昆明学院学报　2018，40（3）：16～20，64　ISSN 1674－5639　CN 53－1211/G4
Journal of Kunming University

烘烤过程导致烟叶霉烂的关键因子建模分析

苏家恩[1]，李生栋[2]，范志勇[1]，陈二龙[2]，李再光[1]，王德勋[1]，户艳霞[1]，王新中[1]，孙军伟[1]
（1. 云南省烟草公司 大理州公司，云南 大理 671000；2. 河南农业大学 烟草学院，河南 郑州 450002）

摘要：以云烟85为试验材料，采用气流上升式烤房以三段式烘烤工艺进行烘烤，研究烘烤期烟叶霉烂的关键影响因素，为烟叶烘烤增益减损提供技术支撑．对不同部位、不同层次烤后烟叶霉烂发生情况进行统计，并以调查问卷的形式采用集成层次分析法、决策实验与评价实验室法的系统分析法对影响烟叶霉烂的因素进行分析．结果表明：1）烘烤中烟叶霉变率随烟叶部位的升高而减少，随烤房层次的升高而增加；2）综合系统分析显示，烘烤工艺、装烟量、鲜烟含水率是影响烘烤期烟叶霉烂的关键因素．

关键词：烤烟；烤房；烘烤；霉烂；建模分析；精益生产
中图分类号：S572　**文献标识码：**A　**文章编号：**1674－5639（2018）03－0016－05
DOI：10.14091/j.cnki.kmxyxb.2018.03.003

Modeling Analysis of Key Factors of Mildew and Rot Tobacco Leaves during Bulk Curing Process

SU Jiaen[1], LI Shengdong[2], FAN Zhiyong[1], CHEN Erlong[2], LI Zaiguang[1],
WANG Dexun[1], HU Yanxia[1], WANG Xinzhong[1], SUN Junwei[1]
(1. Dali Branch of Yunnan Province Tobacco Company, Dali, Yunnan, China　671000;
2. College of Tobacco Science, Henan Agricultural University, Zhengzhou, Henan, China　450002)

Abstract: In order to provide the technical support of lean flue-curing management, the Yunyan 85 planted in Yunnan Dali were used as measured samples and air rising type bulk curing barns with three-phase-curing technology were used to study the key factors of mildew and rot tobacco leaves during bulk curing process. Mildew and rot flue-cured tobacco leaves of different leaf positions and different levels were statists, in the form of expert questionnaire Analytic Hierarchy Process (AHP) & Decision Making Trial and Evaluation Laboratory (DEMATEL) system analysis methods were used to study the key effect factors of mildew and rot tobacco leaves. The result showed that1) flue-cured tobacco leaves mildew and rot rate were decreased with the increasing of leaf positions, and increased with the increasing of curing barn leaves; 2) Integrated system analysis showed that flue-curing techniques, loading amount and tobacco moisture content have greater comprehensive effect on mildew and rot tobacco leaves in Dali Yunnan.

Key words: flue-cured tobacco; bulk curing barn; flue-curing; mildew and rot; modelling analysis; lean management

由于烘烤过程中烟叶霉烂对烤后烟叶产质量均存在较大影响，因此明确烟叶烘烤期霉变发生规律和关键影响因素就显得尤为重要．目前烘烤期烟叶霉烂研究多见于药物防治、病原菌鉴定分离等方面的报道，如苏家恩等[1]针对红花大金元烘烤过程中叶柄发霉进行药剂防效的研究表明，百菌清、多菌灵和甲酸锰锌等抗菌剂可有效防治烘烤期烟叶霉烂．曾婷英等[2]对烟叶烤中霉烂现象的研究表明，造成烘烤期间烟叶霉烂的主要病原菌为米根霉，并说明在变黄中后期湿度较大的情况下有利于病菌生长和侵染．此外，张树堂等[3]、宫长荣等[4]均对烘烤过程中微生物变化进行了相关研究．由此可见，前人的研究多侧重于病原微生物分离鉴定及化学药物防治等方面，并未涉及烟叶烘烤期霉烂发生的部位特征、烤房霉变规律及影响霉变的关键因素．因此，本文拟通过对云南大理凤仪烟区烤烟品种云烟85不同部位、烤房不同层次的烤后烟叶霉变情况进行研究，并结合系统分析方法明确烘烤期烟叶霉变的关键因素，以期为更好地认识烟叶霉变规律及科

收稿日期：2017－09－25
基金项目：中国烟草总公司云南省公司资助项目（2016YN10，2015YN20）．
作者简介：苏家恩（1976—），男，云南大理人，高级农艺师，硕士，主要从事烟叶烘烤技术及烤房研究．

学高效地防控霉烂烟叶明确方向.

