

# 东方 Project:科学层面的理解

东方粉丝制作，为了东方粉丝

-通过推导和计算来探索幻想乡的世界，幻想离现实更近了一点。。。只有一点点！

Dylan Walsh

【译】 Matthew Wang

2014-10-7

## 声明

在任何意义上来说这都不算一个正统的学术研究。这篇论文的目的仅仅是为了给大众解释和提供新的思路以及想法。除了动画，东方原创游戏和其他二次创作作品，所有的示图全部是作者制作。这篇论文的内容可能会在未来做出相应的修改。

## 幻想乡：在科学层面上的理解

通俗的说，幻想乡所在的时空是类似于地球的，大约在日本的某处（日本八岳山附近，八ヶ岳連峰），幻想乡的地理上的边境是博丽大结界。结界使用了隐藏在幻想乡的技术，其目地是将凡人拒之之外。博丽大结界于公元 1885 年建设，用来停止妖怪和人类之间的矛盾。而妖怪的来源我们尚无法知晓，但是从幻想乡其他的一些特点来看，幻想乡和外界的时空是完全不同的（包括，地狱，灵界）这些奇异的地区地球上是没有的，妖怪们可能是从其他的时空和时间线到幻想乡的，所以幻想乡同时具有多种文化的元素。幻想乡可能有允许在不同时空或者平行宇宙直接穿越的技术。（参见量子力学的多世界论）

控制暗能量可能是妖怪在多宇宙之和多种现实之间穿越的一种方法。就现在来说，暗能量被认为是宇宙不断膨胀的原因。大撕裂理论认为，足够密集的暗能量可能导致时空被撕裂，在时空的纤维中造成空洞和间隙。但是，我们现在对暗能量的了解非常肤浅，这只能是一个猜想。

下面我们来谈谈结界是如何防御外界侵入的。外界的普通人会在进入幻想乡的路上遇到幻术，失去方向，最终返回。（当然，幻术不见得能迷惑所有人，也会有人最终进入幻想乡）。在如何实现幻术上，可以使用纳米机器人之类的东西投放化学药剂（可能是酒精之类的东西）让外界的入侵者产生幻觉，只有入侵者远离了结界后幻觉才会消失。

考虑在幻想乡内部可能存在的东西，下面的三种情况可能出现

1. 在幻想乡地区的磁场比外界的强，以此链接其他的世界/宇宙。
2. 幻想乡具有能够使用强磁场的生命体，这些生命体可能来自别的世界/宇宙
3. 幻想乡可能存在来自别的世界/宇宙的技术。

以上三种假设的可能，全部以德维特的多世界量子力学理论为基础。东方 Project 很多东西都可以用多宇宙理论解释，包括无辅助飞行。

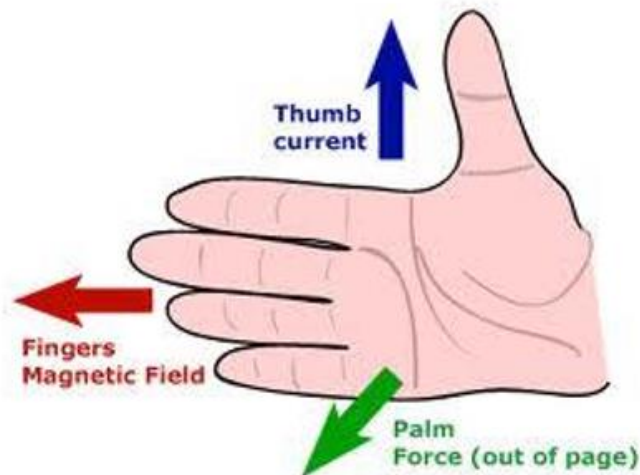
## 无辅助飞行的基本原理<sup>1</sup>

在幻想乡可以自由飞行的居民的骨骼中存在铁质的纤维，铁纤维可以导电（在电流上纤维是绝缘的），这种铁纤维的合成可以自然发生（第二必须条件）。在强磁场存在的条件下（第一必须条件）利用右手定律让铁纤维导电可以产生洛伦斯力（扩音器喇叭和电动马达就是用

