

Feasibility Analysis and Application Practice of Wind Water-Lifting Irrigation in Western Liaoning Region

Tianhui Jia*, Chunqian Li, Zijian Cong

Institute of Soil and Water Conservation in Liaoning Province, Chaoyang Liaoning
Email: 634928668@qq.com

Received: Feb. 16th, 2015; accepted: Feb. 27th, 2015; published: Mar. 3rd, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

Wind water-lifting irrigation is one of the important ways of utilizing wind energy, which is energy-saving and environmentally-friendly. Wind resources are rich in western Liaoning region, and discussing wind water-lifting irrigation to solve the problem of agricultural drought is of great significance. The status of wind energy resources in western Liaoning region, the distribution characteristics, the distribution and utilization of rainfall, and the relation between distribution characteristics and agricultural water demand are analyzed using evaluation indexes of average wind speed, effective wind hours, effective wind energy density, yearly wind speed change, yearly precipitation distribution and rainwater utilization, and the feasibility of wind water-lifting irrigation in western Liaoning region is also discussed. Meanwhile, the application practice has showed that wind water-lifting irrigation in western Liaoning region is feasible and it is an effective way to solve the problem of agricultural drought in western Liaoning region.

Keywords

Western Liaoning, Wind Resource, Wind Water-Lifting, Irrigation, Feasibility, Application Practice

辽西地区风力提水灌溉可行性分析与应用实践

贾天会*, 李纯乾, 丛子健

辽宁省水土保持研究所, 辽宁 朝阳

*通讯作者。

Email: *634928668@qq.com

收稿日期: 2015年2月16日; 录用日期: 2015年2月27日; 发布日期: 2015年3月3日

摘要

风力提水灌溉是风能利用的重要方式之一,且节能环保。辽西地区风资源丰富,探讨风力提水灌溉,解决农业干旱缺水问题意义重大。以平均风速、有效风时数、有效风能密度、风速年内变化、年内降水分布、雨水利用率等为评价指标,分析了辽西地区风能资源状况和分布特点,以及降水年内分布和利用情况,风资源分布特点与农业需水之间的关系,探讨了辽西地区发展风力提水灌溉的可行性。并通过应用实践,证明辽西地区发展风力提水灌溉可行,是解决辽西农业干旱问题的有效途径。

关键词

辽西地区, 风资源, 风力提水, 灌溉, 可行性, 应用实践

1. 引言

风能作为一种无污染和可再生的自然能源有着巨大的发展潜力,而风力提水作为风能利用的重要方式之一,在解决农牧业灌溉与排水、人畜饮水以及养鱼、制盐等方面都不失为一种既简单可靠又经济实用的技术。特别是在沿海、边远山区将风力提水技术与节水灌溉技术有机结合,对于节省常规能源、改善生态环境、促进当地经济社会的可持续发展都有重要的现实意义。

人类利用风能历史悠久,我国也是世界上最早利用风能的国家之一[1],早在公元前我国劳动人民就利用风能进行提水灌溉。我国广大科技工作者在吸收传统风力提水技术的诸多优点并借鉴国外先进技术的基础上,经过多年的不懈努力,终于完成了由传统的低速低效多叶片风力直接提水到现代高速高效风力发电提水这一历史性转变,从而使我国的风力提水技术水平得到了迅速发展。目前在我国工、农、牧业的各项生产活动中运行的各种风力提水机组约有4000余台,主要分布在东南沿海用于养殖、制盐,在山东、江苏、宁夏、河北和吉林等地用于农田灌排,在三北地区主要用于人畜饮水与人工草场的灌溉等等。

辽西地区占全省总面积的34.8%,是辽宁省农牧业发展的重要基地,但是由于干旱、水资源匮乏,使本区农业经济发展受到严重制约。农业大面积依赖500mm左右的降水资源,而降水的年内分布不均,且多以暴雨形式出现,并造成严重的水土流失,而雨后又无水灌溉。耕地雨水资源利用率仅为 0.51 kg/m^3 ,而全国平均水平为 0.83 kg/m^3 ,发达国家一般达到 2 kg/m^3 以上[2],差距明显。近年来,国家投入大量资金围绕辽西农业发展,进行农业配水工程建设,抗旱水源工程建设,节水灌溉工程建设,排灌设施更新改造等,建设旱涝保收农田。但由于受资金限制及能源限制,仍然没有从根本上解决辽西地区农业干旱问题。据统计,仅2006年辽西地区旱灾农业经济损失高达37.26亿元,而近年的干旱频率、成灾率及损失程度都有增加的趋势。然而辽西地区风能资源丰富,年有效风时数约3950小时,年平均风速 3.0 m/s ,从农业可持续发展的战略角度出发,以风力提水灌溉为切入点,拓展辽西旱区农业用水渠道,解决或缓解干旱缺水问题是辽西地区农业发展的战略选择。

