

草原生态建设与草地灌溉耦合效应研究

荣 浩, 刘艳萍

( 水利部牧区水利科学研究所, 呼和浩特 010010)

摘 要: 草地退化、沙化是我国牧区脆弱生态系统失衡急需整治的重大环境问题。在分析草地生态环境现状的基础上, 从提高草地综合生产力和恢复保护草地植被改善生态环境两个方面, 阐述了牧区发展灌溉草业的必要性和可行性; 提出各类草地灌溉草业发展模式; 对如何确定灌溉发展规模和灌溉草业与生态恢复的耦合效应作了探讨, 提出相应的定量计算方法。

关键词: 牧区; 灌溉草业; 生态建设; 耦合效应

中图分类号: X 171. 1; S812. 5 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409( 2005) 01-0156-03

Study on Coupling Effect Between Grassland Ecology  
Construction and Grassland Irrigation

RONG Hao, LIU Yan-ping

( Institute of Water Resources for Pastoral Area of the Ministry of Water Resources, Huhhot 010010, China)

**Abstract:** Grassland sand desertification and degradation is a great environmental problem of eco-system unbalance which should be paid more attention to in the pastoral areas of our country. On the basis of analyzing the status quo of grassland eco-environment, from following two aspects of increasing grassland productivity, resuming and protecting grassland vegetation and improving ecological environment, the necessity and feasibility of developing irrigation grass industry in pastoral areas are expounded, development models of irrigation grass industry on different type grasslands are put forward, as well as how to define the irrigation scale and the coupling effect between irrigation grass industry and ecology renovation and advance corresponding quantitative calculating methods.

**Key words:** pastoral areas; irrigation grass industry; ecological construction; coupling effect

1 牧区自然条件与草地生态环境

1.1 牧区自然条件

牧区是我国经济社会较为落后, 贫困人口最为集中, 生态系统脆弱, 生态环境形势最为严重的区域。主要分布在西部的 12 个省区内, 占国土陆地面积的 44%, 草地面积达 2. 5 亿  $\text{hm}^2$ , 可利用草地面积 2. 13 亿  $\text{hm}^2$ , 是我国草原畜牧业生产基地, 也是我国北方重要的绿色生态屏障, 在国民经济和社会发展中具有非常重要的战略地位。由于牧区特殊的自然条件和地理位置, 境内以沙地、高原、高寒地区为主, 我国八大沙漠、四大沙地分布其间, 气候干旱少雨, 风大沙多, 除西南以及东少部分地区外, 我国大部分草地处于多年平均降水量小于 400 mm 的干旱、半干旱地区。干燥度东部分为 1. 5 ~ 2. 0, 中部为 2 ~ 4, 西部为 4 ~ 30 以上。降水量自东向西递减, 且年内、年际降水量分布极不平衡。年风沙日达 75 ~ 150 d/a 以上, 年平均风速一般为 3 ~ 4 m/s。风大时, 在植被稀疏的沙区和开垦的农田上形成沙尘和沙暴。这种恶劣的自然条件, 使草原生态环境十分脆弱<sup>[1,2]</sup>。除东部和西南局部地区属森林、草

甸草原外, 大部分为干草原、荒漠草原、草原化荒漠及荒漠。

1.2 草原生态环境

1.2.1 草原退化沙化严重, 生态容量降低, 威胁国家生态安全

牧区草原大面积退化、沙化, 导致产草量和牧草质量下降, 载畜能力降低。据统计<sup>[1,2]</sup>, 20 世纪 80 年代以来, 牧区可利用草原面积缩减了近 0. 2 亿  $\text{hm}^2$ , 平均每年减少 66. 7  $\text{hm}^2$ 。2000 年, 全国牧区 90% 的可利用草原已呈现不同程度的退化、沙化, 而且还在以每年 200 万  $\text{hm}^2$  的速度扩张, 其中中等程度以上的退化、沙化草原面积达 1. 4 亿  $\text{hm}^2$ , 占可利用草原面积的 62%。与上世纪 80 年代初期相比, 牧区天然草原植被盖度降低, 产草量下降了 30% ~ 50%; 草地群落退化, 优良牧草减少, 杂草、不可食草类增多, 天然草原载畜能力下降了约 30%。草原退化、沙化严重的地区主要分布在内蒙古高原牧区、蒙甘宁牧区西部、川滇牧区的西北部、新疆牧区北部和青藏高原牧区东部三江源区。草地退化沙化最终导致沙漠化。目前全国土地沙化面积每年增加 3 436  $\text{km}^2$ , 其中 70% ~ 80% 源于天然草原的退化、沙化, 成为我国沙化土地的主体和沙尘暴主要源区。京津地区主要风沙源浑善达克沙地距北京的最

