

## 科技与艺术的完美结合

## 惊艳！《伟大征程》视觉效果源于这项“黑科技”

□ 科普时报记者 陈杰

“这场演出无疑是科技与艺术完美结合的产物，用震撼的历史影像和情景交融的艺术时空，于舞台的方寸之间书写出一部气势浩荡、波澜壮阔的英雄史诗。”

7月1日晚，庆祝中国共产党成立100周年文艺演出《伟大征程》播出后，各界好评如潮，而网络一位网友的上述评价似乎更加中肯。这场演出综合运用了声、光、电展示演示技术以及CG动画、即时摄影、沉浸式AR、5G太空连线线和舞美造型等多种艺术手段，生动再现伟大的中国共产党带领全国各族人民进行革命、建设、改革的波澜壮阔的征程和壮美画卷。

## 首次经受“实战”考验 带来全新感官冲击

《伟大征程》给观众带来的不仅仅是壮美的视觉体验，更多的是全新内容展现模式带来的惊艳和震撼，而这得益于这场大型舞台剧“即时摄影、瞬时导播、实时投屏”的创新构思，全球首创的“戏剧表演5G即时电影拍摄”技术第一次接受“实战”考验。

“传统的电视直播通常采用有线或者卫星回传的方式，通常在3—10秒甚至更大的时延。而《伟大征程》直播对时延要求很高，必须缩短至毫秒级。”中国移动咪咕《伟大征程》技术团队负责人在接受记者采访时表示，中国移动针对本次活动打造了5G专网，5G传输采用全国首创2.6G+4.9G混合超窄波束组网模式，从而将时延控制到毫秒级。

这些技术的实现，需要极为稳定的5G即时传输技术和超高清拍摄制作技术同步保障。在中国移动全球首款超低时延5G背包建设的5G边缘计算视频专网，以及超高清技术保障下，视频业务端到端时延下降了

80%，且抗干扰性更好。

“5G即时电影拍摄技术是通过将现场的多台4K摄影机的4K输出画面信号，以5G方式无线传输到远端的导播台，再由导播通过远程制作方式实现多画面的拼接，完成4K电影的创作。”4K花园副总裁兼4K前端技术总工程师于路接受记者采访时表示，这套方案实际是使用了4K现场转播系统作为基础，在信号传输方面利用5G技术替代了过去的有线光纤或者无线微波设备，借助于5G的大带宽和低延时特性，保证了高质量、高码率超高清视音频信号传输，既能解决现场布线的繁琐，还能达到有线传输的高质量，是5G超高清直播技术的一次典型应用。

此外，5G即时电影拍摄技术的使用，实现了《破晓》节目中于和伟和张桐同台表演，陈独秀和李大钊跨越时空再次“同框”，让观众同时当下与历史中自由穿梭，沉浸体验百年之巨变；情景歌舞《强军战歌》、童声合唱与舞蹈《命运与共》等节目场景中，“子弹时间”的运用则仿若让时空定格，以电影特效的方式展现出大型情景史诗之美。

## 5G+超高清技术将创造更多可能

从《伟大征程》的成功不难发现，这种全新的“即时摄影、瞬时导播、实时投屏”的摄制解决方案，将为大型演出和室内演出开创一种全新的艺术呈现模式，极大地拓展了5G技术在传统文艺演出和舞台艺术方面的应用空间。

咪咕《伟大征程》技术团队负责人表示，得益于5G才有了大带宽、低延时、超高清的视频的要求和需求，为首次尝试这种新的拍摄方式提供了网络服务和技术创新、艺术创新的保障。

伴随着5G技术逐步推动和发展，在视频制作领域，如何利用好5G技术作为有效工具，用于提升生产效率和交互方式，已经成为业内共同探讨的话题。

于路认为，随着云端后期制作、远程直播等专业制作领域应用场景的兴起，5G技术成熟将带来更多可拓展的空间。“通过5G传输，直播工种可以通过云端协同的方式，实现异地参与制作，组建敏捷团队。然后随着项目结束，团队自动解散，快速进入下一个制作项目。这样的生产流程，可以让更多拥有丰富经验的高水平制作人员，摆脱旅途劳顿，投身于更多项目中，最大限度发挥自身价值。这也是云制作最大的意义所在。”