1　材料与方法

1.1　试验材料

2016 年 7—10 月在云南省大理白族自治州大理市凤仪镇烘烤工厂进行试验. 供试烤烟品种为云烟 85，下部叶取第 4 ~ 6 位叶，中部叶取第 9 ~ 11 位叶，上部叶取第 14 ~ 16 位叶，不同部位烟叶分别按叶位采收正常成熟落黄烟叶. 鲜烟平均含水率自下而上分别为 77.75%，74.35%，72.13%. 试验烤房为普通气流上升式 4 层密集式烤房，装烟室规格 8.0 m×2.7 m×4.1 m，装烟层距地面高度自下而上分别为 1.3，2.1，2.9，3.7 m.

1.2　试验设计

烘烤试验以云烟 85 下部叶（T1）、中部叶（T2）、上部叶（T3）为不同处理. 不同处理间均采用挂竿装烟，烤房装烟量与产区保持基本一致，在 3 500 kg 左右，采用常规三段式烘烤工艺进行烘烤试验. 对不同处理烤后烟叶进行随机取样，每层 10 竿，共 40 竿. 每个处理重复 3 次，取平均值.

1.3　试验方法

1.3.1　霉变率测定

不同处理、烤房不同层次间样品霉变率参照苏家恩等[1]的方法进行统计测定，其中：

霉变率 =（霉变叶数/样品总叶片数）×100%.

1.3.2　系统建模分析方法

系统建模分析方法如下：其中层次分析法（AHP）参照文献［5 ~ 8］对系统进行指标层次体系构建、层次间判断矩阵的构建、因素相对权重向量 W 及系统因素总权重的计算. 决策实验与评价实验室法（DEMATEL）依据文献［9 ~ 12］对系统建立直接矩阵（Y）、规范化直接矩阵（X），通过矩阵运算得出综合影响矩阵（T），并计算系统因素影响度（H_i）、被影响度（L_j）、中心度（Z_{ij}）、原因度（R_{ij}）等. 然后结合 AHP 系统因素 C 层总权重和 DEMATEL 系统因素中心度，并参照文献［13］集成 AHP/DEMATEL 进行系统因素综合影响度（O_i）计算.

1.3.3　数据分析

采用 Excel 2010 及 SPSS 22.0 对试验数据进行整理、作图及统计分析，使用 Matlab 2014a 进行矩阵运算.

2　结果与分析

2.1　烟叶霉变分析

由图 1 可知，同一处理不同层次之间烤后烟叶霉变发生率均随烤房层次的升高呈逐渐增加的趋势，且不同处理均以高温层（1 层）霉变率最低，其分别为 13.71%，12.03%，7.06%，而低温层（4 层）霉变率最高，分别为 63.34%，55.62%，48.19%. 不同处理同一层次间均表现为 T1 霉变率最高，T2 次之，T3 最小，霉变发生率呈现出随烟叶部位的升高而下降的趋势，且不同处理烤后烟叶平均霉变发生率以 T1 处理最高，T2 次之，T3 最小，分别为 39.04%，34.07%，27.30%. 综合图 1 可知，不同处理同一层次之间烟叶霉变发生率均有显著性统计学意义（$P<0.01$. 图 1 中的英文小写字母表示有统计学意义，$P<0.05$；英文大写字母表示有显著性统计学意义，$P<0.01$），且不同层次烤后烟叶霉变率与全房平均霉变率均呈现出 T1 处理最高，T2 次之，T3 最小的趋势.

