

如何向孩子解释会说话的飞机

这个页面给您的是理解，而不只是台词。每一章先把一个概念讲清楚，再给出 5 到 12 岁的孩子能够把握的图景，说明这个图景为什么是诚实的、在哪里会失效，以及让它变得真实的餐桌小演示。请先自己读一遍；然后由儿童页面来讲故事。

学习 - <https://radar.dataaero.eu/zh-hans/learning/family> 2026-10-22

目录

为什么这个题材对孩子特别管用

第 1 章 繁忙的天空，为什么得有人盯着

第 2 章 飞机怎么知道自己在哪里：雷声、闪电和卫星

第 3 章 消息：飞机说什么，多久说一次

第 4 章 看不见的光：无线电波到底是什么

第 5 章 金属耳朵：天线，以及地球是圆的为什么要紧

第 6 章 地图：许多耳朵拼出一幅图

孩子常问的问题，以及诚实的回答

下一步 最后一章是一台真正的接收机

为什么这个题材对孩子特别管用

五到十二岁的孩子是天生的“看不见的东西”的侦探。他们已经接受手机会和一座看不见的塔“说话”，遥控器会向电视“发送”什么东西，月亮会拉动海水。他们缺的不是相信看不见的事物的意愿，而是一幅说明这些事物如何运作的图景；而且他们分辨真正的解释与“这就是魔法”的本领，准确得令人吃惊。ADS-B 给您一条由五个概念组成的链条，每一个都有孩子能把握的、具体而诚实的图景，每一个都可以在家里用一根绳子、一支手电筒和一部手机演示出来。

这个页面的指导原则是：简化必须是把真话说简单，而不是把假话说得让人安心。“无线电是一种你的眼睛看不见的光”是简化了的，但它是真的，物理学家会点头。“无线电是一种特殊的声音”简单而错误，到十四岁时还得费力纠正过来。下面的每一个类比都标明了它在哪里成立、在哪里失效，这样您就能自信地说“这有点像……”，而当孩子追问时，也能说“但不完全一样，因为……”。

按年龄把握深度

对 5 到 7 岁的孩子，第 1、3、4、6 章足够了，当作故事来讲，演示才是重点。对 8 到 12 岁的孩子，六章都可以讲；他们会想要数字（每秒两次、每秒 300000 km、400 km）和“为什么”，您可以让他们自己操作实时地图。如果您想了解任何一章背后完整的成人版解释，参考课程有详尽的讲述。

第 1 章

繁忙的天空，为什么得有人盯着

概念。平常的一天里，大约有 30000 个航班穿越欧洲。在比利时的一个小镇上空，天上几乎总有至少一架客机，通常是好几架，而且几乎全都高得看不清：在十公里的高空，那里的空气稀薄而寒冷，飞机只显出一点闪光或一道白线。它们以大约 900 km/h 飞行，也就是每秒 250 米，而它们彼此之间看对方，并不比我们看到它们更清楚。所以地面上得有人时时刻刻知道每一架飞机在哪里，好让它们彼此分开。这份工作叫做空中交通管制，而这门课程的全部问题就是：他们是怎么知道的？

给孩子的图景。天空是一条没有画路面、车道之间也没有画线的高速公路，上面的车比地面上任何东西都快，而且互相看不见。得有人来给整个天空当交通协管员。孩子一旦意识到天上有多少飞机，会真心觉得兴奋；这份惊讶就是后面一切的钩子。

在哪里成立，在哪里失效。高速公路的图景很适合表达“快、多、必须分开”。如果孩子由此得出飞机是沿着画好的路线紧挨着飞的结论，那就误导了；实际上它们在垂直方向上至少相隔 300 米，水平方向上相隔好几公里，这正是相撞如此罕见的原因。可以说：“规矩是，它们之间的距离永远不能少于三个叠起来的足球场。”

在家里：五分钟数飞机

在窗前或院子里站五分钟，又看又听。每看到或听到一架飞机就做个记号。然后在手机上打开实时地图，放大到你们的小镇，比一比：几乎总是比你注意到的多出好几架。眼睛捕捉到的与地图显示的之间的差距，就是这一课：天空比看上去繁忙得多，而且有人能看到全部。把这个数记下来；第 6 章还会用到。

第 2 章

飞机怎么知道自己在哪里：雷声、闪电和卫星

概念。ADS-B 的巧妙之处在于，地面不必去找飞机：飞机已经知道自己在哪里，只要说出来就行。它之所以知道，是因为有导航卫星，大约三十颗，在 20000 km 的高空绕着地球转，每一颗都带着一台非常准的时钟，每一颗都在不停地喊：“我是 12 号卫星，现在的时间正好是……”。无线电从那么高的地方下来要花一点时间，大约百分之七秒，所以飞机听到每颗卫星报的时间都稍微晚了一点。晚多少，就告诉它那颗卫星有多远。四颗卫星，四个距离，而世界上只有一个地方到这四颗卫星的距离都刚好对得上：那就是飞机所在的位置，误差只有几米。

