

膜上移栽机关键部件的设计与试验研究

刘 洋, 李亚雄, 李 斌, 王 涛, 卢勇涛, 李 帆

(新疆农垦科学院机械装备研究所, 新疆 石河子 832000)

摘 要: 针对新疆番茄、线辣椒铺膜加滴灌种植模式的要求, 研制了一种膜上移栽机, 该机一次作业可完成辅助喂苗、栽植器破膜成穴移栽和膜面覆土等工序。设计了移栽机构、间歇喂苗装置和覆土装置等关键部件, 并使用该机对番茄钵苗进行生产试验。试验结果表明, 膜上移栽机可以较好地适应新疆地区作物移栽需要膜上成穴和膜面覆土的农艺要求, 无伤苗和刮破地膜现象; 间歇喂苗装置的移栽频率在低于 67 株/(min·行) 的情况下, 喂苗准确率较高; 移栽株距大于设计株距, 影响移栽株距的主要原因是土地表层松土壤的厚度及机具内部各部件之间的摩擦力; 移栽频率在 55~62 株/(min·行) 之间时, 移栽合格率达到 92% 以上。

关键词: 膜上移栽; 移栽机; 关键部件设计

中图分类号: S223.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-7601(2013)01-0231-05

Design and testing of key components in above-film transplanter

LIU Yang, LI Ya-xiong, LI Bin, WANG Tao, LU Yong-tao, LI Fan

(Machinery Equipment Research Institute, Xinjiang Academy of Agricultural and Reclamation Science, Shihezi, Xinjiang 832000, China)

Abstract: Aimed at the development of film mulch and drip irrigation planting pattern for tomato and capsicum in Xinjiang, an above-film transplanter was manufactured to accomplish the accessorial feeding of seedlings, punching on film, transplanting, casing soil and other processes simultaneously. The key components, including transplanting parts, intermittent seedling feeding device and soil casing device, were designed, and a transplanting test of tomato seedlings was conducted with this machine. The test results showed that the transplanter could satisfy well the agronomic requirements of punching on film and casing soil in crop transplanting, without seedling injury and film scratch. When the transplanting frequency of intermittent seedling feeding device was below 67 plants/(min·row), the accuracy of seedling feeding was high. The transplanted plant spacing was greater than the designed plant spacing, which was mainly due to the thickness of loose surface soil and the friction within the various components of the machine. When the transplanting frequency was 55~62 plants/(min·row), the pass rate of transplanting was more than 92%.

Keywords: above-film transplant; transplanter; key components design

近些年, 新疆番茄、线辣椒的种植面积始终保持在 66 666.7 hm² 以上, 已成为仅次于棉花的最重要的经济作物, 为了提高番茄、线辣椒的产量, 避开早春低温、霜冻、冰雹等灾害性天气对幼苗的影响, 育苗移栽技术得到了重视。根据调研, 育苗移栽与常规播种种植方式相比, 可提前生育期 15 d, 提高产量 30%^[1-2]。目前, 新疆番茄、线辣椒育苗移栽面积呈逐年扩大的趋势, 但是主要由人工进行移栽, 劳动强度大, 效率低, 且劳动成本不断提高, 严重制约了育苗移栽技术的发展, 因此发展机械化移栽技术

已成为必然趋势。

新疆地区特殊的气候条件决定番茄、线辣椒种植采用铺膜加滴灌的种植模式, 而我国目前推广应用的移栽机主要是针对裸地移栽, 新疆也引进了国外移栽机, 如意大利 Ferrari 公司生产的吊篮式移栽机, 该型移栽机可实现膜上成穴移栽, 但是存在着镇压轮压破地膜, 不能进行膜上覆土, 移栽后需要大量人工辅助工作的问题, 未能得到推广应用^[3-4]。因此, 设计一种可以进行膜上成穴移栽、膜面覆土的适应新疆铺膜加滴灌种植模式, 且工作效率较高的移

收稿日期: 2012-05-25

基金项目: 科技部农业科技成果转化资金项目(2012GB2C410532); 新疆农垦科学院科技引导计划课题(46YYD201206); 新疆农垦科学院青年基金课题(YQJ201111)