---

<sup>1</sup> 无辅助飞行指的是不依赖任何类似于，翅膀，螺旋桨，机翼之类的东西产生升力的飞行

这种力的)。从生物学角度看，这种铁质纤维的基础在出生时就存在，在幻想乡居民的一生当中生命体会在维护这些铁质纤维。（这主要是对于妖怪，对于人类这只有利用后天改造，纳米机器人植入实现）（第三必要条件）利用类似于血红细胞的分子结构，铁原子可以避免氧化并在体内运输并使用。



楞次定律在电磁感应产生洛伦斯力的初期可能会抵消掉洛伦斯力，一些电势力必须保持在纤维上，保持电流以对应磁场正确的方向移动，以此保持正确的，合适的洛伦斯力。

保持纤维上的电势能差需要电化学信号的作用。通过让 ATP 在纤维的一段转化成 ADP，在另外一段进行相反的过程，把 ADP 转化成 ATP。这样就能产生所需的电压，产生并通过

纤维的电流是直流电（ATP 在产生电流的过程中回收）。这个方法最终避免了将让多个纤维连成圈（完成电路），保证了洛伦兹力在对的方向上产生。

接下来，考虑少女平均的体重，骨重量和密度，纤维的数量，半径，电荷经过纤维的漂移速度（和电流相关），产生足以对抗重力的洛伦斯力是可以产生的。

但是，利用以上这三个条件实现飞行的时候带来了一个后果，使用者只要在磁场里面行走和移动有可能通过电磁感应原理在自己身上产生电（在一个均衡的磁场内有移动的导体会导致电流的产生，在这里导体是在使用者体内的铁质纤维）这可能需要生物学上的保护机制以保证纤维不会在不需要飞行的时候意外通电，最有可能的方法是用某种化学方式保证向铁纤维通电的机制是断开的。或者可以通过释放电流。（列于：释放弹幕）

当整个幻想乡都有强磁场的时候也带来了另外一个问题，这可以解释为什么幻想乡的科技看上去和外界比都是非常原始的。强磁场一般来说都会让电子器械无法正常工作（电磁感应原理）所以很多现代的电子技术幻想乡没法用。但是要是他们真的想要这些也是有办法的，他们可以把电路用一些具有高磁道率的金属包围（类似于坡莫合金 或者  $\mu$ 合金）这样可以把磁场导向电路旁边，而不进入电路。

关于飞行的计算 见 附录 A

（关于总能量示意图 见 附录 B 第三阶）

芙兰达翅膀的生理学解释

关于芙兰达那个五颜六色的铁翼，它可能包含了很多的“节点”直接连接金属翼到体内。这些节点，或者说关节链接到一些骨骼结构，链接到她本来的翅膀的根部。这个残留的骨骼结构还链接到一些肌肉组织，允许对翅膀的控制。

这些控制可能比较局限，不像她姐姐肌肉组织和骨骼组织覆盖整个翅膀，芙兰达她肯定没有。芙兰达可能可以上下移动翅膀但是不能展开和收起。翅膀的移动方式类似于杠杆，翅根是支点。



关于这个奇特的翅膀是怎么来的，在真实世界中是有技术可以让人造物体链接到骨骼结构上的。把人造物体链接到骨骼上的方法叫做：骨整合(Osseointegration). 但是等一下！

假设芙兰达在她小时候就失去了原来的翅膀，大概在他出生年（公元 1508）那时候至少人类还没有这个技术（第一个有记录的骨整合，至少在这个宇宙的这个地球上公元 1952 年）。

这个给我们了一个幻想乡和其他宇宙联系的提示。红魔馆和在内的居住者在公元 2003 年从另外一个宇宙过来（ZUN 的原作发布时间）。这个宇宙的这个文明相对地球人类文明在公元 1508 年的时候先进了大约 450 年。（相对来说）

### 咲夜的能力：控制感官上的时间

咲夜的能力是能够减慢或者几乎停止在她周围的时间，她经常用这个能力打扫红魔馆，偶尔也进行弹幕战。要做到这点她其实要让她周围一小圈的时间“加速”，让这个小圈外面的时间相对她来说减慢或者几乎停止了。（这种加速的方法我们默认它可以实现和使用【也许是某些对于重力子的控制？】）

仔细观察灵梦和咲夜之间的战斗，发现了一个很有趣的现象，咲夜的时间控制其实是可破的。如果咲夜在技能使用的情况下移到灵梦上方，灵梦就有可能进入咲夜周围时间加速的区域，这样灵梦就可以和咲夜一个速度，不受咲夜的技能的影响了。咲夜技能也就破解了。下面我们引用狭义相对论的第二假设。

