

# 2BZ-4 全膜双垄沟精密播种机设计

赵成龙,尹海鹏,杨 华,蒋增强,孙 姣,王 波

(兰州兰石能源装备工程研究院有限公司,甘肃 兰州 730314)

**摘要:**针对西北地区旱地全膜双垄沟播种作业需求,结合地方农艺特点,笔者与科研团队设计出一种 2BZ-4 全膜双垄沟精密播种机,该播种机主要用于起垄覆膜后二次进地自走式播种作业。与市场上现有的播种机相比,该机型能通过选配不同的排种器完成多种农作物的多功能播种;在设计初考虑到不同地区、不同农作物的农艺需求,将播种深度设计为 40~100 mm 可调、行走底盘轮距设计为 1 000~1 400 mm 可调、行距设计为 380~550 mm 可调,极大地提高了该播种机的通用性,同时在降低劳动强度和提高了播种效率方面效果显著。

**关键词:**全膜双垄沟;精密播种机;自走式;多功能;可调

**中图分类号:**S223.2 **文献标志码:**A

## The design of the 2BZ-4 planter with whole plastic-film mulching on double ridges

ZHAO Cheng-long, YIN Hai-peng, YANG Hua, JIANG Zeng-qiang, SUN Jiao, WANG Bo

(Lanzhou LS Energy Equipment Engineering Institute Co., Ltd, Lanzhou, Gansu 730314, China)

**Abstract:** A 2BZ-4 planter with whole plastic-film mulching on double ridges was designed by the author and his team to meet the requirement of whole film double furrow sowing on the dry land in Northwest China and the local agronomic characteristics. The planter was mainly used for self-propelled sowing operations after film-covering and ridge-forming. The machine had an advantage of complete varieties of crops multi-purpose planting by selecting different seeders over the existing planters in the market. At the beginning of the design, the factors, different regions and different crops' agronomic requirements were considered. The sowing depth, automobile chassis wheel track and row spacing could be adjusted in 40~100 mm, 1 000~1 400 mm and 380~550 mm, respectively. The design not only greatly improved the universality of the planter, but also reduced labor intensity and improved seeding efficiency obviously.

**Key words:** whole plastic-film double furrow; precision seeder; self-propelled; multi-function; adjustable

农膜覆盖技术的广泛应用对促进我国农业生产发展,提高农作物产量,保障粮食和经济作物的供给安全做出了重大贡献<sup>[1-3]</sup>。地膜覆盖技术的应用在我国北方旱地地区十分广泛,2015年我国地膜覆盖面积超过2 600万hm<sup>2</sup>,新疆、甘肃、山东仍是地膜用量最大的地区。近年来,在市场的驱动下,起垄覆膜技术发展十分迅速,起垄覆膜机的应用也越来越广泛,但与之对应的膜上播种技术的发展却比较滞后。国外的播种技术研究起步较早,但基本都是平播机,不具备起垄覆膜后二次进地播种作业需求。国内针对全膜双垄沟播种技术的配套大型

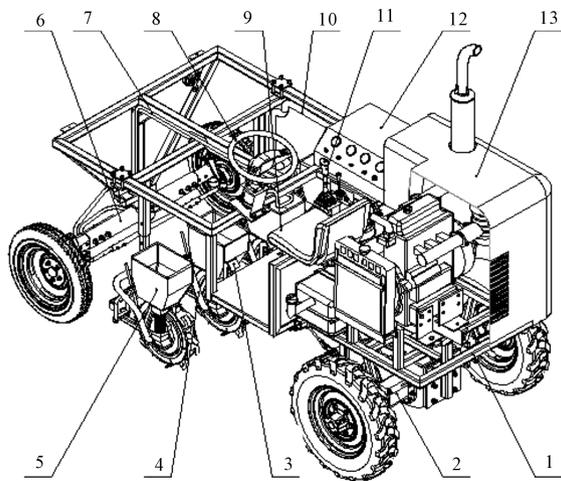
化播种机具研制处于起步阶段,目前用于旱地全膜双垄沟播种作业机具主要依靠滚轮式穴播器和手持式点播枪,普遍存在撕膜、挑膜和膜孔错位的现象<sup>[4-7]</sup>,而且此类机具作业效率低、劳动强度大,不能满足我国膜上播种作业的需求。