① 收稿日期: 2004-04-21  
基金项目: 科技部社会公益研究专项资金项目( 2001DIB10069)  
作者简介: 荣浩( 1970- ), 男, 工程师, 学士, 主要从事水利、水保科学研究及工程规划、设计。

近距离只有 100 km, 目前正以每年约 1.8 km 的速度向南推进, 直逼京津。区域生态环境恶化, 不仅使草原生产力显著下降、生物多样性减少, 而且使区域内人口、资源、环境难以协调发展, 有的地方已丧失了人类基本生存条件, 影响牧民生存与发展, 生态形势十分严峻, 威胁国家生态安全。

1.2.2 大面积严重超载过牧和长期开垦等因素是草地退化的主要原因

长期以来, 由于牧区经济发展水平低, 在社会经济等因素驱动下, 人们盲目追求牲畜数量增长, 实行掠夺式经营, 造成草地严重退化、沙化, 20 世纪 80 年代以来, 牧区人口增加了 33%, 牲畜头数增加了 46%, 天然草原载畜能力下降了 30%, 畜均可利用草原面积减少了 0.6 hm<sup>2</sup>。2000 年全国牧区平均牲畜超载率达 48.92%, 草原退化、沙化严重的地区高达 70% ~ 80%, 畜多草少, 草原过度利用, 平均 0.9 羊单位/hm<sup>2</sup>, 而美国、澳大利亚分别为 0.17 ~ 0.25 羊单位/hm<sup>2[2,3]</sup>, 可见超载过牧严重程度。加之对草原乱垦、滥挖、滥樵, 人为破坏, 造成草地严重退化, 引起生产力大幅度下降和环境急剧恶化。

1.2.3 草地管理水平低, 基础设施薄弱是草地生态系统恶化的重要因素

多年来我国草地管理水平低, 建设投入不足, 基础设施差, 平均每 1 hm<sup>2</sup> 可利用草地投资累计仅为 20.85 元。人工草地面积比例不足 3%, 灌溉草地面积仅占可利用草地面积的 0.4%。由于草原植被覆盖度低, 叶面积小, 光能利用率仅为 0.01% ~ 0.4%, 沿干旱到湿润梯度而增高, 草地生产力很低, 北方草地平均每 1 hm<sup>2</sup> 产肉 3.77 kg、奶 4.06 kg、毛 0.45 kg, 低于世界平均水平, 相当于澳大利亚和美国的 10% 和 5%<sup>[3,4]</sup>。成为严重制约我国牧区生态环境改善和经济社会发展的重要因素。

## 2 发展灌溉草地是提高草地综合生产力和恢复草原生态的根本保障

### 2.1 灌溉草地在生态环境建设中的特殊作用

我国北方牧区由于草原沙化、退化, 使草地资源遭到破坏, 导致生态和环境的恶化。通过发展灌溉草业等措施, 恢复和保护天然草地, 利用牧草发达根系, 覆盖面积大, 既能充分利用土壤深层水分、养分, 也能在土壤中纵横穿插, 盘根错节, 固持土体, 减少因风蚀作用对草原表土的破坏。天然草地盖度提高 10% ~ 20%, 其固沙和生态功能极为显著, 土壤侵蚀量比裸地减少 90% 以上, 如表 1<sup>[3]</sup>。固沙和涵养水源分别是林地 2 ~ 4 倍, 土壤水利用效率可提高 20% ~ 30%, 甚至 50% 以上。因此发展灌溉草业是防止草地退化和改善生态环境的有效途径, 也是固沙、防风的绿色屏障。

