DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20251103001
引用格式: 王燕燕, 李燕, 张玉华, 等. 2017—2025 年广州市售鸡蛋中兽药残留状况及膳食暴露风险评估[J]. 食品安全质量检测学报, 2026, 17(6): 68–78.
WANG YY, LI Y, ZHANG YH, *et al*. Assessment on residues and dietary exposure risk of veterinary drugs in eggs sold in Guangzhou in 2017—2025 [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2026, 17(6): 68–78. (in Chinese with English abstract).

2017—2025 年广州市售鸡蛋中兽药残留状况及膳食暴露风险评估

王燕燕, 李　燕, 张玉华, 刘　览, 黄　婕, 覃钰婷, 张维蔚*
[广州市疾病预防控制中心(广州市卫生监督所), 广州　510440]

摘　要: 目的　调查广州市售鸡蛋中兽药残留污染现状, 评估不同年龄段居民的膳食暴露风险。**方法**　2017—2025 年在广州市 11 个行政区的农贸市场、常规超市、生鲜超市及网店随机采集 642 份鸡蛋样品, 采用液相色谱-串联质谱法检测 6 类 23 种兽药残留。基于非参数的概率评估方法, 结合当地居民鸡蛋消费量数据, 采用危害商(hazard quotient, HQ)法评估膳食暴露风险。**结果**　广州市售鸡蛋中兽药残留总体检出率为 24.92% (160/642), 总体超标率为 10.28% (66/642)。检出率前 3 位为强力霉素(8.89%, 56/630)、五氯酚酸钠(5.72%, 27/472)和土霉素(5.56%, 35/630); 超标率前 3 位为五氯酚酸钠(5.72%, 27/472)、甲硝唑(2.18%, 14/642)和氟苯尼考(以氟苯尼考和氟苯尼考胺之和计, 1.79%, 10/560)。此外, 分别有 6.07% (39/642)和 1.87% (12/642)的样品存在 2 种及以上兽药残留同时检出、超标的情况。农贸市场鸡蛋的总体超标率(11.24%, 19/169)显著高于网店(2.94%, 4/136) (P<0.05); 散装鸡蛋的总体超标率(11.79%, 50/424)显著高于预包装(6.90%, 14/203) (P=0.001)。膳食暴露风险评估结果显示, 所有检出兽药的 HQ 值均远低于 1, 风险在可接受范围内。3~6 岁儿童的暴露水平及健康风险相对较高, 需重点关注。**结论**　广州市售鸡蛋兽药残留总体风险可控, 膳食暴露健康风险处于可接受水平。建议监管部门重点关注农贸市场和散装鸡蛋兽药残留, 同时加强家禽养殖过程中用药规范的宣传教育。

关键词: 鸡蛋; 兽药残留; 膳食暴露; 风险评估

Assessment on residues and dietary exposure risk of veterinary drugs in eggs sold in Guangzhou in 2017—2025

WANG Yan-Yan, LI Yan, ZHANG Yu-Hua, LIU Lan, HUANG Jie,
QIN Yu-Ting, ZHANG Wei-Wei*
[*Guangzhou Center for Disease Control and Prevention* (*Guangzhou Health Supervision Institute*), *Guangzhou* 510440, *China*]

收稿日期: 2025-11-03
基金项目: 广州市卫生健康科技项目(20251A011061); 广州市科技计划项目(2024A03J0413, 2023A03J0935); 广州市医学重点学科建设项目(2025 2027-12)
第一作者: 王燕燕(1990—), 女, 硕士, 副主任医师, 主要研究方向为食品安全风险监测与评估。E-mail: wangyy13213845@163.com
***通信作者:** 张维蔚(1980—), 女, 硕士, 主任医师, 主要研究方向为食品安全风险监测与评估。E-mail: 249726849@qq.com

ABSTRACT: Objective　To investigate the current contamination status of veterinary drug residues in eggs sold in Guangzhou and assess the dietary exposure risks of different age groups. **Methods**　From 2017 to 2025, a total of 642 egg samples were randomly collected from farmers' markets, conventional supermarkets, fresh food supermarkets and online stores in a total of 11 administrative districts of Guangzhou City. Liquid chromatography-tandem mass spectrometry was used to detect 23 kinds of veterinary drugs residues in 6 categories. Based on non-parametric probabilistic assessment method and combined with local residents' egg consumption data, the dietary exposure risk was assessed using the hazard quotient (HQ) method. **Results**　The overall detection rate of veterinary drug residues in eggs sold in Guangzhou was 24.92% (160/642), with an overall exceedance rate of 10.28% (66/642). The top 3 veterinary drugs in terms of the detection rates were doxycycline (8.89%, 56/630), sodium pentachlorophenolate (5.72%, 27/472) and oxytetracycline (5.56%, 35/630). The top 3 veterinary drugs in terms of the exceedance rates were sodium pentachlorophenolate (5.72%, 27/472), metronidazole (2.18%, 14/642) and florfenicol (based on the sum of florfenicol and florfenicol amine, 1.79%, 10/560). Additionally, simultaneous detection and exceedance of 2 or more veterinary drug residues were found in 6.07% (39/642) and 1.87% (12/642) of the samples, respectively. The overall exceedance rate in eggs from farmers' markets (11.24%, 19/169) was significantly higher than that from online stores (2.94%, 4/136) (P<0.05). The overall exceedance rate in bulk eggs (11.79%, 50/424) was significantly higher than that in pre-packaged eggs (6.90%, 14/203) (P=0.001). The dietary exposure assessment results showed that the HQ values for all detected veterinary drugs were far below 1, indicating that the risks were within an acceptable range. Notably, children aged 3–6 years exhibited relatively higher exposure levels and health risks, which required special attention. **Conclusion**　The overall risk of veterinary drug residues in eggs sold in Guangzhou is controllable and the health risk of dietary exposure remains at an acceptable level. It is recommended that regulatory authorities prioritize the monitoring of veterinary drug residues in eggs sold in farmers' markets and bulk eggs, while simultaneously strengthening education and awareness campaigns regarding the standardized use of veterinary drugs in poultry farming.

KEY WORDS: eggs; veterinary drug residues; dietary exposure; risk assessment

0　引　言

鸡蛋作为优质且经济的蛋白质来源, 含有人体必需氨基酸、维生素及矿物质, 是我国城乡居民饮食的重要组成部分, 其安全性关系到人民的身体健康[1–2]。近年来, 我国蛋鸡养殖业规模化程度快速提升。从养殖规模看, 2023 年蛋鸡存栏 1~5 万只的养殖场(户)所占比例增至 40.4%[3]。然而, 高密度养殖导致疾病传播风险增加, 兽药成为控制蛋鸡疾病、保障产蛋量的重要手段[4–5]。然而, 部分养殖场存在违规使用禁用药物、未严格执行休药期、超剂量使用等问题, 导致鸡蛋中兽药残留超标现象频发[6–11]。已有研究表明, 长期通过食物链摄入低剂量的兽药残留, 可能引起慢性中毒、过敏反应, 引发多重耐药菌进化风险, 并可能干扰细胞代谢, 存在致畸、致癌等潜在风险[1,6,12–17]。

从全国范围看, 市售鸡蛋中兽药残留问题具有普遍性, 但地域差异显著。罗莎等[5]对天津市 2016—2021 年 375 份市售鸡蛋样品中 27 种兽药残留量进行分析, 结果显示检出率为 32.27%, 不合格率为 29.33%。侯学文等[7]对 2021 年山东省市售 130 份鸡蛋中 15 种抗生素残留监测结果进行分析后发现, 检出率为 10%, 超标率为 6.9%。张元群等[18]对 2024 年重庆巴南区 208 份鸡蛋样品中 15 种兽药残留进行分析发现, 检出率为 8.65%, 不合格率为 0.96%。与上述地区相比, 广州市作为华南地区禽蛋消费和流通枢纽, 鸡蛋供应链涵盖本地散养、规模化养殖及外地调运等多渠道, 且地处亚热带湿润气候区, 高温高湿环境可能加剧蛋鸡疾病发生与用药需求, 但目前针对该地区市售鸡蛋兽药残留的长期系统监测及分析人群暴露评估研究报道较少。

