责任编辑 刘梦妮

还原两千年前的"中国紫""中国蓝"

中国考古工作者努力数十年"保鲜"还原秦始皇帝陵兵马俑的"中国色彩"

"草茫茫,土苍苍。苍苍茫茫在何处,骊山 脚下秦皇墓。

43年前,中国考古工作者小心翼翼地用 铲子、刷子和棉签打开已尘封两千多年的黄 土,一个震惊世界的神秘地下军阵在陕西临 潼重现世界。

威名赫赫的秦帝国就这样露出了它绚烂 的冰山一角:朱红、紫红、粉红、粉绿、粉紫、粉 蓝、桔黄、黑、白、赭……一尊尊神态各异的兵 马俑军阵俨然,仿佛仍在守护着大秦帝国。

然而,这些两千多年前的"中国色彩"却 只维持了短短几分钟,甚至只有15秒——须 臾之间,颜料纷纷脱水、起翘、剥落。

"惊叹之余,你甚至连拍照的时间都没 有!"秦始皇帝陵博物院研究员、文物保护部 主任夏寅说。

站在秦始皇帝陵博物院展厅一隅,夏寅 向记者讲述了一个多数世人未曾见过、埋藏 在地下 2000 多年的多彩世界,一个中国考古 工作者努力数十年还原秦始皇帝陵兵马俑的 "中国色彩"的故事。

历史的颜色: 五彩斑斓

1974年3月29日,临潼县西杨村,当地 农民打井时发现一些陶俑碎片。当年7月15 日,陕西省组织考古队进驻西杨村,随后兵马 俑被发现。当年的领队袁仲一今年已经85岁 高龄、被称为"兵马俑之父"。

兵马俑的发现震惊了世界:这个来自秦 朝的泱泱军团"势若彍弩,节如发机",似乎只 待一声令下,就将"若决积水于千仞之豁",汹 涌澎湃,触之者摧。

深埋地下两千多年,突然重现世界,兵马 俑那些令人窒息的"穿越"画面,那些承载了丰 富历史的色彩以及它们的昙花一现,给参与 发掘的考古工作者留下难以磨灭的深刻记

"每个兵马俑其实都有颜色。经过两千多 年的深埋,那些保存下来的颜料出土后 15 秒 就开始变化,4分钟内就完全脱水、起翘、剥 落,有的就遗留在泥层上。"夏寅说。

1987年,秦始皇帝陵和兵马俑被列入世 界文化遗产名录。1988年,兵马俑第一次大 规模发掘的学术报告——《秦始皇陵兵马俑 坑一号坑发掘报告(1974-1984)》出版,其中 多处提到了兵马俑为彩绘这一事实。

历经数十年的发掘、观察、研究和分析, 袁仲一对已经出土的 2000 多件兵马俑了如 指掌。"每个俑,我都看过,做过发掘记录。高 矮胖瘦、穿什么衣服、出土时的颜色、梳什么 发式、穿什么鞋子,我都熟悉。

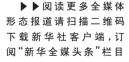
假如时光可以倒流,人们会看到它们原 本形象多彩绚丽:朱红、枣红、紫红、粉红、深 绿、粉绿、粉紫、粉蓝、中黄、桔黄、黑、白、赭, 有十几种颜色。

"陶俑和陶马埋在地下两千多年,经过火 烧水淹,其彩绘涂层会老化、剥落。秦人在给 兵马俑上色前,先刷了一层生漆,起到黏合和 突出颜色的作用,在发掘时生漆由于失水会 卷曲剥落,因此要异常小心,须用竹签、手术 刀、镊子、棉球等细小工具进行。这是一项极 其精细的科学工作,容不得丝毫马虎。"袁仲

与兵马俑的初见,让当时42岁的袁仲一 惊叹。他后来在《长相思》一文中写道:"一把 铲,一条绳,探幽寻秘骊山陵,朝朝暮暮情。腰 如弓,铲声声,奇珍异宝一宗宗。谁知精血凝? 石滩杨,荒漠漠,秦皇御军八千多,寰宇俱惊 愕。人似潮,车如梭,五湖四海秦俑热。夜长人

