



# 人造草坪

## 由此引发的健康争议

无论少年棒球联盟的球员休息处、社区公园、职业运动团体和国际足球联盟，还是在大学校园和居民区附近的操场上，甚至在住家庭院里，人们都存在着这样一个疑问：“用天然草坪，还是使用塑料草坪？”人造草坪被用于儿童和成人休闲和游玩的草场、公园和运动场所，人们对它仍存在着疑虑。人们关心的问题是，人造草坪对人和环境健康来讲是否安全，以及是否优于天然草坪。尽管现在要明确地回答这些问题还为时过早，但关于这些问题的争论非常激烈。

作为全美人造草坪购买量最大的都市，纽约市在2007年12月13日举行了关于在市区公园使用人造草坪的听证会。毋庸置疑，纽约市需要开放式的活动空间。全市4000个公园的28700英亩土地，分布极为不均衡。在听证会上，代表杰克逊高地区域的市议员Helen Sears说：“许多区甚至连一个公园都没有。”

纽约市公园和休闲局专员Adrian Benepe希望强调，在公园和运动场所既有铺天然草坪的需求，也有铺设人造草坪的需求。他说：“在某些情况下，优质的娱乐设施意味着需要使用人造草坪。我们要更好地正视这个问题。”他指出，在纽约市，至少有35个人工草坪运动场正在或将要被

换成沥青表层。

一些人对使用人造草坪持反对意见。一个名为“健康儿童、健康世界”的倡议团体的董事成员Tanya Murphy说：“草根组织正致力于在不需要用农药的区域削减或禁止农药的使用。现在如果将天然草坪换成人造草坪，那我们就是跳出油锅又入火坑。”

这一争议让很多人无所适从。纽约大学助理研究员、足球教练Orlando Gil正在权衡这两种选择，“我们希望孩子们能在室外玩、锻炼和运动，但天然草坪中有杀虫剂和化肥，人造草坪中有化学品，我真不知道该选哪一种草坪。”

的确，由于缺乏暴露于人造草坪对非职业人群健康的影响的研究，让人们没有办法做出任何有把握的抉择。基于有限的毒理学数据，一些报道认为人造草坪对人体的危害很低。然而，大部分研究者认为，还需要大量的研究才能对这一问题下定论。在2007年12月13日刊的《Rachel民主和健康新闻(Rachel's Democracy and Health News)》上，纽约城市大学心理学系的William Crain和新泽西医科与牙科大学公共卫生学院的Junfeng Zhang认为，人造草坪对人体健康危害极小的结论是“不成熟的。”

### 人造草坪的历史

早在20世纪50年代，福特基金就开始研

究如何将健身活动融入年轻人的生活，特别在那些户外活动场所匮乏的城市。福特与孟山都公司合作，开发了一种儿童可以在上面做运动的人造表面材料。1964年，第一种名为Chemgrass的人造草坪，正式面市。

在此期间，第一个拱顶运动场——阿斯托洛体育场——在德克萨斯州的休斯顿建造。正由于其可伸缩的透明塑料天棚，体育场才有足够的阳光以维持天然草坪的生长。但是在第一个棒球赛季结束后，人们才发现存在一个问题。塑料天窗反射的强光使得参赛者难以看清球。为解决这一问题，天窗被漆成黑色，但这样一来，草坪由于缺少阳光渐渐死去。因此，在第二赛季开始时，休斯顿Astros棒球队在枯死的草坪上和被涂得乌七八糟的天棚下进行比赛。那时，尽管Chemgrass的产量还很低，但能找到的chemgrass几乎都被用在了阿斯托洛体育场。至1966年赛季结束的时候，这种材料已经被重新命名为AstroTurf。绿色尼龙草坪取得了成功。

在20世纪70至80年代，AstroTurf渐渐地流行起来，多用于职业运动场。然而，运动员们对人造草坪抱怨的声音也渐露端倪。由于运动员投诉人造草坪比天然草坪坚硬，对运动员造成更多的伤害，英国足球协会于1988年禁止使用人造草坪。同样，在

美国，也有越来越多的人关注这一问题。

1995年，国家橄榄球联盟运动员协会进行的一项民意测验显示，超过93%的运动员认为，在人造草坪上比赛会增加受伤的机率。在表达这一观点上，棒球运动员Dick Allen有一句著名的话：“我不在连马都不能吃的草地上打球。”