给孩子的图景。雷声和闪电。闪电你立刻看见，雷声要过一会儿才听见，间隔越长，雷雨就越远：数秒数，除以三，就是公里数。卫星是闪电，飞机就是数数的你。现在想象四个方向同时有四场雷雨；如果你知道每一场有多远，就能算出自己正站在哪里。数过雷声的孩子，已经掌握了这个概念的一半。

在哪里成立，在哪里失效。对“延迟告诉你距离”，这个类比成立得很漂亮。它只在一个地方失效：雷雨的情形里，慢的东西（声音）在快的东西（光）之后到达，你比较的是两者。卫星的情形里只有一个信号，而飞机之所以知道它是什么时候发出的，是因为卫星把发送时刻写在了消息里面，就像一封信上写着寄出的时间。如果您的孩子问“可是飞机怎么知道卫星是什么时候喊的？”，这就是正确的答案，也是孩子已经理解的标志。

在家里：回声游戏

站在一个长房间或院子的两头。一个人拍手，另一个人一听到就举手。靠近些，再走远些。然后改用手电筒闪一下来代替拍手：察觉不到任何延迟。这就是声音（慢，每秒 340 m）和光或无线电（快到在家里看不出延迟，但卫星太远了，连光都要花可以测量的一小会儿）之间的区别。对大一点的孩子，加上数字：光一秒钟走 300000 km，卫星在 20000 km 的高空，所以延迟大约是十五分之一秒。

第 3 章

消息：飞机说什么，多久说一次

概念。大约每秒两次，飞机上一台叫应答机的小小无线电设备会发出一条短消息，没有任何人要求它这么做。消息有四个部分：一个名字（每架飞机注册时被分配的一个永久代码，有点像车牌号，再加上航班的呼号，比如“布鲁塞尔航空 1234”）、一个位置（第 2 章里的卫星位置）、一个高度（由机外的气压测出，气压随着爬升而下降）、还有速度和方向。消息非常小，只有 112 个“是或否”的回答那么长，持续大约万分之一秒。消息的末尾还有 24 个额外的“是或否”，作用像条形码上的校验位：收听的一方对消息做一道算术，如果算出的结果和校验对不上，就说明途中有什么东西出了乱码，这条消息便被扔掉。

给孩子的图景。一架飞机就像一个在房间里走来走去的孩子，每隔半秒就说一句：“我是小飞，我在沙发旁边，我在高处，我跑得很快。”它不等人问，不在乎谁在听，而且永远不停。这是整门课程里唯一一个孩子能用整个身体演出来的图景，值得做一做，因为做过之后，“飞机发送消息”就不再是一个抽象的说法，而是他们亲身当过的角色。

在哪里成立，在哪里失效。对“自动、重复、向所有人广播”，这个图景是成立的，而这恰恰是工程师关心的三个性质。它在“说”这个字上失效：消息不是话语也不是声音，而是一个无线电脉冲的图样，这是第 4 章的内容。如果孩子大一些，可以解释这 112 个“是或否”：“飞机不会发字母，它只会发‘是’或‘否’，所以它一连发 112 个，而大家事先约定好了每一个是什么意思。头二十四个合起来，拼出它的名字。”可以给 10 岁的孩子看，24 个“是或否”能组合出将近 1700 万个不同的名字，足够给有史以来造出的每一架飞机用。

一个要提前拦住的常见误解。许多孩子（和成人）以为飞机是“被雷达看到的”或者“被卫星监视的”。卫星并不盯着飞机；是飞机在听卫星，算出自己在哪里，然后自己告诉地面。雷达确实存在，也仍在使用，但它的工作方式正好相反，是把信号打到飞机上反弹回来。这个区别值得说清楚，因为它正是 ADS-B 的全部要点：没有人去找飞机，是飞机自己报到。

在家里：当飞机，再当塔台

孩子当飞机：张开双臂，在房间里走动，每走几步就说一遍四部分的消息。您是控制塔，拿一张纸，每次孩子说话时画下他在哪里。然后交换。再试一次，让孩子一分钟才说一次消息：注意两次消息之间他走了多远，您的图落后了多少。这就是每秒两次为什么重要。

