

# 赣南果园滴灌施肥下土壤水分分布规律及对柚子品质的影响

袁成福<sup>1,2</sup>, 熊芳金<sup>1,2</sup>

(1. 江西省水工程安全与资源高效利用工程研究中心, 南昌 330099; 2. 江西水利职业学院, 南昌 330013)

**摘要:**为了制定赣南地区果园的滴灌施肥方案,在赣南果园开展为期2年柚子滴灌野外试验,研究不同水分处理下土壤水分分布规律及对柚子生长与品质的影响。研究表明:土壤含水率呈现出D处理>C处理>B处理>A处理的变化规律,灌溉水量越大,土壤含水率越高,储存在土壤的水分也越多;柚子生育期的土壤含水率控制在 $0.15\text{ cm}^3/\text{cm}^3$ 左右,柚子的枝梢萌芽率、新梢生长量和果实生长量均最大,柚子果实品质最优;赣南柚子生育期的土壤水分控制在 $0.15\text{ cm}^3/\text{cm}^3$ 左右,全生育期内的施肥量之比为 $\text{N}-\text{P}_2\text{O}_5-\text{K}_2\text{O}:1-0.6-0.8\text{ kg}/(\text{株}\cdot\text{年})$ ,此滴灌施肥方式为赣南果园柚子较优的灌溉施肥方案,该滴灌施肥方案可用于农业生产实践。

**关键词:**滴灌;土壤含水率;柚子;品质

中图分类号:S275;S666.3

文献标识码:A

文章编号:2096-5877(2020)02-0056-04

## Effects of Soil Water Distribution on Pomelo Quality under Fertigation in Gannan Orchard

YUAN Chengfu<sup>1,2</sup>, XIONG Fangjin<sup>1,2</sup>

(1. Jiangxi Engineering Research Center of Water Engineering Safety and Resources Efficient Utilization, Nanchang 330099; 2. Jiangxi Water Resources Institute, Nanchang 330013, China)

**Abstract:** In order to formulate the drip irrigation and fertilization scheme for orchard in Gannan area, two-year field experiments of drip irrigation for pomelo were conducted. The effects of soil moisture distribution under different water treatments on the growth and quality of pomelo were studied. The results showed that soil water content showed the change rule of D treatment > C treatment > B treatment > A treatment. The larger the irrigation water content, the higher the soil moisture and the more water stored in soil. When the soil water content was  $0.15\text{ cm}^3/\text{cm}^3$  in pomelo growth period, the sprouting rate of pomelo shoots, the growth rate of new shoots and the fruit growth were the largest and the fruit quality was the best. The soil moisture was controlled at  $0.15\text{ cm}^3/\text{cm}^3$  and the ratio of fertilizer application in the whole growth period was  $\text{N}-\text{P}_2\text{O}_5-\text{K}_2\text{O}:1-0.6-0.8\text{ kg}/(\text{plant}-\text{year})$  during the growth period of pomelo in Gannan. This drip irrigation and fertilization method is a better irrigation fertilization scheme for pomelo in Gannan orchard, and can be used in agricultural production practice.

**Key words:** Drip irrigation; Soil moisture; Pomelo; Quality

## 1 研究背景

赣南地区由于地处偏远山区,经济发展相对落后,国务院近年来提出《关于支持赣南等原中

央苏区振兴发展的若干意见》中明确指出大力发展特色产业<sup>[1]</sup>。赣南地区由于降雨量季节分配不均,春夏季洪涝、伏秋季干旱,赣南大部分柚子种植在山坡果园中,而果园灌溉水有限,水流来自山间河流、山塘水库和人工打井等,在伏秋季干旱季节远远不能满足柚子灌溉要求,从而会影响柚子的生长发育、产量及品质<sup>[2-3]</sup>。赣南丘陵区土壤主要是红黄壤,其土壤有机质含量低,有效养分含量少,酸、土壤结构性差,需要施用一定量的肥料来满足柚子的生长发育和改良土壤结构,但是施用过量的肥料,不仅会增加成本,而且会使

收稿日期:2019-01-04

基金项目:江西省教育厅科学技术研究项目(GJJ161471、GJJ161472);江西省水工程安全与资源高效利用工程研究中心开放基金(OF201606);江西省水利厅科技成果重点推广计划项目(202022TGKT07)

