

封一

答卷编号（参赛学校填写）：

答卷编号（竞赛组委会填写）：

论文题目： D 题 深圳蔬菜安全风险评估与抽样检验方案设计

组 别：本科生

封二

答卷编号（参赛学校填写）：

答卷编号（竞赛组委会填写）：

评阅情况（学校评阅专家填写）：

学校评阅 1.

学校评阅 2.

学校评阅 3.

评阅情况（联赛评阅专家填写）：

联赛评阅 1.

联赛评阅 2.

联赛评阅 3.

D 题：深圳蔬菜安全风险评估与抽样检验方案设计

摘 要

突破 2000 万人口的深圳市的新鲜蔬菜消费属性是输入型的。蔬菜品种繁多，输入方式多样，产地千差万别，各地生产管理模式不同等诸多因素都对传统的蔬菜安全监管工作方法构成新的挑战。本文旨在建立适当的数学模型，来评估深圳市新鲜蔬菜的食品安全风险，并设计新鲜蔬菜抽样检验方案，以满足不同层面监测工作的需要。

对于问题一，本文通过深圳市市场与质量监督管理委员会网站收集了一年（共 48 期）的深圳市食用农产品质量安全猪肉和蔬菜质量安全监测结果的抽样数据，抽出去除掉冗余无用信息只是关于蔬菜的抽样数据进行数据清洗与统计。依据深圳市所属十个辖区蔬菜的监测结果，得出各季节的新鲜蔬菜消费种类基本无太大差异，与深圳市输入型的蔬菜消费属性相吻合。得出常规渠道主要包括批发市场、农贸市场、超市及零售店。通过计算得出批发市场占 29.84%，农贸市场占 29.97%，超市及零售店占 20.79%，其他输入渠道占 20.00%。

对于问题二，需要评估抽样检验中忽略某些输入渠道的抽样导致的食品安全风险。本文运用模糊数学模型，首先对于各因素权重的确定问题，将第一问得出的各输入渠道所占比例作为各渠道的权重，通过市场调研，得出了各渠道的模糊评价。其次运用模糊综合评判方法，分别构建了综合所有渠道以及只考虑常规渠道的模糊矩阵，运用加权平均得出其食品安全风险等级分别为中高等和中等。进一步地，得出其他输入渠道主要为网络购物、流动摊贩和点对点直接配送，并总结出它们各自存在的安全风险，并对近年来发展迅速的网络购物进行了重点讨论。

对于问题三，由于深圳市对于新鲜蔬菜的安全风险的监测只针对农药残留的现状，本文从深圳市猪肉产品和蔬菜质量安全监测结果作为依据，运用食品安全指数 *IFS* 进行安全风险评估，得出深圳市近两年新鲜蔬菜的合格率基本保持在 95% 左右，高风险农药种类为毒死蜱，甲基异柳磷，敌敌畏，重点监测的蔬菜种类为叶菜类与豆类，且秋冬两季蔬菜的安全指数值均小于 1，深圳市的蔬菜安全风险为低。由于新鲜蔬菜的食品安全风险不仅与农药残留有关，本文着重提取农药残留、生物污染、重金属污染和非法添加剂（包括超标添加剂）等主要影响因素，结合蔬菜的生产、加工、流通环节，并设置风险等级方案层，构建了蔬菜安全风险评估层次结构模型，分别对单准则下权重以及组合权重进行了一致性通过检验，评估出深圳新鲜蔬菜安全风险较高。

对于问题四，基于上述问题的研究，首先对已有的抽样方案进行改进，指出应重点加大对盐田区、福田区、大鹏新区和坪山新区的监管力度（尤其是盐田区），加强对农贸市场的管理，并在以后设计抽检方案时适当增加这些地区的蔬菜抽样量和农贸市场抽检量，使蔬菜的合格率得到稳步提高。同时研究了抽样检验结果中各种农药的检出频率，得出毒死蜱、氟虫氰、克百威和氧乐果被检出的次数较多。因此在对农药残留物的抽样检验中应该对这四项目农药残留加大检测力度。其次，本文设计了两套深圳市新鲜蔬菜抽样检验方案，分别适用于深圳市所有的蔬菜交易市场和销售蔬菜的超市、零售店以及蔬菜产地、蔬菜加工厂的样本抽取及实验室试样的制备。**方案一**基于深圳市现有的监督管理条件，在原有的财政预算上增加 30%-50%，并确定了深圳市新鲜蔬菜抽样方案和蔬菜污染物检测方法。**方案二**在方案一的基础上，设想政府加大增加财政预算，在原基础上增加 50%-70%，进一步降低了方案一的抽样误差，显著提高了方案一的统计推断精度。

最后，基于上述研究结果，我们认为深圳市蔬菜安全和监管工作存在以下三个风险问题：（1）蔬菜的输入渠道监管不全面；（2）新鲜蔬菜的质量存在较大隐患；（3）蔬菜的抽样检验技术手段的滞后。针对以上问题提出如下采用误差最小的抽样检验方案，从上至下“四位一体”的监督手段来保证新鲜蔬菜的食品安全风险四点建议：（1）建立统一、高效、权威的新型监管体系；（2）建立部门间的协调机制；（3）革新抽样检验技术；（4）建立深圳市新鲜蔬菜品牌及信息网络。

关键词：风险评估；抽样方案设计；模糊综合评判方法；加权平均原则；食品安全指数；层次分析法；统计推断原理；抽样设计效应理论

一、问题的背景

党的十八大报告提出：“加强社会建设，必须以保障和改善民生为重点。提高人民物质文化生活水平，是改革开放和社会主义现代化建设的根本目的。要多谋民生之利，多解民生之忧，努力让人民过上更好生活。要提高人民健康水平，促进人的全面发展，坚持为人民健康服务，坚持预防为主，改革和完善食品药品安全监管体制机制。”保障人民吃得饱、吃得好，保障食品安全、健康、营养，提高人的生命质量，是基本的民生问题。

众所周知，每个人都要摄入一定量的新鲜蔬菜才能保持身体健康。图 1.1 和图 1.2 分别是由中国果汁网统计出的世界和我国人均摄入蔬菜与其他食物所占总摄入量的比例，其中绿色部分为摄入蔬菜部分。

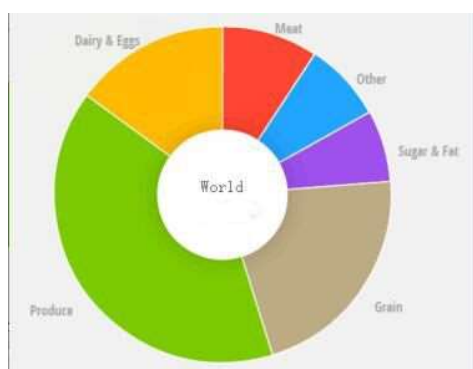


图 1.1 2011 年世界人均食物摄入量占比

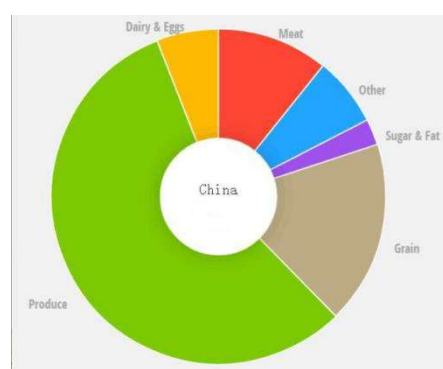


图 1.2 2011 年中国人均食物摄入量占比

由图 1.1 和图 1.2 我们显然可以看出，我国人均蔬菜摄入比例超过一半，并且大于世界人均蔬菜摄入比例，因此加强对我国蔬菜的食品安全监督十分必要。

深圳是国务院定位的全国性经济中心和国际化城市，与北京、上海、广州并称“北上广深”。全市下辖福田区、龙岗区、罗湖区、宝安区、南山区、盐田区、龙华区、坪山区、大鹏新区、光明新区 10 个行政区，总面积 1996.85 平方公里。且深圳市目前实际拥有人口已突破了 2000 万。

深圳市新鲜蔬菜基本是靠外来输入来满足深圳市民的消费需求。蔬菜品种繁多，质量参差不齐，输入渠道多种多样，因此对于蔬菜质量的监督尤为重要。传统的蔬菜安全监督管理方法早已无法满足深圳这个特大城市的需求，因此建立新的蔬菜安全监督管理体制刻不容缓。这不仅关系着党和政府的工作效率，更与 2000 多万人民群众的生命健康息息相关。

作为大学生的我们，希望能为深圳市蔬菜安全监督管理体制的改善出一份力。本论文首先通过收集资料和分析相关数据，并构建合适的数学模型，分析出了深圳市蔬菜安

全风险和抽样检测方案存在的问题。最后为深圳市设计了新鲜蔬菜抽样检验方案并提出了一些自己的意见和建议。

二、问题的重述与分析

2.1 问题的重述

民以食为天，食以安为先。食品安全问题是国家和民族安全问题，食品安全大事故的发生都会给人民带来极大伤害，食品安全性影响着人们的身体健康，同时也影响着政府的公信力。

深圳是全国性经济中心和国际化城市，目前实际拥有人口已突破了 2000 万，其新鲜蔬菜消费属性是输入型的。蔬菜输入方式众多，除了批发市场、农贸市场、超市、配送中心等常规渠道外，还有网络购物、流动摊贩、大单位（企业饭店）的点对点直接配送等输入方式。蔬菜品种繁多，产地各异，管理模式千差万别。即使同一品名，也存在产地的差别；即使同一地域来源的同一品名蔬菜，不同生产管理模式也会存在较大的质量差异；此外还有反季节生产方式等；这诸多因素都对传统的蔬菜安全监管工作方法构成新的挑战。所以我们有以下任务：

一、收集数据，分析出深圳市各季节新鲜蔬菜消费种类及比例和新鲜蔬菜不同输入渠道的比例；二、分析评估出检验中忽略某些输入渠道的抽样导致的食品安全风险；三、基于附件评估深圳新鲜蔬菜食品安全风险；四、根据科学的统计推断原理，设计一套深圳市新鲜蔬菜抽样检验方案，以满足不同层面监测工作的需要，提高食品安全防控的效率与质量；五、通过以上研究，给深圳市政府写一封建议信。

2.2 问题的分析

2.2.1 问题一的分析

由于相关数据过于冗杂繁多，未有精确统计数据。本文通过深圳市市场与质量监督管理委员会网站收集了一年（共 48 期）的深圳市食用农产品质量安全猪肉和蔬菜质量安全监测结果的抽样数据，抽出有关蔬菜的抽样数据，并进行数据清洗，去除掉冗余无用的信息并做了相关的统计。

通过以往的对深圳市蔬菜输入渠道的统计与研究，我们得出常规渠道主要包括批发市场、农贸市场、超市及零售店。由于非常规渠道种类众多且数目不定，未有相关精确统计数据。因此我们将所有非常规渠道统一归为非常规渠道。

从其中对深圳市所属十个辖区蔬菜的监测结果中，大致推测出深圳市各季节新鲜蔬菜消费种类以及不同蔬菜种类所占比例，以及批发市场、农贸市场、超市及零售店占常规渠道的输入比例。并通过数据库的检索与相关资料的查阅，得出常规输入渠道所占比例和非常规渠道所占比例。最后通过计算得出批发市场、农贸市场、超市及零售店和非常规渠道所占的比例。

2.2.2 问题二的分析

问题二要求我们评估抽样检验中忽略某些输入渠道的抽样导致的食品安全风险。

我们运用模糊数学模型，对于各因素权重的确定问题，我们由第一问得出的各输入渠道所占比例，作为各渠道的权重。通过市场调研，得出了各渠道的模糊评价。

然后运用模糊综合评判方法，构建出两个模糊矩阵。一是综合所有渠道的模糊矩阵，二是忽略其他输入渠道，只考虑常规渠道的模糊矩阵。其次运用加权平均原则，得出综合所有渠道的蔬菜食品安全风险等级和只考虑常规渠道的食品安全风险等级，对二者进行比较分析，得出非常规渠道的食品安全风险，并与常规渠道的食品安全风险进行了比较。因此分析出问题二所要求的评估出忽略某些输入渠道的抽样导致的食品安全风险。

最后我们根据查阅资料并到相关部门咨询，得出了其他输入渠道主要为网络购物、流动摊贩和点对点直接配送，并总结出它们各自存在的安全风险，对近年来发展迅速的网络购物进行了重点讨论。

2.2.3 问题三的分析

对于新鲜蔬菜的安全风险的监测，深圳市只对农药残留进行了相关检测。首先我们从深圳市猪肉产品和蔬菜质量安全监测结果中，我们得知共检测出 12 项农药残留不合格。我们从中提取了结合实际情况的蔬菜质量安全检测结果作为依据，用食品安全指数 *IFS* 进行安全风险评估，以探明农药残留情况随时间变化、高风险农药种类和重点监测的蔬菜种类，与深圳市蔬菜农药残留安全指数。

其次，结合实际情况并查寻相关资料，我们得知新鲜蔬菜的食品安全风险不仅与农药残留有关，还与很多因素有关。因此，仅仅从农药残留得出的深圳市蔬菜食品安全风险是片面且不客观的。为了较为全面客观地评估深圳市新鲜蔬菜的安全风险，我们从众多影响蔬菜食品安全的因素中提取出主要影响因素，分别为农药残留、生物污染、重金属污染和非法添加剂（包括超标添加剂），结合蔬菜流通过程，并设置风险等级方案层，建立起了深圳市蔬菜安全风险评估层次结构模型。并对单准则下权重、组合权重进行了一致性检验。最后综合评估出深圳新鲜蔬菜食品安全风险。

三、模型假设与符号说明

3.1 模型假设

1.假设蔬菜仅能分成叶菜类、鳞茎类、芸苔属类、瓜类、茄果类、豆类、根茎类和水生类八大类，且不存在模糊分类的情况，其他种类对问题的研究无影响；

2.假设蔬菜安全风险的影响因素只有农药残留、生物污染、重金属污染和非法添加剂及超标食品添加剂，其他的影响因素忽略不计；

3.假设深圳市新鲜蔬菜常规输入渠道只包括批发市场、农贸市场、超市及零售店，非常规渠道只包括网络购物、流动摊贩和点对点直接配送，其他输入渠道忽略不计；

4.假设模型求解过程中所使用的数据都是合理无误的；

5.假设每期对每一类蔬菜的抽检方法和抽样数量都是相同的；

6.假设抽检的最大费用有所限制；

3.2 符号说明

符号	解释说明
$F_i(i=1,2)$	因素集
$C_i(i=1,2)$	评价集
$f_i(i=1,2,3,4)$	因素
$c_i(i=1,2,3)$	评价
$\tilde{C}_i(i=1,2,3,4)$	模糊评价
$\tilde{R}_i(i=1,2)$	模糊评价 \tilde{C}_i 组成的模糊矩阵
$\tilde{A}_i(i=1,2)$	蔬菜输入渠道的权重
$\tilde{B}_i(i=1,2)$	蔬菜输入渠道安全综合评判结果
$M(\cdot, \oplus)$	模糊合成算子
$u_{k=1}^*$	综合评价结果
$\mu(v_i)(i=1,2,3)$	评价等级赋值
R	蔬菜中农药 C 的残留水平
F	蔬菜估计摄入量
E	蔬菜可食用部分因子
P	蔬菜加工因子
SI_c	安全摄入量（采用日安全摄入量 ADI）
m_b	人均体重
f	安全摄入量的校正因子
IFS_c	某种蔬菜的安全指数

n	农药种类数
\overline{IFS}	蔬菜中各种农药对市民健康的危害程度
A_i, B_i, C_i, D_i	判断矩阵
CI_k	一致性指标
RI_k	平均随机一致性指标
CR_k	一致性比率
λ_{\max}	最大特征根
ω_i^k	权重向量
W_i^k	组合权重向量
N	样本总数
n	样本容量
σ^2	总体方差
Δ	极限误差
t	概率度 $Z_{\alpha/2}$
$p(1-p)$	成数方差

四、模型的建立与求解

4.1 问题一的分析与求解

4.1.1 深圳市各季新鲜蔬菜消费种类及其比例

为了更为精确得出深圳市各季节新鲜蔬菜消费种类，我们收集了深圳市一年的食用农产品质量安全猪肉和蔬菜质量安全监测结果的抽样数据，从中提取蔬菜的抽样检测结果，整理出抽样蔬菜的种类及其名称。为了得到近期的深圳市的蔬菜消费种类情况，所以我们选择对 2016 年 3 月到 2017 年 2 月的蔬菜抽检数据进行统计分析，共四个季度。这里只展示深圳市 2016 年 3 至 5 月份（春季）主销蔬菜统计，统计结果如下表 4.1，其他统计数据详见附录一。

表 4.1 深圳市 2016 年 3 至 5 月份（春季）主销蔬菜统计

2016年3至5月份（春季）主销蔬菜统计表				
种类	蔬菜名	蔬菜名	蔬菜名	蔬菜名
鳞茎类	蒜苗	洋葱	大蒜	
叶菜类	广东菜心	生菜	茼蒿	小白菜
	油麦菜	大白菜	菠菜	上海青
	麦菜（苦麦菜）	红菜心	红 / 番薯叶	银丝王
	娃娃菜（大 / 小）	通菜	毛毛菜	韭菜
	西生菜	球生菜		
芸苔属类	芥蓝（兰）	红菜苔	春菜	包芥菜
瓜类	青瓜	西葫芦	苦瓜	蒲瓜
	丝瓜	冬瓜	水瓜	毛瓜
	佛手瓜			
茄果类	番茄	黄瓜	圆椒	尖椒
	芹菜	茄子	小米椒	
豆类	豆角	豇豆	四季豆	豌豆
	四季豆	荷兰豆		
根茎类	茼蒿	山药	白萝卜	土豆
	萝卜（圆 / 红）	沙葛	西芹	胡萝卜
	姜			
水生类	西洋菜	莲藕		
其他类	结球甘蓝	榨菜头	西兰花	花椰菜
备注	番茄：又称西红柿；大白菜：包括本地白菜，奶白菜，黄白菜，长白菜，黄芽白菜，夏阳白菜，水白菜；菜心：也包括苗/白/红三种；薹菜：又称通菜，通心菜，空心菜；			

由表 4.1 及附录一所统计的蔬菜消费种类分布数据可知，深圳市蔬菜消费以叶类蔬菜居多，大约占所消费蔬菜总量的一半。深圳属于亚热带地区，且人口众多，大部分蔬菜由外地输入，再者由深圳市食用农产品质量安全监测方案中蔬菜检测数据亦可得知，各季节各类蔬菜所占比例基本一致，无太大差异。

我们统计出深圳市春（2016 年 3 月至 5 月）、夏（2016 年 6 月至 8 月）、秋（2016 年 9 月至 11 月）、冬（2016 年 12 月至 2017 年 2 月）这四个季节的各类蔬菜抽检数量，汇总结果如表 4.2.

表 4.2 2016 年深圳市各季蔬菜抽检数量

	鳞茎类	叶菜类	芸苔属类	瓜类	茄果类	豆类	根茎类	水生类	合计
春季	28	118	10	10	12	12	15	8	213
夏季	25	252	85	87	33	48	44	1	575
秋季	32	531	70	89	84	76	153	27	1062
冬季	19	353	66	70	50	73	70	19	720

由于对深圳市所属十个区各类蔬菜的抽样检测方法基本属于分层随机抽样，并且各类蔬菜抽样数量较大，所得结论可以较为客观地反映总体情况，因此我们用抽样结果代替整体情况。大致可以由此得出各季节蔬菜消费种类占比，绘制成饼状图，如图 4.1 至图 4.4.

