DOI: 10.19812/j.cnki.jfsq11-5956/ts.20250821003
引用格式: 武新月, 张薇, 施伟庆, 等. 鹿茸灵芝酒的毒理学安全性评价[J]. 食品安全质量检测学报, 2026, 17(2): 350–358.
WU XY, ZHANG W, SHI WQ, *et al*. Toxicological safety evaluation of *Cornu cervi pantotrichum-Ganoderma lucidum* liquor [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2026, 17(2): 350–358. (in Chinese with English abstract).

鹿茸灵芝酒的毒理学安全性评价

武新月, 张　薇, 施伟庆, 俞　萍, 张　颖, 陆罗定, 吴　俊, 梁　婕*
(江苏省疾病预防控制中心, 南京　210009)

摘　要: 目的　评价鹿茸灵芝酒的毒理学安全性。**方法**　按照 GB 15193—2014《食品安全国家标准 急性经口毒性试验》, 采用小鼠急性经口毒性试验、3 项遗传毒性试验和 28 d 口毒性试验对鹿茸灵芝酒进行了安全性评价。**结果**　鹿茸灵芝酒对雌、雄小鼠急性经口最大耐受剂量(maximum tolerated dose, MTD)均大于 42 mL/kg, 为实际无毒级样品; 遗传毒性试验中未发现任何致突变作用; 28 d 经口毒性试验显示, 各剂量的鹿茸灵芝酒对大鼠的体质量、食物利用率、尿液指标和脏体比均未产生明显影响, 低剂量组雌性大鼠血红蛋白值和红细胞压积值与酒基对照组相比显著降低, 但组织病理学检查未发现与样品相关的异常改变。鹿茸灵芝酒对雌、雄大鼠 28 d 经口毒性未观察到有害作用剂量均为 42 mL/kg。**结论**　鹿茸灵芝酒在本研究剂量下未表现出一般毒性和遗传毒性, 具有较高的食用安全性, 本研究为鹿茸灵芝酒的开发利用提供科学依据。

关键词: 鹿茸; 灵芝; 保健酒; 安全性评价

Toxicological safety evaluation of *Cornu cervi pantotrichum-Ganoderma lucidum* liquor

WU Xin-Yue, ZHANG Wei, SHI Wei-Qing, YU Ping, ZHANG Ying,
LU Luo-Ding, WU Jun, LIANG Jie*
(*Jiangsu Provincial Center for Disease Control and Prevention*, *Naijing* 210009, *China*)

ABSTRACT: Objective　To assess the toxicological safety of *Cornu cervi pantotrichum-Ganoderma lucidum* liquor. **Methods**　According to GB 15193—2014 *National food safety standard-Acute oral toxicity test*, the safety of *Cornu cervi pantotrichum-Ganoderma lucidum* liquor was evaluated through acute oral toxicity test on mice, 3 genetic toxicity tests and 28-day oral toxicity test. **Results**　The maximum tolerated dose (MTD) of *Cornu cervi pantotrichum-Ganoderma lucidum* liquor for both male and female mice was greater than 42 mL/kg, indicating it was a practically non-toxic sample. No mutagenic effects were found in the genetic toxicity test. In the 28-day oral toxicity test, *Cornu cervi pantotrichum-Ganoderma lucidum* liquor at all doses had no significant impact on the body weight, food utilization rate, urine indicators and organ-to-body weight ratio of rats. The hemoglobin and hematocrit values of female rats in the low-dose group were significantly reduced compared to base liquor control group, but no abnormal changes related to the sample were found in the histopathological examination. The no-observed-adverse-effect level of

收稿日期: 2025-08-21
第一作者: 武新月(1993—), 女, 硕士, 主管技师, 主要研究方向为食品安全检测及功能性评价。E-mail: wuxinyue@jscdc.cn
***通信作者:** 梁婕(1982—), 女, 硕士, 主任医师, 主要研究方向为食品安全检测及功能性评价。E-mail: liangj@jscdc.cn

Cornu cervi pantotrichum-Ganoderma lucidum liquor for both male and female rats in the 28-day oral toxicity test was 42 mL/kg. **Conclusion** *Cornu cervi pantotrichum-Ganoderma lucidum* liquor does not show general toxicity or genetic toxicity at the doses studied in this research, indicating a high level of edible safety. This study provides a scientific basis for the development and utilization of *Cornu cervi pantotrichum-Ganoderma lucidum* liquor.

KEY WORDS: *Cornu cervi pantotrichum*; *Ganoderma lucidum*; health wine; safety evaluation

0　引　言

鹿茸灵芝酒是以鹿茸、灵芝、肉苁蓉、枸杞子和人参为主要原料制成的保健酒, 作为一种创新研制的功能性饮品, 可以通过协同作用更好地发挥各药材的功效, 达到缓解体力疲劳的效果。鹿茸是雄性马鹿或梅花鹿头上未骨化的幼角[1]。现代药理学发现, 鹿茸富含多肽、蛋白质、多糖和脂类等, 具有强筋骨、壮肾阳和益精血等功效, 常用于骨质疏松、肾阳不足和宫冷不孕的治疗[2−4]。灵芝又名仙草、还阳草, 是我国传统名贵中药材[5]。灵芝中含有多糖、三萜、生物碱类等成分, 具有降血脂、降血糖、增强免疫力和抗肿瘤等功效[6−9]。肉苁蓉是列当科肉苁蓉属植物, 具有宝贵的食药价值[10]。苯乙醇苷类、环烯醚萜、多糖和甜菜碱是肉苁蓉的主要生物活性物质, 具有抗氧化、抗凋亡和抗肿瘤的作用, 中医上常用于肾阳不足、骨质疏松、不孕不育和肠燥便秘的治疗[11−14]。枸杞子是茄科植物宁夏枸杞的干燥果实, 富含多糖、黄酮、生物碱类和氨基酸类等成分[15−16], 具有滋肝补肾、益精明目的功效[17−18]。人参是五加科人参属草本植物, 被誉为“百草之王”[19], 富含皂苷类、多糖、挥发油和氨基酸等物质, 具有增强免疫力、调节血糖和抗肿瘤等作用[20−24]。

