合评分权重设为 0.2.

通过计算我们得出红葡萄的 27 个样品的综合满意度如下表 3-12, 同理得出 28 个白白葡萄样品的综合满意度如下表 3-13.

表 3-12 酿酒红葡萄的综合满意度

酿酒葡萄 样本	综合满意度	8	0.8227	16	-0.3826	24	0.1412
1	0.8574	9	0.8807	17	0.7555	25	-0.7265
2	0.8864	10	-0.7221	18	-0.2071	26	0.0058
3	0.8843	11	-0.7267	19	0.0754	27	-0.6113
4	-0.6888	12	0.0687	20	0.0026		
5	0.6823	13	-0.3450	21	-0.0205		
6	0.2195	14	0.5700	22	0.0620		
7	-0.4699	15	-0.2973	23	0.8327		

表 3-13 酿酒白葡萄的综合满意度

酿酒葡萄 样本	综合满意度	8	-0.7282	16	-0.7133	24	0.8684
1	0.2384	9	0.1346	17	-0.0666	25	-0.0334
2	-0.2938	10	0.5524	18	-0.2538	26	0.5005
3	0.1324	11	-0.7255	19	-0.7113	27	0.8791
4	0.0672	12	-0.0809	20	0.6206	28	0.7823
5	0.6897	13	-0.2920	21	0.1149		
6	0.3477	14	-0.2334	22	0.0842		
7	0.3463	15	0.1286	23	0.2681		

同时我们选取综合满意度的不同区间分级： $[-1, -0.6]$ 为V级（最低级）， $[-0.6, -0.2]$ 为IV级， $[-0.2, 0.2]$ 为III级， $[0.2, 0.6]$ 为II级， $[0.6, 1]$ 为I级。按照这样的分级可得第一组红葡萄酒的分级如下图 3-3，第二组白葡萄酒的分级如下图 3-4。

图 3-3 红葡萄酒分级图

红葡萄酒样品分级

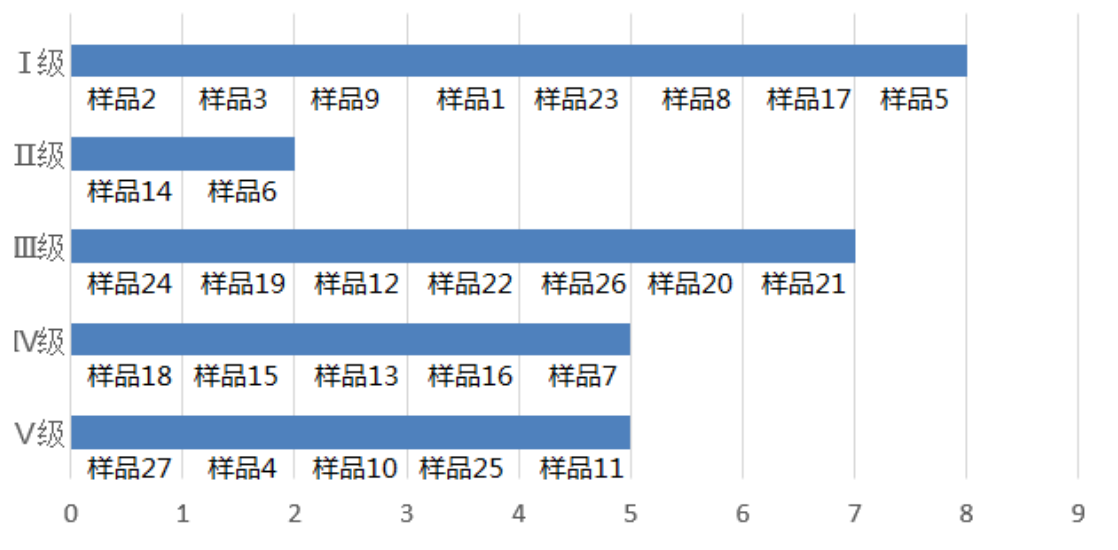
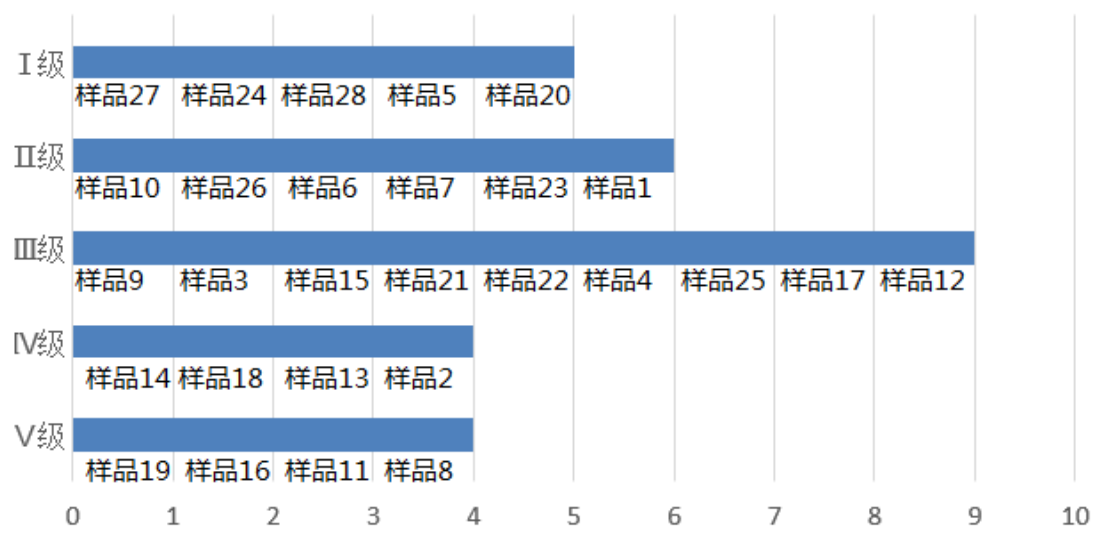