时光飞逝。袁仲一早已退休,仍不时受邀 回到他曾俯首半生的兵马俑军阵,和年轻一 代考古人一起剥落尘土,期望让历史的色彩 更清晰地展现在世人眼前。















▲"留住色彩——陶质彩绘文物保护成果展"上展出的保护修复后的彩绘俑头(9月1日摄)。 新华社记者邵瑞摄

当年: 绚烂褪去

43年前,刚出土的兵 马俑军阵的"中国色彩"只 维持了短短几分钟,颜料 就纷纷脱水、起翘、剥落

现在:"保鲜"还原

近年来, 文物保护工 作者找到了对秦俑彩绘进 行加固的方法,成功有效 地保护了随后出土的珍贵

未来: 色彩之谜

秦始皇陵目前只发掘 了 1% 左右,也许要上百 年甚至更久,那个谜一样 的彩色世界将全部呈现在

中 国 考 古 工 作 者 努 力 数 十 年 还 原 秦 始 皇 帝 陵 兵 马 俑 的 " 中 国 色 彩 "

时空的穿越: 绚烂褪去

在秦始皇帝陵博物院,14260平方米的 一号坑如今伫立着 1000 多件兵马俑,军阵整 体向东,呈现出厚重的灰黑色。这符合很多人 对秦朝历史的认知,也是很多人通过照片看 到的兵马俑色彩。

对中国考古工作者来说,兵马俑的发掘 和保护成为千古难题。其中,颜色脱落和土遗 址的损毁问题最难攻克。

环境变化是导致兵马俑迅速褪色的主要 原因,而随后的保护还面临微生物和可溶盐 带来的破坏。在电子显微镜下,一簇簇白色的 "花朵"在文物表面绽放。这是广泛存在于空 气、土壤中的霉菌孢子, 当温度湿度等达到生 长条件后,就会飞速生长。有些霉菌的生长会 分泌色素和产生酸碱等有害物质,沉积在文 物表面上,影响文物的外观并造成损害。

同时,陶质彩绘文物表面会凝结一层白 霜般的可溶盐,对文物造成不可逆转的损伤。 温度湿度稍有变化,可溶盐就会反复结晶和 溶解,导致文物胎体和彩绘空隙变大、强度降 低。哪怕是轻轻地触碰,也会让文物表面如同 酥脆饼干一般剥落。

"环境变化、微生物、可溶盐,是使兵马俑 褪色的三大敌人'。"夏寅说,"地底下的湿度和 温度不同,文物的颜色如同有了保护体,被挖 掘出来之后表面很快失水,漆面迅速卷曲剥 落,令人惋惜。在发现兵马俑之初,当时的科 学技术还没有能力保护兵马俑绚丽的色彩。"

科技的力量: "保鲜"还原

为了弥补兵马俑迅速褪色这个遗憾,上世 纪八九十年代开始,中外科学家开展了长达多 年的研究与合作,并有了令人意外的发现。

上世纪八九十年代,美国弗利尔研究所 的伊丽莎白·菲兹胡等人第一次从汉代陶器、 青铜器彩绘及颜料中分析出蓝色和紫色硅酸 铜钡,并命名为汉紫、汉蓝,也称"中国紫""中 国蓝"。经过多年艰苦攻关和科学研究,中国 考古工作者也在上世纪90年代取得突破,首 次在兵马俑的彩绘中发现了人工合成的"中 国蓝"和"中国紫",将中国人工合成颜料的历 史推前了许多年。

"硅酸铜钡是中国蓝'和中国紫的典型 中国特色'。"夏寅说,它们的特点是人工合 成,将石青、石绿、重晶石、石英等物质混合, 在一千摄氏度左右的温度下进行反应,生成 新的物质硅酸铜钡。

