

Glegoo

On the shoulders of giants

湿帘冷风机 房间蒸发降温系统的 设计和制作

i@Glegoo.net

2007-2011 Glegoo.net

<http://www.glegoo.net>

注意事项

1. 受实验方法，实验设备，技术水平等的限制，本文中所得出数据精确度极为有限，故本文不能作为学术论文的参考资料。

2. 本文作者及其他任何转载或发布本文的第三方，不会为任何按照本文所列的方法所做的任何行为所造成的任何后果承担任何责任，亦无须赔偿任何损失。

3. 本文使用了一些他人先前的研究成果，这些内容在本文最后的参考文献中均有注明。

4. 本文的版权协议为：署名-非商业性使用-相同方式共享 2.5 中国大陆 (CC BY-NC-SA 2.5)，更多的信息可以在以下网址找到：

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/cn/>

摘要

湿帘-风机蒸发降温系统是一种广泛用于大型连栋温室的降温设备。本文讲述的是一种根据该设备所设计的一种房间蒸发降温设备以及它的制作过程,同时本文也对该设备的降温效果进行了实验。实验表明,在 20W 的功率下,该设备的降温效率为 69.23% (以出湿帘温度计算),人体感觉亦有较大的温差。虽然该设备效果无法与机械制冷相比,但它却能广泛使用于各种因电力供应或规章制度限制而不能安装空调等设备的地方。

1.简介

1.1 蒸发降温

蒸发降温是温室中常用的一种降温方式,其原理为:水在空气中蒸发,从空气中吸收热量,从而降低空气温度。蒸发降温的方式有屋顶蒸发降温,雾化降温,湿帘-风机等几种形式。其特点为:

1. 与冷水降温相比,耗水量较小
2. 与机械制冷相比,设备简单,能耗较低,但降温效果不及机械制冷
3. 降温同时会增加空气湿度,降温效果受气候条件影响,在湿度较大的天气下不能获得好的降温效果。

蒸发降温的降温下限为: **空气的湿球温度**

蒸发降温的降温效率可以通过以下公式进行计算:

$$\eta = \frac{t_a - t_b}{t_a - t_w} \leq 1.0$$

式中 t_a, t_b —— 降温前、后的空气温度 (干球温度), ($^{\circ}\text{C}$) t_w —— 空气的湿球温度, ($^{\circ}\text{C}$)。

农业用湿帘-风机降温系统的降温效率为: 70%-90%

喷雾降温降温效率为: 20%-60%

1.2 湿帘-风机降温系统

湿帘-风机蒸发降温系统是蒸发降温的一种,它是一种广泛应用于大型连栋温室的降温装置。水附着在吸水材料表面,与流经材料表面的空气接触而蒸发吸热,干热的空气通过湿帘之后吸收水分,变成湿度较大的空气。

温室中使用的湿帘-风机蒸发降温系统由以下几个部分组成:

1. 轴流风机: 安装了湿帘-风机降温系统的温室中,风机一般设计成将温室内的空气源源不断地排往室外,这种通风系统也称为排气式通风系统 (负压通风系统)。
2. 湿帘: 湿帘安装在温室的进风口,其材料一般为: 白杨刨花、棕丝、多孔混凝土板、塑料、棉麻或化纤纺织物等多孔疏松的材料,波纹纸质湿垫最为多用。其尺寸视温室的大小而

