

听说这届世界杯，露天球场装满了空调？这得花多少钱啊！

多哈时间 11 月 20 日晚 7 点，也就是北京时间 21 日零点，第一声哨响将在海湾球场响起。这是世界杯历史上第一次走进中东，更破天荒地在年末举办。让中国球迷的观赛配置，从露天啤酒小烧烤，变成了围炉火锅大棉袄。

因为卡塔尔实在太热了，今夏最高温度达 48℃，协调之下才改到了当地的冬季举办。

即便如此，也远不算清凉。

诺丁汉大学模拟预测，在人头攒动的体育场内，还会热得多。观众席温度可达 35 到 37℃，中央温度甚至可能有 42℃。远远超过了 FIFA 建议的舒适温度范围：20 到 25.5℃。

怎么办？卡塔尔大手一挥，开空调！

试想一下，在能容纳几万人的露天场地吹空调，就像是一边把房间所有窗户都打开，一边把空调调到最低温度猛吹。听起来就费钱费力。

而这样的空调球场，卡塔尔建了七个。（其余一座哈利法国际体育场为翻新）

为一个开放球场降温总共分几步？

卡塔尔到底有多热？有网友这样说：“上一次在亚洲举行的世界杯，比赛用球叫‘飞火星’，如果在卡塔尔的夏天举行世界杯，气温四五十度……估计每个人都是飞着的火星。”

别看足球运动员踢起比赛来常常风雨无阻，高温仍会带来不少影响。

2004 年葡萄牙欧洲杯，第一轮球队都表现出色，但随着天气越来越热，球队失去了动力，比赛节奏变得越来越慢；2006 年德国世界杯同理，下午的比赛都相当缓慢，晚上的比赛则更具攻击性。

而且，花大价钱建的球场只能每年冬季使用，性价比未免太低了。为了未来能充分利用，而不是比赛一结束就沦为巨大闲置物，降温必不可少。

过去的世界杯，面对高温，通常只是采用“全封闭球场+透气球衣”的配置。卡塔尔则走得更远，在球场的设计上注入了诸多巧思。

首先，尽可能将暖空气挡在建筑外面。

为减少日光直射，卡塔尔世界杯的八大场馆大多坐落在东西轴线上。这样一来，当白天有太阳的时候，可以保证球场和看台能享受最大的阴凉范围。

黑色吸热，所以八个场馆大多采用浅色表层。连最开始以沙漠中传统的贝都因帐篷为设计原型的海湾体育场，也因为要降温

不得不从黑色改成了白色。效果立竿见影：室内温度一下就降低了 5℃。

为尽可能避免太阳光“入侵”，八大场馆之一的教育城体育馆设计成了一颗闪闪发光的钻石。菱形格纹的外立面具有超高的阳光反射率，显得炫目而亮眼；场地也建设得略低于地面，以控制场内温度。

教育城体育馆 | 来源：The Stadium Guide

他们还利用烟雾与激光，对 3D 打印的场馆模型进行了风洞模拟，观测在不同的风速、气压下空气的流动。让屋顶的弧度尽可能分散热气，不进入场馆内部。

实在转移不走，也可以关上屋顶。

以著名建筑师扎哈·哈迪德设计的沃克拉体育场为例，它的棚顶是可伸缩的，能在 30 分钟之内完成闭合。就像是一轮船帆覆盖在球场上方，能将观众区域的温度降到 18℃。哪怕在棚顶打开时，顶盖的褶皱也能引导空气朝着周边流走……

还有个看起来有些超现实的点子。早在 2011 年，卡塔尔大学就为世界杯开发了一块以太阳能驱动的“浮云”。它通过机载氦气袋升高，遥控定位，能在日头高照时，为球场洒下一片阴凉。

至于是否真的被运用到了本届赛事，让我们拭目以待。

室外也没有被放过。在卡塔尔首都多哈，很多公路都被修建成了亮蓝色，以吸收更少的太阳辐射并反射紫外线，从而降低过往行人和驾车者的体感温度。

但最主要的，还是靠一个巨大空调系统。简单来说，世界杯期间，场馆会不断向场内输送冷空气，制造出一个两米高的、“完全隔离的”清凉泡泡。室温最低的时候，会比方外足足低 20℃。