根据市场所需,笔者及其科研团队设计出一种成本较低、效率高、受地域农艺限制小、使用范围广泛的膜上自走式播种机,以最大限度满足国内农业发展的需求。设计的全膜双垄沟精密播种机具有以下创新特点:(1)机组自带动力源,完成起垄覆膜后二次进地自走式播种作业,代替纯人工播种或半自

动播种;(2)机具排种器方便选配、更换,可实现农作物平铺膜和起垄膜的转换播种,打破农业播种设备专机专用现状;(3)突破农作物播种过程中受地域与农艺的限制,实现播深、轮距、行距均可调,最大程度满足不同地区需求。

## 1 播种机总体结构

西北旱地通常在覆膜后等待降雨以改善土壤墒情,设计的2BZ-4全膜双垄沟精密播种机主要用于在已经覆完膜的地块中自走作业。作业时前、后轮胎行走在地膜接缝处的压土带上,具有良好的护膜功能。设计时,考虑到不同地区对株距、覆膜行宽有不同的要求,该播种机的前桥和后桥均设有轮距可调机构;同时,为满足同一地区不同农作物及不同地区同一农作物对行距和播种深度的不同需求,排种器总成的悬挂、排种器的安装位置方便调节。机组整体结构如图1所示,主要由自走式底盘、播种器总成、操控系统总成、制动系统总成、电控系统总成、机罩构成。



1.车架;2.后桥总成;3.制动器总成;4.分输气管;5.排种器总成;  
6.前桥总成;7.液压输油管;8.方向盘;9.座椅;10.总输气管;  
11.操控系统总成;12.电控系统总成;13.机罩(局部)

1.Frame;2.Rear axle assembly;3.Brake assembly;4.Branch air conduit;  
5.Seeder unit assembly;6.Front axle assembly;7.Hydraulic oil pipe line;  
8.Steering wheel;9.Seat;10.Total air conduit;11.Operated control  
system assembly; 12.Electronic control system assembly;13.hood(part)

图1 2BZ-4全膜双垄沟精密播种机整体结构

Fig.1 The whole structure of 2BZ-4 planter with whole plastic-film mulching on double ridges

## 2 工作原理及技术参数

2BZ-4全膜双垄沟精密播种机前桥为转向桥,

后桥为驱动桥,后桥与发动机之间通过皮带连接。播种作业时,先根据不同的农作物选配不同的排种器,根据不同地区的农艺要求调节排种器的安装位置以满足农作物不同的行距要求,再通过调节排种器总成在车架上的安装位置,完成播种深度的调节,同时根据不同地区覆膜宽度和垄宽,调整前桥总成和后桥总成的轮距,最后充分检查液压输油管和总、分输气管与机组功能部件间的连接情况,启动播种机完成起垄覆膜后二次进地自走式护膜播种作业。

表1 2BZ-4全膜双垄沟精密播种机主要技术参数

Table 1 The main technical parameters of 2BZ-4 planter with whole plastic-film mulching on double ridges

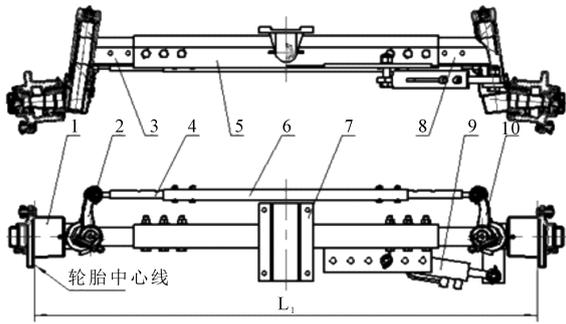
参数 Parameter	数值 Value
型号 Model	2BZ-4
配套动力 Matched power/HP	25
播种行数 Seeding rows	4
行距 Leading/mm	380~550(可调 Adjustable)
轮距 Wheel tread/mm	1000~1200(可调 Adjustable)
穴粒数 Numbers of seeds of each hole	1~2
播种深度 Depth of sowing/mm	40~100
排种器形式 Seeder unit form	气吸式穴播轮(Air-suction seeder)
整机质量 Total weight/kg	856
外形尺寸 Boundary dimension/mm	2900×1570×2370
作业速度 Operating speed/(km·h <sup>-1</sup> )	2~4

