

写给好奇少年的科学课

万物**是**如何运转的

飞机 · 高铁 · 汽车 · 轮船 · 冰箱 · 空调 · 洗衣机 · 电 · 大风车 · 手机 · 信号



拆开看看 · 讲透原理 · 共 11 期

目录

第 1 期 交通工具 飞机是怎么飞起来的？

第 2 期 交通工具 高铁为什么又快又稳？

第 3 期 交通工具 汽车的动力接力赛

第 4 期 交通工具 上万吨的钢铁为什么不沉？

第 5 期 家用电器 冰箱怎么把热量「搬」出去？

第 6 期 家用电器 空调：房间的热量搬运工

第 7 期 家用电器 洗衣机怎么把衣服「摔」干净又「甩」干？

第 8 期 能源与电力 电是怎么到你家的？

第 9 期 能源与电力 大风车怎么把风变成电？

第 10 期 身边科技 手机里到底藏着什么？

第 11 期 身边科技 消息怎么飞到朋友手机上？

附录  答案与解析（在书末）

每一期都按同样的节奏展开：先认识它 → 拆开来 → 动力之旅 → 原理深潜 → 怎么控制 → 冷知识 → 考考你
(先让孩子自己选，答案统一在书末！)

飞机是怎么飞起来的？

几百吨重的铁家伙凭什么飘在天上？秘密不在发动机，而在翅膀。这一页，我们把飞机拆开看个明白。



1 先认识它：飞机的身体地图

一架客机看起来是个光滑的「大圆筒加两片翅膀」，但里面分工明确。**对照下方图例**，认识飞机的五个关键部位：

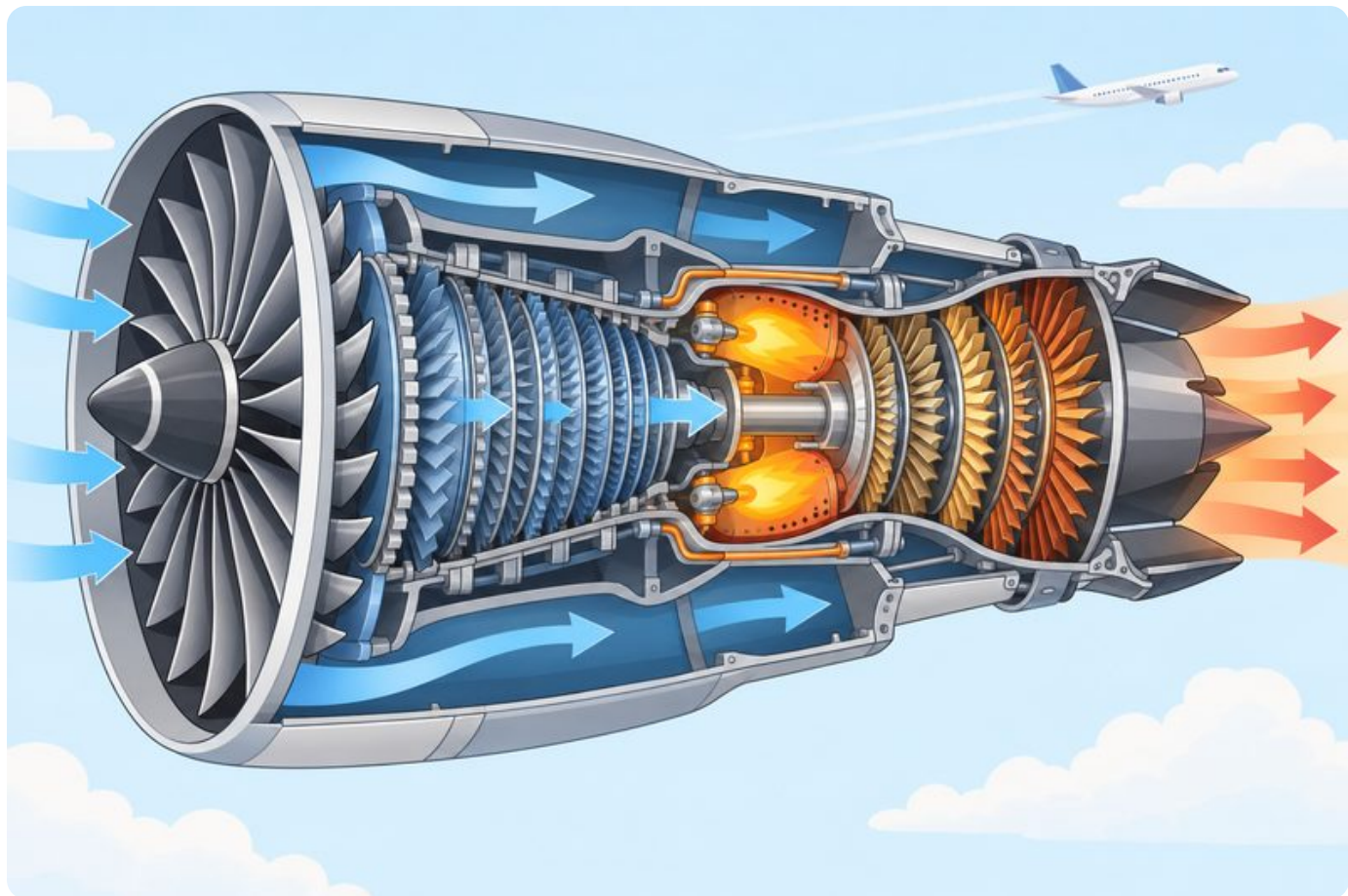


- **驾驶舱** 飞行员在这里工作。面前的仪表和屏幕比一辆汽车多几百倍，自动驾驶系统能完成大部分巡航飞行。
- **机翼** 全机最重要的地方！它不只是一块铁板——上表面弯、下表面平的形状，就是飞机能飞的秘密（第 4 节详解）。
- **发动机** 挂在翅膀下面的「大风扇」，负责把飞机往前推。下一节我们把它拆开看。
- **尾翼** 像箭尾部的羽毛，让飞机保持方向稳定，还负责转弯和升降（第 5 节详解）。
- **起落架** 起飞后轮子会收进肚子里，减少空气阻力；降落前再放出来。

▲ 客机剖视图 · 讲解见下方图例

2 拆开来：发动机里发生了什么？

客机的发动机叫**涡轮风扇发动机**，它的工作方式可以用一句话概括：**大口吸气** → **使劲压缩** → **点火膨胀** → **喷出去**。就像你捏瘪一个气球再松手，空气「嘭」地往后冲，气球就往前飞——发动机每秒都在做上万次这样的事。



- ① **大风扇** 最前面那个显眼的大扇子。它吸进海量空气——一台大发动机每秒吸进超过一吨！大部分空气直接从外圈喷出，提供约 80% 的推力。
- ② **压气机** 一串越转越紧的小叶片，把空气压缩到原来的几十分之一。压缩后的空气又热又稠，随时准备「爆发」。
- ③ **燃烧室** 喷入航空煤油，点火！混合气体膨胀到 2000°C 左右——比熔化的铁水还烫。
- ④ **涡轮** 高温气流冲过这组叶片，推动它飞速旋转，通过一根长轴带动最前面的风扇和压气机——它是发动机的「动力回收站」。
- ⑤ **尾喷口** 滚烫的气体从这里高速喷出，产生向前的反作用力——也就是推力。

▲ 涡轮风扇发动机剖视 · 数字 = 空气旅行顺序

3 动力之旅：一公斤煤油的能量接力

飞机肚子里装着几十吨航空煤油。这些燃料的能量，要经过一场「接力赛」才能变成飞向天空的力量：



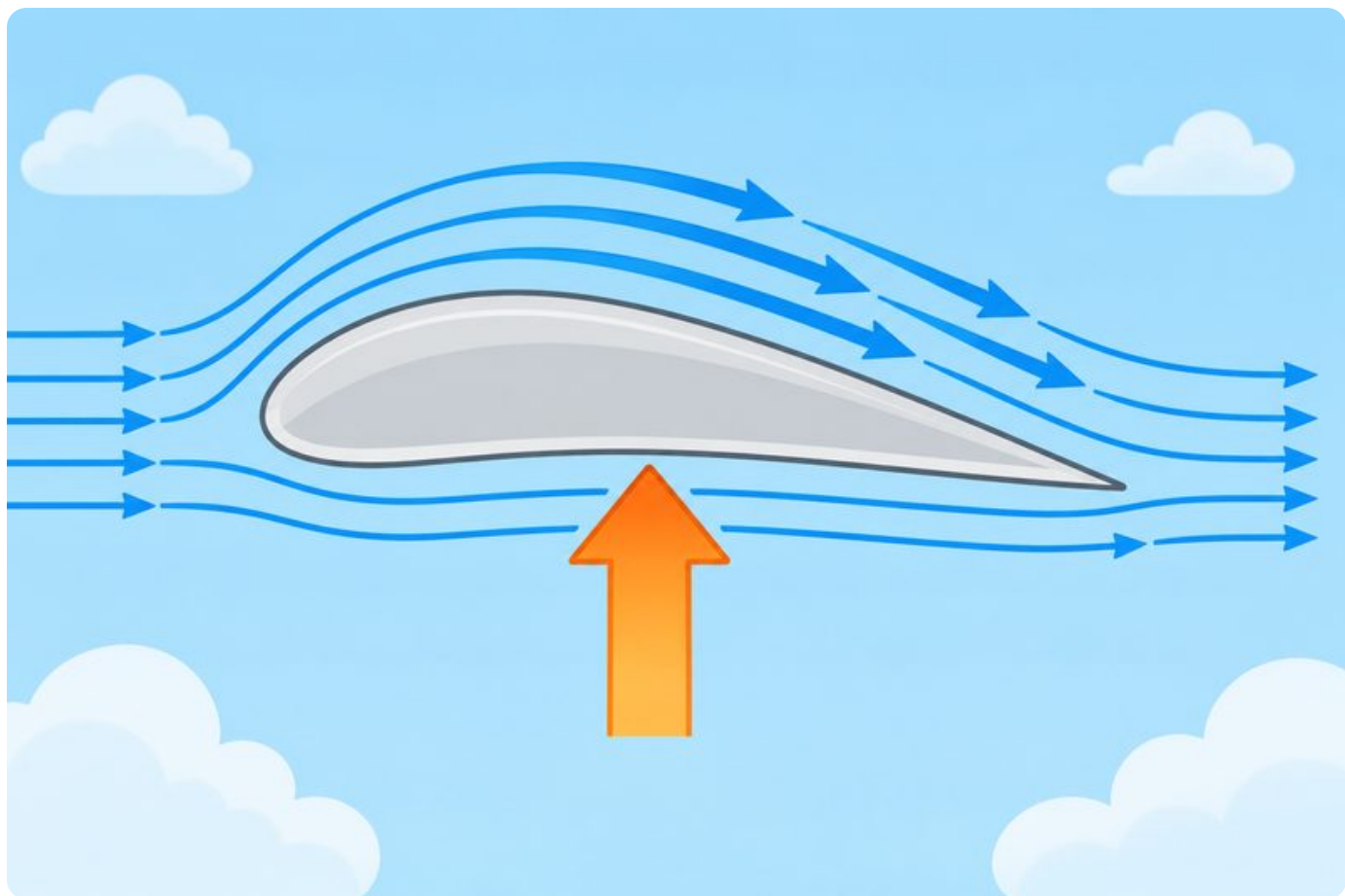
▲ 能量的四站旅程



注意一个反直觉的事实：发动机**不直接**把飞机抬上天！它只负责让飞机**往前跑**。真正产生向上力量的，是机翼和空气的配合。这就像你用力向前扔纸飞机——你的手臂（发动机）只给了向前的速度，让它滑翔上升的，是翅膀的形状。下一节就讲这个魔法。

4 原理深潜：机翼凭什么托起几百吨？

仔细看机翼的横截面：上面弯弯的，下面平平的。当飞机向前冲，空气被机翼劈成两路——



▲ 上方空气走「弯路」跑得快，下方空气走「直路」跑得慢

流体力学里有个规律：流得快的流体，压力会变小（叫**伯努利原理**）。机翼上方空气快、压力小，下方空气慢、压力大——下边的空气就像无数只小手，把机翼**往上托**。同时，机翼微微上仰的角度还会把空气往下「压」，空气的反作用力也把飞机往上推。

在家就能试：吹纸条

把一张纸条的一端放在嘴唇下方，让它自然下垂。沿纸条上表面用力吹气——纸条会**向上飘起来**！这就是伯努利原理，你的嘴就是「发动机」，纸条就是「机翼」。

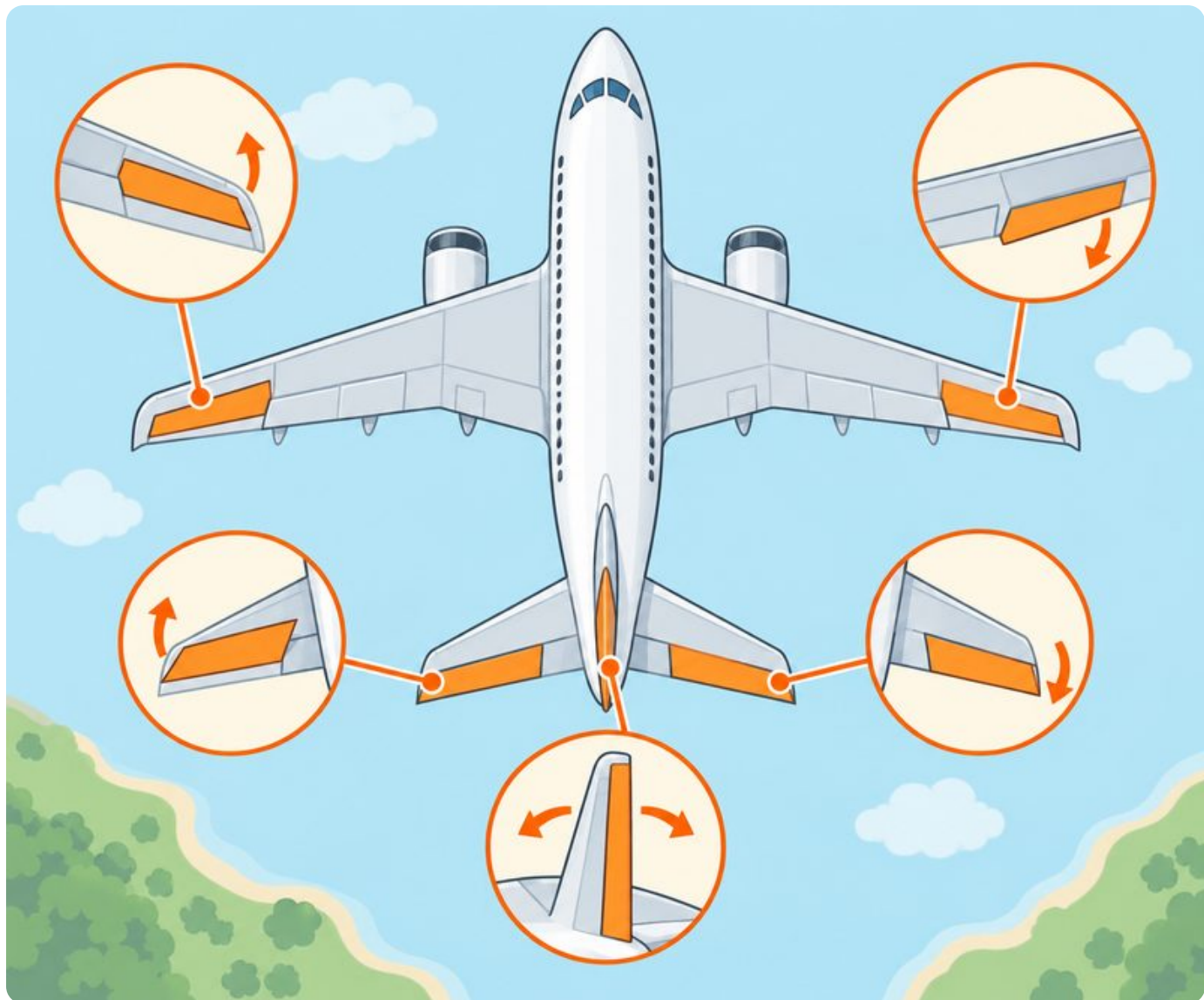
坐车时试：伸手出车窗

（注意安全，低速时试）把手掌平伸出窗外，然后把手掌前端**稍微向上倾斜一点**——立刻能感觉到一股力量把你的手往上抬。机翼就是利用这个原理，只不过它有几百平方米那么大。

所以起飞全过程是这样的：发动机开足马力 → 飞机在跑道上越跑越快（时速约 300 公里！）→ 流过机翼的空气越来越猛，升力越来越大 → 升力超过飞机体重的那一刻，**呼——离地了**。

5 怎么转弯：三对小「翅膀」

汽车转弯靠方向盘，飞机在三维空间里转弯、爬升、俯冲，靠的是三对可以摆动的「小翅膀」，它们统称**操纵面**：



- **副翼（机翼后缘）** 左右两边反着动：一边翘起、一边压下，飞机就向左或向右倾斜，实现转弯。
- **升降舵（水平尾翼）** 上下摆动，控制机头抬高（爬升）或压低（下降）。
- **方向舵（垂直尾翼）** 左右摆动，控制机头指向，像船的舵。

▲ 俯瞰飞机 · 讲解见下方图例

飞行员往左压驾驶杆，左边副翼升起、右边副翼降下——左翼升力变小、右翼升力变大，飞机就**向左倾斜**。倾斜之后，原本竖直向上的升力歪向了左边，这个「歪掉的升力」就把飞机拽着向左转弯。所以飞机转弯时，你会看到它**斜着身子**，这不是故障，是转弯的正确姿势！

6 冷知识加油站



机翼不只在天上干活，**油箱就藏在机翼里**！大型客机的机翼能装下几十吨燃油，起飞时沉甸甸的机翼飞着飞着就「减肥」了。



客机巡航在约 **1 万米高空**，那里比地面冷 60°C 左右、空气稀薄——但正因如此阻力小，飞机反而更省油，就像骑自行车在顺风路上滑行。



就算所有发动机都熄火，客机也不会直直掉下来——它能像滑翔机一样**每下降 1 公里向前滑 15 公里以上**，足够从容地找到机场迫降。

7 考考你

1. 飞机能飞上天，最主要的「向上力量」来自哪里？

- ☐ A. 发动机向下喷气，把飞机顶起来
- ☐ B. 机翼上下表面的空气压力差
- ☐ C. 机身很轻，像气球一样浮起来

💡 先自己选，答案见书末「答案与解析」

2. 涡轮风扇发动机里，空气旅行的正确顺序是？

- ☐ A. 燃烧室 → 风扇 → 压气机 → 尾喷口
- ☐ B. 涡轮 → 燃烧室 → 风扇 → 压气机
- ☐ C. 风扇 → 压气机 → 燃烧室 → 涡轮 → 尾喷口

💡 先自己选，答案见书末「答案与解析」

3. 坐飞机时看到飞机斜着身子转弯，说明什么？

- ☐ A. 飞机出故障了，需要紧急降落
- ☐ B. 飞行员在炫技
- ☐ C. 这是正常操作：倾斜机身让升力「歪向一边」，拉着飞机转弯

💡 先自己选，答案见书末「答案与解析」

高铁为什么又快又稳？

它不烧油、没有方向盘，却能贴着地面「飞」出 350 公里的时速，车厢里还能立住一枚硬币。秘密从头顶那根电线开始。



1 先认识它：高铁的身体地图

高铁和老式绿皮火车最大的区别：绿皮车是「一个车头拉一堆车厢」，高铁是**每节车厢自己都有力气**。对照下方图例认识它的关键部位：

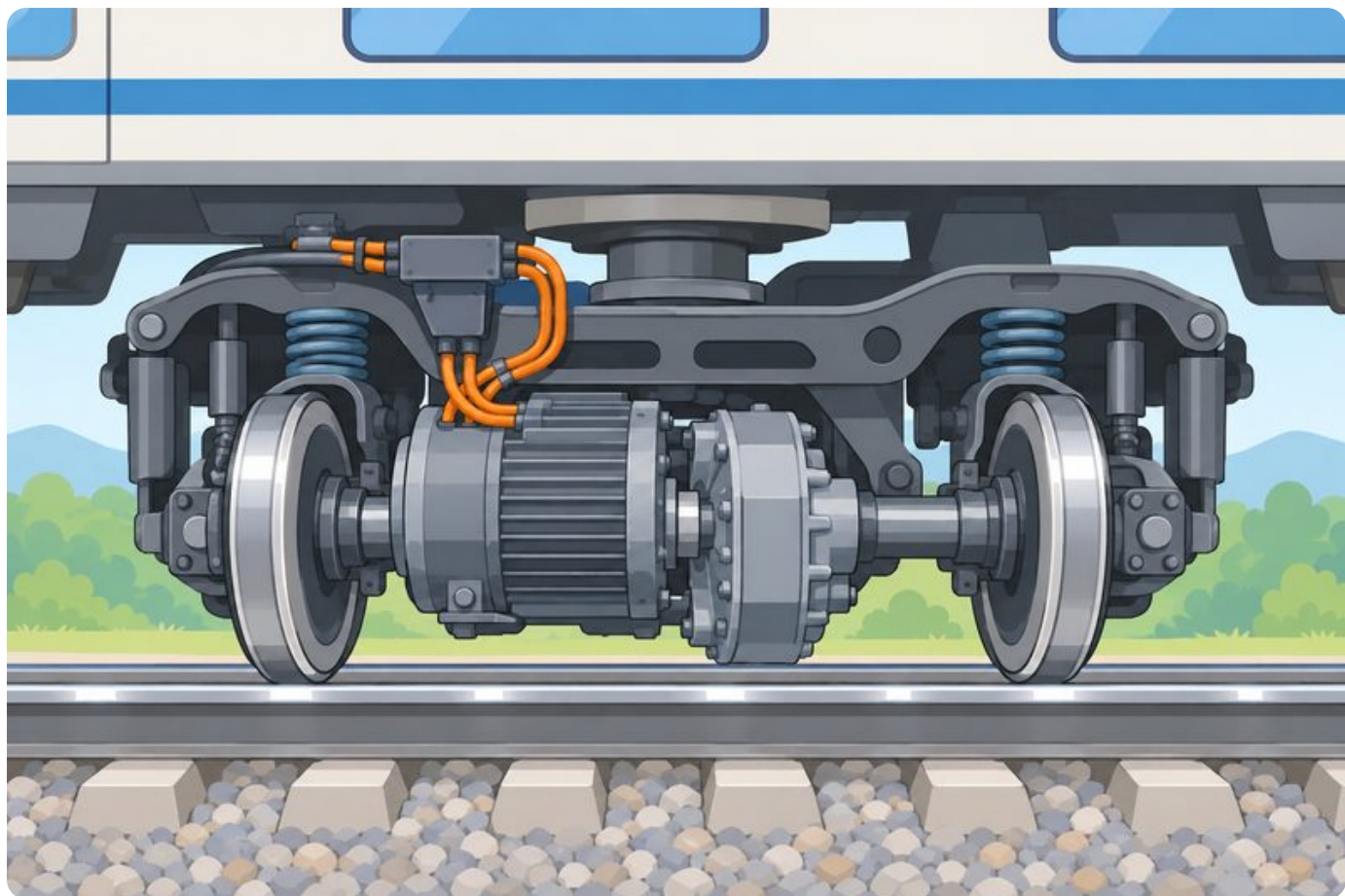


- **受电弓** 车顶那个「Z 字形」的手臂，时刻贴着头顶的高压电线，把电「接」进车里。高铁的全部能量都从这儿来。
- **驾驶室** 流线型车头的最前端。司机面前没有方向盘——方向全由钢轨决定，司机只管速度和刹车。
- **车厢** 不仅坐人，很多车厢底部都藏着电机，大家一起出力，这叫「动力分散」。
- **转向架** 车轮、电机、弹簧的「组合底盘」，一节车厢下面有两个。下一节拆开看。
- **流线型车头** 又长又扁的「鸭嘴」造型，专门用来劈开空气（第 4 节详解）。