光速在任何惯性参照系（观察者）之内都是恒定的，如果咲夜的稍远处周围的时间减慢了，距离也必须缩减才能让光速  $c$  保持恒定 ( $c=x/t$ )。所以，假设我们使用了咲夜的能力从我们的角度看，我们周围所有的东西都变近了，看上去所有的物体全部都被压缩和挤压了。在咲夜进行弹幕战并使用了技能的时候，灵梦和咲夜的刀看上去就在咲夜的眼前。最终而言，并不是说咲夜因为某种力量不能在使用技能的情况下直接走向灵梦直接去刺她，而是因为相对论的距离压缩咲夜不可能估计她和灵梦之间的距离来避免灵梦进入咲夜周围加速的时间，和咲夜在一个时间速度上。（相对论的距离压缩效应可能非常明显，因为咲夜的能力可以从轻微减慢时间到几乎让时间停止）所以说，咲夜最好还是和对手保持一段距离为妙。

在咲夜减慢时间的程度上，可以用反平方定律理解。（强度和距离的平方成反比）。请注意我说了，咲夜可以“几乎”停止时间，不是完全停止时间。更具反平方定律，咲夜的能力会很可

观的随着距离衰减，作用远了会很弱但是无论多远还是都不会完全消失。



无论怎么说，为了反复的距离压缩和反复的使用此能力咲夜肯定在解决晕动和眩晕上做了很多练习。另外咲夜的弹幕包括了红绿蓝三种颜色的刀，它们看上去是从单个白色的刀分裂出来的。这可能是纳米机器人的快速对物体的重组和建造实现的，咲夜所有的刀都可以复制。

### 弹幕

要实现弹幕必须要让所有三个在本文前面提到的必要条件存在。在现实中，让能量以电的方式直接通过空气是个蛮难的事情。空气，由很多种不同的气体组成，必须首先用足够的能量使其电离，释放出在空气中的分子的电子。这些自由电子的移动才能让电能通过空气。但是产生 1 米的电弧需要 3,000,000 伏特的电压，无论是人类还是幻想乡的人都不可能产生和控制。。。除非，她们有其他的帮助。通过纳米机器人，可以造成一个电势差，通过在弹幕路径里面的一个局部的 3D 空间里电离空气，就可以利用所谓的 Townsend 效应（在气体阴极灯中使用）

Townsend 效应是指大量的电子在电场（电势差）的帮助和做功下，连锁式的从空气分子中释放出来。多余的能量会提供给已经释放的自由电子，这些电子会去电离更多空气分子。最终，一个自由电子会被电离的分子截获，在截获的过程中截获的电子的能级会下降到最低级的电子轨道，释放光子。在气体阴极灯种，我们就是用这个原理让它发光的。（更具使用的气体 and 电子轨道，给出的光子相对电磁波的波长会有不同，这样子可以让光子在可见光范围内，霓虹灯就是这样）

现在我们会过来谈幻想乡。假设幻想乡使用弹幕的人提供初始电子去激发一道弹幕，利用纳米机器人制造电势差去使用 Townsend 效应（纳米机器人等于是替代了气体阴极灯的气体），这样最开始的电子就有能量继续去从空气分子中释放更多的电子，通过调整纳米机器人所造成的电势能差就可以控制弹幕的轨道到目标的位置。在最开始释放的自由电子会被电离的空气分子截获，释放出光子。弹幕就有了五彩缤纷的颜色。

在如何让弹幕有特定的效果（符卡）上，控制符卡的纳米机器人可以受到使用者的控制在 3D 空间种组合成特定的队形。队形的控制，设计，组合成了符卡。纳米机器人可以互相通信（在红外线范围）知道位置信息。当所有纳米机器人都到了设计的队列位置的时候，再开始产生所需的电势能差。