图 3-4 白葡萄酒的分级图

白葡萄酒样品分级



4.4 问题 3 模型的建立与求解

4.4.1 典型相关性分析模型的建立

典型相关分析用于衡量两组变量之间的相关性，利用主成分分析的思想，找出两组变量的线性组合，然后讨论线性组合之间的相关关系的方法。典型相关分析的建立具体步骤如下：

Step1：建立原始矩阵；

根据问题二求得的酿酒葡萄的理化指标的 7 个公共因子记为 $F = (F_1, F_2, \dots, F_7)^T$ ，

葡萄酒的 7 个理化指标记为 $G = (G_1, G_2, \dots, G_7)^T$ 。Z 为原始数据矩阵

$$Z = \begin{bmatrix} F_{1,1} & \cdots & F_{7,1} & G_{1,1} & \cdots & G_{7,1} \\ \vdots & \ddots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ F_{1,27} & \cdots & F_{7,27} & G_{1,27} & \cdots & G_{7,27} \end{bmatrix},$$

Step2: 对原始数据进行标准化变换计算相关系数矩阵

$$R = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} \\ R_{21} & R_{22} \end{bmatrix},$$

其中 R_{11} , R_{22} 分别为第一组变量与第二组变量的相关系数矩阵, $R_{12} = R_{21}^T$ 为第一组与第二组变量的相关系数矩阵。

Step3. 求典型相关系数和典型变量

计算 $A = R_{11}^{-1}R_{12}R_{22}^{-1}R_{21}$ 的特征值 λ 和特征向量 μ_1 以及 $B = R_{22}^{-1}R_{21}R_{11}^{-1}R_{12}$ 的特征值 λ 和特征向量 μ_2 。则酿酒葡萄的理化指标 F 与葡萄酒的理化指标 G 的

典型相关系数为 p 典型变量为 $\begin{cases} V_1 = \alpha_1^T X \\ W_1 = \beta_1^T X \end{cases}; \begin{cases} V_2 = \alpha_2^T X \\ W_2 = \beta_2^T X \end{cases}; \dots; \begin{cases} V_t = \alpha_t^T X \\ W_t = \beta_t^T X \end{cases} (t \leq 7)$ 。

Step4. 检验各典型相关系数的显著性

对典型相关系数 p 进行显著性检验。在做两组变量酿酒葡萄的理化指标 X 与葡萄酒的理化指标 Y 的典型分析之前, 要先判断两组变量之间是否相关, 如果计算的两组变量的协方差 $\text{cov}(X, Y) = 0$, 则两组变量之间不相关, 再进行典型相关分析毫无意义。

4.4.2 典型相关模型的求解

利用 SPSS 软件对酿酒葡萄 7 个公共因子和葡萄酒的理化指标进行了典型性相关分析, 结果如下表 4-1:

表 4-1 两组变量的典型性相关系数

典型相关变量对数	1	2	3	4	5	6	7
典型相关系数	0.938	0.935	0.691	0.574	0.313	0.192	0.154

由上结果知, 第一, 第二对典型变量之间的相关系数都大于 0.9. 由此可以得到这两对典型变量解释能力比较强, 并且相应典型变量之间密切相关。为了确定这两对典型变量相关性的显著程度, 通过 spss 软件我们得到了检验结果如下表 4-2:

表 4-2 典型性变量检验结果

维度递减检验结果(降维检验)				
	Wilk's	Chi-SQ	DF	Sig

1	0.005	99.958	49.000	0.000
2	0.037	60.752	36.000	0.006
3	0.297	22.446	25.000	0.610
4	0.568	10.454	16.000	0.842
5	0.848	3.054	9.000	0.962
6	0.940	1.141	4.000	0.888
7	0.976	0.445	1.000	0.505

在显著性结果中，可以看出第一，第二对典型变量的显著性检验水平都低于 0.01，则可说明可以用前两对典型变量对相关性进行较强的说明。

从附表 4-3 中，我们建立了前两对典型变量的典型相关模型如下表 4-4

表 4-4 典型相关模型

典型变量的对数	典型相关模型
1	$V_1 = -0.569F_1 - 0.790F_2 - 0.195F_5 - 0.084F_6$
	$W_1 = -0.856G_1 + 0.496G_2 - 0.582G_4 + 0.528G_6$
2	$V_2 = -0.614F_1 - 0.42F_2 + 0.459F_3 - 4.77F_6$
	$W_2 = 0.936G_1 - 1.583G_2 + 0.558G_3 + 0.421G_7$

根据典型变量重要程度及系数大小，从建立典型相关模型可以看出，葡萄酒各指标受酿酒葡萄各指标提取出的公共因子变动的作用程度可用两对典型相关变量给予综合描述。

对第一对典型变量 V_1, W_1 ，典型变量 V_1 主要与公共因子 F_1 （DHPPH 自由基，总酚，单宁葡萄总黄酮）和公共因子 F_2 （总糖，可溶性固体物，干物质含量）相关，典型变量 W_1 与葡萄酒的理化指标 G_1 花色苷， G_2 单宁， G_4 酒总黄酮， G_6 DPPH 半抑制体积相关。我们又知道第一对典型变量具有较强的相关系数 0.938。对于出现这种情况是非常符合实际的，因为在酿酒的过程中，即从酿酒葡萄酿造到葡萄酒的过程中，某些理化指标的含量不会发生变化，而有些理化指标的含量会因为发生复杂的内部化学反应转化成别的含量。由上知，在酿酒的过程中，DHPPH 自由基会发生转变而成为 DPPH 半抑制体积，酿酒葡萄的总黄酮与葡萄酒中的酒黄酮具有很高的相关性。而我们也可以认为总酚，单宁，理化指标几乎不发生转化。

对第二对典型变量 V_2, W_2 ，典型变量 V_2 主要与公共因子 F_6 （黄酮醇和果梗比），公共因子 F_1 （DHPPH 自由基，总酚，单宁葡萄总黄酮）和公共因子 F_3 （苹果酸，多酚氧化酶活力和褐变度）具有较强的相关性，典型变量 W_2 主要与 G_1 花色苷， G_2

单宁， G_3 总酚， G_7 色泽。同时第二对典型变量具有较强的相关系数 0.935。由此我们得出，黄酮醇，果梗比 DHPPH 自由基在酿酒的过程中发生了转变，且与花色苷，单宁等具有很强的相关性，同时，可以得出褐变度在葡萄酒的酿造过程中，也起了很大的作用，即主要决定了葡萄酒的色泽。

五. 模型的评价与改进

5.1 模型的评价

(1)问题一模型中采用先对每个葡萄酒样本取总分的方法，即将多组数据一起处理，再用 SPSS 进行 Wilcoxon 秩检验的方法，得出了是否满足显著性检验，在提出了肯德尔和谐系数的概念较为合理的确定了两组评酒员的可信度。

(2)问题二中应用了因子分析法对多个指标进行了分析，不仅得到了不相关的公共因子简化计算，而且能够从相关系数矩阵看出酿酒葡萄各个指标间的相关性即可探究酿酒葡萄的内部机理。