▲ 高铁剖视图 · 讲解见下方图例

2 拆开来：转向架里的力量工厂

掀开高铁的「裙板」，车轮并不是孤零零一根轴——它和电机、齿轮、弹簧组成一个整体，叫**转向架**。这里就是电力变成动力的地方：

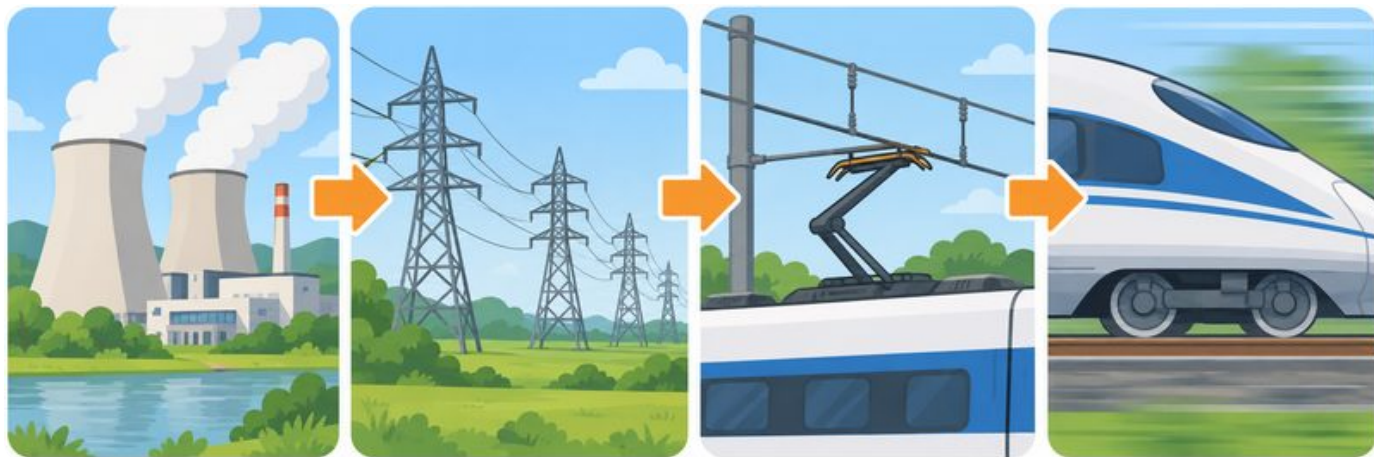


- ① **牵引电机** 电线的电送到这里，电机飞速旋转。一台电机的力气，顶得上好几辆家用汽车。
- ② **齿轮箱** 电机转得太快太「飘」，齿轮把转速降下来、把力气放大——就像山地车换低速挡爬坡。
- ③ **车轴** 把齿轮放大的力气交给左右两个车轮。
- ④ **钢轮与钢轨** 钢对钢，摩擦力小得惊人——所以火车是陆地上最省力的运输方式，一只手的力气就能推动一节空车厢慢慢滑动！
- ⑤ **悬挂弹簧** 两排弹簧+减震器把颠簸层层吸收，车厢里才能立硬币、泡方便面。

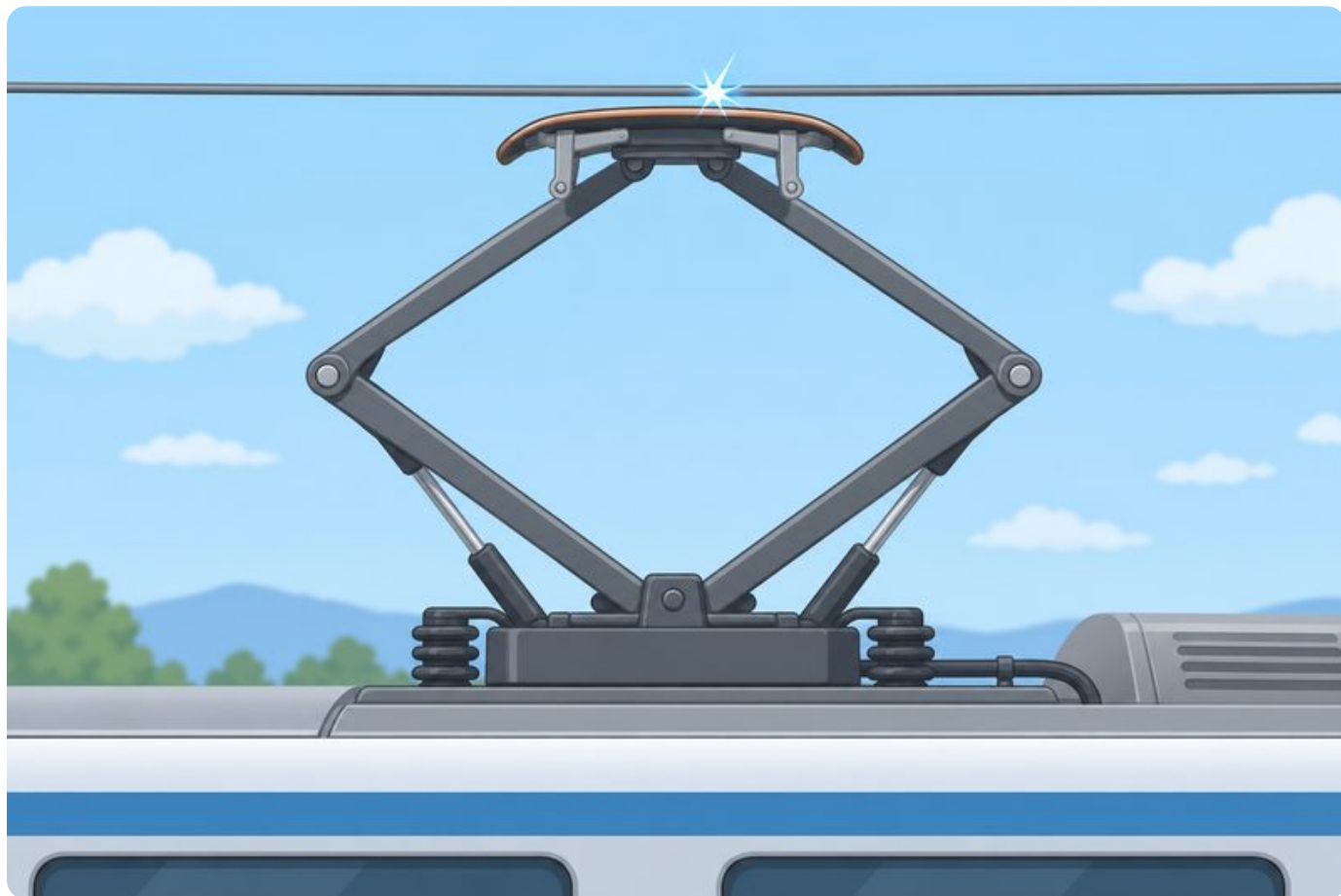
▲ 转向架剖视 · 数字 = 动力传递顺序

3 动力之旅：电的万里快递

高铁自己不带「粮食」，它的能量由头顶的电线实时「快递」过来。这趟快递的路线图：



▲ 电从发电厂到车轮的四站旅程

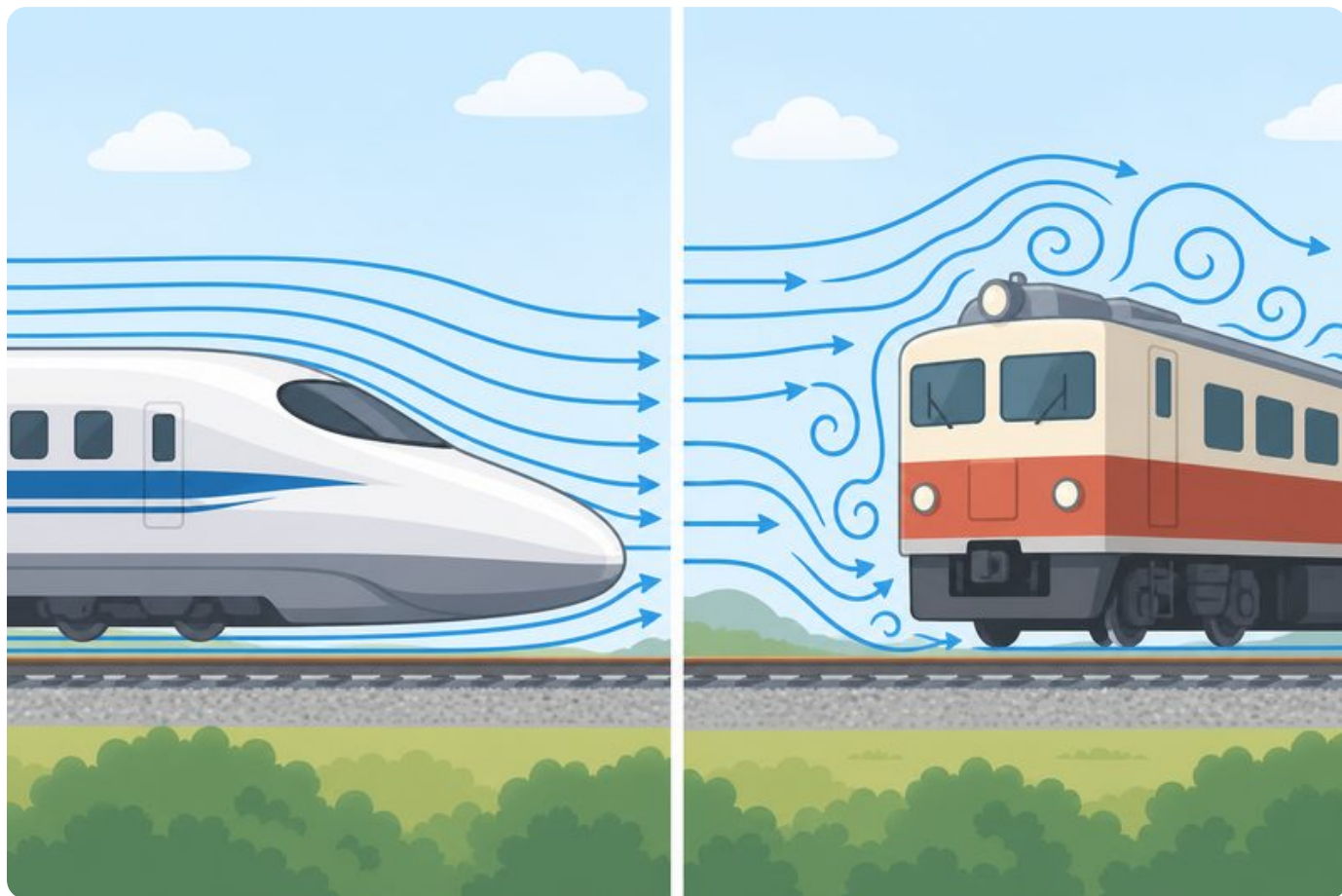


▲ 受电弓以精确的力度顶住电线——太松会断电打火花，太紧会磨坏电线

为什么高铁不怕堵车也不怕没劲？ 绿皮车全靠车头拉，力气再大也有极限；高铁把电机**分散到多节车厢**，8 节车厢可能有 4 节在使劲——大家一起推，又稳又有劲。这叫「动车组」，「动车」的意思就是「自己会动的车厢」。

4 原理深潜：快而不晃的两个秘密

秘密一：劈开空气。时速 350 公里时，高铁 80% 的力气都用来对抗空气阻力。车头做成又尖又长的「鸭嘴」，让空气像水流过鹅卵石一样顺滑地让路：



▲ 左：流线型车头气流顺滑 · 右：方形车头气流乱成一团

秘密二：钢轨的魔力。钢轮滚钢轨，接触面只有指甲盖大，阻力极小；再加上弹簧悬挂把震动层层吃掉，你才能端着一杯水不洒。

在家就能试：两张纸的「吸引力」

双手各拿一张纸，平行相距 5 厘米，朝中间缝隙用力吹气——纸不但没被吹开，反而**贴到了一起**！流速快的空气压力小（伯努利原理）。这就是站台画**黄色安全线**的原因：高铁呼啸而过时，车旁空气压力骤降，站得太近会被「吸」向列车！

5 没有方向盘，怎么转弯变道？

火车司机真的没有方向盘——**方向是钢轨说了算**。但有两个精巧设计：

🚗 **车轮内侧有一圈「轮缘」**，像轮子戴了个挡边，卡在钢轨内侧防止脱轨。过弯时轮缘轻轻贴着钢轨，列车就顺着轨道优雅地转过去。弯道处外侧钢轨还会**垫高一点**，让车身自然向弯内倾斜，乘客几乎感觉不到离心力。

🔄 **变道靠「道岔」**：两根可以整体移动的尖轨，向左贴就走左线，向右贴就走右线。司机提前和调度中心约好路线，道岔自动扳动，列车就像被钢轨「牵着手」带上了新路。

⚡ **刹车还能发电**：高铁刹车时电机反过来变成发电机，把列车的冲劲变回电送回电网，这叫「再生制动」。一趟刹车回收的电，够一节车厢的空调吹好一阵。

6 冷知识加油站

💡 高铁车轮**不是圆柱形，而是浅浅的圆锥形**。一旦列车跑偏，两边轮子的滚动半径自动一大一小，列车自己就「拐」回轨道中央——不用任何操作！

💡 高铁上**不用系安全带**，因为它加速减速极其平缓——全速行驶时桌上的硬币能立着不倒，水杯里的水几乎不晃。

💡 受电弓和电线之间的接触力被精确控制在大约「**提起一袋大米**」的力度，而且接触点材料是特制的碳滑板，磨坏了只换滑板、不伤电线。

7 考考你

1. 高铁跑起来的能量，最终来自哪里？

☐ A. 车上烧柴油的发动机

☐ B. 头顶电线送来的电

☐ C. 车底的大电池

💡 先自己选，答案见书末「答案与解析」

2. 高铁比老式绿皮车更快更有劲的关键设计是？

☐ A. 动力分散：多节车厢自带电机一起出力

☐ B. 车头做得特别大特别重

☐ C. 车轮涂了特殊的润滑油

💡 先自己选，答案见书末「答案与解析」

3. 站台上为什么要站在黄色安全线后面等车？

☐ A. 怕掉下站台

☐ B. 黄线内是工作人员专用区

☐ C. 列车高速通过时车旁空气压力变低，会把你「吸」向列车

💡 先自己选，答案见书末「答案与解析」

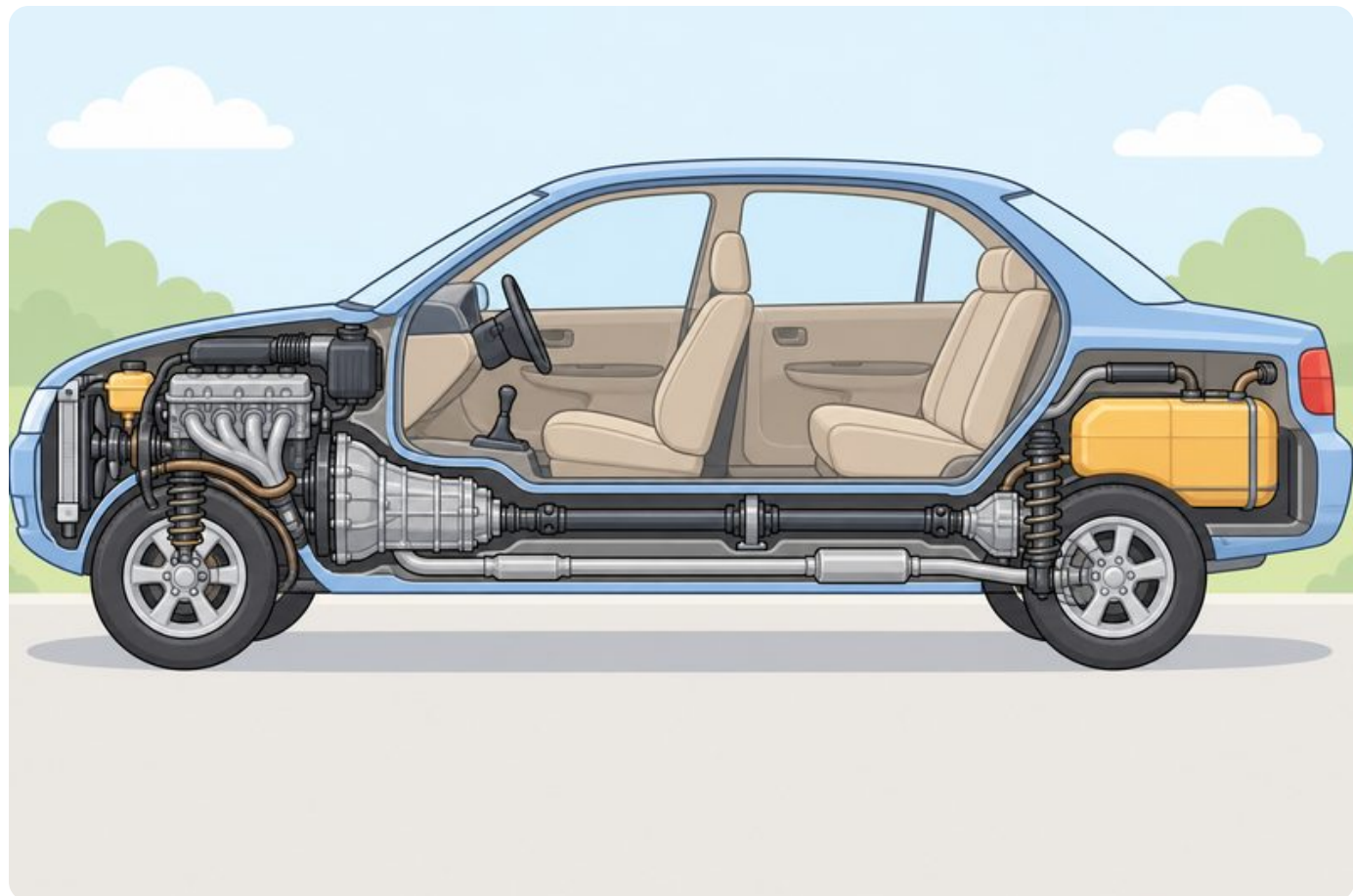
汽车的动力接力赛

你踩下油门，力气是怎么从车头的一团火，传到一米之外的四只轮子的？这是一场精密的三棒接力。



1 先认识它：汽车的身体地图

掀开发动机盖，汽车内部藏着一条**动力传送带**。对照下方图例，认识这场接力的每一棒：

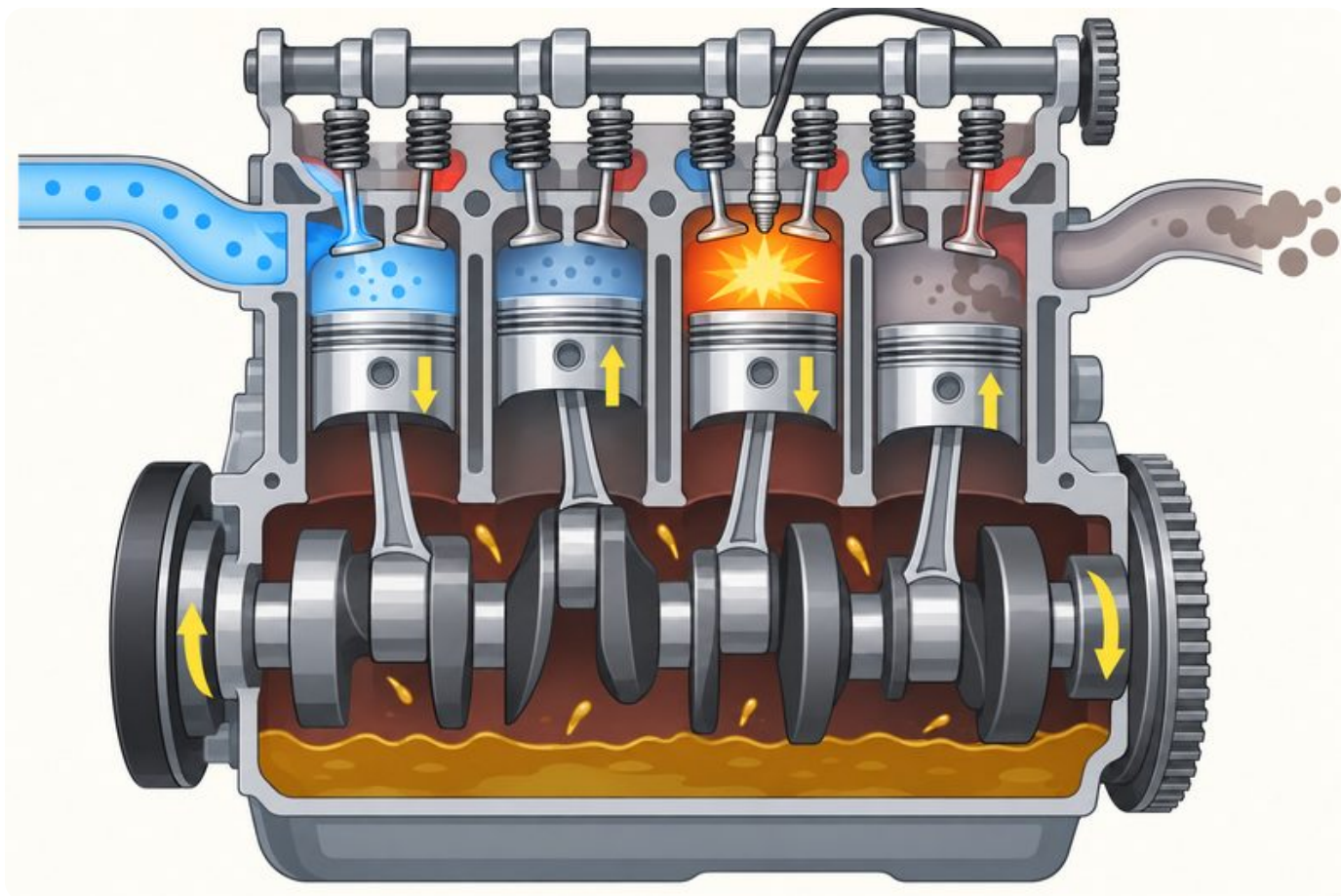


- **发动机** 汽车的「心脏」，藏在车头。汽油在这里变成一连串微型爆炸，产生力气。
- **变速箱** 发动机的「调速器」，就像山地自行车的变速器，负责把力气调成合适的大小。
- **传动轴** 一根旋转的长杆，把力气从车头一路送到后轮（后驱车）。
- **油箱** 藏在车尾下方，装着几十升汽油——一箱油的能量，够一家人推着车走几个月。
- **车轮** 接力的最后一棒，把旋转变成滚动，让汽车贴着地面跑起来。

▲ 轿车剖视图 · 讲解见下方图例

2 拆开来：发动机里的「连环爆炸」

汽车发动机干的事，本质上是**每秒钟引爆几十次微型爆炸**。爆炸在圆柱形的小房间（气缸）里发生，推动活塞上下运动。每个气缸按固定节奏跳四步舞，叫**四冲程**：



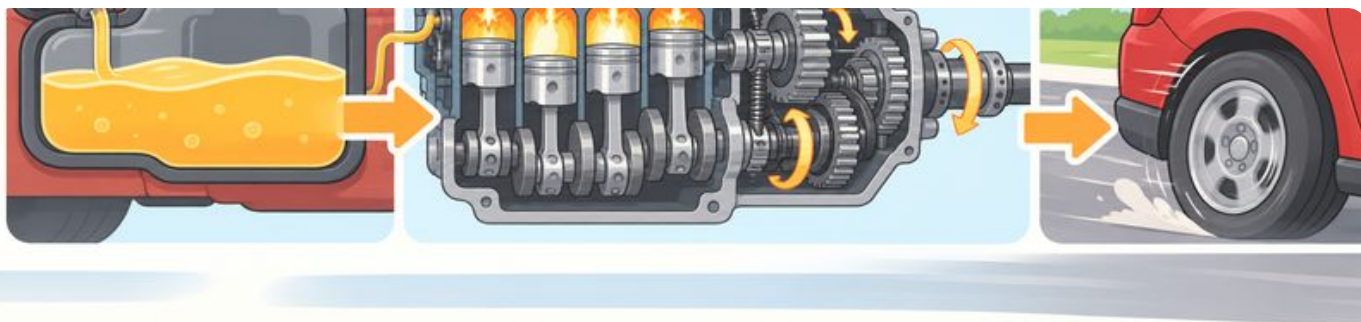
- ① **吸气** 活塞下降，像注射器抽药水一样，把空气和汽油雾吸进气缸。
- ② **压缩** 活塞上升，把混合气使劲压到小角落——压得越紧，炸得越有力。想想捏打气筒的手感。
- ③ **做功** 火花塞「啪」地点火！混合气爆炸膨胀，把活塞狠狠推下去——**只有这一步真正产生力气**。
- ④ **曲轴** 几个活塞轮流往下压这根弯弯曲曲的轴，它就转起来了——上下运动变成旋转运动，就像你蹬自行车踏板。