20世纪90年代，抵制AstroTurf的运动愈演愈烈，许多棒球场转为使用天然草坪。例如，新泽西的巨人体育场早在1976年其建造伊始即使用AstroTurf材料，但现已被6000盘可移动的天然草坪所替代。甚至在休斯顿，在阿斯托洛体育场原址上建成的新体育场，也使用了天然草坪。

在这个关于草坪的故事中，天平再一次向自然的物种倾斜。在某些情况下，特别是在那些经常有跑动的运动场，天然草坪有时并不能满足它们的需求。在反复争论天然草坪和人造草坪孰优孰劣的同时，人造草坪的制造有了新的发展。包括原AstroTurf制造商在内的一些厂家已将新的运动场所覆盖材料推上市场。

例如，FieldTurf是由聚乙烯和聚丙烯混合材料组成、编织起来可以模拟草叶。这种“草”被垂直铺设，通过加铺一层由回收的轮胎制成的直径为3毫米或更细小的橡胶颗粒作为垫子。有时，橡胶粒还会混合以硅沙作为填料。许多从AstroTurf转为使用天然草坪的运动场，已开始重新转为使用FieldTurf型人造草坪。

一个位于亚特兰大的贸易组织，人造草坪委员会显示，在10年前美国有7个安装新一代人造草坪的运动场，现在这一数字已经升至3500家。一个促进公共投资以增加公园设施的非营利组织——纽约城市公园倡议会的主席Geoffrey Croft说：“全国有上百万平方英尺的土地上安装了人造草坪，但目前为止，还没有见到任何一份有关对环境影响的声明。”

### 人体健康问题

对于新近发展的新一代人造草坪，有关其对健康和环境的潜在影响，以及对其以橡胶为主要来源的填充物的疑虑，目前尚无定论。这些填充颗粒可通过空气传播，被吸入体内，并可随着衣物和运动器材被带入屋内。另外，还有皮肤和吸入暴露的问题，以及对生态系统的影响。

对运动员而言，黑色细小的橡胶颗粒充其量不过是惹人生厌。而另一些人则表示出更多的关注，特别是当儿童暴露于这些填充物时。非营利的草根环境教育组织的执行主任Patti Wood认为：“由于其毒性，在废渣填埋或海洋倾废区处理这种橡胶粒本都是非法的，我们又怎么能让孩子们在它们上面玩耍？”

回收的橡胶粒包含了大量的已知或疑似能引起健康影响的化学物质。最常见的轮胎用合成橡胶主要由乙烯-丙烯和苯乙烯-丁二烯组成，其中添加不同含量的硫化剂、填料、增塑剂和抗氧化剂，不同厂家添加配方也不同。轮胎橡胶还含有多环芳烃（PAHs）、邻苯二甲酸酯和挥发性有机化合物（VOCs）。

据橡胶制造商协会的数据，全美仅8个州对轮胎的垃圾填埋有限令。大部分限令是为了预防轮胎橡胶的毒害和燃烧，因为燃烧可释放有毒物质，如砷、镉、铅、镍、多环芳烃和挥发性有机化合物。

一些研究显示，这些化学物在轮胎燃烧时会被大量释放，也可以在橡胶颗粒老化的过程中被缓慢释放出来。例如，在国际运动表面材料科学协会2006年会上，挪威公共卫生研究所的研究者们汇报了其对于室内体育场草坪来源的化学物的研究。这篇名为“人造草坪树脂：足球运动员健



成本和效益的权衡：碰撞性较强的运动会毁坏天然草坪（上图），但对橡胶颗粒填充物（见下图冲撞时喷溅的填充物）的未知健康影响和其他环境健康问题的担心，让一些买家不完全放心人造草坪所带用的好处。



康风险评估”的报告（*Artificial Turf Pitches: An Assessment of the Health Risks for Football Players*）显示，在比赛时，橡胶填充物释放的VOCs能被雾化吸入呼吸道。作者根据用于填充的各种回收橡胶颗粒释放VOCs的最小量，计算了其对运动员的健康风险。