### 2.2 提高草地综合生产力, 为恢复草原生态提供基础保障

适度发展灌溉草业, 可以大幅度增加单位面积上的产草量和牧草质量, 提高草地综合生产力, 减轻草地放牧压力, 促进退化草地自然恢复, 这是为实践所证明了的。例如内蒙古、新疆、青海等省(区)一些土壤水分条件较好的灌溉草地比天然草地可增产 20 ~ 30 倍。载畜量可以达到 8 羊单位/hm<sup>2</sup>, 草地综合生产力提高 30 倍以上。这意味着建设 1 hm<sup>2</sup> 人工灌溉饲草料地, 可以使 40 hm<sup>2</sup> 天然草地载畜量减少 1/3, 实现草畜平衡, 恢复草原生态。据资料<sup>[4,5]</sup> 估算在温带草原区域易于发挥生产潜力, 可发展人工草地和半人工草地的面积约 0.13 亿 hm<sup>2</sup>, 光能利用率达到 1.5% ~ 2%, 根据水源条件, 在

0.13 亿 hm<sup>2</sup> 中约有 25% ~ 30% 可以改造为灌溉草地, 光能利用率可达到 3% 以上, 草地综合生产能力提高 1 倍以上, 相当于增加 1 倍的适宜载畜量, 满足现代化畜牧业和草地生态环境建设需要。

表 1 不同草地对侵蚀量的影响

测定项目	沙打旺	紫花苜蓿	草木樨	红豆草	裸地
6 a 平均/ ([t · (km <sup>-2</sup> · a <sup>-1</sup> )])	869	576	1412	927	14205
比裸地减少/%	93.9	93.8	90.1	93.5	—

## 3 草原生态保护灌溉草地发展的主要模式和技术要求

目前我国牧区草地灌溉形式和种类较多, 总结内蒙古、新疆、青海、甘肃等省(自治区)发展草地灌溉的主要模式有以下 4 种: 现有灌溉工程的节水改造; 农田调整种植结构, 发展灌溉草地; 新建灌溉草地和天然草地灌溉等。这些草地灌溉发展模式, 应综合考虑水资源状况, 自然条件和饲草料地发展需求, 按照优先安排现有灌溉工程续建配套与节水改造、大力推行种植结构调整发展饲草料地灌溉、充分利用雨洪资源发展天然草地灌溉、适度发展新建灌溉草地的原则, 因地制宜确定发展模式。

### 3.1 续建配套和节水改造

牧区现有约 66.7 万 hm<sup>2</sup> 灌溉饲草料地, 建设标准低, 工程配套差, 灌溉技术落后, 用水浪费严重。对部分通过续建配套和实施渠道防渗等节水改造措施, 灌溉效果尤为显著, 年可增产饲草料 400 kg/hm<sup>2</sup>。为舍饲提供物质条件, 天然草原得到了有效保护。

### 3.2 新建节水灌溉草地

在有水资源开发利用条件的地区, 通过新建节水工程, 配合农艺等其它措施, 因地制宜发展各种类型的节水高效灌溉草地。常见的有家庭灌溉草库伦(以开发利用地下水为主)、联户灌溉饲草料地(以开发利用地下水或地表水为主)和灌溉饲草料基地(以开发利用地表水为主)等 3 种模式。实施喷灌、管灌或渠道防渗等节水措施, 采用合理的灌溉方法和制度, 选用优良牧草、饲料品种, 提高水利用率。以地下水作为灌溉水源, 单井出水量需 > 10 m<sup>3</sup>/h, 以满足用水要求。如内蒙古鄂尔多斯高原干旱区推广的“五个一工程”, 每户牧民在自己的草场内打一眼井、建一座 10 ~ 15 m<sup>3</sup> 的水塔, 一处 4 ~ 6.7 hm<sup>2</sup> 的节水灌溉饲草料地, 一个 100 m<sup>2</sup> 的舍饲暖棚, 一个 20 ~ 40 m<sup>3</sup> 的青贮窖, 对承包的 200 ~ 333 hm<sup>2</sup> 干旱荒漠草场实行禁牧、休牧、轮牧。