(3)问题二中引入了模糊综合数学隶属（满意度）函数的综合评判方法进行分级，更加的符合人为主观上的分级。

(4)问题三采用典型相关分析的方法，应用了 SPSS 软件，充分得分析和探究了酿酒葡萄理化指标和葡萄酒的理化指标之间的联系，并且得出分析与实际相符。

(5)在处理芳香物质的时候，由于芳香物质二级指标众多，且与芳香物质同为一级理化指标较多，故忽略了芳香物质及理化指标的二级指标，部分数据丢失。

5.2 模型的改进思路

(1)在问题二的处理中，引入了置信因子，应该取不同的置信因子进行分级，再加以分析，并且得出产生差异的原因。

(2)在建模的时候可以考虑先对二级指标及芳香物质进行分析，使模型更具体化实际化。

六. 参考文献

[1] 司守奎，孙玺菁，数学建模算法与应用[M]，北京：国防工业出版社，2015

[2] 姜启源，谢金星，叶俊，数学模型（第四版）[M]，北京：高等教育出版社，2011

[3] 陈胜可,SPSS 统计分析从入门到精通[M],北京：清华大学出版社，2013

[4] 秦山，汪晓银，秩和检验在饲料科学研究中的应用，《饲料广角》2003 第 21 期

附表3-1 酿酒各理化指标的相关系数矩阵

	氨基酸总	蛋白质	VC含量	花色苷	酒石酸	苹果酸	柠檬酸
--	------	-----	------	-----	-----	-----	-----

	量						
氨基酸总量	1.000	.024	-.121	.081	.364	-.072	.083
蛋白质	.024	1.000	-.014	.426	.470	-.170	.173
VC含量	-.121	-.014	1.000	-.110	-.232	-.135	-.232
花色苷	.081	.426	-.110	1.000	.092	.633	.275
酒石酸	.364	.470	-.232	.092	1.000	-.111	.515
苹果酸	-.072	-.170	-.135	.633	-.111	1.000	.423
柠檬酸	.083	.173	-.232	.275	.515	.423	1.000
多酚氧化酶活力	-.118	.110	-.267	.400	-.128	.329	.199
褐变度	-.153	.198	.071	.696	-.063	.644	.389
DPPH自由基	.106	.748	-.003	.655	.276	.052	-.003
总酚	.259	.559	-.137	.728	.260	.193	-.016
单宁	.199	.395	.099	.688	.134	.235	.198
葡萄总黄酮	.131	.541	-.129	.566	.247	.052	-.056
白藜芦醇(mg/kg)	.051	.153	.270	-.060	.166	.110	.200
黄酮醇(mg/kg)	.465	.389	-.015	.352	.143	.056	.223
总糖	.580	-.190	-.320	.055	.116	.172	.004
还原糖	.436	-.306	-.383	-.013	.119	.167	.045
可溶性固形物	.553	-.236	-.364	.112	.037	.233	.008
PH	.236	.494	.131	.129	.278	-.359	-.210
可滴定酸	.204	-.562	-.019	-.245	-.245	-.063	-.282
固酸比	.060	.373	-.153	.331	.340	.286	.278
干物质含量	.601	-.179	-.392	.221	.242	.299	.239
果穗质量	-.383	.073	.029	-.115	-.014	-.261	-.056
百粒质量	-.364	-.198	.069	-.303	-.391	-.309	-.383
果梗比	.264	.379	.139	.477	.153	.229	.139
出汁率	.008	.401	.144	.523	.087	.112	-.041
果皮质量	-.314	-.099	.014	-.146	-.269	-.248	-.113
果皮颜色	-.338	-.219	.131	-.518	-.197	-.343	-.132
	多酚氧化酶活力	褐变度	DPPH自由基	总酚	单宁	葡萄总黄酮	白藜芦醇(mg/kg)
氨基酸总量	-.118	-.153	.106	.259	.199	.131	.051
蛋白质	.110	.198	.748	.559	.395	.541	.153
VC含量	-.267	.071	-.003	-.137	.099	-.129	.270
花色苷	.400	.696	.655	.728	.688	.566	-.060

酒石酸	-.128	-.063	.276	.260	.134	.247	.166
苹果酸	.329	.644	.052	.193	.235	.052	.110
柠檬酸	.199	.389	-.003	-.016	.198	-.056	.200
多酚氧化酶活力	1.000	.556	.096	.088	.208	-.046	-.208
褐变度	.556	1.000	.295	.361	.473	.236	.025
DPPH自由基	.096	.295	1.000	.857	.645	.836	.211
总酚	.088	.361	.857	1.000	.755	.895	-.019
单宁	.208	.473	.645	.755	1.000	.688	-.050
葡萄总黄酮	-.046	.236	.836	.895	.688	1.000	.021
白藜芦醇(mg/kg)	-.208	.025	.211	-.019	-.050	.021	1.000
黄酮醇(mg/kg)	.289	.421	.428	.346	.385	.263	.183
总糖	.140	-.066	-.101	.163	.019	.105	-.077
还原糖	.064	-.069	-.287	-.049	-.194	-.148	-.132
可溶性固形物	.208	-.020	-.106	.203	.157	.034	-.258
PH	-.291	-.240	.406	.374	.062	.258	.182
可滴定酸	-.071	-.285	-.343	-.197	.060	-.177	-.408
固酸比	.129	.364	.171	.273	.043	.191	.156
干物质含量	.244	.085	-.090	.198	.223	.068	-.141
果穗质量	.023	-.268	.016	-.235	-.203	-.077	-.192
百粒质量	-.170	-.393	-.137	-.260	-.232	-.071	-.346
果梗比	.280	.498	.500	.390	.349	.268	.215
出汁率	.041	.214	.455	.524	.550	.568	-.080
果皮质量	.164	-.048	-.042	-.102	.087	.018	-.379
果皮颜色	-.092	-.201	-.253	-.464	-.477	-.361	.309
	黄酮醇(mg/kg)	总糖	还原糖	可溶性固形物	PH	可滴定酸	固酸比
氨基酸总量	.465	.580	.436	.553	.236	.204	.060
蛋白质	.389	-.190	-.306	-.236	.494	-.562	.373
VC含量	-.015	-.320	-.383	-.364	.131	-.019	-.153
花色苷	.352	.055	-.013	.112	.129	-.245	.331
酒石酸	.143	.116	.119	.037	.278	-.245	.340
苹果酸	.056	.172	.167	.233	-.359	-.063	.286
柠檬酸	.223	.004	.045	.008	-.210	-.282	.278
多酚氧化酶活力	.289	.140	.064	.208	-.291	-.071	.129
褐变度	.421	-.066	-.069	-.020	-.240	-.285	.364