定，波纹纸质湿垫厚 80~200mm，一般高 1~2m。图 1.1 是一个湿帘-风机降温系统的示意图。

3. 水泵：水泵用于将水源不断地运输到湿帘的上方，水依靠重力流下，保持湿帘的湿润。

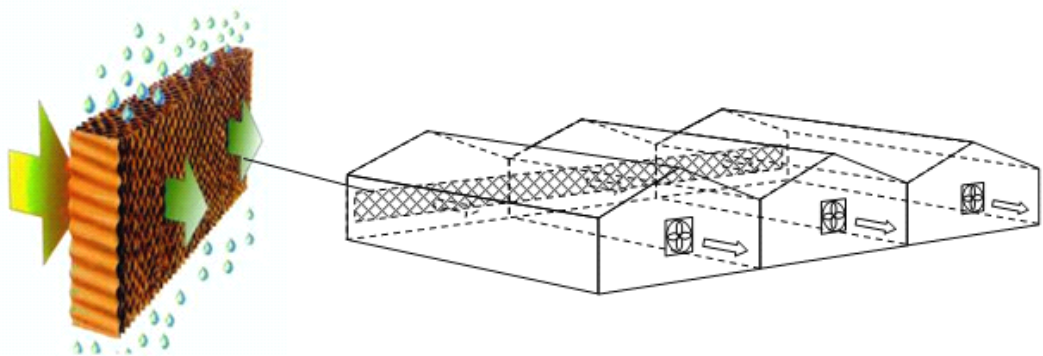


图 1.1： 湿帘-风机降温系统示意图（陈青云，2010）

2.湿帘-风机房间降温系统的设计

本系统是基于温室中的湿帘-风机降温系统设计的，本装置和温室中的湿帘冷风机结构非常相似，即风扇直接安装在湿帘前端（而不是安装在房间出风口）。风机与湿帘之间要有一定的距离，一是降低过帘风速，二是防止水的飞溅。

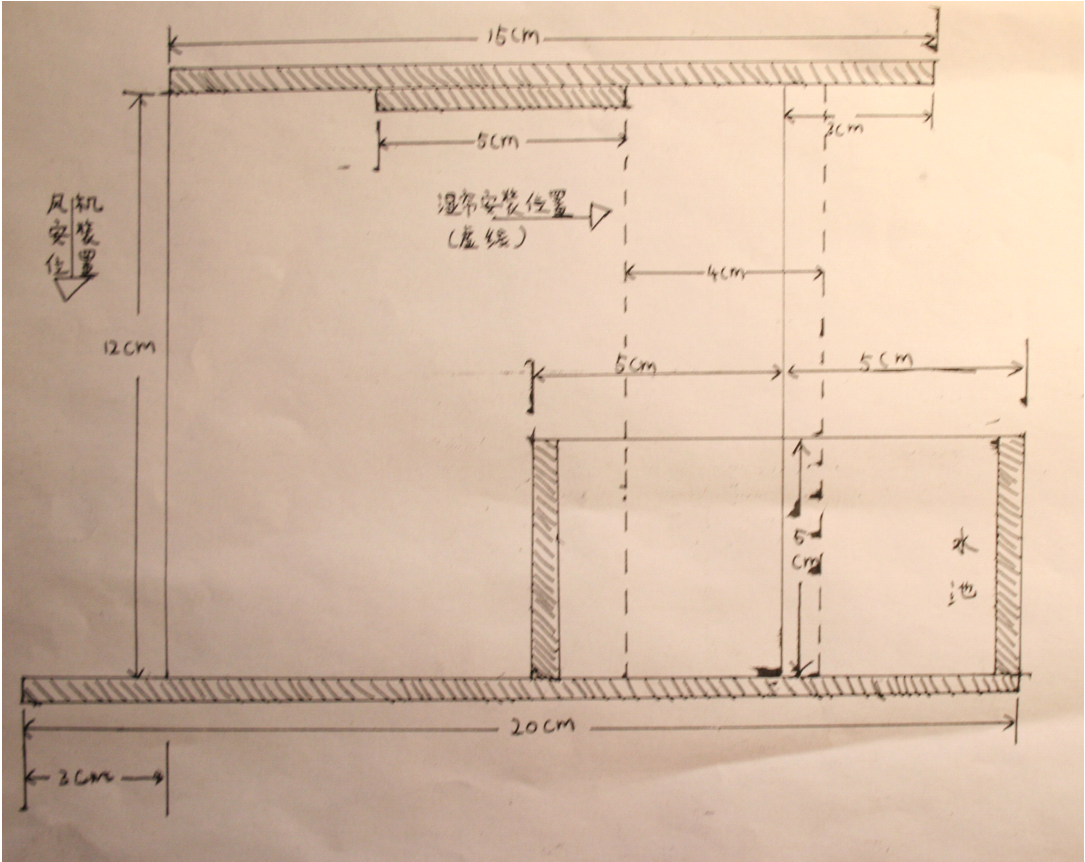


图 2： 降温系统的设计图

2.1 风机的选择

本装置中所用的风机，是由 Delta electronics Inc.生产的直径为 12cm 的散热风扇。其型号为：PFC1212DE，其工作电压为 12V，额定电流为 4.80A，转数为 7500RPM，通风量为 252.85CFM。