秦始皇帝陵博物院院长侯宁彬介绍,博 物院和德国巴伐利亚州文物保护局上世纪90 年代开始联合攻关,保护秦俑表面的颜色,经 过不懈努力,现已基本解决了这个难题。

据介绍,近年来,文物保护工作者成功地 找到了运用聚乙二醇与聚氨酯乳液联合处理 和单体渗透——电子束辐射聚合这两套保护 方法对秦俑彩绘进行了加固,成功有效地保护 了随后出土的珍贵彩绘陶俑,不但使以后出土 的兵马俑保留色彩成为现实,也为中国众多陶 质漆底彩绘文物提供了全面的技术保护。

在最近几年的发掘中,带有油漆的兵马 俑甫一出土,就被喷上PEG防腐剂,并用塑 料膜包裹,以保持湿度。而色彩最为丰富的兵 马俑,则与周围的土块一起被移送至现场的 实验室,进行更为科学精细的处理。

为了把最先进的科学技术应用于兵马俑 保护,秦始皇帝陵博物院如今已成立了扫描 电子显微镜实验室、微生物实验室、显微分析 实验室等5个专项实验室,以及彩绘文物保 护实验室和综合修复实验室等,先后获国家 文物科技保护和技术创新一等奖,在修复技 术、粘接材料等方面也获得多项国家专利。

"新的色彩保护技术至少能将文物出土 时的颜色保存十年以上。"夏寅说。

色彩之谜:期待未来

随着现代科技飞速发展,留住兵马俑令 人惊叹的绚丽色彩已经实现。随着研究深入, 专家发现,秦人对色彩的使用颇有章法,但仍

据《史记·秦始皇本纪》记载,秦始皇统一 六国后,把黑色作为最尊贵的颜色,"衣服旄旌 节旗皆上黑"。然而,兵马俑的服装却是多彩 的。据统计,兵马俑的服饰上有粉绿、朱红、枣 红、粉红、天蓝、白色、赭石等十几种颜色,尤 以粉绿 朱红 粉紫 天蓝等四色数量最多 这 一发现是否与"秦人尚黑"的记载相矛盾呢?

"中国历史上各朝代对颜色的崇尚都不 太一样。颜色的使用和民俗、文化有关。有种 说法认为秦崇尚黑色,但从对兵马俑发掘的 情况来看,秦对颜色的崇尚实际上可能存在 多样性。"侯宁彬说,"将军俑使用的颜色种类 更多、更鲜艳,士兵俑使用的颜色少而且只局 部简单描绘,显示出秦代的等级观念。"

"我们将兵马俑分为四个等级,将军俑目 前只有9件,颜色使用很复杂,表现深刻细腻 且有张力。中级军吏俑、下级军吏俑、士兵俑 使用的颜色相对简单,但是有动作的俑,像跪 射俑的颜色也很生动,说明当时工匠对颜色 的运用有规则标准、手法灵活。"侯宁彬说。

·尊色彩保存较完整的跪射俑足以体现 兵马俑服饰的艳丽:身穿粉绿色长袄,外披赭 色铠甲,铠甲上缀着朱红色甲带和白色甲丁, 下身穿着天蓝色裤子和粉紫色护腿。

袁仲一认为,古代服饰的颜色有时尚色 和流行色两种。时尚色即当时最为崇尚的颜 色,带有浓重的时代特征和政治色彩,例如黑

色就是秦王朝的时尚色。当时,帝王在祭祀或 朝会中穿的礼服、重大活动中使用的旌旗、国 家使节使用的信物等在国家活动中扮演重要 角色的物件均为黑色。而流行色则指当时社 会广大民众所穿衣服的颜色。 "因此,不能把秦王朝尚黑,理解为社会

各阶层的人一律都穿黑衣服。"袁仲一说,"透 过秦俑明快鲜艳的颜色,我们可以触摸到秦 人的情感与心灵是热烈的、朝气蓬勃的,而不 是低沉的、悲哀的。" 通过化学分析工作,文物保护修复专家