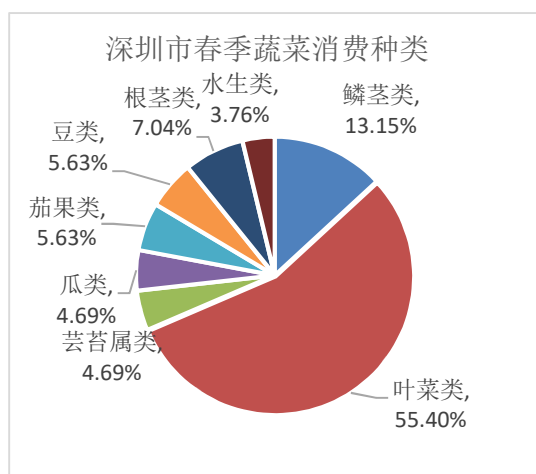


图 4.1 深圳市春季各类蔬菜消费比例

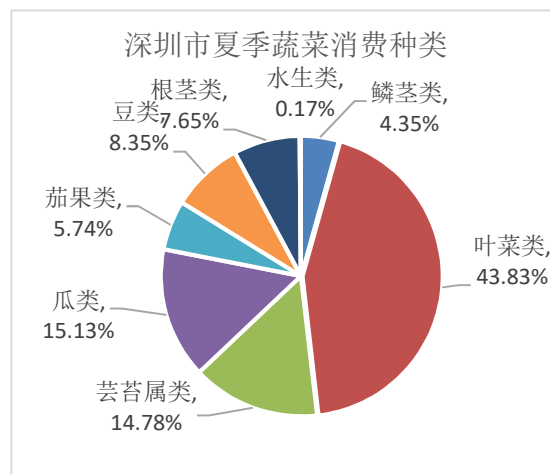


图 4.2 深圳市夏季各类蔬菜消费比例

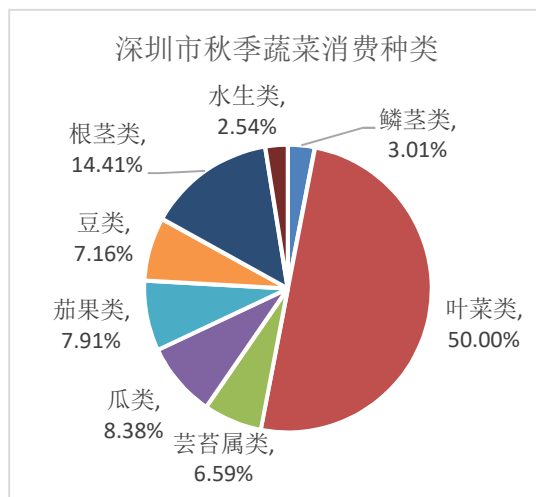


图 4.3 深圳市秋季各类蔬菜消费比例

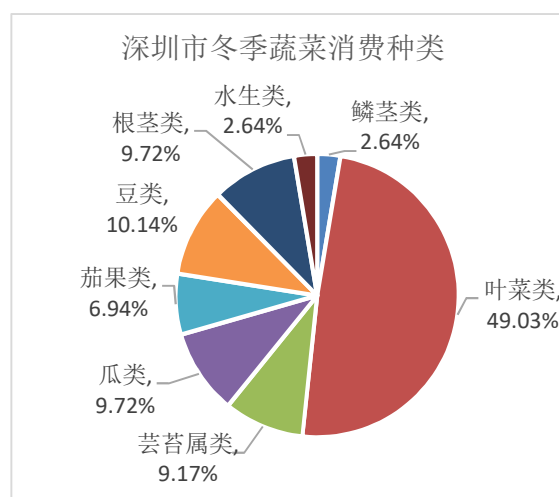


图 4.4 深圳市冬季各类蔬菜消费比例

由以上图 4.1 至图 4.4 清晰可见，深圳市各个季节的新鲜蔬菜消费种类基本无太大差异，这也与深圳市输入型的蔬菜消费属性相吻合。并且，叶菜类蔬菜所占比例最大，而水生类、鳞茎类则占比很少。

4.1.2 深圳市各季节新鲜蔬菜不同输入渠道的比例

1. 数据的收集与整理

在2016年深圳市食用农产品质量安全抽检计划中，共对生产基地、批发市场、农贸市场、超市及零售商店这些地点的蔬菜进行了分层随机抽样检测。我们分析了附件二中深圳市各区的农产品抽检计划，提取出可供使用的主要信息，分离出有效数据，统计出

了深圳市食用农产品质量安全猪肉和蔬菜质量安全监测结果中各期新鲜蔬菜的抽样数量，如表4.3所示。

表 4.3 2016 年深圳市各场所蔬菜抽样数量

期数	抽样场所			
	农贸市场	批发市场	超市	生产基地
1	25	48	42	0
2	32	19	24	5
3	36	52	14	0
4	27	41	17	5
5	37	14	23	0
6	17	43	37	5
7	29	55	20	5
8	28	57	12	0
9	20	20	10	0
10	37	14	41	0
11	0	28	7	0
12	22	36	33	0
13	27	26	0	10
14	44	33	46	5
15	37	41	28	0
16	42	48	24	0
17	7	38	6	5
18	22	24	30	5
19	46	78	28	0
20	36	12	26	5
21	25	5	0	0
22	35	35	29	5
23	24	48	27	0
24	51	0	32	0
25	20	57	5	5
26	58	25	34	0
27	39	50	33	0
28	35	45	16	10
29	48	30	36	5
30	68	41	31	0
31	43	15	21	5
32	43	0	18	5
总计	1060	1078	750	85

我们从表 4.3 中的统计数据，可以看出农贸市场和批发市场抽样数量最大，超市次之，生产基地最小。

但是为了能更精确地了解深圳市新鲜蔬菜各场所抽样数量所占比例，对表 4.3 中各抽样地点蔬菜的抽样数量绘制成饼状图，如图 4.5。

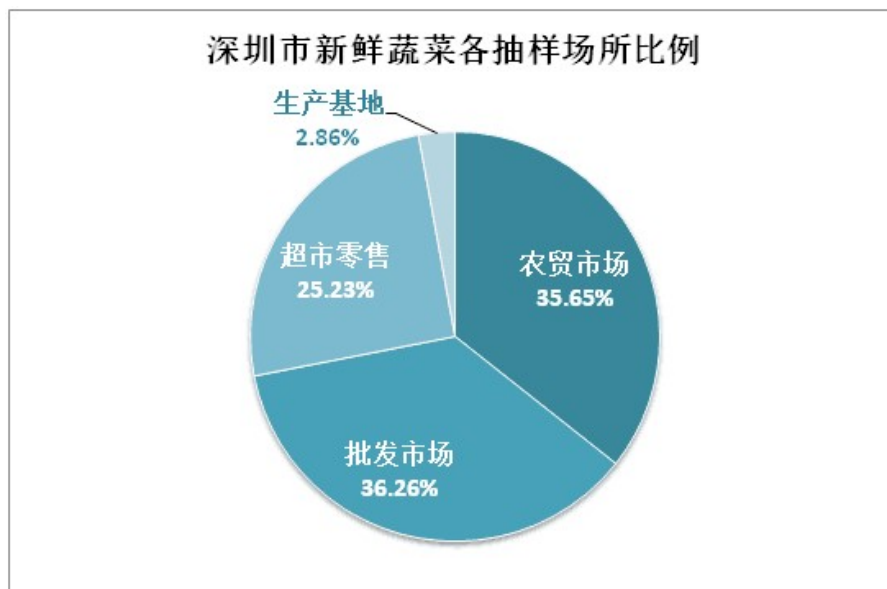


图 4.5 深圳市新鲜蔬菜各场所抽样比例

由图 4.5 可知：批发市场占抽样地点的 36.26%，农贸市场占 35.65%，超市占 25.23%，生产基地占 2.86%。批发市场和农贸市场基本一致，所受监管力度最大，可知其是人们蔬菜的主要购买地，超市相较之少了一些。由于深圳市大部分蔬菜由外地输入，本地蔬菜生产基地数量又限，因此抽样量最小。

2. 各渠道所占比例

通过以往的对深圳市蔬菜输入渠道的统计与研究，我们得出常规渠道主要包括批发市场、农贸市场、超市及零售店。由于非常规渠道种类众多且数目不定，未有相关精确统计数据，因此我们将所有非常规渠道统一归为非常规渠道。

从其中对深圳市所属十个辖区蔬菜的监测结果中，大致推测出深圳市各季节新鲜蔬菜消费种类以及不同蔬菜种类所占比例，以及批发市场、农贸市场、超市及零售店占常规渠道的输入比例。并通过数据库的检索与相关资料的查阅，得出常规输入渠道所占比例和非常规渠道所占比例。最后通过计算得出批发市场、农贸市场、超市及零售店和非常规渠道的所占比例。

对于非常规渠道，由于因此我们将所有不同的非常规渠道统一归为非常规渠道。

通过以往的对深圳市蔬菜输入渠道的统计与研究，并根据我们查阅资料显示，对于深圳市的新鲜蔬菜输入渠道，常规渠道主要包括批发市场、农贸市场、超市及零售店。由相关资料得知，深圳居民蔬菜消费量的 80%来源于常规渠道，20%来源于其他输入渠道

[1]。这里，我们将其他输入渠道称为非常规输入渠道。根据相关资料[2][3][4]，非常规渠道主要包括网络购物、流动摊贩、点对点配送。由于非常规渠道种类众多且数目不定，难以管理与监控，未有相关精确统计数据。因此我们将所有不同的非常规渠道统一归为非常规渠道，如图 4.6 所示。

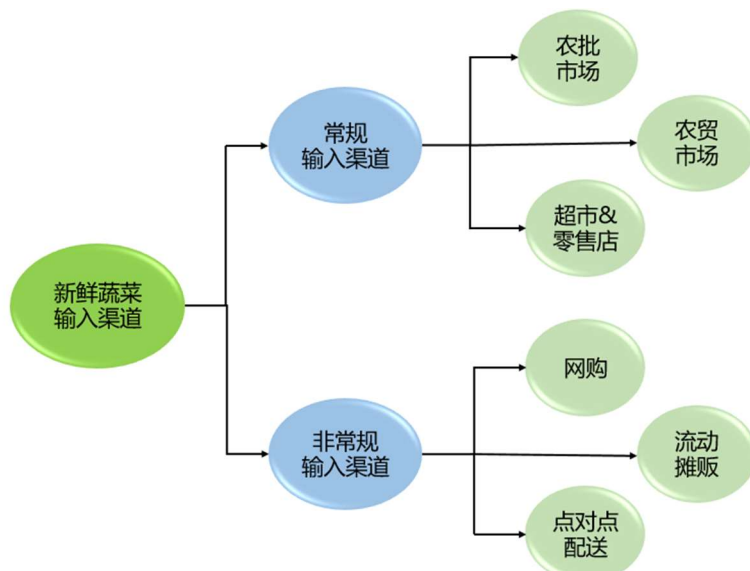


图 4.6 深圳市新鲜蔬菜输入渠道

由深圳市食用农产品质量安全猪肉和蔬菜质量安全监测结果中，我们已对农批市场、农贸市场、超市这三个抽样地点的数目及比例进行了整理与统计，结果已在上述陈述中列出。其中批发市场占抽样地点的 36.26%，农贸市场占 35.65%，超市占 25.23%，生产基地占 2.86%。由于生产基地不在常规输入渠道之内，因此可大致得出农批市场、农贸市场、超市、其他输入渠道这四个不同的输入渠道占有所有输入渠道的比例。不同渠道比例条形图如图 4.7 所示。

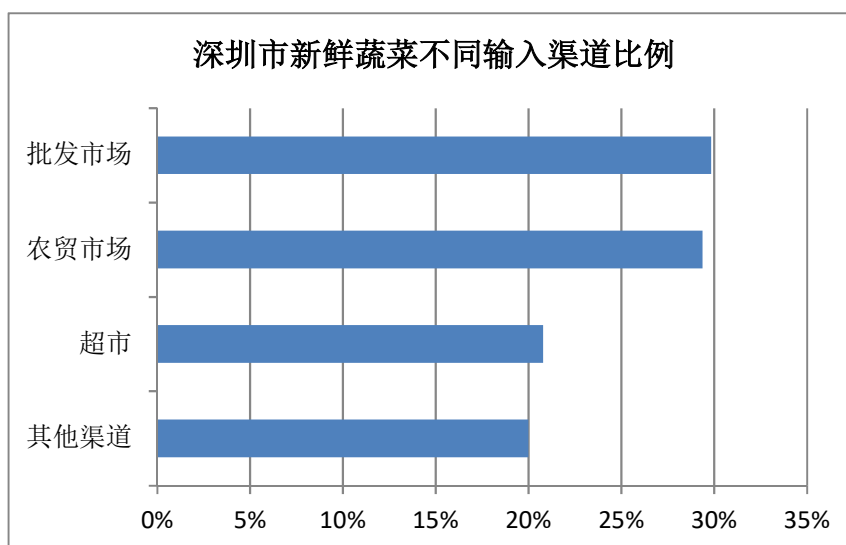


图 4.7 深圳市新鲜蔬菜不同输入渠道比例

计算过程如下，

批发市场所占比例为

$$\frac{36.26\%}{(1-2.86\%) \times 80\%} = 29.84\%$$

农贸市场所占比例为

$$\frac{35.65\%}{(1-2.86\%) \times 80\%} = 29.37\%$$

超市所占比例为

$$\frac{25.97\%}{(1-2.86\%) \times 80\%} = 20.79\%$$

其他渠道所占比例为 20%.

4.2 问题二的模型建立与求解^[5]

4.2.1 模型的分析与建立

要正确评价一个具体的对象，首先要对影响这个对象的若干因素进行合理的评价，然后再进行综合评判。评估忽略其他输入渠道的食品安全风险，我们可以选择模糊综合评价模型。

我们在第一问已得出的深圳市农批市场、农贸市场、超市、其他输入渠道这四个不同的输入渠道占有所有输入渠道的比例。评估检验中忽略某些输入渠道的抽样导致的食品安全风险即为评估其他输入渠道的食品安全风险。我们通过市场调研，得出了不同输入渠道的模糊评价。由此构建出两个模糊矩阵，一是只考虑常规渠道，忽略其他输入渠道的模糊矩阵，二是综合所有渠道的模糊矩阵。

然后运用加权平均原则，得出只考虑常规渠道的食品安全风险和综合所有渠道的蔬菜食品安全风险的等级，对二者进行比较分析，得出了非常规渠道的食品安全风险，并与常规渠道的食品安全风险进行了比较。因此分析出问题二所要求的评估出忽略某些输入渠道的抽样导致的食品安全风险。

1. 忽略其他输入渠道的模糊综合评判模型

由于忽略了其他输入渠道，只考虑了农批市场、农贸市场、超市这三个常规渠道，因此设因素集和评价集分别为：

$$F_1 = \{\text{批发市场}(f_1), \text{超市}(f_2), \text{农贸市场}(f_3)\},$$

$$C_1 = \{\text{低}(c_1), \text{中}(c_2), \text{高}(c_3)\}.$$

通过市场调研，我们得到了对因素 f_i 的模糊评价 \tilde{C}_i ($i=1,2,3$) 如下：

$$\tilde{C}_1 = \{0.14, 0.37, 0.49\}, \quad \tilde{C}_2 = \{0.20, 0.23, 0.57\}, \quad \tilde{C}_3 = \{0.31, 0.21, 0.48\}$$

将这些模糊评价综合在一起，构成模糊矩阵

$$\tilde{R}_1 = [\tilde{C}_1 \quad \tilde{C}_2 \quad \tilde{C}_3]^T = \begin{bmatrix} 0.14 & 0.37 & 0.49 \\ 0.20 & 0.23 & 0.57 \\ 0.31 & 0.21 & 0.48 \end{bmatrix},$$

其中 \tilde{R}_1 为深圳市蔬菜常规输入渠道安全风险的模糊评判矩阵。

我们从问题一中得到批发市场占抽样地点的 36.26%，农贸市场占 35.65%，超市及零售店占 25.23%，生产基地占 2.86%。由于生产基地不属于深圳市新鲜蔬菜的常规输入渠道，因此我们通过计算得出农批市场、农贸市场、超市占常规输入渠道的比例，计算过程如下：

批发市场：

$$\frac{36.26\%}{1 - 2.86\%} = 37.30\%$$

超市及零售店：

$$\frac{25.23\%}{1 - 2.86\%} = 25.97\%$$

农贸市场：

$$\frac{35.65\%}{1 - 2.86\%} = 36.73\%$$

由于深圳市农批市场、超市及零售店、农贸市场数量庞大且不断变化，因此我们无法得到它们的真实数量及所占比例，我们用抽样所得到的农批市场、超市及零售店、农贸市场所占比例来代替它们真实所占比例。因此我们得到各渠道权重，如表 4.4。

表 4.4 深圳市蔬菜常规输入渠道权重

因素	批发市场	超市及零售店	农贸市场
权重	0.3730	0.2597	0.3673

上述权重可表示成模糊矩阵 $\tilde{A}_1 = [0.3730 \quad 0.2597 \quad 0.3673]$ ，对此综合评判结果为

$$\tilde{B}_1 = \tilde{A}_1 \circ \tilde{R}_1 = [0.3730 \quad 0.2597 \quad 0.3673] \begin{bmatrix} 0.14 & 0.37 & 0.49 \\ 0.20 & 0.23 & 0.57 \\ 0.31 & 0.21 & 0.48 \end{bmatrix} = [0.2180 \quad 0.2749 \quad 0.5071]$$

由于 $M(\cdot, \oplus)$ 算子综合性最强，且能充分体现各评价因素所占权重，因此更为适合此蔬菜安全综合评判。故模糊合成算子 \circ 取 $M(\cdot, \oplus)$ 算子^[6]（具体情况见表 4.5）。

$$b_k = \min\left(1, \sum_{j=1}^m \mu_j r_{jk}\right), k=1,2,\dots,n.$$

例如： $b_1 = (0.3730 \cdot 0.14) \oplus (0.2597 \cdot 0.20) \oplus (0.3673 \cdot 0.31) = 0.2180$ ，其它 b_2, b_3 求法相同。

表 4.5 四个算子在综合评判中的特点

特 点	算子			
	$M(\wedge, \vee)$	$M(;\vee)$	$M(\wedge, \oplus)$	$M(;\oplus)$
体现权数及作用	不明显	明显	不明显	明显
综合程度	弱	弱	强	强
利用 R 的信息	不充分	不充分	比较充分	充分
类型	主因素突出型	主因素突出型	加权平均型	加权平均型

最后通过对模糊评判向量的分析，利用加权平均原则做综合结论^[6]。加权平均原则可表示为

$$u^* = \sum_{i=1}^n \mu(v_i) \cdot s_i^k / \sum_{i=1}^n s_i^k,$$

其中 k 为待定系数（ $k=1$ 或 $k=2$ ）。

那么对于该问题， $\tilde{B}_1 = [0.2180 \quad 0.2749 \quad 0.5071]$ ，评价等级集合为 $C_1 = \{\text{低}, \text{中}, \text{高}\}$ ，各等级赋值 $\mu(v_i)$ 分别为 $\{1, 2, 3\}$ ，则有

$$u_{k=1}^* = \frac{1 \times 0.2180 + 2 \times 0.2749 + 3 \times 0.5071}{0.2180 + 0.2749 + 0.5071} = 2.2891$$

即深圳市新鲜蔬菜的常规输入渠道安全风险的综合评价等级为中等。

2. 综合所有渠道的模糊综合评判模型

我们已知所有渠道包括农批市场、农贸市场、超市和其他输入渠道，因此我们设因素集和评价集分别为：

$$F_2 = \{\text{批发市场}(f_1), \text{超市}(f_2), \text{农贸市场}(f_3), \text{其他输入渠道}(f_4)\},$$

$$C_2 = \{\text{低}(c_1), \text{中}(c_2), \text{高}(c_3)\}.$$

通过市场调研，对因素 f_i 的模糊评价 \tilde{C}_i ($i=1,2,3$) 如下：

$$\tilde{C}_1 = \{0.14, 0.37, 0.49\}, \quad \tilde{C}_2 = \{0.20, 0.23, 0.57\}, \quad \tilde{C}_3 = \{0.31, 0.21, 0.48\}, \quad \tilde{C}_4 = \{0.01, 0.03, 0.96\}$$

将这些模糊评价综合在一起，构成模糊矩阵

$$\tilde{R}_2 = [\tilde{C}_1 \quad \tilde{C}_2 \quad \tilde{C}_3 \quad \tilde{C}_4]^T = \begin{bmatrix} 0.14 & 0.37 & 0.49 \\ 0.20 & 0.23 & 0.57 \\ 0.31 & 0.21 & 0.48 \\ 0.01 & 0.03 & 0.96 \end{bmatrix}$$

\tilde{R}_2 为深圳市新鲜蔬菜所有输入渠道安全风险的模糊评判矩阵。我们已从第一问得出农批市场、农贸市场、超市、其他输入渠道这四个不同的输入渠道占有所有输入渠道的比例，因此我们得到了各因素权重，如表 4.6 所示。

表 4.6 深圳市蔬菜输入渠道权重

因素	批发市场	超市及零售店	农贸市场	其他输入渠道
权重	0.2984	0.2079	0.2937	0.2000

上述权重可表示成模糊矩阵 $\tilde{A}_2 = [0.2984 \quad 0.2079 \quad 0.2937 \quad 0.2000]$ ，对此的综合评判结果为

$$\tilde{B}_2 = \tilde{A}_2 \circ \tilde{R}_2 = [0.2984 \quad 0.2079 \quad 0.2937 \quad 0.2000] \begin{bmatrix} 0.14 & 0.37 & 0.49 \\ 0.20 & 0.23 & 0.57 \\ 0.31 & 0.21 & 0.48 \\ 0.01 & 0.03 & 0.96 \end{bmatrix} = [0.1764 \quad 0.2259 \quad 0.5977]$$

利用平均加权原则，对 $\tilde{B}_2 = \{0.1764, 0.2259, 0.5977\}$ ，评价等级集合为 $C_2 = \{\text{低}, \text{中}, \text{高}\}$ ，各等级赋值 $\mu(v_i)$ 分别为 $\{1, 2, 3\}$ ，则有

$$u_{k=1}^* = \frac{1 \times 0.1764 + 2 \times 0.2259 + 3 \times 0.5977}{0.1764 + 0.2259 + 0.5977} = 2.4213$$

即深圳市新鲜蔬菜综合所有输入渠道的综合评价等级为中高等。

4.2.2 问题二的求解

1. 模型的求解

由 4.2.1 的分析结果我们得知，常规渠道的食品安全风险和综合所有渠道的蔬菜食品安全风险分别为中和中高。因此我们得知其他输入渠道的食品安全风险显然高于常规渠道的食品安全风险，也高于综合所有输入渠道的食品安全风险，风险等级为高。即忽略某些输入渠道的食品安全风险为高。

在此，我们用其他输入渠道的模糊评价再一次评估其食品安全风险。由综合所有渠道的模糊综合评判模型得知：对于其他输入渠道，其模糊评价为 $\tilde{C}_4 = \{0.01, 0.03, 0.96\}$ ，

评价等级集合 $C_2 = \{\text{低}, \text{中}, \text{高}\}$ ，各等级赋值 $\mu(v_i)$ 分别为 $\{1, 2, 3\}$ ，则有

$$u_{k=1}^* = \frac{1 \times 0.01 + 2 \times 0.03 + 3 \times 0.96}{0.01 + 0.03 + 0.96} = 2.95$$

即深圳市新鲜蔬菜的其他输入渠道的综合评价结果为高等。这与前面的分析结果是一致的。

2. 风险的总结

我们通过查阅资料并进行了相关咨询,发现了网络购物、流动摊贩和点对点直接配的输入方式都存在着较高的食品安全风险并违反了《中华人民共和国食品安全法》中食品安全标准（附录四）的相关规定。

风险总结如下：

（1）网络购物

韩瑞玲等人在 2011 年《中国网络购物与快递物流的耦合关联研究》文章中就提到：“网购物流配送主要采用快递物流方式，快递物流企业根据用户的订货要求，进行一系列分类、编码、整理、配货等理货工作，并按照约定的时间、地点将确定数量和规格要求的商品传递到用户。快递物流具有送货点分散、点多面广，送货批量小、成本高，送货时间要求严格等特点，其主要采用点对点的配送方式。”^[7]这段文字已经非常简洁的概括了网络购物和快递物流的关系，所以非传统渠道中的网络购物方式包括部分点对点直接配送方式，并且近年来网络购物发展迅猛，因此我们对网络购物进行着重分析。

我们由《2017 年中国家庭餐桌消费潮流报告》得知，近年来，生鲜电商高速发展，市场交易规模不断扩大。生鲜电商占农产品零售交易总额的比例也逐年增加，预计在 2018 年达到 7.00%。2012-2018 年中国生鲜电商市场交易规模与生鲜电商占农产品零售交易总额的比例变化图如下（e 表示预计）^[8]。