第 4 章

看不见的光：无线电波到底是什么

概念。消息以无线电波的形式离开飞机，而无线电波就是光。不是“像”光：就是同一种东西。光是一种电和磁的涟漪，以每秒 300000 km 的速度在空间中传播；让一道涟漪是红的、另一道是蓝的、再一道是无线电波或 X 射线的，只是它摆动得有多快。我们的眼睛恰好生来只注意一小段摆动速度，也就是彩虹的颜色。无线电的摆动比眼睛能捕捉的任何东西都慢得多：飞机的波每秒摆动 10.9 亿次，听起来很快，可是绿光还要比它快五十万倍。摆得慢也意味着波“长”：从一道涟漪到下一道的距离是 27.5 cm，大约一把学生尺，而绿光的这个距离还不到千分之一毫米。

给孩子的图景。一种你的眼睛看不见的颜色。孩子立刻就能接受狗能听到我们听不到的哨声，蜜蜂能看到花朵上我们看不到的花纹；“无线电是一种我们看不见、但天线看得见的颜色”落在完全相同的位置上。然后是绳子：慢慢抖一根绳子，得到又长又懒的波；快快抖，得到又短又忙的波。无线电是长而懒的那种，光是短而忙的那种，两者沿着绳子传播的速度是一样的。

在哪里成立，在哪里失效。绳子对“波”“波长”和“抖得越快波越短”是成立的，这是真正的物理（绳子上的波速是固定的，所以频率乘以波长是常数，和光完全一样）。它失效的地方在于绳子需要绳子：光和无线电什么都不需要，能穿过真空，卫星的信号就是这样到达飞机的。最要避免的混淆是把无线电和声音混在一起。声音是空气分子互相碰撞，慢（每秒 340 m），需要空气。无线电是光，快了将近一百万倍，什么都不需要。厨房里那个叫“收音机”的盒子其实是一个无线电光的捕捉器，它把捉到的东西变成声音，这一点值得说出来。

在家里：绳子和手电筒

把一根跳绳系在门把手上。慢慢抖，快快抖；用尺子各量一个波的长度。然后是手电筒：打开它，问光在哪里。立刻遍布整个房间。问：“如果手电筒是一台无线电发射器，飞机的天线能看见它吗？”能，因为它们是同一种东西。最后举起一把尺子：“飞机的波就有这么长，从一道涟漪到下一道，它此刻正穿过这个房间，每秒几千道涟漪，而我们一道也看不见。”

第 5 章

金属耳朵：天线，以及地球是圆的为什么要紧

概念。一道无线电波经过一块金属时，会让金属里的电跟着它来回涌动。这微小的涌动就是“听见”。当金属的尺寸正好适合这道波，也就是涟漪间距的四分之一时，它听得最好，对飞机的波来说大约是 7 cm。这就是为什么用于此的天线是一小截短杆，也是为什么长度不对的导线听得很差：天线是一只调过音的耳朵，就像秋千只有按它自己的节奏推才会荡得高。因为无线电是光，它走直线；又因为地球是圆的，从一根低处的天线出发的直线很快就会碰到地面。天线越高，这条线在被地球挡住之前就伸得越远：从屋顶上，一架十公里高的飞机在 400 多公里外就能听到，比从布鲁塞尔到巴黎再回来还远。再远，它就在地平线以下，无声无息，不管信号多强。

给孩子的图景。两幅图。天线是一只金属耳朵，和真正的耳朵一样，它的大小适合某些声音（孩子知道狗的大耳朵和老鼠的小耳朵听到的东西不一样）。而地平线就像站在椅子上越过人群往外看：地球是一个非常大的球，你站得越高，就能越过它的弧面看得越远。船的桅杆、灯塔、树上的瞭望哨，都是同一个道理，孩子通常在故事里遇到过其中一种。

在哪里成立，在哪里失效。耳朵的图景对“捕捉波、调到合适的尺寸”是成立的。它失效的地方在于耳朵同时也是听觉发生的地方，而天线只负责捕捉：真正的解码发生在接收机和计算机里，那是第 6 章的事。椅子的图景几乎完全准确；唯一的补充，对大一点的孩子，是空气会让无线电非常轻微地向下弯曲，所以无线电地平线比你看到的地平线稍远一点。

在家里：找天线，走地平线

找找天线：Wi-Fi 路由器（它的小杆，或者藏在里面）、汽车上的鳍、手机（藏在边框里）、收音机、屋顶。注意有多少天线装在高处，问问为什么。然后去一个视野开阔的地方：孩子蹲着、站着、再骑在您肩上，每次都能看得更远一点。解释说，房子屋顶上接收飞机的天线做的是同一件事，而远处的飞机在爬到足够高、能探出头来之前，一直“躲在圆圆的地球后面”。