为了解广州市售鸡蛋中兽药残留现状及人群的健康风险, 本研究于 2017—2025 年对广州市 11 个行政区市售鸡蛋开展监测, 采样地点覆盖农贸市场、常规超市、生鲜超市、网店等 4 类流通场所, 监测项目包括喹诺酮类、四环素类等 6 类 23 项兽药残留, 结合不同年龄段居民鸡蛋消费量数据, 采用危害商(hazard quotient, HQ)法评估膳食暴露风险, 以明确广州市售鸡蛋兽药残留污染特征、重点风险因子及敏感人群, 为监督监管部门制定针对性监管措施、保障居民饮食安全提供科学依据。

1　材料与方法

1.1　样品来源

2017 年 4 月至 2025 年 5 月, 在广州市 11 个行政区的

常规超市、生鲜超市、农贸市场、网店等流通环节采集市售鸡蛋样品 642 份。采样点的选择综合考虑行政区内各场所的数量、覆盖人群、消费规模及地理位置等, 选择当地居民的主要购买场所, 以消费者身份进行采样, 以保障样品的代表性。

1.2 检测方法

按照《国家食品污染物和有害因素风险监测工作手册》中推荐的鸡蛋中兽药和违禁药物残留检测方法液相色谱-串联质谱法进行检测。监测项目共 23 项, 包括 11 种喹诺酮类药物(氧氟沙星、诺氟沙星、培氟沙星、洛美沙星、恩诺沙星、环丙沙星、达氟沙星、二氟沙星、沙拉沙星、氟甲喹、噁喹酸)、4 种四环素类药物(四环素、金霉素、土霉素、强力霉素)、3 种禁用抗病毒药物(金刚烷胺、金刚乙胺、利巴韦林)、2 种禁用药物(氯霉素、五氯酚酸钠)、2 种酰胺醇类药物(氟苯尼考、氟苯尼考胺)、1 种硝基咪唑类药物(甲硝唑)。方法检出限(limit of detection, LOD)为 0.03~5.00 μg/kg。根据 GB 31650—2019《食品安全国家标准 食品中兽药最大残留限量》、GB 31650.1—2022《食品安全国家标准 食品中 41 种兽药最大残留限量》、中华人民共和国农业部公告第 2292 号[19]、中华人民共和国农业部公告第 235 号[20]等中关于鸡蛋的相关限量标准进行超标判定; 结合每日允许摄入量(acceptable daily intake, ADI)对居民经鸡蛋摄入该兽药的健康风险进行评价。详见表 1。

1.3 消费量数据

鸡蛋的消费量调查数据来源于 2011 年广州地区居民反式脂肪酸摄入量的调查结果。按照《中国居民营养与健康状况监测工作手册》要求, 采用多阶段分层随机抽样的方法在广州市抽取 7 个行政区 1000 户家庭, 共约 3000 人, 开展连续 3d (24 h 膳食回顾)调查, 从而获得居民各类食物的消费量数据[23–25]。经计算, 3~6 岁人群鸡蛋平均消费量和标准偏差为(34.26±30.94) g/d, 7~17 岁为(31.92±33.14) g/d, 18~59 岁为(31.26±31.70) g/d, 60 岁及以上为(29.80±26.66) g/d, 全人群为(31.60±31.69) g/d。

1.4 暴露量估计

通过公式(1)计算通过鸡蛋摄入某种兽药残留的暴露量:

$$\mathrm{EDI}=\frac{F\times C_i\times f}{W} \tag{1}$$

式中: EDI 为每日通过鸡蛋摄入某种兽药残留的膳食暴露量(estimated daily intake), μg/(kg • bw); F 为鸡蛋每日摄入量, kg/d; C_i 表示鸡蛋中有检出的兽药 i 的残留量, μg/kg; W 为各年龄段平均体重, kg (3~6 岁人群为 20 kg, 7~17 岁为 40 kg, 18~59 岁为 62 kg, 60 岁及以上、全人群均为 60 kg[26]); f 为加工处理因子, 按照国际通用做法, 默认为 1。

根据食品中低水平污染可靠性评价原则, 对于检测结果小于 LOD 的数据按未检出计。当未检出率大于 60%时, 检测结果低于 LOD 的按 LOD 计[27]。本研究中各种兽药残留未检出率均大于 60%, 检测结果低于 LOD 的按 LOD 计[18]。

1.5 暴露风险评估

采用 HQ 法, 对广州市售鸡蛋中已建立 ADI 标准且实际有检出的兽药残留, 开展膳食暴露风险评估。根据公式(2)进行计算:

$$\mathrm{HQ}=\frac{\mathrm{EDI}}{\mathrm{ADI}} \tag{2}$$

当 HQ≤1 时, 表明该兽药残留的食品安全风险可接受, 数值越小风险越低; 当 HQ>1, 表明该兽药残留的食品安全风险超过可接受限度, 数值越大风险越大[18]。参考 GB 31650—2019、GB 31650.1—2022 中推荐的兽药 ADI 进行计算, 详见表 1。

1.6 数据处理

采用 WPS Office 2025 软件对数据进行整理, 使用 R 软件(版本 4.2.3)进行数据分析。采用 Monte Carlo 模拟进行概率评估。使用 R 软件, 设定模拟次数为 10000 次。对鸡蛋消费量数据, 按年龄组拟合正态分布进行抽样; 对兽药残留浓度, 使用基于检出数据的经验分布进行抽样。通过模拟两种不确定性来源的联合分布, 对检出兽药的暴露量及暴露风险进行计算。因各年度监测项目及检出限存在波动, 为保证各采样地点鸡蛋兽药残留检出率、超标率的可比性, 筛选出同时覆盖所有采样地点年份的数据进行对比分析; 为保证不同包装类型鸡蛋兽药残留检出率、超标率的可比性, 筛选出同时覆盖不同包装类型年份的数据进行对比分析。采用卡方检验对不同采样地点和包装类型鸡蛋中兽药残留的总体检出率和总体超标率进行比较。所有检验均基于独立的样本观测值(各分组样本量详见结果部分)。若不同采样地点间的整体比较存在显著性差异, 则采用基于 Bonferroni 校正的两两比较进行事后检验。所有检验均为双侧, 检验水准 α=0.05, P<0.05 为差异有统计学意义。

2 结果与分析

2.1 鸡蛋中药物残留总体情况

2017—2025 年在广州市 11 个行政区共采集市售鸡蛋样品 642 份, 开展 6 类 23 种兽药残留的监测。采样地点覆盖农贸市场 218 份(33.96%)、常规超市 201 份(31.31%)、网店 136 份(21.18%)、生鲜超市 87 份(13.55%)。642 份样品总体检出率为 24.92% (160/642), 检出率前 3 位的依次为强力霉素(8.89%, 56/630)、五氯酚酸钠(5.72%, 27/472)、土霉素(5.56%, 35/630), 检出率范围为 0.92%~8.89%。总

体超标率为 10.28% (66/642), 表明兽药残留超标是广州市售鸡蛋消费中一个值得关注的食品安全问题。超标率前 3 位的依次为禁用药物五氯酚酸钠(5.72%, 27/472)、允许做治疗用但不得检出的甲硝唑(2.18%, 14/642)、限量药物氟苯尼考(以氟苯尼考和氟苯尼考胺之和计, 1.79%, 10/560), 超标率范围为 0.78%~5.72%, 反映了养殖环节中违规使用禁用药物和未严格遵守休药期是导致残留超标的主要原因。