在这些纳米机器人是怎么运行的问题上，我们默认这些纳米机器人技术的发明家有办法解决粒子在空气中混沌布朗运动的问题（对于一个非常小的，粒子层面的机器，操纵它的难度可

以比上在龙卷风上走路)。同时我们默认，这个发明家还找到了一种利用布朗运动为纳米机器人发电的一种方法，就这些纳米机器人的大小来看，可以使用单一方向的螺旋桨来实现（类似于风力发电机，只不过非常小）。为了防止幻想乡强磁场的干扰，它们还得有对磁场的防御，使用我们之前提到的高磁场穿透性的金属。最后，在补充弹幕使用后所丧失的电子上，弹幕中过多的电子可以用电容的形式储存起来，之后再在原处释放出来。（完成一个动态的电路，一些 ATP 可以暂时补充一些电子）。

关于弹幕形态，组成和总能量图见附录 B

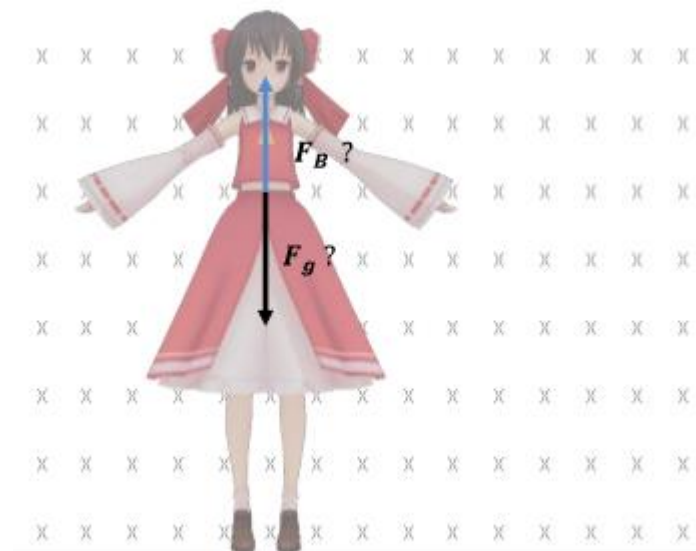
关于弹幕的离子化问题 见附录 C！





## 附录 A

### 阶段 1：现有情况



X：表示磁场的方向，往此页里面运行

$B \rightarrow = 0.15T$ ,通过纳米机器人帮助（见阶段 6）

考虑进平均女性的质量是 60Kg.

### 阶段 2：我们现在有什么条件？

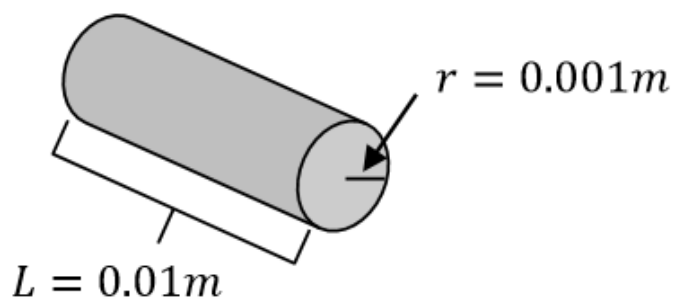
i)计算骨骼的总体积<sup>(V<sub>B</sub>)</sup>

更具可靠资料：

- 女性的骨骼占体重的 12%
- 人类骨骼的比重= $1500\text{Kg}/\text{m}^3$

$$\begin{aligned}\therefore V_B &= \frac{m}{\rho_{bone}} \\ &= \frac{0.12 \times 60}{1500} \\ &= 4.80 \times 10^{-3} \text{m}^3\end{aligned}$$

ii)考虑我们所说的铁质纤维的尺寸，计算体积<sup>(V<sub>C</sub>)</sup>



$$\begin{aligned}\therefore V_C &= L\pi r^2 \\ &= 0.01 \times \pi \times 0.001^2 \\ &\approx 3.14 \times 10^{-8} m^3\end{aligned}$$

iii) 计算在骨体积里面能放入（替代）多少这种铁纤维：

$$\begin{aligned}N &= \frac{V_B}{V_C} \\ &= \frac{4.80 \times 10^{-3}}{3.14 \times 10^{-8}} \\ &\approx 1.53 \times 10^5\end{aligned}$$

$1.53 \times 10^5$  个 1cm 铁质纤维可以放入（替代）进入骨骼

我们假设在体内有  $N_A = 1.50 \times 10^4$  个这样的铁纤维。那么铁纤维所占骨骼的百分比就是：

$$\therefore \frac{N_A}{N} \times 100 = \frac{1.50 \times 10^4}{1.53 \times 10^5} \times 100 \approx 9.8\%$$