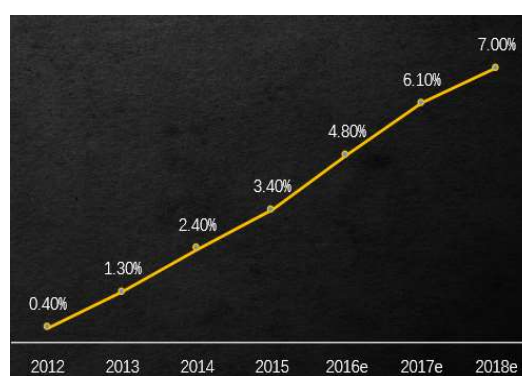
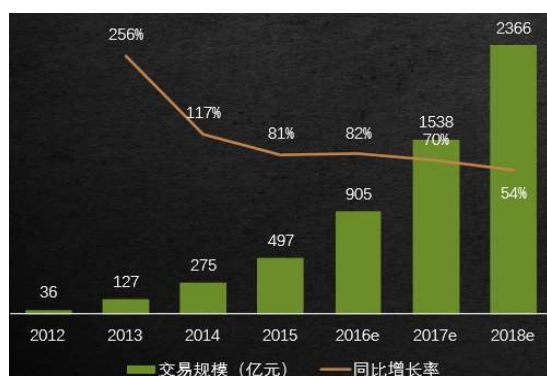


图 4.8 2012-2018 年中国生鲜电商市场交易规模 图 4.9 生鲜电商占农产品零售交易总额的比例变化图

并且我们由《2016 年中国生鲜消费趋势报告》分析得知：从未在线上购买生鲜产品的消费者平均年龄为 45 岁，而经常光顾生鲜电商的消费者平均年龄在 31 岁，比从未在线上购买生鲜的消费者年轻了 14 岁。我们很容易得知，新世纪消费者的生鲜消费行为已和上世纪完全不同，以后网购消费者将会越来越多。而且近年来随着中国电子商务的

高速发展，经验丰富的网购者也会大大增加。报告显示，预计到 2020 年过半的网购者都将会成为经验丰富的网络消费者，网购产品的数量和种类也会随之提高。^[9]

但是我们由 2016 年中国生鲜电商行业研究报告分析出，2015 年畅销的生鲜网购品类 Top3 分别为：水果、乳品、肉类。作为生鲜产品中产量最大的蔬菜类在网购中占比最低。2015 年生鲜产品产量&网购用户网购的生鲜品类分布如下：



图 4.10 2015 年生鲜产品产量和网购用户网购的生鲜品类

由以上分析我们得知：尽管中国生鲜电商市场交易规模不断扩大，但是传统生鲜市场中产量最大、占比最高的蔬菜类，网络购买率最低。我们不由思考其中的原因。通过查阅相关资料^[10]分析出如下：

由于易腐烂是新鲜蔬菜“特色”，由于保存时间短，保存环境和条件苛刻，高存储成本，使得蔬菜消费有一定的时效性，与传统的交易模式相比，网购蔬菜的可选品种也是非常有限的。而且网购蔬菜对物流和存储环境的保护要求较高。现在的物流包装和运输条件和生产包装和特殊性的物流需求之间没有区别，使得网购蔬菜消费管理购买期间后，质量无法得到有效保证。

网上购物的新鲜蔬菜的外观质量不仅不能直接观察到，其营养和质量安全状况的信息也难以直接获得，特别是其内在的成分（如杀虫剂，硝酸盐含量等）。甚至在购买前，味道都很难判断。

蔬菜普遍的质量安全状况往往需要吃了好几年后可能出现，但污染产生有毒或致癌物质使消费者产生致病作用有很长的滞后期，包括一些农业急性疾病传播的攻击，一些消费者真的难以确认农业疾病和农业污染。因此，新鲜蔬菜质量安全的高度隐匿性特点进一步提高了消费者网购农产品的风险。

因此，尽管中国生鲜电商市场交易规模不断扩大，但是产量最大的蔬菜类占比最低。另外，我们的网上购物行业仍处于起步阶段，低市场准入门槛和管理机制不规范，携款潜逃，商业欺诈，信用缺失等现象时有发生，从而引发消费过程中潜在的风险，损害消费者的利益，这也增加了网络购物的安全风险。

(2) 流动摊贩^{[11][12]}

自 2015 年 10 月 1 日《广东省食品生产加工小作坊和食品摊贩管理条例》施行以来，在深圳市相关监管部门联合整治下，对大量不符合运营资质要求的流动食品摊贩进行了有效清理。而当前仍然存在严重的问题，流动小摊贩纳入规范管理工作进度并没有像预计那样逐步推进。深圳市大多数路边街道仍然只能实行整治清理为主的政策，登记到户的合法流动食品小摊贩的数量却十分有限，无法进行下一步的监督管理工作。

流动摊贩一直是城市管理的顽疾，也是城管工作的治理重心。目前，城市摆放流动摊点的人员基本上都是想在城市立足却又无法负担得起巨大的生活成本。流动摊点之所以能够存在，除了小商贩需要生存外，更深层次还在于消费者的需求。由于城市服务设施配置不足，市民并非都具有一定消费能力。因此，方便、便宜的流动摊点就成了一种自然的选择。

2016 年市食药局发布的《深圳市食品流动摊贩专项调查报告》显示，在接受调查的 144 个流动摊贩样本中，工作时间长度超过合法劳动时间的流动摊主高达 74.31%，大多是从早到晚，无任何休息时间；大部分摊主为躲避相关部门的抽查不得不经常变换摆摊地点；流动摊贩销售的品种繁多，但流动摊主整体教育水平偏低，对食品安全知识的了解程度不深，极易形成安全隐患，加大食品安全风险。

由于流动摊贩没有固定的摊点，很难进行相关的检验与监督，加之相关法律法规模糊，监管体系也很不完备，食品安全面临的风险和存在的问题非常多。主要分为以下情形：食品制造过程中使用劣质的原材料，添加有毒物质提高食用口感的情况仍然层出不穷；过量使用食品添加剂，滥用非食品加工用的化学添加剂，延长食品的“安全期”。对于新鲜蔬菜，可能很多看似新鲜的蔬菜却添加了大量有毒的化学物质，才使它变得“新鲜”。可想而知，食用这样的蔬菜严重影响市民的身体健康；很可能面临转基因食品的潜在安全问题，因为目前还没有足够证据证明转基因食品对人类身体是否有害。很多转基因的蔬菜通过流动摊贩流入市场，对市民的身体健康存在潜在威胁。

（3）点对点直接配送^[13]

通过查阅相关资料和实地考察，我们总结出对于新鲜蔬菜的点对点配送的地方很多，主要为大单位、企业饭店、学校食堂等。配送的方式也很多，除了网络购物大多采用点对点方式外，还主要分为两种：一种是由多家农户、农产品基地、蔬菜批发市场或蔬菜配送中心组成共同蔬菜配送新公司。或者以现有的配送中心为核心，从不同的地方分散集货，统一对多家用户进行配送；另一种是农户、蔬菜基地、蔬菜批发市场三方把自己需要完成的配送业务依托给专业的配送中心或公司来完成新鲜蔬菜配送业务。这两种方式都存在较大安全风险隐患。首先在蔬菜在配送中心或配送公司的暂时存储期间，新鲜蔬菜很可能遭受化学和生物危害，存储的温度和湿度也会滋生细菌和微生物，严重影响蔬菜的质量。其次在蔬菜的运输过程中，很难保证蔬菜的运输环境的安全无污染，容易造成对蔬菜造成二次危害，运输时间过长也会影响蔬菜的新鲜度与品质。

4.3 问题三的模型求解与建立

我们首先用安全指数 IFS 进行蔬菜安全风险评估，探明了农药残留情况随时间变化、高风险农药种类和重点监测的蔬菜种类，与深圳市蔬菜农药残留安全指数。

但是这评估仅与农药残留有关，并不能全面客观评估蔬菜的安全风险。因此我们又提取出影响蔬菜食品安全的主要因素，结合蔬菜流通过程，并设置风险等级方案层，建立起了深圳市蔬菜安全风险评估层次结构模型。

4.3.1 蔬菜抽样检验方案分析及其安全指数

1. 新鲜蔬菜样品

对深圳市所有的蔬菜销售地点进行抽样，因为缺少数据，加上深圳市地处亚热带地区全年气温变化不大。因此以 2016 年全年和 2017 年 1-3 月对蔬菜抽检报告作为依据，分析新鲜蔬菜农药残留情况，对此进行风险评估。

蔬菜主要分鳞茎类，叶菜类，芸苔属类，瓜类，茄果类，豆类，根茎类和水生类八大类共 1729 份样品，蔬菜分类情况参考《深圳市 2017 年 1-3 月食用农产品抽检计划》。蔬菜的抽样依照《农药残留分析样品的采样方法》(NY/T789-2004) 规定执行。

2. 样品农药残留的分析与测定

按照 NY/T761-2008 等检测依据对甲胺磷，毒死蜱，敌敌畏等 58 种农药残留量进行测定，测定结果按照 GB/2763-2014 等进行判定。

3. 蔬菜的安全指数^{[14][15]}

由于农药的毒害主要与市民的摄入量有关，所以评价蔬菜食品安全以人体对蔬菜的实际摄入量与安全摄入量的比较更为合理，可以用安全指数 IFS 来评价蔬菜中各种农药残留对消费者的健康影响。 C 表示某种农药； EDI_c 为农药 C 的实际摄入量估算值， IFS_c 是某种蔬菜的安全指数， n 是统计的农药种类数， \overline{IFS} 是蔬菜中各种农药对市民健康的危害程度。

$$IFS = \frac{EDI_c \times f}{SI_c \times m_b} \quad EDI_c = R \circ F \circ E \circ P$$

$$\overline{IFS} = \frac{\sum_{i=1}^n IFS}{n}$$

根据中国营养学会膳食指南(2016 年)推荐人均日蔬菜摄入量为 300g~500g，我们取中间值 400g， $F=400\text{g}/\text{人} \cdot \text{日}$ ， $E=1$ ， $P=1$ ， $m_b=60\text{kg}$ ， $f=1$ 。

其中 ADI 值计算公式如下：

$$ADI = \frac{NOEF}{SFI} \quad (\text{NOEF 最大无作用剂量, SFI 安全因子})$$

我们列出深圳市蔬菜中检测出的残留农药的 ADI 值，如表 4.7 所示。

表 4.7 残留农药的 ADI 值

毒死蜱	0.005mg/kg	氧乐果	0.03mg/kg
氟虫腈	0.0025mg/kg	啉虫脲	0.06mg/kg
多菌灵	0.01mg/kg	克百威	0.01mg/kg
甲基异柳磷	0.003mg/kg	联苯菊酯	0.02mg/kg
敌敌畏	0.003mg/kg	溴氰菊酯	0.01mg/kg
甲拌磷	0.002mg/kg	甲胺磷	0.004mg/kg

4. 结果分析

(1) 蔬菜农药残留随时间变化导致合格率的变化

根据国家相关公告及标准、《农药管理条例》，在深圳市蔬菜抽样检测中，所检项目只要有一项不合格即视为该蔬菜不合格。统计深圳市 2016 年至今的蔬菜抽样检测农药残留情况数据结果，以此显示深圳市各月蔬菜合格情况。

表 4.8 2016.1—2017.3 深圳市各月蔬菜合格率

	抽样数	不合格数	合格率
2016.1	288	6	97.92%
2016.2	288	13	95.49%
2016.3	287	17	94.08%
2016.4	290	5	98.28%
2016.5	293	12	95.90%
2016.6	291	8	97.25%
2016.7	288	4	98.61%
2016.8	288	10	96.53%
2016.9	288	8	97.22%
2016.10	289	5	98.27%
2016.11	288	14	95.14%
2016.12	291	11	96.22%
2017.1	287	15	94.77%
2017.2	287	18	93.73%
2017.3	287	13	95.47%

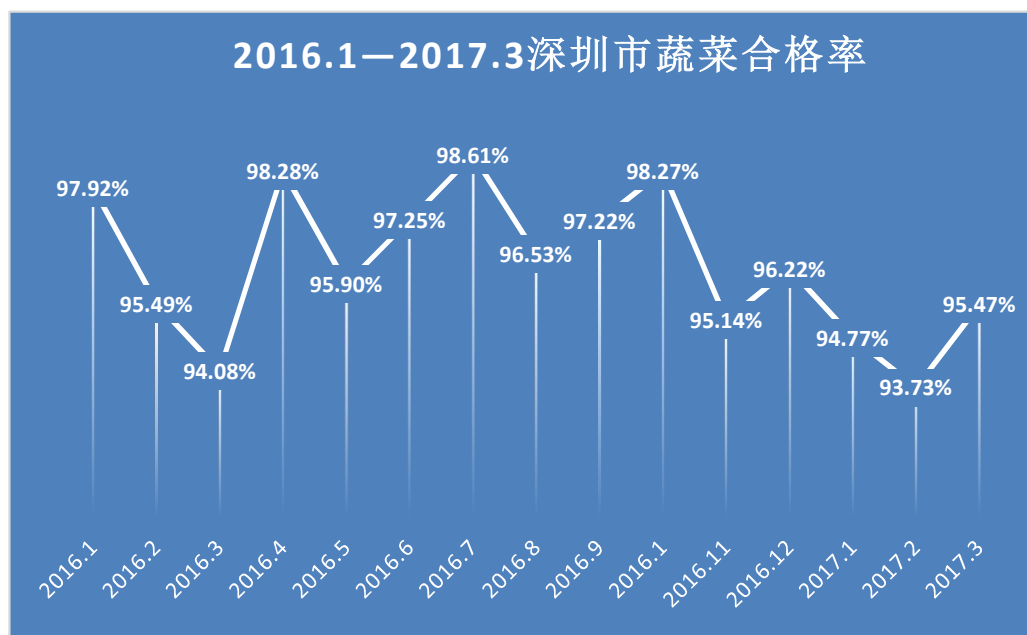


图 4.8 2016 年深圳市蔬菜抽样合格率

从深圳市蔬菜抽检报告及表 4.8 和图 4.10 来看,2016 年 7 月合格率最高,为 98.61%;2017 年 2 月蔬菜合格率最低,为 93.73%。结合这 15 个月的整体合格情况来看,深圳市近两年新鲜蔬菜的合格率基本保持在 95%左右,但各个月份蔬菜合格率却有很大的波动。

(2) 不同种类蔬菜农药残留的变化

由 2016 年深圳市食用农产品质量安全监测方案,汇总出全年各类蔬菜抽检不合格情况,具体如表 4.9 所示。

表 4.9 2016 年深圳市蔬菜抽检情况汇总

	第一季度			第二季度		
	抽检数量	不合格数量	不合格率	抽检数量	不合格数量	不合格率
鳞茎类	14	1	7.14%	52	0	0.00%
叶菜类	416	21	5.05%	388	11	2.84%
芸苔属类	185	7	3.78%	148	0	0.00%
瓜类	93	0	0.00%	135	1	0.74%
茄果类	54	0	0.00%	79	1	1.27%
豆类	91	1	1.10%	69	9	13.04%
根茎类	25	0	0.00%	30	0	0.00%
其他品种	6	0	0.00%	2	0	0.00%
合计	884	30	3.73%	903	22	2.44%

	第三季度			第四季度		
	抽检数量	不合格数量	不合格率	抽检数量	不合格数量	不合格率
鳞茎类	2	0	0.00%	16	0	0.00%
叶菜类	414	25	6.04%	355	31	8.73%
芸苔属类	131	4	3.05%	130	6	4.62%
瓜类	141	3	2.13%	126	0	0.00%
茄果类	90	0	0.00%	90	4	4.44%
豆类	48	8	16.67%	69	4	5.80%
根茎类	41	0	0.00%	60	0	0.00%
其他品种	0	0	0.00%	2	0	0.00%
合计	867	40	4.61%	848	35	4.13%

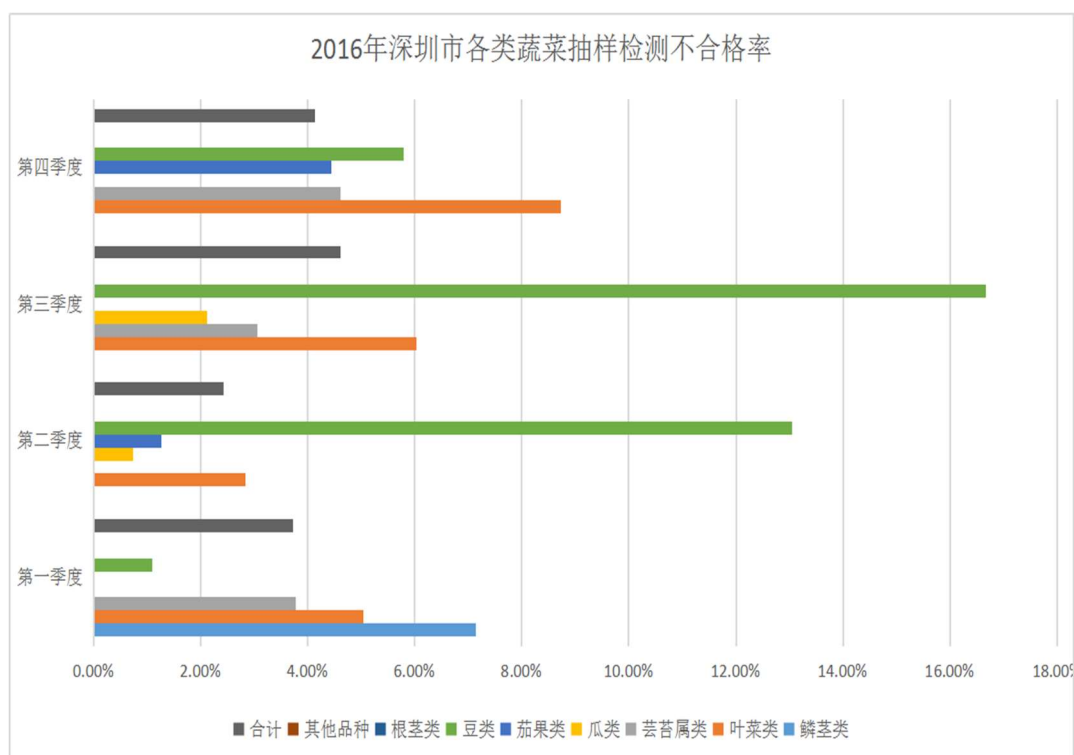


图 4.9 2016 深圳市各类蔬菜抽检的不合格情况

从表中看出，在这 15 个月份检测结果中除根茎类没有检测出农药残留外，其他种类的蔬菜均有不同程度的超标情况，其中叶菜类和豆类抽检出的农药残留相对较多，其合格率是也是偏低的，其他几类都可以从表 4.9 中看出。在四个季度中，第三季度和第四季度总体农药超标率偏高，第一季度最低。

(3) 各种农药被检测出的不合格次数

由于数据量太大且时间有限，现只统计了 2016 年 7 月份至 2017 年 2 月的蔬菜中农药残留数据，统计数据如表 4.10 所示。

表 4.10 深圳市蔬菜农药残留情况

	毒死蜱	氧乐果	氟虫腈	啉虫脒	多菌灵	克百威	甲基异柳磷	联苯菊酯	敌敌畏	溴氰菊酯	甲拌磷	甲胺磷
7 月	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1
8 月	0	6	0	0	1	4	1	0	0	0	0	0
9 月	5	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
10 月	2	4	4	3	2	1	0	0	0	0	0	0
11 月	3	4	1	2	0	4	1	0	0	0	0	0
12 月	3	2	1	0	1	3	0	3	0	0	0	0
1 月	4	2	2	1	1	3	0	0	2	0	0	0
2 月	11	1	6	3	1	1	1	0	0	1	1	1
9-11 月	10	9	6	6	2	5	1	0	0	0	0	0
12-2 月	17	4	9	4	3	7	1	3	2	1	1	1

从表 4.10 中可以看出 9~11 月份蔬菜中有 7 种农药 39 项次的残留检出，12~2 月份蔬菜中有 12 种农药 53 项次的残留检出。总的来看，毒死蜱被检测出的次数最多，其他的依次为氟虫腈、克百威、氧乐果、啉虫脒、多菌灵等。

(4) 深圳市蔬菜农药残留安全指数

运用安全指数计算公式，可以算出蔬菜中各检出农药的安全指数，如表 4.11.从表中明确的概括出，9-11 月份农药毒死蜱的 IFS_c 值为 2.4848，大于 1；但其他几种农药的 IFS 值均小于 1，表明除毒死蜱外的其他受检农药在这个月对蔬菜质量安全没有影响；2016 年 1 月至 2017 年 2 月毒死蜱，甲基异柳磷，敌敌畏的 IFS_c 值都大于 1，表明这几种农药对蔬菜安全影响的风险超过了可以接受的限度；其他农药的 IFS_c 值都小于 1。综合来看两季 6 个月蔬菜的 IFS_c 值都小于 1，说明深圳市的蔬菜安全状态可以被市民接受。深圳市的蔬菜安全风险是低的。

表 4.11 深圳市蔬菜农药残留安全指数

农药种类	IFS						\overline{IFS}
	毒死蜱	氧乐果	氟虫腈	啉虫脒	多菌灵	克百威	
9~11 月	2.4848	0.1621	0.4723	0.2109	0.2000	0.1373	0.6112
12~2 月	1.8185	0.0285	0.5554	0.1956	0.0991	0.08247	0.4633

农药种类	IFS						\overline{IFS}
	甲基异柳磷	联苯菊酯	敌敌畏	溴氰菊酯	甲拌磷	甲胺磷	
9~11月	0.1133	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0189
12~2月	1.2000	0.4843	1.4560	0.6267	0.4900	0.0000	0.7095

5. 蔬菜安全结果分析

通过对附件的整理和安全指数模型的建立，求出了各类蔬菜的合格率和各种农药的安全指数，基于此对深圳市蔬菜风险做出评估结论。

深圳市蔬菜消费类型是属于输入型的，输入渠道复杂且难以高效的对各种渠道进行安全监督管理，在研究农药残留抽检报告时，总结发现深圳市蔬菜残留在不同的季节月份有所不同。蔬菜中农药残留的合格率也是在每个月每类蔬菜上体现差别，豆类的合格率明显低于其他七类蔬菜，蔬菜的农药残留水平和蔬菜的合格率并没有严格的关系。

从安全指数的计算分析结果来看，在主要研究的6个月中蔬菜的安全指数都小于1，蔬菜的安全风险是极低或者没有。从农药污染来看，毒死蜱，甲基异柳磷，敌敌畏在深圳市蔬菜安全风险影响中占比最多，也是主要影响因素。