还发现,在秦兵马俑身上珍贵的"中国紫"是 一种在自然界没有找到、需要人工合成的色 彩。因为合成难度大,"中国紫"稀有且珍贵。

"两千多年前,秦人就能够通过矿物质人 工合成颜料,非常了不起,足以说明秦代技术 的发达。这类技术难度在秦俑的烧制上也有 充分体现。"夏寅说,人类在进入工业社会以 前,有三种非常重要的人工制造的蓝紫色颜 料,分别是"埃及蓝""中国紫"和"玛雅蓝"。

夏寅介绍说,"中国紫"的成分为硅酸铜 钡,不但需要人工合成,而且由于性质不稳 定,在合成过程中对于材料配比和温度掌控 要求非常高。因此,古时只有高级别的人物才 能使用这种颜料。他曾对全国 11 个省区的超 过千余件彩绘文物样品进行分析,发现"中国 紫"的使用随着秦人的发展足迹扩展,也随着 秦的灭亡而逐渐消失,只存在于西周到两汉 的 1000 多年里。

对于它的消失,夏寅推测,这种颜料的制 备技术可能只掌握在高级国家机关手中,随 着两汉之后中国进入了一个漫长的分裂割据 时期,这种先进的制备工艺失传了。

"即便今天在现代实验室里制备这种色 彩,也仍然难以把握。"夏寅说,"秦人如何掌 握这种矿物质合成技术?又为什么要调制出 中国紫'这种自然界罕见的颜色?含义是什 么?这是未解之谜。因为中国史书没有对这两 种色彩的记载。

如今,游客们已有幸欣赏到兵马俑出土 时的多彩模样,如黑色的头发、红色的发带、 粉色的脸庞、黑色或者褐色的眼睛、紫色的衣 服和蓝色的袖边……今年8月,借助互联网 科技,秦始皇兵马俑数字博物馆正式上线。人 们可以通过 200 亿像素的"超高清级别"照 片,去观察和分辨兵马俑身上残存的古老"中 国色彩"。"我们对整个秦始皇陵的发掘部分 只占总体的1%左右,可能仅了解冰山一角, 很多东西都在地下。因为科技手段的局限性, 加上很多不可预知的因素,我们宁愿它暂时 存在地下。"侯宁彬说,"等所有真相大白于天 下,那个谜一样的彩色世界全部呈现在世人 面前,也许要上百年,甚至更长时间。"

(记者沈虹冰、杨一苗、蔡馨逸) 新华社西安 9 月 16 日电

15 日是个普通的日子。即使你们 仰望天空,恐怕也无从感知遥远的土星 云端发生的惊心动魄:我,"卡西尼"土星 探测飞船,即将耗尽燃料,正以每小时 超过11万公里的速度,冲入土星大气。

高热让我开始剧烈抖动,我拼尽全 力,想尽可能告诉你们更多关于土星系 的奥秘和传奇。我努力将手臂指向你们 所在的方向,传输着最后的数据,直至 粉身碎骨、灰飞烟灭。

就在确认我已终结20年太空之旅 的那个瞬间,美国航天局下属的喷气推 进实验室里的探测项目主管流下眼泪, 就要解散的项目团队相拥告别,就连互 联网上的人们也在伤感惋惜。

你们都在说:永别了,"卡西尼"

与地球的遥远距离,让你们在80 多分钟后的美国东部时间 15 日 7 时 55 分(北京时间 15 日 19 时 55 分)才得以 听到我最后的声音。穿越时空的无线电 信号,在时空中长久回响。说再见,并不

我一遍遍地告诉地球:请不要为我 哭泣。如同流星划过天际,在13年的土 星系探测之后,现在,我已与其融为一

1997年10月15日,我从美国佛 罗里达州卡纳维拉尔角升空。前进道路 曲折坎坷。在太阳系最初7年的旅程 中,不少天体曾给予我帮助。我造访过 的金星、地球、月球、小行星和木星,都 曾用自己的引力助我一臂之力,让我最 终于 2004 年抵达土星轨道。

定居土星系的13年间,我曾发现 土卫二存在全球性海洋,探测到这颗卫 星具备生命存在所需要的几乎所有条 件;我也曾127次飞掠土卫六,探测到 这颗卫星存在的液态甲烷环境,感觉它 有点像我的家乡……