DPPH自由基	.428	-.101	-.287	-.106	.406	-.343	.171
总酚	.346	.163	-.049	.203	.374	-.197	.273
单宁	.385	.019	-.194	.157	.062	.060	.043
葡萄总黄酮	.263	.105	-.148	.034	.258	-.177	.191
白藜芦醇 (mg/kg)	.183	-.077	-.132	-.258	.182	-.408	.156
黄酮醇 (mg/kg)	1.000	.136	.151	.128	.063	-.137	.130
总糖	.136	1.000	.636	.865	.066	.254	.119
还原糖	.151	.636	1.000	.524	-.043	.255	-.012
可溶性固形物	.128	.865	.524	1.000	-.003	.409	.094
PH	.063	.066	-.043	-.003	1.000	-.509	.373
可滴定酸	-.137	.254	.255	.409	-.509	1.000	-.694
固酸比	.130	.119	-.012	.094	.373	-.694	1.000
干物质含量	.216	.850	.778	.817	-.058	.339	.022
果穗质量	-.201	-.317	-.256	-.288	.113	-.077	.042
百粒质量	-.293	-.306	-.178	-.209	-.066	.234	-.263
果梗比	.633	-.130	-.110	-.149	.062	-.288	.100
出汁率	.049	.132	.034	.047	.284	-.052	.078
果皮质量	.126	-.123	-.092	.031	-.192	.296	-.232
果皮颜色	-.169	-.304	-.351	-.317	.039	-.245	-.002
	干物质含量	果穗质量	百粒质量	果梗比	出汁率	果皮质量	果皮颜色
氨基酸总量	.601	-.383	-.364	.264	.008	-.314	-.338
蛋白质	-.179	.073	-.198	.379	.401	-.099	-.219
VC含量	-.392	.029	.069	.139	.144	.014	.131
花色苷	.221	-.115	-.303	.477	.523	-.146	-.518
酒石酸	.242	-.014	-.391	.153	.087	-.269	-.197
苹果酸	.299	-.261	-.309	.229	.112	-.248	-.343
柠檬酸	.239	-.056	-.383	.139	-.041	-.113	-.132
多酚氧化酶活力	.244	.023	-.170	.280	.041	.164	-.092
褐变度	.085	-.268	-.393	.498	.214	-.048	-.201
DPPH自由基	-.090	.016	-.137	.500	.455	-.042	-.253
总酚	.198	-.235	-.260	.390	.524	-.102	-.464
单宁	.223	-.203	-.232	.349	.550	.087	-.477
葡萄总黄酮	.068	-.077	-.071	.268	.568	.018	-.361

白藜芦醇 (mg/kg)	-.141	-.192	-.346	.215	-.080	-.379	.309
黄酮醇 (mg/kg)	.216	-.201	-.293	.633	.049	.126	-.169
总糖	.850	-.317	-.306	-.130	.132	-.123	-.304
还原糖	.778	-.256	-.178	-.110	.034	-.092	-.351
可溶性固 形物	.817	-.288	-.209	-.149	.047	.031	-.317
PH	-.058	.113	-.066	.062	.284	-.192	.039
可滴定酸	.339	-.077	.234	-.288	-.052	.296	-.245
固酸比	.022	.042	-.263	.100	.078	-.232	-.002
干物质含 量	1.000	-.402	-.369	-.056	.140	-.116	-.512
果穗质量	-.402	1.000	.676	-.334	.074	.601	.312
百粒质量	-.369	.676	1.000	-.377	-.114	.700	.258
果梗比	-.056	-.334	-.377	1.000	.137	-.281	-.059
出汁率	.140	.074	-.114	.137	1.000	-.018	-.444
果皮质量	-.116	.601	.700	-.281	-.018	1.000	.190
果皮颜色	-.512	.312	.258	-.059	-.444	.190	1.000