风机的选择考虑了以下几个因素：

1. 风机的类型：房间通风需要的通风量较大，压强较低，故选用轴流风机。计算机散热所使用的风扇由于功率过小，再加上湿帘的通风阻力，风量较小，故不宜采用。
2. 用电安全：由于整个系统离水源较近，环境湿度较大，为避免短路或触电等危险，所以风扇必须工作在 12V 的绝对安全电压下。
3. 风机的功率：所选择风机的功率要适当，功率过大或过小都会对整个系统产生不利影响
功率过大时可能出现的问题是：

1. 降温效率下降：空气未充分吸水就离开湿帘。
2. 噪音过大。
3. 水直接从湿帘上飞出，从出风口喷出装置，造成污染甚至短路等事故。

功率过小时可能会出现的问题是：

1. 空气通过湿帘速度过慢，出风口无风
2. 风机负载过大，造成发热，寿命缩短，降温效率极低甚至为负值。

对于风机功率过大的问题，我们可以通过使用“风扇减速线”或者“风扇调速器”来解决，也可以通过调节电源的输出功率来降低风扇的转速。



图 2.1：装置所用风机的正面图（即出风口）

2.2 湿帘的设计

本装置中所用的湿帘，是用医用绷带通过剪切，折叠之后用针线缝制成袋装，单片宽度（即湿帘厚度）大约 3 厘米，用铁丝将所有的湿帘一片一片串起来并悬挂，就制成了装置中的湿

帘。

湿帘的形状设计参考了温室中所使用的湿帘，二者同为“千层糕”状。主要遵循的设计原则为：

1. 湿帘的吸水性要好

日常生活中吸水性较好的材料一般为棉，布，纸等。纸由于容易破损，寿命较短，故不在考虑的范围之内。所以棉质的有一定厚度的材料是比较好的选择。

2. 湿帘要有一定的厚度

湿帘厚度不足时，由于和空气接触面积较小，水分无法充分蒸发，系统效率降低；湿帘厚度过大时，通风阻力较大，风机负载较重。



图 2.2：还未展开的湿帘

2.3 水泵

在温室中，水泵用于将水提升到湿帘上端，从而使湿帘保持湿润。本装置中，湿帘高度很低（12cm），采用的又是纱布这种吸水性很强的材料，故水能自己通过毛细管作用上升至湿帘上部，所以没有使用水泵。实验证明，在采用 12cm 高的纱布湿帘的情况下，水能自动的被吸到 10-11 厘米的地方。

当湿帘高度过高时，应该在设计中加入水泵。水泵应该选择流量和量程均不大的型号，避免浪费或者溢出。例如电脑水冷中使用的循环泵或小型直流潜水泵都是比较好的选择。有水泵的装置特别应该注意调节风扇的输出功率，防止水溅出。



图 2.3: 安装了水泵（12V 潜水泵）的降温设备效果图

2.4 外壳

本装置的外壳（包括储水装置），是用 0.5mm 厚的玻璃粘接而成的。所需的玻璃为（单位均为厘米）：

20*12: 1 块 15*12 : 1 块 12*12: 2 块 12*5: 2 块 5*5: 2 块

外壳的选择考虑了以下的因素：

1. 稳定性：风扇工作时有震动，如果外壳质量不够大可能会震动，发出噪音。各种材料中，以玻璃和金属重量最大。
2. 粘接的难易程度：亚克力板（塑料）最容易粘接在一起（使用 502 强力胶）。
3. 切割的难易程度：亚克力板可以用锯子切割，也可以用以下的电热切割法：取 500W 电炉丝一根，拉直，在大约 20-30cm 的一段上加上 12V 左右的电源，即可通过电炉丝的热量来切割亚克力板。操作过程中要小心，防止烫伤。

玻璃的切割最好由专业人士完成，可在购买玻璃时要求卖家帮助切割。无论使用何种材料，切割的尺寸要求误差少于 0.5CM，否则会造成粘接上的困难。

4. 老化：塑料比玻璃更容易老化，且老化之后的外观比玻璃更加难看。

关于粘接剂的选择：为防止漏水，玻璃应采用玻璃胶进行粘接，对于较小的缝隙，也可以使用 502 强力胶来填充。需要注意的是：玻璃胶气味刺鼻，有毒，最好避免在室内操作。