我的告别演出开启于今年4月。从 那时起,我连续22次在土星和土星环 之间穿越。在最后一次椭圆形轨道旅行 中,我冲向土星,并直接在土星大气中 取样,尝试帮助人类揭开行星形成和进 化之谜。项目团队说,这些都是前所未

美国航天局副局长托马斯•楚比兴 在一份声明中赞扬我说,近20年间,"卡 西尼"探测任务大幅刷新了人类对土星、 环境和生命的认识。

与土星相伴的13年间,我曾发给你 们大量数据资料,仅图像就差不多40万 张。科学家依据这些信息,已发表了约 4000 篇科学论文。美国航天局还依据这些信息设计了前往木卫

二的探测计划,以及未来十年间的其他太空探测项目。 不过,这并不是我的全部贡献。正如项目科学家琳达·施 皮尔克所说,"卡西尼的馈赠将让我们受益多年。它穷尽一生 发回的大量数据,我们今天仅知皮毛。

为

我

哭

中国行星科学家崔峻从 2006 年就开始参与研究我的项 目。他恋恋不舍地说:"我和我的学生们现在手里还有多篇基 于 '卡西尼'数据的论文正在修改,我相信在未来的 10 年甚至 20年,这个过程会一直持续下去——项目可以结束,科学永 无止境。"

事实上,我是个典型的国际合作项目。过去20年间,有 十几个国家参与任务,密切分工合作。正如崔峻所说,这是国 际深空探测发展的必然趋势,科学没有国界。

永别了,美丽的土星。永别了,美丽的地球。我止步于此, 但人类不会。有一天,你们终将再次与我相见,从我的身边, 前往那些我未曾涉足的远方。

(记者郭爽)新华社洛杉矶 9 月 15 日电

■新闻分析

无人驾驶汽车 何时驶入现实

随着多款无人驾驶原型车在2017法兰克福车展亮相,人 们再次聚焦无人驾驶的未来有多远?德国博世集团董事会主席 福尔克马尔·登纳说:"无人驾驶时代比预期来得更快。 博世集团董事会成员马库斯·海恩说,目前无人驾驶原

型车年年推陈出新,而一系列已投入应用的过渡技术,如辅 助驾驶、自动泊车等正在让无人驾驶一步步走向现实。 在本届法兰克福车展上,奔驰、大众、大陆等汽车制造商

和零部件供应商均推出无人驾驶原型车。目前开发的无人驾 驶原型车以"机器人出租车"为主,主要提供门对门无人驾驶 戴姆勒集团旗下的梅赛德斯-奔驰公司展示了其共享交

通概念车,这款两座纯电动车实现了完全自动驾驶,也是戴 姆勒集团首款没有方向盘和脚踏板的汽车,未来将用于城市 点对点接送服务,并且可以拼车。 在大众集团的展厅,体验者向展出的概念车发出语音指

今后,它就会搜索回家路线,并自动前往。 博世集团的自动驾驶工程师伯恩哈德·芬琴告诉记者,

未来与汽车的交流方式可以很多样,可以做个手势,或给它 一个眼神,或直接说出想法,它就能自动完成所有指令。 无人驾驶车辆依赖传感器、摄像头、雷达等技术侦测周

遭环境。一些汽车零部件供应商利用自身在这些技术上的优 势积极研发无人驾驶技术。海恩认为,未来年年都会有无人 驾驶原型车推出,但无人驾驶不能一蹴而就,而是通过辅助 驾驶、自动泊车等过渡技术一步步走向现实。

目前一些投产车辆已配备辅助驾驶功能,例如堵车时的自 动跟车、高速公路自动巡航和自动停车等。海恩说,"近年来我 们看到愿意付钱选装辅助驾驶系统的汽车厂商越来越多",这 也是博世认为"无人驾驶比预期来得快"的原因之一。

在本届法兰克福车展上,一些零配件供应商还展示了驾 驶员分心提醒、车道错误提醒系统,以及完全用智能手机控 制的自动代客泊车系统。博世集团开发的自动代客泊车车库 也将于2018年与公众见面。