## 3 关键部件设计

### 3.1 自走式底盘设计

自走式底盘涉及车架、前桥总成、后桥总成、发动机总成、恒压风机(图中未标识)、座椅、方向盘,如图1所示。

3.1.1 前桥设计 2BZ-4全膜双垄沟精密播种机前桥设计借鉴拖拉机前桥技术<sup>[8-11]</sup>。如图2所示,前桥臂焊合与前桥梁焊合之间通过螺栓连接,通过调节螺栓的连接位置使前桥轮距 $L_1$ 在1000~1400mm之间可调。实际操作时,液压千斤顶作用于前桥梁焊合中部位置使得前桥前轮略微悬空,手动对称调整前桥臂焊螺栓的连接位置,保证自走式底盘不偏心,并且调节后的前桥应保证3对螺栓同时作用,以满足部件的刚性要求。前轮轮距调节过程中,为保证播种机的自走式底盘的机动灵活性、操纵稳定性以及轮胎的使用寿命<sup>[12]</sup>,调节拉杆和横拉杆之间也通过螺栓连接,通过改变连接螺栓的位置以保证合理的转向梯形。

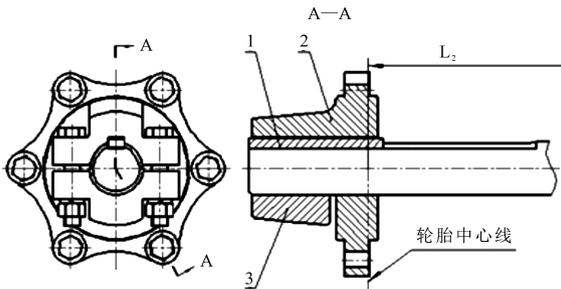


- 1.前桥驱动轮毂;2.左转向臂;3.左前桥臂焊合;4.调节拉杆;5.前桥梁焊合;  
6.横拉杆;7.前桥安装座;8.右前桥臂焊合;9.液压缸;10.右转向臂
1. Drive wheel hub of front axle; 2. Left steering arm;  
3. Left front axle arm weldment; 4. Adjusting pull rod;  
5. Front axle weldment; 6. Tie rod; 7. Mounting base of front axle;  
8. Right front axle arm weldment; 9. Hydraulic cylinder; 10. Right steering arm

图 2 2BZ-4 全膜双垄沟精密播种机前桥

Fig.2 The front axle of 2BZ-4 planter with whole plastic-film mulching on double ridges

3.1.2 后桥设计 受农艺限制,播种机在覆膜后垄上作业过程中主要以近直线的方式行走,除转弯时受较小的轴向载荷,后桥半轴主要承载扭矩。考虑到其载荷特点,采用平键连接轮胎的后桥驱动轮毂与后桥半轴,通过螺栓夹紧后桥驱动轮毂与后桥驱动轮毂盖,以提供足够的径向载荷,保证后桥轮毂不轴向窜动。通过松开连接螺栓,对应半轴上的刻度标记,精确调节后桥轮距,此设计使后桥轮距  $L_2$  在 1 000~1 400 mm 之间可调,调节方便,调节范围大,具体调节办法同前桥类似,不再赘述。



- 1.平键;2.后桥驱动轮毂;3.后桥驱动轮毂盖
1. Flat key; 2. Drive wheel hub of front axle;  
3. Drive wheel hub lid of front axle

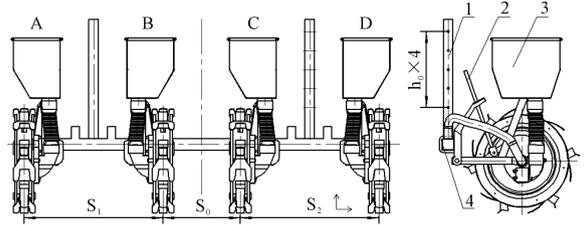
图 3 2BZ-4 全膜双垄沟精密播种机后桥

Fig.3 The rear axle of 2BZ-4 planter with whole plastic-film mulching on double ridges

### 3.2 深度可调播种器总成设计

排种器通过 U 型螺栓与主支撑梁连接,连接体通过销安装在自走式底盘车架上,主支撑梁上开有 5 个销连接孔,相邻孔之间间隔 15 mm,通过改变销连接的位置,使农作物播种深度  $h$  在 40~100 mm 之间可调。同时主支撑梁横梁上的刻度标记,通过调节 U 型螺栓的安装位置,可精确调节株距  $S_1$ 、 $S_2$  (无

