

自压喷灌技术在人工草场灌溉中的应用

卢勇¹,王庆元²

(1. 博乐农五师全新勘测设计有限公司,新疆博乐 833400;2. 新疆兵团农五师质检站,新疆博乐 833400)

摘要: 针对天然草场、畜牧业生产存在的畜水矛盾、畜草矛盾,通过实施草原恢复和牧区水利试点项目,重点以改善生态环境为目的,保护和恢复天然草场,建设灌溉饲草料基地,稳定地解决牲畜的饲草料供应问题。

关键词: 草场;生态;牧区水利;自压喷灌

中图分类号: S275 **文献标识码:** B

0 引言

发展林草业和加强生态环境建设已成为西部大开发中的重要内容之一,也是实施西部大开发战略的根本和切入点,国家规划 21 世纪初要基本遏止生态环境的进一步恶化,力争到本世纪中叶,使全国适宜治理的水土流失面积基本得到整治,适宜绿化的土地种上林草,“三化”草地基本得到恢复,建立起比较完善的生态环境预防监测和保护体系,使大部分地区生态环境明显改善,努力实现山川秀美。新疆兵团农五师在天山西段的边境线上屯垦戍边 40 多年,受自然条件限制,牧业发展较慢。自 2002 年以来,通过草原恢复和牧区水利试点项目的实施,重点以改善生态环境为目的,保护和恢复天然草场,建成 1 300 hm² 自压喷灌人工草场,有效地防止了由于气候变化、草场无序放牧和超载放牧造成的草场严重退化及水土流失和土地荒漠化,并将种植业与畜牧业有机结合,对边境团场农业结构调整、生态保护,实施可持续发展战略有着重要意义。

1 草原现状

新疆兵团农五师位于准噶尔盆地西缘,地处欧亚大陆中心地带,远离海洋,属温带干旱荒漠类型,是典型的大陆性气候区,降水稀少,蒸发强烈。多年平均降水量 200~300 mm 以下,多年平均蒸发量(E601)在 1 400 mm 以上,干旱是草原的主要特征。全师牧区草场面积 17.75 万 hm²,其中春秋草场 7.43 万 hm²,冬草场 6.35 万 hm²,农区草场 3.97 万 hm²。现有牲畜总数 28.1 万头(只),其中牧区半牧区牲畜 19.02 万头(只)。由于牧区水资源缺乏,并且时空分布不均匀,给开发利用增加了困难。植被覆盖度平均为 20%,单产(干草)1 200 kg/hm²。

主要土壤类型有棕钙土、灰漠土。牧区自然灾害种类较多,其中以旱灾发生最为频繁,有“十年九旱”、“年年春旱”之说。干旱给草原生态环境和畜牧业生产造成了极大危害,大面积草原退化、沙化,牧草产量低、品质差,草牧场载畜数量下降,畜草矛盾加剧,冬春饲草料严重不足。干旱又常常造成地下水位下降,水井枯竭,湖泊干涸,河水断流,人畜饮水困难。

2 畜牧业生产存在的主要问题

2.1 过度放牧加之气候变暖,草场退化严重

养羊方式主要为草原放牧,靠天养畜,抗御自然灾害能力差。近几年来,随着全球气候变暖、干旱,草原牧草产草量大幅减少,但随着团场牧业发展,牲畜存栏数增加,草场生产量已满足不了牲畜食草量,造成草场无休养周期,草场退化严重。

2.2 生产水平低

由于地处偏远,经济不发达,草原多为无人区,畜牧业生产水平低。细羊毛虽品质好,但单产低,平均单产仅为 3.8 kg 左右,由于草料短缺和疫病等原因,羊只繁育率仅为 82%。

2.3 无饲草饲料基础,抗灾缺乏物质基础

牧区没有围栏草场,春、夏、秋三季无序游牧,导致天然草场超载退化。没有饲草料基地,抗灾、救灾缺乏草料物质基础。各类饲草储备困难,抗灾能力低,生产极不稳定。畜水矛盾、畜草矛盾长期困扰着靠天养畜、单一生产结构的各族牧民,严重制约着畜牧业的发展。