2. 区域概况

研究区位于辽宁省西部,包括朝阳、锦州、葫芦岛、阜新四市,总面积 5.07 万 km^2 ,占辽宁全省总

面积的 34.80%。是蒙古高原、冀北山地和东北平原三大地貌的交汇地带。全区由努鲁尔虎山、松岭山和医巫闾山三条平行的东北西南走向的山脉组成，海拔 200~1160 之间，境内丘陵起伏，沟壑纵横，属低山丘陵地貌。本区土壤侵蚀面积 210.4 万 hm^2 ，占全省总侵蚀面积的 49.7%，占该区总面积的 41.9%。是水土流失比较严重的区域。

气候属暖温带半干旱季风大陆性气候，年均气温 $5.5^{\circ}\text{C}\sim 9.2^{\circ}\text{C}$ ，多年平均降水量 470~650 mm，但降水的年际和年内分布不均，7~9 月份降雨量占全年的 70% 以上，周期性旱年和季节性干旱明显。土壤主要以褐土和淋溶褐土为主，只在海拔 500 m 以上山地为棕壤，土壤肥力较低，有机质一般在 1% 左右。本区植被为华北植物区系向蒙古植物区系过渡地带，分布着以油松和栎类林为主的落叶阔叶林，间有侧柏，但植被破坏严重，仅 500 m 以上山地有天然次生林残存，500 m 以下分布山杏矮林、荆条灌丛和小灌丛草地。建平北部植被稀疏，仅散见榆树疏林、沙生植被和草甸草原。

3. 风能资源状况及分布规律

选择区内代表性气象站点(朝阳县北沟门镇、兴城市望海镇、彰武县后新秋镇)，统计分析平均风速、有效风时数、有效风能密度、风速年内变化等，评价辽西地区风能资源储量及特点。通过作物不同需水阶段风能资源状况分析，总结风力提水灌溉与作物需水之间的相互关系。代表性站点主要风能参数(年平均风速、年平均风功率密度和年有效风力小时数)见表 1。

从风能资源参数表中看出，各站点风能资源指标，年平均风速 4.9 m/s~5.8 m/s，年平均风功率密度 117.2~230.6 W/m^2 ，年有效风力小时数 6116~7052 h，风能资源为国标 2 级标准，满足风力提水灌溉对风资源的要求。

风速和风功率密度的季节分布见表 2、表 3，各站点 10 m 高度的风速和风功率密度季节变化规律基本一致。均以 2~5 月风速和风功率密度偏大，7~8 月风速和风功率密度偏小。总体看春播季节是发挥风力提水灌溉优势的最好季节，可解决春旱播种问题。其他生长季节在作物需水情况下，风速和风功率密度均能满足风力提水灌溉要求，可根据作物需水时段和要求，灵活掌握和运用。

风速和风功率密度的日变化特征见表 4、表 5，各站点的 10 m 高风速和风功率密度日变化特征基本相同，但各个站点的具体地貌条件存在差异，对风资源的影响存在不同。朝阳县北沟门站 22~7 时风速和

Table 1. Main wind resource parameters of each site

表 1. 各站点主要风能资源参数

站点	高度	年平均风速(m/s)	年平均风功率密度(W/m^2)	年有效风力小时数(h)
朝阳县北沟门	10 m	4.9	117.2	7052
兴城市望海	10 m	5.3	144.57	6491
彰武县后新秋	10 m	5.8	230.6	6116

Table 2. Monthly average wind speed of each site

表 2. 各站点月平均风速(单位: m/s)

站点	高度	月份											
		10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
朝阳县北沟门	10 m	5.0	4.7	4.5	4.0	5.8	5.6	5.9	6.2	5.0	4.2	3.5	4.6
兴城市望海	10 m	5.7	5.2	4.7	5.1	6.1	6.3	6.2	5.5	4.7	4.6	5.0	5.1
彰武县后新秋	10 m	6.5	5.2	5.4	4.5	6.8	7.3	7.3	6.3	5.1	5.0	5.1	4.7