▲ 四缸发动机剖视·四个气缸轮流点火，接力般推动曲轴

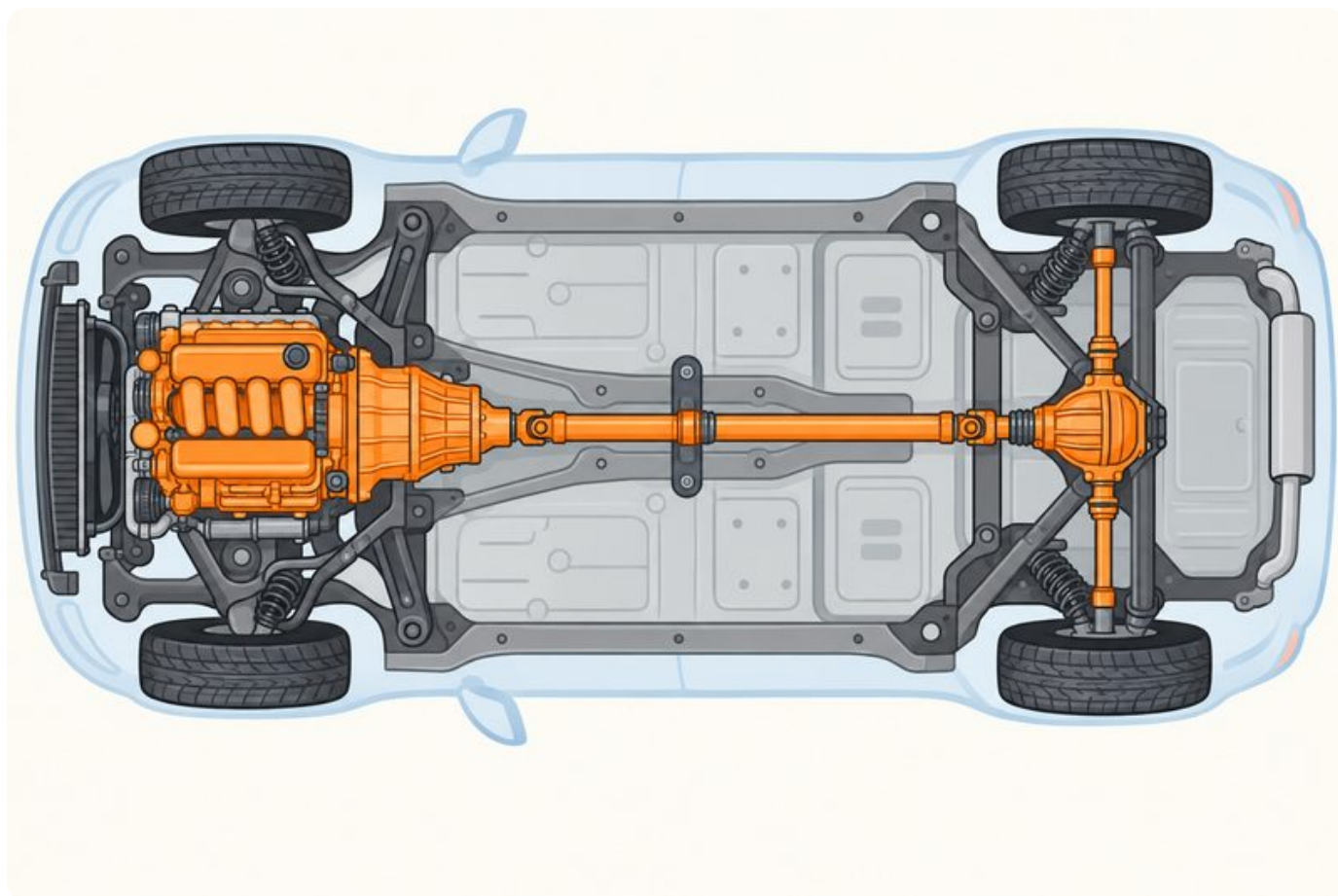
家用车发动机里通常有 4 个气缸，轮流爆炸，曲轴每分钟转 **几千圈**。你听到的发动机「嗡嗡」声，其实就是连环爆炸被消音器按住了嗓子的声音。

3 动力之旅：从油箱到车轮

现在把整条接力路线连起来——从一滴汽油到一次轮子的转动：



▲ 动力接力的四棒



▲ 俯瞰底盘：发动机 → 变速箱 → 传动轴 → 差速器 → 两只后轮

为什么需要变速箱？ 发动机只在高转速时才有劲，但汽车起步需要**大力气、慢转速**。变速箱里有多组大小不一的齿轮：低速挡像山地车的轻挡，力气大跑得慢，用来起步爬坡；高速挡力气小跑得快，用来巡航。手动挡要司机自己换挡，自动挡则由电脑替你操作。

4 原理深潜：爆炸为什么能让车跑？

汽油+空气的混合气爆炸时，气体体积瞬间膨胀几百倍，产生巨大的推力。活塞被这股力量推着走——这和**爆竹把纸屑崩飞**是同一个原理，只不过发动机把爆炸关在了铁房子里，逼它推动活塞干活。

感受「压缩」：堵住打气筒

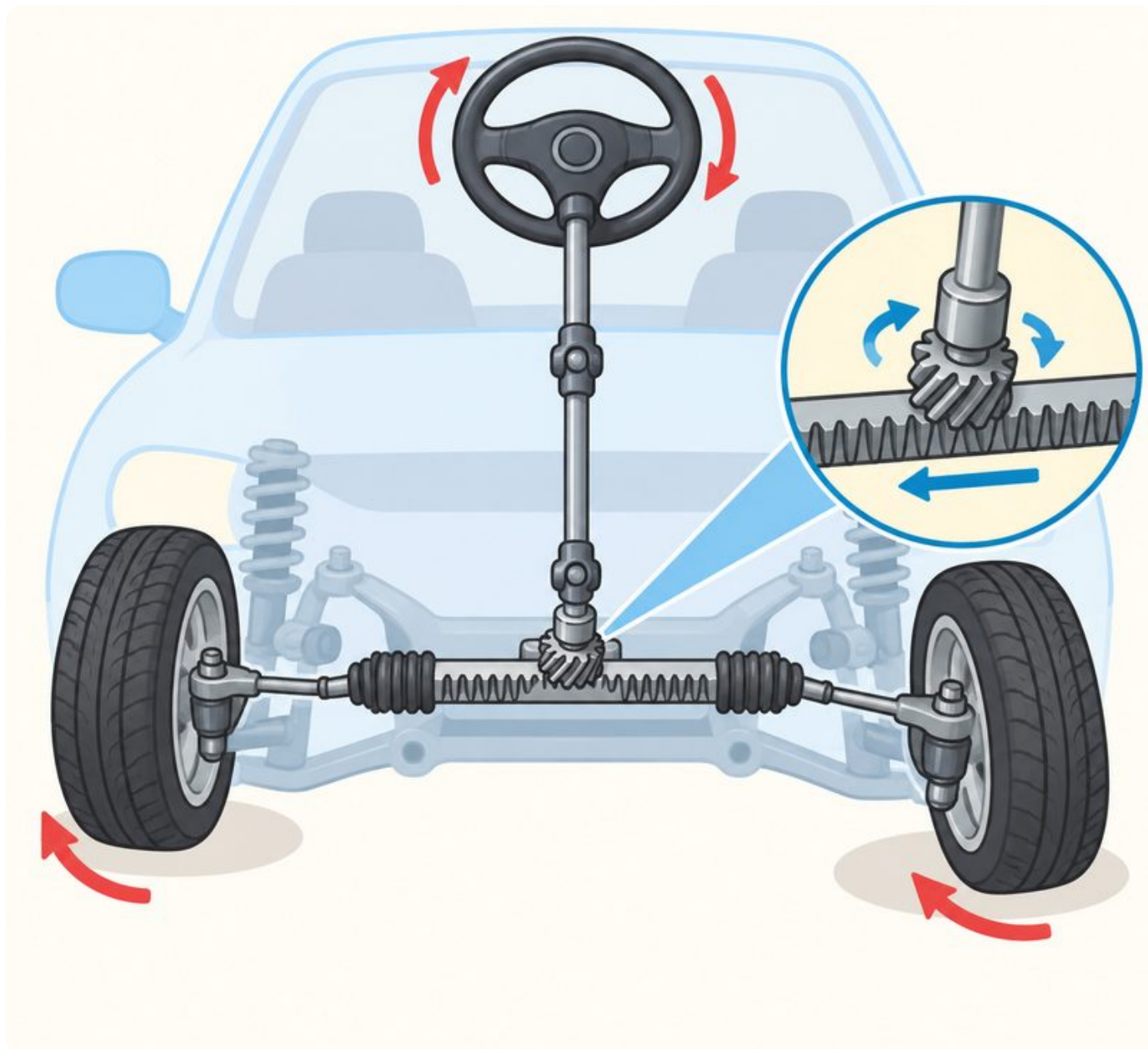
用手指堵住打气筒的出口，用力压活塞——会感到一股很强的**反推力**，松手时活塞还会弹回来。被压缩的气体就像被压紧的弹簧，憋着一股劲。发动机点火的瞬间，等于把这股劲再放大十倍。

感受「变速」：骑一次山地车

骑山地车爬坡时换成**轻挡**：蹬得快、走得慢，但不费力；平路换**重挡**：蹬一圈走很远。汽车变速箱干的事一模一样，只不过换挡的是液压和电脑，不是你。

一脚油门到底发生了什么：油门踏板其实控制的是**进气量**——踩得越深，吸进发动机的油气越多，每次爆炸越猛，活塞推得越狠，曲轴转得越快，你就被牢牢按在了座椅上。

5 怎么转弯：方向盘下的齿轮魔法



- **方向盘** 你转一圈，下面的转向柱跟着转一圈——它其实是一根长长的「螺丝杆」。
- **转向柱** 把你的旋转动作传到车底，中间还有助力系统帮你省力，所以一根手指也能打动方向。
- **齿轮齿条** 转向柱末端的小齿轮咬住一根横杆（齿条），旋转变成左右平移，把两只前轮一起推转。

▲ 方向盘 → 转向柱 → 齿轮齿条 → 前轮偏转

🌀 **转弯时有个隐藏难题**：操场跑道上，外圈永远比内圈长。汽车转弯也一样——外侧车轮要走更远的路，必须转得比内侧车轮**快**。但两根轮子由同一根轴驱动，怎么办？工程师发明了**差速器**：一组精巧的锥形齿轮，允许左右两轮「各转各的」，直线时同步，转弯时自动分配不同转速。没有它，每次转弯轮胎都会在地上拖出黑印。

6 冷知识加油站



你听到排气管「突突突」的声音，其实是一连串小爆炸。消音器里层层叠叠的隔板，就是专门把这些爆炸声「闷」小的迷宫。



家用车发动机活塞上下运动的速度，相当于每秒往返十几米——比短跑运动员冲刺还快，而且能连续跑几十万公里不休息。



电动车**没有变速箱也不需要**：电机从零转速就有大力气，安静又直接。这就是为什么电动车起步总能「嗖」地一下窜出去。

7 考考你

1. 汽车动力的正确接力顺序是？

- ☐ A. 车轮 → 变速箱 → 发动机 → 油箱
- ☐ B. 油箱 → 发动机 → 变速箱 → 传动轴 → 车轮
- ☐ C. 发动机 → 车轮 → 油箱 → 变速箱

💡 先自己选，答案见书末「答案与解析」

2. 四冲程发动机里，真正产生力气的是哪一步？

- ☐ A. 吸气冲程
- ☐ B. 压缩冲程
- ☐ C. 做功冲程（点火爆炸的那一步）

💡 先自己选，答案见书末「答案与解析」

3. 汽车向左转弯时，哪只后轮转得更快？

☐ A. 左边的轮子

☐ B. 右边的轮子（外侧）

☐ C. 两只一样快

💡 先自己选，答案见书末「答案与解析」

上万吨的钢铁为什么不沉？

一块钢板丢进水里会沉底，但用钢板造的巨轮却能漂洋过海。再加上肚子里的几万吨货物，它凭什么不沉？



1 先认识它：货轮的身体地图

一艘大型货轮，其实是一座会移动的钢铁城市。**对照下方图例**，认识它的关键部位：



- **舰桥（驾驶台）** 全船的「大脑」，建在高塔顶上，船长在这里能看清整个海面。现代货轮的舰桥里全是屏幕和雷达。
- **货舱** 船肚子里一格格的大仓库，能装几千个集装箱。它们还能压住船身，让船稳不翻。
- **机舱** 船尾最深处藏着一台巨大的柴油机——有三四层楼高，是整艘船的「心脏」。
- **螺旋桨** 藏在水下船尾，有几米宽的大风扇，是船前进的唯一「推手」（第 2 节详解）。
- **船舵** 螺旋桨后面竖着的一块大「门板」，左右摆动控制方向（第 5 节详解）。

▲ 货轮剖视图 · 讲解见下方图例

2 拆开来：水下的「大风扇」

轮船的螺旋桨不是普通风扇——它的每一片桨叶都是一个**扭转的斜面**，转动时像螺丝钉拧进木头一样「拧」进水里，把水往后推。水被推开，船就被反作用力推着往前走：



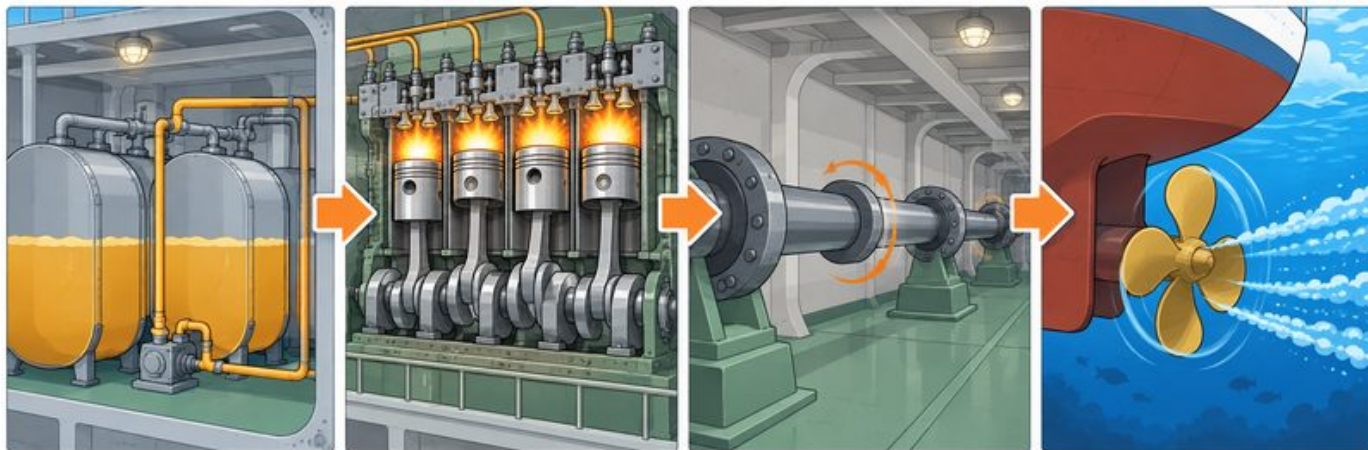
- **桨叶** 每片叶子都是弯的，形状经过精心计算，旋转时把水大口大口地「舀」向后方。
- **尾流** 螺旋桨推出去的水形成一股旋转的水流——看船尾翻起的白色浪花，就是它干活的证据。
- **传动轴** 一根几十米长的粗钢轴，从船尾一路通到机舱，把柴油机的旋转送进水底。

▲ 水下看螺旋桨·它比一层楼还高，却要转得又快又稳

在家就能试：风扇划船

把小风扇固定在玩具船尾，对着**船后**吹风——船就往前走了。螺旋桨干的事一样，只不过它推的不是空气，而是密度大 800 倍的水，所以力气大得多，也不用转那么快。

3 动力之旅：从一滴柴油到万吨推力



▲ 能量的四站旅程



燃油

船底油舱存着几千吨重油



柴油机

巨型气缸里爆炸推动活塞，
和汽车发动机同款原理，只
是放大了一千倍



传动轴

几十米长的钢轴把旋转送出
船尾



螺旋桨

把水向后推，船被反作用力
推着前进

轮船的柴油机有多夸张？ 最大的船用发动机重 2000 多吨，一个气缸比你家浴室还大，活塞有 1 米粗。它转得慢悠悠（每分钟不到 100 转），但力气大到能同时拖动 2 万个集装箱——**慢，但力大无穷。**

4 原理深潜：钢铁凭什么浮在水上？



▲ 船体挤开多少水，水就用多大的力把它「托」回去

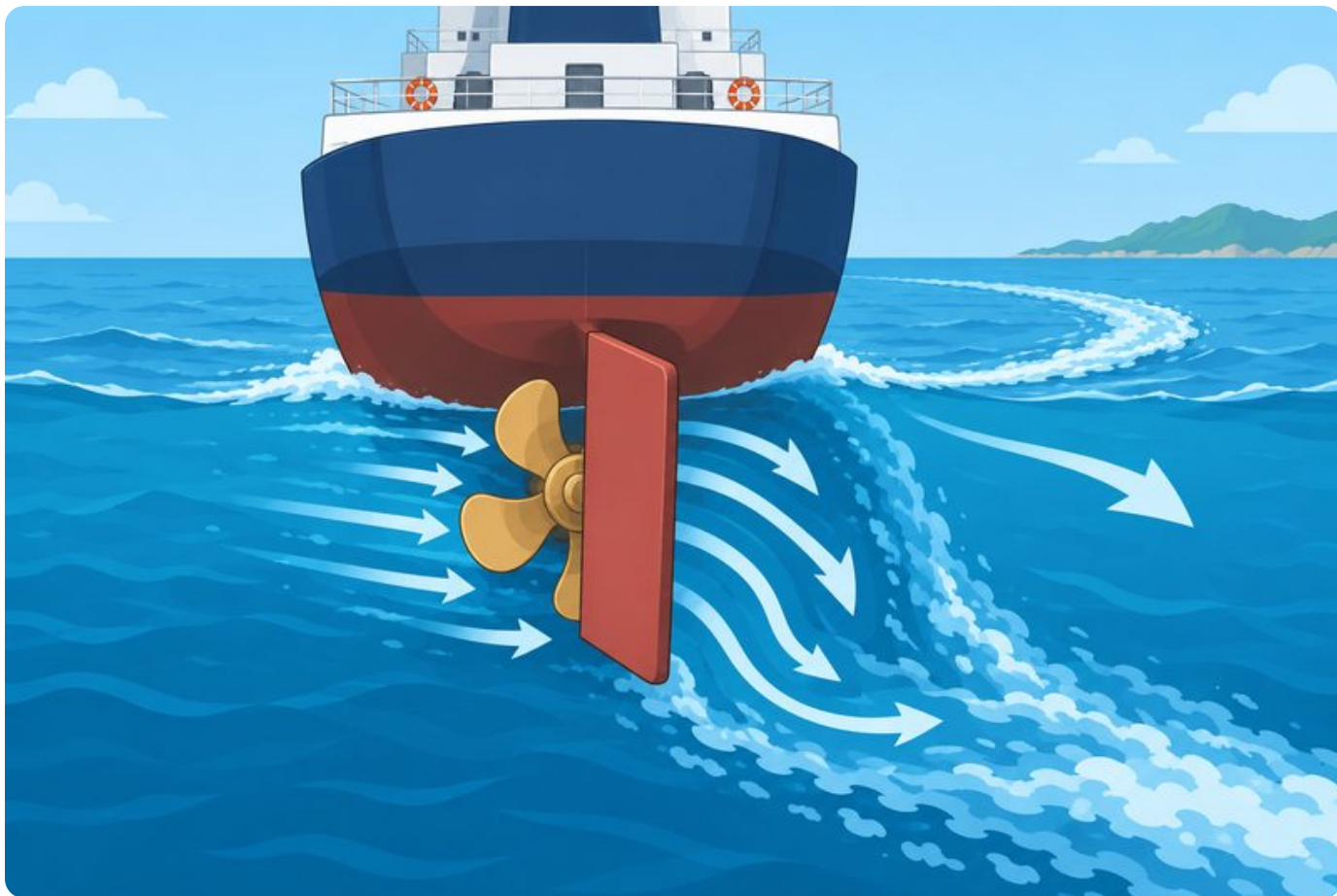
2000 多年前的阿基米德在浴缸里发现了这个秘密：**浸在水里的东西，会受到一股向上的托力，大小正好等于它排开的那部分水的重量。这叫浮力。**

一块实心钢板，排开的水只有薄薄一层，托力远小于钢板的重量——沉了。但把钢板弯成**空心大碗**的形状，它能排开几吨的水！当「排开的水重」追上「船+货的总重」时，船就稳稳浮住了。所以大船装货越多，吃水越深——它是在用下沉换取更多的托力，直到舷侧那条「载重线」为止。

在家就能试：橡皮泥变形记

把一块橡皮泥揉成实心球放进水盆——沉底。捞出来捏成**空心小碗**再放——浮起来了！还能往「碗」里加几枚硬币。橡皮泥还是那块橡皮泥，重量没变，变的只是形状，也就是排开水的能力。这就是钢铁巨轮不沉的全部秘密。

5 怎么转弯：屁股后面那块「门板」



- **船舵** 螺旋桨正后方的大平板。舵向左偏，水流被导向左，船尾就被推向右，船头于是向左转。
- **螺旋桨水流** 舵必须待在螺旋桨后面才有用——螺旋桨打出来的高速水流冲在舵面上，舵才「抓得住水」。

▲ 舵偏转 → 水流拐弯 → 船身转向

所以轮船**停下来**的时候舵会失灵——没有水流冲过舵面，舵就成了摆设。这也是大船进港要开几小时、还得小拖船在旁边又推又顶的原因：万吨巨轮低速时几乎「不听使唤」。

◀ **船怎么「倒车」**？船没有倒挡变速箱——它让螺旋桨**倒着转**，把水往前推，船就慢慢倒退。但从全速前进到倒退，惯性巨大的巨轮要滑出几公里才能真正停下，所以远洋船长看见冰山，必须提前很远就打舵。

6 冷知识加油站

💡 轮船是人类最**省油**的运输方式：同样的燃料，一吨货物坐船能走的距离，是坐卡车的 4 倍、坐飞机的 100 倍。所以你吃的进口水果、穿的球鞋，大多是坐船来的。



大船的锚其实**不是「抓」住海底**，真正稳住船的是拖在海底那一大段**锚链的重量**。锚爪只负责不让链子滑动。



船身两侧的彩色刻度线叫**载重线**：装货吃到哪条线，一眼就能看出来。装过头？海事部门可不答应——沉船事故很多都是因为贪多。

7 考考你

1. 一块钢板会沉底，为什么钢板造的大船不会沉？

- ☐ A. 造船的钢铁是特殊材料，比普通铁轻
- ☐ B. 空心船体能排开巨量海水，浮力大到足以托起船和货
- ☐ C. 发动机一直在往上推

💡 先自己选，答案见书末「答案与解析」

2. 螺旋桨是怎么把船往前推的？

- ☐ A. 像鱼尾巴一样左右摆动
- ☐ B. 吸水产生真空，把船往前吸
- ☐ C. 把水使劲往后推，反作用力把船往前顶

💡 先自己选，答案见书末「答案与解析」

3. 为什么轮船停下来后，舵就不灵了？

- ☐ A. 舵会生锈卡住
- ☐ B. 舵靠螺旋桨打出的水流冲刷才有效，停船时没有水流
- ☐ C. 船长下班了

💡 先自己选，答案见书末「答案与解析」

冰箱怎么把热量「搬」出去？

摸一摸冰箱的背板——是热的！原来冰箱从不「制造冷」，它只是一位不知疲倦的热量搬运工。



1 先认识它：冰箱的身体地图

冰箱外表是个安静的箱子，背后却藏着一套不停运转的「搬运流水线」。对照下方图例：



- **压缩机** 冰箱底部那个黑色圆罐子，全机唯一运动的大部件，是搬运热量的「发动机」。它一启动你就会听到熟悉的嗡嗡声。
- **冷凝管** 冰箱背面那排黑色网格管子，负责把热量吐给房间——所以摸上去总是温温的。
- **蒸发器** 藏在冰箱内壁里的冰冷管道，箱里的热量在这里被吸走。冷冻室的白霜就长在它身上。
- **保温层** 箱体夹层里厚厚的泡沫塑料，像给冰箱穿了件羽绒服，把热量挡在门外（第 5 节详解）。
- **储物间** 你放牛奶和西瓜的地方。冷藏室约 4°C ，冷冻室约 -18°C 。