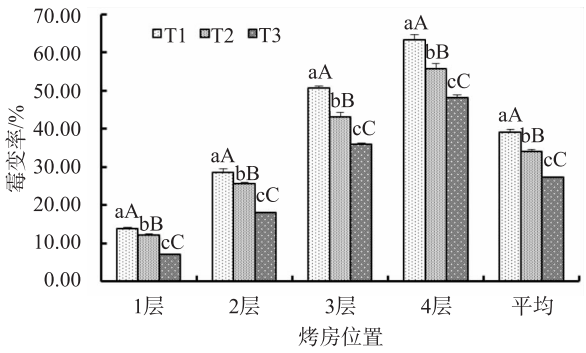

图1　不同处理烤后烟叶霉变发生率

2.2　多因素系统建模分析

综合 2.1 所述内容可知，不同处理烤后烟叶霉变率随烤房层次的升高呈增加趋势，而随烟叶部位的升高呈减少趋势，表明烟叶霉变发生情况受烤房层次和烟叶部位的影响. 由于烘烤过程中烟叶霉变受到多种因素的综合影响，而有重点、有针对性地对烘烤过程中烟叶霉变关键因素进行预防控制可有效精简操作、提高效率，因此对烘烤过程中霉变烟叶关键因素的分析、筛选就显得尤为重要.

2.2.1　系统因素提取

通过对烤烟产区常年从事烘烤工作的技术人员、烟农等采用问卷调查的形式进行数据收集，并经归纳整理可得如下烘烤过程中烟叶霉变的因素.

田间因素：田间光照（C_1）、田间温度（C_2）、生育期降水（C_3）、土壤特性（C_4）、田间通风（C_5）、病虫害（C_6）；

人为因素：采收成熟度（C_7）、鲜烟分类（C_8）、采收时期（C_9）、采收方式（C_{10}）、药物防治（C_{11}）、施肥措施（C_{12}）、烘烤工艺（C_{13}）；

烤房因素：烤房结构（C_{14}）、装烟层数（C_{15}）、装烟量（C_{16}）、叶间风速（C_{17}）、烤房环境温度（C_{18}）、烤房环境湿度（C_{19}）；

烟叶因素：品种（C_{20}）、部位（C_{21}）、鲜烟含水率（C_{22}）、鲜烟营养（C_{23}）.

2.2.2 AHP 系统建模分析

以烘烤过程中霉变烟叶形成因素为目标层（*A* 层）；以田间因素、人为因素、烤房因素、品种因素等为准则层（*B* 层），分别标记为 B_1，B_2，B_3 和 B_4；以准则层（*B* 层）对应的因素集为方案层（*C* 层），分别标记为 $C_1 \sim C_{23}$.

参照汪应洛[8]特征根等计算方法，对系统因素进行矩阵运算，并计算出 *C* 层各指标权重，如表 1 和表 2 所示.

表 1 判断矩阵一致性检验

判断矩阵	最大特征值	一致性指标 *CI*	一致性比例 *CR*
A-B	4.122 16	0.040 72	0.045 75
B_1-*C*	6.573 13	0.114 63	0.090 97
B_2-*C*	7.782 75	0.130 46	0.095 93
B_3-*C*	6.557 11	0.111 42	0.088 43
B_4-*C*	4.226 63	0.075 54	0.045 75