表 1　鸡蛋中兽药残留限量标准

Table 1　Standards for the limit of veterinary drug residues in eggs

监测项目		限量标准/(μg/kg)	ADI[a]/[μg/(kg • bw)]	限量标准来源
喹诺酮类	氧氟沙星	2017—2022 年停止使用; 2023—2025 年不超过 2	5.0	农业部公告第 2292 号[19]; GB 31650.1—2022
	培氟沙星	2017—2022 年停止使用; 2023—2025 年不超过 2	-	农业部公告第 2292 号[19]; GB 31650.1—2022
	诺氟沙星	2017—2022 年停止使用; 2023—2025 年不超过 2	14.0	农业部公告第 2292 号[19]; GB 31650.1—2022
	洛美沙星	2017—2022 年停止使用; 2023—2025 年不超过 2	25.0	农业部公告第 2292 号[19]; GB 31650.1—2022
	恩诺沙星 环丙沙星	2017—2022 年产蛋期禁用; 2023—2025 年不超过 10(以之和计)	6.2	农业部公告第 235 号[20]; GB 31650—2019; GB 31650.1—2022
	达氟沙星	2017—2019 年无; 2020—2022 年产蛋期禁用; 2023—2025 年不超过 10	20.0	农业部公告第 235 号[20]; GB 31650—2019; GB 31650.1—2022
	二氟沙星	2017—2019 年无; 2020—2022 年产蛋期禁用; 2023—2025 年不超过 10	10.0	农业部公告第 235 号[20]; GB 31650—2019; GB 31650.1—2022
	沙拉沙星	2017—2019 年无; 2020—2022 年产蛋期禁用; 2023—2025 年不超过 5	0.3	农业部公告第 235 号[20]; GB 31650—2019; GB 31650.1—2022
	氟甲喹	2017—2019 年无; 2020—2022 年产蛋期禁用; 2023—2025 年不超过 10	30.0	农业部公告第 235 号[20]; GB 31650—2019; GB 31650.1—2022
	噁喹酸	2017—2019 年≤50; 2020—2022 年产蛋期禁用; 2023—2025 年不超过 10	2.5	农业部公告第 235 号[20]; GB 31650—2019; GB 31650.1—2022
禁用抗病毒药	金刚烷胺	禁止使用	-	农业部公告第 560 号[21]
	金刚乙胺	禁止使用	-	农业部公告第 560 号[21]
	利巴韦林	禁止使用	-	农业部公告第 560 号[21]
四环素类	金霉素	2017—2019 年不超过 200; 2020—2025 年不超过 400	30.0	农业部公告第 235 号[20]; GB 31650—2019
	土霉素	2017—2019 年不超过 200; 2020—2025 年不超过 400	30.0	农业部公告第 235 号[20]; GB 31650—2019
	四环素	2017—2019 年不超过 200; 2020—2025 年不超过 400	30.0	农业部公告第 235 号[20]; GB 31650—2019
	强力霉素	2017—2022 年产蛋期禁用; 2023—2025 年不超过 10	3.0	农业部公告第 235 号[20]; GB 31650—2019; GB 31650.1—2022
禁用药物	氯霉素	禁止使用	-	农业部公告第 235 号[20]; 农业农村部公告第 250 号[22]
	五氯酚酸钠	禁止使用	-	农业部公告第 235 号[20]; 农业农村部公告第 250 号[22]
酰胺醇类	氟苯尼考 氟苯尼考胺	2017—2022 年产蛋期禁用; 2023—2025 年不超过 10(以之和计)	3.0	农业部公告第 235 号[20]; GB 31650—2019; GB 31650.1—2022
硝基咪唑类	甲硝唑	不得检出	-	农业部公告第 235 号[20]; GB 31650—2019

注: [a]来源于最新的标准推荐; -表示暂无 ADI 推荐值。

鸡蛋样品中存在多种检出和多重超标的情况。642 份样品中共有 39 份(6.07%)同时检出 2 种及以上兽药残留，有 6 份(0.93%)同时检出 5 种兽药(均为喹诺酮类抗菌药)，强力霉素常和其他兽药同时检出。从超标情况看，共有 1.87% (12/642)的样品存在 2 种兽药同时超标的情况，恩诺沙星(以恩诺沙星和环丙沙星之和计)为多重超标组合中最多见的项目。这提示养殖过程中可能存在多种兽药联合使用的情况，增加了人体复合暴露的健康风险，其联合毒性效应值得进一步关注。

由表 2 可见，禁用药物五氯酚酸钠检出值范围为 1.11~27.00 μg/kg，均值为 1.17 μg/kg，$P_{97.5}$ 为 2.46 μg/kg；允许做治疗用，但不得检出的甲硝唑检出率和超标率均为 2.18%，检出值范围为 0.51~560.00 μg/kg，均值为 2.00 μg/kg。值得关注的是，部分样品中个别药物残留浓度极高：氧氟沙星的最大检出值(650.00 μg/kg)为国家限量值(2 μg/kg)的 325 倍；不得检出甲硝唑最大检出值为 560.00 μg/kg；禁用抗病毒药利巴韦林的最大检出值为 230.00 μg/kg；恩诺沙星的最大检出值为 1003.00 μg/kg，为国家限量值(10 μg/kg)的 100 余倍。这些极端数据揭示了少数养殖户存在严重的违规用药行为，构成了突出的局部风险点，是监督监管和风险交流的重点。

2.2 不同采样地点鸡蛋中兽药残留特征

对同时覆盖 4 类采样地点的年份数据，即 2020—2025 年共 545 份鸡蛋样品进行对比分析。其中，农贸市场 169 份(31.01%)、常规超市 153 份(28.07%)、网店 136 份(24.95%)、生鲜超市 87 份(15.96%)。共开展监测项目 16 种，包括氟苯尼考、氟苯尼考胺、恩诺沙星、环丙沙星、氧氟沙星、培氟沙星、诺氟沙星、洛美沙星、强力霉素、土霉素、甲硝唑、五氯酚酸钠、氯霉素、金刚烷胺、金刚乙胺、利巴韦林。

表 2 2017—2025 年广州市售鸡蛋中兽药残留现状(n=642)

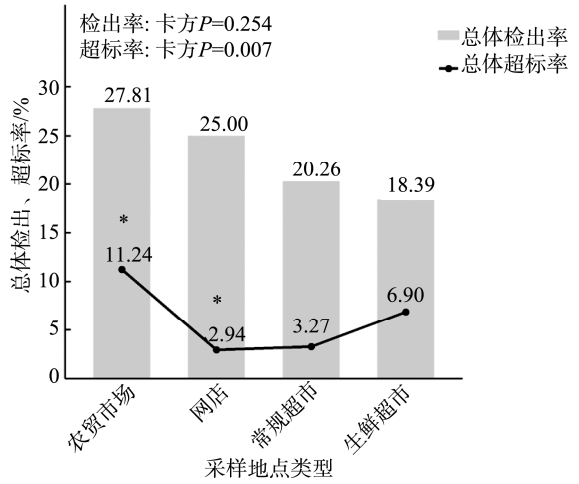
Table 2 Current situation of veterinary drug residues in eggs sold in Guangzhou City from 2017 to 2025 (n=642)

监测项目		样品数/份	检出值范围/(μg/kg)	检出率/%(n)	超标率/%(n)	检测值/(μg/kg)			
						均值	中位数	P_{75}	$P_{97.5}$
喹诺酮类抗菌药	恩诺沙星	642	0.32~1003.00	4.21 (27)	1.56 (10)	5.92	0.99	4.00	6.00
	环丙沙星	642	0.44~30.00	1.56 (10)					
	氧氟沙星	642	0.31~650.00	2.49 (16)	0.78 (5)	2.16	0.37	2.00	3.00
	培氟沙星	627	0.44~1.61	1.12 (7)	0 (0)	1.08	0.30	2.00	3.00
	诺氟沙星	642	0.45~1.02	1.25 (8)	0 (0)	1.08	0.30	2.00	3.00
	洛美沙星	642	ND	0 (0)	0 (0)	-	-	-	-
	达氟沙星	82	ND	0 (0)	0 (0)	-	-	-	-
	二氟沙星	82	ND	0 (0)	0 (0)	-	-	-	-
	沙拉沙星	82	ND	0 (0)	0 (0)	-	-	-	-
	氟甲喹	82	ND	0 (0)	0 (0)	-	-	-	-
	噁喹酸	82	ND	0 (0)	0 (0)	-	-	-	-
禁用抗病毒药	金刚烷胺	217	ND	0 (0)	0 (0)	-	-	-	-
	金刚乙胺	135	ND	0 (0)	0 (0)	-	-	-	-
	利巴韦林	217	71.80~230.00	0.92 (2)	0.92 (2)	3.07	1.50	2.00	5.00
四环素类抗菌药	强力霉素	630	0.30~242.00	8.89 (56)	1.59 (10)	2.42	1.00	2.00	5.00
	土霉素	630	0.30~28.90	5.56 (35)	0 (0)	1.46	1.00	2.00	5.00
	四环素	85	ND	0 (0)	0 (0)	-	-	-	-
	金霉素	85	ND	0 (0)	0 (0)	-	-	-	-
禁用药物	五氯酚酸钠	472	1.11~27.00	5.72 (27)	5.72 (27)	1.17	1.00	1.00	2.46
	氯霉素	130	ND	0 (0)	0 (0)	-	-	-	-
酰胺醇类抗菌药	氟苯尼考	560	0.14~206.00	1.96 (11)	1.79 (10)	3.44	2.00	2.00	7.00
	氟苯尼考胺	560	1.30~171.00	3.21 (18)					
硝基咪唑类药物	甲硝唑	642	0.51~560.00	2.18 (14)	2.18 (14)	2.00	0.50	0.50	0.50
合计		642		24.92 (160)	10.28 (66)				