从蔬菜食品安全风险综合评价来看，各类蔬菜受农药污染的程度各不相同。对八类蔬菜农残合格率进行排序：鳞茎类、水生类、根茎类>瓜类>茄果类>芸苔属类>叶菜类>豆类，这种规律可能与各类蔬菜受到的不同病虫害的影响大小不同，生产基地施用的农药差异有关。

4.3.2 蔬菜安全风险综合评估模型^[16]

因为附件中只对蔬菜中的农药残留进行了抽检而没有对其他影响蔬菜食品安全的因素进行检测，所以我们结合附件中的抽检计划和实际情况又将生物病毒污染，重金属含量，非法添加剂对蔬菜食品安全风险纳入分析范围，并将蔬菜产地，蔬菜加工，蔬菜流通过程也纳入分析范围。运用层次分析法建立层次结构模型，对深圳市的蔬菜安全进行综合评估。

1. 建立递阶层次结构

对于这个问题，我们采用层次分析法进行分析，在蔬菜生产、加工、运输、存储等各个环节都会对蔬菜的安全造成不同程度的影响。同时，根据近两年全国的蔬菜及其制品不合格情况来看，农药残留、生物毒素、微生物污染重金属污染、非法添加剂以及超标的食品添加剂等等都在蔬菜中被频频检出，对蔬菜构成安全威胁的因素不绝如缕。现在只考虑深圳市新鲜蔬菜在生产、加工、流通环节所可能出现的安全风险情况。通过对农药残留、生物污染、重金属污染和非法及超标食品添加剂的分析，可以推断出深圳市蔬菜安全风险的来源。将这些因素条理化，层次化，建立起深圳市蔬菜安全风险综合评

估的递阶层次结构图，如下图 4.10 所示，其中 S1、S2、S3 分别为风险等级低、中、高。

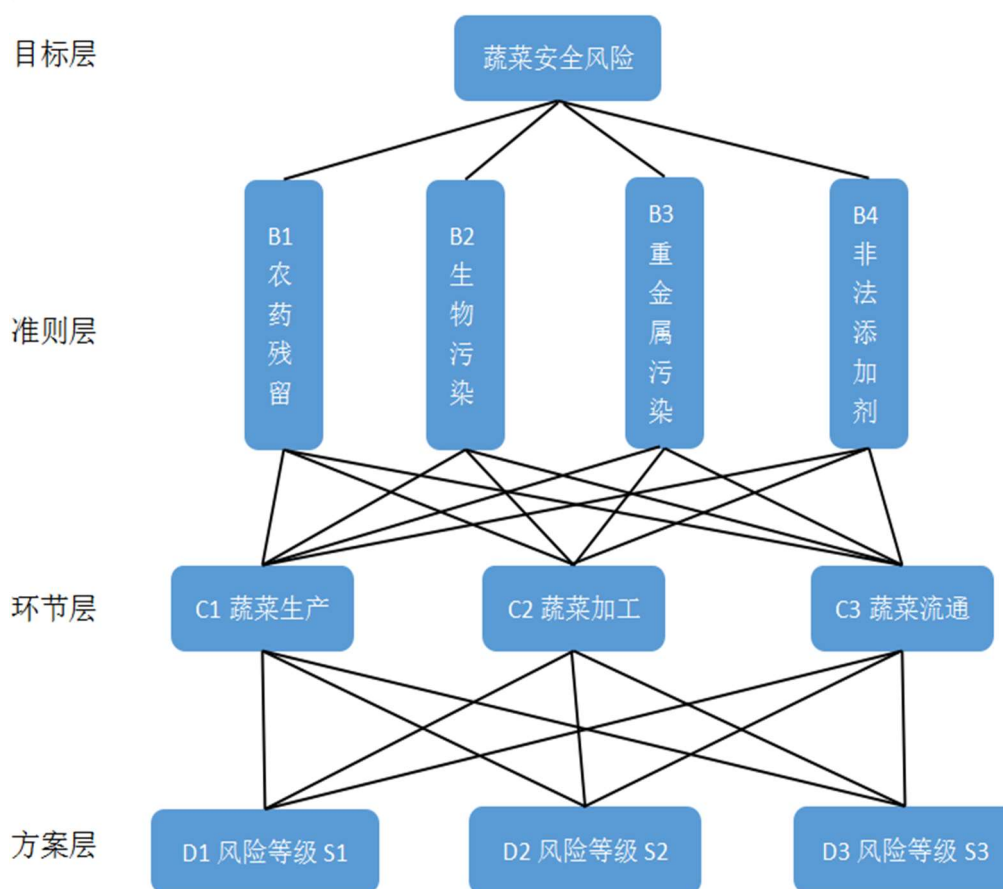


图 4.12 蔬菜安全风险评估层次结构图

2. 构造判断矩阵

首先分析准则层对目标层的影响，可以通过两两比较构造判断矩阵。通过对附件三里近两年全国蔬菜及其制品的抽检数据的分析整理，分离提取出全国近两年不合格新鲜蔬菜的数据，统计得到准则层农药残留、生物污染、重金属污染、非法及超标食品添加剂的真实权重，即为

$$\bar{\omega} = (46 \quad 1 \quad 8 \quad 18)^T$$

通过对其两两比较得到准则层相对于目标层的判断矩阵：

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 46 & \frac{46}{8} & \frac{46}{18} \\ \frac{1}{46} & 1 & \frac{1}{8} & \frac{1}{18} \\ \frac{46}{8} & 8 & 1 & \frac{8}{18} \\ \frac{46}{18} & 18 & \frac{18}{8} & 1 \end{bmatrix}$$

显然，矩阵 A 是具有一致性的正互反矩阵，其最大特征值为 $\lambda_{\max}=4$ ，其对应的特征向量即为准则层各元素的权重，进行归一化处理得：

$$\omega^2 = [0.6302 \quad 0.0137 \quad 0.1096 \quad 0.2465]^T$$

具体数据如下表所示：

表 4.12 准则层风险权重

风险项	B1	B2	B3	B4
权重(W)	46	1	8	18

表 4.13 准则层风险判断矩阵

风险评估 A	农药残留	生物污染	重金属污染	非法添加剂
农药残留	1	46	46/8	46/18
生物污染	1/46	1	1/8	1/18
重金属	8/46	8	1	8/18
非法添加	18/46	18	18/8	1

其次，考虑环节层对准则层的影响。T.L.Saaty 引用了数字 1~9 及其倒数作为标度（如表 4.14 所示）。

表 4.14 判断矩阵尺度及其含义

尺度	含义
1	表示两个因素相比，具有相同的重要性
3	表示两个因素相比，一个因素比另一个因素稍微重要
5	表示两个因素相比，一个因素比另一个因素明显重要
7	表示两个因素相比，一个因素比另一个因素强烈重要
9	表示两个因素相比，一个因素比另一个因素极端重要
2, 4, 6, 8	上述两相邻判断的中值
1, 1/2, ..., 1/9	因素交换次序比较的重要性

由于农药残留、生物污染、重金属污染和非法及超标食品添加剂这些因素的权重难以直接量化，因此根据 T.L.Saaty 的 1 至 9 判断尺度，通过两两比较第三层相对于第二层的重要性程度，获得第三层元素相对于第二层单个准则的判断矩阵。

表 4.15 第三层元素相对于第二层四个准则的判断矩阵表

B1	C1	C2	C3	B2	C1	C2	C3
C1	1	9	9	C1	1	1/2	1/2
C2	1/9	1	1	C2	2	1	1
C3	1/9	1	1	C3	2	1	1
B3	C1	C2	C3	B4	C1	C2	C3
C1	1	5	6	C1	1	1/7	1/5
C2	1/7	1	5/6	C2	7	1	7/5
C3	1/6	6/5	1	C3	5	5/7	1

下面依次给出通过两两比较得出环节层相对于准则层单个元素的判断矩阵：

$$B_1 = \begin{bmatrix} 1 & 9 & 9 \\ 1/9 & 1 & 1 \\ 1/9 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad B_2 = \begin{bmatrix} 1 & 1/2 & 1/2 \\ 2 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad B_3 = \begin{bmatrix} 1 & 5 & 6 \\ 1/6 & 1 & 5/6 \\ 1/6 & 6/5 & 1 \end{bmatrix} \quad B_4 = \begin{bmatrix} 1 & 1/7 & 1/5 \\ 7 & 1 & 7/5 \\ 5 & 5/7 & 1 \end{bmatrix}$$

3. 计算单准则下权重并检验一致性

利用 MATLAB 程序语言计算矩阵 B_1 、 B_2 、 B_3 、 B_4 的最大特征根，及其对应的特征向量（MATLAB 程序见附录二）。

其中，矩阵 B_3 最大的特征根 $\lambda_{\max} = 3.0148$ ，对其对应的特征向量做归一化处理，得到 $\omega_3^2 = [0.7324 \quad 0.1298 \quad 0.1378]^T$ 。根据一致性判断定理：n 阶正互反矩阵的模最大的特征根 $\lambda_{\max} \geq n$ ， $\lambda_{\max} = n$ 时矩阵具有一致性。故此判断矩阵不具备一致性，需对其作一致性检验。采用 T. L. Satty 一致程度量化指标 $CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$ ，另外还有平均随机一致性指标 RI（见表 4.16）。

表 4.16 随机一致性指标 RI

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

矩阵 B_3 的一致性指标为

$$CI = \frac{3.0148 - 3}{3 - 1} = 0.0074$$

对应的平均随机一致性指标 $RI = 0.58$ ，于是一致性比例 $CR = 0.0128 < 1$ ，因此一致性可以接受。

其余 C_1 、 C_2 、 C_3 相对于上层准则 B_1 、 B_2 、 B_4 的权重向量：

$$\omega_1^2 = [0.8182 \quad 0.0909 \quad 0.0909]^T$$

$$\omega_2^2 = [0.2000 \quad 0.4000 \quad 0.4000]^T$$

$$\omega_4^2 = [0.0770 \quad 0.5384 \quad 0.3846]^T$$

由第三层的成对比较矩阵计算出权重向量 ω_k^2 ，最大特征根 λ_k 和一致性检验指标 CI_k ，结果列入表 4.17.

表 4.17 第三层计算结果

k	1	2	3	4
ω_k^2	0.8182	0.2000	0.7324	0.0770
	0.0909	0.4000	0.1298	0.5438
	0.0909	0.4000	0.1378	0.3846
λ_k	3.0000	3.0000	3.0148	3.0000
CI_k	0	0	0.0074	0
CR_k	0	0	0.0128	0

将 C_1 、 C_2 、 C_3 相对于准则层的元素 B_1 、 B_2 、 B_3 、 B_4 的权重向量按顺序排列成如下矩阵：

$$W^3 = \begin{bmatrix} \omega_1^2 & \omega_2^2 & \omega_3^2 & \omega_4^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.8182 & 0.2000 & 0.7324 & 0.0770 \\ 0.0909 & 0.4000 & 0.1298 & 0.5384 \\ 0.0909 & 0.4000 & 0.1378 & 0.3846 \end{bmatrix}$$

于是第三层相对于总目标的组合权重为：

$$\omega^3 = W^3 \omega^2 = \begin{bmatrix} 0.6176 \\ 0.2110 \\ 0.1727 \end{bmatrix}$$

对其作组合一致性检验：

$$CI^3 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0.0074 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.6302 \\ 0.0137 \\ 0.1096 \\ 0.2465 \end{bmatrix} = 0.0008$$

$$RI^3 = \begin{bmatrix} 0.58 & 0.58 & 0.58 & 0.58 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.6302 \\ 0.0137 \\ 0.1096 \\ 0.2465 \end{bmatrix} = 0.0014$$

$$CR^3 = \frac{CI^3}{RI^3} = 0.0014$$

所以，第三层组合一致性比率满足一致性检验条件，可以作为最终决策的依据。

4. 计算组合权重并作组合一致性检验

同样,通过两两比较,得到第四层(方案层)各个元素相对于第三层的判断矩阵:

$$D_1 = \begin{bmatrix} 1 & 1/3 & 1/5 \\ 3 & 1 & 1/4 \\ 5 & 4 & 1 \end{bmatrix} \quad D_2 = \begin{bmatrix} 1 & 1/2 & 1/4 \\ 2 & 1 & 1/3 \\ 4 & 3 & 1 \end{bmatrix} \quad D_3 = \begin{bmatrix} 1 & 1/2 & 1/3 \\ 2 & 1 & 1/4 \\ 3 & 4 & 1 \end{bmatrix}$$

由第四层的成对比较矩阵计算出权重向量 ω_k^3 , 最大特征根 λ_k 和一致性检验指标 CI_k , 结果列入表 4.18.

表 4.18 第四层计算结果

k	1	2	3
ω_k^2	0.1007	0.1365	0.1515
	0.2255	0.2385	0.2184
	0.6738	0.6250	0.6301
λ_k	3.0858	3.0183	3.1078
CI_k	0.0429	0.0092	0.0539
CR_k	0.0740	0.0164	0.0929

将第四层 D_1 、 D_2 、 D_3 相对于第三层的元素 C_1 、 C_2 、 C_3 的权重向量按顺序排列成如下矩阵:

$$W^4 = \begin{bmatrix} 0.1007 & 0.1365 & 0.1515 \\ 0.2255 & 0.2385 & 0.2184 \\ 0.6738 & 0.6250 & 0.6301 \end{bmatrix}$$

于是第四层(方案层)相对于总目标的组合权重为:

$$\omega^4 = W^4 \omega^3 = \begin{bmatrix} 0.1172 \\ 0.2273 \\ 0.6569 \end{bmatrix}$$

对其作一致性检验：

$$CI^4 = \begin{bmatrix} 0.0429 & 0.0092 & 0.0539 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.1172 \\ 0.2273 \\ 0.6569 \end{bmatrix} = 0.0425$$

$$RI^4 = \begin{bmatrix} 0.58 & 0.58 & 0.58 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.1172 \\ 0.2273 \\ 0.6569 \end{bmatrix} = 0.5808$$

$$CR^4 = \frac{CI^4}{RI^4} = 0.073$$

由于 $0.073 < 0.1$ ，所以第四层（方案层）相对于第一层（目标层）的组合一致性比率满足一致性检验的条件。从而，蔬菜有 11.72% 的概率属于低风险，22.73% 的概率属于一般风险，65.69% 的概率属于高风险。于是，在考虑蔬菜诸多输入渠道和可能的安全影响因素后，综合评估得知深圳市蔬菜安全风险等级高。

五、模型的评价

5.1 问题一模型的评价

我们充分利用了深圳市市场与质量监督管理委员会网站的有关数据，大致推测出深圳市各季节新鲜蔬菜消费种类以及不同蔬菜种类所占比例，以及批发市场、农贸市场、超市及零售店占常规渠道的输入比例。我们选取了一年的数据进行统计分析，时间长度是足够的。但是收集到的数据量不够大，无法全面，客观地反映深圳市蔬菜情况。由于时间有限，我们没有收集到网络购物、流动摊贩和点对点直接配送这些非常规输入渠道所占比例，而将它们统一归为非常规渠道，直接得出非常规输入渠道的比例。我们将在日后继续收集数据，继续完善深圳市各季节新鲜蔬菜消费种类及不同输入渠道的比例。

5.2 问题二模型的评价

问题二我们运用模糊数学模型，对于各因素权重的确定问题，我们由第一问得出的各输入渠道所占比例，作为各渠道的权重。由于在第一问中，我们就未得到网络购物、流动摊贩和点对点直接配送这些渠道所占比例。因此对于因素权重问题考虑不充分。通过市场调研，得出了各渠道的模糊评价，主观因素较强。对于模糊矩阵的确定，若在补充定量分析的数据，会更加实际客观。本题模型的亮点在于构建两个模糊矩阵，一是综合所有渠道的模糊矩阵，二是忽略其他输入渠道，只考虑常规渠道的模糊矩阵。这样不

仅能够得出非常规渠道的食品安全风险，也能与常规渠道的食品安全风险进行比较分析。

5.3 问题三模型的评价

首先食品安全指数 *IFS* 对深圳市新鲜蔬菜的安全风险进行了评估。由于蔬菜质量安全的影响因素是多方面的，不仅仅与农药残留有关，还与众多其他因素有关。因此我们运用层次分析法建立了四层次结构图，力求做到多角度，全方面地分析出新鲜蔬菜的食品安全风险。尽管分层模型考虑的因素较为全面，但是定量分析少，定性分析成分多，主观性较强。

我们构建的模型是假设影响蔬菜质量安全的因素只有四种，而现实情况却是很复杂的，这时我们要确定的相互作用关系就会非常多，指标也会相应增加，这就意味着我们需要对许多指标进行两两比较，真正要构造出判断矩阵层次会更深，数量会更多，规模会更大。如此情况，判断矩阵极易出现偏差，并会对层次的单排序和总排序的一致性产生一定的影响，使一致性检验不能通过。我们设想在今后建立更加完善分层模型，对各个指标进行更加客观的比较，综合得出蔬菜食品安全风险。

六、抽样检验方案的设计

6.1 抽样检验方案的分析

6.1.1 抽样数据分析与抽样方案改进

1. 抽样数据分析

我们通过分析深圳市市场和监督管理委员会官网上公布的 2016 年 1 月至 2017 年 5 月的蔬菜抽检报告，发现了以下四个问题。

现状一：统计了 2016 年深圳市所属各区的蔬菜抽样检测合格率，具体见表 6.1，并由此绘制了折线图，如图 6.1。

表 6.1 2016 年深圳市各区蔬菜抽检合格率（注：单位%）

时间	宝安区	光明新区	龙岗区	福田区	罗湖区	龙华新区	盐田区	大鹏新区	坪山区	南山区
2016年1月	100	100	98	97.9	95.8	95.8	95.8	85.8	94.1	93.8
2016年2月	98.3	100	97	97.9	93.8	93.8	88.9	91.7	97.1	91.7
2016年3月	94.4	88.2	91	93.8	100	97.7	91.7	91.7	94.1	96.2
2016年4月	97.2	97.1	99	95.8	100	97.9	95.8	95.8	100	100
2016年5月	97.2	100	100	93.8	93.8	97.9	100	96	90.9	97.9
2016年6月	100	97.1	97	93.8	97.9	100	100	100	94.1	100
2016年7月	98.6	97.1	100	97.9	97.9	97.9	100	100	97.1	100
2016年8月	95.8	97.1	99	97.9	100	95.8	91.7	100	97.1	100
2016年9月	97.2	97.1	100	100	95.8	97.9	95.8	95.8	100	100
2016年10月	98.6	97.1	98	89.6	95.8	100	91.7	95.8	100	91.7
2016年11月	98.6	97.1	97	95.8	97.9	97.9	91.7	100	91.2	97.9
2016年12月	98.6	100	99	97.9	95.8	97.9	91.7	95.8	94.1	97.9
合计	97.875	97.325	97.917	96.008	97.042	97.542	94.567	95.7	95.817	97.258

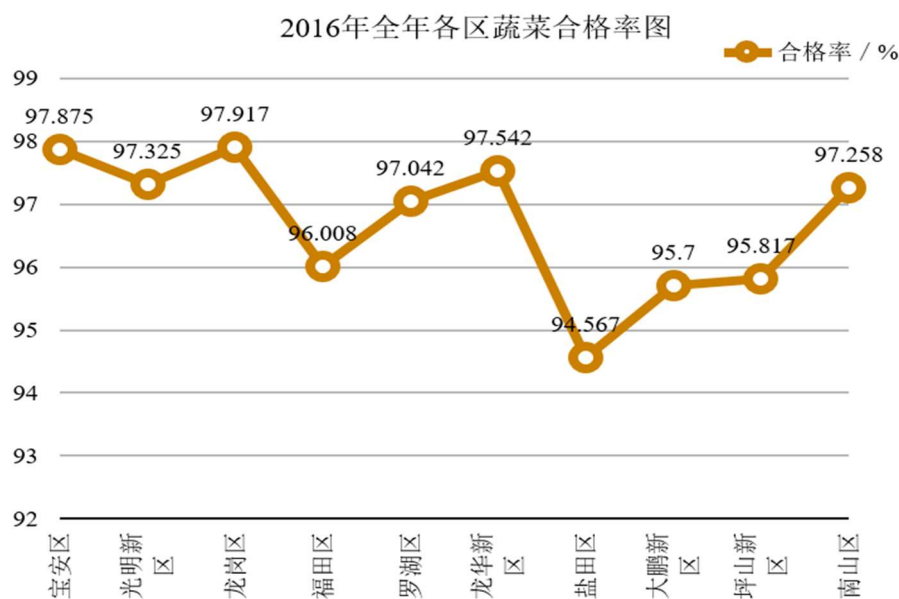


图 6.1 深圳市 2016 年全年各区蔬菜合格率

由图 6.1 可见，在深圳市 2016 年全年的蔬菜抽检中，盐田区的蔬菜合格率最低，福田区、大鹏新区和坪山新区的蔬菜合格率偏低。

现状二：为了了解深圳市各月与全年的蔬菜安全情况，并且较为客观地分析，我们选取了 2016 年 1 月、4 月、7 月、10 月各蔬菜销售场所的抽样检测合格率及抽样量进行统计，与全年的合格率及抽样量，绘制如图 6.2 至图 6.6.