报告的结论是，据现有知识，即使是在易感人群（例如儿童）中，室内使用人造草坪不会引起任何健康风险的增加。但是，报告也指出：“值得注意的是，有关室内体育场空气中存在的许多挥发性有机化合物的毒理学数据很少或根本没有……而且，目前尚未能够鉴别出体育场空气中所有的有机化合物。”该报告特别呼吁，需要更多关于轮胎

Top to Bottom: AP Photo/Al Behrman; AP Photo/Gene J. Pusker

橡胶暴露相关的哮喘和气道过敏数据。

同样，加州环境健康危害评估办公室（California Office of Environmental Health Hazard Assessment, OEHHA）在其2007年1月题为“运动场和田径跑道使用的回收废弃轮胎的健康效应评估”的报告（*Evaluation of Health Effects of Recycled Waste Tires in Playground and Track Products*）中指出，轮胎橡胶颗粒可释放出49种化学物。基于一项模拟胃液消化的实验，OEHHA估算了人终生一次摄入橡胶颗粒患肿瘤的风险为千万分之1.2，远低于百万分之1的最低风险阈值。在一个手拭实验中，OEHHA估算人通过手口途径接触橡胶颗粒填充物，摄入1, 2-苯并菲（轮胎橡胶中发现的一种可疑人致癌物）而患肿瘤的风险增至百万分之2.9。这一估算值是建立在常规运动场最初12年使用寿命的假设基础上。作者认为该致癌风险“较最低水平略高。”

总部位于康乃狄克州北哈芬的非营利组织——环境与人群健康公司（Environment and Human Health Inc, EHHI）于2007年夏季委托康乃狄克州农业实验站进行一项研究，以确定橡胶颗粒中的毒性物质能否释放至空气或水体。名为“人造草坪”的报告（*Artificial Turf*）中，用质谱-气相色谱方法共检测出25种化学物，其确定性为72~99%。肯定包含的化合物包括刺激物苯并噻唑和正十六烷、致癌剂及疑似内分泌干扰物叔丁基对羟基茴香醚、和可损害粘膜的腐蚀剂特辛基酚。

人造草坪委员会在2007年12月13日发表的声明中说：“EHHI报告中对于人造草坪的结论，是基于诸如使用高温和助溶剂加速毒物溶出的极端实验室测试。”但EHHI仍坚持其研究结论。“人造草坪”的作者、EHHI公共卫生毒理学主任David Brown说：“很显然，回收的橡胶颗粒不是惰性的，而且对于金属来讲，并不需要高温或溶剂溶

出。”Brown坚称，实验室测试条件接近于现场，而且除了水之外，没有加任何溶剂。

根据Brown的说法，精确评估回收轮胎橡胶安全性的最基本障碍是轮胎结构的高度变异性和缺乏对橡胶颗粒化学特性的了解。他说：“没有多少样品被检测过。”他还补充到：“根本没有样本量足够大的研究来确定其潜在危害。由于新轮胎内含有的有毒材料的量极为不同，就其预期用途来讲，不可能保证球员或园丁以及其他人的个体暴露水平在安全限值之内。”

关于人造草坪的另一个争议热点是伤害。2007年8月《英国运动医学杂志》（*British Journal of Sports Medicine*）增刊上发表的数篇研究报道，与天然草坪相比，在新一代人造草坪上比赛的足球队员伤害发生率、严重程度、性质或成因都没有明显差别。然而，伤害取决于运动类型。2004年10月1日出版的《美国运动医学杂志》（*The American Journal of Sports Medicine*）上发表的一项对高中橄榄球队运动损伤的为期五年的前瞻性研究结果表明，与天然草坪相比，在人造草坪上比赛的项目，球员伤害的发生率约高出10%，但在天然草坪上比赛所致的球员严重头部和膝部损伤要远高于人造草坪。

运动损伤还引发了另外一个问题：耐甲氧西林金黄色葡萄球菌感染（methicillin-resistant *Staphylococcus aureus*, MRSA）。由于反复地皮肤直接接触、频繁的刮伤和擦伤、共享更衣间和房间设备，运动员是最易传播和感染MRSA的群体。2005年2月3日的《新英格兰医学杂志》（*New England Journal of Medicine*）上发表了美国疾病控制与预防中心进行的一项研究，结果显示，尽管人造草坪本身并不隐匿MRSA，但由于摩擦人造草坪造成的大量刺激增加了MRSA感染的可能性，特别是那些