附表3-4 各理化指标系数得分矩阵

成份得分系数矩阵							
	成份						
	1	2	3	4	5	6	7
氨基酸总量	-.011	.135	-.167	-.067	-.050	.214	.027
蛋白质	.089	-.051	-.082	.061	.087	.078	.146
VC含量	.026	-.116	-.035	-.158	-.073	.056	-.234
花色苷	.125	.000	.164	.007	.038	-.062	-.039
酒石酸	.026	-.016	-.159	-.007	-.038	-.016	.472
苹果酸	.009	.004	.279	-.097	.020	-.173	-.034
柠檬酸	-.054	-.064	.086	.005	-.086	-.012	.475
多酚氧化酶活力	-.075	.064	.232	.173	.084	.168	-.045
褐变度	-.005	-.037	.267	-.014	.030	.065	-.064

DPPH自由基	.149	-.040	-.054	.037	.022	.097	-.015
总酚	.181	.029	-.021	.004	.029	-.014	-.066
单宁	.174	-.045	.020	.004	-.170	.036	.039
葡萄总黄酮	.198	-.007	-.058	.033	-.012	-.042	-.007
白藜芦醇(mg/kg)	-.067	-.064	-.045	-.200	.075	.093	-.030
黄酮醇(mg/kg)	-.063	.044	-.014	.085	-.022	.469	-.002
总糖	-.014	.238	-.012	.008	.118	.003	-.127
还原糖	-.047	.188	-.002	.010	.042	-.001	-.002
可溶性固形物	-.006	.231	.019	.060	.071	.020	-.114
PH	.055	.080	-.161	-.006	.297	-.014	-.166
可滴定酸	.051	.028	-.058	.015	-.344	.011	.018
固酸比	-.039	.081	.105	.036	.379	-.093	-.024
干物质含量	.003	.194	.012	.005	-.022	.001	.049
果穗质量	.002	-.018	-.011	.293	.113	-.033	.106
百粒质量	.022	-.008	-.031	.247	.007	-.011	-.065
果梗比	-.025	-.052	.036	-.077	-.038	.325	-.070
出汁率	.200	.000	.001	-.013	-.004	-.187	-.073
果皮质量	-.005	.023	.019	.347	-.042	.171	.017
果皮颜色	-.166	-.026	-.006	.062	.180	.174	-.127
提取方法 :主成份。							
旋转法 :具有 Kaiser 标准化的正交旋转法。							
构成得分。							

附表 4-3 (1) 标准典型相关系数第一对典型变量							
Standardized Canonical Coefficients for Set-1							
	1	2	3	4	5	6	7
x1	-0.569	-0.614	-0.200	0.469	0.006	-0.173	0.970
x2	0.071	-0.420	-0.012	-0.472	0.024	-0.383	-0.669
x3	-0.790	0.459	0.160	-0.334	0.056	-0.150	-0.052
x4	0.005	0.085	0.105	0.099	-0.960	-0.223	-0.032
x5	-0.195	-0.007	-0.423	-0.062	-0.216	0.755	-0.404
x6	-0.084	-0.477	0.390	-0.521	-0.149	0.346	0.447
x7	-0.048	-0.036	0.769	0.401	0.250	0.250	-0.419
附表 4-3 (2) 标准典型相关系数第二对典型变量							
Standardized Canonical Coefficients for Set-2							
	1	2	3	4	5	6	7
y1	-0.856	0.936	-0.302	-1.283	0.279	-0.837	0.694
y2	0.496	-1.583	0.002	-1.920	0.763	1.725	0.751
y3	-0.343	0.558	1.679	3.200	2.335	0.221	-0.183

y4	-0.582	-0.072	-2.344	-0.040	-0.035	1.678	0.487
y5	0.127	-0.244	-0.416	-0.389	0.520	0.063	1.417
y6	0.528	0.082	0.426	-0.586	-1.851	-3.828	-2.143
y7	0.215	0.421	-0.585	-0.675	1.578	-0.847	0.139