作者简介: 刘 洋(1978—), 男, 新疆石河子人, 助理研究员, 主要从事农业机械的设计与应用研究。

通信作者: 李亚雄(1961—), 男, 河北无极人, 研究员, 主要从事农业机械的设计与推广应用。E-mail: liyaxiong55@163.com。

栽机,已成为新疆番茄、线辣椒移栽种植亟待解决的问题。

1 结构组成及工作原理

1.1 结构组成

适用于番茄、线辣椒膜上移栽种植模式的移栽机结构如图 1 所示,采用吊篮式移栽机构工作原理,主要由移栽机构、间歇喂苗装置、传动轮、苗架、覆土装置等组成^[5]。

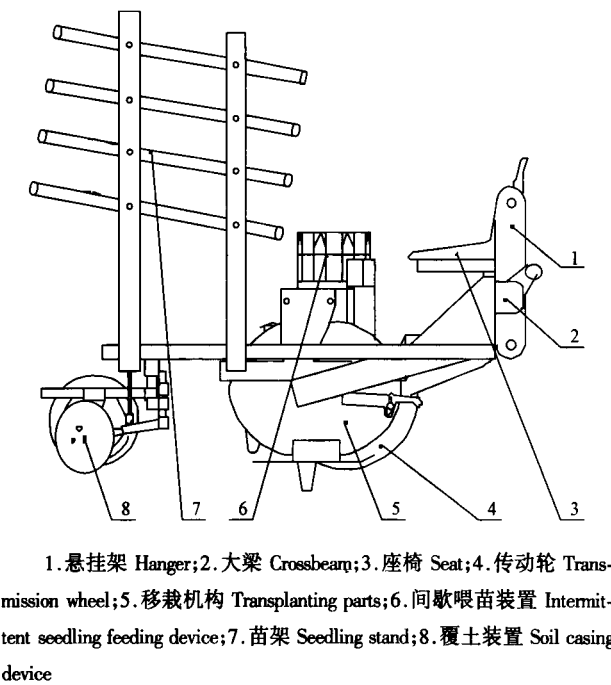


图 1 膜上移栽机结构简图
Fig.1 The structure of above-film transplanter

1.2 工作原理

该机由拖拉机后三点悬挂牵引,通过升降传动轮来调整整机的高度,由此改变栽植器入土移栽深度,移栽机构由悬挂架支撑,可向上浮动,使移栽机构始终不与膜面接触,这样可避免移栽机构下端刮破地膜,覆土滚筒压在膜面上,靠与膜面的摩擦力传动,通过覆土圆盘将膜间裸露在外的土壤拨入覆土滚筒,土壤在覆土滚筒内侧导土板的作用下向滚筒内部运动,实现苗穴覆土^[6]。

工作时,由固定在传动轮上的链轮通过链条传动带动移栽机构和间歇喂苗装置转动,并使两个部件之间的转动始终保持一定的传动比,传动系统原理如图 2 所示。人工将作物钵苗投入到间歇喂苗装置的苗杯中,随着苗杯总成的转动,钵苗落入到移栽机构的栽植器中,栽植器破膜成穴并打开,将钵苗投落,然后覆土滚筒对膜面苗穴覆土,完成移栽和覆土作业^[7]。

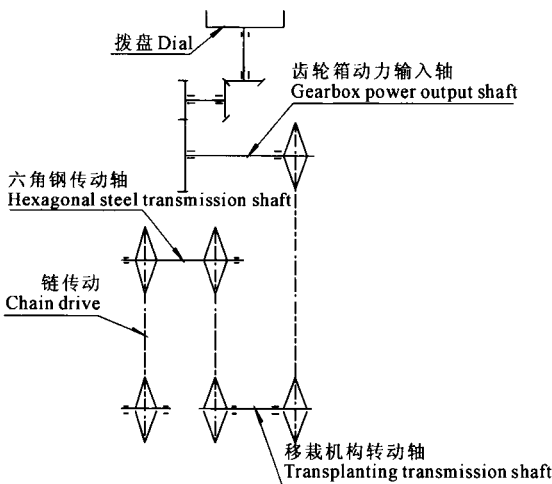


图 2 传动关系原理图
Fig.2 Work principle of transmission system

1.3 主要技术参数

膜上移栽机的主要技术参数见表 1。

表 1 膜上移栽机的主要技术参数	
Table 1 The main technical parameters of above-film transplanter	
参数 Parameter	数值 Value
牵引拖拉机动力 Truck tractor power/kw	73.5
外形尺寸 Dimensions/m	4.92 × 2.15 × 1.88
整机质量 Machine weight/kg	1900
工作幅宽 Working width/m	5
地膜宽度 Film width/m	1.1
工作地膜数量 Working film number	3
工作行数 Working row number	6
膜上行距 Above-film row spacing/cm	40
膜间行距 Inter-film row spacing/cm	110
设计株距 Designed plant space/cm	25