注：P_{75} 代表第 75 百分位数；$P_{97.5}$ 代表第 97.5 百分位数；ND 代表未检出(not detected)；-表示数据量不足，无法计算。

2.2.1　不同采样地点鸡蛋兽药残留总体检出及超标情况

由图 1 可见, 农贸市场鸡蛋兽药残留总体检出率、总体超标率均最高, 分别为 27.81% (47/169)、11.24% (19/169); 生鲜超市总体检出率最低, 为 18.39% (16/87); 网店鸡蛋总体超标率最低, 为 2.94% (4/136)。不同采样地点检出率差异无统计学意义(P=0.254), 超标率差异有统计学意义(P=0.007)。进一步两两比较发现农贸市场鸡蛋兽药残留总体超标率显著高于网店(P<0.05)。



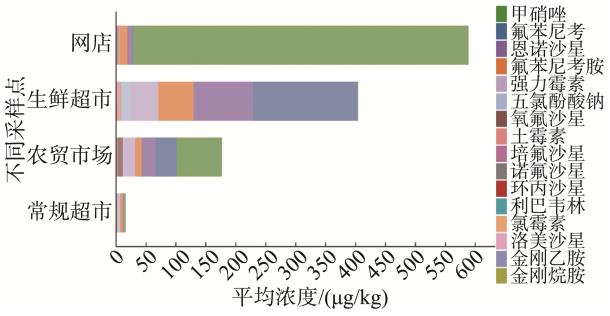
注: 数据仅包含各采样地点均同时涉及的样品及兽药; *代表 P<0.05, 显著性基于 Bonferroni 校正的两两比较。

图 1　不同采样地点鸡蛋兽药残留总体检出及超标分析(n=545)

Fig.1　Overall detection and over-limit analysis of veterinary drug residues in eggs at different sampling locations (n=545)

2.2.2　不同采样地点鸡蛋兽药残留组成及浓度水平

如图 2 所示, 进一步对不同采样地点鸡蛋兽药残留的组成和平均浓度进行分析后发现, 洛美沙星、金刚烷胺、金刚乙胺、利巴韦林、氯霉素在各采样地点鸡蛋中均未检出, 五氯酚酸钠除在网店未检出外, 其余 10 种兽药在各类采样场所中均有检出。其中, 网店鸡蛋以甲硝唑残留浓度最高, 为 560.00 μg/kg, 其余各兽药残留浓度均处于相对较低水平; 生鲜超市鸡蛋以氟苯尼考残留浓度最高, 为 174.00 μg/kg, 其次为恩诺沙星(99.73 μg/kg)、氟苯尼考胺(59.11 μg/kg)和强力霉素(46.90 μg/kg)等; 农贸市场鸡蛋以甲硝唑残留浓度最高(75.45 μg/kg), 氟苯尼考残留位列第 2 (35.39 μg/kg), 恩诺沙星残留为第 3 (23.21 μg/kg); 常规超市鸡蛋各项兽药残留浓度均较低, 氟苯尼考胺残留浓度最高, 为 4.85 μg/kg。



注: 图中数据仅包含各采样地点均同时涉及的样品及兽药。

图 2　不同采样地点鸡蛋兽药残留组成及平均浓度(n=545)

Fig.2　Composition and average concentration of veterinary drug residues in eggs at different sampling sites (n=545)

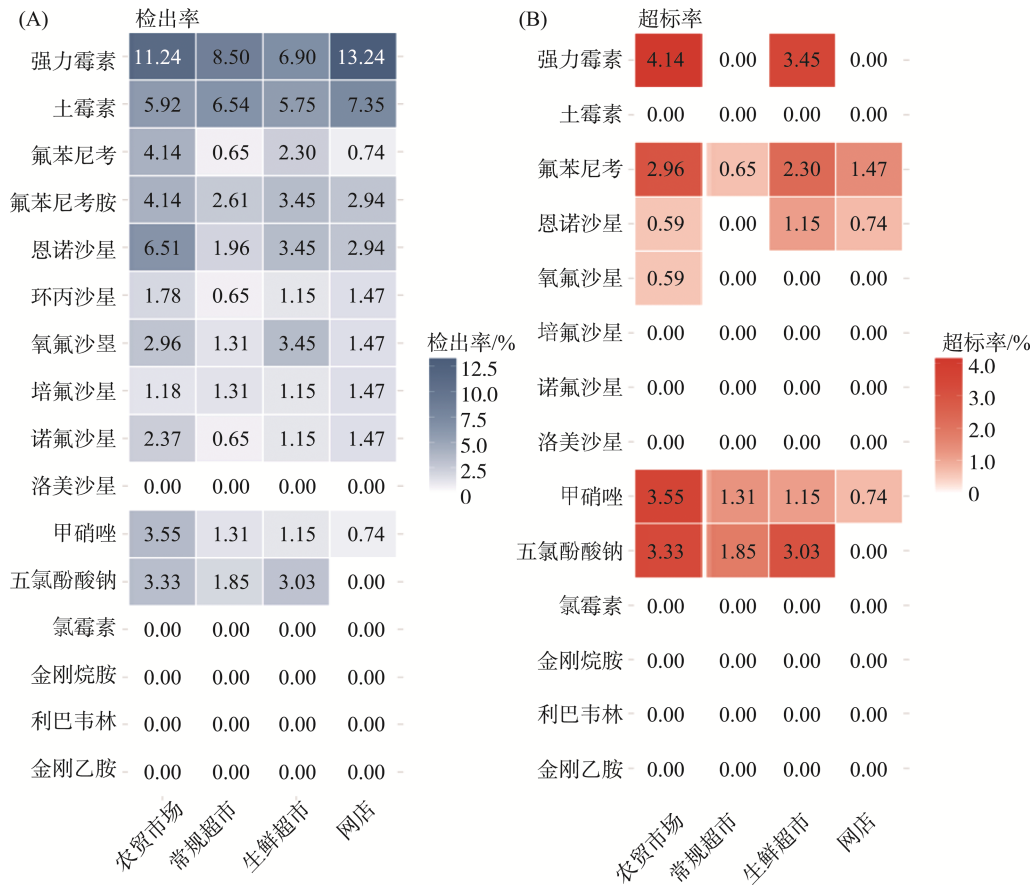
2.2.3　不同采样地点鸡蛋各兽药残留项目检出及超标情况

从图 3(A)可以看出, 除洛美沙星、氯霉素、金刚烷胺、利巴韦林、金刚乙胺在不同采样地点均未检出外, 其余兽药均有不同程度检出。各采样地点检出率最高的项目均为强力霉素, 其中网店检出率最高(13.24%, 18/136), 其次为农贸市场(11.24%, 19/169), 常规超市位列第 3 (8.50%, 13/153), 生鲜超市检出率最低(6.90%, 6/87)。这一趋势提示, 不同零售渠道的鸡蛋供应链在药物使用管理上存在差异。在常规超市、生鲜超市、网店中, 检出率第 2 位的均为土霉素, 而在农贸市场为恩诺沙星, 土霉素位列第 3。农贸市场恩诺沙星检出率相对较高, 可能反映了该渠道禽类治疗中使用喹诺酮类药物的情况更为普遍。从整体来看, 农贸市场兽药检出情况较为严重, 大部分兽药的检出率均较高, 其次为生鲜超市, 常规超市相对较低。这表明, 传统农贸市场作为分散的销售终端, 其产品来源可能更为复杂, 质量控制与溯源难度更大, 因而成为兽药残留污染的风险聚集点。