鹿茸、灵芝、肉苁蓉、枸杞子和人参作为保健食品原料已有部分研究基础, 但中药复方保健食品成分复杂, 在长期食用过程中可能会出现一些不良反应。目前关于鹿茸灵芝酒的安全性评价鲜少有文献报道, 本研究根据 GB 15193.1—2014《食品安全国家标准 食品安全性毒理学评价程序》, 通过急性经口毒性试验、3 项遗传毒性试验和 28 d 经口毒性试验, 对鹿茸灵芝酒的毒理学安全性进行评价, 为鹿茸、灵芝、肉苁蓉、枸杞子和人参的复配开发应用提供数据支持。

1　材料与方法

1.1　材　料

1.1.1　样　品

鹿茸灵芝酒, 由南京某药业有限公司提供, 其功效成分多糖含量为 80 mg/100 mL, 总皂苷含量为 40 mg/100 mL, 成人推荐剂量为 0.42 mL/(kg d)。试验样品为 10 倍浓缩液和乙醇含量为 63%的酒基, 试验时用 63%的酒基和纯水配制受试物。

1.1.2　试　剂

菌株 TA97a、TA98、TA100、TA102、TA1535(美国 Moltox 公司); 环磷酰胺(纯度≥97%, 美国 Sigma 公司); S_9(江苏齐氏生物科技有限公司); 丝裂霉素 C(东京化成工业株式会社); 秋水仙素(纯度≥98%, 国药集团化学试剂有限公司); 生化试剂盒(宁波美康公司); 血液分析仪试剂(日本 Sysmex 公司); 凝血检测试剂盒(德国美创公司); 尿分析试纸条(上海科宝智慧医疗科技有限公司)。

1.2　仪器与设备

PL203 型电子天平(精度 0.0001 g, 梅特勒托利多仪器上海有限公司); OLYMPUS CX41RF 型显微镜、LABOSPECT 008α 型生化分析仪(日本日立公司); XN 系列血液体液分析仪(日本 Sysmex 公司); SpectraMax Paradigm 型酶标仪(美国 Molecular Devices 公司); Coatron 1800 型全自动血凝仪(德国美创公司)。

1.3　试验动物

试验所用 ICR 雌雄小鼠均为 SPF 级, 由上海斯莱克实验动物有限责任公司供应, SCXK(沪)2022-0004 号, 质量合格证号: 20220004063246; 试验所用 SD 雌雄大鼠均为 SPF 级, 由浙江维通利华实验动物技术有限公司供应, SCXK(浙)2024-0001 号, 质量合格证号: 20241202Aazz0619000551, 20241202Aazz0619000230。动物实验已获得江苏省疾病预防控制中心实验动物福利伦理委员会的批准, 伦理审查意见书编号为 2024018。

1.4　试验方法

1.4.1　小鼠急性经口毒性试验

SPF 级 ICR 小鼠 20 只, 体重 18.1~21.9 g, 雌、雄各半。采用限量法, 设计剂量为 42 mL/kg BW(相当于人体推荐摄入剂量的 100 倍)。取样品 10 倍浓缩液 4.2 mL 和酒基 4.76 mL 加纯净水至 20 mL, 混合均匀后得到乙醇含量为 15%的溶液作为受试物。试验前将小鼠禁食不禁水 6 h, 随后按照 20 mL/kg BW 的容量一次性灌胃给予, 2 h 后给食。对小鼠进行为期 14 d 的连续观察, 详细记录一般状况及死亡情况。

1.4.2　细菌回复突变试验

使用经鉴定符合要求的菌株 TA97a、TA98、TA100、

TA102 和 TA1535 进行平板掺入法。试验采用 5 组不同浓度梯度(8、40、200、1000 和 5000 μg/皿), 另设 3 个对照组, 分别为自发回变组、溶剂对照组和阳性对照组, 每组均设置 3 个重复培养皿以确保数据可靠性。试验结果为阴性时, 重复试验 1 次, 剂量组间距改为 2 倍间距, 即剂量组为 312.5、625.0、1250.0、2500.0 和 5000.0 μg/皿。

1.4.3 小鼠骨髓红细胞微核试验

小鼠 60 只, 体重 25.1~29.3 g, 采用随机分组将其分为 6 组(每组 n=10, 雌雄各半)。试验设置 3 个剂量组(10.5、21.0 和 42.0 mL/kg BW), 另设纯水对照、酒基对照和阳性对照, 阳性物为环磷酰胺(40.0 mg/kg BW), 试验采用 30 h 内两次灌胃给药法。处死动物制备标本, 在显微镜下观察时, 每只小鼠计数 2000 个嗜多染红细胞(polychromatic erythrocytes, PCE)中含微核的细胞数; 同时在计数 200 个 PCE 的过程中记录正染红细胞(normochromatic erythrocytes, NCE)的数量, 据此计算 PCE 占总红细胞的百分比。

1.4.4 小鼠精母细胞染色体畸变试验

本试验选用 30 只雄性小鼠, 体重 31.3~34.9 g, 采用随机分组将其分为 6 组(每组 n=5)。试验设置 3 个剂量组(10.5、21.0 mL/kg BW 和 42.0 mL/kg BW), 另设纯水对照、酒基对照和阳性对照, 阳性物为丝裂霉素 C (2 mg/kg BW)。除阳性对照组外, 各组均采用连续 5 d 灌胃给药方案; 阳性对照组仅在试验首日进行单次腹腔注射。试验周期为 14 d, 结束后处死小鼠获取双侧睾丸组织制备标本。通过显微镜观察, 每组分析 500 个中期分裂细胞, 详细记录染色体畸变情况。

1.4.5 28 d 经口毒性试验

本研究选用 100 只 SD 大鼠, 体重 61~86 g, 按性别随机分成 5 组(每组 n=10)。试验设置 3 个剂量组(10.5、21.0 和 42.0 mL/kg BW, 分别相当于人体推荐摄入剂量的 25、50 和 100 倍), 另设纯水对照、酒基对照。试验采用 28 d 重复给药设计, 每日经口灌胃 1 次。观察期间每日记录动物行为体征(如身体姿态、动作、声音、反常行为等), 每周定期监测体重变化(1 次)和摄食量(2 次)。试验结束后开展以下检测: 血液学指标及血生化分析; 电解质水平测定; 系统解剖学观察; 主要脏器称重以及脏/体比计算; 保存各组动物的脏器进行组织病理学检查。

1.5 数据分析

采用 SPSS 18.0 统计软件对试验所得数据进行分析, 微核率和畸变细胞率采用 χ^2 检验, 28 d 经口试验采用单因素方差分析, P<0.05 时表示有显著性差异。