大约 9.8% 的骨骼结构由铁组成



iv) 计算铁纤维增加的多余的质量  $m_{extra}$ , 铁纤维的重量用  $m_{iron}$  表示, 排除替换掉的骨头的重量  $m_{bone}$ ,  
 -铁的比重是  $7870\text{kg/m}^3$

$$\begin{aligned} m_{extra} &= m_{iron} - m_{bone} \\ &= N_A V_C (\rho_{iron} - \rho_{bone}) \\ &= 1.50 \times 10^4 \times 3.14 \times 10^{-8} (7870 - 1500) \\ &= 3.0\text{kg} \end{aligned}$$

人体原本的质量加上增加的质量, 重量是  $F_g$  :

$$\begin{aligned} \vec{F}_g &= (m + m_{extra}) \vec{a} \\ &= (60.0 + 3.0) \times 9.8 \\ &\approx \mathbf{617N} \end{aligned}$$

想要飞起来这是我们要产生的力的目标。

补充：灵梦和其他幻想乡的人的体重可能比 60kg 轻, 60kg 只是一个平均

### 第三阶段：飞行

i) 计算铁纤维关于电子密度 ( $n$ ), 截面面积 ( $A$ ), 和漂移速度  $v_d$  的性质：

$$\begin{aligned} n &= \frac{A_{\#} \rho}{M} \\ &= \frac{6.02 \times 10^{23} \times 7870}{0.055845} \\ &\approx 8.48 \times 10^{28} \text{ electrons/m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A &= \pi r^2 \\ &= \pi \times 0.001^2 \\ &\approx 3.14 \times 10^{-6} \text{m}^2 \end{aligned}$$

假设使用 30 安的电流，单个电子电荷 (q) :  $1.60 \times 10^{-19} \text{ J}$

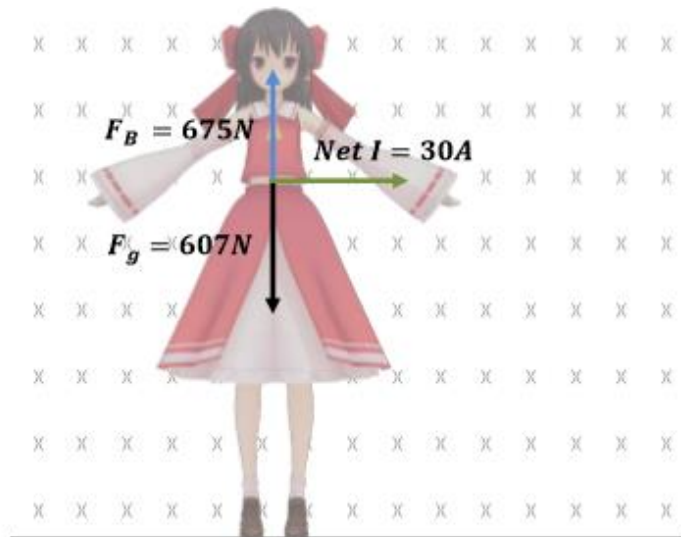
$$\begin{aligned} v_d &= \frac{\left(\frac{I}{A}\right)}{nq} \\ &= \frac{\left(\frac{30}{3.14 \times 10^{-6}}\right)}{8.48 \times 10^{28} \times 1.60 \times 10^{-19}} \\ &\approx 7.04 \times 10^{-4} \text{ m/s} \end{aligned}$$

- ii) 考虑 Na 所产生的洛伦兹力 ( $F_B$ )。铁纤维的长度为 L，电流 I，在磁场 ( $B = 0.15\text{T}$ ) 的情况下：

$$\begin{aligned} \vec{F_B} &= \vec{BILN_A} \\ &= 0.15 \times 30 \times 0.01 \times 1.50 \times 10^4 \\ &\approx \mathbf{675N} \end{aligned}$$