3 人工草场灌溉方式选择与灌溉工程设计

3.1 灌溉方式选择的原则

灌溉方式选择应坚持因地制宜,充分利用自然落差,节省

动能资源;坚持生态、经济与社会效益相结合,突出强调生态保护;坚持围绕发挥大自然的自我修复能力来配套水利措施;坚持“以水定草、以草定畜”,合理控制草原载畜量;坚持合理开发、优化配置和节约保护水资源;坚持统筹规划、因地制宜、突出重点、分步实施;坚持建管并重,突出抓好管理等7项原则。据此,选择自压喷灌方式进行牧草灌溉。

3.2 灌溉工程规划布置

为保证人工草场充分发挥效益,必须建立完善的高效节水灌溉系统,根据现有天然草场实际情况和畜牧业发展现状及存在的主要问题,按照“灌溉水源以地表水为主,灌溉工程以小型为主,以灌溉饲草料基地为主”的“三主”方针,充分利用当地有利的地形条件,发展自压喷灌人工草场。下面以84团2002年400 hm²人工草场自压喷灌试验项目为例介绍喷灌工程布置与主要技术参数。

3.2.1 基本资料

84团地处博乐市以北阿拉套山南麓,北与哈萨克斯坦接壤,84团是兵团二级种羊场,1994年被新疆农垦科学院列入中国美利奴“U”品系羊繁育基地建设单位。

2002年人工草场建设地点为保尔德冲洪积扇扇形地,绝对高程650~750 m,项目区地形平均坡降3%;当地土壤质地为含砾砂壤土,土层厚度0.3 m左右,土壤容重为1.45 g/cm³;人工草场建设地点呈现荒漠草原景观,主要生长着博乐蒿和覆地虎等多年生草丛,草丛高10~25 cm,覆盖度20%~40%不等,另有少量耐旱灌木。

保尔德河是84团的主要水系。保尔德河源于阿拉套山南坡,属典型山溪性河流。已建成保尔德引水干渠13 km。历年平均流量1.823 m³/s,灌溉期年平均引水量3 945.8万 m³,渠系水利利用系数59.9%,控制灌溉面积0.4万 hm²。水源为保尔德干渠水,灌溉期供水有保障;试验区气候条件:多年平均降水量181 mm,多年平均蒸发量1 557 mm,灌溉期平均风速2.4 m/s,常年主导风向为西南风,最大冻土深度170 cm。

3.2.2 喷灌系统选型及布置方案

根据项目区地形条件,地面坡降为3%,具备实施自压灌溉条件,另外项目区距离灌溉水源较近,引水条件好,因此灌溉方式采用自压喷灌。自压喷灌采用半固定式管道系统,为便于管理和降低投资,将喷灌系统分为2个独立系统,每个系统控制200 hm²草地。每个系统设一个调节池,田间管网由干管、分干管和移动支管组成,输水干管垂直于等高线布置,配水干管大致平行于等高线布置,分干管垂直于等高线布置,移动支管平行于等高线布置。

3.2.3 灌溉制度的确定

①设计灌水定额

设计灌水定额根据GBJ85-85《喷灌工程技术规范》中公式计算:

$$m = 0.1r h(\beta_{\max} - \beta_{\min}) \eta \quad (1)$$

式中: m 为设计灌水定额,mm; r 为土壤容重,1.45 g/cm³; h 为土壤计划湿润层深度,0.4 m; β_{\max} 、 β_{\min} 为适宜土壤含水量占田间持水量23%的上下限90%、65%; η 为灌溉水利用系数,0.8。