表 2-3 红葡萄酒 Wilcoxon 秩检验							
样品编号	一组红	二组红	差值	绝对值	排序	秩次负	秩次正
1	62.7	68.1	-5.4	5.4	12.5	12.5	
2	80.3	74	6.3	6.3	21.5		21.5
3	80.4	74.6	5.8	5.8	16.5		16.5
4	68.6	71.2	-2.6	2.6	6	6	
5	73.3	72.1	1.2	1.2	3		3
6	72.2	66.3	5.9	5.9	18		18
7	71.5	65.3	6.2	6.2	20		20
8	72.3	66	6.3	6.3	21.5		21.5
9	81.5	78.2	3.3	3.3	7		7
10	74.2	68.8	5.4	5.4	12.5		12.5
11	70.1	61.6	8.5	8.5	25.5		25.5
12	53.9	68.3	-14.4	14.4	27	27	
13	74.6	68.8	5.8	5.8	16.5		16.5
14	73	72.6	0.4	0.4	1		1
15	58.7	65.7	-7	7	24	24	
16	74.9	69.9	5	5	11		11
17	79.3	74.5	4.8	4.8	9		9
18	59.9	65.4	-5.5	5.5	14	14	
19	78.6	72.6	6	6	19		19
20	79.2	75.8	3.4	3.4	8		8
21	77.1	72.2	4.9	4.9	10		10
22	77.2	71.6	5.6	5.6	15		15
23	85.6	77.1	8.5	8.5	25.5		25.5
24	78	71.5	6.5	6.5	23		23
25	69.2	68.2	1	1	2		2
26	73.8	72	1.8	1.8	5		5
27	73	71.5	1.5	1.5	4		4
					求和	83.5	294.5

表 2-4 白葡萄酒 Wilcoxon 秩检验							
表二							

样品编号	一组白	二组白	差值	绝对值	排序	秩次负	秩次正
1	82	77.9	4.1	4.1	15		15
2	74.2	75.8	-1.6	1.6	6	6	
3	78.2	75.6	2.6	2.6	10		10
4	79.4	76.9	2.5	2.5	9		9
5	71	81.5	-10.5	10.5	27	27	
6	68.4	75.5	-7.1	7.1	22	22	
7	77.5	74.2	3.3	3.3	13		13
8	71.4	72.3	-0.9	0.9	1.5	1.5	
9	72.9	80.4	-7.5	7.5	23	23	
10	74.3	79.8	-5.5	5.5	18	18	
11	72.3	71.4	0.9	0.9	1.5		1.5
12	63.3	72.4	-9.1	9.1	26	26	
13	65.9	73.9	-8	8	24	24	
14	72	77.1	-5.1	5.1	17	17	
15	72.4	78.4	-6	6	19	19	
16	74	67.3	6.7	6.7	20		20
17	78.8	80.3	-1.5	1.5	4.5	4.5	
18	73.1	76.7	-3.6	3.6	14	14	
19	72.2	76.4	-4.2	4.2	16	16	
20	77.8	76.6	1.2	1.2	3		3
21	76.4	79.2	-2.8	2.8	11.5	11.5	
22	71	79.4	-8.4	8.4	25	25	
23	75.9	77.4	-1.5	1.5	4.5	4.5	
24	73.3	76.1	-2.8	2.8	11.5	11.5	
25	77.1	79.5	-2.4	2.4	8	8	
26	81.3	74.3	7	7	21		21
27	64.8	77	-12.2	12.2	28	28	
28	81.3	79.6	1.7	1.7	7		7
						306.5	99.5

表 2-5 (1) 第一组红葡萄酒秩变换结果

	排序	排序	排序	排序	排序	排序	排序	排序	排序	排序
1	1	6	3	1	15	6	12	4	4	1
2	15	18	22	24	24	19	27	21	24	8
3	26	25	24	25	9	25	15	23	21	14
4	2	4	6	15	4	20	19	7	19	18
5	22	9	13	9	21	7	5	24	17	6

6	17	7	9	6	20	9	6	8	15	27
7	5	8	14	12	5	22	11	2	20	26
8	7	10	7	13	14	14	8	25	6	15
9	24	14	16	27	22	26	20	27	13	22
10	8	19	20	16	13	15	16	11	7	12
11	18	3	11	10	6	10	9	9	27	7
12	3	1	1	3	3	4	1	5	1	4
13	9	23	17	5	12	17	22	16	5	19
14	14	12	8	20	18	3	21	18	8	17
15	10	2	4	4	1	1	2	3	2	16
16	16	16	18	21	8	11	24	13	9	9
17	13	15	26	19	27	21	7	22	16	13
18	6	5	2	2	2	2	3	1	3	3
19	23	22	21	14	7	24	25	20	18	25
20	25	21	15	23	19	18	18	15	25	24
21	21	27	27	22	10	5	23	12	26	10
22	19	20	12	18	25	13	17	19	11	23
23	27	26	23	26	26	27	26	26	22	21
24	12	24	25	17	23	23	10	14	10	5
25	4	13	19	8	11	8	4	6	14	2
26	20	17	10	7	16	12	13	17	12	20
27	11	11	5	11	17	16	14	10	23	11