作者简介:袁成福(1989-),男,讲师,硕士,研究方向为节水灌溉与农业水土环境。

土壤养分流失导致水源污染,加速水体富营养化,带来环境污染等问题<sup>[4-5]</sup>。滴灌是一种按照作物需水要求,通过低压管道系统与安装在毛管上的灌水器,将水分和养分均匀而又缓慢地滴入作物根区土壤的灌水方式。滴灌是一种有效的节水灌溉方式之一,水的利用效率可达95%,同时滴灌可以方便结合施肥,即把化肥溶解后灌注入灌溉系统,由于肥料和灌溉水结合在一起,肥料养分可以直接均匀地施到作物根系层<sup>[6-7]</sup>。因此,滴灌施肥技术具有节水、节肥、省工的特点,但在赣南果园中只有少部分果园采用了这种滴灌施肥技术<sup>[8]</sup>。本研究通过开展野外试验和室内实验,研究滴灌施肥条件下土壤水分分布规律和对柚子生理生长及品质的影响,制定适宜赣南柚子生长的较优滴灌施肥方案,研究结果可为赣南丘陵区果园高效节水灌溉和推广滴灌施肥技术提供科学依据和技术支撑。

## 2 材料与方 法

### 2.1 试验区概况

野外试验于2017年3月~2018年11月在江西中柚生态农业发展有限公司的果园基地进行,该果园基地位于江西省赣州市南康区朱坊乡,所在经纬度为东经114°40',北纬25°45',海拔为165 m。该研究区属于典型的中亚热带季风湿润气候,

年平均温度为19.3℃,年平均降雨量为1 443.2 mm,平均相对湿度为79%,年均日照时数1 856.6 h,无霜期286 d左右,冬无严寒,夏无酷暑,雨量充沛,是柑橘、脐橙和柚子等果树生长的特优区。该果园土壤为红壤,土壤容重为1.438 g/cm<sup>3</sup>,田间持水量为0.262 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>,pH值为5.4。该果园种植的果树主要是柚子,品种为“沙田柚”,果园于2012年定植建园,果园建在丘陵区山坡上,果树目前生长良好。

### 2.2 试验设计

选取无病虫害、长势基本一致的连片柚子树作为试验材料。对每株生育期的柚子树均设4个不同的土壤水分处理,通过负压计监测和控制土壤含水率,负压计埋设至80 cm土层,为柚子树主根系土层,监测每个处理80 cm深度处的土壤含水率,采用滴灌方式进行灌溉施肥,每个处理的柚子树年施肥量均保持一致,试验过程中土壤含水率会不断下降,当负压计显示低于设定的含水率时,则需要采用滴灌灌溉补充水分,每个处理的含水率保持在设定的含水率之内,一直维持到试验结束。每个处理选取果园长势基本一致的3株果树作为一个处理,每个处理作为1个试验小区,每个处理设3次重复,每个试验小区四周挖80 cm的沟,用塑料薄膜隔开,防止小区之间土壤水分的相互渗透。生长期其他各种农艺措施与当地保持一致。不同处理柚子树灌溉施肥方案见表1。

表1 不同处理柚子树灌溉施肥方案

处理	土壤体积含水量(cm <sup>3</sup> /cm <sup>3</sup> )	占田间持水量比(%)	施肥量 kg/(株·年)
A	0.10	38.17	N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O: 1-0.6-0.8
B	0.15	57.25	N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O: 1-0.6-0.8
C	0.20	76.33	N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O: 1-0.6-0.8
D	0.25	95.42	N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> -K <sub>2</sub> O: 1-0.6-0.8

### 2.3 测定项目与方法

在柚子生育期内每个试验小区通过土钻分层获取土样,取土分层分别为0~20 cm、20~40 cm、40~60 cm、60~80 cm和80~100 cm,每个试验小区均取至100 cm,采用烘干法(土样在105℃的烘箱烘8 h)测定不同处理不同生育期的土壤含水率。调查并记录每个处理的柚子在萌芽期的萌芽率、总芽数和萌芽数,记录每个处理的柚子在枝梢生长期的新梢生长量,收获时柚子的果实纵径、横径。柚子成熟后随机选取每个处理的5个果实进行果实品种的测定,采用手持式糖量计测定可溶性固形物含量,Vc采用2,6-二氯酚酚滴定法测定,柚子总酸度采用指示剂法测定,总糖采