让更多优质内容可以实现高效和低成本的生产，同时新的制作方式和理念也可以提升内容创作的灵活性。越来越在意视频文化内容品质与体验升级的观众而言，新技术将带来品质内容更为广阔的想象空间。

《伟大征程》所呈现出来的超高清、沉浸式、多视角特性，其实并非5G+超高清的全部手段，诸如自由视角、VR多视角等更多特性，则早已被产业界多次运用于像晚会盛典、体育赛事、游戏直播、文化旅游等场景，而需求更为刚性的智慧教育、智慧医疗产业也在等待着AR、VR技术的快速迭代而全面跨入5G+4K+VR+多视角的门槛。

咪咕相关技术团队负责人表示，产业链各行各业应该把握5G移动通信技术重大发展机遇，全力推进5G和超高清的协同发展。“应该让5G创新应用、场景服务大众，不断满足人民群众在日常生活中的各种基于5G应用的需求。”



图为庆祝中国共产党成立100周年文艺演出《伟大征程》现场 新华社记者 邢广利 摄

## 鸟巢焰火字符“100”是如何打出来的

6月28日晚，庆祝中国共产党成立100周年文艺演出《伟大征程》在国家体育场盛大举行。“鸟巢”上空，288秒烟花秀万众瞩目，给人留下深刻印象的数字“100”和“1921—2021”的序号，是怎么打出来的？

焰火燃放指挥部执行副总指挥李六三揭秘说，此次焰火燃放分别在鸟巢屋顶东半部阵地，以及鸟巢东侧湖景东路、湖景西路两个线型阵地。在鸟巢屋顶东半部阵地，共有241个燃放点位，打的是1.5寸口径的焰火；在鸟巢东侧的“两线”，一个是湖景西路的高空特效阵地，长度为281米，由12个发射阵地组成，一个是湖景东路高空礼花阵地，长度为525米，由8个发射阵地组成。

李六三解释称，大家看到的数字“100”，以及最后“1921—2021”的序号，都是由湖景西路的高空特效阵地打出来的。数字“100”由三组发射装置分别

打“1”和两个“0”，“1921—2021”中有8个数字和一个“—”符号，是由9组发射装置分别燃放组合完成。

来自湖南浏阳的东信烟花是本次演出唯一的焰火燃放单位。此次焰火表演的技术负责人、东信烟花集团副总经理刘勇章，在介绍这些字烟花的燃放原理时说，这与2008年北京奥运开幕式上的“大脚印”类似，即用礼花弹直接在天空中打出来，图案是在生产线上就造好了型的，燃放时利用地面炮管对预设图案发射，同一平面同时绽放。

在谈到烟花发射高度时，李六三说，“100”造型的每个数字高84米、宽40米，“1921—2021”每个数字高48米，鸟巢里的观众看天空时视野范围呈椭圆形，如果发射的焰火超过椭圆形的上沿，或低于下沿，观众就看不见，经过精密测算发射高度在140米到280米之间的烟花，可以保证进入鸟巢观众的视野。

(本报综合报道)

## 元素家族

铬，元素周期表第24号元素。

1797年，法国化学家沃克兰从红铅矿和盐酸反应的产物里提取出三氧化铬，并用木炭和铬酸共热成功还原出金属铬。由于铬的氧化物在溶液中能产生非常多的颜色，于是他将其命名为铬。随着人们对铬的进一步研究，发现很多物品的颜色都与铬元素有关，例如红宝石是掺杂了铬的结晶氧化铝，蓝宝石中的粉红色也来自氧化铝晶格中的微量铬，祖母绿的绿色也是因为少量的铬元素。

铬的配合物能缓慢地交换配体，一旦配体改变，水溶液的颜色也随之改变。例如，当人们把氯化铬六水合物溶于水，可以得到一种绿色的溶液，但是第二天再看时溶液颜色会变成蓝紫色的。在蓝色的二氯化铬中加入乙酸盐，能快速析出红色的具有铬—铬四重键的乙酸盐。于是，科学家们可以轻松通过铬的配合物及条件来调控溶液的颜色。