Table 3. Monthly average wind power density of each site
表 3. 各站点月平均风功率密度(单位: W/m²)

站点	高度	月份											
		10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9
朝阳县北沟门	10 m	113.6	97.3	95.2	70.5	155.5	142.8	192.4	218.2	112.7	77.6	39.2	94.7
兴城市望海	10 m	191.0	159.3	90.0	124.5	211.1	246.8	219.7	168.2	144.6	109.6	114.4	145.1
彰武县后新秋	10 m	281.6	166.2	171.2	104.4	343.7	433.4	457.7	326.2	143.4	130.7	121.4	96.6

Table 4. Hourly mean wind speed of each test area
表 4. 各试验区逐时平均风速(单位: m/s)

站点	高度	时间																							
		21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
朝阳县北沟门	10 m	4.9	5.0	5.2	5.3	5.3	5.4	5.4	5.3	5.2	5.1	4.9	4.7	4.6	4.6	4.6	4.7	4.8	4.9	4.9	4.8	4.7	4.6	4.6	4.7
兴城市望海	10 m	4.6	4.6	4.7	4.7	4.8	5.0	4.7	5.0	4.8	4.5	4.8	4.7	4.8	5.3	5.7	6.4	6.7	6.7	6.7	6.9	6.4	5.7	5.0	4.8
彰武后新秋	10 m	5.5	5.5	5.4	5.4	5.4	5.3	5.2	5.2	5.2	5.2	5.1	5.3	5.6	6.0	6.3	6.6	6.7	6.9	6.9	6.6	6.1	5.8	5.5	5.5

Table 5. Hourly average wind power density of each test area
表 5. 各试验区逐时平均风功率密度(单位: W/m²)

站点	高度	21	22	23	24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
I	10 m	117.9	124.9	135.8	143.1	145.5	152.8	148.8	143.6	138.2	137.0	125.5	118.6	105.6	96.5	91.9	93.9	99.1	99.6	105.6	100.6	100.6	92.5	92.8	102.4
II	10 m	102.2	104.5	115.7	127.1	137.1	132.8	130.1	129.3	117.5	117.0	113.4	131.8	135.2	168.3	197.9	234.4	256.3	276.4	271.9	251.7	205.1	176.1	138.3	118.6
III	10 m	190.5	192.5	185.5	181.8	180.5	171.5	165.0	157.8	157.6	155.2	155.7	180.8	218.7	262.8	301.7	324.5	344.4	364.2	365.3	336.6	280.8	246.1	213.1	202.8

注: I——朝阳县北沟门, II——兴城市望海, III——彰武后新秋。

风功率密度偏大, 清晨 3 时左右达到最大, 午后风速和风功率密度偏小。兴城市望海站 11~18 时风速和风功率密度偏大, 下午 16 时左右达到最大, 其它时间午后风速和风功率密度偏小。彰武后新秋站 9~18 时风速和风功率密度偏大, 下午 14~15 时达到最大, 其它时间相对偏小, 兴城站和彰武后新秋站的日风速和风功率密度变化趋势基本一致。总体来看, 各占点的风速和风功率密度日变化情况, 全天候均满足风力提水灌溉要求。

4. 降水特点及降水利用率分析

将一年划分为春季(3~5 月)、夏季(6~8 月)、秋季(9~11 月)、冬季(12 月~翌年 2 月)、生长季(5~9 月)和全年 6 个不同时段, 统计各阶段多年平均降水量。见表 6。

从表中看出, 三个站点降水具有相似的季节分布特征, 降水绝大部分集中在夏季, 其中朝阳县北沟门占全年的 72.9%, 兴城望海占 68.3%, 彰武后新秋占 67.2%。其次降水较多的是秋季, 三个站点分别占全年的 13.4%、16.1%和 16.9%。春季降水接近秋季, 三个站点分别占全年的 12.2%、14.0%和 14.5%。冬季降水较少, 三个站点分别占全年的 1.5%、1.6%和 1.5%。

