

利用风力排咸改造盐碱地

于恩洪 陈彬 王彦芬

(天津市气象科学研究所 300074)

提 要

通过研制的风力提水量专用流量仪的测量,得出风机提水量及土壤含盐量变化的实际数据,科学的评价了风能排咸的经济效益,为我国盐碱地改造提出了一条新的途径。

关键词: 风力 排咸 盐碱地

前 言

土壤盐碱化是土壤中浅层水溶盐类运动的结果,它是危害农业生产的重要灾害之一。长期以来,为了改造盐碱地和防止土壤盐渍化,主要措施是将地下浅水位控制在适宜深度,使水蒸腾力达不到地表层,为此在盐碱地上修建台田、竖井、明沟和暗管,并用电力抽走地下咸水,达到控制浅层水位的目的。从各地实践来看,这些工程措施,由于电泵易损和电费高昂而逐步被淘汰或很少使用。风能的特点:一是丰富,取之不尽,用之不竭;二是便宜又无污染。风能在季节分布上是春、秋季大,夏季小,而水盐运动是春、秋季上行,使土地盐渍化,要防止盐渍化就要控制浅层水位,而此时,风力资源丰富。夏季水盐处于下行自然脱盐过程,使夏季风小的弱点在应用上得到了缓解。自1989年以来的试验研究证明,风能不仅能代替电力排咸,而且比电能便宜,为改造盐碱地提供了新途径,使风能开发在常规能源达到的地方取得突破性的进展。

1 天津及黄淮海平原水盐及风的季节变化

据国内许多专家研究¹⁾,易溶解性盐类的运动,基本上是在水运动影响和控制下进行的,水的运动起着主导和决定性的作用。易

溶盐运动的主载体是水,而水分主要来源及其运动特点,在很大程度上决定于降水、蒸发等气象因素。因此,在半湿润季风气候区域中的天津及黄淮海平原,水盐在土壤中作垂直方向的运动,使盐渍地区的土壤出现明显旱季积盐和雨季脱盐的季节性更替。

我们搜集了盐碱化最严重的渤海湾和莱州湾沿海月、季、年平均风速。全年风速最大都出现在春季,莱州湾5个站3—5月平均风速在 $3.8-4.8\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$;渤海湾沿岸6个站3—5月平均风速为 $3.7-5.3\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$;年最小风速,渤海湾和莱州湾多出现在8月,11个站平均风速不足 $2.7\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,只有4月平均风速的一半;9月份以后,月平均风速又开始增大到 $3.0\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上(见表1)。春季风大,为控制潜水位、防止水盐上行提供了足够的能源。夏季风小,但水盐是下行脱碱,而少量的有效风能也能降低潜水位,增强雨季脱盐效应。9月份以后水盐又上行积盐,相应风力又开始增大。可见,风的季节变化和水盐运动的季节变化是天然互补。

1) 石元春. 季风现象和黄淮海平原的水盐运动. 黄淮海平原农业发展学术讨论会文集, 1982年.

表1 各月、季、年平均风速/m.s⁻¹

月	12	1	2	12-2	3	4	5	3-5	6	7	8	6-8	9	10	11	9-11	年
掖县	3.9	3.9	4.0	3.9	4.3	4.7	4.0	4.3	3.6	3.1	2.6	2.9	2.7	3.3	4.0	3.3	3.7
寿光	3.4	3.6	3.9	3.6	4.3	5.2	4.9	4.8	4.6	3.9	3.5	3.7	3.2	3.4	3.7	3.4	4.0
昌乐	4.0	4.1	4.3	4.1	4.7	5.1	4.4	4.7	4.2	3.5	2.8	3.2	3.5	3.4	4.0	3.6	4.0
利津	3.6	3.7	4.0	3.8	4.2	4.9	4.5	4.5	4.1	3.4	3.1	3.3	2.9	3.3	3.6	3.3	3.8
广饶	2.9	3.2	3.3	3.1	3.7	4.2	3.6	3.8	3.5	2.8	2.3	2.6	2.3	2.6	2.9	2.6	3.1
黄骅	3.1	3.7	3.4	3.4	4.0	4.4	4.0	4.1	3.7	2.9	2.4	2.7	2.5	3.0	3.1	2.9	3.3
塘沽	4.2	4.2	4.5	4.3	5.0	5.6	5.4	5.3	4.9	4.3	3.9	4.1	3.9	4.1	4.2	4.1	4.5
宁河	3.7	3.6	3.8	3.7	4.2	4.7	4.2	4.4	3.6	2.8	2.4	2.6	2.5	3.0	3.3	2.9	3.5
宝坻	3.7	4.0	3.8	3.8	4.0	4.3	3.9	4.1	3.4	2.6	1.9	2.3	2.3	2.9	3.2	2.8	3.3
静海	3.3	3.4	3.6	3.4	4.1	4.6	4.1	4.3	3.7	2.8	2.4	2.6	2.5	2.9	3.1	2.8	3.4

