

卡塔尔世界杯： 户外装空调是“有钱任性”？



阿尔贾努布体育场看台座椅下方喷出凉风

四年一届的足球世界杯正在卡塔尔火热举行。不同以往，这次说“火热”不只是对紧张的赛事本身的形容，也是对赛事举办地炎热气候的客观描述。这里夏季气温高达43℃，完全不适合举办足球比赛，所以本届世界杯才破天荒地挪到冬天举办。可即使在冬季，也就是现在，这里每天的最高气温也超过30℃。为了让体育场内保持舒适的温度，免得运动员、观众在这“火热”里中暑，主办方采取了“豪横”的降温方式——“吹空调”。这事儿乍听之下估计非常费电，可能不环保。不过，先别急着下定论。要知道，为了节能、舒适地“吹空调”，那里的人们可是下了一番苦功夫。

A 从外观考虑降温

为了迎接2022年世界杯，卡塔尔全国上下一共动用了8座大型体育场，其中有7座为新建，1座为翻新。除了1座靠近海边的球场可以利用自然通风，不需要制冷以外，其余球场都安装了空调系统。这些空调系统由卡塔尔大学工程学院的教授加尼博士（人们称之“冷博士”）研制。让露天的体育场降温，就得尽可能减少它接收的太阳辐射，并把场内的冷空气留住，这就需要从体育场的形状开始设计。“冷博士”的团队一方面通过计算机软件模拟不同形体的建筑内部的热环境；另一方面利用3D打印技术制作出体育馆的模型，放置在风洞中进行空气动力学测试，以调整体育场的大小、高度和形状。

最终的成果，就是本次世界杯比赛的体育场一个个都形似“冷气泡泡”，顶部开口都没有设计得过于开敞，而是呈微微收拢的形态。这样的话，减少热空气进入的同时，也减少了内部冷空气的逸散，并且尽可能多地在看台区投下阴影，遮挡烈日。有的场馆还配备了可伸缩的屋顶，根据天气调节进光量，遇到恶劣天气还可以直接关闭屋顶。另外，场馆的顶部大多采用了浅色材料，以最大限度反射太阳辐射，避免吸收过多热量。深色衣服比浅色衣服吸热的道理你一定不会陌生。所以就连原本以游牧民族的传统黑帐篷作为设计灵感的阿尔拜特体育场，最终也将黑色的顶棚改为了白色。这一简单的改变能将球场的内部温度降低5℃。

B 内部，用上“局部降温”

为了达到舒适且节能的目标，接下来要进一步缩小需要降温的范围。毕竟没有必要把整个体育场上空全部变冷，只需要冷却观众席和运动员所在的区域（大约地面以上两米的范围）就好了。于是，经过净化和冷却的空气被看台座椅下方的格栅和球场周围的大喷嘴送到了人们身边。变浑浊的废气通过空气循环系统抽走回收，进行重新冷却和过滤后，再被重新送入，如此循环往复。这样，只需要在比赛开始前两小时打开空调系统，就可以让观众和球员处在凉爽舒适的24℃左右的环境中体验精彩的赛事。由于冷空气密度大，会停留在低处。这种将已经冷却的空气回收循环的方式，

比直接从外部吸入闷热的空气更加节能。那么，这些冷却空气是怎么产生的呢？它有赖于球场配套的新型冷却系统。和我们熟悉的家用空调系统不同，这套系统可以利用太阳能驱动，以循环水作为媒介，将水冷却到7℃并储存起来，为体育场内的空气降温。“冷博士”表示，这套新型的空调系统使得运动场降温所消耗的能源降低，仅为同等面积的商场用常规空调降温所消耗能源的40%。如果全部采用太阳能发电场的电能，还能大大降低其碳排放。从实际运行上看，这套系统展现出了强劲的制冷效果，有时候甚至过于强劲了，导致球迷们不得不多带上一件外套去观看比赛。

C 开放式空调吹上步行街

除了为体育场降温，这套新型空调系统也被推广到了卡塔尔其他的公共建筑领域。最近就有热心网友发现，卡塔尔的步行街地面居然也有空调出风口，在给街道源源不断地输送冷气。网友们热议的这个给街道吹空调的地方就是位于多哈的卡塔尔广场。

整个项目占地38000平方米，于2016年开业，是世界上第一个使用开放式空调的商业购物中心。为了提高街道空间的使用率，设计团队联合技术专家，结合体育场空调系统的经验，也采用了计算机模拟等技术手段，为项目量身订做了一套“主被动结合”的户外空调系统。

D 空调里的绿色建筑技术

什么是“主被动结合”？被动、主动都是什么？这就要说到绿色建筑领域常用的一对技术路线好搭档——“被动式设计”和“主动式系统”。简单来说，通过对建筑构件的设计和建筑材料的选择，利用当地自然的光照、通风、蒸发等条件，来提升建筑性能的策略，叫“被动式设计”。而通过安装高性能、绿色环保的机电设备以提升建筑性能的策略，被称为“主动式系统”。后者能够弥补前

者调节不到的部分，用最少的能源进一步提高环境质量。所以绿色建筑领域有个说法叫：“被动式优先，主动式优化”，双管齐下就叫“主被动结合”。还记得开头介绍的体育场吗？对体育场的大小、高度、形状、遮阳构件等部位进行设计就属于被动式设计；而体育场安装的太阳能驱动、局部降温、冷气循环过滤的新型空调系统，则属于主动式系统。

E 任重道远的碳中和

从不少报道中可以看出，卡塔尔花在此次世界杯上的金钱可谓是天文数字。比起金钱，其实更难平衡的是碳排放导致的对全球气候的影响。虽然体育场空调系统为运动员和游客们提供了舒适的环境，但这一措施也引起了不少人对能耗和碳排放的担忧。伯克利地球气候数据科学家泽克·豪斯费尔表示，“卡塔尔是世界上除极地之外变暖最快的地区之一，如果我们不采取行动来减少温室气体排放，世界其他地区恐怕也逃脱不了相似的命运”。事实上，本次世界杯的主办方早就定下了举办一届“碳中和”世界杯的目标，也确实在建筑设计、清洁能源、绿色交通、资源回收再利用等多个方

面作出了努力和创新。但从整体上看，赛事消耗的碳排放仍然不容小觑。你可能想不到，根据2021年国际足联发布的《卡塔尔世界杯温室气体核算报告》，本次世界杯赛事中碳排放最大的部分不是来自给体育场开空调，甚至也不是来自体育场建造环节。据估计，建造体育场馆造成的碳排放只占了本次赛事总碳排放的大约四分之一。那么，带来大量碳排放、不环保的环节是什么呢？报告指出，是参赛人员、观赛人员、工作人员和志愿者的旅行交通，尤其是远距离的国际航班。交通带来的碳排放大约占到了总碳排放的一半。看来要解决更长更大范围的环境问题，还需要更多方面的努力。据“科普中国”



图中显示的地面深色长条形就是冷气出风口