2 结果与分析

2.1 小鼠急性经口毒性试验结果

试验期间, 所有小鼠均保持健康状态, 生长活动正常, 未见中毒表现和死亡。表 1 数据显示, 小鼠体质量增长趋势正常, 雌、雄小鼠急性经口 MTD 均大于 42 mL/kg。观察期结束后, 大体解剖检查未见异常, 因此鹿茸灵芝酒属实际无毒级产品。

2.2 鹿茸灵芝酒对 Ames 试验的影响

表 2 数据显示, 鹿茸灵芝酒各剂量组的回变菌落数与空白对照组相比均未超过 2 倍, 且未呈现剂量依赖性增长趋势。根据 Ames 试验结果, 在本研究条件下, 鹿茸灵芝酒对 5 种测试菌株不具有突变作用, Ames 试验结果为阴性。

2.3 鹿茸灵芝酒对小鼠骨髓红细胞微核试验的影响

表 3 数据显示, 阳性对照组雌雄小鼠的含微核细胞率分别为 22.5‰和 23.0‰, 与纯水对照组相比显著升高(P<0.01); 酒基对照组雌雄小鼠的含微核细胞率分别为 2.0‰和 2.1‰, 与纯水对照组相比无显著性差异(P>0.05); 鹿茸灵芝酒各剂量组雌雄小鼠含微核细胞率最高分别为 1.9‰和 2.0‰, 与酒基对照组相比无显著性差异(P>0.05)。结果提示鹿茸灵芝酒在小鼠骨髓红细胞微核试验中不具有遗传毒性。

2.4 鹿茸灵芝酒对小鼠精母细胞染色体畸变试验的影响

表 4 数据显示, 纯水对照组畸变细胞率为 0.4%, 阳性对照组畸变细胞率为 9.2%, 与纯水对照组相比显著升高(P<0.01); 酒基对照组畸变细胞率为 0.4%, 与纯水对照组相比无显著性差异(P>0.05); 鹿茸灵芝酒剂量组细胞畸变率最高为 0.8%, 与酒基对照组相比无显著性差异(P>0.05)。表明鹿茸灵芝酒在小鼠精母细胞染色体畸变试验中不具有遗传毒性。

2.5 28 d 经口毒性试验结果

2.5.1 鹿茸灵芝酒对大鼠体重、摄食的影响

28 d 喂养期间, 鹿茸灵芝酒高剂量组雌、雄大鼠增重分别为 141 g 和 238 g, 摄食量分别为 513 g 和 663 g, 食物利用率分别为 27.5%和 36.0%。鹿茸灵芝酒各剂量组大鼠每周体质量、进食及食物利用率与酒基对照组相比无显著性差异(P>0.05), 酒基对照组与纯水对照组相比无显著性差异(P>0.05)。结果见表 5~7。

表 1 鹿茸灵芝酒对小鼠体重的影响(n=10)

Table 1 Effects of *Cornu cervi pantotrichum-Ganoderma lucidum* liquor on body weight in mice (n=10)

性别	剂量/(mL/kg BW)	始重/g	1 周体重/g	2 周体重/g	死亡数/只	MTD/(mL/kg)
雌	42.0	19.2±0.9	26.1±0.9	30.7±1.1	0	>42
雄	42.0	20.1±1.1	30.1±1.6	35.6±1.6	0	>42

注: 最大耐受剂量(maximum tolerated dose, MTD)。

表 2　鹿茸灵芝酒对 Ames 试验的影响(*n*=3)

Table 2　Effects of *Cornu cervi pantotrichum-Ganoderma lucidum* liquor on Ames test (*n*=3)

	组别	剂量	TA97a		TA98		TA100		TA102		TA1535	
			+S_9	-S_9	+S_9	-S_9	+S_9	-S_9	+S_9	-S_9	+S_9	-S_9
第一次试验	自发回变	0	104±8	95±11	36±3	31±3	86±6	93±4	288±14	245±14	17±5	16±5
	二甲基亚砜	0.1 mL/皿	96±6	96±12	29±4	32±5	79±7	85±8	278±18	233±33	18±3	14±4
	纯水	0.1 mL/皿	101±8	90±4	33±3	30±1	90±5	98±6	296±16	256±6	21±5	18±2
	样　品	8 μg/皿	102±6	92±9	33±5	28±4	86±11	98±7	282±10	247±23	22±3	17±1
		40 μg/皿	103±12	107±4	37±5	34±2	79±4	74±5	283±8	251±20	20±2	21±4
		200 μg/皿	109±14	114±9	36±5	32±8	78±9	83±2	292±11	235±6	18±3	17±4
		1000 μg/皿	112±13	108±3	29±1	33±8	92±7	96±6	300±14	253±13	19±5	15±7
		5000 μg/皿	97±12	102±4	35±4	30±3	95±13	92±6	298±37	268±16	18±4	19±3
	敌克松			1320±128*		889±73*				1117±134*		
	叠氮钠							1058±153*				1243±138*
	2-氨基芴		1210±98*		1607±91*		1123±67*					
	1,8-二羟基蒽醌								855±32*			
	环磷酰胺										217±17*	
第二次试验	自发回变	0	105±15	102±5	35±2	30±6	88±10	92±4	283±12	243±7	20±2	16±1
	二甲基亚砜	0.1 mL/皿	103±8	95±8	30±6	33±3	80±2	86±10	292±7	254±12	17±6	15±3
	纯水	0.1 mL/皿	99±9	95±11	32±2	31±1	76±6	85±9	274±14	233±23	17±4	18±3
	样　品	312.5 μg/皿	95±7	98±9	33±5	29±2	82±6	89±5	278±8	239±22	18±4	16±2
		625.0 μg/皿	99±3	92±7	35±4	31±4	87±9	96±5	293±23	258±24	21±5	17±4
		1250.0 μg/皿	106±11	98±1	32±2	30±6	93±14	97±10	267±14	233±9	22±6	23±3
		2500.0 μg/皿	106±9	99±15	33±3	36±4	90±14	93±10	281±4	246±7	20±1	22±2
		5000.0 μg/皿	108±3	104±5	37±6	38±6	93±7	85±7	279±29	232±12	18±3	18±5
	敌克松			1260±145*		953±39*				1280±79*		
	叠氮钠							1257±95*				1093±91*
	2-氨基芴		1090±79*		1663±143*		1032±102*					
	1,8-二羟基蒽醌								854±47*			
	环磷酰胺										225±9*	1093±91*