各采样地点超标率最高的项目存在差异, 如图 3(B)。其中农贸市场鸡蛋超标项目数最多(6 项), 强力霉素超标率最高(4.14%), 其次为甲硝唑(3.55%), 五氯酚酸钠位列第 3 (3.33%), 恩诺沙星(以恩诺沙星和环丙沙星之和计)和氧氟沙星最低(0.59%); 生鲜超市鸡蛋超标项目为 5 项, 分别为强力霉素(3.45%)、五氯酚酸钠(3.03%)、氟苯尼考(以氟苯尼考和氟苯尼考胺之和计, 2.30%)、恩诺沙星(以恩诺沙星和环丙沙星之和计)和甲硝唑(均为 1.15%)。常规超市和网店的超标项目均为 3 项, 2 个地点除氟苯尼考(以氟苯尼考和氟苯尼考胺之和计)和甲硝唑均存在超标外, 常规超市还存在五氯酚酸钠超标, 网店为恩诺沙星(以恩诺沙星和环丙沙星之和计)超标。农贸市场与生鲜超市的超标项目更多、更复杂, 不仅涉及违规使用禁用药物(五氯酚酸钠), 也包含未遵守休药期导致的限用药物(如甲硝唑、恩诺沙星)超标, 这凸显了对这两类重点渠道进行多品类靶向监管的必要性。需关注的是, 氟苯尼考(以氟苯尼考和氟苯尼考胺之和计)和甲硝唑在所有采样地点均存在超标, 提示该类兽药的滥用或不当使用在当前养殖环节中可能是一个系统性、跨渠道的问题, 应作为源头治理的优先干预目标。

2.3　不同包装类型鸡蛋中兽药残留特征

除 2019 年均为散装鸡蛋外, 其余年份均同时包括散装和预包装, 共计 627 份鸡蛋样品, 其中散装 424 份, 预包装 203 份, 开展全部 23 项兽药残留的监测。



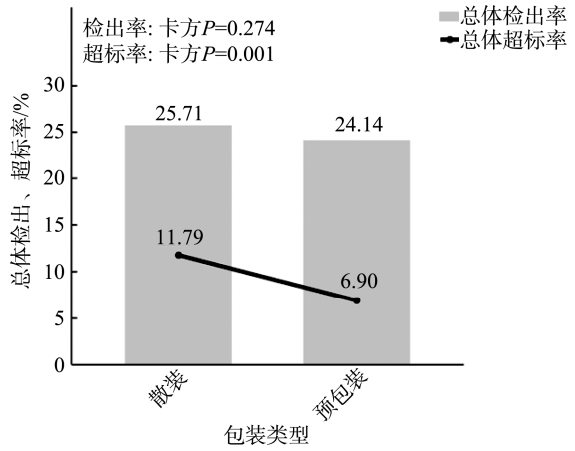
注：数据仅包含各采样地点均同时涉及的样品及兽药；在超标率分析中，氟苯尼考为氟苯尼考和氟苯尼考胺之和，恩诺沙星为恩诺沙星和环丙沙星之和。

图 3 不同采样地点鸡蛋各兽药残留检出(A)与超标(B)情况(n=545)

Fig.3 Detection (A) and over-limit (B) situations of various veterinary drug residues in eggs at different sampling sites (n=545)

2.3.1 不同包装类型鸡蛋兽药残留总体检出及超标情况

如图 4 所示，散装鸡蛋的总体检出率(25.71%, 109/424)与预包装(24.14%, 49/203)相比无显著性差异(P=0.274)；而超标率存在显著差异(P=0.001)，散装鸡蛋(11.79%, 50/424)显著高于预包装(6.90%, 14/203)。



注：数据仅包含各种包装类型均同时涉及的样品及兽药。

图 4 不同包装类型鸡蛋兽药残留总体检出及超标分析(n=627)

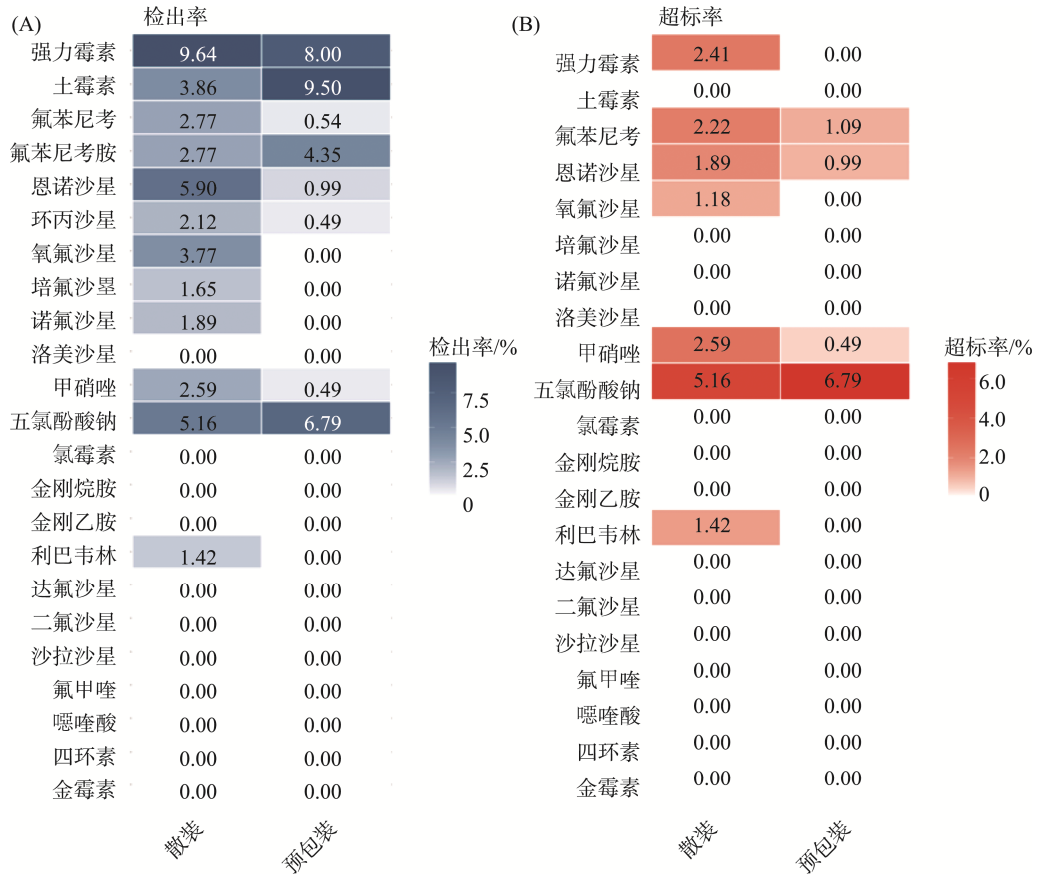
Fig.4 Overall detection and over-limit analysis of veterinary drug residues in eggs at different packaging types (n=627)

2.3.2 不同包装类型鸡蛋各兽药残留项目检出及超标情况

从图 5 可以看出，不同包装类型鸡蛋兽药残留检出项目存在明显差异，散装鸡蛋 23 种监测项目共检出 12 种，其中强力霉素检出率最高(9.64%, 40/415)，其次为恩诺沙星(5.90%, 25/424)，五氯酚酸钠位列第 3 (5.16%, 16/310)；预包装鸡蛋检出 8 种，其中，土霉素检出率最高(9.50%, 19/200)，其次为强力霉素(8.00%, 16/200)，第 3 位为五氯酚酸钠(6.79%, 11/162)。从超标情况看，散装鸡蛋超标兽药种类数(7 种)同样高于预包装(4 种)，除五氯酚酸钠预包装鸡蛋超标率高于散装外，其余项目均为散装超标情况更为严重。值得关注的是，不同包装类型鸡蛋中超标率最高的项目均为禁用药物五氯酚酸钠。

2.4 鸡蛋兽药残留膳食暴露情况

对检出的 12 种兽药残留的膳食暴露情况进行分析，结果发现 3~6 岁儿童所有兽药的 EDI 均高于其他年龄段，其次为 7~17 岁青少年，60 岁及以上人群大部分兽药的 EDI 处于各年龄最低暴露水平。在各年龄段，膳食暴露量最高的均为恩诺沙星(以恩诺沙星和环丙沙星之和计)；除 3~6 岁年