经计算 $m=36.25$ mm,相当于 363 m³/hm²。

②设计灌水周期

$$\text{灌水周期} \quad T = m \eta / \omega \quad (2)$$

式中: T 为设计灌水周期,d; ω 为作物平均最大耗水量,6.5 mm/d;其他符号意义同前。

算得设计灌水周期 $T=4.46$ d,取为5 d。

③喷灌灌水模数及用水量计算

$$q = m / T t \quad (3)$$

式中: q 为灌水模数,m³/hm²; t 为日工作时间,22 h;其他符号意义同前。

$$\text{经计算} \quad q = 3.69 \text{ m}^3/\text{hm}^2$$

$$\text{灌溉用水量} \quad Q = Aq$$

式中: A 为灌溉面积,400 hm²。

经计算灌溉用水量 $Q=1 476$ m³/h,每个系统灌溉用水量为738 m³/h。

3.2.4 喷头选型与组合间距的确定

根据项目区气候、土壤和种植品种,选用ZY-1型喷头,喷嘴直径6.5/3.1 mm,喷头工作压力300 kPa,喷头流量3.39 m³/h。

雾化指数 $H/D=4 615$,满足牧草、饲料作物的雾化指标要求。

喷头组合间距采用18 m×18 m的全圆喷洒方式,经计算喷洒强度为8.7 mm/h,小于允许喷洒强度15 mm/h。

3.2.5 工作制度的确定

①喷头在工作点的喷洒时间

$$t = abm / 1 000 q \quad (4)$$

式中: t 为喷头在工作点的喷洒时间,h; a 为喷头布置间距,20 m; b 为支管布置间距,20 m; q 为喷头流量,3.39 m³/h;其他符号意义同前。

经计算 $t=3.5$ h

②同时喷洒支管数

$$n_{\text{支}} = Q / q \quad (5)$$

式中: $n_{\text{支}}$ 为同时喷洒支管数; Q 为单元系统流量,738 m³/h; q 为支管流量,36.9 m³/h。

经计算, $n_{\text{支}}=20$ 条。

③支管每天可喷洒的工作位置数

$$n = n_i / t \quad (6)$$

式中: n_i 为日工作时间,22 h;其他符号意义同前。

经计算 $n=6$ 。

3.2.6 管道设计流量

每个系统输水干管设计流量为738 m³/h,布置4条分干管,每条分干管同时工作支管数为5条,每条支管设计流量36.9 m³/h,则每条分干管的设计流量为185.4 m³/h。

3.2.7 管网设计

①干管。主干管、干管、分干管采用PVC-U管,主干管管径的选择原则采用造价最低原则设计,经计算主干管管径为 $\Phi 500$ mm,压力等级为0.6 MPa;干管采用PVC-U管,干管大致平行等高线,为使各分干管具有较接近的工作压力,按经济流速法计算各管段管径,管径分别为 $\Phi 315$ 、 $\Phi 250$ 、 $\Phi 200$;分干管垂直于等高线布置,为使各支管入口压力大致平衡,将管道水

力降坡基本与地面坡降相等,经各工作区水力计算分管管径分别为 $\phi 160$ 、 $\phi 125$ 、 $\phi 110$ 。

②支管。支管管径按规范要求,同一条支管任意两喷头间工作压力差不超过喷头工作压力的 20%,经计算,支管选用 $\phi 76$ 铝合金管。

3.2.8 首部工程

①引水枢纽。该喷灌工程水源为保尔德河水,自保尔德干渠取水,因此需在保尔德干渠上设分水枢纽,进水闸设计流量 $0.6 \text{ m}^3/\text{s}$,闸孔宽 0.8 m ,节制闸设计流量 $4 \text{ m}^3/\text{s}$,闸孔宽 2.5 m 。

②前池。前池为自压喷灌系统的调节建筑物,为 2 个独立喷灌系统的共用进水口,平面为圆形。前池的布置方式为正面排砂、排污、侧面引水。前池设沉砂室、调节室。池宽 10 m ,池平均深度 4 m ,底坡 3%,在进水口前设控制闸门,在进水池与调节室相交处设挡砂坎,坎高为 1.5 m 。

3.2.9 工程运行管理

自压喷灌系统运行可靠,不耗能,运行费低。要建管并重,建立良性的工程管理体制和运行机制,确保工程发挥最大效益。对人工草场实行定额承包,按种植不同草业进行经济核算承包,长期固定承包,发放草场使用证,30 年政策不变,并按一定标准收取使用补偿费。在项目区设有专门库房,设专人负责灌水设备养护、维修,团场对项目区承包户实行计划内成本水价,超计划加倍收费的水费核算办法。

2001 年 10~11 月完成人工草场自压喷灌系统安装任务。2002 年 4 月初系统开始运行,9 月中旬灌水结束。当年喷水 12 次,单位用水量 $4360 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ 。

4 效益

4.1 生态效益

①牧区水利建设有利于保护草原生态、维护生态安全。建设人工灌溉草场,可在短期内大幅度提高草原植被覆盖率、产草量和牧草质量,稳定地解决牲畜的饲草料供应问题,为大面积天然草原的围封轮牧、休牧和禁牧创造条件,是退牧还草工程退得出、稳得住、不反弹的基础保障。每公顷灌溉饲草料地的产量一般可达 1.2 万 kg 以上,相当于 3 hm^2 左右的中等天然草原的产草量,可使 $3\sim 8 \text{ hm}^2$ 天然草场休牧 4~6 个月,使草原生态得到有效保护和恢复。依靠草原自我修复能力,使天然草地生态逐步走向良性循环轨道。通过项目建设,已使项目区草原植被覆盖率由项目实施前的 20% 提高到现在的 95% 以上,项目区周边的草原植被覆盖率提高到现在的 40% 以上。