注: *表示超过溶剂对照 2 倍以上。

表 3　鹿茸灵芝酒对小鼠骨髓红细胞微核试验的影响(*n*=5)

Table 3　Effects of *Cornu cervi pantotrichum-Ganoderma lucidum* liquor on micronucleus test in mice bone marrow (*n*=5)

性别	组别	剂量/(mL/kg)	受检细胞数/个	含微核细胞数/个	含微核细胞率/‰	*P*	PCE 比例/%
雌性	纯水对照	0	10000	18	1.8±0.6		49.6±2.0
	酒基对照	0	10000	20	2.0±0.4	>0.05	50.3±2.5
	低剂量	10.5	10000	17	1.7±0.4	>0.05	49.1±1.9
	中剂量	21.0	10000	17	1.7±0.6	>0.05	49.5±2.0
	高剂量	42.0	10000	19	1.9±0.4	>0.05	49.9±3.0
	阳性对照	40.0	10000	225**	22.5±2.9**	<0.01	48.5±2.0
雄性	纯水对照	0	10000	20	2.0±0.7		49.9±1.8
	酒基对照	0	10000	21	2.1±0.7	>0.05	49.9±2.1
	低剂量	10.5	10000	18	1.8±0.8	>0.05	49.7±2.9
	中剂量	21.0	10000	19	1.9±0.9	>0.05	50.4±2.9
	高剂量	42.0	10000	20	2.0±0.6	>0.05	50.3±2.2
	阳性对照	40.0	10000	230**	23.0±3.8**	<0.01	48.4±2.1

注: 与纯水对照组相比, **P<0.01。表 4、9 同。

表 4 鹿茸灵芝酒对小鼠精母细胞染色体畸变试验的影响(*n*=5)

Table 4 Effects of *Cornu cervi pantotrichum-Ganoderma lucidum* liquor on chromosome aberration test in mice spermatocyte (*n*=5)

组别	受检细胞数/个	裂隙/个	性染色体单价体/%	常染色体单价体/%	染色体畸变类型			畸变细胞数/个	畸变细胞率/%
					断裂/个	断片/个	微小体/个		
纯水对照	500	0	3.0±0.7	2.2±0.8	0	2	0	2	0.4±0.5
酒基对照	500	0	3.2±0.8	2.6±0.9	0	2	0	2	0.4±0.5
低剂量	500	0	2.8±0.4	2.2±0.8	0	2	0	2	0.4±0.5
中剂量	500	0	3.2±0.8	2.0±0.7	1	3	0	4	0.8±0.4
高剂量	500	0	3.4±0.5	2.2±0.8	0	3	0	3	0.6±0.9
阳性对照	500	8	7.6±1.1*	5.2±0.8*	12	33**	1	46**	9.2±1.3**

注：与纯水对照组相比，*P<0.05，表 8~10 同。

表 5 大鼠体重结果(*n*=10)

Table 5 Results of body weight in rats (*n*=10)

性别	组别	始重/g	7 d 体重/g	14 d 体重/g	21 d 体重/g	28 d 体重/g	增重/g
雌	纯水对照	67±3	114±7	157±9	188±11	218±13	151±12
	酒基对照	66±3	115±9	158±12	183±12	208±9	143±9
	低剂量	67±3	116±6	159±10	187±12	213±8	146±10
	中剂量	67±4	113±3	156±8	184±10	207±11	140±12
	高剂量	67±3	112±7	156±12	184±19	208±20	141±19
雄	纯水对照	70±5	129±8	202±11	269±19	328±22	257±20
	酒基对照	72±6	128±8	195±10	256±11	317±20	245±19
	低剂量	73±4	130±6	200±10	267±16	325±19	252±16
	中剂量	72±5	129±9	197±14	259±17	319±24	246±24
	高剂量	72±6	126±10	194±14	252±18	310±18	238±19

表 6 鹿茸灵芝酒对大鼠摄食量的影响(*n*=10)

Table 6 Effects of *Cornu cervi pantotrichum-Ganoderma lucidum* liquor on food intake in rats (*n*=10)

性别	组别	7 d 摄食量/g	14 d 摄食量/g	21 d 摄食量/g	28 d 摄食量/g	总摄食量/g
雌	纯水对照	109±11	149±13	145±17	124±9	527±42
	酒基对照	110±15	145±16	136±15	116±13	508±43
	低剂量	111±10	148±18	138±22	120±13	516±51
	中剂量	112±17	150±24	136±15	119±11	516±50
	高剂量	110±9	146±15	142±18	114±9	513±40
雄	纯水对照	130±22	173±14	207±22	184±21	695±65
	酒基对照	114±14	162±15	199±25	169±25	644±59
	低剂量	120±13	170±15	205±27	174±18	669±50
	中剂量	129±21	170±25	192±19	176±27	666±80
	高剂量	124±20	175±16	194±24	171±18	663±58

表 7 鹿茸灵芝酒对大鼠食物利用率的影响(*n*=10)

Table 7 Effects of *Cornu cervi pantotrichum-Ganoderma lucidum* liquor on food utilization rate in rats (*n*=10)

性别	组别	7 d 食物利用率/%	14 d 食物利用率/%	21 d 食物利用率/%	28 d 食物利用率/%	总食物利用率/%
雌	纯水对照	43.6±5.7	28.8±2.2	21.0±5.4	24.7±5.7	28.7±2.0
	酒基对照	45.2±9.3	29.9±5.7	18.7±7.9	22.0±6.5	28.3±3.1
	低剂量	44.2±5.0	29.2±7.4	20.4±6.3	22.5±8.7	28.5±3.0
	中剂量	42.1±6.3	28.8±4.8	20.7±4.0	19.3±5.1	27.1±2.4
	高剂量	40.9±6.0	30.1±3.6	19.3±4.3	21.5±4.3	27.5±3.2
雄	纯水对照	45.9±8.0	42.7±7.3	32.1±7.8	32.2±8.1	37.2±3.0
	酒基对照	49.4±4.3	41.3±3.5	31.2±4.2	36.0±5.1	38.1±2.3
	低剂量	47.8±5.7	41.6±4.3	33.0±5.8	33.3±2.9	37.7±2.1
	中剂量	44.3±6.7	40.7±5.7	32.8±5.1	34.2±3.6	37.3±3.9
	高剂量	44.2±7.7	38.9±3.9	30.6±3.5	33.8±5.2	36.0±3.1