另一方面, 就作物生长季平均降水量而言, 三个站点分别为 408.8 mm、476.5 mm 和 428.8 mm, 分别占全年平均降水量的 87.6%、81.3%和 85.6%, 无论是绝对量还是相对量, 基本能够满足作物生产需要。但各地实际降水不能满足作物生产的需求却是事实, 主要是由于降水量年内分配不均, 降水主要集中在

Table 6. Yearly precipitation variety of each site
表 6. 各站点降水年内变化情况表(单位: mm)

站点	季度					年
	春季(3~5月)	夏季(6~8月)	秋季(9~11月)	冬季(12~2月)	生长季(5~9月)	
朝阳县北沟门	56.8	340.3	62.6	7.0	408.8	466.7
兴城市望海	82.1	400.1	94.1	9.6	476.5	585.9
彰武后新秋	72.8	336.6	84.5	7.3	428.8	501.2

Table 7. Table of rainwater resources and agricultural use
表 7. 雨水资源与农业利用情况表

县	总面积 (万 hm ²)	耕地面积 (万 hm ²)	粮食产量	多年平均 降雨量 (mm)	年降水 总量 (亿 m ³)	耕地雨水 资源总量 (亿 m ³)	全区降水 总量利用 率(kg/m ³)	于全国平均值 (0.83 kg/m ³) 之比	耕地雨水 资源利用 率(kg/m ³)	于全国平均值 (0.83 kg/m ³) 之比
朝阳县	42.83	9.14	3.06	466.7	19.99	4.27	0.15	0.18	0.72	0.86
兴城市	21.47	5.99	2.13	585.9	12.58	3.51	0.17	0.20	0.61	0.73
彰武县	36.33	11.53	3.94	501.2	18.21	5.78	0.22	0.26	0.68	0.82

夏季的某个时段或某几场降雨, 雨水利用率比较低, 同时各地冬季降水少, 造成春墒较差, 播种及保苗困难, 干旱仍困扰着辽西地区的旱地农业生产。按我国现在单方水资源的粮食生产水平(0.83 kg/m³)来衡量(表 7), 三个县均低于全国平均水平, 与发达国家(2 kg/m³)相比相差更远, 体现了雨水资源虽然理论上满足农业生产, 但利用率低, 农业灌溉是保证农业生产的唯一手段, 而风力提水灌溉是一种较好的选择。

5. 区域能源发展战略的需求及技术成熟度

辽宁省是我国的重工业基地, 也是能源消耗大省, 长期以来, 由于能源短缺制约了工农业的发展。开发利用风能资源, 作为常规能源的补充能源以及资源枯竭型城市战略转型的重要举措。风能资源的开发利用对于保护环境、改善能源结构、保证社会健康发展等有着重要的战略意义。

锦州市吉莱斯特科技发展有限公司是专门致力于风力提水设备研发的科研、生产于一体的科技企业。从设备安装到生产应用的各个环节都有技术人员提供支持, 可为项目的应用推广提供设备和技术保障, 从技术角度看比较成熟。同时辽宁省财政厅在农业综合开发项目中把风力提水灌溉作为重要内容进行推广, 从资金、政策上给予扶持和引导, 以解决本区农业生产季节性干旱问题。可以说, 无论从区域能源发展战略角度还是技术支持层面, 在辽西发展风力提水灌溉可行。

6. 风力提水灌溉应用实践

6.1. 山地果园风力提水灌溉应用

应用地点位于兴城市望海乡范罗村山地果园(锦丰梨), 灌溉方式选择滴灌, 果园面积 20 hm², 设备选择锦州市吉莱斯特科技发展有限公司生产的加林牌农用风力提水机, 2 台风力提水设备分别通过 500 m 长的输水管道将水输送到 30 m 高处的 2 座蓄水池中, 每座蓄水池容积 173 m³。蓄水池内设有水流控制机构, 当蓄水池内水位达到设计高水位时, 水流控制机构启动工作, 将一定量的水通过自然落差注入滴灌系统主管道中, 通过主管道并经过过滤器等设备注入滴管带中浇灌果树, 水自滴头以点滴方式直接缓慢地滴入果树根际土壤。水滴入土后, 借助垂力入渗, 在滴头下方形成很小的饱和区, 再向四周逐渐扩散

至果树根系发达区。山区果树滴灌技术成熟,不受地形、土壤、水源、果树种类的限制。依据地形、土壤条件和果树需水需求适时供水;同时,可以结合施肥,将不同时期所需的肥料准确送到根部。