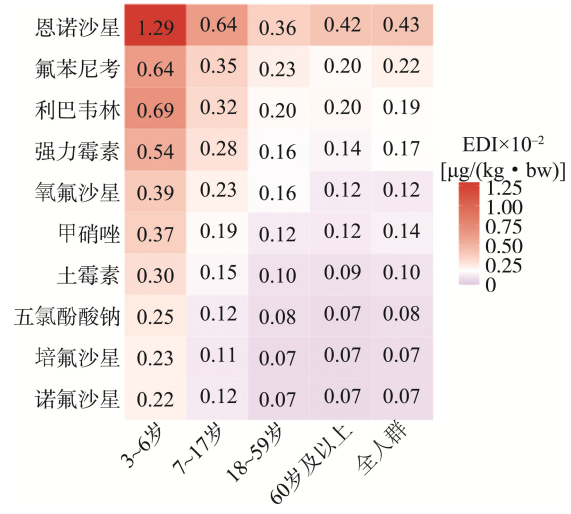


注: 数据仅包含各种包装类型均同时涉及的样品及兽药; 在超标率分析中, 氟苯尼考为氟苯尼考和氟苯尼考胺之和, 恩诺沙星为恩诺沙星和环丙沙星之和。

图 5　不同包装类型鸡蛋各兽药残留检出(A)与超标(B)情况(n=627)

Fig.5　Detection (A) and over-limit (B) situations of various veterinary drug residues in eggs at different packaging types (n=627)

龄段膳食暴露量第 2 位的为利巴韦林外, 其余年龄段均为氟苯尼考(以氟苯尼考和氟苯尼考胺之和计)。见图 6。



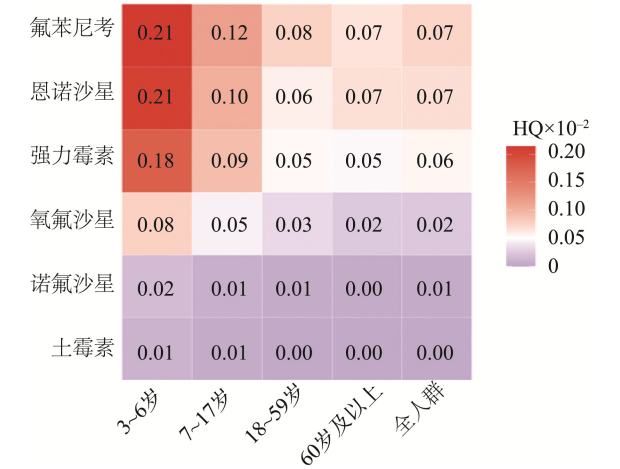
注: 数据仅包含实际检出的 12 种兽药; 图中氟苯尼考为氟苯尼考和氟苯尼考胺之和, 恩诺沙星为恩诺沙星和环丙沙星之和。

图 6　不同年龄段及总人群鸡蛋各兽药残留膳食暴露情况

Fig.6　Dietary exposure to veterinary drug residues in eggs among different age groups and the general population

2.5　鸡蛋兽药残留健康风险评估

对存在 ADI 且实际检出的 8 种兽药残留的健康风险进行评估。如图 7 所示, 3~6 岁年龄段人群除土霉素外,



注: 数据仅包含实际检出且有 ADI 的 8 种兽药; 图中氟苯尼考为氟苯尼考和氟苯尼考胺之和, 恩诺沙星为恩诺沙星和环丙沙星之和。

图 7　不同年龄段及总人群鸡蛋各兽药残留膳食暴露风险

Fig.7　Risk of dietary exposure to veterinary drug residues in eggs among different age groups and the general population

其余各类兽药的 HQ 均高于其他年龄段, 其中氟苯尼考(以氟苯尼考和氟苯尼考胺之和计)、恩诺沙星(以恩诺沙星和环丙沙星之和计)、强力霉素、氧氟沙星的 HQ 分别为 60 岁以上人群的 3.0 倍、3.0 倍、3.6 倍、4.0 倍; 60 岁及以上人群大部分兽药的 HQ 为各年龄段最低。所有年龄段人群的 HQ 均远远小于 1, 暴露风险在可接受范围内, 不会对人体造成健康损害, 但需重点关注 3~6 岁儿童的暴露风险。

3 结论与讨论

本研究对 2017—2025 年广州市售 642 份鸡蛋样品中的 23 种兽药残留进行监测。结果显示, 兽药残留的总体检出率为 24.92%, 超标率为 10.28%。共检出 12 种兽药, 7 种存在超标(含 2 种组合项目)。多重残留现象值得关注: 39 份样品同时检出 2 种及以上兽药残留, 其中 6 份同时检出 5 种兽药(均为喹诺酮类抗菌药), 强力霉素常和其他兽药同时检出; 12 份样品存在 2 种兽药同时超标, 恩诺沙星(以恩诺沙星和环丙沙星之和计)为多重超标组合中最多见的项目。整体而言, 广州市售鸡蛋兽药残留问题普遍存在, 但膳食暴露健康风险处于可接受水平, 质量安全总体可控, 监管挑战与风险点并存。

3.1 主要兽药残留特征及溯源分析

广州市售鸡蛋中检出和超标排名靠前的兽药包括强力霉素、五氯酚酸钠、土霉素、甲硝唑及氟苯尼考。强力霉素的检出率最高(8.98%), 与多地[2,5–6]报道相近, 提示其在蛋鸡养殖过程中的使用具有普遍性; 但广州地区的超标率(1.59%), 低于新疆[6]和天津[5]等地, 提示不同地区在强力霉素休药期执行或监管力度上存在地区差异。此外, 土霉素有检出(5.56%), 而其他 2 种四环素类兽药金霉素和四环素没有检出, 原因可能是强力霉素和土霉素的抗菌效果较好, 不良反应均比四环素轻, 所以更多的养殖户选择强力霉素和土霉素作为抗菌药[28]。

超标项目中, 五氯酚酸钠作为禁用药物, 超标率高达 5.72%, 显著高于天津市(0.72%)[5]。其来源除直接的违规使用外, 更可能通过环境途径间接污染。华南地区高温高湿气候可能加剧含五氯酚酸钠的防腐木材、垫料或消毒剂中该成分的释放与迁移, 这提示需开展养殖环境介质的专项调查以明确污染源头[29–30]。甲硝唑(不得检出)超标率为 2.18%, 低于天津(16.96%)[5], 与河南省(2.73%)[31]接近; 氟苯尼考(以氟苯尼考和氟苯尼考胺之和计)超标率 1.79%, 高于重庆地区(0%)[2]。氟苯尼考作为一种广谱抗菌药物, 是氯霉素的第 3 代产品, 具有半衰期长、生物利用度高、治疗效果好、毒性风险更低的特点[32]。然而, 兽医临床滥用和误用, 导致细菌耐药性问题日益严重[33], 在 GB 31650—2019 中明确规定家禽产蛋期严禁使用氟苯尼考, 同时 GB 31650.1—2022 规定其残留限量为 10 μg/kg。此外, 需高度关注的是, 恩诺沙星、氧氟沙星等喹诺酮类药物虽然检出率不高(分别为 4.21%和 2.49%), 超标率相对较低(分别为 1.56%和 0.78%), 但个别样品中残留量极高, 最大检出值分别达到国家限量标准的 100 倍和 325 倍, 此类现象在天津等地亦有报道[5–6], 提示部分养殖户对兽药的认知不足或存在侥幸心理, 存在违规使用的现象。

3.2 不同流通渠道与包装形式的残留风险差异

本研究发现兽药残留风险在流通环节分布不均。农贸市场鸡蛋的总体超标率(11.24%)明显高于网店, 且超标药物种类最多。其原因可能包括农贸市场货源往往更分散, 对接大量中小养殖户或中间商, 质量控制与溯源体系相对薄弱; 商户对进货品的检测意识和能力不足; 消费者对价格敏感度较高, 可能倒逼供应链压缩成本而忽视合规性。网店鸡蛋虽然总体超标率最低(2.94%), 但甲硝唑残留浓度最高(560.00 μg/kg), 反映了网络销售渠道的特殊性: 产品来源可能跨区域、供应链条长且复杂; 平台对入驻商家资质与产品质量的实质审核与持续监管难度大; 消费者维权和监管部门追溯违法主体存在挑战。生鲜超市中氟苯尼考残留浓度较高(最大检出值为 194.00 μg/kg), 恩诺沙星残留最高浓度达 298.00 μg/kg, 可能与供应链中养殖环节用药管理不严有关, 超标情况与常规超市相比较为严重。这些发现提示应加强对不同流通渠道的差异化监管, 特别需要关注农贸市场和生鲜超市的抽检力度。