在坚硬人造草坪上比赛的职业运动员。

然而，一些证据表明，人造草坪可以藏匿更多的细菌。例如，人造草坪制造商Sprinturf资助的一项工业研究发现，与单纯橡胶填充物相比，含有沙和橡胶混合物的填充物内细菌数量高5万倍。为应对这一问题，该公司推出了“无沙”安全配方的人造草坪作为一种更安全的选择，并为已安装人造草坪的运动场提供清洁服务。

合理保养人造草坪需要清洁运动场以去除人的体液和动物粪便，许多制造商因此向市场上推出了清洁产品。美国运动场制造商协会在其2006年出版的《人造草坪运动场：建设和维护指南》（*Synthetic Turf Sports Fields: A Construction and Maintenance Manual*）中指出，一些人造草坪运动场的拥有者应该每月对运动场消毒两次，对于污染物集中的边线区域，清洁次数应该更为频繁。

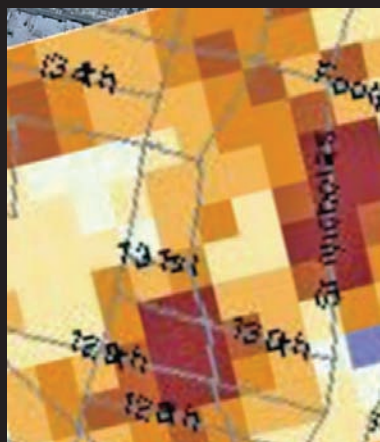


引入延缓期：纽约布鲁克林的Cadman广场，因铺设了一层像图画般完美人造草坪地毯而自夸。2007年秋季，纽约州议会提议对出售和安装含有橡胶颗粒的人造草坪设立一个延缓期，直到纽约州完成对人造草坪潜在健康影响的综合评估。

### 不同的绿茵

养殖天然草坪带来了许多环境负担。德克萨斯农工大学农业推广网站（<http://plantanswers.tamu.edu/>）的一篇名为“草坪用水管理”的文章指出，天然草坪运动场每英亩每年需要多达150万加仑的水。天然草坪和运动场需要经常割草，这会导致碳氢化合物和一氧化碳的释放（据环保署数据，占全美碳氢化合物和一氧化碳释放总量的5%）。

尽管如此，天然草坪的好处还是实实在在的。国际草坪生产者协会认为，天然草坪可以加强污染控制、吸收CO<sub>2</sub>、有致凉爽有作用、过滤水和预防土壤侵蚀。这些也许对整块草坪的生长还有一些我们尚没察觉的好处。Crain的观点是，用人造草坪取代天然草坪，会阻碍孩子们创造性的玩耍并影响他们的成长。他说：“如今的孩子大多在人造的室内环境中成长。现在，随着人造草坪运动场越来越流行，他们与自然接触的机会将越来越少。”



热效应：美国国家航空航天局（NASA）Landsat卫星于2002年8月14日拍摄的照片（左图），显示了曼哈顿上城的地面温度（红色表示高温，蓝色表示低温）。一个大型人工草坪体育场所产生的高温与一个大的黑色屋顶所产生的温度相似（见右图，Google Earth照片）。凉爽的温度点通常对应于城市植被，例如公园、街道树木和水体。

Croft补充到：“尽管我们非常需要开放式空间，但如今的问题不是开放式空间，而是主动式的娱乐设施。在我看来，开放式区域和安装人造草坪的运动场之间没有任何关联。”

人造草坪的确在某些方面优于天然草坪。一个倡议团体——“公园纽约客”在2006年发布了一份报告“新的草坪之战：纽约市公园的人造草坪”（*A New Turf War: Synthetic Turf in New York City Parks*）中指出：“人造草坪运动场的支持者们吹嘘人造草坪可降低过敏和哮喘的发作。移除天然草坪和花粉也许对患有这些疾病的儿童和成人有好处。”

选择使用人造草坪的一个主要理由是安装相对迅速，并且一旦启用即可持续使用。与之相反，天然草坪则需要时间来扎根，而且必需定期关闭以养护草坪。例如，中央公园管理委员会，一个维护纽约市中央公园的私人慈善机构，在整个冬季关闭天然草坪运动场，而在春季和夏季，草场因为修复会轮换关闭。另外，所有场地禁止铲球和穿钉鞋进入，还会因为下雨或场地潮湿而关闭。据纽约市公园休闲局的估计，与天然草坪运动场相比，人造草坪场