特殊播种要求  $S_1 = S_2$ ),使株距在 380~550 mm 之间可调。实际调节或更换时,应先调节保证株距,用液压千斤顶作用于主支撑梁中部位置,使排种器悬空,松开 U 型螺栓,根据农艺需求的  $S_1$ 、 $S_2$  调节 U 型螺栓位置并拧紧螺栓,最后调节主支撑梁与车架之间螺栓的连接位置满足播种深度要求。



- 1.主支撑梁;2.回位拉杆;3.排种器;4.U 型螺栓

图 4 2BZ-4 全膜双垄沟精密播种机排种器总成

Fig.4 The assembly of seeder unit of 2BZ-4 planter with whole plastic-film mulching on double ridges

## 4 样机田间实验

### 4.1 实验方案

评价一款新型播种机主要考虑播种机的单粒率、重播率、空穴率和破碎率<sup>[4,13]</sup>。设计的 2BZ-4 全膜双垄沟精密播种机具有多功能播种功能,根据市场上现有的排种器,可实现玉米、黄豆、花生等 10 余种农作物播种。实验时选择 3 种农作物,分别是玉米、黄豆、蚕豆,选择理由如下:(1)2015 年甘肃省粮食种植面积达到 284.2 万  $\text{hm}^2$ ,其中玉米种植面积 100.8 万  $\text{hm}^2$ ,占三大主粮总种植面积的 1/3 以上,考察该播种机玉米的播种性能有现实必要性;(2)黄豆代表“厚且短”的一类种子,种子厚度、长度比值接近 0.5~0.6,如绿豆、青豆等;(3)蚕豆代表“薄且长”的一类种子,种子厚度、长度比值接近 0.2~0.3。另外该款播种机显著特点是膜上自走式播种作业,减员增效明显,所以实验时考虑其工作效率。样机无实时监测功能,上述评价指标中单播率和重播率可通过田间实验的出苗率验证,空穴率和破碎率的考察在实验室内进行。

田间实验在甘肃省定西市临洮县进行。实验用地地势平坦,土壤为黄绵土,地表覆膜处理。播种机实验前取膜内土壤样品,用称重法测得实验时土壤含水率约为 18.7%,并测得土壤坚实度约为 1 009 kPa。实验中选配的玉米排种器为河北任丘市沃田农机有限公司生产的 OT-6 精量排种器;黄豆排种器为武汉艾克美生产的 ACME-001 型排种器;蚕豆排种器选用我公司自制的 LT-6 排种器。

田间播种作业实验同上述3种农作物的种子,并用同样的排种器,在作业速度分别 $2\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ 和 $4\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ 的工况下播种1000穴,考察单苗率、重苗率、出苗率、空穴率和作业效率,实验数据如表3所示。



图5 2BZ-4全膜双垄沟精密播种机播种器样机  
Fig.5 The prototype of 2BZ-4 planter with whole plastic-film mulching on double ridges

## 4.2 实验结论

实验室内,取3种农作物的种子,分别模拟播种1000穴,验证不同排种器的排种情况,如表2所示。

表2 实验室3种农作物排种器排种情况

Table 2 The seeding condition of three kinds of crops in the laboratory

排种器 Seeder unit	单播率 Single seeding rate ≥93%	重播率 Re-seeding rate ≤3.8%	空播率 Empty seeding rate ≤3.8%	种子损坏率 Seed damaged rate ≤0.9%
玉米排种器 Corn seeder	97.36	1.47	1.03	0.14
黄豆排种器 Soybean seeder	98.51	0.83	0.66	0
蚕豆排种器 Broad bean seeder	97.59	1.25	0.83	0.33

表3 田间3种农作物排种器排种情况

Table 3 The seeding condition of three kinds of crops in the field

作业速度 Operating speed	播种效率/ $(667\text{ m}^2\cdot\text{h}^{-1})$ Seeding efficiency	农作物 Crop	单苗率 Single seeding rate ≥93%	重苗率 Re-seeding rate ≤3.8%	出苗率/% Emergence rate	空穴率 Empty seeding rate ≤3.8%
$2\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$	4~4.5	玉米 Corn	94.85	2.16	97.01	2.99
		黄豆 Soybean	95.71	2.43	98.14	1.86
		蚕豆 Broad bean	94.19	1.97	96.16	3.84
$4\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$	8~9	玉米 Corn	93.20	3.45	96.76	3.26
		黄豆 Soybean	94.35	3.38	97.73	2.27
		蚕豆 Broad bean	92.84	2.89	95.73	4.72