2 膜上移栽机关键部件的方案设计

2.1 间歇喂苗装置的方案设计

间歇喂苗装置主要由苗杯总成、齿轮箱总成、槽轮等组成,其结构如图 3 所示。苗杯总成由八个苗杯、托板和压盖等组成,齿轮箱总成由齿轮箱、链轮、直齿轮、锥齿轮和拨盘等组成,槽轮和苗杯总成同轴,槽轮可以驱动苗杯总成一起在托盘平面上转动^[8]。工作时,固定在移栽机构转动轴上的链轮驱动齿轮箱上的链轮转动,通过一对直齿轮和锥齿轮传动,驱动拨盘转动,拨盘上的拨轮进入槽轮上径向均布的 8 个槽,驱动槽轮和苗杯总成转动。槽轮上径向均布的槽数和苗杯的数量一致,拨盘每拨动槽轮转动一个槽位,苗杯就转动一个位置,苗杯中的钵苗从托盘上的落苗口落下,落入下方的栽植器中^[9]。

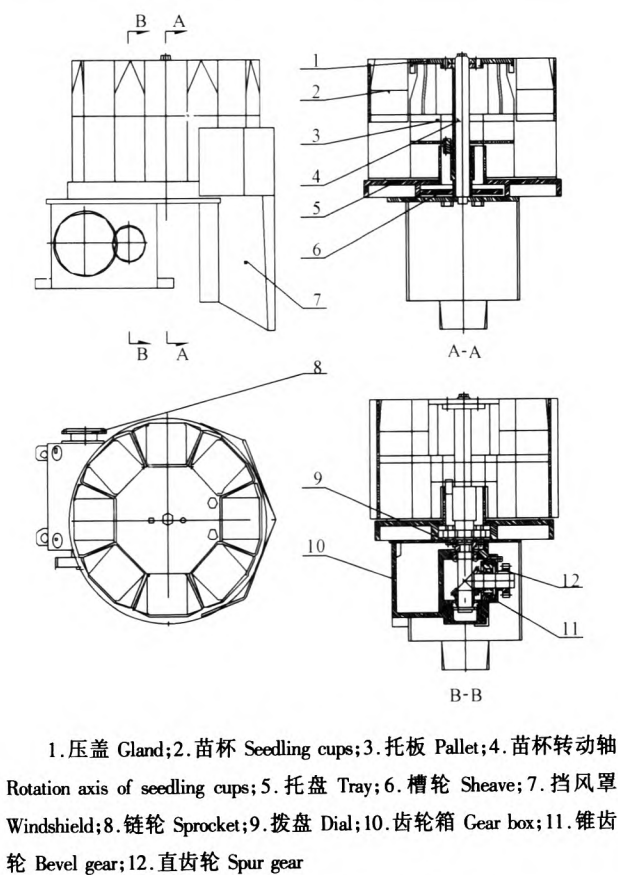


图 3 间歇喂苗装置的结构图
Fig.3 Structure of intermittent seedling feeding device

拨盘驱动槽轮转动的原理如图 4, 拨盘和槽轮分别以圆心 A 和 B 转动, 拨盘以等角速度做连续回转, 当拨盘上的拨轮进入槽轮的径向槽时, 槽轮受到拨轮的驱动而转动, 当拨轮离开槽轮径向槽时, 槽轮静止不动, 直至拨轮再次进入槽轮的另一个径向槽, 重复上述运动, 所以槽轮作时动时停的间歇运动^[10]。拨盘每转动一圈, 拨轮驱动槽轮转动两个槽。