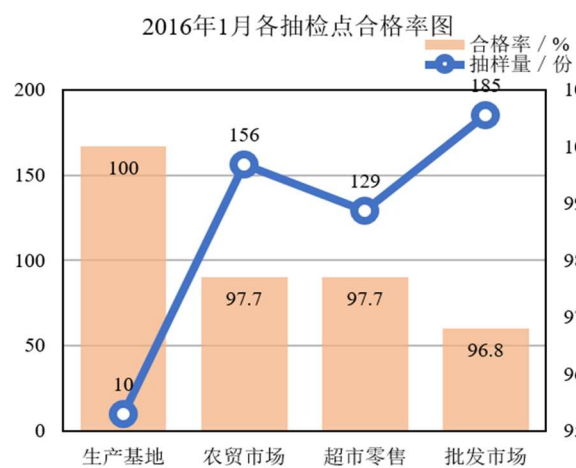


图 6.2 2016 年 1 月各抽检点合格率

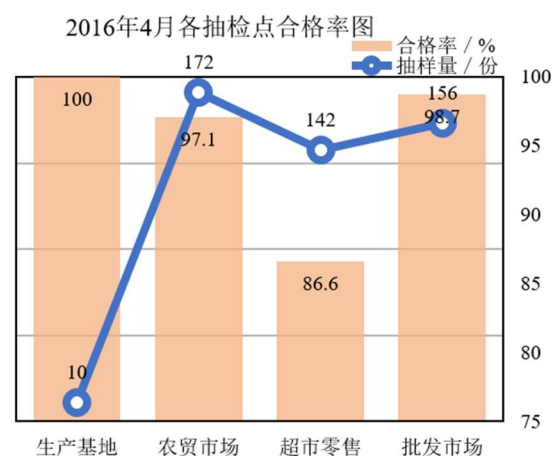


图 6.3 2016 年 4 月各抽检点合格率



图 6.4 2016 年 7 月各抽检点合格率

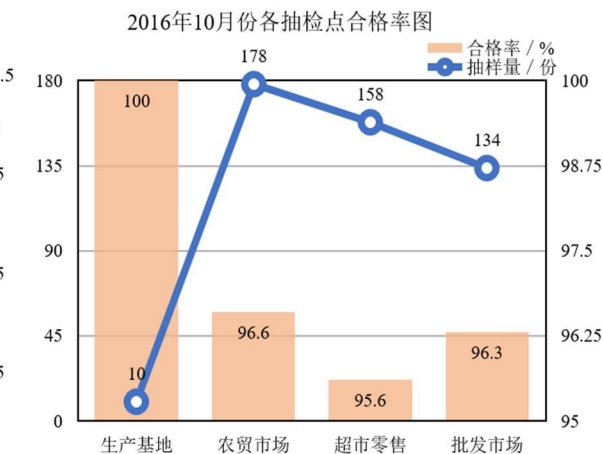


图 6.5 2016 年 10 月各抽检点合格率



图 6.6 2016 年全年各抽检点合格率

从 2016 年 1 月、4 月、7 月、10 月各蔬菜销售场所的抽检合格率和抽样量混合图中（如图 6.2 至图 6.5），我们观察到各蔬菜抽样场所的合格率并无太大变化，超市零售只在 4 月合格率明显低于其他三个月，生产基地的合格率一直最高，达到 100%，农贸市场和批发市场几乎无变化；各场所的抽样量在各月也并无显著变化，生产基地一直最低，农贸市场和批发市场偏高。

为更加客观总体地分析各抽样地点的抽样量和合格率，我们把 2016 年全年各抽检点的抽样量与合格率与 1 月、4 月、7 月、10 月的进行对比，我们很容易发现 2016 年全年的抽样量与合格率与各月份基本一致，因此我们易知 2016 年各月份蔬菜安全情况无太大波动，基本相似，且全年蔬菜各地点的合格率均在 95% 以上，从大到小依次为生产基地、批发市场、超市零售、农贸市场。

现状三：我们统计出深圳市 2016 年 1 月，4 月，7 月，10 月以及全年深圳市各类蔬菜的抽检监测合格率，具体如图 6.7 至图 6.11 所示。

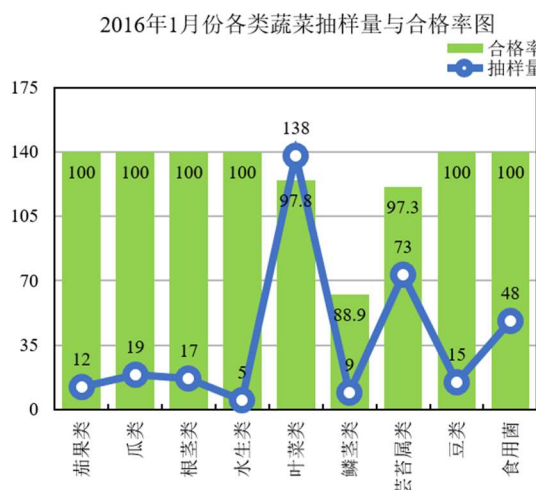


图 6.7 2016 年 1 月各类蔬菜抽检合格率



图 6.8 2016 年 4 月各类蔬菜抽检合格率

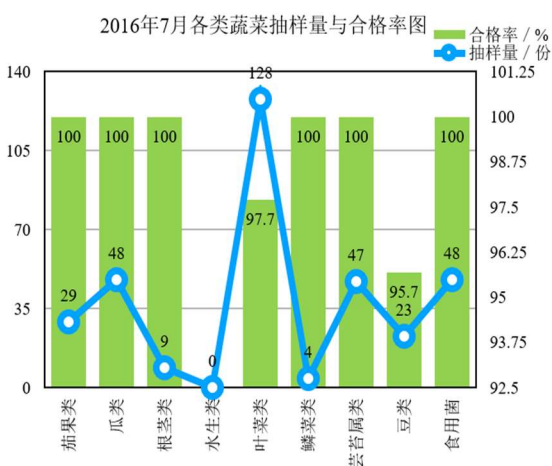


图 6.9 2016 年 7 月各类蔬菜抽检合格率

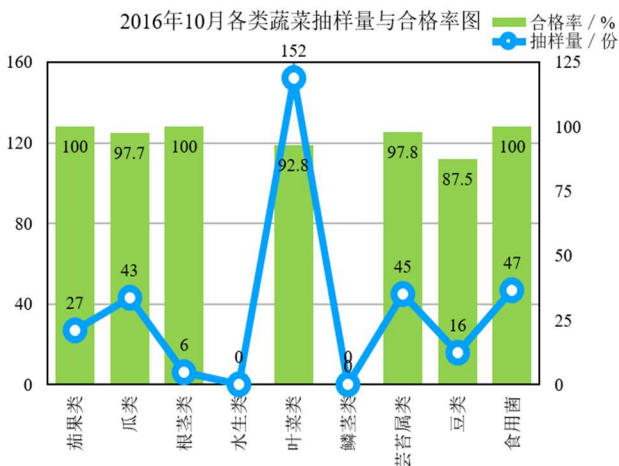


图 6.10 2016 年 10 月各类蔬菜抽检合格率

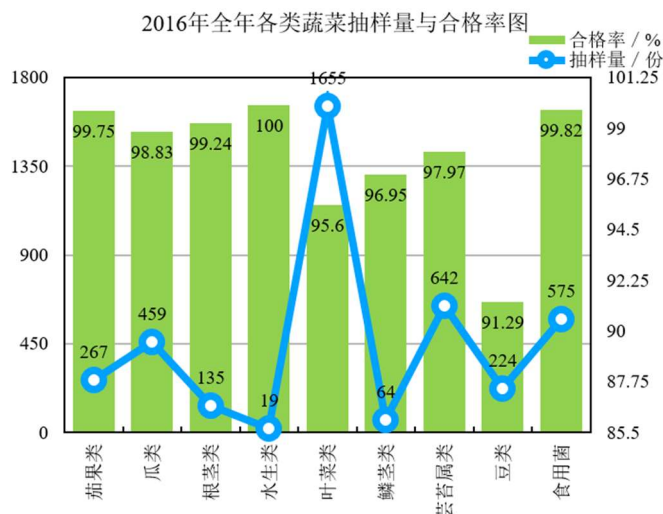


图 6.11 2016 年全年各类蔬菜抽检合格率

由图 6.7 至图 6.10 可见，这四个月在蔬菜抽样量上无太大变化，各类蔬菜的合格率没有太大变化。但是根茎类、鳞茎类和水生类，这三类蔬菜的合格率有很大的波动。在

2016 年的蔬菜抽样结果中（如图 6.11），各类蔬菜的抽样量与各月份也基本吻合，且豆类蔬菜合格率最低，叶菜类次之，其他各类蔬菜合格率较高。

现状四：根据 2017 年 1 月至 5 月深圳市蔬菜抽样检验结果，绘制出了 2017 年 1-5 月份深圳市蔬菜农药残留物检出频率，如图 6.12 所示。

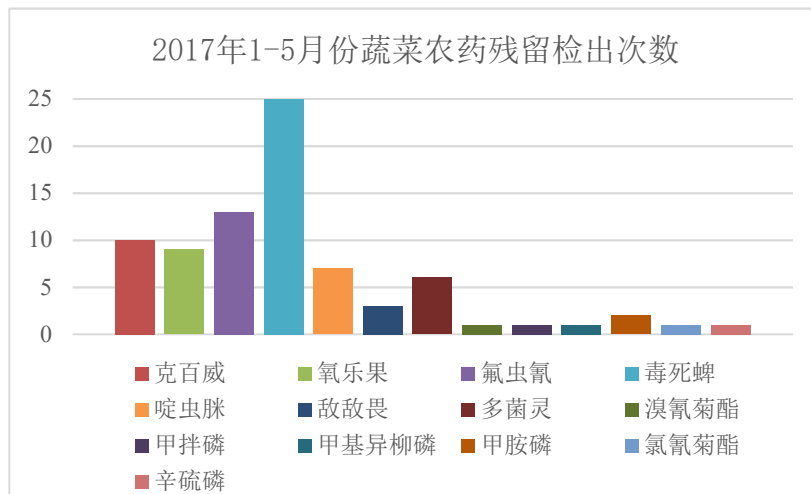


图 6.13 2017 年 1-5 月份蔬菜农药残留检出次数

从图 6.12 中可以看出，毒死蜱、氟虫氰、克百威和氧乐果被检出的次数较多，尤其是毒死蜱。其他类农药的检出次数大体正常。

2. 抽样方案改进

（一）抽样检测数据分析结果

通过对深圳市蔬菜抽样检测数据的分析，我们发现了以下四个问题，对此进行分析并提出了改进措施。

现状 1：2016 年全年深圳市盐田区、大鹏新区和坪山区的蔬菜合格率低于其他区的蔬菜合格率。

分析：造成这三个区合格率低的原因有：（1）蔬菜质量本身存在问题；（2）蔬菜交易市场管理水平偏低。

措施：

（1）及时向各区主管部门反馈各区的蔬菜检测结果并要求加强监督管理。

（2）督促这三个区加强对蔬菜安全的重视，找出蔬菜风险的重灾区，打击、处罚销售不合格蔬菜的从业者。

现状 2：将 2016 年全年及 2017 年 1~5 月各抽样点的抽样量、合格率绘制成折线图、柱状图，明显看出农贸市场和超市零售店的蔬菜合格率低于生产基地和批发市场。

分析：农贸市场、超市零售店的蔬菜大部分来自于大型的批发市场（例如：深圳海吉星批发市场），但批发市场的合格率确高于农贸市场、超市零售店。我们认为原因有：

（1）由于不能明确把握各类蔬菜市场的市场需求，导致农批市场的从业者、超市零售店主盲目的运进蔬菜。蔬菜滞销，蔬菜的积累，加快了蔬菜的腐败。从业者会低价

销售滞销蔬菜而不会丢弃，导致农贸市场、超市零售店的蔬菜合格率。

(2) 农贸市场、超市零售店的蔬菜食品安全管理水平低，不能及时发现有销售不合格蔬菜的行为。间接的导致了农贸市场、超市零售店的蔬菜合格率低。

措施：

(1) 建立一个有效连接“生产基地—流通企业—蔬菜市场”的信息网络，农贸市场、超市零售的从业者可以根据以往的蔬菜消费量合理的估计市场需求，可以降低蔬菜的滞销，不仅提高了农贸市场、超市零售的合格率，还提高了深圳市的蔬菜合格率。

(2) 由政府主导建立新型农贸市场（带有冷库），改善蔬菜滞销下的蔬菜储存环境。一步步地结束蔬菜随地堆放，强制每个农贸市场聘请环境保洁员保证每个农贸市场都有整洁的工作环境，解决农贸市场脏乱差的现状。

(3) 加强蔬菜交易市场的管理，对市场的管理者要进行必要的蔬菜安全培训。

现状 3:对比 2016 年全年和 2017 年 1~5 月各类蔬菜的合格率，我们发现豆类、叶菜类蔬菜的合格率低于其他几类蔬菜。

分析：对于叶菜类，由于叶菜较易受病虫害影响，且农药直接喷洒在菜叶表面，表面积大，农药吸收较快。再加上叶菜生长期较短，用药与上市难以达到安全间隔期，使农药来不及挥发便上市，最终导致农药残留较多。对于豆类，由于豆类蔬菜营养丰富，虫害发生的情况相对会多，导致农药残留情况的增加。

措施：减少生产基地对这两类蔬菜的农药使用量。

现状 4:绘制 2017 年 1~5 月的农药残留检出柱状图，发现毒死蜱、氟虫氰、克百威和氧乐果被检出的次数较多。

分析：造成这种现象的原因有：(1) 这几种农药的使用量远高于其他农药；(2) 这几种农药难降解。

措施：

(1) 在实际操作中向农业部门反馈检测结果并管控这几种农药的使用；

(2) 应加大科技投入，研制开发高效、低毒、低残留农药替代目前使用的农药，以减少农药使用的潜在风险。

(二) 抽样检验方案设计建议

结合抽样数据分析反映的四个现状，根据我们对这四个现状的分析和提出的整改具体措施。我们在抽样检验方案设计时提出以下建议：

(1) 建立“抽检—反馈—抽检”的蔬菜食品安全的抽样检验体系；

(2) 每期抽检过后对合格率低的小区，下期抽检要加大抽样量；

(3) 每期抽检过后对合格率低的小区，下期抽检要加大抽样量。具体到那个蔬菜交易市场，那个从业者；

(4) 在抽样过程中对风险高的豆类、叶菜类适当地增加抽样量，特别是农贸市场、超市零售店的豆类和叶菜类，以使抽样监测结果更全面的反映蔬菜总体安全水平；

(5) 加强农药检验的同时，对生物污染、重金属残留和非法添加剂的检验也要重视。

6.1.2 总体分析

通过对附件《2017 年深圳市食用农产品质量安全监测抽检方案》、《深圳市 1-3 月食用农产品抽检计划》的仔细研究，发现深圳市对蔬菜的抽检项目比较单一，无法全面、可靠的评估蔬菜安全程度难以符合现在的食品安全形势。其中深圳市在 2017 年 1-3 月份的抽检计划中只对农药残留进行了详细的检测并未对生物污染、重金属残留、非法添加剂等项目进行详细的检测。为了满足不同层面监测工作的需要，提高深圳市食品安全防控的效率与质量，在仔细分析了各个因素结合市级、区级、抽检单位三级质检，我们共设计了两套深圳市新鲜蔬菜抽样检验方案。

方案一是基于深圳市现有的监督管理条件下，在原有的财政预算上增加 30%-50%，并确定了深圳市新鲜蔬菜抽样设计方法和蔬菜污染物监测方法。适用于深圳市所有的蔬菜交易市场和销售蔬菜的超市、零售店和蔬菜产地、蔬菜加工厂的样本抽取及实验室试样的制备。**方案二**则需进一步增加监督管理力度，在原有的财政预算上增加 50%-70%，并在方案一的基础上，降低了方案一的抽样误差，提高了方案一的统计推断精度，使得方案二能更好的反映深圳市蔬菜安全的总体特征。

我们利用统计推断原理、样本容量计算公式、L.Kish 提出的抽样设计理论、费用函数、样本轮换理论、效应理论等统计学原理，结合深圳市蔬菜存在的实际情况，确定了具体的抽样方法和抽样细节，从而设计了抽样方案。我们阅读了蔬菜检测方面的文献，咨询了食品安全方面的专家，并严格遵守国家食品安全的相应法律法规，设计了检测方案。从蔬菜抽样到蔬菜检测制定了严格的操作流程，尽可能保证蔬菜安全，降低蔬菜安全风险。对于抽检工作，各部门和单位的分工如图 6.13 所示。

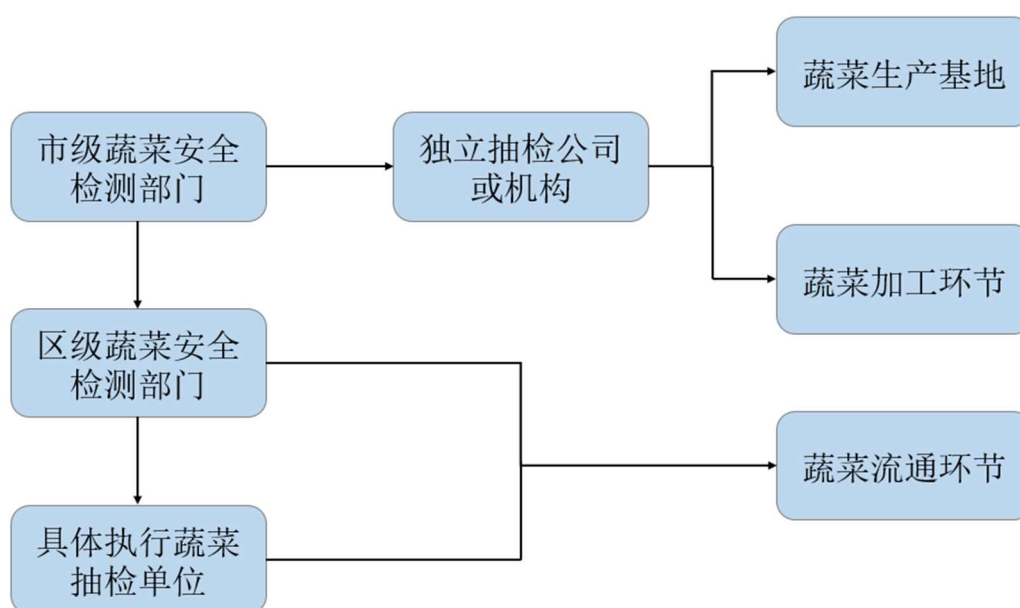


图 6.13 市、区、抽检单位关系图

市级蔬菜安全检测部门将蔬菜生产基地和蔬菜加工环节的抽检工作交给独立的抽检公司和机构，并将蔬菜流通环节的抽检工作交由区级检测部门和具体执行蔬菜抽检单位。

6.1.3 抽样方案目录

方案二是方案一的改进与补充，适用于深圳市不同的人力财力等资源下，有很多相似的部分也有很多不同，为了方便理解和阅读，我们特地增加了方案一、二的目录。

6.2 抽样检验方案设计（方案一）

- 6.2.1 抽检方案假设
- 6.2.2 抽样方法的确定
- 6.2.3 抽样方法分析
- 6.2.4 样本容量的确定
- 6.2.5 蔬菜抽样层次的确定
- 6.2.6 抽样具体措施
 - 1. 抽样对象
 - 2. 各环节抽样措施
 - (1) 蔬菜生产基地
 - (2) 蔬菜流通环节（一）
 - (3) 蔬菜流通环节（二）
 - (4) 蔬菜加工环节
 - 3. 抽样时间安排
 - 4. 填写抽样单
 - 5. 抽样完成后的工作
- 6.2.7 蔬菜质量安全检验方案
 - 1. 问题假设
 - 2. 检测前的工作
 - 3. 蔬菜污染物的分类
 - 4. 蔬菜安全监测的项目
 - 5. 蔬菜各项检测标准
 - 6. 污染物的检测流程
 - 7. 检测原始记录的审核
 - 8. 检测结果的汇总

6.3 抽样检测方案设计（方案二）

- 6.3.1 方案假设
- 6.3.2 抽样方法的确定
- 6.3.3 抽样方法分析
- 6.3.4 样本容量的确定
- 6.3.5 抽样蔬菜样本层次的确定
- 6.3.6 抽样具体措施
 - 1. 抽样对象
 - 2. 各环节抽样措施
 - (1) 蔬菜生产基地
 - (2) 蔬菜流通环节（一）
 - (3) 蔬菜流通环节（二）
 - (4) 蔬菜加工环节
 - 3. 抽样时间安排
 - 4. 填写抽样单
 - 5. 抽样完成后的工作
- 6.3.7 蔬菜质量安全检验方案
 - 1. 问题假设
 - 2. 检测前的工作
 - 3. 蔬菜污染物的分类、检测流程及标准依据
 - 4. 检测原始记录的审核
 - 5. 检测结果的汇总

6.2 抽样检验方案设计（方案一）

6.2.1 抽检方案假设

本抽样方案确定了深圳市新鲜蔬菜抽样设计方法和蔬菜污染物检测方法。本方案适用于深圳市所有的蔬菜交易市场和销售蔬菜的超市、零售店和向深圳市输送新鲜蔬菜的蔬菜产地、蔬菜加工厂的样本抽取及实验室试样的制备。

根据 L.Kish 于 1965 年提出的良好的抽样方案设计的四个标准^[17]，即方向性和目的性；可测量性；实用性（切实可行）；经济性（不浪费多余的人力、物力、财力）。假定：

- a. 适量增加的抽检单位和抽检人员的数量；
- b. 蔬菜安全检测方面的财政预算在原有的基础上增加 30%-50%；
- c. 抽检蔬菜种类保持目前抽检种类不变。

6.2.2 抽样方法的确定

在阅读了大量有关抽样方案和方法的理论书籍与论文后，针对深圳市目前的蔬菜安全情况，结合蔬菜安全风险评估报告。由统计推断原理，为了使抽样样本更有效地表示总体的特征，一般有两种方法。一、使样本总体尽可能地均匀；二、采取合适的抽样方法确保抽样的“代表性”，可有效地提高统计推断的可靠性和正确性。通过以上两种方法可以提高统计推断的精确度，进而使得用样本特征推断总体的可信度更高。

选取 L.Kish 提出的抽样设计效应理论^[18]和费用函数作为选取分层随机抽样、简单随机抽样为主抽样方法的主要依据。

1. 抽样设计效应理论

设计效应 $deff$ 公式：

$$deff = \frac{V(\hat{\theta})}{V_{ars}(\hat{\theta})}$$

其中， $V(\hat{\theta})$ ：特定的抽样设计估计量方差， $V_{ars}(\hat{\theta})$ ：相同样本量下（不放回）简单随机抽样估计量方差