▲ 冰箱剖视图 · 讲解见下方图例

2 拆开来：压缩机这只「铁肺」

压缩机的工作就一件事：**把制冷剂气体狠狠挤小**。被压缩的气体会变热——这是物理定律，谁也躲不掉：



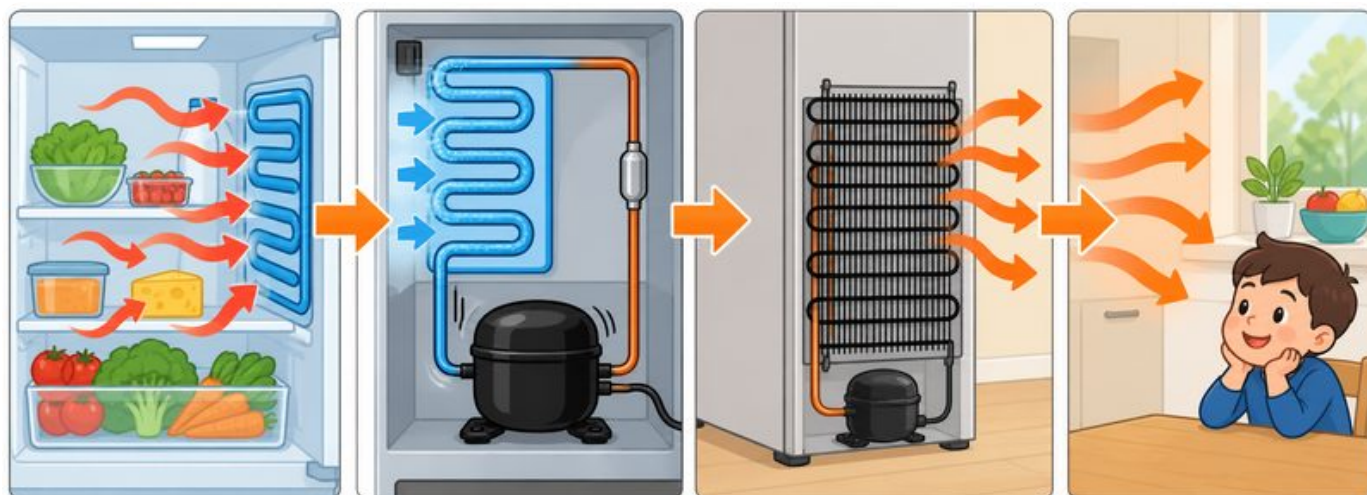
- **活塞** 电机带动活塞来回运动，像打气筒一样把制冷剂气体压成高温高压的「小钢炮」。
- **排气管** 被压热的气体从这里出发，去冰箱背后的冷凝管「散热」。

▲ 压缩机剖视·嗡嗡声就来自这个不停运动的活塞

在家就能试：打气筒为什么发热？

给自行车打气，连打二十下，摸摸打气筒的筒身——**热了**！你没加热它，热是「压缩空气」这个动作本身产生的。反过来说，气体膨胀时会变凉：把按压式喷壶喷在手背上，会感觉凉凉的。一压一胀、一热一冷，就是冰箱制冷的全部本钱。

3 动力之旅：热量的搬家路线

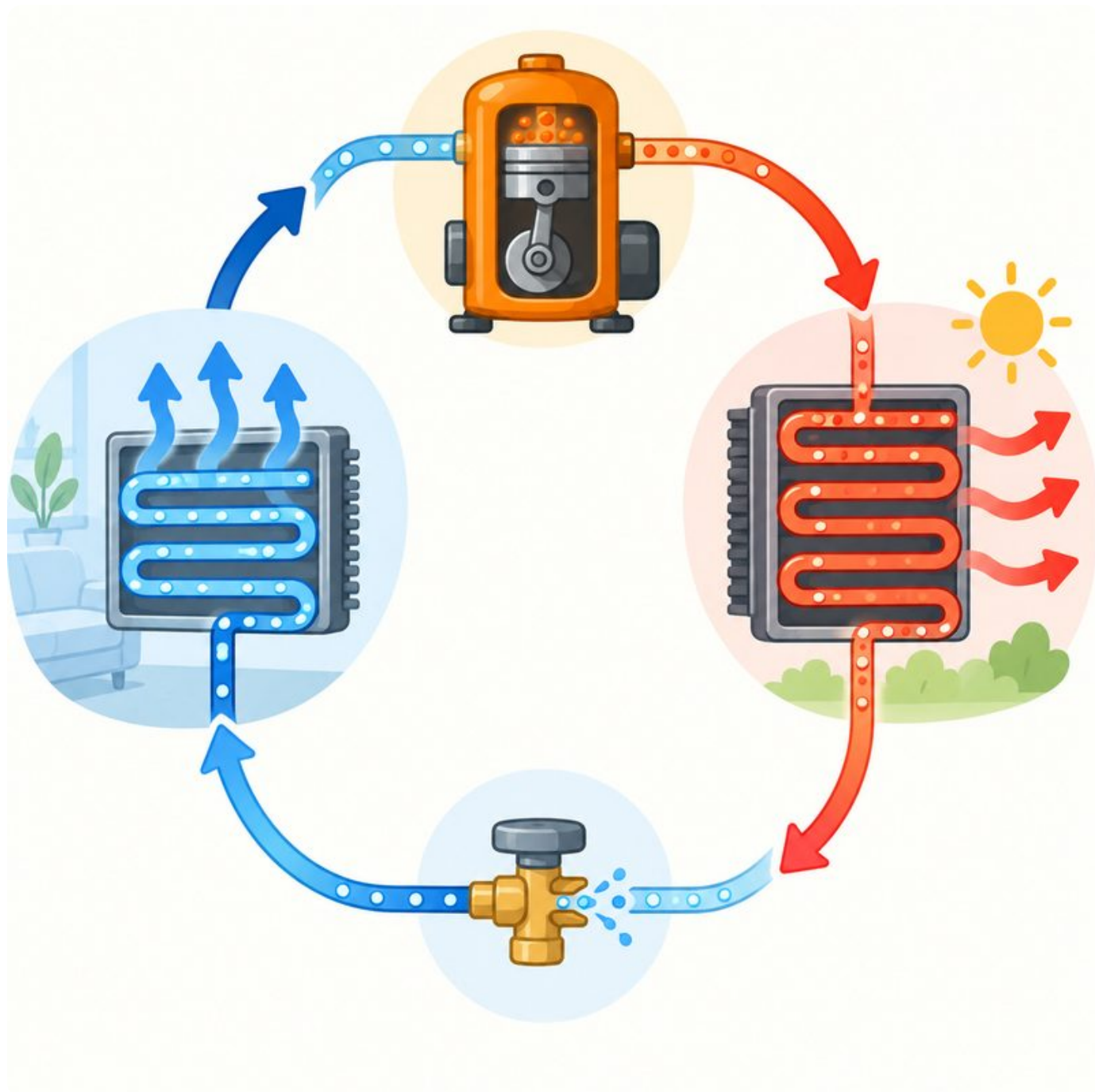


▲ 热量从西瓜到厨房空气的四站旅程



颠覆认知的事实：冰箱是个「热泵」，它把热量从冷的地方搬到热的地方——就像用小桶把水从低处一趟趟运到高处。这股「逆着来」的劲，全靠压缩机耗电驱动。所以**开着冰箱门给房间降温是行不通的**：搬出来的热加上压缩机自己发的热，房间只会越来越热！

4 原理深潜：制冷剂的变身循环



▲ 制冷剂在管道里一圈圈循环：变热 → 放热 → 变冷 → 吸热

搬运工本人叫**制冷剂**，一种特别容易「沸腾」和「凝结」的液体。它沿着管道跑圈，每圈变身四次：

- ① **压缩**（压缩机）：气体被挤小 → 变得很热很热
- ② **冷凝**（背后黑管）：热气把热量散给房间 → 凉下来变成液体
- ③ **膨胀**（膨胀阀）：液体冲过一个小细孔 → 压力骤降，瞬间变得冰凉
- ④ **蒸发**（箱内蒸发器）：冰凉的液体吸收食物的热量沸腾成气体 → 食物被冻凉
然后回到 ①，一天循环上万次。

在家就能试：酒精擦手

用医用酒精（或白酒）擦一点在手背上——凉飕飕的。酒精蒸发时「偷走」了你皮肤的热量。冰箱蒸发器里发生的正是这件事，只不过主角换成了制冷剂，被偷热量的换成了你的西瓜。

5 守住冷气：冰箱的「羽绒服」和「磁门封」



- **泡沫保温层** 箱体夹层里 5 厘米厚的泡沫塑料，内部全是不流动的小气泡——不流动的空气是顶级隔热材料，羽绒服保暖也是同一招。
- **热空气想进来** 冰箱外 25℃、箱内 4℃，温差让热量时时刻刻想往里钻，保温层把它们挡回去。

▲ 箱壁三层结构：塑料内壁 + 泡沫保温层 + 金属外壳

再摸摸门边缘那圈软胶条——里面藏着**磁条**，关门时「啪」地吸住箱体，一滴冷气都溜不走。检查它是否老化很简单：夹一张纸币关门，如果轻轻一抽就出来，说明你家的电费正在偷偷溜走。

6 冷知识加油站



冰箱嗡嗡声不是一直在响——箱内够冷时压缩机会**下班休息**，温度升高再启动。所以频繁开关门 = 强迫压缩机加班 = 电费上涨。



冰箱和空调是**亲兄弟**，原理一模一样，都是「热泵」：冰箱给一个小箱子搬热，空调给一整个房间搬热（下一期就讲空调）。



热菜直接放冰箱并不会「弄坏冰箱」，只会让压缩机多干点活。真正要注意的是**别把冰箱塞太满**——冷气需要流动才能把每个角落都照顾到。

7 考考你

1. 冰箱制冷的本质是？

- ☐ A. 制造冷气灌进箱子里
- ☐ B. 把箱内的热量搬运到箱外
- ☐ C. 用电把食物冻住

💡 先自己选，答案见书末「答案与解析」

2. 制冷剂在哪个环节变得冰凉？

- ☐ A. 被压缩机压缩时
- ☐ B. 在冷凝管里散热时
- ☐ C. 冲过膨胀阀、压力骤降时

💡 先自己选，答案见书末「答案与解析」

3. 夏天敞开冰箱门，能给厨房降温吗？

- ☐ A. 能，冷气会飘满厨房
- ☐ B. 能，但要等一小时
- ☐ C. 不能，反而更热——搬出来的热加上压缩机发热，全留在屋里

💡 先自己选，答案见书末「答案与解析」

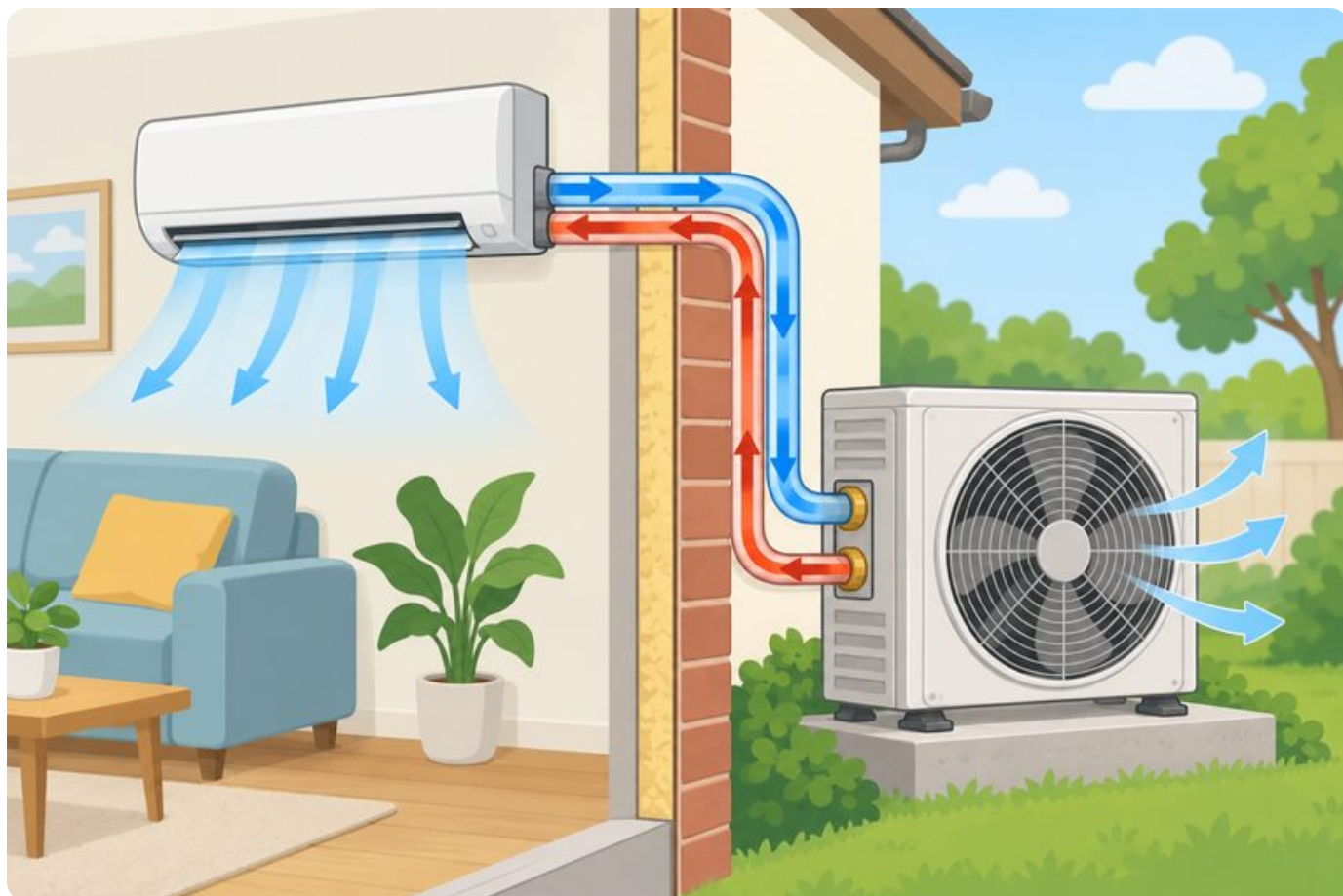
空调：房间的热量搬运工

还记得冰箱吗？空调就是它的亲哥哥——把一整个房间的热量，一趟一趟搬到屋外去。



1 先认识它：空调为什么分成两半？

家用空调故意拆成两个箱子，中间用两根铜管相连。这不是设计缺陷，而是**搬热必须有的两个「码头」**。对照下方图例：

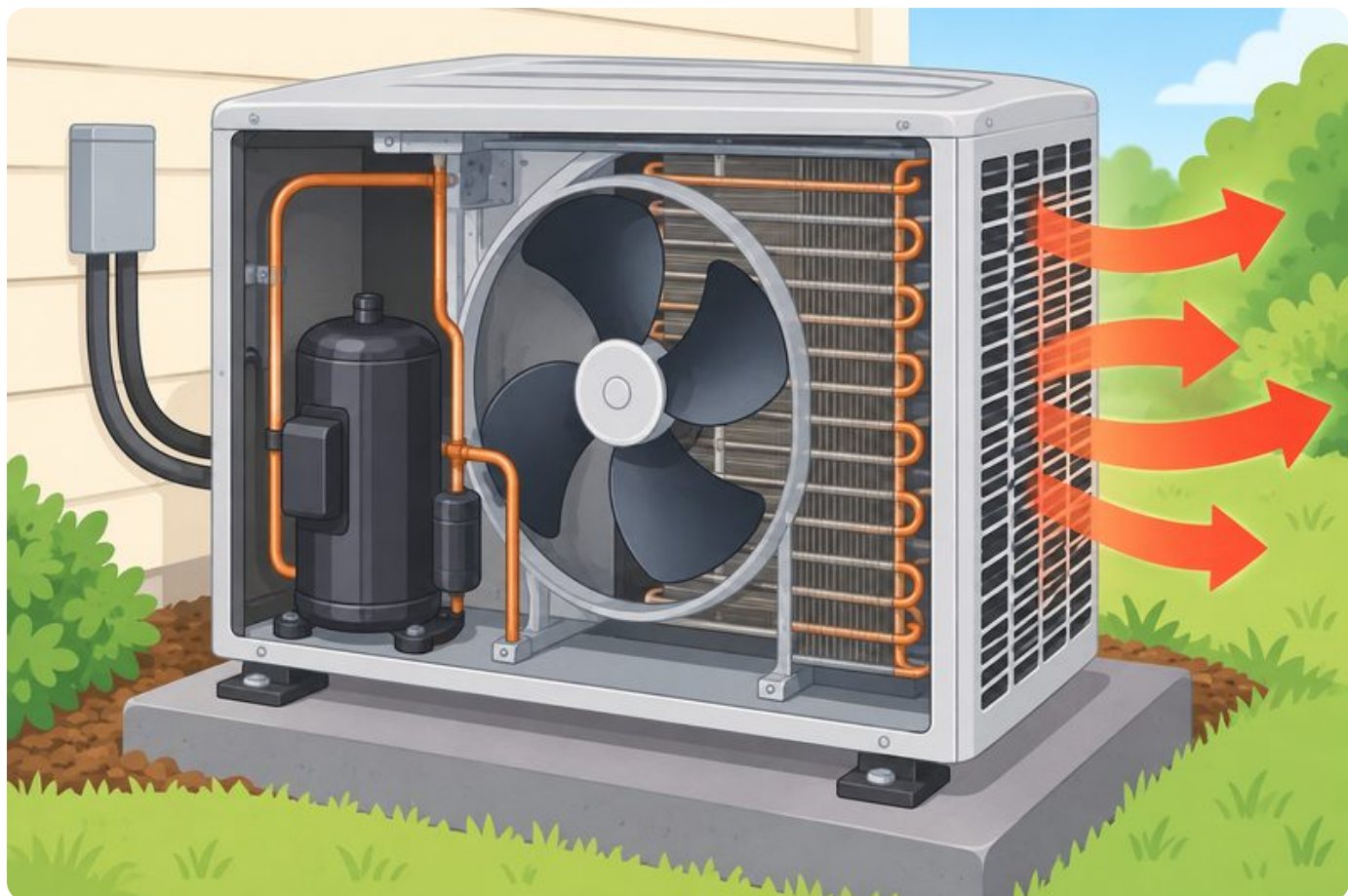


- **室内机** 挂在墙上的白箱子，负责「收货」——把房间里的热量吸进制冷剂。
- **连接铜管** 穿墙而过的两根管子，制冷剂在里面来回跑圈，热量就搭着这趟「班车」出城。
- **室外机** 窗外嗡嗡响的大家伙，负责「卸货」——把热量吐给室外空气。空调的心脏（压缩机）就藏在这里。
- **室外风扇** 夏天它吹出滚滚热风——那正是从你房间里搬出来的热！

▲ 分体空调全景 · 讲解见下方图例

2 拆开来：室外机里有什么？

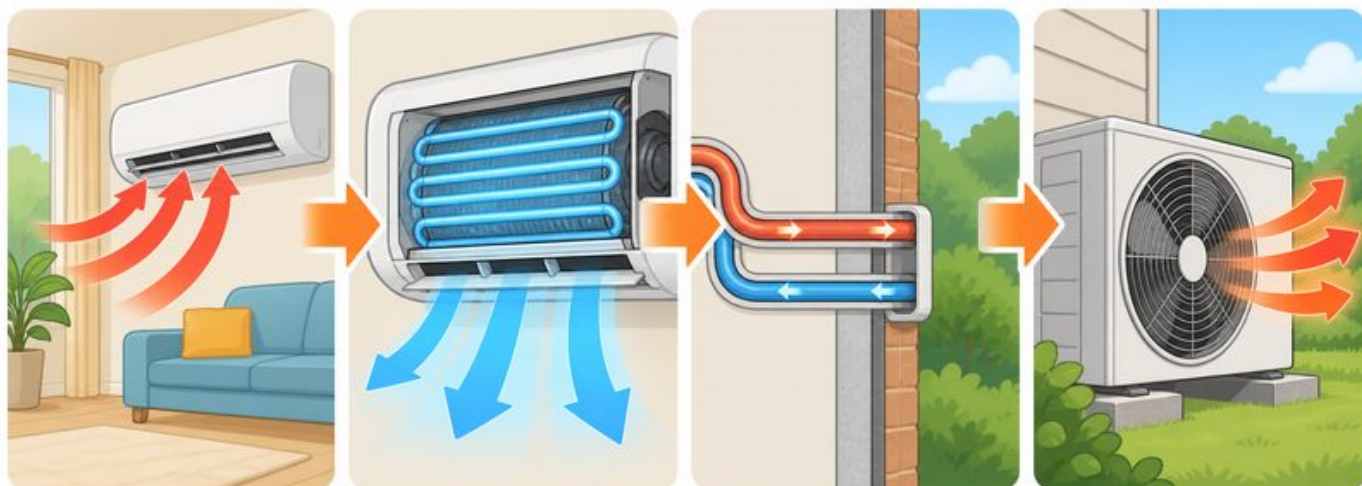
打开室外机的盖子，里面住着空调的「心脏」和「散热片」：



- ① **压缩机** 和冰箱里那台是同款原理：把制冷剂气体压小压热。空调的嗡嗡声主要来自它。
- ② **冷凝器** 一大片折叠的金属翅片管，被压热的制冷剂在这里把热量交出去，凉快下来变成液体。
- ③ **大风扇** 对着冷凝器猛吹，帮热量快快散去。所以外机底下夏天总是热浪滚滚。