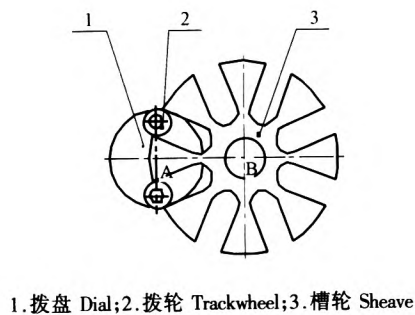


图 4 拨盘驱动槽轮结构简图
Fig.4 Structure of dial driven sheave

2.2 覆土装置的设计

覆土装置的结构如图 5 所示。覆土圆盘将地膜间的土壤拨入外滚筒, 土壤在外滚筒内侧导土板的

推动下向膜面覆土, 多余的土壤进入内滚筒, 从内滚筒上开设的漏土口落在膜面上。可以通过调整副圈在外滚筒上的位置来改变土壤落下的位置, 以达到最佳的覆土效果^[11-12]。

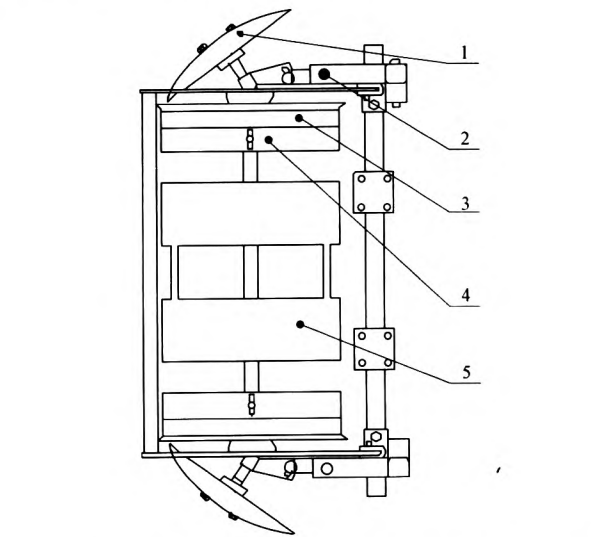


图 5 覆土装置
Fig.5 Structure of soil casing device

3 生产试验与结果分析

3.1 生产试验条件

2012 年 5 月在新疆兵团农六师 105 团进行了番茄钵苗移栽田间生产试验。作业前, 土地用联合整地机整平, 表层土壤干燥, 无大块土壤颗粒, 残膜和作物根茬较少, 表层松土壤平均厚度 8 cm。移栽前一天铺设地膜和滴灌管, 地膜宽 1.1 m, 移栽膜上行距 40 cm, 膜间行距 110 cm, 设计株距 25 cm, 移栽深度 6 cm, 作业面积 4.67 hm², 番茄钵苗平均高度 24 cm, 移栽机用东方红 1204 型拖拉机悬挂牵引。膜上移栽机生产试验如图 6 所示, 移栽效果如图 7 所示。

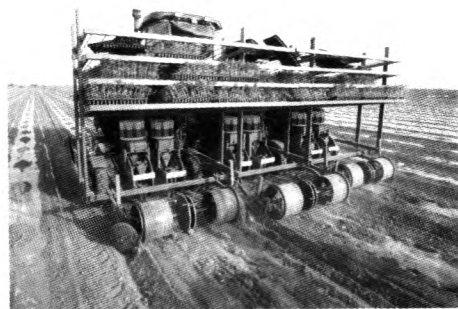


图 6 膜上移栽机的生产试验
Fig.6 The production test of above-film transplanter



图 7 膜上移栽机的移栽效果

Fig.7 The transplanting effect of above-film transplanter

3.2 生产试验方法

通过调整膜上移栽机的移栽频率,检测间歇喂苗装置向栽植器喂苗的准确率,找出喂苗准确率较高的移栽频率范围。在生产试验中,按照旱地栽植机械行业标准进行检测^[13],测试不同移栽频率情况下膜上移栽机的作业性能,评定移栽质量。

沿机具作业方向测定 50 m,用秒表记录测定段的工作时间,在移栽机作业过程中,观察并记录间歇喂苗装置向栽植器喂苗失误的株数,然后检测并记录测定段内移栽的番茄钵苗株数、漏栽株数、倒伏株数、埋苗株数、露苗株数、伤苗株数和移栽株距,每个移栽频率测试 5 次,取平均值。根据数据计算在不同移栽频率情况下间歇喂苗装置的喂苗准确率、移栽合格率和移栽株距平均值。

$$H = \frac{S}{N} \times 100\%$$

表 2 不同移栽频率情况下间歇喂苗装置的准确率

Table 2 The accuracy of intermittent seedling feeding device under different transplanting frequencies