地每年的开放时间多出了28%，因为它们能承受高负荷使用；纽约市铺设人造草坪的场地数目在过去八年里翻了一番。

另一个选择人造草坪的理由是长期维护的成本低，尽管有人对节约的程度提出质疑。目前的共识是，人造草坪的安装费用约为天然草坪的两倍。例如，在足球场安装人造草坪的费用约为140万美元，而天然草坪仅需69万美元。但据“新的草坪之战”报告的数据，如果将安装费按运动场的预期寿命均摊，包括维护费在内，两者费用差别缩小至1万5千美元，而且是天然草坪的总体花费高。

尽管一些人（如Benepe）认为这种成本节约很可观，但另一些人认为没省多少钱。正如“公园纽约客”的执行董事Christian DiPalermo所言：“考虑到人造草坪的许多未知因素，这种成本节约可以忽略不计。”

人造草坪的一个缺点就是较天然草坪

热得多，这一点，无论人造草坪的支持者还是反对者都一致认同。哥伦比亚大学气候系统研究中心的副研究员Stuart Gaffin在进行城市树木和公园的致凉爽收益项目研究时，开始涉及人造草坪运动场的温度问题研究。利用热红外卫星图像和地理信息系统，Gaffin发现城市里很多最热的地方是人造草坪场地。

现场研究的直接温度测量数据显示，人造草坪运动场的温度可以比天然草坪高出60°F，夏季的表面温度可达160°F。例如，2007年7月6日，早午的空气温度为78°F，太阳直射的天然草坪的温度是85°F，而邻近的人造草坪运动场的温度则达到了140°F。在2007年12月6日就此问题的专题讨论会上，Mount Sinai医学院儿童环境卫生特别小组的医学主任Joel Forman发言到：“在温度超过122°F的表面上呆10分钟以上即可造成皮肤损伤，因此这个问题的确实需要关注。”

人造草坪的许多物理特性，包括黑色素、低密度质量、不能使水气化以降低周围空气温度，使其在太阳照射下能快速升高自身温度。这不仅对在运动场上活动的人有害，还会加剧“热岛效应”——由于黑色的人造表面（如屋顶和沥青）可吸收热量，造成城市比周边区域更热。通过对黑色屋顶和人造草坪场地的多次现场调查，Gaffin认为，在升高表面温度方面，人造草坪和黑色屋顶不相上下。

虽然有人常常声称不需要浇水是人造草坪的优点之一，但一些人造草坪安装后常常需要浇水以降低温度。Benepe在公众听证会上陈述到，许多运动场需要安装草坪喷淋系统以补救过热问题。根据Gaffin的说法，人造草坪吸收阳光的效率很高，用水来降温只能起暂时性作用。他说：“浇完水后不久，草坪上的温度又会反弹，再度热到难以忍受。”

除了降温之外，2007年10月19日的北卡罗莱纳州Raleigh的地方报*News & Observer*上刊登的一篇文章还说，国际曲棍球联合会要求大学曲棍球队在每次练习和每场比赛之前都要将人造草坪运动场浇透以增加摩擦力。该文目的是讨论在美国东南部严重的持续干旱期间，为何地方大学要浇灌其人造草坪运动场。文章指出，杜克大学取得了免于浇灌运动场的商业豁免权，从而将全校水耗量降低了30%。

EHHI项目研究了人造草坪场地是否会通过雨水或水雾喷溅增加水污染。研究发现，橡胶填料中的25种化学物和4种金属（锌、硒、铅和镉）能释放到水中，而且由于人造草坪不能吸收或过滤雨水，化学物没有经过植被的有效过滤而直接进入排水管道和市政下水道系统。Benepe和其他一些人认同纽约市需要关注该问题，因为人造草坪体育场流出的水能淹没排水管道，从而与460个污水溢流管道每年联合排出的约2700万加仑未处理过的污水和雨水汇聚在一起，一同注入纽约港。