前面算出的重力是 617N

向上可以产生 58N 的合力，也就是说这在理论上可以实现！



$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$

$$= \frac{58}{63}$$

$$\approx 0.92m/s^2$$

可以达到  $0.92m/s^2$  向上的加速度

上面的计算默认导电的铁纤维是和磁场以及洛伦兹力方向垂直的。通过肢体动作可以调整纤维到合适的位置，纤维和身体在水平的位置就可以了。

#### 阶段 4：电压和功率的需求

- i) 计算 1 厘米铁纤维所需要的电压（ $\rho$  在这里表示电阻性【铁的电阻性】，不要和密度混淆）：

$$V = IR$$

$$= I \frac{\rho L}{A}$$

$$= 30 \times \frac{9.71 \times 10^{-8} \times 0.01}{3.14 \times 10^{-6}}$$

$$\approx 9.28 \times 10^{-3} = 9.28mV$$

和人体电化学反应（在肌肉系统内）所产生的电压比较 9.28mV 是在比较现实的范围内的

- ii) 计算保持所有铁纤维（ $N_A$ ）在计算出的  $V$  和  $I$  所需的功率：

$$\begin{aligned} P &= VIN_A \\ &= 9.28 \times 10^{-3} \times 30 \times 1.50 \times 10^4 \\ &\approx 4.18 \times 10^3 W \end{aligned}$$

说明：这是全部纤维所需的功率，而每一根是：

$$P=VI=9.28 \times 10^{-3} \times 30 = 0.28W, \text{ 这比 1 瓦的 LED 低}$$

更具 ATP 的资料：

ATP 最小能释放的能量是  $\Delta G = -30.5kJ/mol = -3.05 \times 10^4 J/mol$  (负号

表示这是放热反映)

ATP 的摩尔质量是 507.18g/mol

所以我们假设用 0.25 摩尔 (n) 的 ATP 来满足功率需要：

$$\begin{aligned} P &= n\Delta G \\ &= 0.25 \times 3.05 \times 10^4 \\ &\approx 7.63 \times 10^4 W \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore m_{ATP} &= n \times M_{ATP} \\ &= 0.25 \times 507.18 \\ &\approx \mathbf{127g \text{ of ATP are required.}} \end{aligned}$$

需要 127 克的 ATP

正常人在任意的时间平均有 250 克的 ATP，所以说是没有问题的。而且还有可能存在多余的可用 ATP。

#### 阶段 5：产生的热量

i) 计算体重为 (m) 飞行时间 30 秒 (t) 之内的升温 ( $\Delta T$ )，上升加速度约  $0.92m/s^2$

更具资料：

人体的热容量 (c) 是  $3.470J/g^{\circ}C$

在前面的计算我们算出，产生  $0.92m/s^2$  的加速度大约需要  $4.18E3$  瓦。

$$\begin{aligned} \Delta T &= \frac{Qt}{cm} \\ &= \frac{(4.18 \times 10^3) \times 30}{3.470 \times (6.0 \times 10^4)} \end{aligned}$$

$$\approx \mathbf{0.60^{\circ}C \text{ bodily temperature increase over 30 seconds of flight.}}$$