风与水盐分布的天然互补,还在于盐碱程度随着向海岸线而逐渐增加,潜水位也高,地下咸水量也大,而风速的变化也是随着向海岸线而逐渐增加,年平均风速渤海湾的塘沽比天津市高 $1.5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,莱州湾的寿光站比潍坊站高 $0.5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,大的风力与多的咸水是相对应的。

2 风力排咸试验研究

2.1 风力机提水量测试系统研制

风力提水量是随着风速而变化的,同时,在有限水源上进行风力提水,扬程也是变化的,扬程不一样,提水量也是不一样的。于是考察风力机的提水能力,必须同时测出3个基本数据,(1)变动的功率——风速,(2)变动的扬程,(3)不同风速、不同扬程下的流量。3个数据采样在时间上要同步,在采样次数上,要做到时间间隔越小越好。

“51”单片机流量测试系统,除包括三杯式风速传感器、半导体流量传感器、扬程传感器外,还包括提水起、停传感器,水泵转速传感器。5种传感器的电信号一律送到“51”单片机测试系统,并经TPUP-16B微型打印机按规定内容和时间自动打印。

2.2 起动风速的测试

依“51”单片机流量测试系统,在野外实地考查了近几年来国内生产的低扬程大流量风机的提水能力。总的结果是日前国内生产

的同类风机,有的厂家已达到了生产应用水平,如TFS-5型风机,该机风速在 $2.0-2.3\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 时起动次数最多,而后随着风速的增加,起动次数又相应减少,说明当风速小于 $2.0\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 时风机常处于停机状态,起动次数少;风速大于 $2.3\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,风机常处于运转状态,所以起停次数又少了。风速为 $2.1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,从多次平均情况已能测出流量,因风机起动风速为 $2.1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,所以有效风速也应为 $2.1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。过去规定有效风速为 $3.0\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,现因风机灵敏性的提高,向前提到 $2.1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。从 $2.1-2.9\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,平均提水量为 $5.6\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$,这是很有实用价值的。以天津东丽区气象站5年(3月1日—12月15日)的资料统计,年平均风速 $2.1-2.9\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,风时为1032小时,提水量为 5779m^3 ,相当于同期 $\geq 3.0\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 提水量(113274m^3)的5.1%。而风速在 $2.1-3.4\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ (有的风机,经测试在提水时 $3.5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 才起动),风时为1875小时,提水量为 17918m^3 ,相当于同期 $\geq 3.5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 提水量(101135m^3)的17.7%。

2.3 风速在 $3.0-20.0\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 时风机提水量的测试结果

因测试地点风机控制排咸面积只有60亩,平时风力在 $4.0-5.0\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 时,开机后3—5分钟即发生地下供水不足现象。为了真正测得风机提水的能力,安装2寸电泵一台,

向暗管控制区域内灌水,以补偿地下水不足。同时也用了“51”单片机测试系统测量了电泵的提水量为 $23.7\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ (额定提水量为 $25\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$),扬程在 $0.8-1.3\text{m}$ 之间。风机在

各档风速的提水量列入表 2。从实测提水量来看,随着风速的增大,提水量也在线性增加,但到 $\geq 8.0\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 之后,随着风速的增加,水量不再明显增大。

表 2 各档风速对应提水量测试结果

风速/ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	≥ 2.1	≥ 3.0	≥ 3.5	≥ 4.0	≥ 4.5	≥ 5.0	≥ 5.5	≥ 6.0	≥ 6.5	≥ 7.0	≥ 8.0
提水量/ $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	5.6	14.4	25.0	36.7	50.4	58.0	80.4	81.5	86.5	91.1	99.2
扬程/cm	82	92	105	107	120	131	131	131	131	131	131