2.5.2　鹿茸灵芝酒对大鼠血常规的影响

血液成分是判断机体是否受到有毒物质损害的敏感指标, 可用于判断受试物对动物营养代谢的影响[25]。表 8 数据显示, 酒基对照组雌鼠血液中红细胞数值为 7.3×10^{12}/L, 血红蛋白数值为 149 g/L, 与纯水对照组相比显著升高, 凝血酶原时间为 20.4 s, 与纯水组相比显著降低, 酒基组雄鼠白细胞数值和红细胞压积分别为 13.9×10^{9}/L 和 42.3%, 与纯水对照组相比显著降低, 差异均具有统计学意义(P<0.05); 鹿茸灵芝酒低剂量组雌鼠血红蛋白数值和红细胞压积分别为 143 g/L 和 41.4%, 与酒基对照组相比显著降低, 差异具有统计学意义(P<0.05)。由于结果均在正常值范围内, 雌、雄大鼠变化趋势也不相同, 因此并无毒理学意义。其余各组各指标均无显著性差异(P>0.05)。

2.5.3　鹿茸灵芝酒对大鼠血生化和电解质浓度的影响

表 9、表 10 数据显示, 酒基对照组雄鼠血清中白蛋白数值为 25.3 g/L, K^+值为 6.7 mmol/L, 与纯水对照组相比显著降低(P<0.05), 天门冬氨酸氨基转移酶数值为 134 U/L, 肌酐数值为 30 mmol/L, 与纯水对照组相比极显著降低(P<0.01), Cl^-值为 103 mmol/L, 与纯水对照组相比显著升高(P<0.05), 差异均具有统计学意义; 鹿茸灵芝酒中剂量组雄鼠血清中白蛋白数值为 26.5 g/L, 与酒基组相比显著升高, 差异具有统计学意义(P<0.05)。由于结果均在正常值范围内, 雌、雄大鼠变化趋势也不相同, 因此并无毒理学意义。其余各组各指标均无显著性差异(P>0.05)。

表 8　大鼠血常规结果(n=10)

Table 8　Results of hematological indexes in rats (n=10)

性别	组别	红细胞/(10^{12}/L)	白细胞/(10^{9}/L)	血小板/(10^{9}/L)	红细胞压积/%	血红蛋白/(g/L)	中性粒细胞/%	淋巴细胞/%	单核细胞/%	嗜酸性粒细胞/%	嗜碱性粒细胞/%	凝血酶原时间/s	活化部分凝血活酶时间/s
雌	纯水对照	6.9±0.3	13.3±1.8	1110±105	42.5±1.8	143±6	6.7±2.2	86.6±3.0	5.5±1.0	0.90±0.25	0.37±0.13	21.8±1.5	6.8±1.0
	酒基对照	7.3±0.4*	12.3±2.9	1043±116	43.4±1.8	149±6*	6.4±3.1	85.3±6.5	7.1±3.7	0.88±0.16	0.35±0.15	20.4±1.1*	7.2±0.9
	低剂量	7.0±0.3	11.1±1.7	1210±125	41.4±1.7#	143±6#	7.5±2.2	85.1±3.6	6.2±1.6	0.81±0.25	0.29±0.09	21.8±1.5	6.8±0.8
	中剂量	7.3±0.4	11.1±1.9	1156±144	43.3±1.0	151±5	7.9±3.2	84.2±4.3	6.5±2.3	1.04±0.45	0.40±0.18	21.5±1.7	7.0±0.7
	高剂量	7.4±0.4	11.3±3.5	1143±211	43.8±2.3	154±6	7.0±1.4	85.5±3.2	6.2±1.8	0.88±0.39	0.34±0.10	21.3±1.6	6.7±0.8
雄	纯水对照	7.1±0.4	17.0±3.3	1167±165	44.2±2.0	146±8	10.9±2.5	81.6±3.6	6.7±1.3	0.52±0.14	0.31±0.09	22.0±2.2	6.7±0.7
	酒基对照	6.9±0.3	13.9±2.8*	1115±115	42.3±1.3*	143±6	12.6±4.5	78.6±5.4	7.9±1.5	0.63±0.36	0.34±0.12	21.3±1.4	6.7±0.6
	低剂量	7.0±0.3	16.1±3.9	1123±142	43.6±1.3	143±6	13.4±4.3	77.6±4.9	7.8±1.6	0.77±0.35	0.47±0.30	22.2±2.3	7.2±0.8
	中剂量	7.1±0.4	14.0±1.9	1185±114	43.0±1.6	143±6	12.2±3.1	79.8±3.9	7.1±1.3	0.58±0.30	0.41±0.12	21.3±2.1	7.2±1.1
	高剂量	7.0±0.4	15.6±3.9	1090±181	43.6±1.5	145±4	15.9±7.7	75.7±8.2	7.5±1.3	0.48±0.26	0.42±0.13	21.0±1.4	6.6±0.8

注　与酒基对照组相比, #P<0.05, 表 9 同。

表 9　鹿茸灵芝酒对大鼠血生化的影响(n=10)

Table 9　Effects of *Cornu cervi pantotrichum-Ganoderma lucidum* liquor on serum biochemical indexs in rats (n=10)