最终还有一个问题，人造草坪废弃后该怎么办？工业界估计人造草坪的使用寿命为10-12年，因此必需合理处置这种废弃材料。人造草坪委员会主席Rick Doyle说，填充物可以清洁后再利用；用作其他用途，例如用作橡胶沥青；焚化；铺在土壤上以使土壤和填埋的垃圾分开；或者回收利用。然而实际上，废弃的人造草坪通常被掩埋。

### 替代方法

人造草坪的一个优点就是它是解决旧轮胎再利用的一种方法，因为每年有超过10亿只轮胎售卖，如何处理旧轮胎确实是一个问题。Doyle说，每年收回的旧轮胎有3亿只，人造草坪企业目前能利用其中的12分之一。如果铺设密度为每平方英尺约4~15磅的填充物，每个足球场平均要用到2万7千只轮胎制成的橡胶颗粒。

欧洲已开始了一场声势浩大的轮胎回收运动，在这场运动中，符合质量标准的轮胎都会被再次处理和利用。实在不能再用的废弃轮胎被回收用作其他用途，除了用于生产人造草坪外，还包括工业发电、生产塑胶路面铺设材料、和回收为汽车工业原料。在西欧，旧轮胎的回收再利用率从2001年的65%升至2005年的近90%。

对许多地方来讲，废旧轮胎只是每年能增加的数吨需要处理的废弃物，但在欧洲，废旧轮胎已变为有潜在价值的二手原材料。世界最大的轮胎制造商之一——米其林——废旧轮胎回收利用部门主管Serge Palard说：“（废旧轮胎的）用途越来越多。几年前，在一些国家，人们还不知道如何处理废旧轮胎；而现在，废旧轮胎都不能满足再处理商的生产需求。”

为遵循欧盟最近执行的要求对工业化学物进行更多测试的化学品注册、评估、许可和限制（Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals, REACH）法规要求，诸如米其林等公司正致力于降低轮胎中有害化学物的使用，以利于废旧轮胎能重新回收用作其他产品。

关于对人造草坪中回收轮胎填充物的关注，欧洲公司也在寻找革新的方法。例如，意大利正尝试在市场上推出用无毒的新型热塑性材料作为填料的人造草坪。一家地板制造商Mondo生产的Ecofill，是一种有专利技术的聚烯烃颗粒，专用于人造草坪。该公司声称，这种材料能更有效散热，高度减振，不含聚氯乙烯、乙烯、增塑剂、重金属或其他有害化学物，并且100%可回收。

另一种替代方法是用植物来源的材料制成的填充物。人造草坪制造商利蒙塔运动公司生产的Geo Safe Play，是一种用椰子壳和软木制成的填充物。公司发言人Domenic Carapella说：“肯定有橡胶颗粒的替代方法。我们将不再有理理由因为使用人



增长的需求：废旧轮胎回收再利用市场的扩张使得俄亥俄州（该回收点所在的州）减少堆放的速度超过原有预计。欧洲一些国家的回收甚至都满足不了对废旧轮胎的需求。

造草坪而牺牲运动质量，更重要的是不再有理理由损害儿童的健康。”

Croft问道：“为什么不好的天然草坪场地的替代物不能是维护良好的天然草坪呢？”目前已培植了一些适用于运动场的天然草坪品种，具有耐压、抗踩踏和低灌溉要求和其他一些特性。

但Doyle认为，增加维护并不能解决问题。他说：“更多维护并不能克服天然草坪运动场过度使用的问题，天然草坪运动场过度使用，或者在雨季或休赛期使用，都会导致不安全。”Benepe补充到：“即使是最有钱的职业运动队和常春藤大学，都认为在进行剧烈运动如橄榄球或足球的运动场不适合铺设天然草坪……在进行高强度运动的运动场，天然草坪必需每几年更换一次，这也是事实，除非严格限制运动场的使用。”

现在，纽约州议员Steve Englebright、William Colton和David Koon提议立法，对人造草坪的安装强制设置六个月的延缓期，直到州卫生和环保部门对天然和人造草坪的利弊研究得更为充分。在2007年11月5日的声明中，Englebright说：“在我们拿孩子们的健康和饮用水质量冒险之前，我们要确定已经对所有的不确定因素进行了充分研究。”

—Luz Claudio

译自 EHP 116:A116-A122 (2008)