表 2 *C* 层各指标总排序权重

因素	准则层（*B*）				*C* 层总权重 W_i	排序
	B_1	B_2	B_3	B_4		
	0.117 15	0.484 13	0.231 09	0.167 63		
C_1	0.291 91	0.000 00	0.000 00	0.000 00	0.034 20	11
C_2	0.072 75	0.000 00	0.000 00	0.000 00	0.008 52	21
C_3	0.405 14	0.000 00	0.000 00	0.000 00	0.047 46	7
C_4	0.064 83	0.000 00	0.000 00	0.000 00	0.007 59	22
C_5	0.030 22	0.000 00	0.000 00	0.000 00	0.003 54	23
C_6	0.135 16	0.000 00	0.000 00	0.000 00	0.015 83	16
C_7	0.000 00	0.167 21	0.000 00	0.000 00	0.080 95	5
C_8	0.000 00	0.253 56	0.000 00	0.000 00	0.122 76	2
C_9	0.000 00	0.096 68	0.000 00	0.000 00	0.046 81	8
C_{10}	0.000 00	0.070 43	0.000 00	0.000 00	0.034 10	12
C_{11}	0.000 00	0.052 59	0.000 00	0.000 00	0.025 46	14
C_{12}	0.000 00	0.044 12	0.000 00	0.000 00	0.021 36	15
C_{13}	0.000 00	0.315 42	0.000 00	0.000 00	0.152 70	1
C_{14}	0.000 00	0.000 00	0.059 37	0.000 00	0.013 72	18
C_{15}	0.000 00	0.000 00	0.120 29	0.000 00	0.027 80	13
C_{16}	0.000 00	0.000 00	0.372 59	0.000 00	0.086 10	3
C_{17}	0.000 00	0.000 00	0.065 21	0.000 00	0.015 07	17
C_{18}	0.000 00	0.000 00	0.183 51	0.000 00	0.042 41	10
C_{19}	0.000 00	0.000 00	0.199 02	0.000 00	0.045 99	9
C_{20}	0.000 00	0.000 00	0.000 00	0.078 77	0.013 20	19
C_{21}	0.000 00	0.000 00	0.000 00	0.068 94	0.011 56	20
C_{22}	0.000 00	0.000 00	0.000 00	0.512 33	0.085 88	4
C_{23}	0.000 00	0.000 00	0.000 00	0.339 96	0.056 99	6

由表 1 可知，不同层次间比较判断矩阵一致性比例 *CR* 均小于 0.1，表明判断矩阵具有可以接受的一致性. 由表 2 可知，烘烤过程中烟叶霉变发生原因准则层以人为因素（B_2）权重最大，烤房因素（B_3）次之，品种因素（B_4）再次之，田间因素（B_1）最小，分别为 0.484 13，0.231 09，0.167 63，0.117 15. 方案层（*C* 层）以烘烤工艺（C_{13}）权重最大，为 0.152 70；以田间通风（C_5）权重最小，为 0.003 54. 综合表 2 可得，准则层人为因素（B_2）对烘烤过程中烟叶霉变影响最大，方案层以烘烤工艺（C_{13}）对烘烤过程中烟叶霉变影响最大.

2.2.3　DEMATEL 系统建模分析

首先，采用问卷调查的方式对云南大理凤仪烟区烘烤过程中烟叶霉变的 23 个影响因素按影响关系：强、较强、一般、弱、无 5 个等级分别赋值 4，3，2，1，0 进行评判，并确定直接影响矩阵 Y，如下表 3 所示．其次，综合文献［9～12］的系统分析方法，通过矩阵运算得出规范化直接影响矩阵 X、综合影响矩阵 T、因素影响度 H_i、被影响度 L_j、中心度 Z_{ij} 及原因度 R_{ij}．最后，以中心度为横轴，以原因度为纵轴建立原因－结果直角坐标系，如图 2 所示，其中图 2 的横轴上半部分为原因因素，下半部分为结果因素，系统中心度较大的影响因素在最右端，则右上角为系统中心度较大的原因因素．