性别	组别	总蛋白/(g/L)	白蛋白/(g/L)	丙氨酸氨基转移酶/(U/L)	天门冬氨酸氨基转移酶/(U/L)	碱性磷酸酶/(U/L)	谷氨酰转肽酶/(U/L)	尿素氮/(mmol/L)	肌酐/(mmol/L)	血糖/(mmol/L)	甘油三酯/(mmol/L)	总胆固醇/(mmol/L)
雌	纯水对照	67±5	32.4±3.2	36±10	122±64	172±34	0.54±0.32	4.5±0.9	40±5	5.4±0.6	0.86±0.19	2.33±0.45
	酒基对照	72±6	35.6±3.8	53±49	148±74	169±33	0.32±0.19	4.7±0.6	41±6	6.1±1.7	0.75±0.21	2.41±0.39
	低剂量	67±4	32.5±2.3	38±9	116±23	181±30	0.68±0.37	5.1±0.8	40±3	5.6±0.6	0.84±0.25	2.27±0.41
	中剂量	71±6	34.4±3.5	38±11	109±31	135±50	0.39±0.32	4.7±0.8	37±4	5.6±0.9	0.92±0.24	2.41±0.54
	高剂量	67±5	32.2±3.1	36±5	109±14	177±49	0.65±0.41	5.0±0.6	43±7	5.2±0.7	0.67±0.12	2.29±0.41
雄	纯水对照	60±3	26.8±1.6	56±9	177±29	393±89	0.43±0.33	4.5±0.9	42±2	6.5±1.1	1.12±0.33	1.86±0.20
	酒基对照	58±2	25.3±0.9*	50±10	134±35**	333±48	0.50±0.24	3.9±1.0	30±5**	6.2±0.6	1.14±0.34	1.99±0.25
	低剂量	60±2	26.2±1.2	51±11	147±25	370±45	0.37±0.22	3.9±0.4	35±4	6.0±1.2	1.14±0.17	2.21±0.21
	中剂量	60±1	26.5±0.6#	49±8	131±12	341±102	0.27±0.08	3.7±0.7	33±7	6.1±1.0	1.08±0.32	2.04±0.28
	高剂量	59±2	25.4±0.9	49±7	121±19	333±63	0.40±0.22	3.6±0.5	31±5	7.0±1.1	1.09±0.35	2.22±0.50

表 10 鹿茸灵芝酒对大鼠血清电解质浓度的影响(*n*=10)

Table 10 Effects of *Cornu cervi pantotrichum-Ganoderma lucidum* liquor on serum electrolyte concentration in rats (*n*=10)

性别	组别	Na^+/(mmol/L)	K^+/(mmol/L)	Cl^-/(mmol/L)
雌	纯水对照	146±2	6.6±0.5	102±3
	酒基对照	146±2	7.3±1.0	105±2
	低剂量	146±3	6.6±0.8	104±2
	中剂量	145±2	6.3±0.6	104±2
	高剂量	145±2	6.7±0.9	106±2
雄	纯水对照	148±2	7.3±0.6	100±2
	酒基对照	147±2	6.7±0.5*	103±2*
	低剂量	149±2	6.9±0.4	101±2
	中剂量	148±1	6.7±0.7	102±1
	高剂量	148±2	6.7±0.3	103±1

2.5.4 鹿茸灵芝酒对大鼠尿液分析指标的影响

酒基对照组雌、雄大鼠各项尿液指标与纯水对照组相比无显著性差异(P>0.05), 鹿茸灵芝酒各剂量组大鼠各项尿液指标与酒基对照组相比无显著性差异(P>0.05)。结果见表 11。

2.5.5 鹿茸灵芝酒对大鼠脏体比的影响

各组大鼠脏体比的结果见表 12。数据显示, 酒基对照组与纯水对照组相比无显著性差异(P>0.05), 鹿茸灵芝酒各剂量组与酒基对照组相比无显著性差异(P>0.05)。结果提示, 鹿茸灵芝酒对大鼠的主要脏器及大鼠发育未产生明显影响。

2.5.6 组织病理学检查

试验动物经大体解剖观察, 各组均未发现明显异常表现。研究人员选取纯水对照组、酒基对照组和鹿茸灵芝酒高剂量组动物的多个重要器官(包括中枢神经系统的脑,

表 11 鹿茸灵芝酒对大鼠尿液指标的影响(*n*=10)

Table 11 Effects of *Cornu cervi pantotrichum-Ganoderma lucidum* liquor on urine indexs in rats (*n*=10)

性别	组别	pH	相对密度	蛋白(P/N)	潜血(P/N)	尿糖(P/N)
雌	纯水对照	7.4±0.7	1.002±0.003	0/10	0/10	0/10
	酒基对照	7.0±0.8	1.007±0.007	0/10	0/10	0/10
	低剂量	6.9±0.9	1.004±0.003	0/10	0/10	0/10
	中剂量	7.3±0.8	1.004±0.002	0/10	0/10	0/10
	高剂量	7.7±0.7	1.003±0.003	0/10	0/10	0/10
雄	纯水对照	7.6±0.7	1.002±0.003	0/10	0/10	0/10
	酒基对照	7.2±0.6	1.004±0.003	0/10	0/10	0/10
	低剂量	7.4±0.7	1.004±0.005	0/10	0/10	0/10
	中剂量	7.2±0.8	1.004±0.004	0/10	0/10	0/10
	高剂量	7.8±0.4	1.004±0.004	0/10	0/10	0/10

表 12 鹿茸灵芝酒对大鼠脏体比的影响(*n*=10)

Table 12 Effects of *Cornu cervi pantotrichum-Ganoderma lucidum* liquor on visceral body ratio of rats (*n*=10)

性别	组别	脏体比/%							
		胸腺	心脏	肾上腺	肾脏	肝脏	脾脏	脑	睾丸
雌	纯水对照	0.299±0.040	0.45±0.05	0.029±0.006	0.95±0.06	3.49±0.23	0.25±0.04	0.91±0.04	0.45±0.05
	酒基对照	0.333±0.054	0.42±0.05	0.029±0.006	0.92±0.11	3.50±0.34	0.22±0.04	0.94±0.05	0.42±0.05
	低剂量	0.368±0.111	0.45±0.07	0.029±0.003	0.99±0.07	3.60±0.32	0.26±0.07	0.94±0.07	0.45±0.07
	中剂量	0.312±0.052	0.44±0.03	0.029±0.003	0.94±0.08	3.66±0.24	0.24±0.02	0.95±0.09	0.44±0.03
	高剂量	0.315±0.049	0.44±0.04	0.028±0.004	0.88±0.04	3.51±0.30	0.25±0.04	0.94±0.09	0.44±0.04
雄	纯水对照	0.308±0.040	0.42±0.03	0.016±0.005	0.89±0.06	3.60±0.24	0.26±0.04	0.65±0.04	0.90±0.11
	酒基对照	0.285±0.080	0.44±0.04	0.016±0.005	0.91±0.07	3.44±0.15	0.24±0.02	0.65±0.03	0.90±0.05
	低剂量	0.296±0.033	0.42±0.04	0.016±0.005	0.90±0.08	3.51±0.17	0.24±0.02	0.64±0.04	0.85±0.05
	中剂量	0.274±0.061	0.42±0.03	0.017±0.005	0.91±0.08	3.49±0.25	0.25±0.03	0.64±0.04	0.93±0.09
	高剂量	0.313±0.039	0.41±0.05	0.018±0.004	0.91±0.10	3.43±0.50	0.26±0.03	0.67±0.04	0.91±0.05