大约每 30 秒温度增加 0.6 度。

人体的正常体温范围在  $36.5$  到  $37.5^{\circ}C$ ，所以说在长时间飞行上这可能不怎么样。

但是，这个计算默认持续的恒定加速而且完全密封没有散热，在 ATP 转换和产生洛伦兹力的时候没有热量丧失。这个计算方法无法考虑到以下的情况：

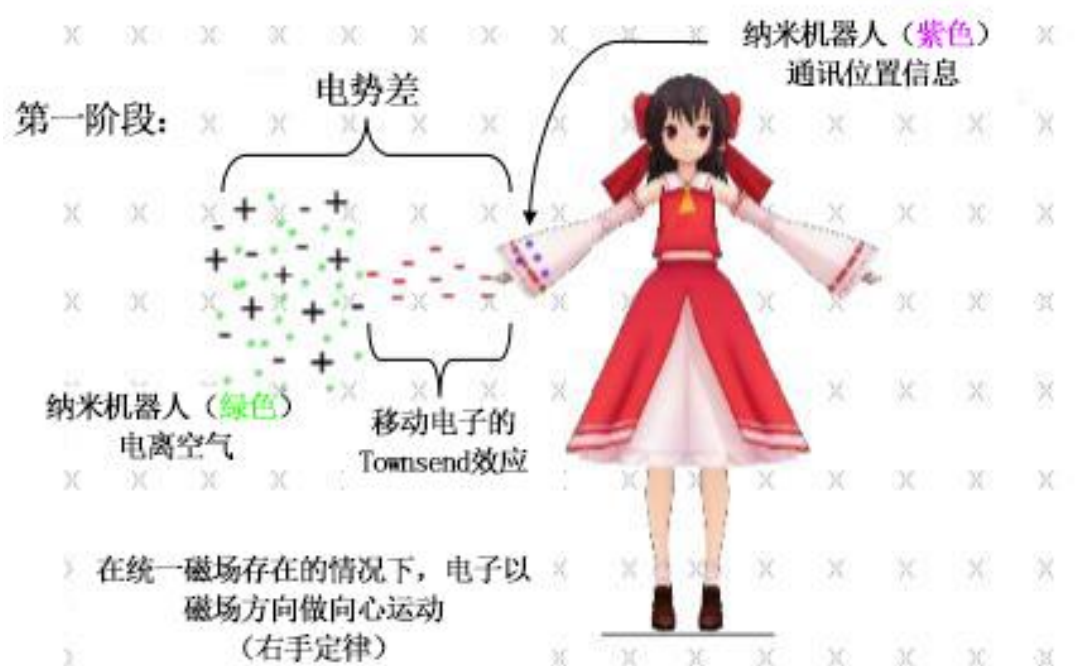
- 在保持高度或者下降时所产生的热量（保持高度 30 秒大约有  $0.55^{\circ}\text{C}$  的  $\Delta T$ ）
- 飞行中空气流动的散热。
- 正常或者是加快的了的血液循环速度所产生的散热。
- 纳米机器人的直接接触，可以把热量直接传出去（也许可以用做别的东西的能源）

#### 阶段 6：辅助飞行和无辅助飞行的思考

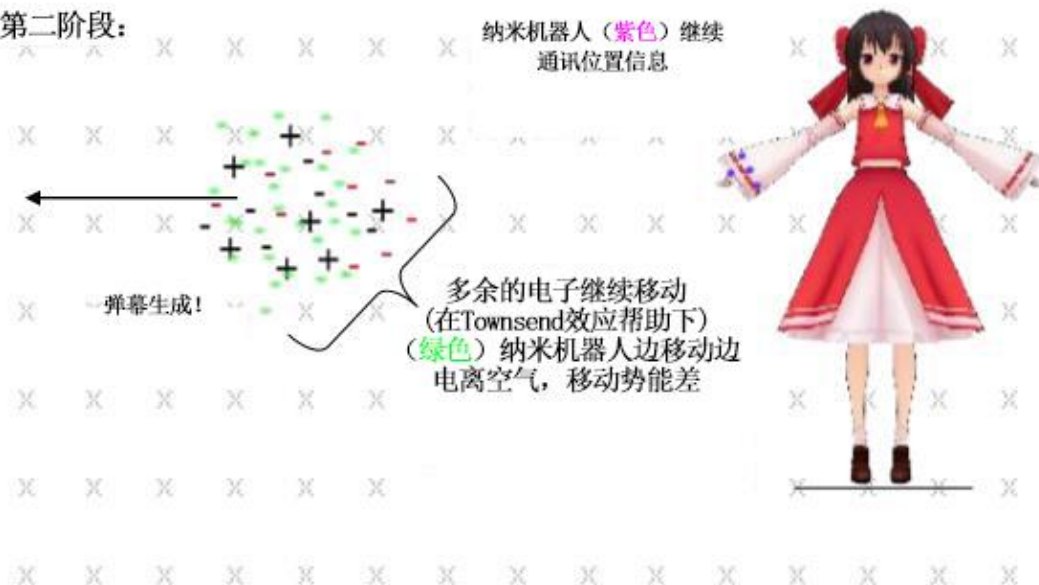
无辅助飞行，从进化角度来看，在早期它的目的是非常简单的。它的目的只不过是满足生存要求（避开天敌，找到水源和食物，找到庇护所等），可以短暂的飞到高处的能力非常有用。也许完全不用外界设施，也不用翅膀之类的无辅助飞行在现代幻想乡任然存在。（只存在于某一些地方？？）