### 3.3 调整现有耕地种植结构, 发展灌溉饲草料地

调整种植结构, 通过节水等配套设施建设, 将部分现有耕地改造成节水高效灌溉草地, 种草养畜, 使周围天然草场得到了保护, 取得良好效果。

### 3.4 天然草地灌溉

人工补灌改良天然草地是在特定地区、特定条件下, 提高饲草料供应能力的一种经济可行的方法。例如甘肃省天祝县松山滩二道墩草场通过对 320 hm<sup>2</sup> 人工改良草场实施补充灌溉, 年增产干草 200 多万 kg, 为 1 万多羊单位提供了冬春育肥饲料。

## 4 灌溉草地发展规模确定的程序和计算方法

确定草地灌溉发展规模应根据草原生态学原理, 按照以

水定草、以草定畜原则,充分考虑水资源可利用量、草地类型、生产力、载畜能力和畜牧业发展及饲草料需求量等因素,通过水、草、畜系统平衡分析计算,拟定灌溉规模。

4.1 各类型灌溉草地规模确定程序

制定畜牧业经济和牲畜发展数量及草地生态保护指标;天然草地草畜平衡饲草亏缺量估算;灌溉发展规模预测;需水量计算及水资源供需平衡分析;在水草畜平衡状态下,最终确定各类草地灌溉规模。

4.2 灌溉草地规模计算

天然草地饲草亏缺量按公式(1)、(2)、(3)计算:

$$G = G_1 - G_2 - G_3 \tag{1}$$

$$G_1 = D \cdot T \cdot N \tag{2}$$

$$G_2 = \sum_{i=1}^n G_i \cdot S_i \cdot d_i \tag{3}$$

式中:  $G$ ——饲草亏缺量(kg);  $G_1$ ——饲草需求量(kg);  $G_2$ ——天然草地产草量(kg);  $G_3$ ——人工草地、秸秆、饲料等各种途径的补饲能力(kg);  $D$ ——一个羊单位日食草量,按干物质 1.8~2.0(kg/羊单位·d)估算;  $T$ ——牲畜食草时间 365 d;  $N$ ——牲畜发展数量(羊单位);  $G_i$ ——各类天然草地面积(hm<sup>2</sup>);  $S_i$ ——各类天然草地单位面积产草量(kg/hm<sup>2</sup>);  $d_i$ ——各类天然草地饲草利用率,可按 0.5~0.6 取值。

4.3 各类型灌溉草地规模确定的原则和方法

(1) 节水改造灌溉面积应根据现有灌溉饲草料地面积,预测需进行续建配套、节水改造面积和饲草供应能力。

(2) 调整种植结构发展草地灌溉面积应根据水土资源等自然条件和退耕还草生态建设要求,预测农田调整为灌溉草地面积和提供的饲草量。

(3) 新建灌溉草地规模,应根据节水改造和调整种植结构后饲草亏缺量,预测发展规模和饲草供应能力。

(4) 天然草地灌溉应在雨洪资源或地表水资源丰富地区,根据饲草亏缺量预测天然草地灌溉规模和饲草供应能力。

4.4 灌溉草地发展规模应按公式(4)、(5)、(6)计算:

$$G_i = \sum_{i=1}^n [A_i (\sum_{s=1}^R Z_s Y_s \lambda)] \tag{4}$$

$$G = \sum_{i=1}^n G_i \tag{5}$$

$$A = \sum_{i=1}^n A_i \tag{6}$$

式中:  $G_i$ ——不同灌溉形式(节水改造、结构调整、新建、天然草地等)的灌溉面积饲草料提供量(kg);  $A_i$ ——不同灌溉形式预测的灌溉面积(hm<sup>2</sup>);  $Z_s$ ——饲草料种植结构比例(%),可按优质牧草种植 40%~60%,其余种植青贮饲草料的比例取值;  $Y_s$ ——各种饲草料(牧草、青贮饲草料等)单位面积产量(kg/hm<sup>2</sup>);  $\lambda$ ——各种饲草料利用率(%)。人工牧草取 0.9; 饲料取 1.0;  $G$ ——饲草料亏缺量即灌溉草地提供饲草量(kg);  $A$ ——预测灌溉发展总规模(hm<sup>2</sup>);  $n$ ——不同灌溉