表 2-5（2） 第二组红葡萄酒秩变换结果

	排序	排序	排序	排序	排序	排序	排序	排序	排序	排序
1	10	17	20	2	3	19	11	11	14	7
2	21	23	13	19	18	17	26	15	19	19
3	27	14	19	26	12	18	13	22	21	26
4	20	25	7	20	7	22	16	14	2	15
5	4	13	14	24	27	15	14	10	23	10
6	3	10	10	7	4	4	9	3	7	8
7	9	5	2	14	1	10	1	16	16	6
8	16	16	17	1	10	9	18	2	10	1
9	26	27	27	25	21	25	27	23	24	23
10	6	20	23	8	11	2	5	8	4	20
11	2	2	1	9	2	3	4	1	6	2
12	8	11	9	5	13	14	7	9	11	17
13	19	4	3	15	23	6	10	21	13	4
14	15	18	16	13	17	20	19	26	18	21
15	1	1	6	3	5	11	12	4	9	12
16	13	6	15	17	14	13	6	18	8	11

17	17	21	8	23	26	21	22	19	25	9
18	7	7	21	4	8	1	2	17	1	3
19	18	8	24	6	15	26	20	25	22	18
20	24	22	22	16	22	27	23	27	15	14
21	25	19	11	21	9	23	3	5	20	27
22	22	26	12	11	19	8	17	7	12	24
23	23	24	18	27	16	24	24	6	27	25
24	5	15	5	22	25	7	15	20	26	16
25	12	12	26	10	6	5	8	13	5	5
26	11	9	25	12	24	16	21	24	3	22
27	14	3	4	18	20	12	25	12	17	13

附表 2-5（3） 第一组白葡萄酒秩检验结果										
	排序	排序	排序	排序	排序	排序	排序	排序	排序	排序
1	25	23	7	20	21	3	28	19	15	3
2	15	4	6	18	16	19	26	24	27	25
3	26	27	3	12	7	24	27	25	9	18
4	10	12	13	1	28	2	6	6	4	8
5	22	13	14	6	9	6	14	13	1	21
6	2	9	23	4	22	18	1	20	5	14
7	24	16	15	9	23	4	11	1	24	28
8	13	3	5	23	24	15	19	5	20	16
9	17	26	11	2	19	26	10	10	14	22
10	12	5	10	16	11	8	25	28	6	9
11	16	28	4	19	5	20	24	18	25	24
12	3	25	8	8	10	10	12	7	21	23
13	20	10	17	11	3	22	8	3	16	19
14	14	14	19	13	2	7	22	14	23	20
15	8	7	25	10	20	27	3	23	17	12
16	6	20	22	5	25	1	17	27	18	13
17	19	15	20	3	15	16	15	16	10	5
18	27	17	24	22	8	13	7	21	2	6
19	11	2	2	7	27	5	21	9	7	27
20	18	21	16	15	26	12	23	22	13	1
21	23	8	18	28	1	25	5	2	12	15
22	4	19	21	14	13	11	9	8	22	7
23	7	24	28	17	14	23	4	15	26	17
24	21	6	12	25	6	9	13	4	19	10
25	28	1	9	24	18	17	20	12	8	4
26	9	11	1	27	4	21	16	11	3	26
27	1	18	26	21	17	28	2	17	28	11
28	5	22	27	26	12	14	18	26	11	2

附表 2-5（4） 第二组白葡萄酒秩检验结果										
	排序	排序	排序	排序	排序	排序	排序	排序	排序	排序
1	25	7	28	16	8	12	13	21	16	3
2	17	13	10	21	17	18	19	12	14	13
3	26	20	19	17	27	15	4	1	3	8
4	24	18	24	3	18	20	28	27	8	9
5	23	23	13	8	28	10	25	19	5	10
6	21	26	20	22	11	23	23	15	23	20
7	14	6	16	13	15	17	15	13	19	18
8	6	22	25	6	24	5	18	22	6	23
9	12	9	17	14	10	13	7	5	2	2
10	28	24	5	2	2	22	16	24	11	27
11	15	19	18	7	26	25	24	18	13	19
12	5	27	6	23	21	21	8	9	28	11
13	3	4	2	1	6	3	10	16	12	4
14	8	5	14	4	3	7	27	11	10	6
15	22	10	3	26	14	4	11	10	17	5
16	2	1	7	27	5	2	1	4	4	21
17	13	12	12	24	7	27	17	14	18	7
18	9	8	9	25	23	6	12	7	22	24
19	11	11	11	19	16	19	2	23	7	17
20	27	21	22	28	9	26	20	28	25	12
21	20	2	8	10	4	8	5	8	9	22
22	19	17	27	5	1	16	6	6	27	15
23	7	14	4	11	22	28	3	2	1	16
24	1	3	1	20	20	24	9	3	24	1
25	16	28	21	18	19	1	21	25	21	26
26	18	16	23	9	25	11	26	26	26	28
27	4	25	15	12	13	14	14	20	20	25
28	10	15	26	15	12	9	22	17	15	14