这些颜色让人想到，利用颜色变化快速检验某些物质。例如，重铬酸钾是橙色的，不溶于酒精，但是酸化的重铬酸钾遇到酒精时颜色会由橙色变为灰蓝色，正好可以用于检验司机是否酒后驾驶，也可以在化学生物中检验是否有酒精生成，检验结果又快又准。

铬是人体的一种必需微量元素。正常人体内含有六七毫克铬，主要从食物中摄取，缺少铬元素和铬元素过多都会对人体有影响：含铬丰富的食物，可以增强胰岛素的效果，预防糖尿病；缺少铬元素，糖类物质就不容易代谢，还会影响人的视力。特别是处于生长发育旺盛的青少年，因此要多吃含铬的食物，如粗粮、红糖、蔬菜及水果等食物，精加工则容易损失食物中的一部分铬元素。

铬的毒性与铬的存在价态有关，六价铬比三价铬的毒性高100倍，而且还更容易被人体吸收并蓄积。自然界中往往以三价铬离子为主，对人体无害；六价铬对人体主要是慢性毒害，容易积聚在肝、肾和内分泌腺中，以局部损害开始逐渐发展到不可救药。六价铬污染严重的水，通常呈黄色，根据黄色的深浅程度可判断受污染程度。铬元素的污染源主要是含铬矿石的加工领域，如金属表面处理、皮革鞣制、印染等生产领域排放的污水。

铬为不活泼金属，在常温下对氧气和水都是稳定的，能与氟气发生反应生成三氟化铬。19世纪20年代，人们发现铬添加到钢铁中可以防锈，不过那时的钢铁中含碳量比较高，含铬的铁制品都比较脆，实用性不高。到19世纪90年代，人们进一步降低了钢铁中的含碳量以后，惊奇地发现含有8%铬和18%镍的钢能够很大程度地防锈，这种配比的常规不锈钢很快得到广泛应用。直到今天，人们已经研制出了多种规格的不锈钢和合金钢。不仅如此，铬还可以电镀到某些金属表面，保护内部金属不被腐蚀，而且光亮美观，使铬大量应用于家居、汽车、建筑等领域。

(作者系武汉市第二十中学化学教师、武汉市科学家科普团成员)

## 全球大气二氧化碳浓度分布均匀吗

□ 邓祥征 张帆 陈玉鑫

过去，人们一直认为大气中的CO<sub>2</sub>浓度是均匀分布的，并基于此假设建立了一系列全球和区域的气候经济模式。面对全球不断变化的气候条件，国家重点研发计划“碳排放和减碳的社会经济代价研究”项目组，对CO<sub>2</sub>浓度均匀分布的假设提出了疑问：全球大气中CO<sub>2</sub>浓度真的是均匀分布的吗？

经过研究发现，大气中CO<sub>2</sub>浓度在很长一段时间内的分布是非均匀的。美国于2014年发射了OCO-2卫星，于2015年公布了首张全球CO<sub>2</sub>分布图，其观测数据揭示了全球大气CO<sub>2</sub>浓度空间非均匀分布的事实，中低纬度部分地区的大气CO<sub>2</sub>浓度突破了400ppm(百万分比浓度，1ppm=

0.0001%)。中国于2016年发射的拥有探测叶绿素荧光信号能力的碳卫星，是国际上第三颗具有高精度温室气体探测能力的卫星，基于其独特的遥感反演算法，获取了首幅中国碳卫星大气CO<sub>2</sub>全球分布图，揭示出由于人为排放形成的北半球CO<sub>2</sub>浓度高、南半球浓度低的特征，同时也直观地反映出全球大气CO<sub>2</sub>浓度空间非均匀分布特征。