参考文献:

[1] 董光荣,吴波,慈龙骏,等.我国荒漠化现状成因与防治对策[J].中国沙漠,1999,19(4):318-319.  
[2] 赵跃龙.中国脆弱生态环境类型分布及其综合整治[M].北京:中国环境科学出版社,1994.13-14.  
[3] 刘伟杰,王德忠,李永芳.生态学原理在现代畜牧业建设中的应用[J].干旱区研究,2003,20(2):156-157.  
[4] 马爱锄,黑亮,雷国材.西北干旱地区生态环境建设中的草畜产业问题研究[J].干旱地区农业研究,2003,(2):145-146.  
[5] 李博.草原及其利用与改造[M].北京:农业出版社,1994.24,35-36.

形式数(1.2.....n)。

4.5 水、草、畜平衡分析确定草地灌溉发展规模

灌溉草地规模应满足水量平衡和草畜平衡。否则,应减少灌溉规模或压缩牲畜数量或加大牲畜出栏率或提高秸秆利用率等措施,达到水、草、畜平衡后的最终灌溉规模。

5 发展灌溉草地与生态恢复耦合效应计算

发展灌溉草地与生态恢复耦合效应表现在治理改善生态环境的天然草地面积和增加天然草地生产力以及提高天然草地植被盖度等生态指标。

5.1 保护改善天然草地的面积和饲草增量

根据试验和生产经验,1 hm<sup>2</sup>灌溉草地生产力相当于 20~90 倍各类天然草地面积的生产能力,见表 2,可使 40~100 hm<sup>2</sup>天然草地休牧(或轮牧)120~180 d。

表 2 单位面积(hm<sup>2</sup>)灌溉草地生产能力相当于各类草地面积生产能力 hm<sup>2</sup>

草地类别	草丛、灌丛	草甸草原	典型草原	荒漠草原	草原化荒漠	荒漠
相当于天然草地面积	12	18	33	42	55	86

由灌溉草地的产量折算相当于当地天然草地生产能力,按照牲畜补饲数量和时间,计算可能实现修复天然草地,提高草地等级的面积和增加的饲草产量。

5.2 提高天然草地植被覆盖率

$$\theta = \frac{\sum_{n=1}^m F_{后} \cdot \eta_{后} - \sum_{n=1}^m F_{前} \cdot \eta_{前}}{F} \cdot 100\% \tag{7}$$

式中:  $\theta$ ——提高草地覆盖率(%);  $F_{后}$ ——项目实施后修复天然草地面积(hm<sup>2</sup>);  $\eta_{后}$ ——项目实施后,修复天然草地植被盖度(%);  $F_{前}$ ——项目实施前,天然草地面积(hm<sup>2</sup>);

6 结 语

(1) 牧区大部分处于降雨量低于 400 mm 的干旱、半干旱区,自然条件恶劣,生态环境脆弱,由于自然和超载过牧等人为因素,致使草地沙化、退化严重,占可利用草场面积的 60% 以上,生态环境恶化,形势严峻,改善和保护草地生态环境是当务之急。

(2) 发展灌溉草业不仅可以提高草地综合生产力,缓解牧区草畜矛盾,同时减轻天然草地载畜压力,依靠草地自然修复能力,逐步复壮天然草地植被,改善和保护草地生态环境。

(3) 灌溉草地发展模式主要有现有工程节水改造、新建草地节水灌溉工程、天然草地灌溉及种植结构调整等多种模式,其发展规模应根据生态学原理和各类草地水土资源条件,按照水、草、畜平衡原则,因地制宜确定合理的草地灌溉规模。

(4) 发展灌溉草业,促进天然草地生态环境改善,其耦合效应表现在恢复和保护天然草地面积,生产能力的增加及植被覆盖度的提高,为草原生态环境的治理提供了水利保障。