▲ 室外机剖视 · 数字 = 制冷剂的旅程顺序

3 动力之旅：房间的热量去哪了？



▲ 你身上的热气，四站之后出现在窗外



吸热

室内机吸入热空气，冰凉盘管把热量吸走



吹凉风

被吸走热量的空气变凉，吹回房间



运输

制冷剂带着热量经铜管跑到室外机

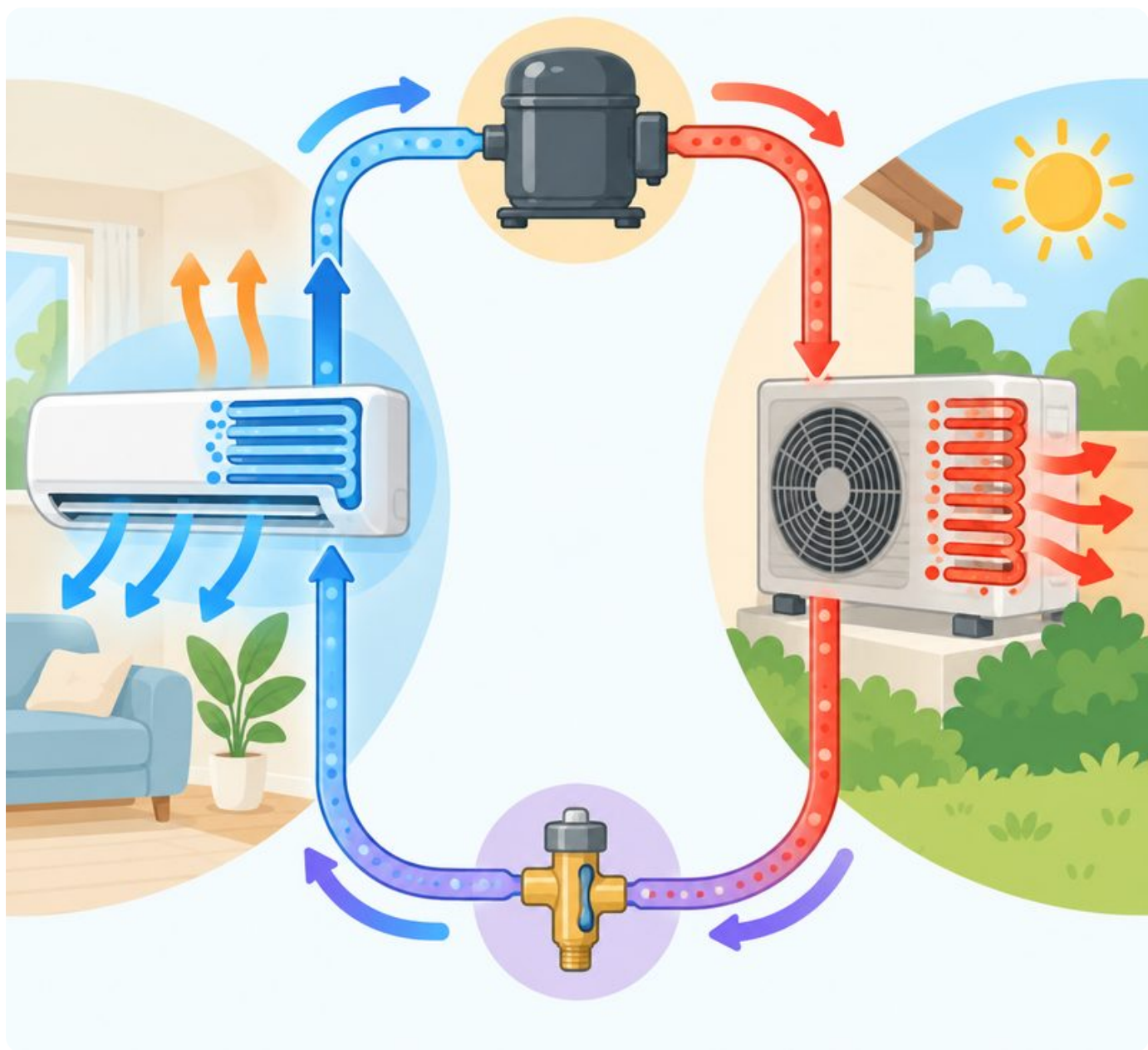


排热

室外机把热量吐给室外空气，制冷剂空手而归再出发

一度电能搬三份热？ 电表走 1 度，空调却能搬走相当于 3 度电的热量——这不是白赚，因为电不是「制造冷」，只是**雇来搬运的力气**。就像花 10 块钱雇搬家公司，能搬走价值远超 10 块的家具。这个本事叫「能效比」，买空调时认准一级能效，就是雇了个干活最利索的搬运工。

4 原理深潜：同一台机器，冬天变暖气



▲ 制冷剂的循环：室内吸热 → 压缩升温 → 室外放热 → 膨胀变冷

循环本身和冰箱一模一样（可以翻回第 5 期复习）。但空调有个冰箱没有的神器——**四通阀**，一个能把整条管道反转的开关：

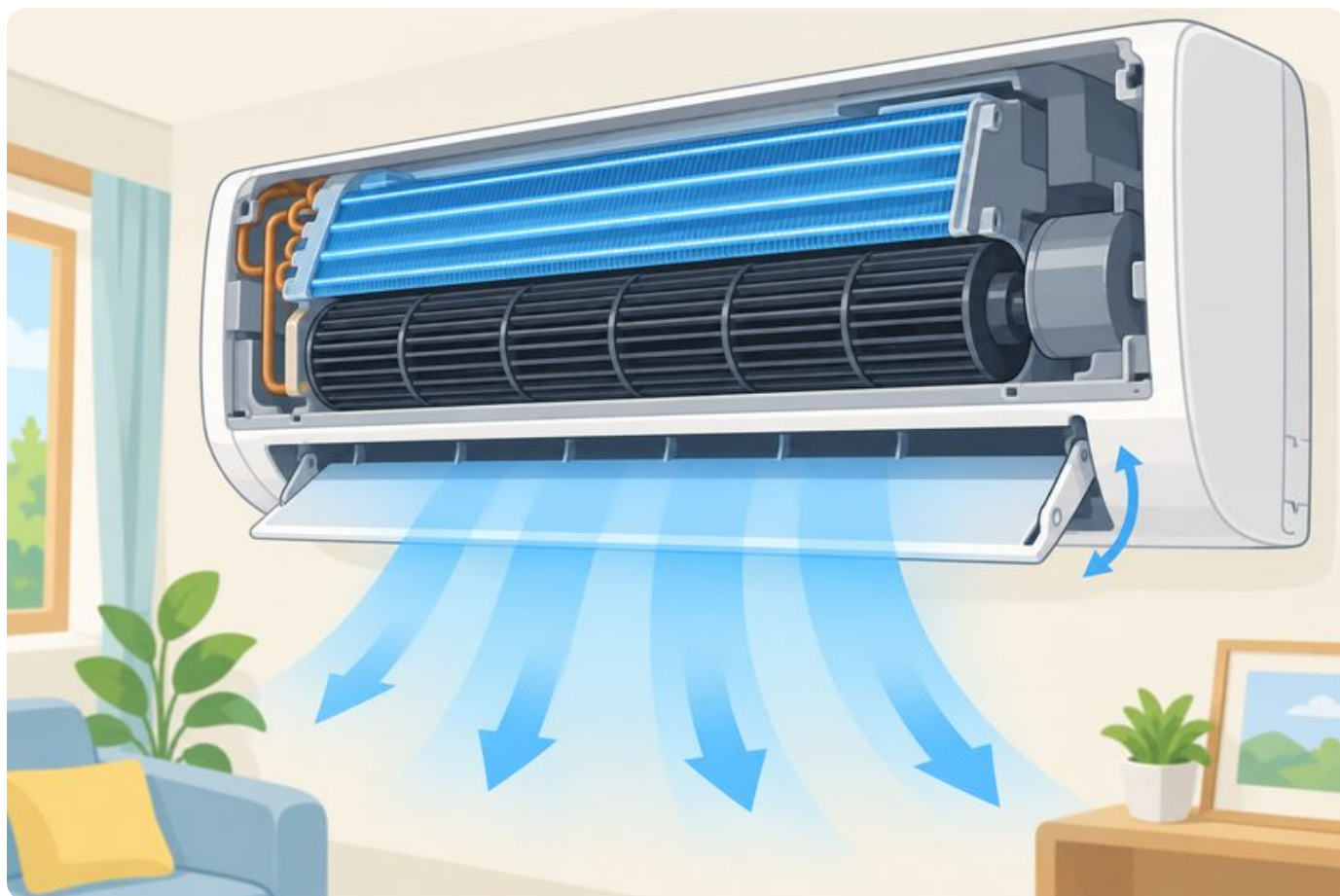
☀️ **夏天（制冷）**：室内机里的盘管是冰凉的「蒸发器」，吸走房间的热。

❄️ **冬天（制热）**：四通阀咔哒一转，管道方向对调——室内机变成滚烫的「冷凝器」，开始向房间**放热**；室外机反而在从冰天雪地里「搜刮」热量搬进屋。室外再冷，空气里也有热量可搬，这就是为什么空调制热比电暖气省电得多。

🔧 在家就能试：摸外机，猜模式

夏天路过楼外的空调外机，感受它吹的风是**热的**——说明屋里正在制冷；冬天它吹的风反而是**冰凉的**——说明屋里正在制热。一台机器，两个方向，全看四通阀把热量往哪边搬。

5 室内机里：凉风是这样吹出来的



- **蒸发器盘管** 冰凉的金属管阵，房间的热空气穿过它时被「偷走」热量，变成凉风。
- **贯流风扇** 一根长长的滚筒风扇，安静又均匀地把凉风送出来。
- **导风板** 上下摆动的那片板子，遥控它调整风向。冷气会自己往下沉，往上吹反而凉得更均匀。

 **空调为什么会滴水？** 空气里藏着你看不见的水蒸气，一碰到冰凉的盘管就凝结成小水珠——和夏天冰饮料杯外壁「冒汗」一模一样。这些水汇成一条水管通到室外，所以空调外机下面总是滴滴答答。一台空调一天能「抽」出好几瓶矿泉水那么多的水，这也是开空调的房间会觉得**没那么闷**的原因。

6 冷知识加油站



空调开 **26℃** 最划算：每调高 1℃，能省约 8% 的电。而且 26℃ 配上一台风扇让空气流动，体感比 22℃ 直吹还舒服。



空调刚启动时最费电，**短时间出门别关空调**（一两小时内）——反复重启比一直开着更耗电，就像汽车频繁点火更费油。



空调滤网两周不洗，灰尘会像毛毯一样裹住进风口，制冷变慢还吹「脏风」。拆下来用水冲冲晾干就行，**这是小学生也能干的家务**。

7 考考你

1. 空调滴下来的水是从哪来的？



A. 制冷剂漏了



B. 空气中的水蒸气碰到冰凉盘管凝结出来的



C. 自来水管接进去了



先自己选，答案见书末「答案与解析」

2. 同一台空调冬天怎么能吹热风？

- ☐ A. 里面有电热丝烧红了加热
- ☐ B. 把夏天存的热量放出来
- ☐ C. 四通阀把循环反转：从室外空气里搬热量进屋

💡 先自己选，答案见书末「答案与解析」

3. 为什么空调比电暖气省电得多？

- ☐ A. 电只用来「搬运」已有的热量，不是用来「凭空造热」
- ☐ B. 空调的电线更粗
- ☐ C. 电暖气是上世纪的技术，本来就落后

💡 先自己选，答案见书末「答案与解析」

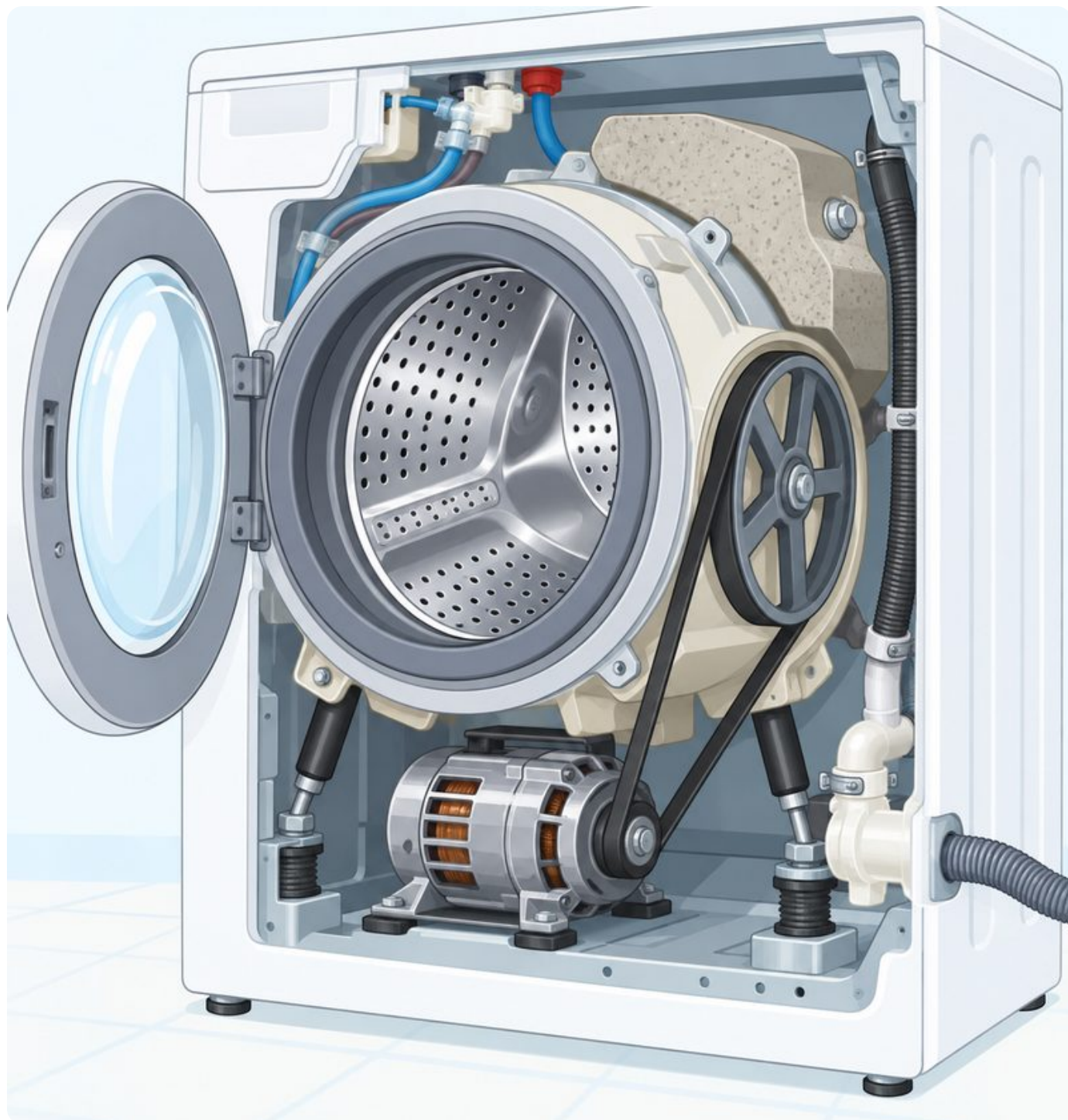
洗衣机怎么把衣服「摔」干净又「甩」干？

奶奶辈在河边用棒槌捶衣服，今天的洗衣机干的其实是同一件事——只不过它每分钟能「摔」几百次、「甩」上千转。



1 先认识它：洗衣机的身体地图

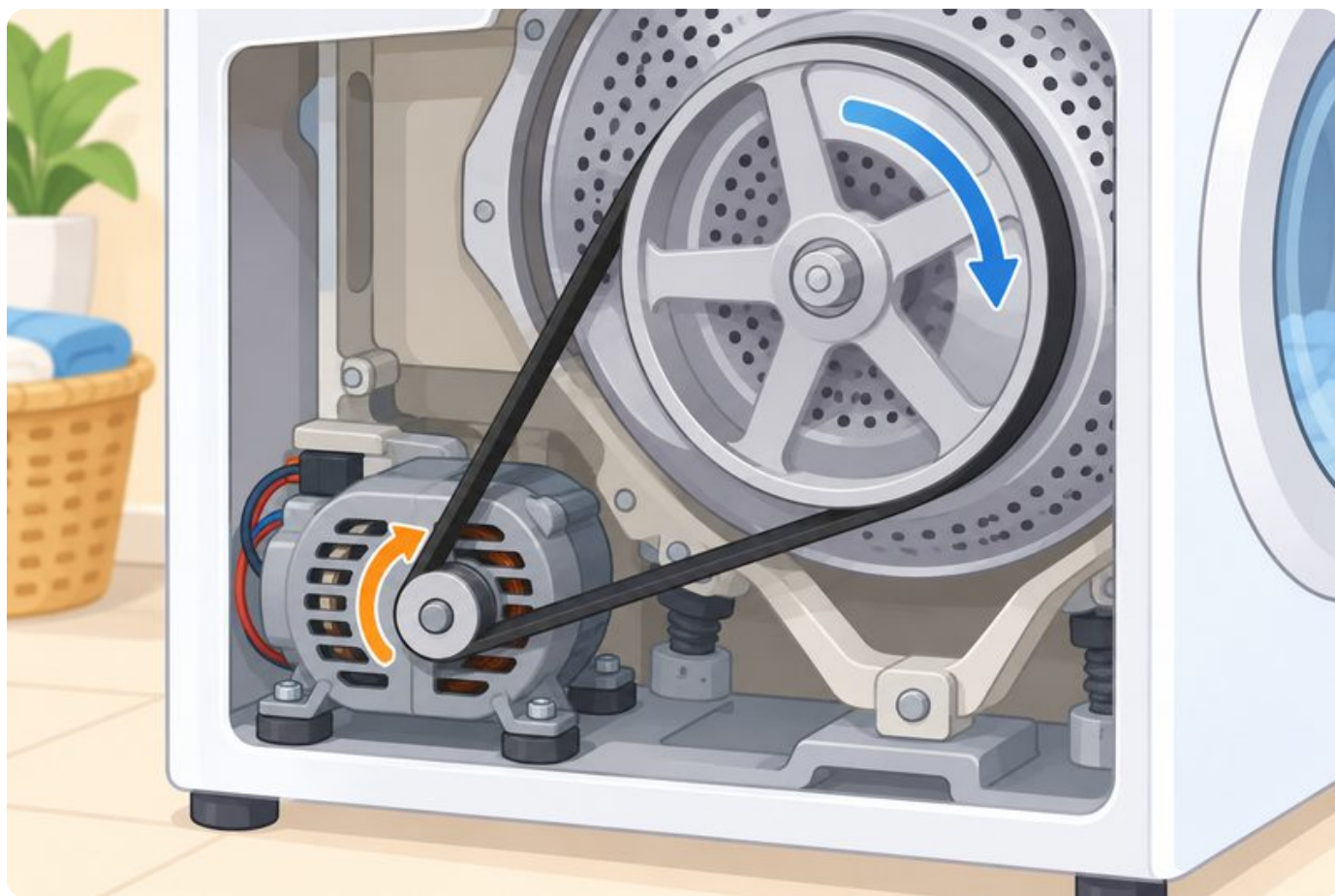
滚筒洗衣机看起来是个白箱子，肚子里却是一个「自动搓衣车间」。对照下方图例：



- **滚筒** 带无数小孔的不锈钢圆桶，衣服在里面翻滚。小孔是水进出的通道，也是甩干时水的「逃生口」。
- **电机** 全机唯一的动力源，藏在底部，洗和甩全靠它调速：慢速翻滚，高速狂转。
- **皮带与大皮带轮** 电机的小轮子通过皮带带动滚筒的大轮子——小带大，力气翻倍（第 2 节详解）。
- **配重块** 顶部那块沉甸甸的水泥块！它是压住阵脚的「定海神针」，防止甩干时整机跳舞（第 5 节详解）。
- **进排水管** 上进水、下排水，电磁阀门听电脑指挥，说放就放，说停就停。

▲ 滚筒洗衣机剖视·讲解见下方图例

2 拆开来：小轮子怎么带动大滚筒？



- **电机** 转速快但力气「飘」，直接连滚筒会拉不动湿漉漉的衣服。
- **大皮带轮** 滚筒后面这个大轮子直径是小轮的好几倍。小轮转 10 圈，大轮才转 1 圈——速度降下来，力气翻上去，和山地车的轻挡一个道理！
- **皮带** 软软的皮带还能「吸收」启动瞬间的冲击，万一滚筒卡死，皮带先打滑，保护电机不烧毁。

▲ 电机 → 皮带 → 大皮带轮 → 滚筒

洗衣服时滚筒每分钟转约 50 圈（慢悠悠翻滚），甩干时狂飙到 **1000 转以上**——同一个电机，全靠电脑变频调速，快与慢之间差了 20 倍。

3 动力之旅：一件脏衣服 40 分钟



▲ 从脏衣服到半干的四站旅程



进水溶解

水+洗衣液渗入纤维，把油污「包围」起来



翻滚摔打

滚筒慢转，衣服被举高再摔下，污渍松动脱落



排水漂洗

脏水被泵抽走，换清水再翻几遍



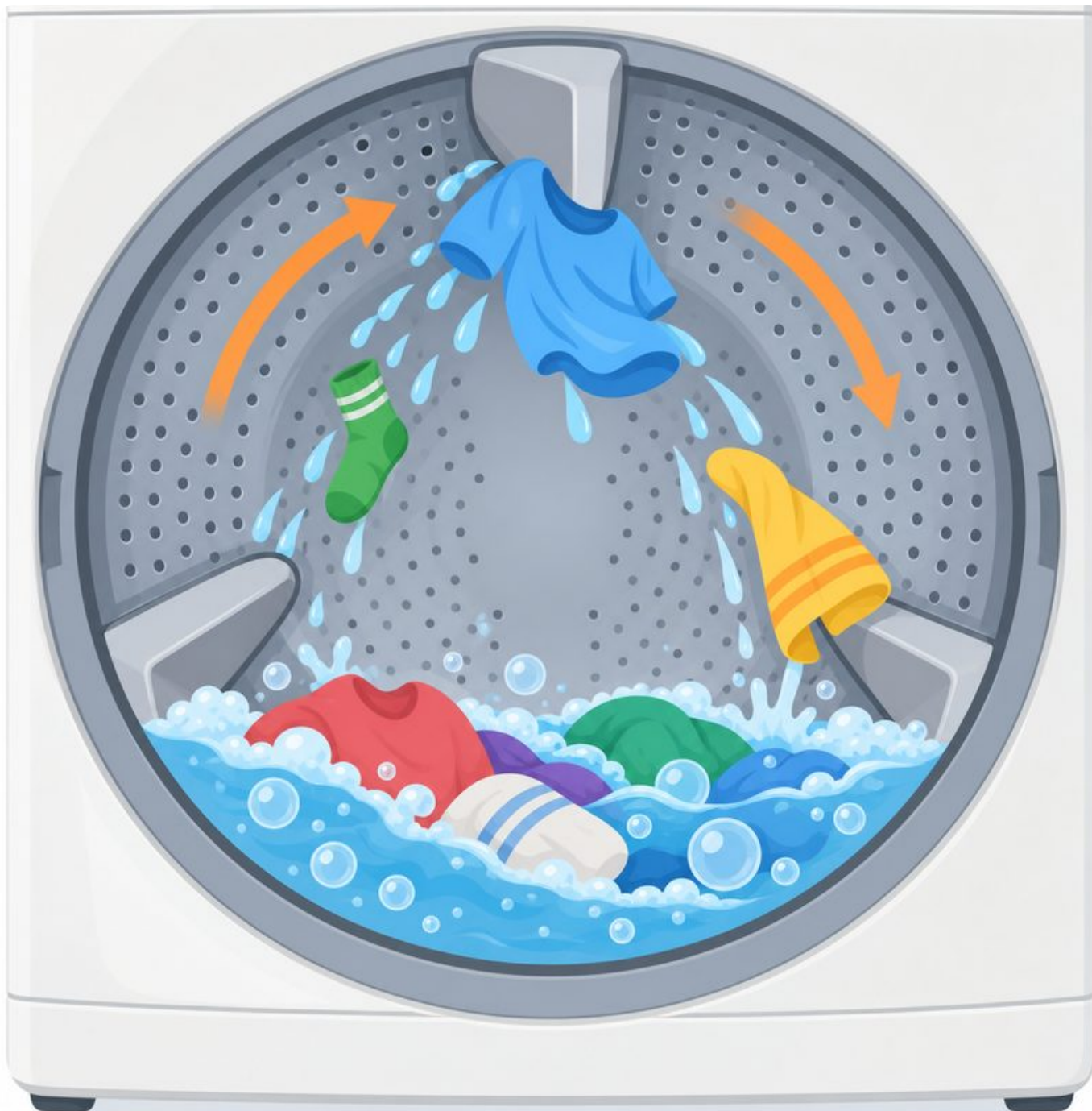
高速甩干

滚筒狂转，水从小孔飞出，衣服半干出炉

洗衣液是怎么干活的？ 它的分子长得像火柴：「火柴头」亲水，「火柴杆」亲油。无数分子用杆子插进油污、把头扎进水里，翻滚一冲，油污就被整团「拔」出来带走了。所以只用清水洗不掉油渍——水和油根本不愿意牵手。

4 原理深潜：两种你看不见的力气

力气一：摔打。 滚筒内壁有三条凸起的**提升筋**，滚筒转动时它们把衣服「抄」到高处，衣服再啪嗒摔回水里——这就是河边棒槌的机械版：



▲ 提升筋把衣服举高 → 摔下 → 再举高

力气二：离心力。甩干时滚筒转得飞快，桶里的东西都想往外飞。衣服被桶壁拦住飞不出去，**水却能穿过小孔飞走**——于是水被「筛」了出去：



▲ 高速旋转中，水从小孔飞出，衣服贴在桶壁上

在家就能试：甩雨伞

下雨天撑伞进门，把伞面转几圈——水珠**沿着切线飞出去**，伞面马上就半干了。这就是离心力：转得越快，水珠飞得越干脆。洗衣机甩干时 1000 转的滚筒，就是你手里那把伞的超级加强版。