结合表2、表3的实验数据可以看出,农作物的出苗情况受播种作业速度、排种器性能、种子形状、地块质量影响明显。黄豆种子表面光滑且接近于圆弧面有利于被排种器吸气负压盘孔吸住而呈现出良好的排种性能。本科研发团队研发设计的2BZ-4全膜双垄沟精密播种机总体上达到播种机性能要求,使用本播种机播种作业时选择 $2\sim 3\text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ 为宜。

## 5 总结与展望

### 5.1 总结

设计的2BZ-4全膜双垄沟精密播种机在垄上播种机具方面属于国内首创,填补国内膜上自走作业播种机具的空白。相较于市场上主流的玉米播种机(平播)、播种覆膜一体机、和膜上单/双行滚轮式穴播器、膜上手持式点播枪,设计体具有以下创新点:

(1)膜上自走作业:全膜双垄沟播技术被广泛应用,但膜上播种具主要靠手推式穴播机,效率低、

劳动强度大的缺点明显。该结构自带动力源,能完成起垄覆膜后二次进地自走式作业,降低劳动强度,提高播种效率。

(2)多功能播种:该结构能完成平铺膜和起垄膜的转换播种;可垄沟播种也可以垄上播种;可通过选配排种器实现多种农作物播种。

(3)适应不同区域,对农艺要求低:该结构更好地解决全膜双垄沟播技术在不同的地区以及同一地区种植不同作物时对播深、轮距、株距的不同要求。结构设计中,播种深度 $40\sim 100\text{ mm}$ 可调、行走底盘轮距 $1000\sim 1400\text{ mm}$ 可调、行距 $380\sim 550\text{ mm}$ 可调。

### 5.2 展望

试制样机在田间实验过程中,设计的2BZ-4全膜双垄沟精密播种机在提高播种效率、精密播种、出苗率方面取得预期效果,同时也出现诸多问题,笔者与科研团队后期将在以下方面展开研究:

(1)机组轻量化研究:播种机后轮在地膜接缝处压土带上行走过程中,由于机组过重,偶尔有地

膜轻微横向撕裂的现象,降低地膜保湿、保墒的效果,后期将考虑机组的轻量化研究。

(2)播种深度调节装置设计:排种器总成调节安装位置(即调节农作物播种深度)时需要采用液压千斤顶,且操作起来十分不便,后期研究中将考虑设计播种深度自动调节装置。

(3)播种实时监测系统的设计<sup>[14-15]</sup>:播种机虽然满足 $\leq 3.8\%$ 的空穴率,但是无法提前监测,需通过作物出苗率监测,后期研究中将考虑设计智能播种监控系统,实现漏播、重播的实时监测。

#### 参 考 文 献:

- [1] 许香春,王朝云.国内外地膜覆盖栽培现状及展望[J].中国麻业,2006,(1):6-11.
- [2] 杨杰,赵武云,戴飞.旱地全膜双垄沟玉米精量播种机的设计与试验[J].干旱地区农业研究,2014,32(4):262-268+207.
- [3] 王圆明,宋树民,庞有伦,等.单行精量玉米播种施肥机的优化设计[J].中国农机化学报,2016,(11):15-19.
- [4] 李同辉,戴飞,赵武云,等.玉米全膜双垄沟电动式精量播种机设计与试验[J].干旱地区农业研究,2015,33(3):283-288+143.
- [5] 杨正,赵武云,戴飞,等.西北旱地全膜双垄沟播技术配套播种

机具的现状与发展[J].机械研究与应用,2013,(4):191-193+195.