大气CO<sub>2</sub>浓度非均匀分布的事实，主要与两个方面息息相关：首先与升温的关系。不同浓度的CO<sub>2</sub>会产生不同强度的温室效应。我们通过分析全球大气CO<sub>2</sub>浓度非均匀分布与升温的统计关系发现，相比于均匀分布，CO<sub>2</sub>浓度的非均匀分布会在

局部地区抑制碳排放的升温效应，碳排放增加10%对升温的影响减少0.05—0.08℃。其次与社会经济的关系。全球变暖对生态系统、人类的经济社会系统产生了巨大的威胁。为缓解气温升高的速度，各国签订了一系列条约来限制和减少CO<sub>2</sub>等温室气体的排放量，减排势必会对经济的发展造成一定的影响。我们测算了现行减排目标下各国的经济损失。研究发现，CO<sub>2</sub>浓度非均匀分布情况下较均匀分布估算的GDP损失存在明显差异，有些国家估算的GDP损失被低估，而有些被高估。

在大气CO<sub>2</sub>浓度非均匀分布方面的科学认知，不仅拉开了我们对于大气CO<sub>2</sub>分布认知的迷雾，更具有科学的前瞻性，对

于支撑国家应对气候变化，早日实现“碳中和”目标也有着积极的现实意义。

(第一作者系中国科学院地理科学与资源研究所研究员，第二作者系中国科学院地理科学与资源研究所助理研究员，第三作者系中国科学院地理科学与资源研究所研究生)



## 植物和土壤为什么能互换储碳能力

撒·特雷尔和同事的研究表明，事实可能并不是这样。他们通过分析108个提高了二氧化碳水平的实验数据，发现一种相反的关系：当植物生物量随二氧化碳水平升高而增加时，土壤的储碳量反而会下降。在他们的实验中，二氧化碳水平升高会使草地土壤的储碳量增加约8%。

论文作者指出，这种互为消长的关系可能与植物获取营养的方式有关。生长过

程中，植物的根部会从土壤中汲取营养元素。而论论文者认为，这可能会降低土壤的固碳能力。

(孙自法)



## 成功出舱！太空行走有多难？

(上接第1版)

穿“飞天”服时要把臀部放在航天服的背包沿上，接着双腿伸进航天服的下肢，然后关闭背包门，把自己裹在庞大的舱外服中。

这次神舟十二号航天员是穿着进行了大量改进与升级的新型“飞天”舱外服。例如，它可支持更长时间的舱外活动，从第一代“飞天”舱外服的4个小时增加到8个小时；航天服头盔上配有摄像机，可以全程记录航天员舱外操作过程；重复使用次数更多，关节处更加灵活，航天员戴着手套由第一代可以握持直径为25毫米的物体提升为握持直径大约为5毫米的物体。舱外服的整体效能、可靠性、舒适性有了进一步提高，舱外服的操作动作和信息识别更加迅速、准确，科技感更强，同时具有中国的审美识别性。

## 如何训练太空行走

太空行走技术非常复杂，因此必须进行大量的训练。其中最重要的训练是在水槽中进行，因为这种方法可以给航天员提供模拟失重的训练环境，是最为有效的训练手段。

我国航天员中心的中性浮力水槽呈圆形，直径23米，深10米，为亚洲最大。在水槽训练时，需通过调整航天员水槽训练服上的配重铅块，使航天员既上浮上来也不沉底，从而模拟失重环境的操作效应。

水槽内有1:1的核心舱模型。通过中性浮力水槽训练，可使航天员体验和熟练掌握模拟失重状态下身体的运动与姿态控制，以及出舱活动操作的特点、方法、

技巧和技能，包括开关舱门、出舱和进舱、舱外行走、舱外作业等单项操作技能训练，还有安装新的设备、修理和更换部件以及舱外救援训练等。由于太空行走技术非常复杂，所以凡是要在舱外进行的操作，一般都要在水槽内练习60次左右。

在太空失重环境中，航天员要靠手把扶住周围的某些物体，用手“走”，因此需要航天员的上肢肌力和耐力较大，这就要求航天员在飞行前要加强上肢力量的锻炼。神舟十二号乘组加强了体能训练、上肢力量训练和核心力量训练。航天员在水槽里训练时，要穿200多公斤的水槽训练服在水下训练几个小时，最初训练结束后累得连筷子都拿不住。另外，男女航天员的训练标准是一致的，王亚平等两名女航天员最初也面临巨大挑战，但经过训练后都没有问题了。所以今明两年，我国太空行走第一女航天员有可能问世。