这是一个怎样的系统？

首先，观众席的座位下面，“藏”着数百个通风口，就像是淋浴喷头的小喷嘴一样。它们会从观众脚踝的高度，吹出强度小却密集的气流，让空气和地流通起来，而不是“呼呼”地吹得人头痛。对于球员来说，降温的需求则更加迫切。

据研究，单场比赛中，每名球员要跑上超过 10 公里，消耗超过三公升的汗水。在卡塔尔的热带沙漠性气候下，如果没办法很好散热，可能会导致热衰竭。

因此球场四周放置了许多大型喷嘴。这些出风口每个直径都在几十厘米以上，风力非常强劲，为场内的选手裁判带来冷气。

这套“大小喷嘴”结合的系统特别之处在于：它的目的并不是让整个场子都冷下来，而是更精确地“定向降温”，只作用在人出现的区域。这还不到整个空间面积的十分之一。工程师们研究出了一套精准的流体动力学模型：通过测算空气流动的速度与角度，来设置每个出风口的角度。

一个离地不超过 2 米的超薄巨型冷气屏障应运而生。

不过，冷气太猛，还是会有些风险的。

比如，今年 9 月盛夏在教育城体育馆进行的亚冠西亚比赛前，要上场的波斯波利斯队就担心空调太冷，容易感冒，贴心的为替补队员准备了毛毯……

另外，许多人以为在遍地是土豪的卡塔尔，世界杯的降温系统就是单纯靠数量取胜。一台空调不够，就安上百上千个。殊不知，它其实是一套节能的循环系统。

与我们熟悉的家用空调不同，这套系统并不使用氟利昂这类传统制冷剂，而是从太阳能板中吸收能量，再利用一种昂贵的吸收式制冷机，来冷却一个独立的水回路。这些 7℃ 的冷却水被保存起来，为场内的空气降温。

当凉爽的空气重新变热之后，会被位于中层区域的抽气扇抽走，重新过滤、冷却，再送入场内，循环往复。最大限度地减少场外的热空气对内部的影响。

这同时起到空气净化的作用。清爽的空气从观众脚下吹出来，再从头上吸回去，就像一个小小的机舱座位，对不论是粉尘、汗臭，还是新冠病毒，都能起到一定的过滤。

这套系统下，球场能耗仅相当于同等面积机场候机厅的五分之一。

电力则主要来源于多哈郊外的一个大型太阳能发电站。它覆盖面积超过 10 平方公里，由约 180 万块太阳能电池板组成。世界杯期间，它将为体育场供电，赛后也将为该馆承担约 10% 的供电。

这得花多少钱啊？

先整体看一下：根据卡塔尔半岛电视台的报道，主办方已经砸入 2000 亿美元来建设世界杯项目，预计赛事结束，数字不会少于 3000 亿。

这是啥概念？

2014 年巴西世界杯花了 110 亿美元。而这届世界杯花费的比前七届加起来都要多。

就制冷系统上的花费，路透社记者曾经采访技术负责人、卡塔尔大学机械工程教授

Saud Abdul Ghani 博士，对方没有正面回复具体数字，只说：“这是一大笔钱”。

不过，记者们还是陆续从其他渠道得知了大概的金额。卡塔尔世界杯组委会官员曾表示：国家将在所有体育场和训练设施上花费 6.5 到 7 亿美元；场馆的项目经理则表示，因为加了冷却系统（场馆里一共安装了 3000 个通风口），整个场馆的建设成本增加了 2 到 3 倍，平均每个座位都“价值”6000 到 7000 美元。