表 3　因素之间的直接影响矩阵 Y

因素	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9	C_{10}	C_{11}	C_{12}	C_{13}	C_{14}	C_{15}	C_{16}	C_{17}	C_{18}	C_{19}	C_{20}	C_{21}	C_{22}	C_{23}
C_1	0	4	0	3	2	2	3	2	3	0	1	3	3	0	0	3	0	1	1	0	0	3	4
C_2	0	0	0	3	2	3	3	2	3	0	2	3	3	0	0	3	0	1	1	0	0	3	4
C_3	3	3	0	4	3	3	3	2	3	0	2	3	3	0	0	3	0	3	3	0	0	4	4
C_4	0	3	0	0	0	3	2	1	3	0	2	3	2	0	0	2	0	0	0	0	0	3	3
C_5	0	3	0	0	0	2	2	1	2	0	2	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	2	3
C_6	0	0	0	0	0	0	1	0	2	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
C_7	0	0	0	0	0	2	0	3	0	0	0	0	4	0	0	3	0	3	3	0	0	3	4
C_8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	3	3	3	0	0	0	0
C_9	0	0	0	0	0	2	3	2	0	2	0	0	2	0	2	2	0	3	3	0	0	3	3
C_{10}	0	0	0	0	3	0	3	2	0	0	0	0	2	0	2	2	0	3	3	0	0	1	0
C_{11}	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C_{12}	0	0	0	0	0	1	4	3	4	1	0	0	4	0	0	3	0	2	2	0	0	2	4
C_{13}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	3	3	0	0	0	0
C_{14}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	3	4	4	4	0	0	0	0
C_{15}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	4	4	4	4	0	0	0	0
C_{16}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	4	0	4	4	4	0	0	0	0
C_{17}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	2	2	0	4	4	0	0	0	0
C_{18}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3	3	3	0	3	0	0	0	0
C_{19}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3	3	3	3	0	0	0	0	0
C_{20}	3	3	0	0	3	3	3	3	4	2	3	4	4	0	1	4	2	3	3	0	2	3	3
C_{21}	1	0	0	0	0	2	3	3	3	3	3	0	4	0	2	4	2	3	3	0	0	3	3
C_{22}	0	2	0	0	1	3	2	3	3	2	2	0	4	0	2	4	3	4	4	0	0	0	4
C_{23}	0	0	0	0	0	3	3	4	4	2	3	0	4	0	2	4	3	3	3	0	0	3	0

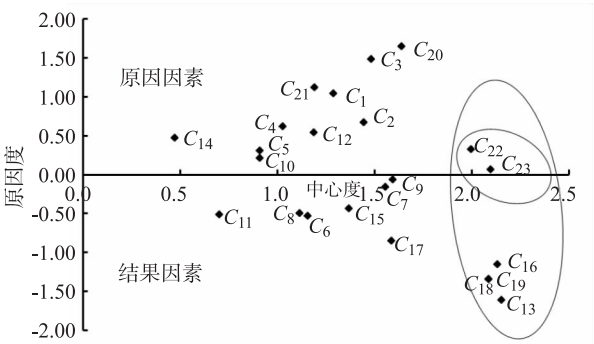

图2　DEMATEL系统原因—结果图

由图 2 可知，通过 DEMATEL 系统建模分析得出鲜烟含水率（C_{22}）、鲜烟营养（C_{23}）是影响云南大理凤仪烘烤过程烟叶霉变情况的关键原因因素，而烘烤工艺（C_{13}）、烤房环境温度（C_{18}）、烤房环境湿度（C_{19}）、装烟量（C_{16}）则是导致烘烤过程中烟叶霉变的关键结果因素．

2.2.4　集成 AHP/DEMATEL 系统建模分析

为保证系统因素分析的可靠性，综合两种方法的优势，减少单一分析方法的片面性，将 AHP 分析各指标因素权重（W_i）与 DEMATEL 分析对应指标因素中心度（Z_{ij}）进行乘积，求得系统因素的综合影响度 O_i，并以因素中心度为纵轴，综合影响度为横轴建立直角坐标系，如下图 3 所示．

由图 3 可见，C_{13}，C_{16}，C_{22} 的综合影响度 O_i 均大于 0.1，可认为烘烤工艺、装烟量、鲜烟含水率对云南大理凤仪烘烤过程中烟叶发生霉变情况具有相对重要的影响，处于最高层次；C_8，C_7，C_{23}，C_{19}，C_{18} 的综合影响度 O_i 均大于 0.05，可认为鲜烟分类、采收成熟度、鲜烟营养、烤房的环境温湿

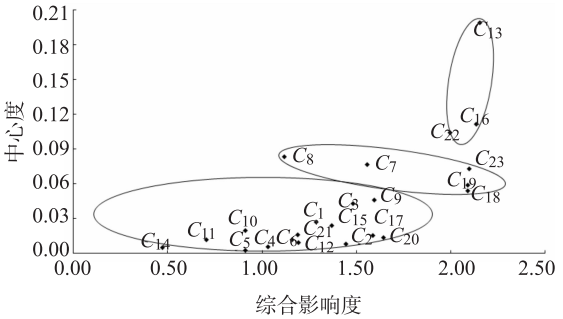

图3 影响因素中心度—综合影响度分布图

度等对烤中烟叶霉烂发生情况处于第二层次的水平，作用次之；而因素 C_9，C_3，C_1，C_{15}，C_{10}，C_{12}，C_{17}，C_{20}，C_6，C_{11}，C_{21}，C_2，C_4，C_{14}，C_5 对系统的影响处于最低层次水平.