2.5 电源

除了输出功率要满足需求之外，电源的选择并无什么特别之处。输出可调的电源可以起到控制风扇功率的作用。

3.制作过程

3.1 外壳的制作

外壳的制作应采用从下到上的粘接方法，粘接过程中无需考虑玻璃胶影响美观的问题（玻璃胶可以很容易地用刀片清除掉）。由于玻璃胶固化需要 24 小时，所以粘接过程中需要有一些必需的支撑（例如：使用香烟盒等）。

粘接完成，玻璃胶完全固化后，应该检验装置是否漏水，漏水的地方如果不大的话可以用 502 强力胶填充，如果漏水程度较为严重，应使用玻璃胶进行粘接。

502 强力胶和玻璃胶都具有挥发性，对人体有较大的伤害，所以粘接过程应该在室外通风良好的地方进行。操作完成后应尽快洗手。



图 3.1：粘接的开始阶段

3.2 湿帘的制作

将医用绷带裁成大约 15 厘米的长度（方便湿帘从水池中充分吸水，同时，纱布等制作的湿帘在吸水后长度会减小），左右对折，制成 3-4 厘米的条状。为了使湿帘更加牢固，可以用针线将每一条湿帘的周围缝起来。最后，用铁丝将湿帘穿起来，形成一个 12*4*12（长*宽*高，单位：厘米）的长方体（垫状）。然后将湿帘固定于进风口，湿帘的下端可任其自由落在水池中。

湿帘的安装位置距离水池的池壁（靠近风机的一端）应该留出一定的距离，防止水流出。

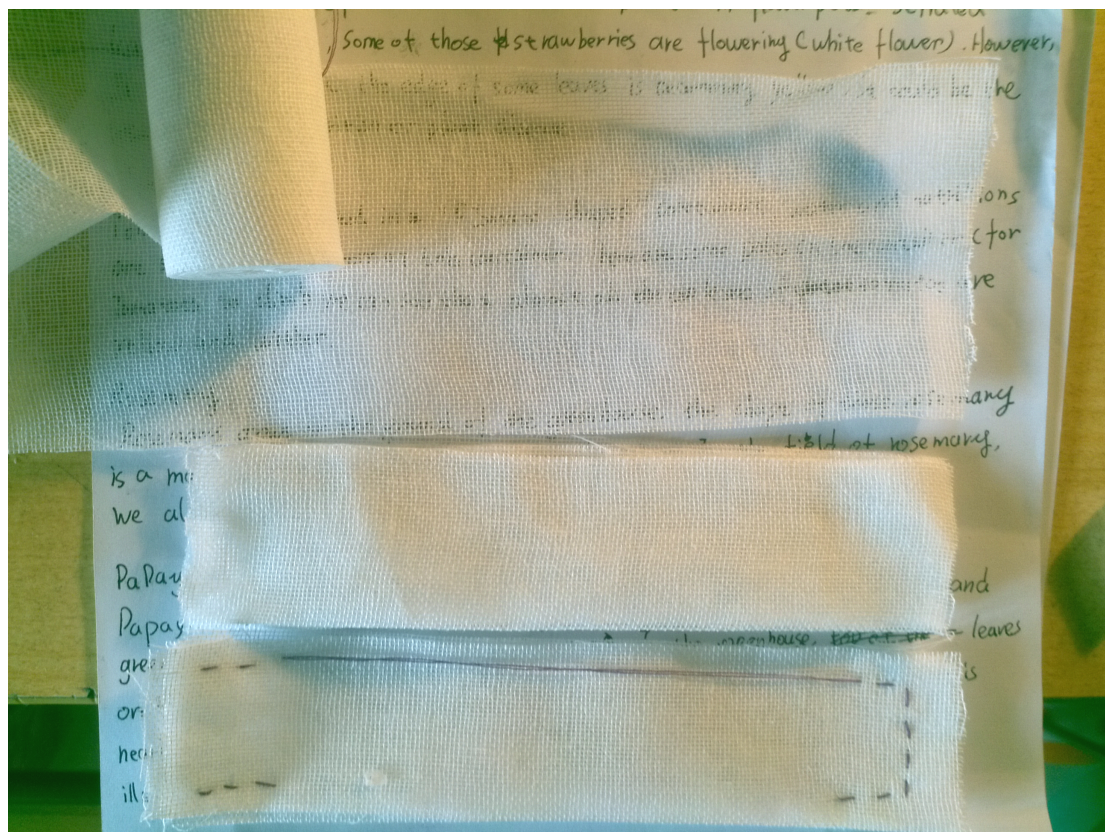


图 3.2: 湿帘的制作（自上而下分别是：医用绷带，裁剪和折叠的医用绷带，用针线缝制好的医用绷带）

3.3 风机的安装

风机安装在装置的前端，为方便拆卸可以用胶带固定。风机的安装要求固定牢固，以防止震动。同时，应用胶带堵住任何会漏气的地方，以免外部热空气进入装置内，使得进风口进风量减小，造成降温效率的降低。