用斐林氏容量法测定<sup>[9]</sup>。利用Microsoft Excel 2003软件对试验数据进行处理和制图,应用SPSS 17.0统计软件进行统计分析和显著性检验,处理间差异显著性用单因素方差分析。

## 3 结果与分析

### 3.1 土壤水分分布规律

图1为2017年不同水分处理下不同土层的土壤水分分布规律。图1显示,在6~8月各处理不同土层土壤含水率差异性较小,这主要是6~8月份为该研究区的汛期,降雨量较大,受降雨的影响,各处理的水分分布规律不明显;在9月份之后,由于该研究区处于秋季,降雨量较少,各处理

不同土层的土壤含水率存在一定的差异,在0~20 cm、20~60 cm和0~100 cm这3个土层的土壤含水率随着控制土壤含水率的增加而增加,即土壤含水率呈现出D处理>C处理>B处理>A处理的变化规律;60~100 cm在9月份之后各处理土壤含水率差异不明显,可能是由于在60~100 cm土

层柚子根系吸水量较大的原因,致使各处理土壤含水率相差不大;柚子在每次灌溉前后,各处理不同土层土壤含水率存在比较大的变化,灌溉后土壤含水率达到峰值。可见灌溉水量越大,土壤含水率越高,储存在土壤的水分也越多,柚子消耗的水分也越多。

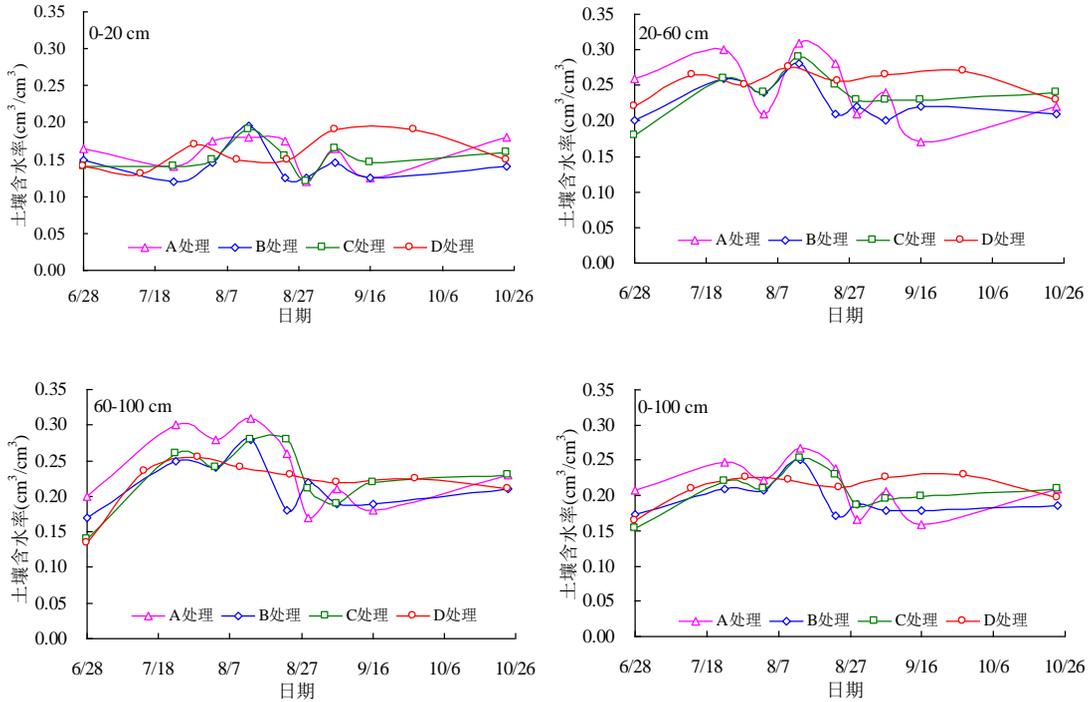


图1 不同处理土壤含水率的分布规律

3.2 不同处理对枝梢萌芽率的影响

表2为2017年和2018年不同水分处理的柚子萌芽率调查情况,由表2可知,不同水分处理对柚子萌芽率的影响较大,2017年和2018年B处理的柚子萌芽率最大,萌芽率均在85%以上,而其他水分处理的萌芽率均在85%以下,显著性分析表