## 太空行走难在哪儿

太空行走技术难点有三个：一是太空无路可走；二是航天员在失重状态也没法用腿行走，主要是靠手；三是舱外环境十分恶劣，必须使用复杂而可靠的出舱活动系统来克服空间环境的影响，如果出舱活动系统中某个重要部件出现故障，就有可能危及航天员的生命安全。

另外，在太空行走时人体运动和作业规律完全不同于地面，也有别于舱内，所以要掌握在太空中的运动与控制技术，最重要的是让航天员在失重状态下将身体保持在一定的位置。靠手把扶住周围的某些物体。因此航天员手、手腕和手臂的肌

力和耐力十分重要，这就要求航天员在飞行前要加强手、手腕和手臂肌力的锻炼。在航天器里外都安装了一些扶手，航天员可用手握住一个一个扶手来回移动身体。

其实，航天员进行太空行走时大部分时间是从一个工作位置移动到另一个工作位置，因此在太空行走中如何有效地进行身体移动是一项非常重要的技术。

在太空失重环境中移动身体，关键的是要慢、要小心谨慎、要不慌不忙，同时要控制好自己的身体，不要接触到任何飞行中的物体，不要快速移动，否则会产生不必要的旋转……

太空行走与在模拟失重水槽中的训练还不完全相同。在水槽中训练时，由于水的阻力较大，所以航天员做动作时比较缓慢。但是在太空行走中没有阻力，动作灵活性增强而容易，比如拧一个螺丝，如用力太大可能跟着旋转。

所以在移动身体和操作时要慢一些，在太空中控制和移动身体跟在地球上还是不一样的，需要航天员去体验，真正的情况只有在太空实际操作中才能体会。

## 太空行走曾出现过哪些险情

至今，虽然在太空行走中没有出现过人员伤亡的情况，但在行走时遇到了许多危险。其中最危险的一次就是1965年“太空行走第一人”列昂诺夫出舱后，因舱外服的限制层发生故障，使服装鼓了起来，差点没能返回舱内。

在太空特殊环境下，航天员容易得空间运动病，对太空行走影响较大。1969年3月，“阿波罗9号”航天员施韦卡特在升

空第二天准备出舱时突然呕吐，这表明他患了空间运动病，为此推迟了出舱的时间。因为如果在太空行走过程中呕吐，呕吐物会飘在头盔内没法处理，并可能被航天员吸入肺中造成严重后果。为了减少空间运动病的影响，现在航天员一般是在上天后的第三天才太空行走。

气闸舱舱门的好坏直接关系到航天员的生命安全。1990年7月17日，两名俄罗斯航天员经过“量子号”气闸舱走出“和平号”空间站，他们在气闸舱还未完全减压到0时就打开了舱门，结果在舱门打开时舱内气体涌了出来，损坏了门的铰链，最后只能通过应急气闸舱关闭了内舱门。

最常见的问题大都与舱外航天服故障有关。2013年7月16日，意大利航天员帕尔米塔诺在太空行走时由于突遇头盔漏水故障而差点儿被水淹死，后来他使用安全绳才把自己“拉”回了国际空间站气闸舱内舱门。

最令人头疼的是人为失误对太空行走所造成的影响。1977年12月20日，联盟二十六号航天员格里奇科在气闸舱内辅助罗曼连科进行太空行走。当罗曼连科把头伸出舱门外，身体即将离开空间站时，格里奇科发现他没有系安全带，并手疾眼快地一把拽住了他。实际上罗曼连科还是系了安全带，只不过后来松开了。

简言之，太空行走技术正方兴未艾，未来主要突破是在小行星和火星上的太空行走技术，研制出既安全可靠又轻便灵巧的新型舱外航天服。

(作者系全国空间探测技术首席科学传播专家)