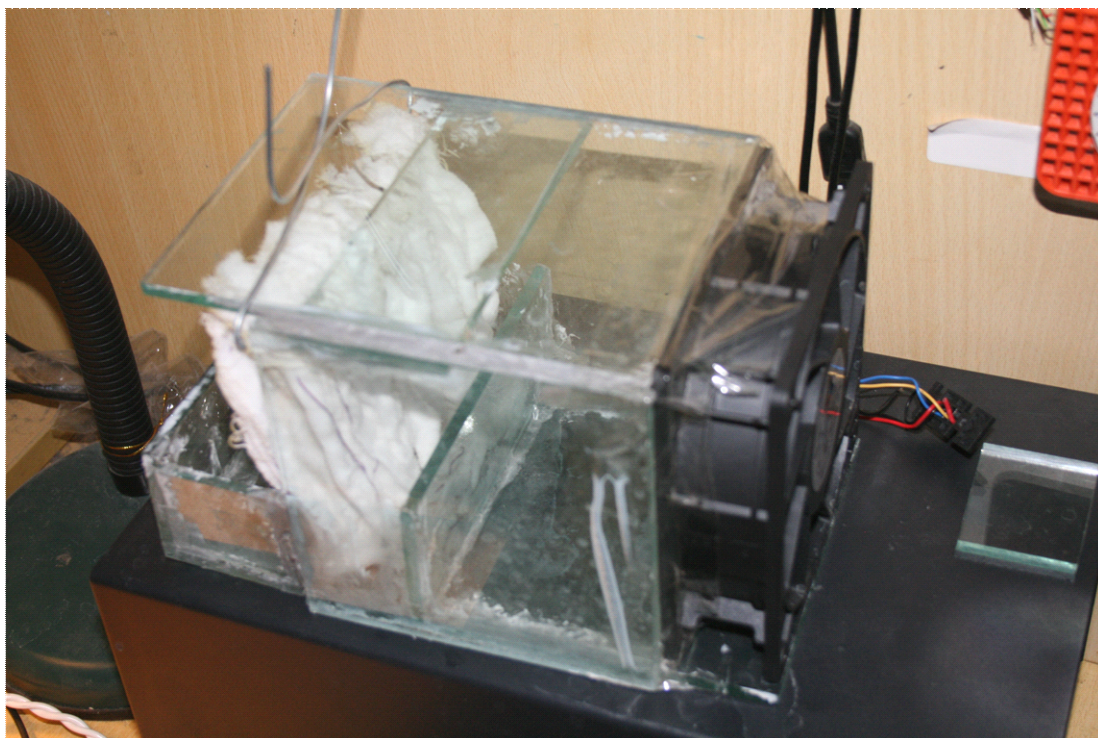


图 3： 所有设备总装完成之后的降温设备

4.实验和效果分析

注意：由于实验器材，试验方法，变量控制等方面的因素，本实验的精确度极其有限。

实验条件：风机的功率通过调节电源的输出功率而控制在 20W，水池中注入足量的水，使得池中水位大约为 3CM。温度计是 3 支 0-50℃的酒精温度计和一个干湿球温度计。