真正的无人驾驶还面临许多问题,包括安全可靠性、法 律法规、导航测绘技术制约等,要想在真实城市环境中上路 可能还有较长的路要走。 博世(中国)副总裁蒋健认为,要实现无人驾驶,还有法

律、信息安全等方面的障碍。比如,未来如果你的车违章了, 甚至出事故了,该怎么定责?车是你的,但开车的不是你,法 律上谁来负责?此外,没有你的控制,完全受软件支配的汽 车,万一被黑客入侵了,又会怎么样……这些都是未来要解 决问题。(记者田颖、韩冲、乔继红)据新华社法兰克福电

从深海 6000 米到读懂微表情

那些拓展人类探索自然边界的科技产品

新华社上海9月16日电(记者周琳)流 线型的身体,不需要螺旋桨就能在海底滑翔 30天:小小一个传感器,能拍下整个足球场 所有人的"微表情"。记者 16 日在上海举行的 "全国双创周"上看到,这些走出了实验室的 创新产品,正在不断拓展着人类探索的边界。

"海翼 7000",是中科院沈阳自动化所 "水下机器人"家族的一员,外形看起来好像 是红色的火箭。虽然个头不大,但是2017年 在马里亚纳海沟挑战者深渊,它成功下潜至 6329米,打破了由美国创造的水下滑翔机最 大下潜深度 6003 米的世界纪录。

该所博士生孙朝阳告诉记者,这也意味着 世界上97%的海洋,它都可以到达。这一水下 机器人如同科学家在海底的眼睛,可以探测出 海水的温度、深度、盐度等众多物理指标。

其显著的技术突破之一是基于碳纤维 复合材料的大深度耐压结构技术。孙朝阳举 例说,在6000多米深度里,压强已经达到了 60 兆帕, 类似于把 50 辆小轿车叠在一个手 掌上。要保护这一机器人肚子里的设备,就 要求它的外壳能抵御极大外力的压迫。

另一个突破则是大深度高效浮力调节技 术。一个靠螺旋桨推动的机器人,只能在水下 工作几十个小时。可"海翼"是靠浮力驱动的, 这一技术让它在水下运行轨迹呈较大的"V 字形",仿佛在坐一个很高的"过山车",每个 运动周期的顶点和底端进行浮力调节,让"海 翼"能够跑得更远、更节能,可以在水下连续 工作30天。

如果深海的探测,是为了解自然,那对图 像的识别则是为了更好地观测人类生活的细 部。中科院长春光学精密机械与物理研究所 孵化的图像传感器领域"中国芯"技术,就用 1.5 亿像素的高分辨率,刷新了人们对大靶 面成像的认知。

图像传感器是每个相机必备的核心器 件,在每个手机的摄像头里都存在一个芝麻 大小的传感器;而在双创周现场,工作人员付 军展示了一个直尺大小的传感器。只需要一 片,可以180度拍下整个足球场的画面,而且 即使放大数百倍,每个观众的微表情都依然 清晰可见。

实验室负责"创新",企业家搞定"创业", 这样的模式已经不再时尚。上述这些"脑洞" 大开的技术,都并非仅逗留在"实验室"里。各 种分辨率的 CMOS 图像传感器(CMOS,指 的是互补金属氧化物半导体),已经使用在生 物成像、刑侦指纹检测等专业领域;今年7 月,科学家们在南海同时布放了12台"海翼" 滑翔机,形成了国内最大规模的水下滑翔机 集群组网观测。将创业和创新"揉"在一起,让 技术去拓展人类探索自然和自己的边界,从 中科院上海微系统所到宁波材料所,现在,越 来越多的科学家们纷纷走出"实验室",成为 改变世界的"社会哥""社会姐"。

中国邮政发行投递服务电话 11185 广告部电话 63071265 广告许可证:京西工商广登字 20170529 号 定价:每份 0.40 元 每月 23.80 元 年价 285.60 元 本报 挑 错电话: 010-63073979 、 63072070 本报地址: 北京宣武门西大街 57 号 邮政编码 100803