5 甩干时为什么不会「满屋乱窜」？

1000 转的滚筒里塞着几公斤湿衣服，重心只要偏一点，整机就会像醉汉一样蹦跶。洗衣机有三道防线：

 **配重块**：几十斤重的水泥块压住机身，惯性大了，就不容易被带着晃。

// **减震弹簧+阻尼器**：滚筒像汽车一样装了「悬挂」，震动被弹簧吃掉大半。

 **不平衡检测**：衣服缠成一团偏到一边时，传感器会发现抖动异常，自动停下来重新松散衣服再慢慢加速——所以甩干前滚筒总会「犹豫」地转几圈，那是它在找平衡。

6 冷知识加油站

 甩干时桶口线速度超过**每小时 100 公里**——和高速上的汽车一样快。所以甩干时舱门会死死锁住，程序不结束绝对打不开，这是铁律。

 洗衣液**不是放越多越好**：过量泡沫会裹住衣服让它们「摔不痛」，还会残留在纤维里刺激皮肤。按瓶盖刻度放就够了。

 第一台电动洗衣机诞生于 1908 年。在这之前，「洗衣服」意味着全家一整天的体力活——洗衣机被很多历史学家评为**解放家务劳动的第一发明**。

7 考考你

1. 甩干时，水是怎么离开衣服的？

☐ A. 被热风烘干的

☐ B. 被机器吸走的

☐ C. 高速旋转的离心力把水从小孔甩出去

 先自己选，答案见书末「答案与解析」

2. 洗衣机顶部为什么要压一块重水泥块？

- ☐ A. 防止小孩搬动
- ☐ B. 增加重量让洗衣更用力
- ☐ C. 压住机身，吸收甩干时的剧烈震动

💡 先自己选，答案见书末「答案与解析」

3. 滚筒内壁那三条凸起的「提升筋」是干嘛的？

- ☐ A. 加固滚筒不变形
- ☐ B. 把衣服举到高处再摔下，模拟棒槌捶打
- ☐ C. 让水位更均匀

💡 先自己选，答案见书末「答案与解析」

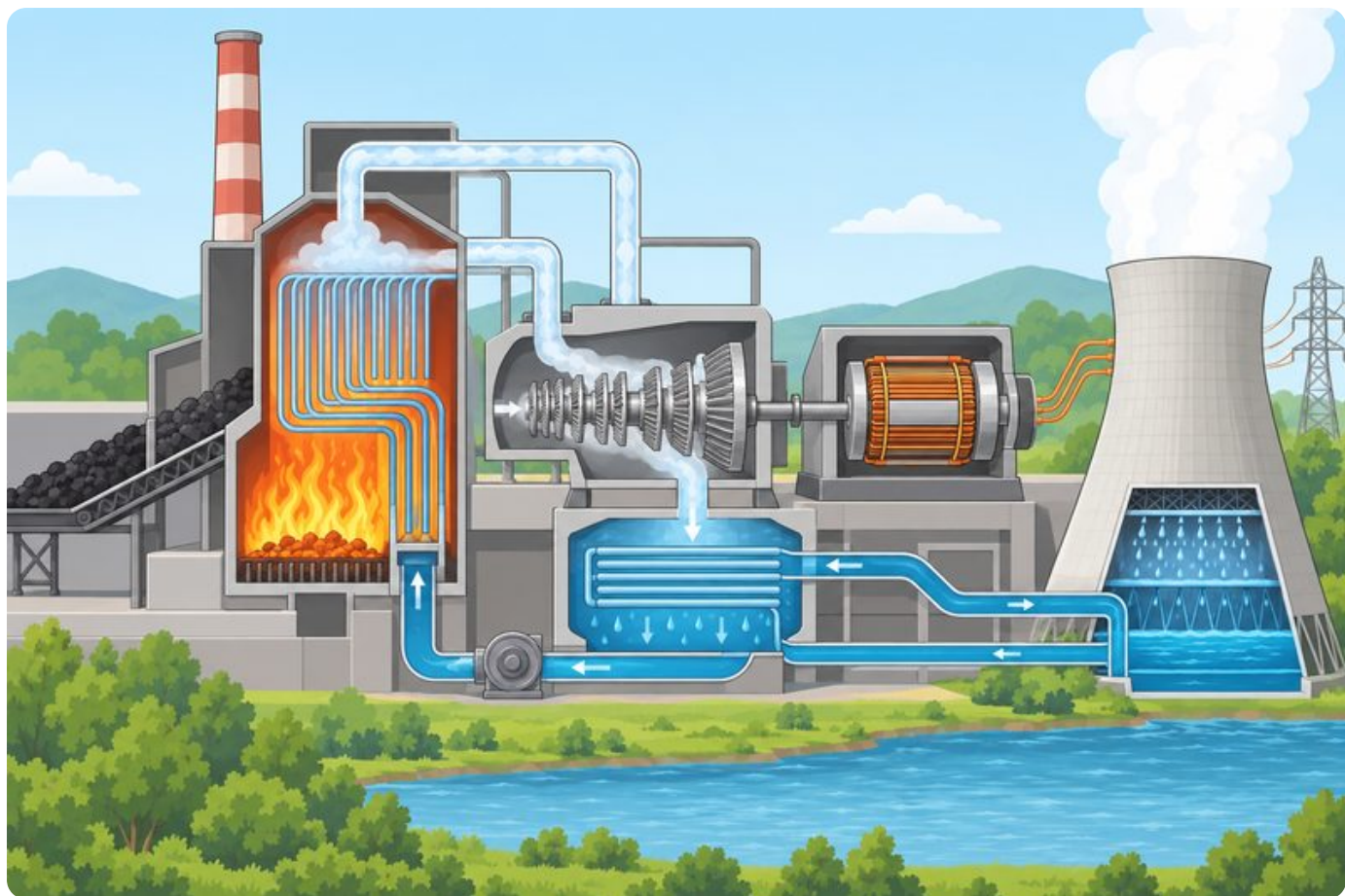
电是怎么到你家的？

按下开关灯就亮——但电没有库存！你按下开关的这一秒，几百公里外的发电机必须同时多使一把劲。这趟旅程，电只用了一瞬间，却走过了万水千山。



1 第一站：发电厂里的「烧开水」

最常见的热电厂，干的其实是件很原始的事——**烧开水**。只不过烧开水的目的不是泡面，而是吹动一个巨型风扇。**对照下方图例：**

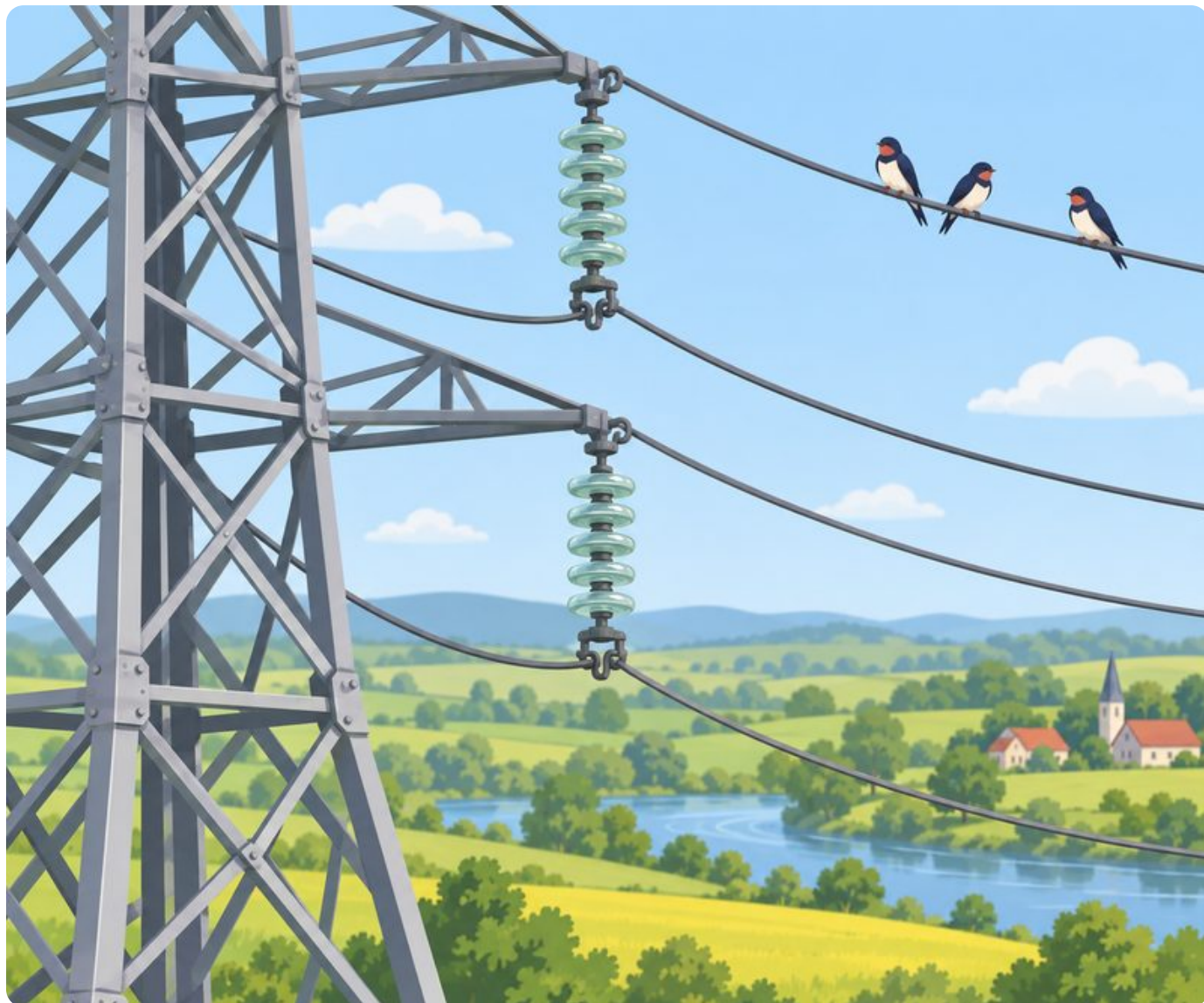


- **锅炉** 煤（或天然气）在这里燃烧，把水管里的水烧成高温高压蒸汽——整个厂的「力气」源头。
- **蒸汽管道** 几百℃的蒸汽在管道里狂奔，冲向汽轮机。
- **汽轮机** 一排排精密叶片组成的大风车，蒸汽一吹就飞转，每分钟 3000 转。
- **发电机** 汽轮机带着它转。里面是巨磁铁和铜线圈——磁铁在线圈里转，电就被「甩」出来了（电磁感应）。
- **冷却塔** 那个冒白烟的大烟囱样的建筑，冒的其实是**水蒸气**，负责把用过的蒸汽冷却成水循环再用。

▲ 热电厂剖视 · 讲解见下方图例

火电、水电、风电、核电——终点都一样：不管用什么燃料，最后一步几乎都是「**让磁铁在线圈里转起来**」。烧煤是用蒸汽吹，水电站是用水流推，核电站是用核反应烧开水——万变不离其宗，都是**转动** → **电**。

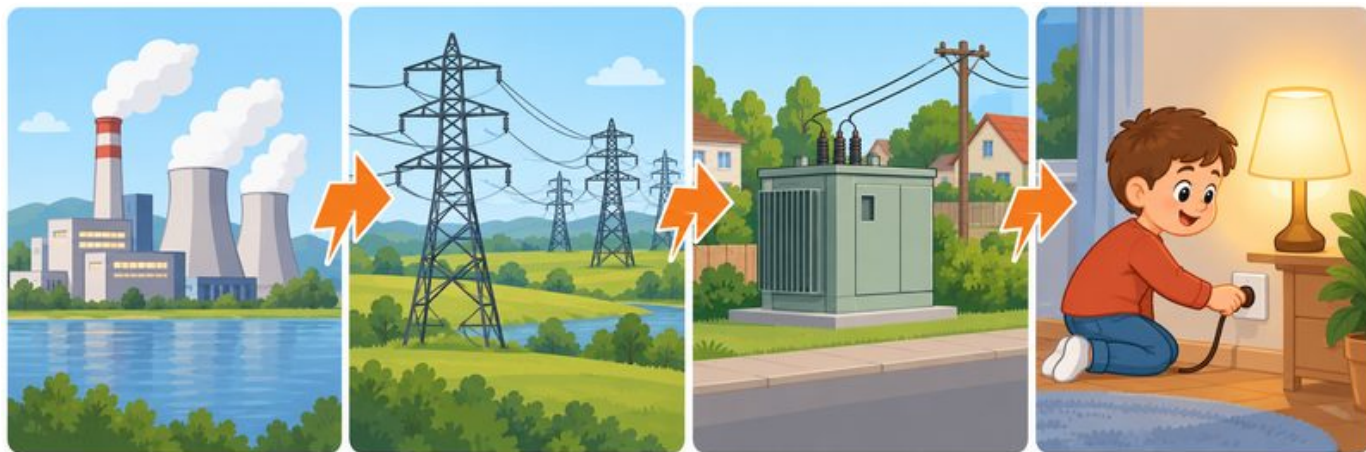
2 第二站：高压线，电的高速公路



- **输电导线** 看着像一根，其实每相往往是好几根并在一起，载着几十万伏的高压电飞驰。
- **绝缘子串** 那一串「碟子」是陶瓷做的绝缘子，把电线和铁塔隔开。电压越高，串越长。
- **铁塔** 把电线架得高高的，远离地面和人群。高压电不需要碰到你，靠得太近就可能隔空放电。

▲ 高压输电塔 · 小鸟站在同一根线上没事，因为它们双脚间几乎没有电压差

3 动力之旅：电的四级跳



▲ 从发电机到台灯的四级跳



4 原理深潜：为什么非要用「危险的高压」？

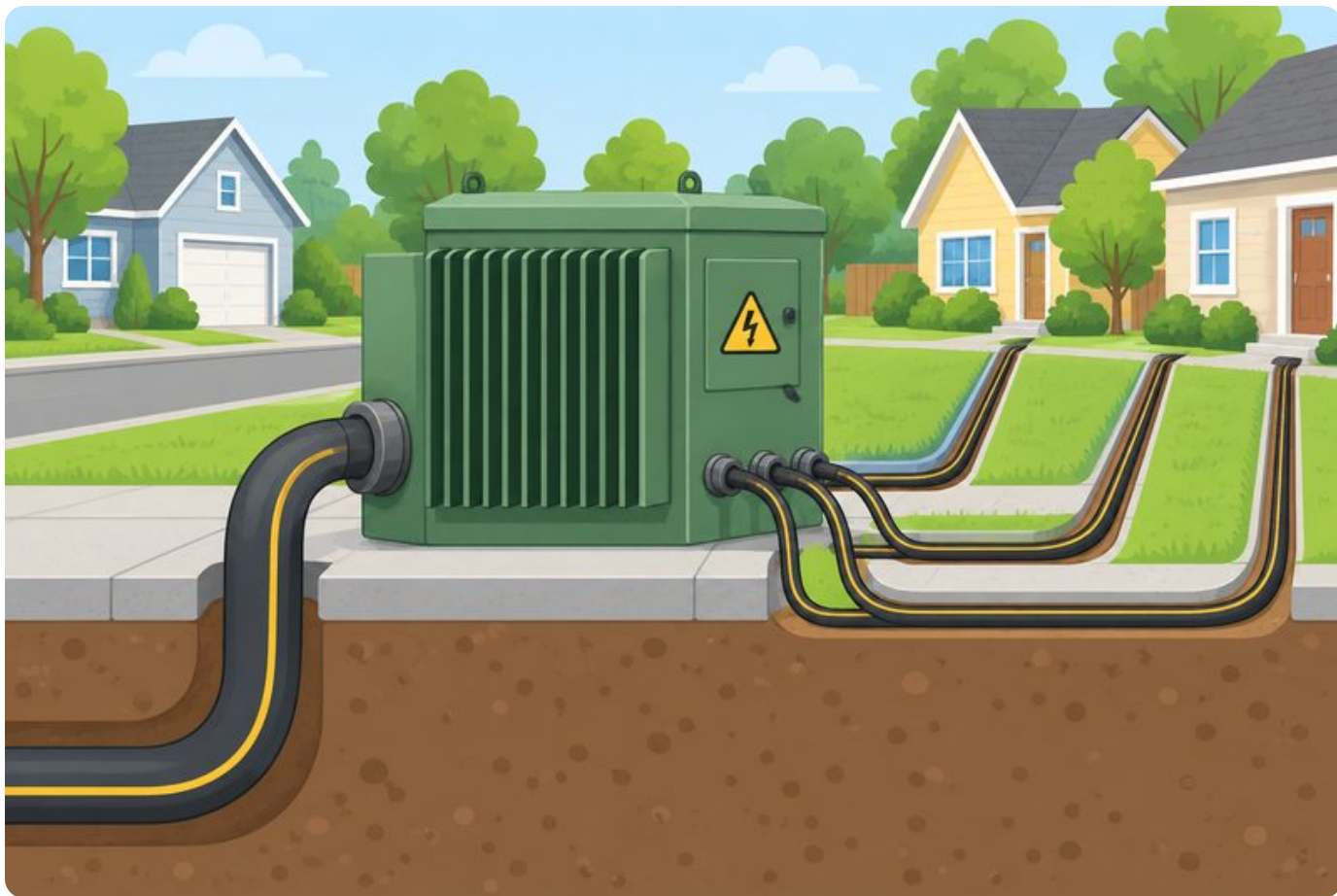
家里 220 伏就够用了，为什么偏要用几十万伏送电？因为**电线会发热偷电**。电流流过电线时总有一部分变成热量浪费掉，电流越大，浪费越惊人。

诀窍在于：**同样的功率，电压越高，电流就越小**。把电压提高 1000 倍，电流就缩小 1000 倍，沿途发热浪费就降到几乎零。到了城市边缘，再一层层降回安全的 220 伏。

在家就能试：吹两根吸管

找一根普通细吸管和一根奶茶粗吸管，分别用力吹气——细吸管明显更费劲。电阻就像吸管的粗细：**电流大 = 气流猛**，细管里猛吹最费力（发热浪费）。高压输电相当于「把同样的气，用更从容的方式送过去」。电压是压力，电流是流量， $\text{功率} = \text{压力} \times \text{流量}$ 。

5 最后一公里：从铁塔到插座



- **变压器** 小区里那个嗡嗡轻响的绿箱子。里面是两组匝数不同的线圈，靠电磁感应「隔空传电」，高压进、220伏出，全程没有导线直接相连！

▲ 小区变压器：高压电在这里「下车换乘」



- **电表+配电箱** 电表记录你用了多少度电；配电箱里的空气开关是「安全卫士」，电流异常就跳闸断电。
- **墙里的电线** 插座背后，电线藏在墙里通向每个房间。零线火线一对搭档，电流从火线来、从零线回，形成完整回路电器才工作。