内分泌器官甲状腺和肾上腺，免疫器官胸腺、脾脏和肠系膜淋巴结，消化系统的肝脏、胃、胰腺、十二指肠和结肠，循环系统的心脏，泌尿系统的肾脏和膀胱，生殖系统的卵巢和睾丸)进行系统的组织病理学检测。结果显示，各组均有个别老鼠出现肝细胞轻度脂肪变性，但这些属于动物的自发性病理过程，与受试样品无直接关联。除此之外，各组动物受检组织的形态结构均无明显异常。

3　讨论与结论

鹿茸灵芝酒是结合了鹿茸、灵芝、肉苁蓉、枸杞子和人参等中药材创新研制的功能性保健酒，具有缓解体力疲劳的功效。已有的研究表明，这些中药材均具有很高的食用安全性。钱星文等[26]对马鹿茸为原料制成的骨碎补马鹿茸片进行毒理学安全性评价，提示样品属于无毒级，是一种食用安全的保健食品。王磊等[27]对含有灵芝和枸杞子的复方制剂进行了毒理学研究，结果未见急性毒性、遗传毒性和亚急性毒性。卢文婷等[28]对肉苁蓉提取物的毒性研究表明，肉苁蓉提取物属实际无毒级，遗传毒性为阴性，对大鼠未产生亚慢性毒性。PARK 等[29]通过 28 d 经口毒性试验对人参提取物的安全性进行评估，结果显示，人参提取物对大鼠动物的体质量、食物利用率、血生化指标学等均无明显影响。尽管多项研究对鹿茸灵芝酒中的中药成分或其制剂进行了毒理学试验，证实其具有较高的食用安全性，但中药复方保健食品的安全性受到多种因素的影响，包括中药之间的配伍禁忌和产品的制作工艺等[30]。为了确保创新型中药复方保健酒在实际应用中的安全性，还需要对其成品进行毒理学试验研究。本研究结果显示，鹿茸灵芝酒对雌、雄小鼠急性经口 MTD 值均大于 42 mL/kg，达到人体推荐摄入剂量的 100 倍，判定其为实际无毒级样品。骨髓微核试验、Ames 试验和染色体畸变试验中均未检测到致突变作用，提示鹿茸灵芝酒不具有遗传毒性。28 d 经口毒性试验结果显示，42 mL/kg 剂量组大鼠的体质量、摄食、血常规以及组织病理学等关键指标均未发生明显毒性改变，表明鹿茸灵芝酒无亚急性毒性。综合分析，该保健酒对雌、雄大鼠 28 d 经口毒性未观察到有害作用剂量为 42 mL/kg BW，这符合中医药理论中“药食同源”的理念，可以为鹿茸灵芝酒在养生保健领域的进一步推广提供科学的数据支持。但本研究结果仅验证了鹿茸灵芝酒的短期安全性，长期食用可能带来的潜在风险仍需进一步的研究。

参考文献

[1] WANG FL, HE GY, LIU MH, *et al*. *Pilose antler* extracts promotes hair growth in androgenetic alopecia mice by activating hair follicle stem cells via the AKT and Wnt pathways [J]. Frontiers in Pharmacology, 2024, 15: 1410810.

[2] 张小锋, 蒋涛, 卞胡伟, 等. 鹿茸主要活性成分防治骨质疏松症的分子机制研究[J]. 中国骨质疏松杂志, 2023, 29(6): 897–901.
ZHANG XF, JIANG T, BIAN HW, *et al*. Research progress on the molecular mechanism of main active components of *Pilose antler* in preventing osteoporosis [J]. Chinese Journal of Osteoporosis, 2023, 29(6): 897–901.

[3] SUN H, XIAO DD, LIU W, *et al*. Well-known polypeptides of deer antler velvet with key actives: Modern pharmacological advances [J]. Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology, 2024, 397(1): 15–31.

[4] WANG G, MENG Y, OUYANG W, *et al*. Effect of *Pilose antler* polypeptide on the mechanism of bone homeostasis in osteoporosis [J]. Frontiers in Medicine, 2023, 10: 1289843.

[5] 朱柏雨, 朱永清, 陈航, 等. 康定灵芝功效成分分析及体外抗氧化、降血糖活性评价[J]. 食品工业科技, 2023, 44(13): 292–298.
ZHU BY, ZHU YQ, CHEN H, *et al*. Analysis of functional components of kangding *Ganoderma leucocontextum* and its antioxidant and hypoglycemic activity *in virto* [J]. Science and Technology of Food Industry, 2023, 44(13): 292–298.

[6] JIAO JQ, YONG TQ, HUA LH, *et al*. A *Ganoderma lucidum* polysaccharide F31 alleviates hyperglycemia through kidney protection and adipocyte apoptosis [J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2023, 226: 1178–1191.

[7] XIE XQ, CHEN HX, CAO SL, *et al*. *Ganoderma lucidum* spore oil modulates immunity in hepatoma H22-bearing mice and restricts tumor growth by inhibiting eicosanoid metabolism pathway [J]. Journal of Ethnopharmacology, 2025, 352: 120164.

[8] 王冬枝, 马矜烁. 紫灵芝多糖改善运动疲劳小鼠学习记忆能力[J]. 现代食品科技, 2025(5): 49–60.
WANG DZ, MA JS. *Ganoderma sinense* polysaccharide improves learning and memory abilities of mice with exercise-induced fatigue [J]. Modern Food Science & Technology, 2025(5): 49–60.

[9] ZHONG Y, TAN P, LIN H, *et al*. A review of *Ganoderma lucidum* polysaccharide: Preparations, structures, physicochemical properties and application [J]. Foods, 2024, 13(17): 2665.

[10] 陈昌懋, 尕藏扎西, 王劼, 等. 肉苁蓉活性成分及药理作用机制研究进展[J]. 中草药, 2025, 56(12): 4464–4477.
CHEN CM, GAZANG ZX, WANG J, *et al*. Research progress on active components and pharmacological mechanisms of *Cistanches herba* [J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2025, 56(12): 4464–4477.

[11] LI ZH, LI JS, LI Y, *et al*. The role of *Cistanches herba* and its ingredients in improving reproductive outcomes: A comprehensive review [J]. Phytomedicine: International Journal of Phytotherapy and Phytopharmacology, 2024, 129: 155681.