测试项目 Test items	移栽频率[株/(min·行)] Transplanting frequencies/(plants·min ⁻¹ ·row ⁻¹)				
	57	62	67	70	73
失误株数 Mistakes in plant number	4	7.4	10.6	16.2	25.4
测定苗株数 Plant number in measured area	192.2	191.4	188.2	187	185.6
准确率 Accuracy/%	97.9	96.1	94.4	91.2	86.3

表 3 膜上移栽机不同移栽频率的生产试验结果

Table 3 The results of production test under different transplanting frequencies

移栽频率 [株/(min·行)] Transplanting frequencies /(plants·min ⁻¹ ·row ⁻¹)	测定段 苗株数 Plant number in measured area	株距 Plant space /cm	不合格株数 Number of unqualified seedlings					合格率 Pass rate /%
			漏栽数 Missed seedlings	倒伏数 Lodging seedlings	埋苗数 Buried seedlings	露苗数 Exposed seedlings	伤苗数 Wounded seedlings	
57	192.2	26.0	4.0	2.4	1.0	3.6	0	94.28
62	191.4	26.1	7.4	2.6	1.6	2.2	0	92.80
65	189.2	26.5	9.2	3.8	2.4	0	0	91.90
68	188.0	26.6	10.8	4.2	3.6	0	0	90.10

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

式中, H 为移栽合格率(%); S 为移栽不合格番茄钵苗株数; N 为测定段内移栽番茄钵苗株数; D 为移栽株距平均值(cm); n 为实测苗株数; X_i 为测量株距(cm)。

3.3 结果与分析

试验中对移栽频率与间歇喂苗装置向栽植器喂苗准确率之间的关系进行了研究,如表 2 所示。

由试验结果可以看出,随着移栽频率提高,喂苗准确率不断降低,影响准确率的原因主要是,随着移栽频率的提高,栽植器转动的速度加快,番茄钵苗落入栽植器内部的过程中,栽植器对番茄钵苗产生横向冲击力,致使番茄钵苗发生侧翻,造成喂苗失误;受育苗质量和钵苗盘中番茄苗根部土壤含水量的影响,一些番茄钵苗在从钵苗盘中取出时,根部土壤散落,间歇喂苗装置在向栽植器喂苗时,番茄苗倾斜落下,影响喂苗的准确。当移栽频率为 73 株/(min·行)时,部分生长较高的番茄钵苗在苗杯与托盘落苗口相对运动错开时刻出现夹苗现象,造成喂苗准确率降低明显。因此,膜上移栽机移栽频率低于 67 株/(min·行)时,喂苗准确率较高。

按照表 2 的试验数据和分析结论,膜上移栽机移栽频率取 57~68 株/(min·行)之间的 4 个数值进行田间生产试验,测定不同移栽频率下的移栽合格率及移栽株距,测定计算结果见表 3。

由表 3 可以看出,移栽株距大于设计株距,但是不同移栽频率情况下,移栽株距区别不大,说明移栽速度对移栽株距的影响不大,土地表层松土壤的厚度及机具内部各部件之间的摩擦力是影响移栽株距的主要原因。漏苗主要是因为间歇喂苗装置向栽植器喂苗失误造成;移栽频率较高时,覆土装置的覆土量增加,埋苗和倒伏现象明显,露苗现象减少;当移栽频率较低时,覆土装置的覆土量减少,出现露苗^[14]。因为移栽机构不与膜面接触,在生产试验的过程中,未发生伤苗和刮破地膜现象。综合考虑移栽频率和覆土情况对移栽质量的影响,及人工投苗长时间工作可承受的能力范围,移栽频率取 55 ~ 62 株/(min·行)时是机具正常作业的速度。

4 结 论

1) 针对新疆番茄、线辣椒铺膜移栽需要进行膜上覆土的要求,在吊篮式移栽机构工作原理的基础上,设计了膜上移栽机。膜上移栽机在作业时,间歇喂苗装置的移栽频率在低于 67 株/(min·行)的情况下,喂苗准确率较高,可靠性较好。