这能回本吗？

主办方貌似没有太多关于盈亏打平的担忧。

之前多次采访中，他们都表示花出去的钱是为了城市长期的经济发展和环保理念，他们提出了一个大胆的设计：整届赛事，要达到碳中和！

FIFA 之前出过一组对比：因为卡塔尔国土面积比较小（大约只有北京的三分之一），得益于场馆之间距离短，交通燃油消耗少，加上太阳能降温技术，预计这届世界杯的碳排放，只有上届俄罗斯世界杯的三分之一不到。

但如果算上建造场馆时产生的碳排放（这就占了总量的 90%），以及，正由于卡塔尔实在太小了，无法容纳涌入的 130 万球迷，很多人将住在周边国家，每天往返坐飞机看球，这些航班预计会产生 80 万吨的温室气体。加起来，并不是一个小数目——相当于一辆载客轿车绕地球开了 80000 次。

与家用空调做对比，按照今年某国产品牌公布的数据，一台空调在全生命周期里产生的碳足迹为 4119.38 kg CO₂eq——相当于 19.4 万台空调同时开工。

主办方之前曾表示会通过积极种树、废料管理等方式来作为代偿。为此，他们栽种了 1.6 万棵树和近 70 万棵苗圃灌木，启用了 800 辆新电动公交车，和一座全新的 800 兆瓦太阳能发电厂。

但最终的最终，还是靠钱。

这届世界杯碳中和将通过购买碳信用额度来达成，目前为止，卡塔尔已经承诺从全球碳理事会购买 180 万碳抵消额度。但截止 11 月 14 日，全球碳理事会只授予了其 55 万个信用点，这只是实现本届世界杯碳中和所需的 15%。再加上碳抵消制度本身的不成熟，让许多人对卡塔尔的碳中和承诺打了个问号。

看来比起让球场冷下来，让这个星球冷下来才是一个更大的难题。

被遗忘在实验室的冰箱里 30 年之后，它竟然又活了！

想一想，一个寂静的深夜，你在巡视冷库的时候，失手把自己反锁。多日以后，人们才终于赶来打开冷库大门，而你已经成了冰雪中的一睡不醒的睡美人……

这样的命运降临在几只水熊虫身上，而且这个“多日以后”，长达 30 多年。

然后，它们活过来了。

不死之身

俗称“水熊虫”的缓步动物(Tardigrades)大概是地球上最神奇的生物之一。它们外表呆萌无害，活像长了 8 条腿的小熊，但同时又身怀保命绝技，让几乎所有听说过它事迹的人都忍不住感慨：如何才能杀死一只水熊虫？

水熊虫的扫描电镜显微照片。和普通的熊一样，它们有爪子用来帮助走路。——剩下的基本上所有东西都和普通的熊不一样。 | Bob Goldstein / Vicky Madden

没错，一旦水熊虫让自己脱水、进入新陈代谢近乎停止的“隐生”(Cryptobiosis)状态，它就仿佛套上了怎么都死不了的主角光环。你大可以用开水烫、用液氮冻，甚至把它们丢出外太空，水熊虫似乎总能找到活下来的方法。

之前，日本国立极地研究所实验室里的几只水熊虫再次向人类证明了自己的实力：它们熬过了零下 20 摄氏度的冰冻之苦，而且一熬就是 30 年。2016 年 2 月，记录这几只传奇“睡美熊”的研究论文发表在《低温生物学》(Cryobiology)期刊上[1]。

被遗忘的标本

故事得从 30 多年前的南极大陆说起。1983 年 11 月 6 日，日本第 24 次南极科考越冬队成员采集了一批苔藓标本。出于某些原因，回国后这些苔藓标本并没有用于研究，而是连带着藏在其中的水熊虫和虫卵一起，被放入冷库雪藏了起来。

这些标本在冷库里被人遗忘了 30 多年，直到 2014 年 5 月，其中一份标本才终于得以重见天日。经过解冻和浸泡操作后，研究人员在解剖镜下用吸管将标本里的水熊虫们分离了出来。身体完全舒展是水熊虫死亡的典型特征，但研究人员发现，有两只水熊虫竟然还没有“死透”。于是，这俩小家伙受到了特别待遇：研究人员不光让它们住进盛有矿泉水和小球藻的培养皿，还给了它们取了两个非常贴切的名字——“睡美人 1 号”和“睡美人 2 号”。另外一枚尚未孵化的卵也被单独取出，并获得了“睡美人 3 号”的称号。