测试结果,当风速 $> 5\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 时,扬程稳定在 130.9cm ,由此分析风力在 $5\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 以上时,由于地下水供水不足,实测流量仍然小于风机提水能力。

风机用于排咸,受风力大小、扬程高低、风机自身提水能力、地下咸水供水量、平均风速时段内取样不同及平均风速阶段性等多种因素的影响。由于 TFS-5 型风机头部轻、风叶坚固、螺旋泵轻而摩擦力小,其提水量大于同类机型风机的 $15-20\%$ 左右。依天津地区

静咸水位和地下供水量,一台风机控制面积为 150 亩时,地下供水量为 $47\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$,并由此推算出 300 亩、 200 亩、 100 亩的供水量分别为 $94\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ 、 $63\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ 和 $31\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ 。

风机提水量是以 10 分钟平均风速计算,两个 10 分钟平均风速可能是一样的,但风能与风速的立方成正比,只要两次 60 个采样有不同,两次风能就不相同,提水量也不一样,采用多次平均(见表 3)和数值模拟,能减少这种影响。

表 3 风力与提水量

风速/ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	2.1	2.3	2.5	2.7	2.9	3.1	3.3	3.6	4.1	4.3	4.5	5.1	5.3	5.9
平均提水量/ $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	1.4	3.0	6.6	5.8	11.9	13.9	15.6	21.5	36.2	36.8	49.5	58.4	67.2	80.9
最大提水量/ $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	6.8	10.5	11.5	10.2	21.7	19.7	20.2	23.7	38.7	42.9	50.7	59.5	74.1	88.5
最小提水量/ $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	0.0	0.2	3.0	4.1	7.7	10.6	13.5	18.8	31.4	29.5	46.2	57.3	51.9	75.1

数值模拟方程为: $Y = y[1 + \exp(A + Bx)]$

式中 Y 为提水量/ $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$; x 为风速/ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; $y = 110$; $A = 5.33507$; $B = -1.03354$ 。若 $R = 0.96047$ (相关系数); $F = 369.06859$ (检验),模拟曲线见图 1,从曲线上可以看出,仍以 $100\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ 为渐近线,与 TFS-5 型风机实测相符。

不同的平均风速时段之间,如平均风力在较低档次维持几小时,风机提水量小于地下水供水量,地下管存水处于满管,对于控制面积为 $100, 150, 200, 300$ 亩,存水量最大分别可达 $35, 52, 69, 104\text{m}^3$ 。这些存水和地下固定

的供水量,为风机提水来源。测试结果表明,在风机提水量等于或接近地下水供水量后的第一个小时提水量仍大于供水量,而后随着风力的维持或增大,提水量也不再增加,还会有所减少(见表 4),这种变化就是受平均风速时段不稳定性影响,经过大量的统计得出,这种影响对 $100, 150, 200$ 亩控制面积,分别在其对应历年高档平均风时中的增量为 $1-2, 3-4, 4-7\text{m}^3/\text{h}$,由于风机在风速 $\geq 8.0\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 时,实行自动减少转速保护,所以,对于控制面积为 300 亩时,其增量与 200 亩时接近,上述增量在有效风时为几千个小时地区,提水量是很可观的。

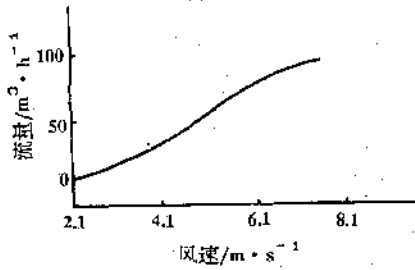


图1 风速与流量模拟曲线

表4 1990年11月8—9日传字营实测情况

时间/时	小时平均风速/m·s ⁻¹	小时提水量/m ³
20-21	8.1	62.0
21-22	7.9	51.0
22-23	停机	
23-24	8.1	53.6
0-1	8.8	50.1
1-2	8.9	48.5
2-3	9.9	46.7
3-4	6.5	46.1