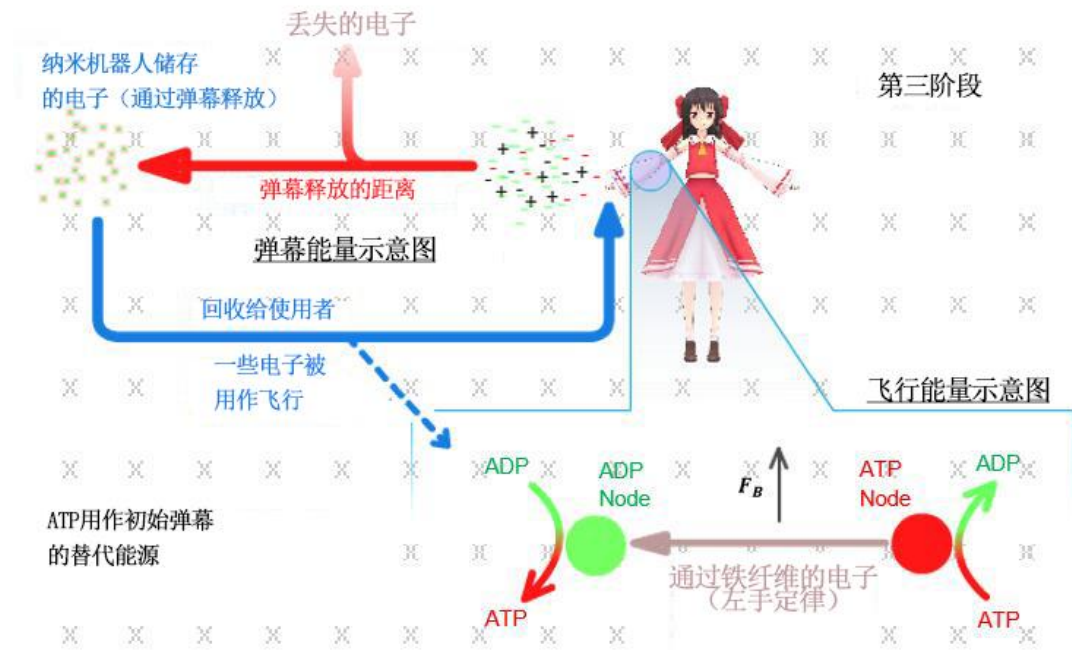
辅助飞行，最有可能是幻想乡传统的东西。长时间飞行和更好的机动能力可以用纳米机器人阵实现，

附录 B：



第二阶段：





### 附录 C :

- i) 计算电力空气所需的能量 (具体的说, 氧气) 以及移动电子在统一磁场 (B) 下所拥有能量 (E)。

- 第一电力所需能量是  $E_1 = 1313.9\text{KJ/mol}$  或者  $2.2\text{E-}18\text{J/氧原子}$

这是我们电离空气所需要的目标能量。

- ii) 考虑统一磁场下所产生的力 ( $F_B$ ) 左手定律所产生的向心力 ( $F_C$ ) (说明: 左手定律适用于移动的, 带有负电荷的粒子。右手定律适用于移动的, 带正电荷的粒子。通常的定义是, 电流是依赖正电子移动造成的)

$$\vec{F}_B = \vec{F}_C$$

$$\vec{B}qv = \frac{mv^2}{r}$$

$$r = \frac{mv}{Bq}$$

$$= \frac{9.11 \times 10^{-31} \times 1.06 \times 10^{-3}}{0.02 \times 1.60 \times 10^{-19}}$$

$$\approx 3.02 \times 10^{-13}m$$



$$\therefore \vec{F}_B = Eq = \frac{mv^2}{r}$$

$$E = \frac{mv^2}{qr}$$

$$= \frac{9.11 \times 10^{-31} \times (1.06 \times 10^{-3})^2}{1.60 \times 10^{-19} \times 3.02 \times 10^{-13}}$$

$$= \mathbf{2.12 \times 10^{-5} J}$$

相对于  $E_i = 2.2\text{E-}18\text{J}$ ，有足够的能量电离氧气。

说明：这个计算其实是有些多余的，电离空气在正常的地球磁场下依然可以做到。而地球磁场比幻想乡的磁场低了大概 3 个数量级。这些计算只是证明一个想法。

一个在附近用纳米机器人制造出的势能差，很大的程度上就是一个绚丽的弹幕和一个普通人类用手指触碰别人所只产生的电火花，没有纳米机器人辅助的区别。