表 6.1 设计效应 $deff$ 值分析解释

$deff$ 值分析	解释
$deff > 1$	所考虑的抽样设计效率不如简单随机抽样
$deff < 1$	所考虑的抽样设计效率比简单随机抽样高

备注：设计效应值越大，说明复杂抽样设计误差大、精度低、效率低。

综合对分层随机抽样的效应、整群抽样的设计的效应、二阶抽样的设计效应的计算

比较，在抽取相等数量的单元的前提下，各抽样方法效率高低为：分层随机抽样>简单随机抽样>整群抽样>二阶抽样。

因此，若只从设计效应角度考虑，则应选取分层随机抽样作为主要的抽样方法。另一方面，也可从费用函数方面分层抽样方法的选取。

2. 费用函数

费用函数是用来测定抽样费用大小的线性模型，考虑到良好的抽检设计的四个标准，费用过高会使得抽样方案的实用性大打折扣。

(1)简单随机抽样费用模型

$$C_T = C_0 + C_n$$

其中 C_T 为抽样调查的总费用； C_0 为样本量无关的固定费用； C 是平均调查的一个样本单元的费用； n 是抽取的样本量。

(2)分层随机抽样费用模型

$$C_T = C_0 + \sum_{h=1}^h C_h n_h$$

其中 C_h 为第 h 层抽取一个单元的平均费用； n_h 为 h 层的样本量。

(3)二重分层抽样费用模型

$$C_T = C_0 + C_1 n' + \sum_{h=1}^h C_{2h} n_h$$

其中 C_1 第一重抽样中平均每一个单元的调查费用； C_{2h} 表示第二层抽样中 h 层的平均每个单元的调查费用。

(4)整群抽样费用模型

$$C_T = C_0 + C_a \cdot a$$

其中 a 表示样本中的初级单元； C_a 表示每抽一个群的费用。

(5)二阶抽样费用模型

$$C_T = C_0 + C_1 n + C_2 n \cdot m$$

其中 C_1, C_2 分别为调查一个初级单元和次级单元的平均费用； n, m 分别一、二阶样本量。

综合抽样设计效应和费用函数来看，考虑设置合适的精度和费用才能达到符合统计推断原理的要求。故选取分层随机抽样和简单随机抽样作为主要的抽样方法。

6.2.3 抽样方法的分析

选取了分层随机抽样和简单随机抽样为主要抽样方法，又因为考虑到不同的抽样环境会用到整群抽样和系统抽样等方法。在此对选取的抽样方法进行分析^{[19][20]}：

(1) 选取的抽样方法和辅助抽样方法主要在组织形式的使用范围和抽样误差上有着区别。

(2) 在选取抽样方法要考虑的因素的分析：

- a. 对调查对象的了解程度；
- b. 调查对象自身的特征；
- c. 是否在可承受的经济范围内；

按照这三个因素，我们对深圳市蔬菜安全形式和蔬菜交易的特征、蔬菜流通输入的特征进行调查了解，也对蔬菜及其制品的特征进行了了解。显然，分层随机抽样和随机抽样方法适用于蔬菜的取样工作。

(3) 四种抽样方法的联系分析：

- a. 都是建立在对总体不同程度的了解及调查对象的特征基础之上；
- b. 都满足“随机性”原则；
- c. 满足“群体性”的原则；
- d. 各抽样方法的抽样误差的“可控性”原则；
- e. 要满“实用性”原则。

综合所有考虑到因素，我们选取了适合蔬菜抽样的抽样方法。

6.2.4 样本容量的确定

样本容量直接影响着抽样误差、调查费用和时间、调查员数量等因素，所以样本容量的确定关系着完成抽样工作后利用统计推断原理推断总体特征的精确度。

前面已经确定了分层随机抽样法和简单随机抽样法，此处引入在不重复抽样的前提下，其样本容量的计算公式。

(1) 不重复抽样时的样本容量

$$n = \frac{Nt^2\sigma^2}{N\Delta^2 + t^2\sigma^2} \text{ 或 } n = \frac{Nt^2p(1-p)}{N\Delta^2 + t^2p(1-p)}$$

其中 N 表示样本总数， n 表示样本容量， t 表示概率度 $Z_{\alpha/2}$ ， Δ^2 表示极限误差， σ^2 表示总体方差， $p(1-p)$ 表示成数方差。

(2) 各层的样本量

当样本容量确定以后，各层应抽取的样本数可按等比例法进行分配。公式如下：

$$n_i = \frac{nN_i}{N}$$

6.2.5 蔬菜抽样层次的确定

已知深圳市年蔬菜消费量（输入量）为 N 吨，根据不重复抽样样本容量计算公式可算出样本总容量为 n 吨。蔬菜分为鳞茎类、叶菜类、芸苔属类、瓜类、茄果类、豆类、根茎类和水生类。如表 6.2 所示。

表 6.2 深圳市各类蔬菜的消费比例

比例	鳞茎类	叶菜类	芸苔属类	瓜类	茄果类	豆类	根茎类	水生类
α_i	α_1	α_2	α_3	α_4	α_5	α_6	α_7	α_8

再依次确定各类的样本量 n_i ：

$$n_i = n\alpha_i (i=1,2,\dots,8)$$

在 4.1 中已经确定了深圳市各类蔬菜的消费比例 α_i ，根据样本量的公式可计算出各类蔬菜抽样量。

由图 6.1 统计得出深圳市 2016 年 1 月，4 月，7 月，10 月以及全年深圳市各类蔬菜的抽检监测合格率，我们得知豆类和叶菜类的合格率较低，应加大抽检量以更加全面客观地评估这两类蔬菜的总体安全情况。并且，对于根茎类、鳞茎类和水生类，这三类蔬菜的抽样量偏低，应适当增加抽样量，这样才能客观得出它们实际合格率。

6.2.6 抽样具体措施

1. 抽样对象

- (1) 蔬菜生产基地；
- (2) 蔬菜流通环节（包括大农批市场、小农批市场、农贸市场、超市及零售商店、网店（专业销售蔬菜或混合经营销售蔬菜）、流动摊贩（包括一些农民的自产自销行为）、点对点的配送公司）；
- (3) 蔬菜加工环节（包括新鲜蔬菜简单加工、蔬菜加工成制品）。

2. 各环节抽样措施

(1) 蔬菜生产基地

① 问题假设

假设向深圳市输入蔬菜的产地共有 m 个，这 m 个蔬菜产地蔬菜产量和管理水平参差不齐，与深圳市的距离也不一致。我们假定由市级蔬菜检测部门（或委托专门的质量检测公司）执行对这 m 个产地的抽样检测工作。

在保持一年 12 期的抽检不变的情况下，对这 m 个产地进行 1~ k 编号，

- (i) 在考虑到成本的情况下，利用系统抽样法每期选取编号为 k 的产地进行抽样；
- (ii) 在抽样的同时对该蔬菜生产基地的管理水平进行打分并做好记录。

② 抽样量

由 GB/T8855-2008 标准，每个样本的抽样量不低于 3kg，单个个体的质量大于 0.5kg/

个时，抽样样本不少于 10 个个体；单个个体质量大于 1kg / 个时，抽样样本不少于 5 个个体。抽样时要除去泥土、黏附物和腐烂的部分。

③ 抽样操作

表 6.3 方案一蔬菜生产基地抽样措施

种植面积 / 方式	对应措施
面积<10hm	每 1~3hm 为一个抽样单位
面积>10hm	每 3~5hm 为一个抽样单位
蔬菜大棚	每一个大棚为一个抽样单位

注：每个抽样单位按实际情况用对角线法、梅花点法、棋盘式法等方法采取样本。每个抽样单位内不少于 5 个抽样点，每个抽样点面积 1m²。随机抽取抽样点内的蔬菜作为样本。

（2）蔬菜流通环节（一）

① 问题假设

本环节主要包括农批、农贸、超市及零售店这几个环节。我们通过阅读相应的文献资料和市场调研，也参考了《深圳市 1~3 月份的食用农产品抽检计划》，决定将农贸市场、农批市场、超市零售店归为一体，在蔬菜流通环节（一）中展开。这三种流通方式属于常规输入渠道，因此采用一套统一抽样措施。

由于点对点配送、流动摊贩、网购属于非常规输入渠道，且安全风险相对较高。因此我们对点对点配送、流动摊贩、网购的抽样措施进行分别的论述，在蔬菜流通环节（二）中展开说明。同样假设蔬菜安全监测部门和管理部门已经对市场中的摊位主（超市及零售店也进行了有序的编号）进行了有序的编号。

② 抽样量

根据 GB/T8855-2008 进行确定每种蔬菜的抽样量。（详见附录三）

③ 抽样措施

表 6.4 蔬菜抽样环节（一）抽样措施

产品形态	抽样措施
散装	从上中下分层取样，每层从中心到四周五点取样
包装	在堆垛两侧的不同部分上中下过四角取样

注：每个交易场所同一蔬菜品种应在同一期抽检，并在同一摊位或超零中选取。

（3）蔬菜流通环节（二）

① 问题假设

本环节包括点对点配送、流动摊贩、网购这三个输入渠道的抽检。这三种输入渠道并不在深圳市目前的抽样计划中，且利用模糊综合评价法得出这三种输入渠道的新鲜蔬菜安全风险比常规输入渠道的安全风险更高。抽样时要详细记录蔬菜来源，因此我们假定：

- a.点对点配送单位以这些为主：小农批—公司（大单位）食堂、饭店；农贸—食堂、饭店；城市近郊种植户—食堂、饭店；配送公司—食堂、饭店；
- b.将农民的自产自销行为（不需要农产品流通许可证）归到流动摊贩类别中；
- c.农批、农贸、超市零售的网上销售蔬菜应该是受到监督的（在蔬菜流通环节（一）中被检测）；
- d.抽查蔬菜及蔬菜制品来源不明的网店；
- e.流动摊贩的活动范围有限且活动地点相对固定；
- f.生鲜电商中销往深圳市的蔬菜应当受到监督和抽检。

② 抽检量

- a.点对点配送，在公司、食堂、饭店（下文统称为客户端）等进行抽取，抽取的蔬菜为少量的蔬菜叶、单个个体的一个或根茎类蔬菜的一小段。
- b.流动摊贩，可根据该商贩的蔬菜销售量进行抽取若干样本。
- c.网店，根据受检网店的交易量来抽取若干样本，记录详细的蔬菜销售种类和管理水平，是否拥有合格资质，并按照 GB/T8855-2008 抽取样本。

③ 抽样措施

因为这三种输入渠道占有所有输入渠道的比例较小，且交易规模较小。因此采用系统抽样、简单随机抽样相结合的抽样方法，进行抽取样本。特别地，对流动摊贩可以采取以买代抽的方法。

（4）蔬菜加工环节

① 问题假设

(i) 假设该环节的抽样和检验工作由市级蔬菜安全监测部门（或委托独立第三方）来进行抽样和检验，原因是蔬菜加工厂可能位于蔬菜生产基地、其他省市，由深圳市市级蔬菜监测部门来安排抽检较为合理。

(ii) 假设蔬菜只被加工厂加工成两类，一类是对采摘的蔬菜进行简单清洗和包装；另一类是蔬菜制品，例如腌菜、榨菜、蔬菜干，我们分别对这两类进行抽样。

② 抽样量

按照 GB/T8855-2008 抽取相应的样本量。（详见附录三）

③ 抽样措施

表 6.5 蔬菜加工环节抽样措施

类别	措施
蔬菜制品	采用整群抽样法随机抽取若干箱，再在抽取的样品中随机抽取若干袋作为样本
非蔬菜制品	散装：从上中下分层取样，每层从中心到四周五点取样 包装：在堆垛两侧的不同部分上中下过四角取样

注：注意样本抽取的应均匀分布且具有代表性

3. 抽样时间安排

严格按照《中华人民共和国劳动法》规定，工作日 8 小时制，一个月工作 22 天。

结合各环节蔬菜交易显示出的特征，我们制定了合理的抽检时间安排，目的是最大限度地提高样本容量的可信度，使样本分析得出的总体特征更符合统计推断原理。

各受抽单位时间安排表如下：

表 6.6 各环节蔬菜抽样时间安排

抽样场所	具体抽样时间
生产基地	安排在蔬菜成熟期或蔬菜即将上市的时候进行抽检
批发市场	安排在交易之前抽样
农贸市场和超市零售店	易在抽取批发市场之前进行
流动摊贩	在流动摊贩出摊时抽样
点对点配送	在早上定期对客户端蔬菜未被处理之前抽检
网店	工作日随机确定抽检时间
蔬菜加工厂	在产品出库前抽样

4. 填写抽样单

一式三份，分别交与承检单位、受抽检单位和随样本。

表 6.7 蔬菜抽样单

抽检单位	抽检蔬菜品种	样本量 / kg	主要负责人

5. 抽样完成后的工作

(1) 样品采集完成应立即封样，在送达检测单位之前不得开封、更换样本，如若违反则样本作废。

(2) 样本要在 24h 内送到检测单位，接样人员要逐项对样品进行核对，合格才能收取样本，进行检测工作。

6.2.7 蔬菜质量安全检验方案

检测工作时要保证在重要环节检测结果的科学性、准确性和公正性，这决定着蔬菜质量安全风险的正确评估。因此各承检单位要认真对待，用科学严谨的工作态度去完成深圳市人民交与的重要使命。

1. 问题假设

我们在对方案总的假设中已经提及到在原有的财政预算上增加 30%到 50%，由于抽检项目的增加定会增加工作的强度，因此我们做出以下合理的假设：

a.每个月要出四期检测报告，这个标准遵循《深圳市 1~3 月食用农产品抽样检测计划》。

b.按一周工作五天，一个月工作 22 天设计，可以每天对所有的蔬菜交易场所进行抽样，并分期对蔬菜污染类（四类）进行检测，以可以完成四类蔬菜污染物检测的天数为一个周期。这样可以不增加过多的财政支出。

c.每个检测单位都是独立的且不受任何第三方的影响，参与检测的人员都具有成熟的技术水平。

针对蔬菜流通的特征，结合蔬菜在不同环节所受污染物类别比例与不同的安全风险水平，我们设计：

a.在蔬菜生产基地，主要对农药残留、重金属含量的检测为主，对生物污染、非法添加剂和超标添加剂检测为辅。

b.在蔬菜加工环节，对非法添加剂及超标添加剂、重金属含量检测为主，农药残留，生物污染为辅。

c.在蔬菜流通环节，对生物污染、非法添加剂及超标添加剂检测为主，重金属含量检测为辅。

2. 检测前的工作

①总体要求^[17]

a.统一对每类污染物的检测方法，严格按照《食品安全国家标准》、《食品安全抽样检测方法》等文件法规的规定展开检测工作；

b.统一各项实验的标准溶液。标准溶液由深圳市蔬菜安全监测部门指定单位提供；

c.统一判定标准。检测结果按照国家标准进行判定。（详见附录三）

②检测工作质量要求

- a.药品和试剂的有效和无干扰；
- b.实验室环境（温度、湿度、整洁）符合检测的要求；
- c.要求污染物检测所需的仪器、器皿干净且无细菌附着；
- d.实验仪器的灵敏性、可靠性。

3. 蔬菜污染物的分类

本检测方案主要对农药残留、生物污染、重金属含量、非法添加剂和过量添加剂的检测和鉴定，这四大类中具体的污染物在最后以表格展现。下面以蔬菜农药残留样本的检测流程作为重点陈述，其他污染物的检测流程在附录中展示。

4. 蔬菜安全监测的项目

在 4.3.2 中已经计算出农药残留、生物污染、重金属污染和非法添加剂在蔬菜生产、加工、流通环节中分别所占权重，如图 6.14 至图 6.17 所示。

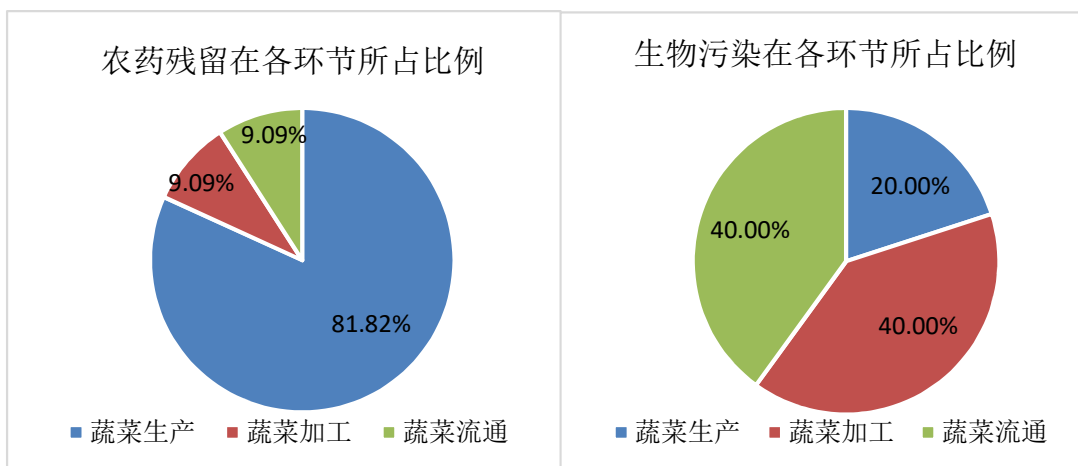


图 6.14 农药残留在各环节所占比例

图 6.15 生物污染在各环节所占比例

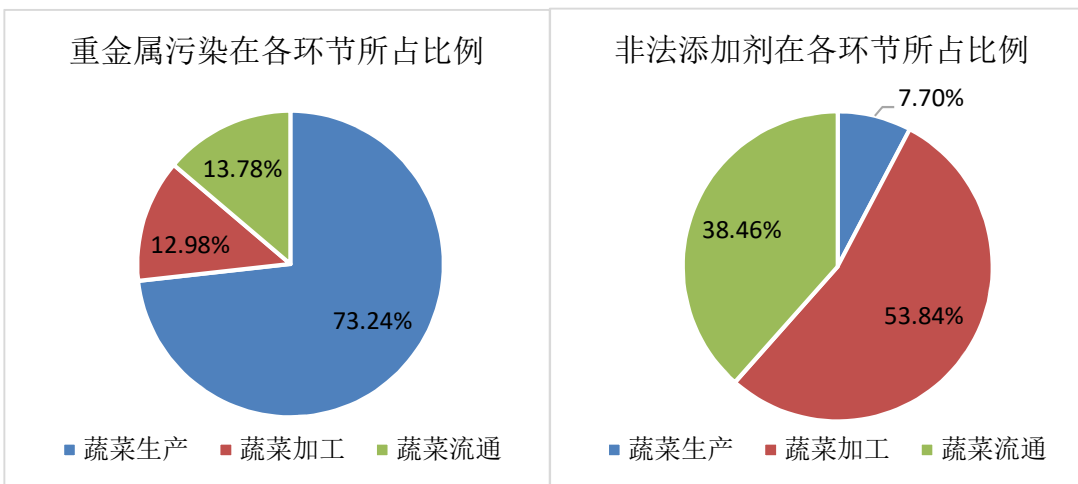
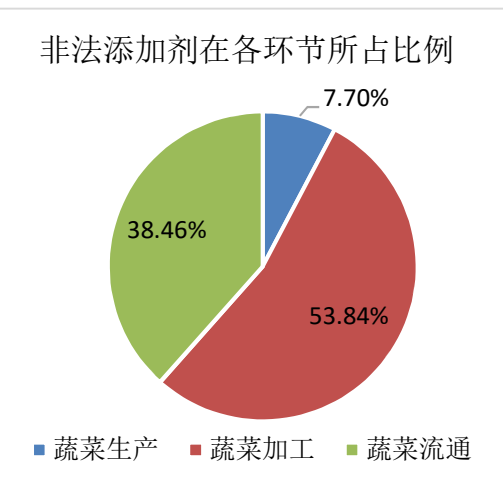
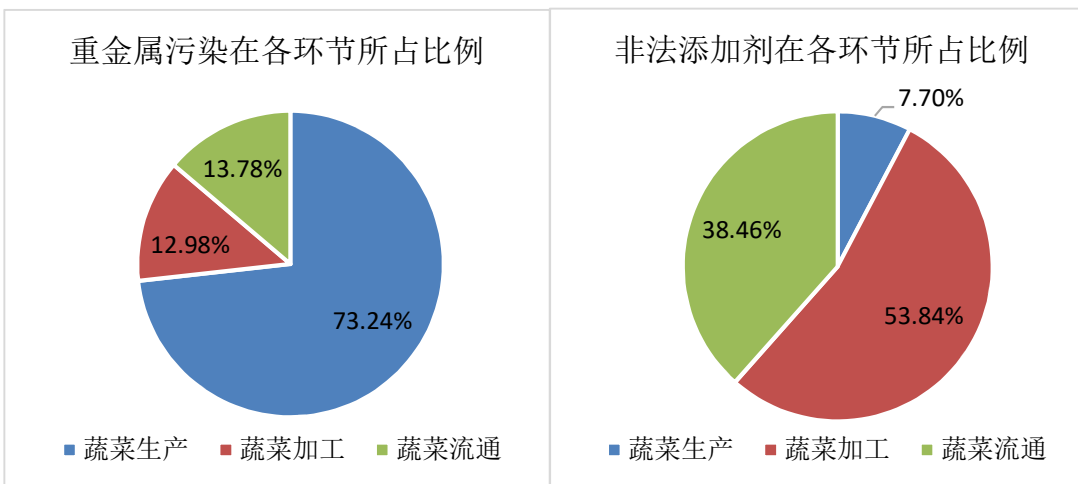


图 6.16 重金属在各环节所占比例

图 6.17 非法添加剂在各环节所占比例



依据图 6.13 至图 6.16 各污染物在各环节上所占比例，我们得出以下结论：

（1）在蔬菜生产环节，应重点加大对农药和重金属的监测管理力度，尽量减少在蔬菜生长过程中农药的使用量，和蔬菜种植基地重金属的含量，提高蔬菜的安全质量。

（2）在蔬菜加工环节，生物污染和非法添加剂所占权重较大，尤其是非法添加剂。因此在蔬菜加工环节，生物污染和非法添加剂的管理力度应有所加强，以降低其在加工环节对蔬菜安全的影响。

（3）在蔬菜流通环节，生物污染和非法添加剂所占的权重也较大，在蔬菜流通环节，生物污染和非法添加剂的管理力度也应有所加强，以降低蔬菜的食品安全风险。

5. 蔬菜各项检测标准（详见附录四）

6. 农药残留检出分布及污染物的检测流程

①农药残留检出分布

在 6.1 中已统计出的 2017 年 1 月至 5 月深圳市蔬菜抽样检验结果，我们很容易得知毒死蜱、氟虫氰、克百威和氧乐果被检出的次数较多，尤其是毒死蜱。其他类农药的检出次数大体正常。因此，在抽样方案设计中，应加强对毒死蜱、氟虫氰、克百威和氧乐果的抽检量，加强对这几类农药的监控。