▲ 电到家之后：电表 → 配电箱 → 墙内线路 → 插座

6 冷知识加油站



电几乎**无法大量储存**——发电厂必须实时生产你正在用的每一度电。晚上全城关灯，电厂就跟着「减档」；夏天空调大军一开，电厂立刻加足马力。



电线里的电子其实跑得比蜗牛还慢（每秒不到 1 毫米），但**电场以光速推进**——就像一排自行车，第一辆一蹬，整排同时动。所以开关一按，灯「立刻」亮。



一度电能让冰箱运行一整天、让手机充电几十次、让电动车跑 6 公里——而它只要**几毛钱**。电是现代生活里最物美价廉的东西之一。

7 考考你

1. 长途输电为什么要升到几十万伏的高压？

- ☐ A. 高压电跑得快
- ☐ B. 电压越高电流越小，沿途发热浪费就少
- ☐ C. 高压电比较「新鲜」

💡 先自己选，答案见书末「答案与解析」

2. 小鸟站在高压线上为什么不会触电？

- ☐ A. 鸟爪是绝缘的
- ☐ B. 它两只脚踩在同一根线上，没有电压差，电流不经过它
- ☐ C. 高压线外面包着橡胶

💡 先自己选，答案见书末「答案与解析」

3. 你晚上按下开关的那一瞬间，电是哪里来的？

- ☐ A. 电厂白天存好在大电池里的
- ☐ B. 电线里早就存着的
- ☐ C. 几百公里外的发电机此刻正在发，电网实时平衡供需

💡 先自己选，答案见书末「答案与解析」

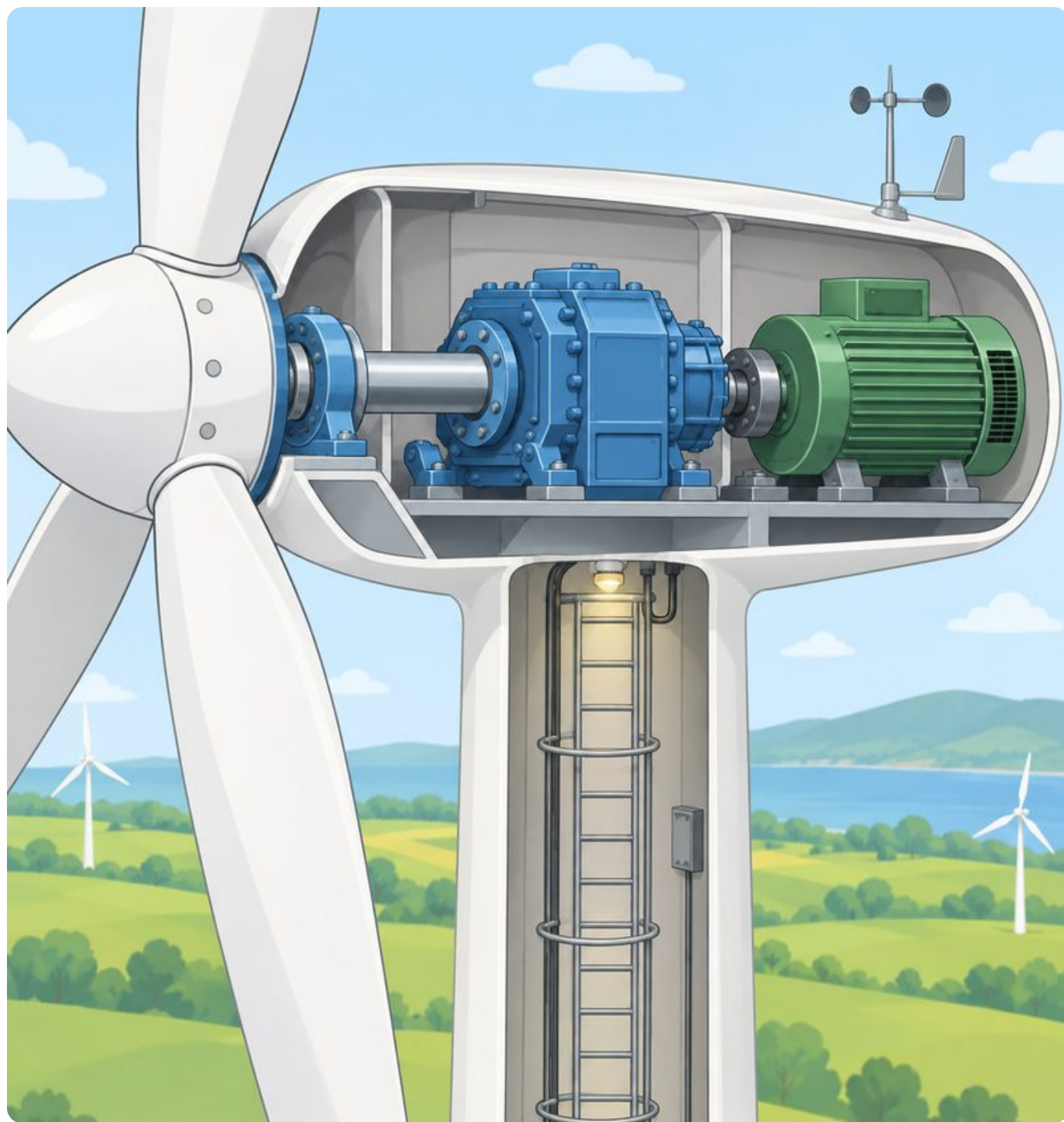
大风车怎么把风变成电？

山上的白色大风车转得懒洋洋，十几秒才转一圈——可它肚子里正进行着一场疯狂的「加速运动」，一圈发的电够你家空调吹一整天。



1 先认识它：风机的身体地图

一台风力发电机有 20 多层楼高，但真正的「工厂」全在顶端那个小房子里（叫**机舱**）。对照下方图例：

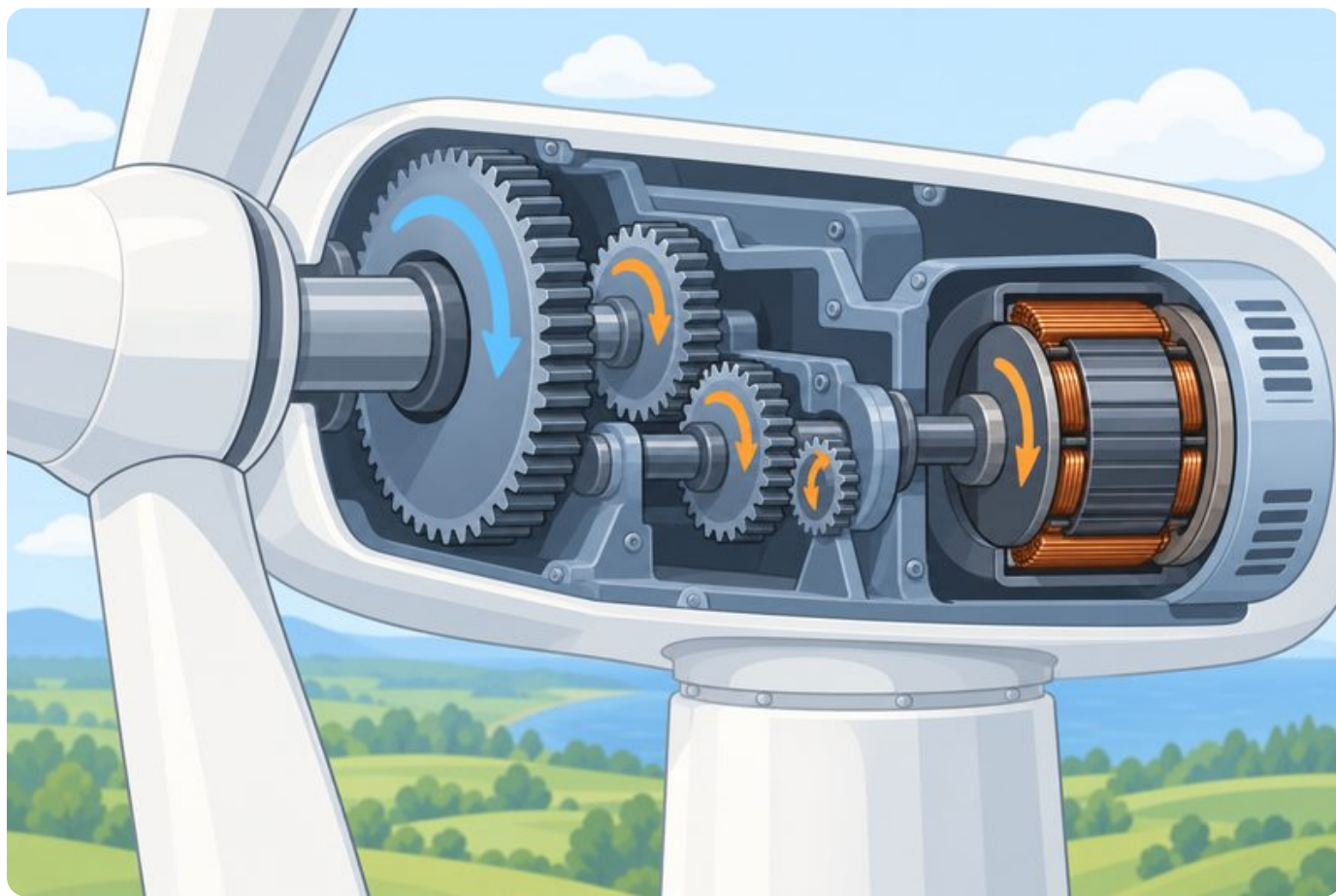


- **叶片** 一片就有 50 多米长，比一架波音客机的翅膀还长。它不是被风「吹」着转的，而是被风「托」着转的（第 4 节详解）。
- **机舱** 叶片身后那个小房子，里面装着全部核心设备，重达几十吨。
- **齿轮箱** 把叶片的「慢转」变成「快转」的加速器（第 2 节详解）。
- **发电机** 和电厂里那台原理相同：磁铁在线圈里飞转，电就产生了。
- **塔筒** 中空的钢塔，里面有梯子直通顶部。建得越高风越大越稳——所以风机一个比一个高。

▲ 风力发电机剖视·讲解见下方图例

2 拆开来：齿轮箱的「疯狂加速」

叶片每分钟只转 15 圈左右，但发电机要每分钟 1500 圈才能高效发电。中间这 **100 倍的提速**，全靠齿轮箱：



- **大齿轮** 连着叶片主轴，转得慢但力气巨大——想想看，那可是三根 50 米长的「翅膀」在推它。
- **小齿轮** 大齿轮咬小齿轮，小齿轮被带着飞转。层层接力，转速放大 100 倍，最后驱动发电机。

▲ 大齿轮推小齿轮：慢速大力气 → 高速旋转

和汽车变速箱正好相反！汽车变速箱是把发动机的快转变慢、力气变大；风机的齿轮箱是把叶片的慢转变快、力气变小。同一个原理（齿轮比），两种用法——机械世界的招式都是相通的。

3 动力之旅：一阵风的变形记



▲ 从一阵风到一盏灯的四站旅程



风

太阳晒热地面，空气流动成风——风电其实是「二手太阳能」



叶片

风的动能推动叶片旋转



齿轮箱+发电机

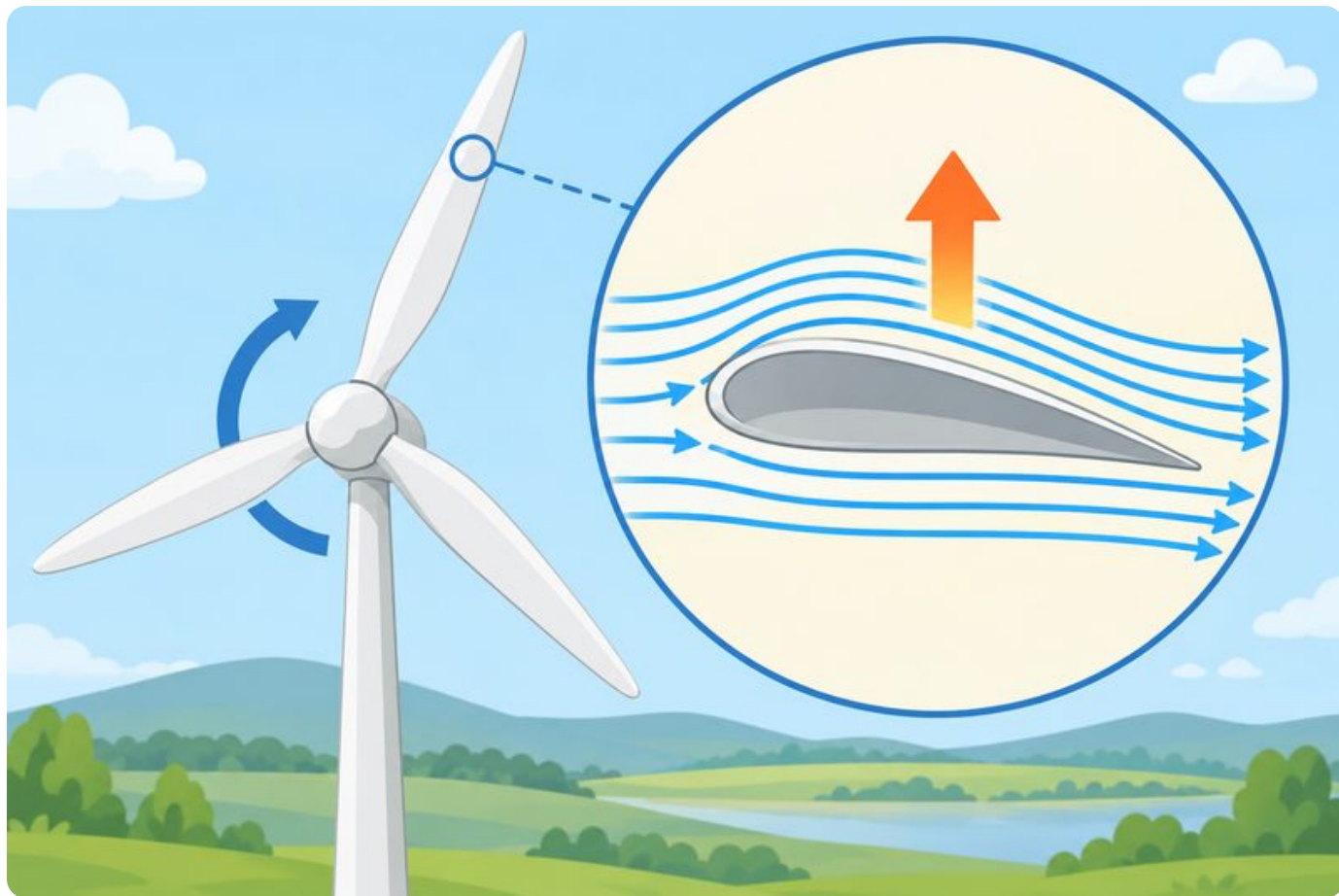
提速 100 倍，磁铁线圈发电



电网

电顺塔内电缆下地，汇入大电网点亮万家

4 原理深潜：叶片不是被吹动，是被「托」动



▲ 叶片横截面和飞机机翼一模一样——升力让它旋转

把叶片横切开，你会看到熟悉的形状：**上弯下平的机翼**！（翻回第 1 期飞机复习一下。）风流过叶片时产生升力，这个力不往上「抬」，而是斜着「拽」叶片绕轴旋转。所以风机叶片是**横着用的飞机翅膀**，工程师管它叫「风轮」。

为什么恰好是三片叶子？ 两片会抖，四片太重太吵，三片是稳定、效率、成本算了几十年得出的最优解。

在家就能试：纸风车的两种转法

做一个纸风车，先**正对着吹**——它转得有气无力；再把风车**侧一个角度**吹，它立刻飞快转起来。这就是「升力推动」和「硬吹推动」的区别：真风机的叶片全部带着精心计算的扭角，每一处都迎着最佳角度。

5 大风车也要「听指挥」



- **海上风机** 海上的风又大又稳，还不用担心噪音扰民和占农田，所以风电正在大规模「下海」。
- **海底电缆** 发的电通过埋在海底的粗电缆上岸，接入电网。一条海缆能送走几十台风机的电。

▲ 海上风电场·风机的下一站

 **会转头的大脑：**机舱顶部有风向标，风从哪个方向来，整个机舱就自动转向迎风（这叫「偏航系统」）。风太大时叶片还会像飞机襟翼一样**变换角度**「卸力」，台风天干脆刹车锁定——巨大的机器，其实每时每刻都在小心翼翼地自我调节。

6 冷知识加油站

 叶片看着转得慢，其实**叶尖的速度超过 250 km/h**——和高铁一样快！圆盘上越靠外，转一圈走的路越长。



一台大风机满负荷转一圈，发的电够普通家庭用**一整天**；一年下来，一台风机能满足上千户人家的用电。



风机塔筒顶部有**电梯**。检修工人要定期爬上去给齿轮箱换油、给叶片做「体检」，他们的办公室在 100 米高空。

7 考考你

1. 风机叶片转动的真正动力是？

- ☐ A. 风把叶片硬吹着转
- ☐ B. 风吹过翼型叶片产生升力，把叶片「拽」着转
- ☐ C. 叶片里藏着电动机

💡 先自己选，答案见书末「答案与解析」

2. 风机里的齿轮箱是干什么的？

- ☐ A. 把转速降下来，和汽车一样
- ☐ B. 把叶片每分钟 15 转加速到发电机上 1500 转
- ☐ C. 储存电能

💡 先自己选，答案见书末「答案与解析」

3. 风电为什么被称为「二手太阳能」？

- ☐ A. 风机是二手的
- ☐ B. 风本来就是太阳加热空气造成的，风电的能量源头还是太阳
- ☐ C. 风电效率只有太阳能的一半

💡 先自己选，答案见书末「答案与解析」

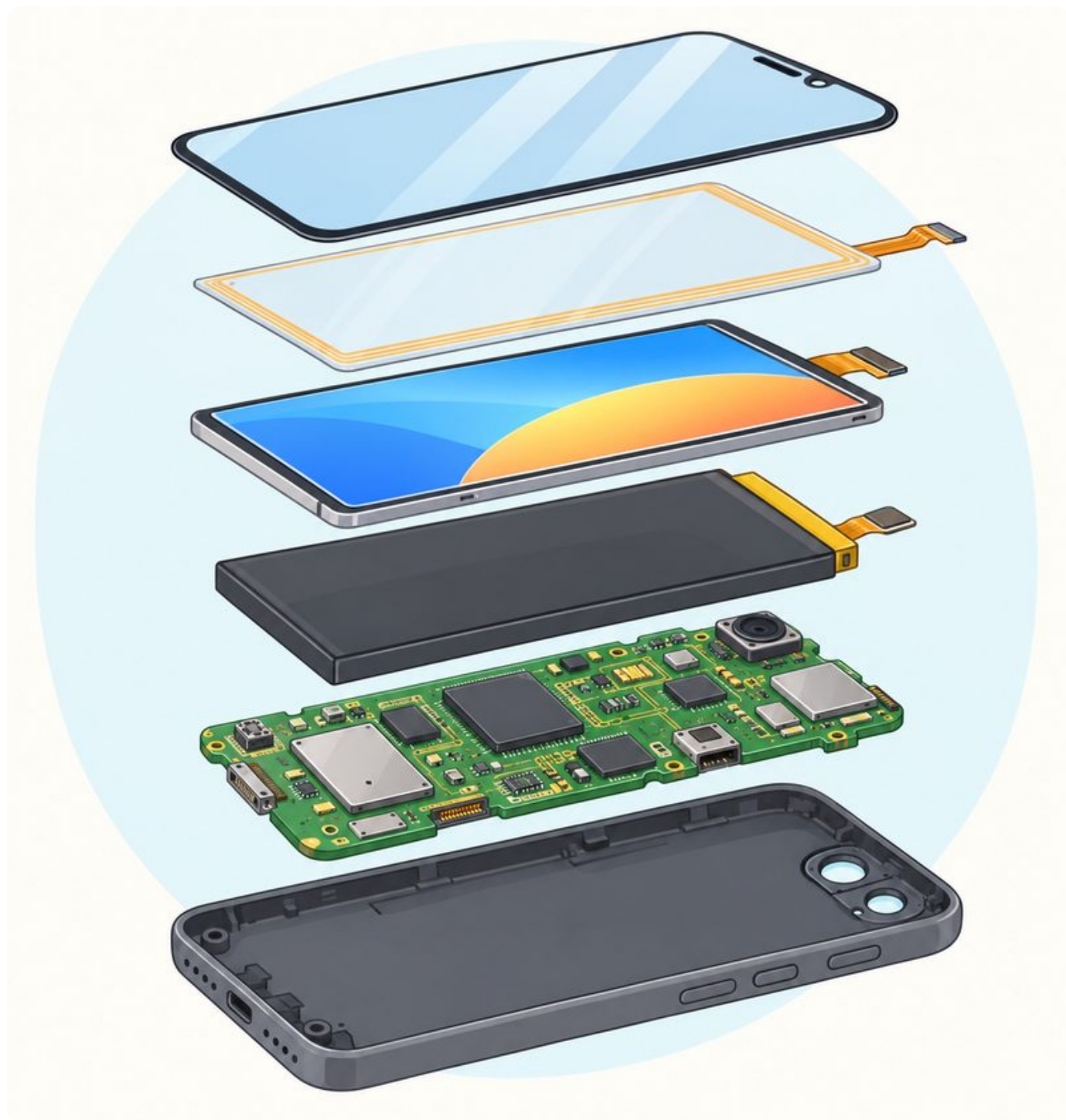
手机里到底藏着什么？

它只有巴掌大，却比 50 年前装满整个房间的计算机还强一百万倍。我们把它一层层剥开看。



1 先认识它：把手机「干层饼」剥开

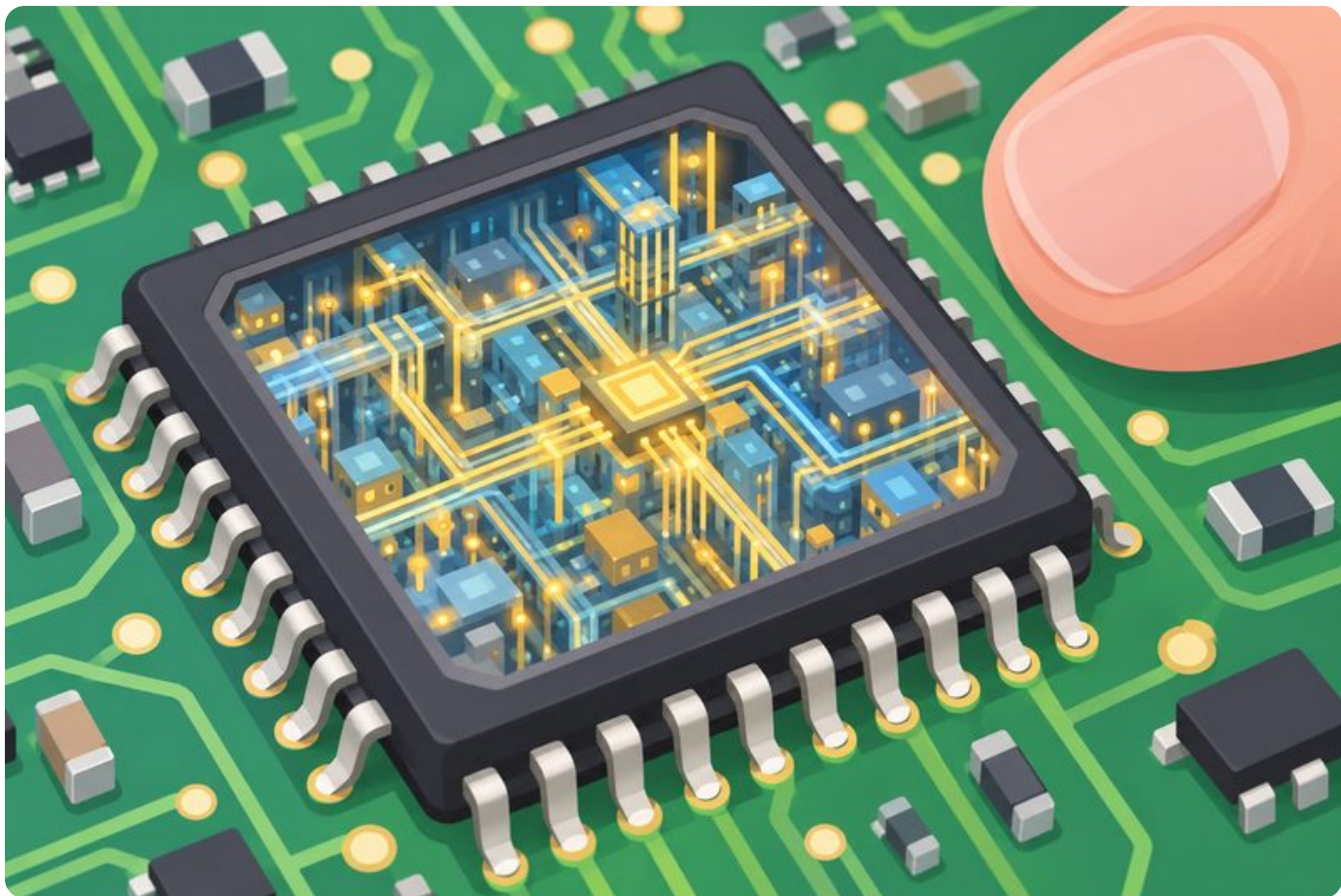
手机其实是六层精密叠放的「干层饼」。对照下方图例，从上往下数：



- **玻璃盖板** 最外层的「盔甲」，又硬又滑，保护里面的精密零件。
- **触摸层** 一层透明的「电网」，专门感知你的手指（第 4 节详解）。
- **显示屏** 几百万个微型彩色灯泡排成方阵，每个都能独立变色——画面就是这样拼出来的。
- **电池** 占手机一半体积的大「充电宝」，锂离子在里面来回搬家，存电放电。
- **主板** 绿色电路板，上面那颗指甲盖大的芯片是全机的「大脑」（第 2 节详解）。

▲ 手机爆炸图·讲解见下方图例

2 拆开来：芯片里的「开关城市」



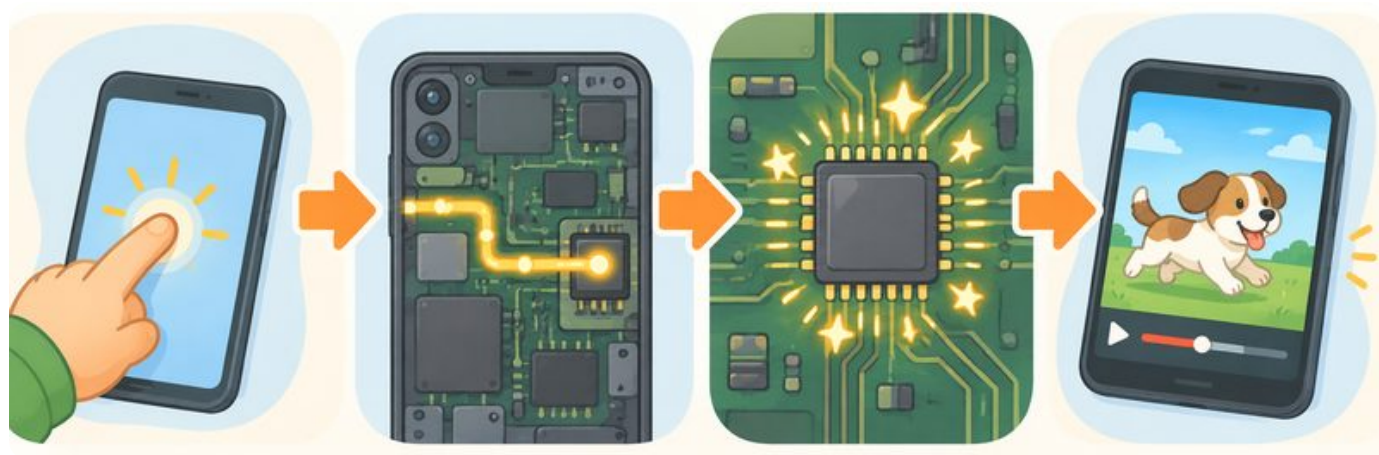
- **处理器芯片** 指甲盖大的一块硅片，里面用纳米级工艺刻着超过 100 亿个微型开关（晶体管）——比地球上所有人手拉手还多。

▲ 芯片内部像一座微缩城市，电流就是川流不息的车流

芯片做的事听起来很简单：**每秒开关几千亿次**。开 = 1，关 = 0。照片、视频、游戏、语音——在芯片眼里全都先被翻译成超长的 0 和 1 串，计算就是对这些 0 和 1 做加减比较。你刷的每一条视频，背后都是几百亿个开关按精密乐谱齐舞。