根据测试和大量的统计分析得出了风机在不同的控制面积时各档风速提水量(见图2)。图2最上面的一条曲线是在地下供水较充足时测的,相当于300亩时地下供水量,也即天津地区TFS-5型风机最大控制面积为300亩。目前天津风力排咸控制面积大都在100—150亩。考虑风机提水的不稳定性,应留有余地,以200亩为宜。此时风力资源已利用到TFS-5型风机聚能的90%。

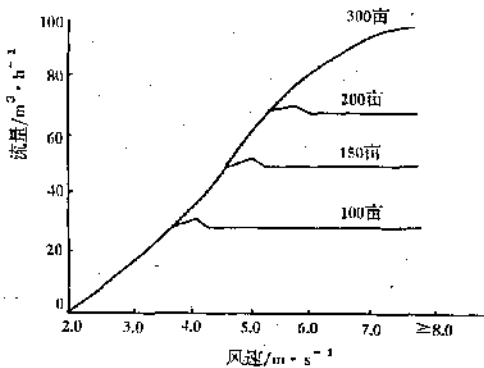


图2 各类控制面积时风速与流量

2.4 效益分析

TFS-5型风机1991年售价为8500元,安装费2500元,保修一年,从安装运行一年后算起,每年维修费约200元,后3年约为600元,按0.5%的低息计(风能按新能源优惠),4年利息为1761.8元,风机总投资为13361.8元。预计寿命15年,而一台风机15年总提水量为2067000m³,按风机总投资和每年维修管理费计,每m³水费为9.5厘。每年3月1日—12月15日为提水期,如果把同期总提水量137800m³折合相当于电泵提水,每年节约电费为3325.8元(按每度电0.26元计),用节省电费还贷款和利息,4年可还清风机全部投资。

以上计算效益,并未计算电泵提水的基本投资,加上电泵提水投资,则电提水为风机提水投资的2.6倍,且电泵提水量不足风机提水量的1/4。

依试验,风力排咸,降低土壤盐碱的速率每年在1%左右。对于4%的盐碱地,两年后即能改造为低于2%的良田。同时,风力排咸,使地下咸水位保持在水蒸腾力达不到地表的深度,当年也能获得保苗收成,有的亩产粮达500kg。依津南、东丽两区1991年以前的试验结果,每亩菜田增效380元左右。所以,一台控制面积为200亩的风机,还可以得到经济效益7万余元。

3 结论

3.1 风力排咸安全可靠,大风大排,小风小排;风机全天候常年工作,充分利用风资源;风小或无风,多出现在7—8月,此时沿海受海风调节,几乎天天可以排咸。内陆地区有雨季自然脱碱,同时盐碱是个慢性变化过程,就是短时排咸水少或不排咸,也不至于对作物造成危害。由于地下水含盐量的减少,从地下提上来的水送到淡水沟中再利用,这样,既节能又节水。风机的螺旋泵,可以做到自动控制

潜水位埋深。

3.2 风力排咸比常规电能排咸便宜。从1986年引进、改进的低扬程大流量风机使用来看,风机寿命15年有余,15年后只是部分易损零件需更换后再用,利润更高。

3.3 风力排咸改造盐碱地是一个可取的发展途径。黄、淮海平原有 $\geq 4\%$ 的盐碱地(包括海滩)5000多万亩。沿海地区风力资源丰富,多在 $4.0\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上,平原地区年平均风速多在 $3.0\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上,如果在整个大平原盐碱地

上使用风机并采用明沟、竖井等方式,投资不多,收效会很大。实现这一技术措施的结果,如每亩增产 100kg ,将有年增产几亿斤粮食的巨大成就出现。

3.4 风能开发利用,关键是一次性投资,所以利用风能改造盐碱地的效益,首先取决于风机质量,天津风机厂生产的TFS-5型风机,已安装的几十台都在安全运转,有的已运行3年,用户使用放心。

Draining off Salt with Wind Power to transform Salt-alkali land

Yu Enhong Chen Bin Wang Yanfen

(Tianjin Institute of Meteorological Science, 300074)

Abstract

Water quantity drained off with wind pump is measured with flowrator and the saltiness variation in soil is obtained. An evaluation of economic benefit of draining off salt with wind pump, and a new way to transform salt-alkali land is proposed.

Key Words: wind power draining off salt salt-alkali land