②污染物的检测流程：其具体检测流程参见附录六。

7. 检测原始记录的审核

检测员要认真记录原始数据，不得字迹潦草，应具有可追溯性和重现性。校检员要对检测结果进行重新计算确定，以防漏检。审查员要对原始数据进行全面审查。

8. 检测结果的汇总

按照市级、区级蔬菜安全监测部门要求，对检测得来的数据进行分类、编号、排序，绘制表格、图像，回馈蔬菜安全监测部门。

6.3 抽样检测方案设计（方案二）

本方案在抽样检测方案一的基础上，降低了方案一的抽样误差，提高了方案一的统计推断原理精度，使得方案二能更好的反映深圳市蔬菜安全的总体特征。

本抽样方案确定了深圳市新鲜蔬菜抽样设计方法和蔬菜污染物检测方法。本方案适用于深圳市所有的蔬菜交易市场和贩卖蔬菜的超市、零售店和蔬菜产地、蔬菜加工厂的样本抽取及实验室试样的制备。

6.3.1 方案假设

在方案甲中，已经介绍和使用了 L.Kish 提出的良好抽样方案设计的四个标准，结合检测环节的可靠性，我们做出假设：

- a. 大量增加抽检单位和抽检人员的数量；
- b. 蔬菜安全检测方面的财政预算在原有基础上增加 50%到 70%；
- c. 抽检蔬菜数量保持目前抽检种类不变。

6.3.2 抽样方法的确定

由统计推断原理、抽样设计效应理论、费用函数和抽样误差与样本容量的关系（详见方案一中抽样方法的确定与分析）。结合深圳市蔬菜安全风险评估结果，选取了系统抽样、分层随机抽样、简单随机抽样和整群抽样方法对蔬菜产地、蔬菜流通环节和蔬菜加工厂的蔬菜及蔬菜制品进行抽样^[23]。

样本容量越大，抽样误差越小，提高统计推断的置信区间就必学使抽样误差最小，所以要尽量在可行范围内将抽样样本容量确定到最大。

6.3.3 抽样方法分析

在减小抽样误差，提高抽样精度的前提下，对选取的分层随机抽样、简单随机抽样、系统抽样、整群抽样方法进行优缺点分析；考虑到不同抽样环境下，抽样工作面临着不同的挑战，因此这几种抽样方法混合使用。

6.3.4 样本容量的确定

同方案一中样本容量的确定方法相同。

6.3.5 抽样蔬菜样本层次的确定

在各个输入渠道上保持方案一的蔬菜分类方法不变，每类蔬菜的抽样量也不变。

6.3.6 抽样具体措施

1. 抽样对象

蔬菜生产基地、蔬菜流通环节（包括大农批市场、小农批市场、农贸市场、超市及零售商店、网店（专业销售蔬菜或混合经营销售蔬菜）、流动摊贩（包括一些农民的自产自销行为）、点对点的配送公司）、蔬菜加工环节（包括新鲜蔬菜简单加工、蔬菜加工制品）

2. 各环节抽样措施

（1）蔬菜生产基地

① 问题假设

假设向深圳市输入蔬菜的产地共有 m 个，这 m 个蔬菜产地的蔬菜产量和管理水平参差不齐，与深圳市的距离也不一致。我们假定由市级蔬菜检测部门（或委托专门的质量检测公司）执行对这 m 个产地的抽样检测工作。

在保持一年 12 期的抽检不变的情况下，对这 m 个产地进行 $1 \sim k$ (k 整除 m) 编号，

(i) 在考虑到成本问题，利用系统抽样法选取编号为 k 的产地进行抽样；

(ii) 在抽样的同时对该蔬菜生产基地的管理水平进行打分并做好记录。

② 抽样量

每个样本的抽样量不低于 3kg ，单个个体的质量大于 $0.5\text{kg}/\text{个}$ 时，抽样样本不少于 10 个个体；单个个体质量大于 $1\text{kg}/\text{个}$ 时，抽样样本不少于 5 个个体。抽样时要除去泥土、黏附物和腐烂的部分。

③ 抽样操作

表 6.8 方案二蔬菜生产基地抽样措施

种植面积 / 方式	对应措施
面积 $< 10\text{hm}$	每 $1 \sim 3\text{hm}$ 为一个抽样单位
面积 $> 10\text{hm}$	每 $3 \sim 5\text{hm}$ 为一个抽样单位
蔬菜大棚	每一个大棚为一个抽样单位

注：每个抽样单位按实际情况用对角线法、梅花点法、棋盘式法等方法采取样本。每个抽样单位内不少于 5 个抽样点，每个抽样点面积 1m^2 。随机抽取抽样点内的蔬菜作为样本。

(2) 蔬菜流通环节（一）

① 问题假设

本环节主要包括农批、农贸、超市及零售店这几个环节。我们通过阅读相应的文献资料和市场调研，也参考了《深圳市 1~3 月份的农产品抽检计划》，决定将农贸市场、农批市场、超零归为一体，在蔬菜流通环节（一）中展开。这三种流通方式属于常规输入渠道，因此采用一套统一抽样措施。

由于点对点配送、流动摊贩、网购属于非常规输入渠道，且安全风险相对较高。因此我们对点对点配送、流动摊贩、网购的抽样措施进行分别的论述，在蔬菜流通环节（二）中展开说明。同样假设蔬菜安全监测部门和管理部门已经对市场中的摊位主（超市及零售店也进行了有序的编号）进行了有序的编号。

② 抽样量

根据 GB/T8855-2008 进行确定每种蔬菜的抽样量。（详见附录三）

③ 抽样措施

表 6.9 方案二流通环节（一）抽样措施

产品形态	抽样措施
散装	从上中下分层取样，每层从中心到四周五点取样
包装	在堆垛两侧的不同部分上中下过四角取样

备注：每个交易场所同一类蔬菜应在同一期抽检中从同一摊位或超市选取；每个月要做到对一个市场中所有销售蔬菜的摊位都进行了抽检，对超市零售店也做同样要求。

④ 抽样方法的补充

在使用简单随机抽样和分层随机抽样的同时，采用样本轮换理论^[21]（由 Cochran 于 1977 年提出）对抽样样本精度进行提高，根据具体情况确定轮换比率，一般在 $1/5 \sim 1/3$ 之间^[22]。使用样本轮换理论在同一蔬菜品种的抽样中，定期改变样本中部分样本的来源，例如：在宝安区 A 蔬菜交易市场对大白菜的取样共 x g，假设今天在第 i 号摊位抽取了 x g，那么明天可以在第 i 号抽取 a g，在第 $i+1$ 号抽取 $x-a$ g。轮换后样本结构不变但提高了统计推断的精度。

同时使用系统抽样和整群抽样，要求增大样本容量，来保证样本显现的特征可以代表总体的特征。我们每天对农批市场、农贸市场、超市零售店中所有的蔬菜品种进行记录，记录每个摊位主、超市零售店的蔬菜来源和管理销售水平。

（3）蔬菜流通环节（二）

① 问题假设

本环节包括对点对点配送、流动摊贩、网购这三个输入渠道的抽检。这三种输入渠道并不在深圳市目前的抽样计划中，且利用模糊综合评价法得出这三种输入渠道的新鲜蔬菜安全风险比常规输入渠道的安全风险更高。抽样时要详细记录蔬菜来源，因此我们假定：

- 点对点配送单位以这些为主：小农批一公司（大单位）食堂、饭店；农贸一食堂、饭店；城市近郊种植户一食堂、饭店；配送公司一食堂、饭店新的配送形式也在不断的被创造出来。
- 将农民的自产自销行为（不需要农产品流通许可证）归到流动摊贩类别中；
- 农批、农贸、超零的网上贩菜是受到监督的（在蔬菜流通环节（一）中被检测）；
- 抽查蔬菜及蔬菜制品来源不明的网店；（应记录蔬菜配送形式以及管理与销售水平，网店所在平台，例如：淘宝网、饿了么、美团、百度外卖等。）
- 流动摊贩的活动范围有限且活动地点比较固定；
- 对生鲜电商中运往深圳的销售蔬菜也要定期抽检。

② 抽检量

a. 点对点配送。在公司、食堂、饭店（以后统称为客户端）等进行抽取，抽取的蔬菜为少量的蔬菜叶、单个个体的一个或根茎类蔬菜的一小段；对配送方也要进行抽样、管理、销售水平的记录。根据配送方的销售规模划分三类，如下表。

b. 流动摊贩，可根据该商贩的蔬菜销售量进行抽取若干样本。

c. 网店，记录详细的蔬菜销售种类和管理水平，是否拥有合格资质，并按照 GB8855-2008 抽取样本。

表 6.10 方案二流通环节（二）抽样量

配送方规模或生产方式	抽样量
达到农批、农贸、超零市场规模	按照 GB8855-2008 标准抽取样本量
生产基地水平	按照 6.3.6 1（2）中的抽样量进行抽取样本
蔬菜加工厂	按照 GB8855-2008 标准抽取样本量

③ 抽样措施

因为这三种输入渠道所占总输入渠道的比例较小。虽现阶段交易规模较小，但交易规模日趋增大。因此采用系统抽样、简单随机抽样相结合的抽样方法且每期均要对这几种蔬菜输入渠道进行抽取样本，且要包含销售蔬菜的网店、配送方、饭店食堂和流动摊贩。特别地，对流动摊贩可以用买代抽。

（4）蔬菜加工环节

① 问题假设

a. 假设蔬菜只被加工厂加工成两类，一类是蔬菜制品，例如腌菜、榨菜、蔬菜干；另一类是对采摘的蔬菜进行简单清洗和包装，我们分别对这两类进行抽样。

b. 对所有向深圳市输入蔬菜或蔬菜制品的加工厂（公司）进行内部编号，便于抽样检测工作的展开。

② 抽样量

按照 GB/T8855-2008 抽取相应的样本量。（详见附录三）

③ 抽样措施

表 6.11 方案二蔬菜加工环节抽样措施

类别	措施
蔬菜制品	采用整群抽样法随机抽取若干箱，再在抽取的样品中随机抽取若干袋作为样本

非蔬菜制品	散装：从上中下分层取样，每层从中心到四周五点取样
	包装：在堆垛两侧的不同部分上中下过四角取样

注：注意样本抽取的均匀分布和具有代表性

在每年的 12 期抽样中，对蔬菜加工环节的所有加工单位进行简单随机抽样、分层随机抽样和整群抽样，对规模不一的加工单位按照加工和销售量进行分层，将加工和销售量一致或相近的加工单位归为一类，并在每类中按比例选出不同的加工单位对蔬菜或蔬菜制品进行抽样。

3. 抽样时间安排

方案二的抽检时间安排与方案一的安排是一致的，遵循市场交易特征结合各个输入渠道的差异，严格按照《中华人民共和国劳动法》规定，工作日 8 小时制，一个月工作 22 天。

结合各环节蔬菜交易显示出的特征，我们制定了合理的抽样安排。目的是最大限度地提高样本容量的可信度，使样本分析得出的总体特征更符合统计推断原理。

各受抽单位时间安排表如下：

表 6.12 方案二抽检单位工作时间

抽样场所	具体抽样时间
生产基地	安排在蔬菜成熟期或蔬菜即将上市的时候进行抽检
批发市场	安排在交易之前抽样
农贸市场和超市零售店	宜在抽取批发市场之前进行
流动摊贩	在流动摊贩出摊时抽样
点对点配送	在早上定期对客户端蔬菜未被处理之前抽检
网店	工作日随机确定抽检时间
蔬菜加工厂	在产品出库前抽样

4. 填写抽样单

一式三份，分别交与承检单位、受抽检单位和随样本。

表 6.13 抽样单

抽检单位	抽检蔬菜品种	样本量 / kg	主要负责人

5. 抽样完成后的工作

(1) 样品采集完成应立即封样，在送达检测单位之前不得开封、更换样本，如若违反则样本作废。

(2) 样本要在 24h 内送到检测单位后，接样人员要对样品逐项进行核对，合格才能收取样本，进行检测工作。

6.3.7 蔬菜质量安全检验方案

蔬菜检测环节是对样本处理的过程，保证检测工作的科学性、准确性和公正性，就是保证了评估蔬菜安全风险的可信度，也与通过统计推断原理推断深圳市蔬菜总体特征的可信度密切相关。因此各承检单位要认真对待，用科学严谨的工作态度去完成深圳市人民交与的重要使命。

1. 问题假设

政府部门已经增加了蔬菜监测的财政预算，为了保证检测的精确度和样本的高效处理，我们做出以下合理的假设：

a. 每个月出四期蔬菜检测报告，对不同污染物的检测报表和各类蔬菜的抽检次数，遵循《深圳市 1~3 月食用农产品抽样检测计划》。

b. 增加检测单位或实验室数量，严格对影响蔬菜安全的各项污染物（农药残留、生物污染、重金属含量、非法添加剂）进行检测。

c. 每个检测单位都是独立的且不受任何第三方的影响，参与检测的人员都具有成熟的技术水平。

d. 蔬菜生产地、蔬菜流通、蔬菜加工这三个环节都要对农残、生物污染、重金属含量、非法添加剂进行检测。（这与方案一有着很大的不同）四类污染物不分主次轻重，都以相同的地位来对待。

2. 检测前的工作

与方案一的要求一致。

(1) 总体要求

a. 统一对每类污染物的检测方法，严格按照《食品安全国家标准》、《食品安全抽样检测方法》等文件法规的规定展开检测工作。

b. 统一各项实验的标准溶液。标准溶液由深圳市蔬菜安全监测部门指定单位提供。

c. 统一判定标准。检测结果按照国家标准进行判定。（详见附录三）

(2) 检测工作质量要求

a. 药品和试剂的有效和无干扰；

- b. 实验室环境（温度、湿度、整洁）符合检测的要求；
- c. 要求污染物检测所需的仪器、器皿干净且无细菌附着；
- d. 实验仪器的灵敏性、可靠性。

3. 蔬菜污染物的分类、检测流程及标准依据

本检测方案主要对农药残留、生物污染、重金属含量、非法添加剂和过量添加剂的检测和鉴定，这四大类中具体的污染物已在方案一中展现。

其检测流程及所依据的标准参见附录六。

4. 检测原始记录的审核

具体要求：检测员要认真记录原始数据，不得字迹潦草，应具有可追溯性和重现性；校检员要检测结果进行重新计算确定，是否有漏检；审查员对原始数据进行全面审查。

5. 检测结果的汇总

按照市级、区级蔬菜安全检测部门要求，对监测的来的数据进行分类、编号、排序、绘制表格、图像，回馈给蔬菜安全监测部门。由监测部门向被抽检方反馈抽检信息并提出提高蔬菜质量安全的建议。

6.4 抽样检验方案的评价

我们首先通过抽样数据分析，对抽样方案进行了改进。并以此为依据，共设计了两套基于不同条件资源下的深圳市新鲜蔬菜抽样检验方案，考虑得相对完善周到。方案二是对方案一的补充和细化，虽然考虑到了许多影响蔬菜安全的因素，但仍然忽略许多因素。例如，由于时间有限我们没法对深圳市的城市管理水平出最准确的定位，所以对流动摊贩的抽样就处理不是很好。我们也没有对深圳市的 5 家农产品抽检单位做深入的调查与研究，对这 5 家单位的抽检流程、具体措施不是很细致的了解，只能借助《深圳市 1~3 月份食用农产品抽样检测计划》来对深圳市蔬菜设计抽检流程。我们会在日后对深圳市蔬菜抽样检测方案进一步完善。

七、建议信

关于提高深圳市蔬菜质量安全的建议

尊敬的深圳市各位领导：

您们好！

深圳市是全国性经济中心，同样也是国际化城市。深圳市人口已经突破两千万，但大部分已外来人口居多。新鲜蔬菜的消费种类是多种多样的。改革开放以来，为了城市经济的快速发展，占用了大量耕作用地。因此深圳市自产蔬菜很难满足市民的日常需求。调查发现，深圳市九成蔬菜来源于市外蔬菜生产基地，且蔬菜产地分散、规模不一。我们基于前几问的研究成果并收集相关资料，对于深圳市蔬菜的食品安全问题，总结如下：

一、对于新鲜蔬菜的输入渠道，总体安全风险偏高。在农批市场、农贸市场、超市这些常规的流通渠道中，政府对蔬菜监测不完善，不到位。很多质量不合格的蔬菜产品进入千家万户。这些渠道的蔬菜来源也很难控制，经常会出现因为质量问题影响人民身体健康的案例。对于网络购物，点对点直接配送、流动摊贩等非常规输入渠道，都不在深圳市现行的蔬菜安全监测范围之内，蔬菜来源不明。更缺乏监督和管理，蔬菜质量也更加难以评价。这些渠道存在的安全风险更高。

二、新鲜蔬菜的质量也存在较大隐患。由于流通加工水平低、缺乏现代化的存储、冷链运输、包装蔬菜的手段，各蔬菜加工厂、生产基地、交易场所的蔬菜质量难以控制。不仅在蔬菜生长中有大量的农药残留和重金属污染，在流通途中还会受到生物污染以及非法添加剂的使用和添加剂的过量使用。新鲜蔬菜在产地只经过了简单的整理和包装。蔬菜在运输过程中极易受到生物污染，并受到空气温度湿度的影响，降低蔬菜品质。到了批发市场，只做简单的整理，便进行储藏，就出售给超市、农贸市场。超市和农贸市场可能由于滞销，很可有使用非法添加剂进行蔬菜“保鲜”，给食品安全带来隐患。

三、蔬菜的抽样检验技术手段的滞后对蔬菜安全造成了很大威胁。由于目前对蔬菜抽样仅限于蔬菜流通环节，而未涉及到蔬菜生产基地和蔬菜加工环节。抽样技术的滞后直接导致抽样误差增大。相应的蔬菜污染物也只局限在农药残留，并未对重金属含量、生物污染和非法添加剂及过量添加剂进行检测。在现行的深圳市食用农产品安全抽样检测方案执行的检测办法和安全标准也不在是最新的国家标准。

对于深圳市蔬菜食品安全存在的问题和监督管理工作的不足，并结合深圳市食品安全现状，我们的建议如下：

第一，尽管深圳市现有的食品安全监管体系已有很大的改善，但是仍然存在诸多不足，建立统一、高效、权威的新型体系势在必行^[24]。深圳市政府要将蔬菜食品安全工作纳入当地国民经济和社会发展的总体规划，建议设立蔬菜食品安全协调委员会，这样能

有力地加强质检、卫生、农业等政府部门与蔬菜交易市场在蔬菜食品安全领域的合作，共同抓好食品市场的监管工作。

还应当整合资源，实行市场抽查制度。现有各职能部门拥有的蔬菜质量检测设备，参差不齐，质量不一。建议由深圳市蔬菜食品安全协调委员会牵头各检测机构进行统一规划，打破部门、行业和区域界线，努力形成布局合理的蔬菜食品安全网络。各抽样检验单位更要加强抽样检验人员的学习和培训。要在蔬菜交易场所进行定期和不定期的蔬菜食品安全抽查，确保蔬菜食品安全。

对于重大的蔬菜食品安全事件，应当规定严格的上报制度，以法规的形式规定应该上报的内容、上报责任人、上报的时间，不及时上报的责任等等^[25]。一旦有情况发生，能够立即组织一批精干的专家队伍奔赴现场，协调、指导事件的处理工作。

由政府主导建立蔬菜来源信息查询网络。目的是将蔬菜生产基地、蔬菜加工厂、蔬菜交易场所与市民联系在一起，清楚、细化蔬菜来源。可以使用在蔬菜的包装袋（纸、箱）上粘贴二维码的形式记录蔬菜的来源与流通情况；也可以建立深圳市蔬菜来源信息查询网、蔬菜信息查询软件来方便市民了解、查询购买的蔬菜来源。

由政府建立完善绿色蔬菜、无公害蔬菜、有机蔬菜的确立标准，对符合这三项标准的蔬菜生产基地发放认证。并每年对获得该认证的蔬菜生产基地进行合格性检验。

第二，仅仅政府部门的监督管理并不能保证蔬菜食品安全，加强社会监督才能够使食品安全得到更好的保障。建议在广大群众中聘请义务信息员、监督员，这样能拓展蔬菜食品安全的违法案件线索并能加大查处力度；要充分利用和重视新闻媒体的宣传导向作用，鼓励市民树立正确的消费观；实行走访制度，对有问题的蔬菜贩点进行实地走访。食品监管部门和蔬菜安全监测部门要定期不定期向食品监督员、人大代表、政协委员全面走访，及时了解并解决蔬菜食品安全方面存在的问题，特别是蔬菜这种消费量高的食品所存在的问题，以便及时纠正问题。

在发动广大群众监督蔬菜安全的同时，也要发动蔬菜交易场所的自我监督和相互监督。对销售不健康、腐烂的蔬菜的摊贩、超市、网店超场所等要及时纠正或合法取缔；对销售不合格蔬菜的流动摊贩要劝阻其继续贩卖此种不合格的蔬菜，不配合的流动摊贩要依法对其整改、取缔。在同一蔬菜交易市场的摊位主之间要相互监督，不同超市、零售店和网店之间也要相互监督。设立举报奖励制度来激励相互监督行为，拥护政府提高蔬菜安全等级的从业人员。

第三，从抽样检验方面着手，一方面降低抽样误差，提高抽样检验的准确度；另一方面要细化抽样检验流程，对每一项蔬菜污染物都要认真、细致的检测。可以通过增加抽样检验人员，采购新的检测设备，使用更合理的抽样方法，增加扩大抽样范围，提高抽样检验人员的职业素养来保证深圳市蔬菜的安全性。

第四，建立深圳市新鲜蔬菜品牌。目前，由于深圳市尚未建立联系本地蔬菜生产和流通环节信息网络，农户缺乏市场信息来源，随意生产，因此难以产出适销的产品，而且产品的质量难以得到保证，很难创出蔬菜名牌和取得好的经济效益。建立市场、流通企业、农户之间的信息网络，这样可以实现市场的高效管理，提高管理水平；流通企业不仅可以减少不必要的运输成本，还可以稳定地向消费者输送安全、可靠的蔬菜；农户可以根据信息网络提供的市场信息，及时调整各品种蔬菜生产量或者推出新的蔬菜品种。比如深圳农产品有限公司经营的“田地”蔬菜品牌，就是采用这种生产模式。

总的来说，建立行之有效的监管制度，采用误差最小的抽样检验方案，从上至下“四位一体”的监督手段，建立蔬菜来源信息查询网络来切实保障深圳市蔬菜食品安全，降低蔬菜食品安全风险，以满足广大市民对安全绿色蔬菜的需求。

关心蔬菜安全问题的大学生

2017年8月

参考文献

- [1] 杨顺江. 深圳无公害蔬菜的流通模式[J]. 中国食物与营养, 2003, (06).
- [2] 孟军齐. 深圳蔬菜流通模式研究[J], 中国市场, 2007, (Z2).
- [3] 百度文库. 《渠道设计与管理》—石家庄农产品营销渠道规划,
<https://wenku.baidu.com/view/6de41602bed5b9f3f80f1c05.html?from=related>
- [4] 郑杨佳. 温州市流通领域食品安全风险管理研究[D]. 西北农林科技大学, 2013
- [5] 吴孟达, 成礼智等. 数学建模教程[M]. 北京: 高等教育出版社, 2011. 383-385
- [6] 陈光亭, 裘哲勇. 数学建模[M]. 北京: 高等教育出版社, 2014. 300-302.
- [7] 韩瑞玲, 佟连军, 宋亚楠. 中国网络购物与快递物流的耦合关联研究[J]. 华中师范大学学报(自然科学版), 2003, (02)
- [8] 《2017 年中国家庭餐桌消费潮流报告》. 第一财经商业数据中心 CBNDData
<http://www.cbndata.com/report/90>
- [9] 《2016 年中国生鲜消费趋势报告》. BCG&阿里研究院
- [10] 朱祎桔. 基于网购模式下的生鲜蔬菜消费者行为研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2014
- [11] 张轶莹. 深圳积极探索新模式管理流动食品小摊贩[N]. 中国质量新闻网, 2017. 3. 24
- [12] 去或留? 深圳流动食品小摊贩怎么管? . 深圳新闻网
- [13] 豆丁网. 城市蔬菜配送模式. <http://www.docin.com/p-1048218290.html>
- [14] 王东群, 陆宏等. 农产品批发市场蔬菜质量安全情况调查及风险评估[J], 中国蔬菜 2009(14).
- [15] 韦璿军, 何雨帆等. 广西蔬菜农药残留动态及质量安全风险评估[J], 安徽农业科学, 2011(01).
- [16] 王宏洲, 李学文等. 数学建模方法进阶[M]. 北京: 清华大学出版社, 2013, 75-82.
- [17] [美] L. Kish 著, 倪佳勋主译, 孙山泽校译. 抽样调查[M]. 北京: 中国统计出版社. 1997. 12
- [18] 马云玲. 对不同抽样设计效率的比较[M]. 云南财贸学院学报, 2002.
- [19] 王延. 四种基本抽样调查组织的比较[J] 《当代经济科学》. 1985(01)
- [20] Cochran W. G. Sampling Techniques[M]. 3rd ed New York: John Wiley&Sons, 1977.
- [21] 曾凉凉. 抽样设计中若干问题的探讨[A]. 天津: 天津市职工现代企业管理学院报, 2004 (22) .
- [22] 道客巴巴, 蔬菜质量安全例行监测行为规范,
<http://www.doc88.com/p-779370196347.html>
- [23] 候亚非, 王金营. 人力资本与经济增长方式转变[J]. 人口研究. 2001.
- [24] 姚明明. 对构建我国食品安全监管体系的建议[J]. 民主. 2007.
- [25] 穆源浦, 刘嘉楠, 张俭波. 对建立我国食品安全保障体系的分析与建议[J]. 中国卫生监督杂志. 2004 (06) .