纳米有多小？ 芯片里的电路线宽只有几纳米——把一根头发丝剖开 **一万次**，才得到这么细的「电线」。这手艺叫光刻，用光当刻刀，在硅片上雕刻出整座开关城市。

3 信息之旅：一次点按的奇幻漂流

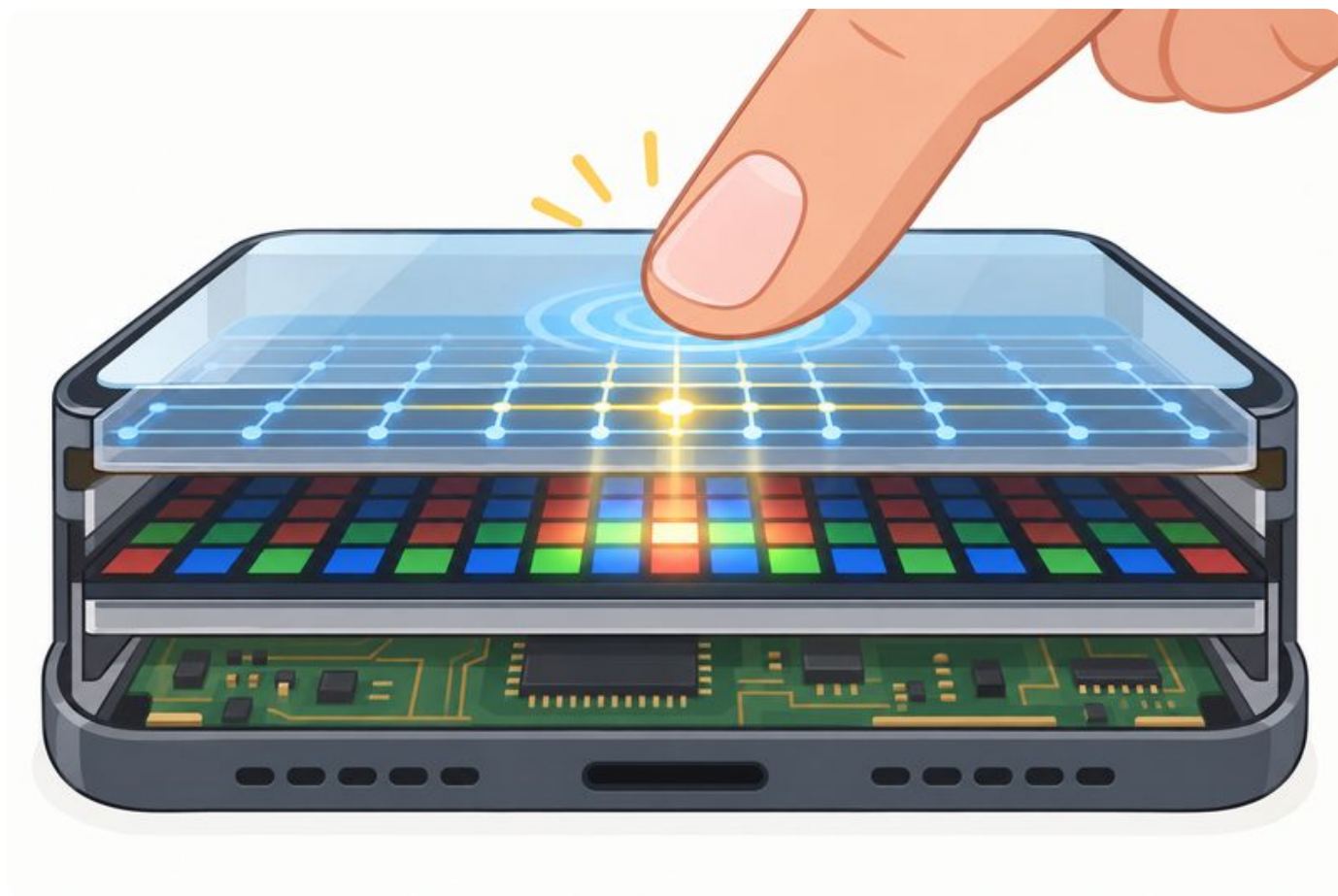


▲ 从指尖到画面的四站旅程



这一切发生在你点下去后的 **百分之一秒内**。如果中间任何一环慢半拍，你就会觉得手机「卡」——所谓流畅，就是这场接力每秒钟要漂亮地完成 60 次以上。

4 原理深潜：屏幕怎么知道你的手指在哪？



▲ 手指靠近时，会「偷走」一点点电流，传感器立刻察觉

触摸层里铺着一张看不见的**电网**，每个交叉点都存着一丁点电荷。你的手指是导体，一靠近就会把交叉点的电荷「吸」走一点点——哪个点的电荷少了，手机就知道手指在哪。这叫**电容式触摸屏**。

在家就能试：手套与火腿肠

戴着冬天的毛线手套点手机——没反应，因为毛线不导电，「偷」不走电荷。换一根**火腿肠**试试——能滑屏！因为它含水含盐、能导电。现在你明白为什么冬天触屏手套的指尖要织入导电银线了吧。

5 拆机全景：手机里的「城市规划」



- **电池** 面积最大的一块。锂离子充电时搬进「负极公寓」，放电时搬回「正极公寓」，搬家形成的电流驱动全机。
- **摄像头模组** 小拇指大的镜头组。拍照时几百万个「光感受器」把光点翻译成数字，再由芯片拼成照片。
- **扬声器** 一片微型振膜，电流按音乐节奏推拉它振动空气——振动传到你耳朵，就成了声音。
- **天线** 藏在边框上的金属条，负责把看不见的无线电波收进手机（下一期专门讲信号怎么飞）。

▲ 手机内部俯视图·讲解见下方图例

6 冷知识加油站



你口袋里的手机，计算能力超过 1969 年**阿波罗登月飞船全部电脑的一亿倍**。当年用它把人送上月球，现在你拿它刷短视频。



手机最怕的不是摔，是**热**。充电时别裹着被子玩游戏——高温会加速电池老化，还会让芯片自动「降速自保」，手机越用越卡。



手机屏幕每一英寸挤着 400 多个像素点，比印刷精美的绘本还细腻——所以凑再近，你也看不出画面是「小点」拼的。

7 考考你

1. 触摸屏怎么知道你的手指点在哪里？

- ☐ A. 屏幕能感受到压力大小
- ☐ B. 手指是导体，会吸走触摸层电网上的微量电荷
- ☐ C. 屏幕里有微型摄像头看着手指

💡 先自己选，答案见书末「答案与解析」

2. 芯片「计算」的本质是什么？

- ☐ A. 里面有个微型人在思考
- ☐ B. 把数据印在硅片上慢慢读取
- ☐ C. 几十亿个微型开关按规则开和关，用 0 和 1 做运算

💡 先自己选，答案见书末「答案与解析」

3. 为什么充电时捂着被子玩手机，手机会越玩越卡？

- ☐ A. 被子挡住了 Wi-Fi 信号
- ☐ B. 高温让芯片自动降速保护自己，同时加速电池老化
- ☐ C. 充电本来就会占用处理器

💡 先自己选，答案见书末「答案与解析」

消息怎么飞到朋友手机上？

你发出一句「在吗」，它先变成一串 0 和 1，骑上无线电波飞出手机，经过铁塔、钻进地下光缆，不到 0.1 秒就出现在另一个城市的屏幕上。



1 先认识它：无处不在的「信号灯塔」

你手机里那个信号格图标，测量的是它和**基站**之间的「喊话音量」。对照下方图例：



- **基站（信号塔）** 城市里每隔几百米就有一座，藏在楼顶、路边甚至伪装成大树。它是手机的「传话员」。
- **无线电波** 看不见摸不着，却时刻穿过你的身体。手机靠它和基站隔空喊话。
- **每个人的手机** 同一座塔下的几百部手机同时聊天，靠不同的「频道」互不干扰。

▲ 基站覆盖着整个城镇·讲解见下方图例

2 拆开来：家里的迷你基站——路由器



- **路由器** 家里的「迷你基站」，一头连着入户光纤，一头把网络变成无线电波撒满全屋。
- **穿墙的波** 无线电波能穿过墙壁，但每穿一堵墙就弱一截——所以隔两堵墙的卧室信号总比客厅差。
- **所有设备** 手机、平板、电视各用各的「小灶频道」，路由器挨个应答，一秒钟来回几千次。

▲ Wi-Fi 覆盖全屋·讲解见下方图例

Wi-Fi 和流量有什么区别？ 原理一模一样，都是无线电波，只是「喊话距离」不同：**Wi-Fi 喊 50 米**（家里的路由器），**4G/5G 喊几百米**（街上的基站）。出了家门路由器喊不到你，手机就自动切换去找基站。

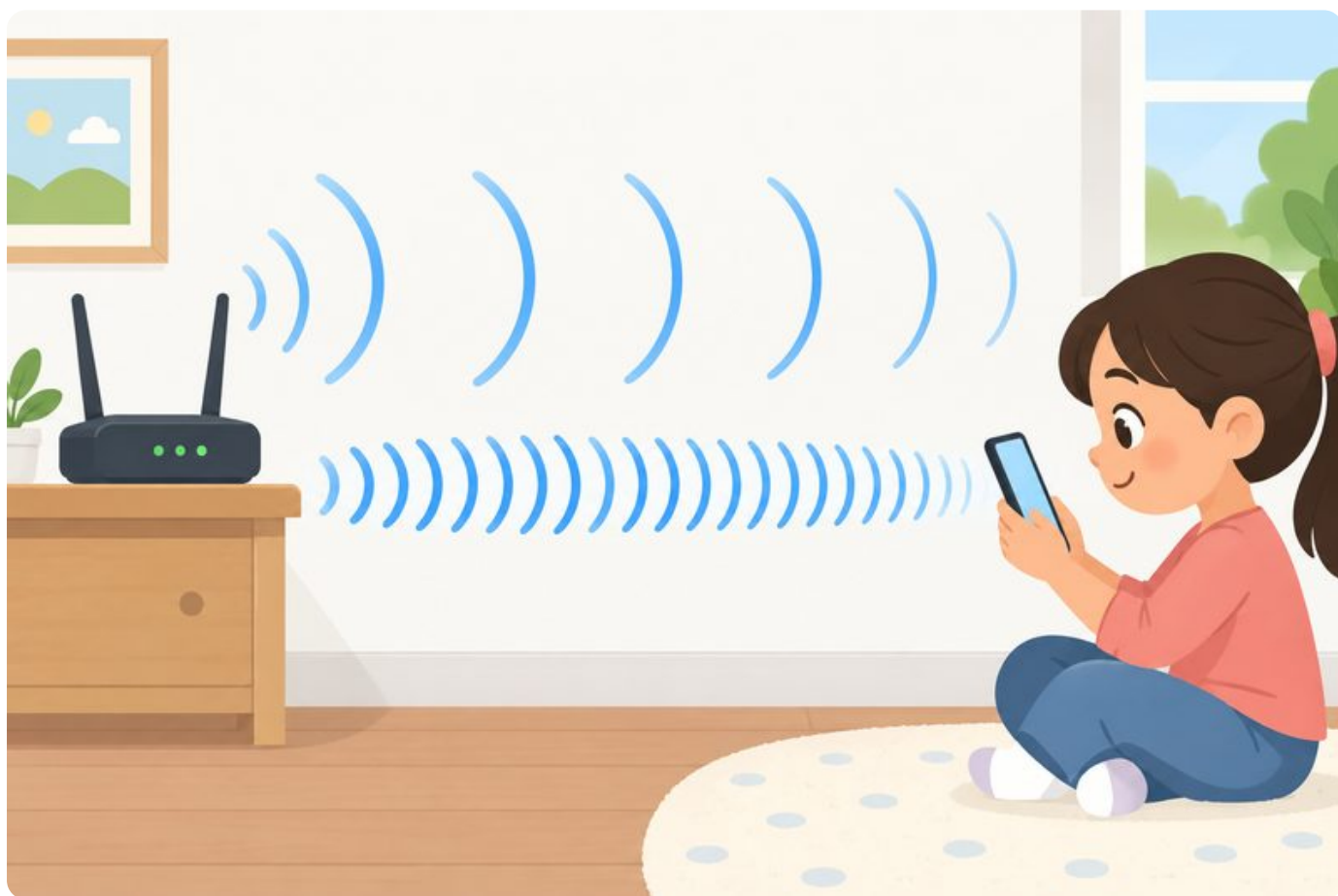
3 信息之旅：一条消息的 0.1 秒



▲ 从你按下发送到朋友手机震动



4 原理深潜：无线电波到底是什么？



▲ 疏的波跑得「慢条斯理」，密的波「脚步急促」——它们都是光速

往池塘丢一块石头，水面荡起一圈圈波纹。天线里的电流高速抖动，也会在「空间的池塘」里荡起波纹——这就是**电磁波**。光、Wi-Fi、5G、微波炉里的微波，其实是同家人，只是波纹的「疏密」（频率）不同：

 **可见光** = 极密的电磁波（你的眼睛能直接看见）

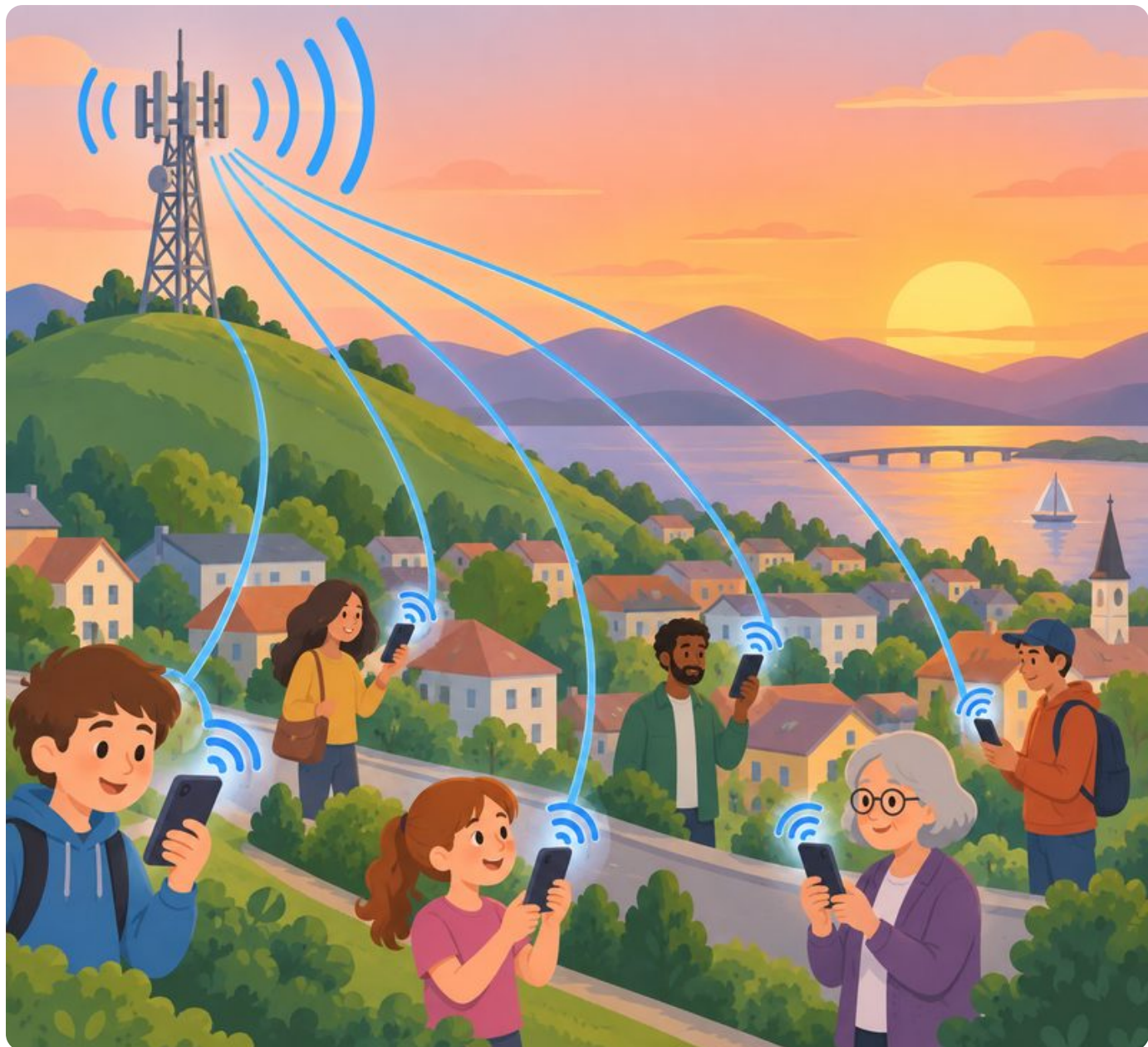
 **Wi-Fi / 5G** = 中等密度的电磁波（手机天线能「看见」）

 **广播** = 稀疏的电磁波（绕得过山头，传得最远）

在家就能试：收音机找「死角」

找一台收音机（或手机 FM），调到滋滋响的频道，然后把它放进微波炉里关门（**千万别开机！**）——声音立刻变小甚至消失。微波炉的金属网就是电磁波进不来的「笼子」，这门手艺叫电磁屏蔽。电梯里信号差，也是同一个道理。

5 跨越千里：消息的长征路



- **出发** 你的手机只负责把消息「喊」给最近的基站，剩下的路它不管。
- **地下光缆** 城市之间由比头发还细的玻璃丝相连，光脉冲在里面以光速飞驰——99% 的路程是在地下完成的。
- **到达** 对方城市的基站把消息用无线电波「空投」给你朋友。整个旅程不到 0.1 秒。

▲ 无线电只管「首尾一公里」，中间全靠光纤

6 冷知识加油站



「Wi-Fi」这个词**什么缩写都不是**——它只是当年营销团队起的顺口名字，就像给孩子取名叫「小满」，好听但没有典故。



信号满格 $\neq$ 网速快。格子只表示你和基站「喊话清楚」，如果几百人同时挤一座基站看视频，**大家都喊得清楚但都得排队**——演唱会现场发不出消息就是这样。



海底躺着 500 多条跨洋光缆，你刷到的海外视频 99% 是从**海底**来的，而不是卫星。卫星反而是备份选手。

7 考考你

1. 你发出的消息，第一段路靠什么走？

- ☐ A. 无线电波：手机天线把信号「喊」给基站
- ☐ B. 顺着充电线爬出去
- ☐ C. 卫星直接转发

💡 先自己选，答案见书末「答案与解析」

2. 为什么在电梯里手机信号会变差？

- ☐ A. 电梯里有干扰器
- ☐ B. 电梯移动太快，波追不上
- ☐ C. 金属轿厢像笼子一样把电磁波挡在外面（电磁屏蔽）

💡 先自己选，答案见书末「答案与解析」

3. Wi-Fi、5G、可见光之间的关系是？

- ☐ A. 完全不同的三种东西
- ☐ B. 都是电磁波，只是频率（波纹疏密）不同
- ☐ C. 5G 是光，Wi-Fi 是电

💡 先自己选，答案见书末「答案与解析」



答案与解析

先让孩子自己选，再来这里对答案。

第1期·飞机是怎么飞起来的？

1. **第1题：B** —— 发动机只负责让飞机向前跑；机翼上弯下平的形状让上方气流快、压力小，下方气流慢、压力大，压力差把飞机托起来。
2. **第2题：C** —— 空气先被大风扇吸进来，被压气机压缩，在燃烧室点火膨胀，冲过涡轮带动转轴，最后从尾喷口高速喷出。
3. **第3题：C** —— 副翼让两侧机翼升力一大一小，飞机倾斜后升力指向侧面，把飞机「拽」向新方向——这是飞机转弯的标准姿势。

第2期·高铁为什么又快又稳？

1. **第1题：B** —— 高铁是电力驱动的：发电厂 → 高压线 → 接触网 → 受电弓 → 牵引电机，电一路「快递」到车轮。
2. **第2题：A** —— 「动车组」的意思是动力分散在多节车厢，大家一起推；绿皮车只靠一个车头拉，力气有极限。
3. **第3题：C** —— 这就是吹纸条实验里的伯努利原理：车旁空气流速快、压力小，身后的正常气压会把你往列车方向推。

第3期·汽车的动力接力赛

1. **第1题：B** —— 汽油的化学能在发动机里变成旋转，变速箱调好「力气配比」，传动轴送到车轮，轮胎抓住地面。
2. **第2题：C** —— 吸气和压缩都在「蓄力」，只有火花塞点火、混合气爆炸膨胀推下活塞的做功冲程才真正输出动力，排气则负责清理战场。
3. **第3题：B** —— 外侧轮子走的弧线更长，必须转得更快——差速器就是为这件事发明的，它让左右轮可以「各转各的」。

第4期·上万吨的钢铁为什么不沉？

1. **第1题：B** —— 浮力 = 排开水的重量。同样的钢铁，空心形状排开的水多得多——想想那块捏成小碗的橡皮泥。
2. **第2题：C** —— 扭转的桨叶像螺丝钉一样「拧」进水里，把水向后推；牛顿第三定律：推水的力有多大，水推船的力就有多大。
3. **第3题：B** —— 舵本身不产生推力，它只是「引导」螺旋桨的水流改变方向。没有水流过舵面，舵再怎么转也没用。

第 5 期 · 冰箱怎么把热量「搬」出去？

1. **第 1 题：B** —— 冷不能被「制造」，只有热量能被「搬运」。冰箱是热泵：蒸发器吸热 → 压缩机压热 → 冷凝管放热。
2. **第 2 题：C** —— 压缩会让气体变热（打气筒实验），反过来膨胀会让它变冷。冰凉的制冷剂随后进入蒸发器吸收食物的热量。
3. **第 3 题：C** —— 冰箱只是把热量从箱内搬到箱外（也就是房间里），压缩机干活还要额外发热。想给房间降温，得用空调把热排到室外。

第 6 期 · 空调：房间的热量搬运工

1. **第 1 题：B** —— 和冰饮料杯外壁的水珠同理：水蒸气遇冷凝结。空调其实还是个除湿机。
2. **第 2 题：C** —— 冬天室外机从冷空气里「搜刮」热量，室内机变成放热的冷凝器。搬运方向反了，机器还是那台机器。
3. **第 3 题：A** —— 电暖气 1 度电最多变 1 份热；空调 1 度电能搬 3 份热。雇人搬，永远比自己从头造省力。

第 7 期 · 洗衣机怎么把衣服「摔」干净又「甩」干？

1. **第 1 题：C** —— 和你甩雨伞一个道理：转速上千时水被离心力甩出小孔，衣服被桶壁拦住留在里面。
2. **第 2 题：C** —— 配重块 + 弹簧悬挂 + 不平衡检测，三道防线让 1000 转的滚筒不会带着整机「跳舞」。
3. **第 3 题：B** —— 机械版的「河边棒槌」：举高一摔下一再举高，每分钟重复几十次，污渍就这样被摔松冲走。

第 8 期 · 电是怎么到你家的？

1. **第 1 题：B** —— 功率 = 电压 × 电流。同样的功率，电压拉高、电流就能压低，电线的发热损耗（和电流的平方成正比）就大幅下降。
2. **第 2 题：B** —— 触电的本质是电流穿过身体形成回路。小鸟双脚站在同一根线上，两端电压几乎一样，电流只会走电线这条「更轻松的路」。
3. **第 3 题：C** —— 电不能大量储存，电网像一个时刻平衡的天平：你用多少，电厂就发多少，全靠调度中心实时指挥。

第 9 期 · 大风车怎么把风变成电？

1. **第 1 题：B** —— 叶片横截面就是飞机机翼的形状——它是横着用的翅膀，靠升力旋转，而不是被风「推」着走。
2. **第 2 题：B** —— 发电机需要高转速，叶片转得太慢——齿轮箱用「大齿轮带小齿轮」把转速放大约 100 倍，和汽车变速箱正好反着用。
3. **第 3 题：B** —— 太阳不均匀地加热地表，热空气上升、冷空气补充，形成了风。所以风电、水电追根溯源，都是太阳能的「变身」。

第 10 期 · 手机里到底藏着什么？

1. **第 1 题：B** —— 电容式触摸屏靠电荷变化定位——所以绝缘的手套点不动，导电的火腿肠却可以。
2. **第 2 题：C** —— 开=1，关=0。一切照片、游戏、语音都被翻译成 0 和 1，计算就是海量晶体管的开关齐舞。
3. **第 3 题：B** —— 芯片怕热：过热会触发「降频保护」，主动变慢来降温。散热好，手机才能火力全开。

第 11 期 · 消息怎么飞到朋友手机上？

1. **第 1 题：A** —— 无线电只负责手机到基站这一小段「首尾一公里」，长途跋涉靠的是地下和海底的光缆。
2. **第 2 题：C** —— 金属会反射和吸收电磁波——和收音机放进微波炉会变安静是同一个原理。
3. **第 3 题：B** —— 它们是一家人：广播、Wi-Fi、5G、微波、可见光，都是不同频率的电磁波，都以光速传播。



保持好奇，继续拆问

你身边的每一件东西，都值得问一句：它是怎么运转的？

万物是如何运转的 · 手册版 · 欢迎分享给爱提问的朋友