②项目实施过程中采用了先进的节水技术——喷灌,有利于进一步调节田间小气候,调节温度和昼夜温差,使水资源达到良性循环。人工草地的建设,可增加空气和土壤湿度,扩大绿地面积和天然草地植被盖度,逐步改善牧区气候条件,有利于草原生物多样性,显著减少沙尘暴等恶劣天气发生的次数和持续时间。对于维护陆地生态系统的平衡起了很大作用,具有保护环境、美化生活环境、防风固沙、涵养水分、保护水土、改良土壤、增加土壤有机质、净化空气的作用,使生态环境得到改善。采用喷灌方式,能避免或减少水力侵蚀造成的水土流失。

4.2 社会效益

牧区水利建设有利于边疆稳定、民族团结和社会发展。

牧区水利建设不仅可以有效地保护草原生态,为西部大开发提供良好的基础环境,还可以带动以畜产品加工和草原生态旅游为主的二、三产业的发展,促进牧区经济结构的调整,更可以增加牧民收入,消除贫困,加快多民族共同富裕的步伐,对于巩固边疆,增进民族团结,维护社会稳定,全面建设小康社会,具有十分重要的社会意义和政治意义。

项目 2002 年建成至今,使 30 户牧民实现了定居,结束了多年的游牧生涯,生活区集中有利于水、电、林、路的配套建设,牧民的生活质量得到很大提高。

饲草料基地建成后,各类饲草储备充足,抗灾、救灾能力有很大提高,牧业生产稳定发展。

4.3 经济效益

因为紫花苜蓿是一种优质饲草,能使牲畜越冬时保持较好的体能,显著降低越冬死亡率。项目建成后,项目区牲畜存栏数增加 30%,细羊毛平均单产提高到 4.9 kg 左右,羊只繁育率为 95% 以上,年增收 32 万元。

项目种植紫花苜蓿 400 hm^2 ,项目建成后年新增苜蓿(干草) 0.48 万 t ,单产苜蓿(干草) $1.2 \text{ 万 kg}/\text{hm}^2$,比天然草场每公顷增产 1.08 万 kg ,产量增加了 9 倍,可解决 1.6 万只 羊越冬所需饲草。近 2 年苜蓿(干草)平均销售价格为 $0.4 \text{ 元}/\text{kg}$,年销售收入 192 万元。项目区牧民人均年收入由建设前的 0.12 万元 增长到目前的 0.38 万元 ,高出当地平均水平近 1 000 元。

项目总投资 269.1 万元,年运行费 21 万元。财务内部收益率(全部投资)所得税后为 13%,所得税前为 15.71%,全部投资回收期所得税后为 4.3 年,所得税前为 3.9 年。财务评价结论:本项目的盈利能力、抗风险能力较强,经济效益好,本项目在经济上是合理、可行的。

牧区水利建设有利于发展牧区经济,增加牧民收入。以饲草料地灌溉为主要内容的牧区水利建设不仅可以有效地改善牧业生产条件,提高牧业防灾抗灾能力,还可以促进草原畜牧业从靠天养畜向舍饲化、集约化方向发展,实行长草短喂、短草精喂的科学饲养方式,为草地资源的可持续利用和草原畜牧业的可持续发展提供基础保障。

5 待研究解决的问题

通过对该试验工程的实施,尽管取得了显著的成绩,但也存在如下问题。

①与内蒙草原灌溉牧区相比,单方水的产草量相对较低,应该加强对牧草灌溉制度进行研究,如最优喷水季节、最适宜喷水时间和喷水量等,以提高水的生产效率。

②结合牧草灌溉特点合理选择喷灌设计参数,降低一次性工程投资。

③结合牧区水利建设,开发清洁能源,建立林草防护带,逐渐恢复草场植被,改善生态环境。

④结合牧草灌溉解决人畜饮水困难,建设优质高产饲草基地,提高防灾抗灾能力,为定居放牧和养殖创造条件,为巩固边防建设作后勤保障。 □