附录一

表 4.1 深圳市 2016 年 3 至 5 月份（春季）主销蔬菜统计表

2016年3至5月份（春季）主销蔬菜统计表				
种类	蔬菜名	蔬菜名	蔬菜名	蔬菜名
鳞茎类	蒜苗	洋葱	大蒜	
叶菜类	广东菜心	生菜	茼蒿	小白菜
	油麦菜	大白菜	菠菜	上海青
	麦菜（苦麦菜）	红菜心	红 / 番薯叶	银丝王
	娃娃菜（大 / 小）	通菜	毛毛菜	韭菜
	西生菜	球生菜		
芸苔属类	芥蓝（兰）	红菜苔	春菜	包芥菜
瓜类	青瓜	西葫芦	苦瓜	蒲瓜
	丝瓜	冬瓜	水瓜	毛瓜
	佛手瓜			
茄果类	番茄	黄瓜	圆椒	尖椒
	芹菜	茄子	小米椒	
豆类	豆角	豇豆	四季豆	豌豆
	四季豆	荷兰豆		
根茎类	茼蒿	山药	白萝卜	土豆
	萝卜（圆 / 红）	沙葛	西芹	胡萝卜
	姜			
水生类	西洋菜	莲藕		
其他类	结球甘蓝	榨菜头	西兰花	花椰菜
备注	番茄：又称西红柿；大白菜：包括本地白菜，奶白菜，黄白菜，长白菜，黄芽白菜，夏阳白菜，水白菜；菜心：也包括苗/白/红三种；薹菜：又称通菜，通心菜，空心菜；			

表 4.2 深圳市 2016 年 6 至 8 月份（夏季）主销蔬菜统计表

2016年6至8月份（夏季）主销蔬菜统计表				
种类	蔬菜名	蔬菜名	蔬菜名	蔬菜名
鳞茎类	洋葱	大葱		
叶菜类	广东菜心	油菜	茼菜	番 / 红薯叶
	薹菜	小白菜	白菜	青菜
	生菜	韭菜	上海青	菠菜
	上海青苗	娃娃菜	麦菜	包心生菜
芸苔属类	芥蓝（兰）	红苋菜	包心芥菜	春芥
	苋菜			
瓜类	苦瓜	青瓜	西葫芦	蒲瓜
	南瓜			
茄果类	圆椒	彩椒	芹菜	番茄
	茄子	尖椒	黄瓜	
豆类	豇豆	四季豆	长豆角	荷兰豆
根茎类	土豆	白萝卜	红萝卜	西芹
水生类	莲藕	莲子		
其他类	结球甘蓝	花椰菜	西兰花	
备注	薹菜：又称通菜，空心菜，通心菜；大白菜：包括奶白菜，水白菜，本地白菜，黄白菜； 番茄：又称西红柿；			

表 4.3 深圳市 2016 年 9 至 11 月份（秋季）主销蔬菜统计表

2016年9至11月份（秋季）主销蔬菜统计表				
种类	蔬菜名	蔬菜名	蔬菜名	蔬菜名
鳞茎类	洋葱	大葱	笋	
叶菜类	菜心	油菜	茼蒿	番 / 红薯叶
	茼蒿	大白菜	小白菜	娃娃菜（大 / 小）
	生菜	韭菜	上海青	菠菜
	上海青苗	春菜	麦菜	包心生菜
芸苔属类	芥蓝（兰）	红苋菜	包心芥菜	春芥
	苋菜			
瓜类	苦瓜	青瓜	西葫芦	蒲瓜
	南瓜			
茄果类	圆椒	黄皮椒	番茄	芹菜
	茄子	尖椒	黄瓜	
豆类	豇豆	四季豆	长豆角	
根茎类	土豆	白萝卜	红萝卜	西芹
水生类	莲藕			
其他类	结球甘蓝	花椰菜		
备注	茼蒿：又称通菜，空心菜，通心菜；大白菜：包括奶白菜，水白菜，本地白菜，黄白菜； 番茄：又称西红柿；			

表 4.4 深圳市 2016 年 12 月份至 2017 年 2 月份（冬季）主销蔬菜统计表

2016年12月份至2017年2月份（冬季）主销蔬菜统计表				
种类	蔬菜名	蔬菜名	蔬菜名	蔬菜名
鳞茎类	蒜苔	葱		
叶菜类	菜心（苗/白/红）	生菜	茼蒿	大白菜
	油麦菜	小白菜	菠菜	上海青
	麦菜（苦麦菜）	红菜心	红 / 番薯叶	银丝王
	娃娃菜（大 / 小）	蕹菜	菜苔	韭菜
	西生菜			
芸苔属类	芥蓝（兰）	红菜苔	春菜	包芥菜
	芥菜			
瓜类	青瓜	西葫芦	苦瓜	蒲瓜
	丝瓜	南瓜（小）	小瓜	毛瓜
	佛手瓜	水瓜		
茄果类	番茄	黄瓜	茄子	尖椒
	芹菜	圆椒		
豆类	豆角	豇豆	四季豆	豌豆
	四季豆	荷兰豆		
根茎类	茼蒿	莴笋	白 / 红萝卜	土豆
	姜	沙葛	西芹	胡萝卜
水生类	西洋菜	莲藕		
其他类	结球甘蓝	榨菜头	西兰花	花椰菜
	泡椒			

附录二

Matlab 求矩阵最大特征根及其特征向量

>>%矩阵 A 的最大特征根和对应的特征向量

>> A=[1,46,46/8,46/18;1/46,1,1/8,1/18;8/46,8,1,8/18;18/46,18,18/8,1];

>>[x,lumda]=eig(A);

>>s=abs(sum(lumda));

>>m=find(s==max(s));

>> max_lumda=lumda(m,m)

max_lumda =

4

>> max_x=x(:,m)

max_x =

-0.9191

-0.0200

-0.1598

-0.3596

>>%矩阵 B1 的最大特征根和对应的特征向量

>> B1=[1,9,9;1/9,1,1,;1/9,1,1];

>> [x,lumda]=eig(B1);

>> s=abs(sum(lumda));

>> m=find(s==max(s));

>> max_lumda=lumda(m,m)

max_lumda =

3.0000

>> max_x=x(:,m)

max_x =

0.9879

0.1098

0.1098

```
>>%矩阵 B2 的最大特征根和对应的特征向量
>>B2=[1,1/2,1/2;2,1,1;2,1,1];
>> [x,lumda]=eig(B2);
>> s=abs(sum(lumda));
>> m=find(s==max(s));
>> max_lumda=lumda(m,m)
```

```
max_lumda =
```

```
3.0000
```

```
>> max_x=x(:,m)
```

```
max_x =
```

```
0.3333
```

```
0.6667
```

```
0.6667
```

```
>>%矩阵 B3 的最大特征根和对应的特征向量
>> B3=[1,5,6;1/5,1,5/6;1/6,6/5,1];
>> [x,lumda]=eig(B3);
>> s=abs(sum(lumda));
>> m=find(s==max(s));
>> max_lumda=lumda(m,m)
```

```
max_lumda =
```

```
3.0148
```

```
>> max_x=x(:,m)
```

```
max_x =
```

```
0.9682
```

```
0.1715
```

```
0.1822
```

```
>>%矩阵 B4 的最大特征根和对应的特征向量
>> B4=[1,1/7,1/5;7,1,7/5;5,5/7,1];
>> [x,lumda]=eig(A);
```

```
>> s=abs(sum(lumda));  
>> m=find(s==max(s));  
>> max_lumda=lumda(m,m)
```

```
max_lumda =
```

```
3
```

```
>> max_x=x(:,m)
```

```
max_x =
```

```
0.1155
```

```
0.8083
```

```
0.5774
```

```
>>%矩阵 C1 的最大特征根和对应的特征向量
```

```
>> C1=[1,1/3,1/5;3,1,1/4;5,4,1];
```

```
>> [x,lumda]=eig(C1);
```

```
>> s=abs(sum(lumda));
```

```
>> m=find(s==max(s));
```

```
>> max_lumda=lumda(m,m)
```

```
max_lumda =
```

```
3.0858
```

```
>> max_x=x(:,m)
```

```
max_x =
```

```
0.1403
```

```
0.3143
```

```
0.9389
```

```
>>%矩阵 C2 的最大特征根和对应的特征向量
```

```
>> C2=[1,1/2,1/4;2,1,1/3;4,3,1];
```

```
>> [x,lumda]=eig(C2);
```

```
>> s=abs(sum(lumda));
```

```
>> m=find(s==max(s));
```

```
>> max_lumda=lumda(m,m)
```

```
max_lumda =
```

```
3.0183
```

```
>> max_x=x(:,m)
```

```
max_x =
```

```
0.1999
```

```
0.3493
```

```
0.9154
```

```
>>%矩阵 C3 的最大特征根和对应的特征向量
```

```
>> C3=[1,1/2,1/3;2,1,1/4;3,4,1];
```

```
>> [x,lumda]=eig(C3);
```

```
>> s=abs(sum(lumda));
```

```
>> m=find(s==max(s));
```

```
>> max_lumda=lumda(m,m)
```

```
max_lumda =
```

```
3.1078
```

```
>> max_x=x(:,m)
```

```
max_x =
```

```
0.2215
```

```
0.3194
```

```
0.9214
```

附录三 GB/T8855-2008

新鲜水果和蔬菜 取样方法

1. 范围

本标准规定了新鲜水果和蔬菜的取样方法。

本标准适用于新鲜水果和蔬菜的取样。

2. 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准

2.1 合同货物

以指定合同或货运清单为准的发送或接收的货物数量，可以有一批或多批货物组成。

2.2 批量货物

2.3 抽检货物

2.4 混合货物

2.5 缩分样品

2.6 实验室样品

3. 取样的一般要求

3.1 对采集的样品无论进行现场常规鉴定还是送实验室做品质鉴定，一般要求随机取样。在特殊情况下，可以进行选择取样。取样之前要明确取样的目的，即明确样品鉴定性质。

3.2 采集的货物样品，应能充分代表该批货物的总体特征。从样品中剔除损坏的部分，可以分开采集。

3.3 取样结束应填写取样报告

4. 取样方法

4.1 批量货物的取样准备

批量货物取样，要求及时，每批货物要单独取样。如果由于运输或其他原因造成的损坏部分必须与完整部分隔离，并进行单独取样。如果认为货物不均匀，除贸易双方另行协商外，应当把正常部分单独分出来，并从每一批中取样鉴定。

4.2 抽检货物的取样准备

抽样货物要从批量货物的不同位置 and 不同层次进行随机取样。

4.2.1 包装产品

对有包装的产品（木箱、纸箱、袋装等），按照表 1 进行随机取样。

表 1 抽检货物的取样件数

批量货物中同类包装货物件数	抽检货物的取样件数
≤ 100	5
101~300	7
301~500	9
501~1000	10
≥ 1000	15（最低限度）

4.2.2 散装产品

与货物的总量相适应，每批货物至少取 5 个抽检货物，散装产品抽检货物总量与货物包装的总数量按照表 2 抽取，在蔬菜或水果个体较大情况下（大于 2kg/个），抽检货物至少有 5 个个体组成。

表 2 抽检货物的取样量

批量货物的总量（kg）或总件数	抽检货物总量（kg）或总件数
≤ 200	10
201~500	20
501~1000	30
1001~5000	60
> 5000	100（最低限度）

4.3 混合样品或缩分样品的制备

表 3 实验室样品取样量

产品名称	取样量
小型水果、核桃、桃子、扁桃、板栗、毛豆、豌豆、以及以下各项位列蔬菜	1kg
樱桃、黑樱桃、李子	2kg
杏、香蕉、木瓜、柑橘类水果、桃、苹果、梨、葡萄、大蒜、茄子、甜菜、黄瓜、结球甘蓝、卷心菜、块根类蔬菜、洋葱、甜椒、萝卜、番茄	3kg
南瓜、西瓜、甜瓜、菠萝	5 个个体
大白菜、花椰菜、莴苣、红甘蓝	10 个个体
甜玉米	10 个
捆装蔬菜	10 捆

混合样品的制备：混合样品必须集合所有抽检样品，尽可能将样品混合均匀。缩分样品通过缩分混合样品获得。

对混合货样缩分样品，应现场检测，为了避免受检样品的性质发生变化。

4.4 实验室样品的数量

根据实验室检测和合同要求执行，其最低取样量参见表 3。

5. 实验室样品的包装和处理

5.1 包装

不能现场检测的实验室样品，应进行很好的包装，以确保样品的完好形状。放样品的包装袋也要包装。

5.2 标识

转送实验室的样品必须做好标识，标识要牢固、字迹要清晰。标识要包括一下内容：

5.2.1 产品名称、种类、品种、质量等级。

5.2.2 发货人姓名。

5.2.3 取样地点。

5.2.4 取样日期，对易腐烂产品，另注明取样时间。

5.2.5 样品的识别标记货批号。

5.2.6 取样报告号。

5.2.7 取样人姓名和签字。

5.2.8 要求检测的项目。

5.3 发货和存储

包装好的实验室样品应在规定时间能尽快发货和运送往目的地。

实验室样品的存储和运输应避免产品发生任何变化；取样后，实验室样品在送到检测实验室后尽快开始检验。

6. 取样报告

取样报告必须编号，并随样品一同转运。取样报告应包括以下项目：

6.1 产品名称、种类、品种、质量等级。

6.2 收货人。

6.3 收货地址、单位、收货日期。

6.4 发货地址、单位、托运人姓名、托运日期。

6.5 货物贮存地点、持续贮存时间、条件、运输方式（车辆种类、号码）。

6.6 要求取样日期、时间。

6.7 取样日期、时间。

6.8 取样期间的气候条件（如温度）。

6.9 货物件数，包装种类、大小。

6.10 能够辨认该批货物的样品标记（包装种类、标签正文等）。

6.11 取样目的，表明在正常条件，保证质量的前提下，取样和测定之间的是时间限制。

- 6.12 运输和贮存的条件（清洁条件、有无异味、运输方式、物理条件、防雨性能）。
- 6.13 货物外观均匀一致性，受潮和残损的比例。
- 6.14 货物清洁程度。
- 6.15 包装的类型和质量。
- 6.16 货物的内在温度（或运输和贮存的温度）
- 6.17 冷冻方式运输，冰的用量和鼓风机的机械条件。
- 6.18 冬季包装的条件和质量
- 6.19 批量货物包装的质量
- 6.20 取样期间现场的利益双方的名称或别名
- 6.21 实验室样品编号
- 6.22 取样人姓名

除了本标准所列的清单，取样报告还应包括所应用技术。

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局、中国国家标准化管理委员会发布

附录四

《食品安全国家标准》

食品添加剂使用标准	GB 2760-2014
食品中真菌毒素限量	GB 2761-2017
食品中农药最大残留量	GB 2763-2016
酱腌菜	GB 2714-2015
食品添加剂 苋菜红	GB 4479.1-2010
食品添加剂 柠檬黄	GB 4481.1-2010
食品添加剂 日落黄	GB 6227.1-2010
食品添加剂 硝酸钾	GB 29213-2012
食品添加剂 磷酸	GB 1886.15-2015
食品添加剂 糖精钠	GB 1886.18-2015
食品添加剂 甜蜜素	GB 1886.37-2015
有机农药残留的测定 气相色谱—质谱法	GB 23200.93-2016
植物性食品中稀土元素的测定	GB 5009.94-2012
食品中镉的测定	GB 5009.15-2014
食品中总砷及无机砷的测定	GB 5009.11-2014
食品中锡的测定	GB 5009.16-2014
食品中总汞及有机汞的测定	GB 5009.17-2014
食品中镉的测定	GB 5009.139-2014
食品添加剂中重金属限量试验	GB 5009.74-2014
食品中铅的测定	GB 5009.12-2017
食品中铜、镍的测定	GB 5009.13-2017 GB 5009.138-2017
食品中镁、锰的测定	GB 5009.241-2017 GB 5005.242-2017
食品中二氧化硫的测定	GB 5009.34-2016
水果、蔬菜及其制品中甲酸的测定	GB 5009.232-2016
食品中多种磷酸盐的测定	GB 5009.256-2016

食品中放射性物质检验 总则	GB 14883.1-2016
食品中微生物学检验 总则	GB 4789.1-2010
食品微生物学检验 菌落总数测定	GB4789.2-2010
食品微生物学检验 大肠菌群计数	GB 4789.3-2010
沙门氏菌检验	GB4785.4-2010
金黄色菊菌球菌检验	GB4789.10-2010
霉菌和酵母菌计数	GB 4789.15-2010
志贺氏菌检验	GB4789.5-2012
乳酸菌检验	GB4789.35-2010
商业无菌检验	GB 4789.26-2013
水果和蔬菜中 500 种农药及相关化学品残留量的测定 气相色谱—质谱法	GB 23200.81-2016
食品中二缩甲酰亚胺类农药残留量的测定 气相色谱—质谱法	GB 23200.71-2016

备注：详见中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会官网—食品安全国家标准。

资料来源：中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会官网

附录五

《中华人民共和国食品安全法》

在《中华人民共和国食品安全法》第二十六条中，食品安全标准应当包括下列内容：

（一）食品、食品相关产品中的致病性微生物、农药残留、兽药残留、重金属、污染物质以及其他危害人体健康物质的限量规定；

（二）食品添加剂的品种、使用范围、用量；

（三）专供婴幼儿和其他特定人群的主辅食品的营养成分要求；

（四）对与食品安全、营养有关的标签、标识、说明书的要求；

（五）食品生产经营过程的卫生要求；

（六）与食品安全有关的质量要求；

（七）食品检验方法与规程；

（八）其他需要制定为食品安全标准的内容。

附录六

蔬菜安全监测的项目

(1) 农药残留

甲胺磷	氧化乐果	甲拌磷	对硫磷	甲基对硫磷	甲基异柳磷
敌敌畏	毒死蜱	乙酰甲胺磷	三唑磷	氯氰菊酯	氰戊菊酯
甲氰菊酯	灭多威	克百威	甲萘威	氟虫腈	啉虫脒
阿维菌素	多菌灵	吡虫啉	啉菌酯	五氯硝基苯	三唑酮
水胺硫磷	百菌清	异菌脲	乙烯菌核利	哒螨灵	二甲戊乐灵
咪鲜胺	杀螟硫磷	二嗪磷	甲萘威	灭幼脲	苯醚甲环唑

注：同 2017 年深圳市食用农产品种植业安全监测项目

(2) 添加剂、非法添加剂

亚硝酸盐	山梨酸	苏丹红	日落黄	亮兰
硝酸盐	苯甲酸	安赛蜜	柠檬黄	谷氨酸钠
磷酸盐	对羟基苯甲酸酯	糖精钠	苋菜红	呈味核苷酸二钠
二氧化硫	过氧化苯甲酰	甜蜜素	胭脂红	呈味核苷酸钠
脱氢乙酸	丙酸钙、丙酸钠	荧光物质	碱性橙	
富马酸二甲酯	三聚氰胺	硼酸、硼砂	溴酸钾	

(3) 微生物与生物毒素

大肠菌群	霉菌与酵母菌	志贺菌	沙门氏菌	黄曲霉毒素 B1
菌落总数	金黄色葡萄球菌	乳酸菌计数	商业无菌	黄曲霉毒素 M1

(4) 重金属

铅	铬	镉	汞	砷
镍	锡	钾	锰	钴