明,B处理显著性高于A处理和D处理,C处理显著性不明显,土壤水分过高或过低都不利于柚子萌芽,最适宜柚子萌芽期生长的土壤含水率为0.15 cm³/cm³。可见,过量的水分不仅会造成水资源的浪费,也不利于柚子的萌芽生长,柚子萌芽期水分应该控制在最适宜的含水率范围之内。

表2 不同处理柚子萌芽率调查

处理	调查总芽数(个)	2017年3月1日		2018年3月3日	
		萌芽数(个)	萌芽率(%)	萌芽数(个)	萌芽率(%)
A	388	291	75.0bc	303	78.1bc
B	377	322	85.4a	325	86.2a
C	356	292	82.1ab	295	82.9ab
D	357	243	68.1c	261	73.1c

3.3 不同处理对新梢生长量的影响

由表3可知,不同水分处理对柚子新梢生长影响较大,B处理的平均新梢生长量7.6 cm根为最大,A处理与B处理显著高于C处理和D处理,但A处理与B处理差异不明显,土壤含水率控制在0.15 cm³/cm³左右对柚子新梢的生长比较有利。因此,柚子生育期的土壤含水率应该控制在适宜的

表3 2017年不同处理柚子新梢生长量调查

处理	新梢数(根)	新梢生长总量(cm)	平均(cm/根)
A	40	266.5	6.7b
B	40	304.5	7.6b
C	40	241.5	6.0a
D	40	231.8	5.8a

范围之内,水分过高或过低都不利于新梢的生长。

### 3.4 不同处理对果实生长量的影响

由表4可知,不同水分处理对柚子果实的纵径、横径有一定的影响,B处理和C处理的柚子纵径和横径最大,2017年柚子纵径在14.49~15.78 cm之内,横径在7.45~12.25 cm之内,2018年柚子纵径在13.6~14.55 cm之内,横径在8.45~13.32 cm之内。2017年显著性分析表明,C处理

显著性高于其余处理,2018年显著性分析表明,B处理、C处理和D处理的柚子果实生长量均显著高于A处理,而B处理、C处理和D处理之间无显著性差异。土壤含水率在 $0.15 \sim 0.25 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ 有利于柚子果实的膨大生长,对果实的生长比较有利。可见,在柚子生育期内应该控制在适宜的范围之内,水分过高和过低均不利于柚子果实的生长。

表4 不同处理柚子果实的生长量调查

处理	2017年		2018年	
	纵径(cm)	横径(cm)	纵径(cm)	横径(cm)
A	14.49b	8.80c	13.60b	9.30b
B	14.90b	12.25b	14.51a	13.32a
C	15.78a	9.90a	14.31a	10.25a
D	14.65b	7.45b	14.55a	8.45a

### 3.5 不同处理对果实品质的影响

由表5、表6可知,土壤含水率较低时,柚子的品质更优。这是因为低水分条件下,虽然果实生长量受到影响,每株柚子的单果重量受到影响,

但柚子的营养成分不因果实生长的影响而下降,单位重量内的有效营养物质浓度能够得到提高,从而造成了果实品质的上升。土壤含水率控制在 $0.1 \sim 0.15 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ ,对提高柚子的品质有利。

表5 2017年不同处理柚子果实品质分析

处理	可溶性固形物(%)	糖(g/100 mL)	酸(g/100 mL)	Vc(g/100 mL)
A	18.2	14.62	0.94	84.24
B	18.4	14.64	0.94	86.76
C	14.8	11.41	0.75	72.34
D	16.5	13.25	0.85	75.32

表6 2018年不同处理柚子果实品质分析

处理	可溶性固形物(%)	糖(g/100 mL)	酸(g/100 mL)	Vc(g/100 mL)
A	18.0	14.22	0.95	84.21
B	18.8	14.67	0.96	87.76
C	15.2	12.43	0.76	78.24
D	17.3	13.75	0.89	82.12