[12] 苏国明, 张超, 华悦, 等. 肉苁蓉治疗肾阳虚有效部位筛选[J]. 中国中医药信息杂志, 2023(11): 138–143.
SU GM, ZHANG C, HUA Y, *et al*. Screening of effective parts of *Cistanches herba* for treatment of kidney-yang deficiency [J]. Chinese Journal of Information on Traditional Chinese Medicine, 2023(11): 138–143.

[13] ZHANG SL, LIU JL, GONG FK, *et al*. Mechanism of *Cistanches herba* in treatment of cancer-related fatigue based on network pharmacology and experimental verification [J]. Zhongguo Zhong Yao Za Zhi, 2023, 48(5):

1330–1342.

[14] RAN Z, JU B, CAO L, *et al*. Microbiome–metabolomics analysis reveals the potential effect of verbascoside in alleviating cognitive impairment in db/db mice [J]. Food & Function, 2023, 14(8): 3488–3508.

[15] 杨露, 赵冉, 吴镇槐, 等. 枸杞原浆抗氧化及增强免疫活性研究[J]. 食品与机械, 2022, 38(9): 18–21, 28.
YANG L, ZHAO R, WU ZH, *et al*. Antioxidant capacity and immunoenhancing activity of *Lycium barbarum* protoplasm [J]. Food & Machinery, 2022, 38(9): 18–21, 28.

[16] LI ZY, LIN LH, LIANG HJ, *et al*. *Lycium barbarum* polysaccharide alleviates DSS-induced chronic ulcerative colitis by restoring intestinal barrier function and modulating gut microbiota [J]. Annals of Medicine, 2023, 55(2): 2290213.

[17] XIE W, CHEN HG, CHEN RH, *et al*. Intervention effect of *Lycium barbarum* polysaccharide on lead-induced kidney injury mice and its mechanism: A study based on the PI3K/Akt/mTOR signaling pathway [J]. Journal of Ethnopharmacology, 2024, 319: 117197.

[18] NIU Y, ZHANG G, SUN X, *et al*. Distinct role of *Lycium barbarum* L. polysaccharides in oxidative stress-related ocular diseases [J]. Pharmaceuticals, 2023, 16(2): 215.

[19] 曹静怡, 曹园, 张佳汝, 等. 人参皂苷 CK 的规模化制备及生物活性研究进展[J]. 食品与发酵工业, 2025, 15(5): 371–379.
CAO JY, CAO Y, ZHANG JR, *et al*. Research progress on large-scale preparation and biological activity of ginsenoside CK [J]. Food and Fermentation Industries, 2025, 51(5): 371–379.

[20] 孔令蕙, 陈海宁, 王英秀, 等. 人参属植物果实活性成分及其加工利用研究进展[J]. 食品与机械, 2025, 41(6): 244–250.
KONG LH, CHEN HN, WANG YX, *et al*. Research progress on active components in fruits of Panax plants and its processing and utilization [J]. Food & Machinery, 2025, 41(6): 244–250.

[21] BAI X, DUAN ZG, DENG JJ, *et al*. Ginsenoside Rh4 inhibits colorectal cancer via the modulation of gut microbiota-mediated bile acid metabolism [J]. Journal of Advanced Research, 2025, 72: 37–52.

[22] YANG S, WANG J, CHENG P, *et al*. Ginsenoside Rg1 in neurological diseases: From bench to bedside [J]. Acta Pharmacologica Sinica, 2023, 44(5): 913–930.

[23] ZHU Y, WANG A, ZHANG S, *et al*. Paclitaxel-loaded ginsenoside Rg3 liposomes for drug-resistant cancer therapy by dual targeting of the tumor microenvironment and cancer cells [J]. Journal of Advanced Research, 2023, 49: 159–173.

[24] WANG W, KONG M, SHEN F, *et al*. Ginsenoside Rg3 targets glycosylation of PD-L1 to enhance anti-tumor immunity in non-small cell lung cancer [J]. Frontiers in Immunology, 2024, 15: 1434078.

[25] ARPORNCHAYANON W, SUBHAWA S, JAIJOY K, *et al*. Safety of the oral triphala recipe from acute and chronic toxicity tests in sprague-dawley rats [J]. Toxics, 2022, 10(9): 514.

[26] 钱星文, 伍小妹, 谭转换. 骨碎补马鹿茸片毒理学安全性评价[J]. 广东药科大学学报, 2020, 36(5): 662–667.
QIAN XW, WU XM, TAN ZH. Study on toxicological security of *Drynaria* and deer antler tablets [J]. Journal of Guangdong Pharmaceutical University, 2020, 36(5): 662–667.

[27] 王磊, 梁峰, 赵宏伟, 等. 含灵芝多糖的复方制剂免疫调节功能及安全性评价[J]. 食品工业科技, 2024, 45(21): 338–349.
WANG L, LIANG F, ZHAO HW, *et al*. Immunomodulatory function and safety evaluation of compound preparation containing *Ganoderma lucidum* polysaccharides [J]. Science and Technology of Food Industry, 2024, 45(21): 338–349.

[28] 卢文婷, 胡雄飞, 陈志莲, 等. 肉苁蓉提取物安全性的毒理学研究[J]. 医学动物防制, 2024(10): 979–983, 989.
LU WT, HU XF, CHEN ZL, *et al*. Toxicological studies on the safety of *Cistanche deserticola* extract [J]. Journal of Medical Pest Control, 2024(10): 979–983, 989.

[29] PARK JS, KIM SH, HAN KM, *et al*. Efficacy and safety evaluation of black ginseng (*Panax ginseng* C.A. Me y.) extract (CJ EnerG): Broad spectrum cytotoxic activity in human can cer cell lines and 28-day repeated oral toxicity study in Sprague-Dawl ey rats [J]. BMC Complementary Medicine and Therapies, 2022, 22(1): 44.

[30] 张悦, 牛相涛, 任娟, 等. 黄芪桑叶玉竹颗粒食用安全性评价[J]. 食品安全质量检测学报, 2025, 16(12): 280–286.
ZHANG Y, NIU XT, REN J, *et al*. Study on edible safety evaluation of Huangqi Sangye Yuzhu granules [J]. Journal of Food Safety & Quality, 2025, 16(12): 280–286.

(责任编辑: 韩晓红 于梦娇)