此外, 散装鸡蛋的总体超标率(11.79%)显著高于预包装(6.90%)(P=0.001), 且检出药物种类更多。这一结果与罗莎等[5]在天津的研究中“散装与预包装鸡蛋检出率无差异”的结论存在差异, 说明地区间流通环节管理水平不一, 提示广州市预包装鸡蛋可能具有更规范的质量控制体系, 需加强散装鸡蛋的监管力度。

3.3 膳食暴露风险评估结果与局限性

膳食暴露评估结果显示, 各年龄段人群各兽药的 EDI 均远低于 ADI, HQ 均远远小于 1, 表明经鸡蛋途径的兽药残留暴露健康风险较低。这一结论与新疆、重庆、天津、河南等多地风险评估结果一致[2,5–6,31], 说明尽管存在局部用药不规范问题, 但通过鸡蛋摄入残留兽药的整体膳食风险仍处于可接受水平。在检出的 12 种兽药中, 恩诺沙星(以恩诺沙星和环丙沙星之和计)的膳食暴露量最高, 而氟苯尼考(以氟苯尼考和氟苯尼考胺之和计)的暴露健康风险与之相近, 两者均为风险评估中需优先关注的物质。值得注意的是, 3~6 岁儿童所有兽药的 EDI 和 HQ 均高于其他年龄段, 提示需特别关注儿童群体的食品安全。

本研究兽药残留数据覆盖近 10 年广州市售预包装及散装鸡蛋, 采样场所涵盖农贸市场、常规超市、生鲜超市、网店等大众常见购买渠道, 数据代表性较佳。但膳食消费

量数据来源于 2011 年广州地区居民反式脂肪酸摄入量调查, 尽管岭南地区居民膳食模式相对稳定, 膳食结构变化不大[34], 但十余年间消费者的食品选择、购买渠道(如网店占比上升)及鸡蛋摄入量仍可能发生改变, 这可能对暴露量的精确估算带来不确定性。未来应积极开展居民膳食消费量调查, 以提升健康风险评估的时效性与准确性。此外, 本研究仅考虑了经鸡蛋摄入的兽药残留健康风险, 未充分考虑其他食品品种的可能贡献, 不能全面反映居民兽药暴露的整体风险。

综上所述, 2017—2025 年广州市售鸡蛋中兽药残留风险总体可控, 经鸡蛋途径的膳食暴露健康风险整体处于可接受水平。但在部分样品中仍检出禁用或限用兽药, 且不同流通渠道、包装形式及人群之间的风险分布存在一定的差异, 提示个别环节仍存在用药管理不规范或环境污染等潜在影响因素。建议监管前移, 强化对养殖环节的用药培训与溯源体系建设, 必要时针对农贸市场、散装鸡蛋及五氯酚酸钠开展专项排查与治理。未来需结合本地环境特征与更新消费数据深化相关研究。

参考文献

[1] 曾云凤, 陈芳, 李文静, 等. 鸡蛋中抗球虫药尼卡巴嗪残留的调查与分析[J]. 中国兽药杂志, 2024, 58(8): 87–94.
ZENG YF, CHEN F, LI WJ, *et al*. Investigation and analysis of anticoccidial nicarbazine residues in eggs [J]. Chinese Journal of Veterinary Drug, 2024, 58(8): 87–94.

[2] 张学健, 李世荣, 刘继洋, 等. 重庆市部分区县鸡肉和鸡蛋兽药残留监测分析及膳食暴露风险评估[J]. 食品安全导刊, 2024(3): 39–42.
ZHANG XJ, LI SR, LIU JY, *et al*. Monitoring and analysis of veterinary drug residues and dietary exposure risk assessment of chicken and eggs in some districts and counties of Chongqing [J]. China Food Safety Magazine, 2024(3): 39–42.

[3] 牛岩, 左瑞雨, 韩露, 等. 2024 年河南省家禽产业发展现状及 2025 年展望[J]. 中国禽业导刊, 2025, 42(7): 23–27.
NIU Y, ZUO RY, HAN L, *et al*. Development status of henan province poultry industry in 2024 and prospects for 2025 [J]. Guide to Chinese Poultry, 2025, 42(7): 23–27.

[4] 石蕴婧, 杨敏, 吴玉浩, 等. 山东省蛋鸡产业发展存在的问题及对策[J]. 中国畜牧业, 2024(1): 32–33.
SHI YJ, YANG M, WU YH, *et al*. Problems and countermeasures in the development of Shandong Province's layer industry [J]. China Animal Industry, 2024(1): 32–33.

[5] 罗莎, 赵帅, 高春海, 等. 2016—2021 年天津市市售鸡蛋中 27 种兽药残留状况及膳食暴露风险评估[J]. 实用预防医学, 2023, 30(11): 1281–1284.
LUO S, ZHAO S, GAO CM, *et al*. Assessment on residues and dietary exposure risk of 27 kinds of veterinary drugs in eggs sold in Tianjin municipality, 2016—2021 [J]. Practical Preventive Medicine, 2023, 30(11): 1281–1284.

[6] 于帅, 周旭东, 王珊, 等. 2019—2020 年新疆七地州市鸡肉和鸡蛋兽药残留监测分析[J]. 公共卫生与预防医学, 2023, 34(6): 144–147.
YU S, ZHOU XD, WANG S, *et al*. Monitoring results of veterinary drug residues in chicken and eggs in Xinjiang in 2019—2020 [J]. Journal of Public Health and Preventive Medicine, 2023, 34(6): 144–147.

[7] 侯学文, 邢燕, 高慧, 等. 山东省市售鸡蛋中抗生素残留及暴露风险评估[J]. 预防医学论坛, 2023, 29(9): 651–655.
HOU XW, XING Y, GAO H, *et al*. Risk assessment on antibiotic residues and exposure in commercially available eggs in Shandong Province [J]. Preventive Medicine Tribune, 2023, 29(9): 651–655.

[8] 王姝婷, 黄希汇, 刘少颖, 等. 市售鸡肉与鸡蛋中四环素类抗生素残留调查与膳食暴露风险评估[J]. 中国食品卫生杂志, 2023, 35(7): 1063–1066.
WANG ST, HUANG XH, LIU SY, *et al*. Investigation and dietary exposure risk assessment of tetracycline antibiotics residues in eggs and chicken sold on the market [J]. Chinese Journal of Food Hygiene, 2023, 35(7): 1063–1066.

[9] 李想, 王月晖, 韩莹莹, 等. 2024 年山东省食用农产品抽检情况分析及对策研究[J]. 农畜产品加工学报, 2025, 45(1): 89–96.
LI X, WANG YH, HAN YY, *et al*. Analysis of the sampling inspection of edible agricultural products in Shandong Province in 2024 and the countermeasure research [J]. Journal of Agricultural and Livestock Products Processing, 2025, 45(1): 89–96.

[10] 陈旭, 刘春波, 张海燕, 等. 内蒙古地区禽蛋、鸡肉中喹诺酮类药物的污染水平及暴露健康风险研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2025, 16(7): 63–70.
CHEN X, LIU CB, ZHANG HY, *et al*. Study on quinolone drugs contamination levels and health exposure risk in poultry eggs and chicken meat in Inner Mongolia region [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2025, 16(7): 63–70.

[11] 王玉东, 宋翠平, 戴廷灿, 等. 我国近年来禽肉产品主要药物风险因素分析及控制[J]. 中国动物检疫, 2022, 39(1): 42–47.
WANG YD, SONG CP, DAI TC, *et al*. Analysis and control of main drug risk factors of poultry products in recent years in China [J]. China Animal Health Inspection, 2022, 39(1): 42–47.

[12] 杨琪, 王娅芳, 李磊, 等. 2019—2023 年贵州省市售动物源性食品中喹诺酮类兽药残留暴露评估[J]. 现代预防医学, 2025, 52(11): 1974–1979.
YANG Q, WANG YF, LI L, *et al.* Exposure assessment of quinolone residues in animal-derived foods sold in Guizhou Province from 2019 to 2023 [J]. Modern Preventive Medicine, 2025, 52(11): 1974–1979.

[13] 许燕平, 包祥嘉, 王菁. 鸡蛋中常用兽药残留的现状、检测方法及防控措施[J]. 食品安全导刊. 2024(19): 9–12.
XU YP, BAO XJ, WANG J. The present situation, detection methods and control measures of veterinary drug residues in eggs [J]. China Food Safety Magazine, 2024(19): 9–12.