这是果壳办公室的两颗小球藻……你们就意会一下，意会一下……

就这样，3 只水熊虫在研究人员的密切观察下，开始续写自己那被强行中断了 30 年的“虫生”。

“睡美人”的重生

睡美人 1 号在培养皿中过上了子孙满堂的生活。第 1 天，它的第四对足开始缓慢蠕动；第 9 天，它已经能在琼脂培养基表面爬行；第 13 天，它开始吃小球藻；第 23 天，产下第一批卵；等到了第 45 天，顽强的睡美人 1 号已经分 5 次产下一共 19 枚卵，其中有 14 枚成功孵化。可惜的是，在第 5 次产卵之后，

由于实验人员的操作失误，睡美人 1 号在转移过程中脱水，未能继续参与实验。

相比之下，睡美人 2 号过得有些艰辛。它在被发现时便被困在自己上一次蜕皮时形成的角质外壳中，也只能观察到 3 对形态正常的足。既然如此，2 号也没有放弃。在第 14 天，它开始能够摇摇晃晃地爬动，还吃下了些许藻类。然而在这之后，它没有继续进食，并在第 20 天死亡。身为虫卵的睡美人 3 号在加水浸泡之后的第 6 天顺利孵化。等到第 38 天，它已经分 6 次产下了共计 15 枚卵，7 枚成功孵化，最终睡美人 3 号于第 39 天死亡。

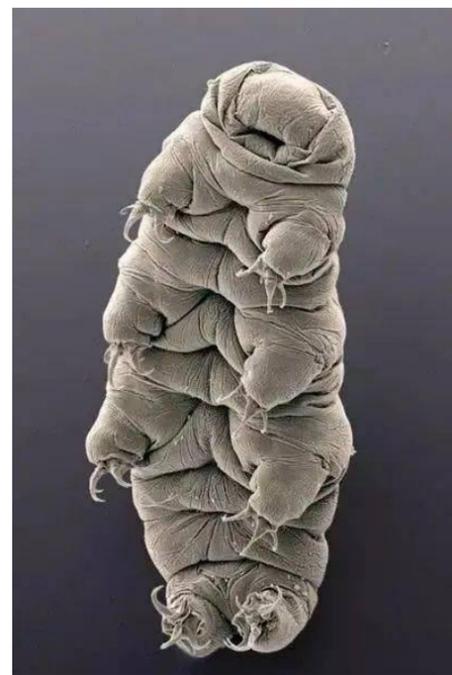
睡美人 1 号和 3 号产下的后代依旧能正常繁殖，并在研究人员的培养之下延续了好几代。它们似乎对自己祖辈的传奇经历一无所知，看上去和普通的水熊虫也没有什么两样。

“睡美人”的后代之一，这些后代们看起来毫无异常。肚子里的一团绿色证明它刚吃了一顿藻类大餐。 | Megumu Tsujimoto

“沉睡”的新纪录

水熊虫的隐生状态有“不死光环”，但这种无敌状态并不能一直延续下去：代谢虽然近乎停止，但这阻挡不了氧化对细胞结构和 DNA 分子的破坏。在此之前，水熊虫在室温下的隐生最长存活纪录是 9 年，曾有学者推测，隐生水熊虫在有氧环境下的生存极限应该在 10 年左右。

而这一次，三只“睡美人”撑过了 30 年之久。这还得感谢那个 -20℃ 的冰柜：低温减



慢了化学反应的速度，也使得氧化损伤被控制在一个较低的水平。不过，要想修复这些损伤也不容易，三只水熊虫较长的回复期便是一个证据。

遗忘在冰箱角落的标本给研究者们带来了意外的发现，下一步，他们还将更加可控的条件下进一步研究水熊虫的复活原理。