3 讨论与结论

3.1 讨论

在烟草烘烤过程中出现霉变现象的根本原因在于优势病原微生物的大量繁殖侵染[14]，如曾婷英等[2]对烘烤期烟叶霉烂进行病原分离鉴定，表明引起烘烤期烟叶霉烂主要是由于米根霉在烟叶变黄期的大量繁殖侵染所造成的. 而造成烤中烟叶霉烂的直接影响因素相对较多，如张树堂等[3]对不同烘烤方式和烘烤条件下烟叶细菌变化研究表明，采用低温低湿变黄可抑制细菌活动，其结果可为防控烟叶烤中霉烂提供烘烤工艺方面的参考. 姚恒等[15]对不同部位烟叶烤中微生物研究表明，鲜烟叶微生物种类随着部位的上升呈下降趋势. 本文研究表明，烘烤期烟叶霉变随烟叶部位的上升而减少，随烤房层次的升高而增加，这与姚恒[15]、张树堂等[3]研究结果相一致.

生产过程中烟叶出现霉烂的因素有很多，如病原菌[2]、烘烤工艺[3]、含水率、环境温湿度、烟叶营养[16-17]等. 本文通过产区调查问卷确定烘烤期烟叶霉烂的直接诱因，并集成 AHP/DEMATEL 进行系统网络分析，从而避免了 AHP 系统分析中忽略相同层次因素之间相互影响造成的偏差. 同时也考虑到因素之间的相互依存关系，避免了单一系统分析的片面局限性，可为系统决策提供更科学、准确的依据[18]. 综合系统分析得出烘烤工艺（C_{13}）、装烟量（C_{16}）、鲜烟含水率（C_{22}）为影响云南大理凤仪烟区烘烤期烟叶霉烂的关键因素，结果可为烟区烘烤期防控烟叶霉烂精益生产工作明确方向.

3.2 结论

试验研究表明，云南大理凤仪烟区烘烤期烟叶霉烂发生率随烟叶采收部位的升高呈下降趋势，随烤房层次的升高呈增加趋势. 系统因素综合分析显示，烘烤工艺、装烟量、鲜烟含水率为影响烘烤期烟叶霉烂的关键因素. 因此，在防控烘烤期烟叶霉烂工作中可依据这些因素简化工作任务，科学高效地缓解烟叶霉烂问题，从而提高烟叶产质量，为实现精益生产奠定基础.

[参考文献]

[1] 苏家恩，杨程，米建华，等. 红花大金元烟叶烘烤过程中叶柄发霉药剂防效试验［J］. 中国烟草学报，2010，16（3）：64－66.

[2] 曾婷英，顾钢，张绍升. 烘烤期烟叶霉烂病的病原鉴定［J］. 中国烟草学报，2014，20（4）：65－68.

[3] 张树堂，祝明亮，杨雪彪. 烘烤方式及烘烤条件对烤烟烘烤中细菌变化的影响［J］. 烟草科技，2001（4）：42－43.

[4] 宫长荣，程龙，宋朝鹏，等. 烤烟烘烤过程中微生物的动态变化［J］. 中国烟草科学，2010，31（1）：44－46.

[5] 荆全忠，姜秀慧，杨鉴淞，等. 基于层次分析法（AHP）的煤矿安全生产能力指标体系研究［J］. 中国安全科学学报，2006，16（9）：74－79.

[6] 张舒，史秀志，古德生，等. 基于 ISM 和 AHP 以及模糊评判的矿山安全管理能力分析与评价［J］. 中南大学学报（自然科学版），2011，42（8）：2406－2416.

[7] 王先甲，张熠. 基于 AHP 和 DEA 的非均一化灰色关联方法［J］. 系统工程理论与实践，2011，31（7）：1222－1229.

[8] 汪应洛. 系统工程［M］. 北京：机械工程出版社，2008：120－131.