- [6] 赵武云,戴飞,杨杰,等.玉米全膜双垄沟直插式精量穴播机设计与试验[J].农业机械学报,2013,(11):91-97.
- [7] 李营力,王卫兵,李盛林,等.一种直插式精量点播器的设计与研究[J].机械设计与制造,2016,(9):188-191.
- [8] 许超,陈永成,李瑞敏,等.高架喷雾机底盘的结构设计[J].农机化研究,2015,(1):96-99.
- [9] 王能裕,冯连杰.拖拉机汽车学[M].北京:中国农业出版社,1988:64.
- [10] 肖龙祥,尹健,潘远香,等.轮距可调电驱式半喂入水稻联合收割机驱动底盘的静动态特性分析[J].机械设计与制造,2016,(3):182-185.
- [11] 刘平义,王振杰,李海涛,等.农用底盘轮距可调节转向机构[J].农业机械学报,2015,(6):44-48+120.
- [12] 吕召全,华从波,周福庚.MSC Adams 在双前桥转向机构设计中的应用[J].计算机辅助工程,2006,(9):153-155.
- [13] 武灵芝.地膜玉米全程机械化生产关键问题探讨[J].农机科技推广,2014,(08):29-30.
- [14] 马永昌,代荣,张建军.小型农机智能设计系统的研究与开发[J].农机化研究,2011,(4):71-75+84.
- [15] 郑文钟.国内外智能化农业机械装备发展现状[J].现代农机,2015,(6):4-8.

(上接第 276 页)

- [15] Reichle R H, Koster R D, Liu P, et al. Comparison and assimilation of global soil moisture retrievals from the Advanced Microwave Scanning Radiometer for the Earth Observing System (AMSR-E) and the Scanning Multichannel Microwave Radiometer (SMMR) [J]. Journal of Geophysical Research Atmospheres, 2007, 112(D9): 139-155.
- [16] Niu G Y, Yang Z L, Dickinson R E, et al. Development of a simple groundwater model for use in climate models and evaluation with Gravity Recovery and Climate Experiment data [J]. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 2007, 112(D7): 277-287.
- [17] 李新,黄春林,车涛,等.中国陆地数据同化系统研究的进展与前瞻[J].自然科学进展,2007,17(2):163-173.
- [18] 朱智,师春香.中国气象局陆面同化系统和全球陆面同化系统对中国区域土壤湿度的模拟与评估[J].科学技术与工程,2014,14(32):138-144.
- [19] Chen YY, Yang K, Qin J, et al. Evaluation of AMSR-Evaluation of AMER-E retrievals and GLDAS simulations against observations of a soil moisture network on the central Tibetan Plateau [J]. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 2013, 118(10): 4466-4475.
- [20] 吴盼,冯雨晴,梁四海,等.基于GLDAS与TVDI降尺度反演土壤含水量[J].北京师范大学学报(自然科学版),2016,52(3):265-270.
- [21] 程善俊,管晓丹,黄建平,等.利用GLDAS资料分析黄土高原半干旱区土壤湿度对气候变化的响应[J].干旱气象,2013,31(4):641-649.

- [22] 宋海清,李云鹏,张静茹,等.内蒙古地区多种土壤湿度资料的初步评估[J].干旱区资源与环境,2016,30(8):139-144.
- [23] 刘川,余晔,解晋,等.多套土壤湿度资料在青藏高原的适用性[J].高原气象,2015,34(3):653-665.
- [24] 程善俊,黄建平,季明霞,等.中国华北暖季土壤湿度的变化特征[J].干旱气象,2015,33(5):723-731.
- [25] 樊廷录.黄土高原旱作地区径流农业的研究[D].陕西杨凌:西北农林科技大学农学院,2002.
- [26] 钱林青.黄土高原气候[M].北京:气象出版社,1991.
- [27] Dai Y, Shang guan W, Duan Q, et al. Development of a China dataset of soil hydraulic parameters using pedotransfer functions for land surface modeling [J]. Journal of Hydrometeorology, 2013, 14(3): 869-887.
- [28] 韩帅,师春香,孟现勇,等. CLDAS 土壤湿度业务产品的干旱检测应用[J].冰川冻土,2015,37(2):446-453.
- [29] Wang W, Xie P, Yoo S H, et al. An assessment of the surface climate in the NCEP climate forecast system reanalysis [J]. Climate Dynamics, 2011, 37(7): 1601-1620.
- [30] 焦俏.基于微波遥感反演的黄土高原表层土壤水分变化及其对植被恢复的响应[D].陕西杨凌:西北农林科技大学,2016.
- [31] Su Z, De R P, Wen J, et al. Evaluation of ECMWF's soil moisture analyses using observations on the Tibetan Plateau [J]. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 2013, 118(11): 5304-5318.