[14] 王志恒, 付旭东, 李云, 等. 鸡蛋中药物残留在线监测和溯源控制平台的发展现状调研[J]. 今日畜牧兽医, 2025, 41(5): 74–76.
WANG ZH, FU XD, LI Y, *et al.* A survey on the development status of online monitoring and traceability control platforms for drug residues in eggs [J]. Today Animal Husbandry and Veterinary Medicine, 2025, 41(5): 74–76.

[15] 于帅, 周旭东, 王俊杰, 等. 基于食品安全指数法评估新疆地区鸡肉与鸡蛋中兽药残留的膳食暴露风险[J]. 食品安全质量检测学报, 2025, 16(13): 299–306.
YU S, ZHOU XD, WANG JJ, *et al*. Assessment of the dietary exposure risk of veterinary drug residues intake in chickens and eggs in Xinjiang

based on the food safety index approach [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2025, 16(13): 299–306.

[16] 赵同渊, 刘兆霞, 杨代蓉, 等. 鸡蛋中兽药残留现状、检测技术及控制措施[J]. 中国动物保健, 2024, 26(8): 85–86.
ZHAO TY, LIU ZX, YANG DR, *et al*. Current status, detection techniques, and control measures of veterinary drug residues in eggs [J]. China Animal Health, 2024, 26(8): 85–86.

[17] TOUCHAIS G, REY M, JOURNEAU OA, *et al*. Risk ranking of biocidal active substances in the food chain: A case study on food of animal origin [J]. Food Control, 2026, 179: 111542.

[18] 张元群, 廖倩, 崔博宇, 等. 重庆市巴南区市售鸡蛋中残留兽药现状调查及膳食暴露风险评估[J]. 食品安全质量检测学报, 2025, 16(13): 314–320.
ZHANG YQ, LIAO Q, CUI BY, *et al*. Survey on the current status of residue of veterinary drugs in eggs on sale in Banan district, Chongqing and assessment of dietaryposure risk [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2025, 16(13): 314–320.

[19] 中华人民共和国农业农村部. 中华人民共和国农业部公告 第 2292 号 [EB/OL]. (2015-09-07) [2026-01-24]. https://www.moa.gov.cn/govpublic/SYJ/201509/t20150907_4819267.htm
Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. Announcement No.2292 of the Ministry of Agriculture of the People's Republic of China [EB/OL]. (2015-09-07) [2026-01-24]. https://www.moa.gov.cn/govpublic/SYJ/201509/t20150907_4819267.htm

[20] 中华人民共和国农业农村部. 中华人民共和国农业部公告 第 235 号 [EB/OL]. (2002-12-24) [2026-01-24]. https://www.moa.gov.cn/govpublic/SYJ/201006/t20100606_1535491.htm
Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. Announcement No.235 of the Ministry of Agriculture of the People's Republic of China [EB/OL]. (2002-12-24) [2026-01-24]. https://www.moa.gov.cn/govpublic/SYJ/201006/t20100606_1535491.htm

[21] 中华人民共和国农业农村部. 中华人民共和国农业部公告 第 560 号 [EB/OL]. (2005-10-28) [2026-01-24]. https://www.moa.gov.cn/govpublic/SYJ/201006/t20100606_1535306.htm
Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. Announcement No.560 of the Ministry of Agriculture of the People's Republic of China [EB/OL]. (2005-10-28) [2026-01-24]. https://www.moa.gov.cn/govpublic/SYJ/201006/t20100606_1535306.htm

[22] 中华人民共和国农业农村部. 中华人民共和国农业农村部公告 第 250 号 [EB/OL].(2020-01-06) [2026-01-24]. https://www.moa.gov.cn/govpublic/xmsyj/202001/t20200106_6334375.htm
Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. Announcement No. 250 of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China[EB/OL]. (2020-01-06) [2026-01-24]. https://www.moa.gov.cn/govpublic/xmsyj/202001/t20200106_6334375.htm

[23] WANG Y, ZHANG W, MHUNGU F, *et al*. Probabilistic risk assessment of dietary exposure to chloramphenicol in Guangzhou, China [J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2021, 18(16): 8805.

[24] ZHANG Y, MHUNGU F, ZHANG W, *et al*. Probabilistic risk assessment of dietary exposure to pentachlorophenol in Guangzhou, China [J]. Food Additives & Contaminants. Part A, Chemistry, Analysis, Control, Exposure & Risk Assessment, 2023, 40(2): 262–270.

[25] QIN Y, ZHANG Y, ZHANG H, *et al*. Per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in market meats from Guangzhou, China: Age-specific dietary exposure and threshold exceedance risks [J]. Journal of Food Protection, 2025, 88(10): 100592.缺少期卷

[26] 王燕燕, 林晓华, 刘于飞, 等. 广州市市售蔬菜中丙环唑残留及膳食暴露概率风险评估[J]. 医学动物防制, 2022, 38(1): 91–95, 99.
WANG YY, LIN XH, LIU YF, *et al.* Probabilistic risk assessment on propiconazole residue in vegetables and dietary exposure in Guangzhou [J]. Journal of Medical Pest Control, 2022, 38(1): 91–95, 99.

[27] 王绪卿, 吴永宁, 陈君石. 食品污染监测低水平数据处理问题[J]. 中华预防医学杂志, 2002, 36(4): 278–279.
WANG XQ, WU YN, CHEN JS. Data processing for measurements below detection limits in food contamination monitoring [J]. Chinese Journal of Preventive Medicine, 2002, 36(4): 278–279.

[28] 卫瑾瑾, 鹿尘, 张正尧, 等. 2016年—2020年河南省鸡肉中四环素类抗生素残留的监测和膳食暴露评估[J]. 中国卫生检验杂志, 2022, 32(3): 371–374.
WEI JJ, LU C, ZHANG ZY, *et al*. Monitoring and dietary exposure assessment of tetracycline antibiotics in chicken in Henan Province during 2016—2020 [J]. Chinese Journal of Health Laboratory Technology, 2022, 32(3): 371–374.

[29] 武桄旗, 苏傲雪, 李学宁, 等. 不同水稻品种对五氯酚钠的吸收累积特征[J]. 土壤, 2024, 56(2): 382–387.
WU GQ, SU AOX, LI XN, *et al*. Uptake and accumulation characteristics of sodium pentachlorophenate (PCP-Na) in different rice varieties [J]. Soils, 2024, 56(2): 382–387.

[30] 阮鑫, 陆春波, 屈健. 畜禽产品中五氯酚酸钠残留危害与分析[J]. 中国畜禽种业, 2022, 18(1): 54–56.
RUAN X, LU CB, QU J. Residue hazards and analysis of sodium pentachlorophenate in livestock and poultry products [J]. The Chinese Livestock and Poultry Breeding, 2022, 18(1): 54–56.

[31] 张利锋, 杨瑞春, 袁鹏, 等. 河南省市售鸡肉和鸡蛋中抗生素残留及膳食暴露风险评估[J]. 现代预防医学, 2021, 48(12): 2189–2193.
ZHANG LF, YANG RC, YUAN P, *et al*. Antibiotic residues and dietary exposure risk assessment in chicken and eggs sold in Henan Province [J]. Modern Preventive Medicine, 2021, 48(12): 2189–2193.

[32] 张钰. 鸡蛋中氟苯尼考的代谢变化规律研究[D]. 烟台: 烟台大学, 2023.
ZHANG Y. Study on metabolic changes of florfenicol in eggs [D]. Yantai: Yantai University, 2023.

[33] 汪琼, 严付华, 白祖海, 等. 液质联用法检测动物源食品中氟苯尼考和氟苯尼考胺残留量[J]. 实用预防医学, 2023, 30(9): 1138–1140.
WANG Q, YAN FH, BAI ZH, *et al*. Determination of florfenicol and florfenicol amine residues in animal-derived food by liquid chromatography-mass spectrometry [J]. Practical Preventive Medicine, 2023, 30(9): 1138–1140.

[34] 广东省营养学会《岭南膳食模式》专家组. 岭南膳食模式(2023)主要特征[J]. 营养学报, 2023, 45(5): 417–421.
Cantonese Dietary Pattern Expert Group, Guangdong Nutrition Society, Guangdong, China. An introduction to the cantonese dietary pattern (2023) [J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2023, 45(5): 417–421.

(责任编辑: 韩晓红 冯东慧)