2) 田间生产试验表明,无刮破地膜和伤苗现象,移栽株距大于设计株距,影响移栽株距的主要原因是土地表层松土壤的厚度及机具内部各部件之间的摩擦力,移栽频率取 55 ~ 62 株/(min·行)时是较为合理的作业速度,移栽合格率达到 92% 以上。因此,膜上移栽机可以较好地适应新疆地区作物膜上

移栽需要膜上成穴和膜面覆土的农艺要求,也符合该机械的设计要求。

参 考 文 献:

- [1] 陈 兵. 中国新疆番茄产业发展现状分析[J]. 新疆财经大学学报, 2011, (3): 16-20.
- [2] 余国新, 张建红. 新疆番茄产业发展与农户种植模式分析[J]. 北方园艺, 2011, (14): 179-182.
- [3] 郝金魁, 张西群, 齐 新, 等. 我国栽植机械研制现状及发展建议[J]. 农机化研究, 2011, 33(7): 222-224.
- [4] 武 科, 陈永成, 毕新胜. 新疆育苗移栽机械化的发展趋势[J]. 农机化研究, 2010, (1): 230-232.
- [5] 李亚雄, 刘 洋, 李 斌, 等. 膜上移栽机: 中国, ZL 201120159178.2[P]. 2012-01-04.
- [6] 北京农业工程大学. 农业机械学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001.
- [7] 孙 恒, 陈作模. 机械原理[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001.
- [8] 李亚雄, 李 斌, 刘 洋, 等. 一种吊篮式移栽机投苗辅助机构: 中国, ZL 201120459968.2[P]. 2012-04-25.
- [9] 刘洋, 李亚雄, 赵华为, 等. 吊篮式移栽机喂苗机构的设计[J]. 农机化研究, 2010, 32(9): 73-75.
- [10] 濮良贵, 纪名刚. 机械设计[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004.
- [11] 中国农业机械化科学研究院. 农业机械设计手册(上)[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2007.
- [12] 李 革, 艾力·哈斯木, 康秀生, 等. 地膜播种机螺旋覆土滚筒的参数优化[J]. 农业工程学报, 2003, 19(6): 135-138.
- [13] 封 俊, 刘清英, 耿贵胜, 等. JB/T 10291-200. 旱地栽植机械[S]. 北京: 机械科学研究院, 2001.
- [14] 张国忠, 许绮川, 潘玉龙, 等. 影响机械移栽钵苗栽植率的因素分析[J]. 华中农业大学学报, 2004, 23(4): 463-466.

(上接第 205 页)

- [4] 郑连合, 肖雪梅, 马 迁, 等. 节水灌溉与农业种植结构调整[J]. 河北水利水电技术, 2003, (4): 27-28.
- [5] 官 飞. 华北地区结构型节水种植业模式及途径研究——以北京市顺义区为例[D]. 北京: 中国农业大学, 2003.
- [6] 李敏强, 寇纪松, 林 丹, 等. 遗传算法的基本理论与应用[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [7] 雷英杰, 张善文, 李继武, 等. MATLAB 遗传算法工具箱及应用[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2005.
- [8] 陈树良, 杨金霞, 袁国敏. 区域产业结构优化模型的设计[J]. 辽宁工业大学学报(社科版), 2008, 10(4): 19-23.
- [9] 代 伟, 张 超, 张雪花. 多目标规划在产业结构优化中的应用——以秦皇岛市为例[J]. 中国环境管理干部学院学报, 2007, 17(3): 16-19.
- [10] 陈守煜, 马建琴, 张振伟. 作物种植结构多目标模糊优化模型与方法[J]. 大连理工大学学报, 2003, 43(1): 12-15.
- [11] 丁 鑫. 基于遗传算法的区域节水型农业产业结构优化研究[D]. 扬州: 扬州大学, 2008.
- [12] 韩昀祥. 鄂尔多斯统计年鉴 2009[M]. 鄂尔多斯: 鄂尔多斯市统计局, 2009.
- [13] 水利部牧区水利科学研究所. 鄂尔多斯市节水型社会建设规划[Z]. 鄂尔多斯: 鄂尔多斯市水利局, 2009.
- [14] 内蒙古自治区水利科学研究院. DB15/T385-2009. 内蒙古自治区行业用水定额标准[S]. 呼和浩特: 内蒙古自治区质量技术监督局, 2009.