第 6 章

地图：许多耳朵拼出一幅图

概念。一根天线听到的是一圈直径几百公里的天空。没有人能从一个屋顶听到整个欧洲，所以地图是由几百根天线建成的，它们装在房屋、机场和学校上，各自把听到的东西通过互联网送到一个地方，由一台计算机把碎片拼起来：同一架飞机通常同时被十根或二十根天线听到，计算机能认出它们是同一架。结果就是实时地图：每一架在说话的飞机，它在哪里、多高、多快，每秒更新。地面从来没有测量过其中任何一项；是飞机说出来的，天线听到了，计算机把碎片拼在了一起。空中交通管制员看到的图景大致相同，再加上雷达作为第二意见。

给孩子的图景。一幅拼图。每根天线握着一块，一圈天空；把所有的圈放在一起，就有了整幅图，碎片的边缘互相重叠。或者是一场反过来玩的传话游戏：不是一条消息一个传一个、越传越走样，而是几百个听众各自报告自己听到的，听到同样内容的人互相印证。

在哪里成立，在哪里失效。拼图对覆盖范围来说几乎完全准确。需要提醒的地方是“每一架飞机”：只有在说话的飞机才会出现。客机几乎都说；小型私人飞机、滑翔机和许多军用飞机可能不说，而卫星接收机被干扰的飞机说的是胡话。所以这张地图是诚实的，但不完整，而这是孩子对任何地图都该知道的一件好事。

在家里：找到你的飞机

打开实时地图，放大到你们家，等一架飞机从头顶飞过。在地图上找到它，点一下：名字、高度、速度、从哪里来、到哪里去。然后抬头看那一点闪光，说：“那一架此刻正在说它的消息，每秒两次，有人的天线接住了它，所以我们才能在地图上看到它。”和第 1 章数到的数比一比。最后用一个检验整条链条的问题收尾：“如果那架飞机不说话了，会怎么样？”（它会从地图上消失，不过管制员仍然有雷达。）

孩子常问的问题，以及诚实的回答

这些是最常出现的问题，每一个都值得一个真正的回答，而不是一个让人安心的回答，因为每一个都表明孩子正在检验您给他们的模型。

“我大喊的话，飞机能听见我吗？”不能，理由就是整个第 4 章：喊声是声音，是空气里的一道涟漪，几百米之内就消散了，而飞机的无线电只听卫星和其他飞机发出的看不见的光。还值得补充一句，你家里的任何东西也都不会和飞机说话。地图完全是靠听来工作的。

“飞行员要按一个按钮来发消息吗？”不用。应答机自己发送，每秒两次，从飞机开始移动的那一刻直到停好为止，飞行员除非把应答机关掉，否则无法让它停下，而飞行中关掉应答机是被禁止的。这就是系统名字里的“自动”，也是飞机在作用距离内时地图上从不出现空档的原因。

“飞机也能在地图上看到我们吗？”它看不到房子和人。但它能听到周围其他飞机的消息，在现代客机上，这些消息会显示在驾驶舱的屏幕上，所以飞行员看到的图景和管制员一样，即使地面没有声音，他们也能彼此避开。换句话说，飞机不仅在说话，也在互相倾听。

“为什么我看不见这道波？”因为眼睛只是为摆动得极快的光而生的，也就是彩虹的那些颜色，而无线电摆得对它们来说太慢了，尽管仍然每秒超过十亿次。天线是另一种眼睛，专为这种慢摆动而生。一个好的追问是指出孩子同样看不见家里的 Wi-Fi，而答案是一样的。

“要是两架飞机同时说话怎么办？”它们的消息可能在天线上重叠、变成乱码，在繁忙的机场上空这种事随时在发生。这正是每条消息都以第 3 章里那 24 个回答的校验结尾的原因：乱码的消息通不过校验，就被扔掉，而每架飞机半秒之后又会重说一遍，所以什么也不会丢失太久。对大一点的孩子，这是说明消息为什么这样设计的一个好例子。

“听是被允许的吗？”是的。飞机是有意向所有人报到的，这样其他飞机和地面上的人才能听到它，而收听一个广播不会伤害任何人。在飞机的频率上发送任何东西则是另一回事，是严格禁止的，这就是这门课程里没有任何东西会发射的原因。

下一步

最后一章是一台真正的接收机

故事最好的结尾，是窗台上一台真实的设备。动手工作坊准确地列出了该买什么（约 100 到 150 欧元），展示了怎样和孩子一起把它组装起来、怎样准备那台小电脑并安装 Dataero 共享程序，以及一小时之后，你们自家天线听到的飞机怎样出现在实时地图上，并注明来源是你们家的站点。一个看着“我们的飞机”那个点出现在地图上的孩子，不会忘记它是怎么到那里的。

打开动手工作坊 <https://radar.dataero.eu/zh-hans/learning/workshop>