在风力提水滴灌条件下,果园经济效益为 4500 元/hm²,水分利用效率为 1.82 kg/m³。同时利用风能可将水提到 30 m 高差处的蓄水池,利用自然落差自流灌溉,节约了能源消耗,减轻了环境污染,减少了 CO₂, SO₂ 的排放量。节能环保和经济效益明显。

6.2. 苗圃风力提水灌溉应用

应用地点位于彰武县后新秋镇永安村苗圃(杨树),设备选择锦州市吉莱斯特科技发展有限公司生产的加林牌农用风力提水机,应用面积 10 hm²,灌水方法采用隔沟交替灌溉。将风力提水经管路直接输送到苗圃地中,灌水时期选择 5 个时期即:扦插后灌水、苗木出齐后灌水、苗木追肥后灌水、苗木封头后灌水、苗木冬眠后灌水。在风力提水灌溉条件下,苗圃苗木产量为 86.4 万株/hm²,一级苗木 69.12 万株/hm²,经济效益达 96.76 万元/hm²。同时风力提水灌溉避免了机电提水的线路架设和柴油机械提水的能源消耗。无 CO₂ 等污染物排放,绿色节能环保,体现了风力提水灌溉的优势。

6.3. 旱地玉米风力提水灌溉应用

应用地点位于朝阳县北沟门乡华杖子村,灌溉方式选择坐水播种,应用面积 15 hm²。风力提水设备通过 80 m 长的输水管道将水输送到 10 m 高处的 1 座蓄水池中,蓄水池容积 80 m³。春季播种干旱时将蓄水池中的水灌入坐水播种机中。用机械在田间开沟施水、播种,使水靠重力和毛细管作用湿润土壤以达到出苗保墒。

应用年份正值春旱,土壤墒情不能满足播种要求,旱地玉米无法及时播种,在风力提水解决水源情况下,试验区农田玉米及时播种,出苗率达到 100%,后期正常年景情况下,玉米长势良好,效益明显。

7. 结语

1) 辽西地区风资源丰富,从辽西风能资源指标看,年平均风速 4.9 m/s~5.8 m/s,年平均风功率密度 117.2~230.6 m/s,年有效风力小时数 6116~7052 h,风能资源为国标 2 级标准,满足风力提水灌溉对风资源的要求。

风速和风功率密度的季节分布看,各观测点 10 m 高度的风速和风功率密度季节变化规律基本一致。均以 2~5 月风速和风功率密度偏大,7~8 月风速和风功率密度偏小。总体看春播季节是发挥风力提水灌溉优势的最好季节,可解决春旱播种问题。其他生长季节在作物需水情况下,风速和风功率密度均能满足风力提水灌溉要求,可根据作物需水时段和要求,灵活掌握和运用。风速和风功率密度的日变化特征看,辽西全天候均满足风力提水灌溉要求。

从辽西降水季节分布特征看,降水绝大部分集中在夏季,春季降水占全年的 12.2%~14.5%。降水较少,是风力提水灌溉发挥优势的季节,从风速和风功率密度看,春季也是一年最大的季节。

2) 风力提水灌溉运用灵活,应用对象可选择山地果园、旱作平地、苗圃及经济作物等。另外风力提水与节水灌溉技术必须相结合,在提水有限的条件下才能发挥事半功倍的效果。可根据灌溉对象不同选择不同的节水灌溉方式。尤其是风力提水灌溉山地果园,是与水土保持有机结合的利用模式。

3) 风力提水灌溉与节水灌溉技术相结合,其效益体现在节水效益、节能环保效益和经济效益。通过风力提水灌溉实践,说明在辽西北地区实施风力提水灌溉可行,使本区农业利用天然降水的季节性不足,以风力提水灌溉进行补充成为可能,解决了农业季节性干旱缺水问题,拓展了农业用水方式和途径,从资源利用和解决本区干旱缺水上应该是一种革命性的进步。

参考文献 (References)

- [1] 刘惠敏, 王世锋, 朱俊峰 (2011) 风力提水技术发展历程. *中国人口·资源与环境*, 专刊, 314-317.
- [2] 黄毅, 邹洪涛, 虞娜, 等 (2006) 辽西易旱区雨水资源跨时空调控技术的研究. *水土保持学报*, 5, 126-129.