现象：启动风机后，湿帘前部的水位迅速上升，湿帘后部水位下降，两液面高度差大约为 1-2CM。同时有水从湿帘上滴下。

4.1 效果分析

降温效率通过本文 1.1 节所介绍的方法进行测试和计算。其中：

干、湿球温度：在降温系统没有运行的情况下直接由温度计读出

出风口温度：由温度计在风扇出风口处测得

出湿帘温度：将温度计从后部插入湿帘，使得液泡露出湿帘 3CM

以上两个温度的测量均在设备运行 10 分钟后读数。

测得的数据如下：

名称	干球温度	湿球温度	出风口温度	出湿帘温度	出风口空气相对湿度
温度（℃）	26	19.5	23.2	21.5	80%

如果以出湿帘温度为降温后温度计算，则降温效率为：69.23%

如果以出风口温度为降温后温度计算，则降温效率为：62.22%
虽然效率比温室用降温系统略低，但人已经可以感受到极大的温差。

之所以出现两种不同的效率，可能的原因为：

1. 风机运行中会产生热量
2. 装置密封不严，外部干热空气进入
3. 冷空气在装置中通过装置的外壳与外部环境产生热交换。

出帘空气相对湿度未达到 100%的原因可能是：过帘风速过大，空气未能充分吸水。但是考虑到本装置的实际应用，过帘风速不可再降低，否则会使得制冷总量和风量过少。

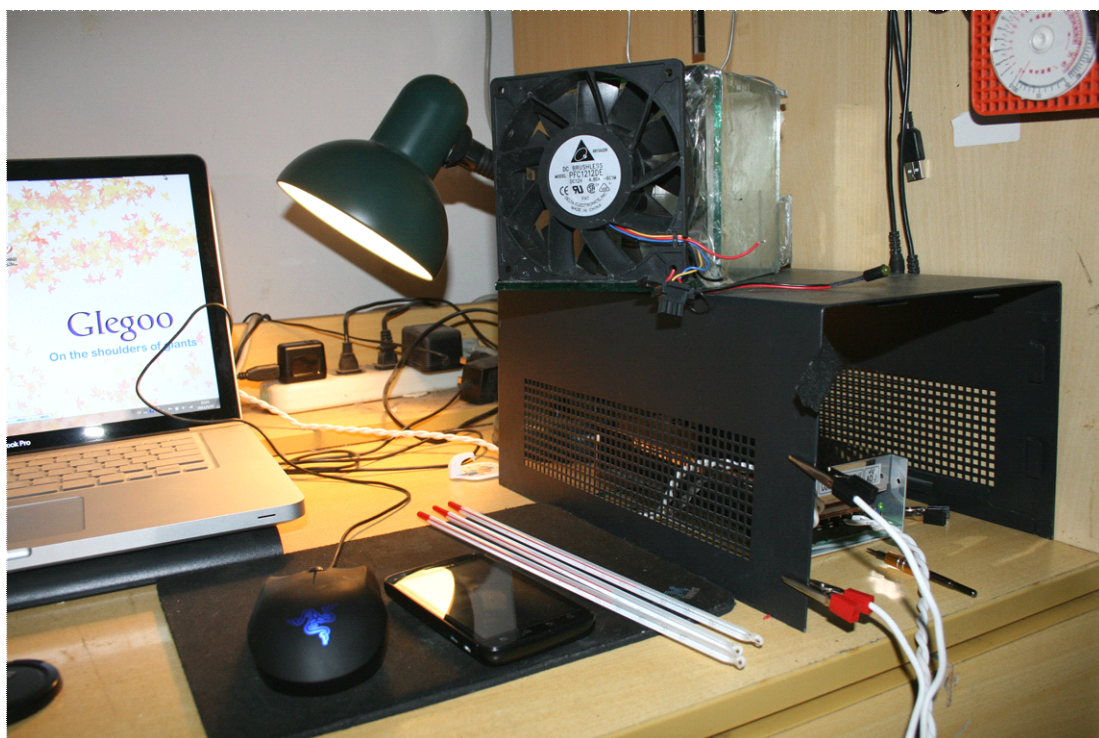


图 4.1：测试使用的温度计和电源

5.使用和维护

使用前，应调整湿帘，使之尽可能地覆盖整个进风口，同时调整每一片湿帘之间的距离使之均匀分布。如果要使用本装置为整个房间降温，可将本装置放置于房间窗户等处。为了人员的健康和延长该设备的使用寿命，湿帘应经常拆下清洗，在不用的时候，装置中的水应该放干。发现漏水等情况应及时修复。

6. 制作成本计算

制作本湿帘冷风机共花费人民币 98 元（不计网购运费），其中：

主要部件成本：

风机：50 元 玻璃：30 元 铁丝：2 元 医用绷带：3 元 电源：自备，无需购买

消耗品成本：

玻璃胶：10 元 502 强力胶：2 元

参考文献

1. G.N. Tiwari, *3.6.2 Evaporative Cooling, Greenhouse Technology for Controlled Environment*, Alpha Science International Ltd., Harrow, UK, 2003. p.p. 101-105
2. 本文部分内容来自中国农业大学陈青云教授的课程和材料，2010， 北京