## 4 讨论与结论

本试验研究发现随着土壤含水率的降低,有利于提高柚子果实的品质,但会降低柚子果实的生长量,存在着灌溉水量对柚子果实品质和果实生长量的影响不一致的现象,这种现象在其他果树中也存在<sup>[10-11]</sup>。这主要是降低灌溉水量,虽然影响了果实单果的生长量及重量,但是果实的营养成分并不同步下降,反而会提高单位重量内果实有效营养物质的浓度,使果实品质上升,这也说明了并不是灌溉水量越大,果树果实品质越高。有关资料表明,一般果树根系适宜的土壤含

水率约为田间持水量的60%左右,60%左右的田间持水量也被称为大多数果树最适宜的灌溉指标<sup>[12]</sup>。本研究表明,柚子生育期内的土壤含水率控制在 $0.15 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ 左右,即为田间持水量的57.25%左右,柚子的生长指标和果实品质均较优,与大多数研究是一致的。柚子生育期内的土壤含水率控制在 $0.15 \text{ cm}^3/\text{cm}^3$ 左右,既有利于提高柚子果实的生长量和果实品质,也能达到节约灌溉水量的目的,实现水资源的高效利用。

本研究主要结论为:土壤含水率分布规律表明,土壤含水率呈现出D处理>C处理>B处理>A处理的变化规律,灌溉水量越大,(下转第82页)

(2)四川农业经济发展是碳排放增长的主要驱动因素,而农业生产效率则是农业碳排放增长的重要制约因素。提高区域内土地、水和气候等农业资源的有效利用率,精准使用农膜、农用柴油、农药、化肥等生产资料是降低农业碳排放量的关键环节;发展循环经济、生态农业、乡村旅游是农业经济发展的主导方向;培养掌握现代劳动技能的高素质职业农民是实现农业经济低碳、可持续发展的重要保障。利用政府优惠补贴政策促进农业碳减排,同时采取法制措施监控、管理农业碳排放源。

**参考文献:**

[ 1 ] 田 云,张俊飏,李 波.中国农业碳排放研究:测算、时空比较及脱钩效应[J].资源科学,2012,34(11):2097-2105.  
 [ 2 ] 庞 容,吕志强,朱金盛,等.基于碳循环的农业净碳排与农业经济的脱钩分析[J].水土保持研究,2015,22(5):253-259,265.  
 [ 3 ] Holtz-Eakin D, Selden T M. Stoking the fires? CO<sub>2</sub> emissions and economic growth [J]. Journal of Public Economics, 1995, 57(1):58-101.  
 [ 4 ] Richmond A K, Kaufmann R K. Is there a turning point in the relationship between income and energy use and carbon emission [J]. Ecological Economics, 2006,56(2):176-189.  
 [ 5 ] 盖 美,胡杭爱,柯丽娜.长江三角洲地区资源环境与经济增长脱钩分析[J].自然资源学报,2013,28(2):185-198.  
 [ 6 ] 李 波,张俊飏.基于投入视角的我国农业碳排放与经济发展脱钩研究[J].经济经纬,2012(4):27-31.  
 [ 7 ] Wang C, Chen J, Zou J. Decomposition of energy-related CO<sub>2</sub>

emission in China: 1957-2000 [J]. Energy, 2005,30(1): 73-83.