[9] SAATY T L，BENNETT J P. A theory of analytical hierarchies applied to political candidacy［J］. Systems Research & Behavioral Science，2010，22（4）：237－245.

[10] 汪送. 复杂系统安全事故致因网络建模分析［J］. 中国安全科学学报，2013，23（2）：109－116.

[11] 路晓崇，黄元炯，宋朝鹏，等. 基于模糊 DEMATEL 的烤烟烘烤影响因素分析［J］. 烟草科技，2015，48（9）：21－26.

[12] 李春荣，耿涌，薛冰，等. 基于 DEMATEL 的城市可持续发展障碍因素分析：以沈阳市为例［J］. 应用生态学报，2012，23（10）：2836－2842.

（下转第 64 页）

kernel_isr 会调用 UART0 的中断服务例程 UART0_IRQHandler( )运行，当 UART0_IRQHandler( )运行到_lwevent_set( )函数时，该函数会将轻量级事件 lwevent_group1 的 Event_UART0_ReData 事件位写 1，并将等待该事件位的 task_uart 任务从延时等待队列中移到就绪队列，随后立即调用_sched_check_schduler_internal 开始调度检查，当其发现当前处于用户中断服务例程，就返回中断服务例程 UART0_IRQHandler( )继续执行．返回到_int_kernel_isr 以后，_int_kernel_isr 开始检查是否存在比当前运行任务（task_light 任务或空闲任务）更高优先级的任务存在．由于 task_uart 任务优先级高于 task_light 任务和空闲任务的优先级，_int_kernel_isr 立即执行“b sched_internal”调度器调用 task_uart 任务运行．当 task_uart 再次执行到lwevent_wait_ticks( )函数后，就再次进入延时等待队列等待．此过程也周而复始．

5 结语

在物联网系统应用开发中，相比无操作系统的应用开发，带嵌入式操作系统的编程可以使得开发者只需关注各个分解任务的实现，而不用关心任务间的逻辑关系．因此，本文借助 MQXLite 嵌入式操作系统，分析了任务调度和同步的实现方法，并阐述了其实现机制．此外，对于实际的物联网底层开发而言，深入理解嵌入式操作系统任务调度和同步的方法，可以使物联网底层开发达到事半功倍的效果．

[参考文献]

[1] FREESCALE. Freescale MQX Lite RTOS reference manual [EB/OL]. [2017 - 06 - 12]. http://www.freescale.com/mqx.

[2] 陆伟，张龙妹．嵌入式操作系统混合任务调度技术与策略研究［J］．计算机工程与应用，2015，51（15）：6 - 11.

[3] 董艳铃，常扬．Vxworks 嵌入式实时操作系统任务调度方法研究［J］．计算机与网络，2014，40（10）：55 - 58.

[4] 邵志勇，张学东，马丁．μC/OS-Ⅱ实时操作系统任务调度的改进［J］．鞍山科技大学学报，2003（5）：355 - 359.

[5] 王宜怀，朱仕浪，姚望舒．嵌入式实时操作系统 MQX 应用开发技术：ARM Cortex-M 微处理器［M］．北京：电子工业出版社，2014.

（上接第 20 页）

[13] 徐金杰，武忠．基于 AHP 和 DEMATEL 法的技术创新网络知识转移研究：以江苏省风电产业技术创新联盟为例［J］．情报杂志，2012（9）：121 - 125.

[14] 祝明亮．烟草调制期间微生物研究进展［J］．微生物学通报，2008，35（8）：1278 - 1281.

[15] 姚恒．烘烤对烟叶微生物种群的影响［J］．安徽农业科学，2010，38（29）：16166 - 16168.

[16] 张成省，王海滨，李更新，等．仓储片烟霉变的影响因素分析［J］．中国烟草科学，2011，32（3）：80 - 83.

[17] 孔凡玉，林建胜，张成省，等．储烟霉变机理与防霉技术研究进展［J］．中国烟草学报，2009，15（5）：78 - 81.

[18] 瞿英，路亚静，刘紫玉，等．基于 AHP-DEMATEL 法的权重计算方法研究［J］．数学的实践与认识，2016，46（7）：38 - 46.