[ 8 ] 杨 嵘,常烜钰.西部地区碳排放与经济增长关系的脱钩及驱动因素[J].经济地理,2012,32(12):34-39.  
 [ 9 ] 王承玲,李 新,施 炎,等.四川省农业碳排放与经济增长的演变特征及影响因素研究[J].绵阳师范学院学报,2018,37(8):118-123.  
 [ 10 ] 张志高,袁 征,刘 雪,等.基于投入视角的农业碳排放与经济增长的脱钩效应分析—以河南省为例[J].水土保持研究,2017,24(5):272-278.  
 [ 11 ] 刘 微,杨 璐,于书霞,等.基于脱钩分析的湖北省低碳农业评估[J].环境科学与技术,2017,40(S1):364-368.  
 [ 12 ] 洪业应.农业碳排放与经济增长的脱钩效应分析—以重庆市为例[J].福建农林大学学报(哲学社会科学版),2014,17(6):38-42.  
 [ 13 ] 张小平,王龙飞.甘肃省农业碳排放与经济增长的脱钩研究[J].资源开发与市场,2014,30(10):1226-1231.  
 [ 14 ] 张欢欢,王 强.河南省农牧业碳排放的脱钩效应及影响因素研究[J].河南工业大学学报(社会科学版),2017,13(1):8-16,25.  
 [ 15 ] 陈 瑶,尚 杰.中国畜牧业脱钩分析及影响因素研究[J].中国人口·资源与环境,2014,24(3):101-107.  
 [ 16 ] 邓吉祥,刘 晓,王 铮.中国碳排放的区域差异及演变特征分析与因素分解[J].自然资源学报,2014,29(2):189-200.  
 [ 17 ] 金姝兰,杨光灶,朱子明.江西土壤质量与低碳农业发展[J].吉林农业科学,2011,36(1):26-29.  
 [ 18 ] 徐晓红,王洪丽,郭亚梅,等.2003-2008年吉林省农业科技进步贡献率的测算与分析[J].吉林农业科学,2011,36(3):61-64.

(责任编辑:王丝语)

(上接第 59 页)土壤含水率越高,储存在土壤的水分也越多,柚子消耗的水分也越多;柚子生育期内的土壤含水率控制在0.15 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>左右,柚子的枝梢萌芽率、新梢生长量和果实生长量均最大,柚子果实品质最优,此土壤含水率为赣南柚子生长较适宜的土壤含水率;赣南地区柚子生育期内的土壤含水率控制在0.15 cm<sup>3</sup>/cm<sup>3</sup>左右,全生育期内的施肥量之比为N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O: 1-0.6-0.8 kg/(株·年),此滴灌施肥方式为赣南果园柚子较优的灌溉施肥方案,该滴灌施肥方案可用于农业生产实践。

**参考文献:**

[ 1 ] 自 茂,朱丽霞,王会珍,等.赣南等原中央苏区特色产业协同创新机制与对策研究—以赣南地区为主[J].赣南师范大学学报,2017,38(5):86-90.  
 [ 2 ] 肖运萍,刘仁根,汪瑞清,等.水肥处理对赣南脐橙抗旱生理特性及土壤水分的影响[J].安徽农业科学,2009,37(30):14664-14666.  
 [ 3 ] 李培岭,李转玲,燕 辉.不同灌溉方式下脐橙生育特性及品质的水肥一体调节效应[J].灌溉排水学报,2016,35(4):53-58.

[ 4 ] 王男麒,彭良志,淳长品,等.赣南柑桔园背景土壤营养状况分析[J].中国南方果树,2012,41(5):1-4.  
 [ 5 ] 范玉兰,张文星,谢金招,等.赣南地区脐橙园土壤有效氮分布特征研究[J].中国果树,2013(4):46-49.  
 [ 6 ] 陈昱辛,崔宁博,杨永刚,等.滴灌水肥一体化对柑橘光合生长及产量的影响[J].中国农村水利水电,2018(11):9-14.  
 [ 7 ] 王 宇.滴灌技术在生态农业节水灌溉中的应用[J].黑龙江水利科技,2017,45(1):115-117.  
 [ 8 ] 董希慧,廖 禹,潘 松,等.赣南脐橙机械化节水灌溉技术现状与对策分析[J].江西农业学报,2014,26(4):36-38.  
 [ 9 ] 王雪松,马文汉,徐德冰,等.云南丽江6个蓝莓品种物候期和果实品质研究[J].东北农业科学,2016,41(6):100-103.  
 [ 10 ] 刘海涛,齐红岩,刘 洋,等.不同水分亏缺程度对番茄生长发育、产量和果实品质的影响[J].沈阳农业大学学报,2006,37(3):414-418.  
 [ 11 ] 周 静,汪 天,崔 键,等.不同土壤田间持水量对官川温州蜜柑产量及果实品质的影响[J].中国南方果树,2008,37(3):7-9.  
 [ 12 ] 张玉星.果树栽培学总论[M].北京:中国农业出版社,2011:224-230.

(责任编辑:刘洪霞)