

# ROSATOM NEWSLETTER

## 01.

### 文章

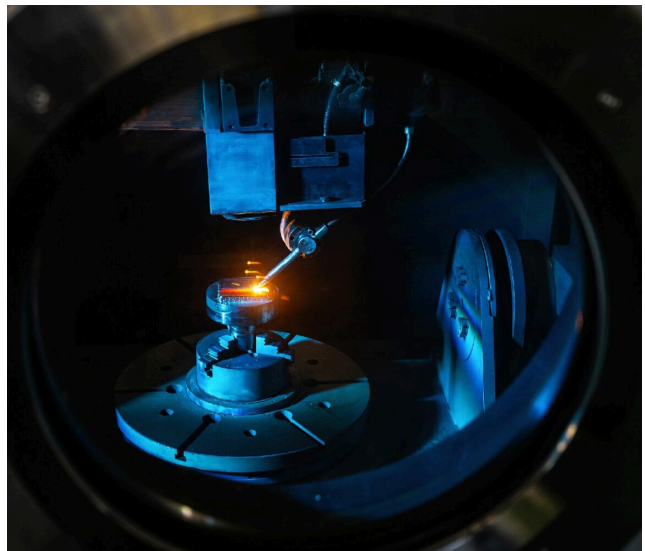
诚召能工巧匠、创造者与探索者  
俄罗斯国家原子能公司3D打印机的新能力  
“快堆”巡礼



## 02.

### 趋势

俄罗斯国家原子能公司与印度尼西亚：战略对话



# 诚召能工巧匠、创造者与探索者

在俄罗斯国家原子能公司（Rosatom）的支持下，“知识破冰船”（Icebreaker of Knowledge）项目第七季正式启动。面向14-16岁青少年的竞赛将在俄罗斯及全球其他22个国家举行。优胜者将乘坐“胜利50周年”号核动力破冰船前往北极点进行科考。



今年，参赛者将在三个赛道上展开角逐：“探索者”（面向未来的科学家、研究人员和科学记者）；“创造者”（面向立志成为工程师、设计师和构造师的年轻人）；以及“能工巧匠”（面向有志于获得技术工人专业的学生）。“能工巧匠”赛道是首次被纳入竞赛。俄罗斯联邦教育部部长谢尔盖·克拉夫佐夫（Sergey Kravtsov）就这一新举措评论道：“如今，调试工、数字生产系统专家以及其他技术工人职业的需求空前高涨。”

在选择赛道后，申请者参加了一系列由俄罗斯国家原子能公司的科学家、工程师和工匠主讲的在线研讨会。在每次研讨会结束时，参赛者都需要回答测试问题，并根据答案获得积分。随后，他们接受了抗压能力、综合常识以及主题案例创造性解决能力的测试。这些任务最大程度地贴近了核工业生产的实际情况。在俄罗斯，有超过7.3万人参加了选拔。240人进入了下一阶段：他们根据主题任务拍摄了视频。

在俄罗斯，选拔还考虑了参赛者的地区归属。在在线阶段表现最好的96名中小学生和大学生（来自俄罗斯八个联邦管区，每个管区四人）汇聚一堂，参加了线下半决赛。在那里，参赛者们解决核工业在核能、量子技术、核医学和北极可持续发展等领域面临的实际问题。在6月于莫斯科举行的决赛中，每个管区各派出两支队伍进行比拼。成绩最好的队伍将前往北极点。

来自亚美尼亚、孟加拉国、白俄罗斯、玻利维亚、巴西、匈牙利、越南、埃及、印度、印度尼西亚、哈萨克斯坦、中国、吉尔吉斯斯坦、蒙古、缅甸、纳米比亚、卢旺达、塞尔维亚、坦桑尼亚、土耳其、乌兹别克斯坦和南非的年轻人连续第三年参加了“知识破冰船”项目。今年的竞赛选拔于5月5日至6月15日分三个阶段进行。第一阶段是科学知识问答。第二阶段是基于一系列关于俄罗斯国家原子能公司重要主题的在线研讨会完成任务。在每个国家中，前两阶段总分最高的前10名决赛入围者，围绕最终任务的主题制作了视频名片。最终，每个国家将有一名代表登上破冰船。

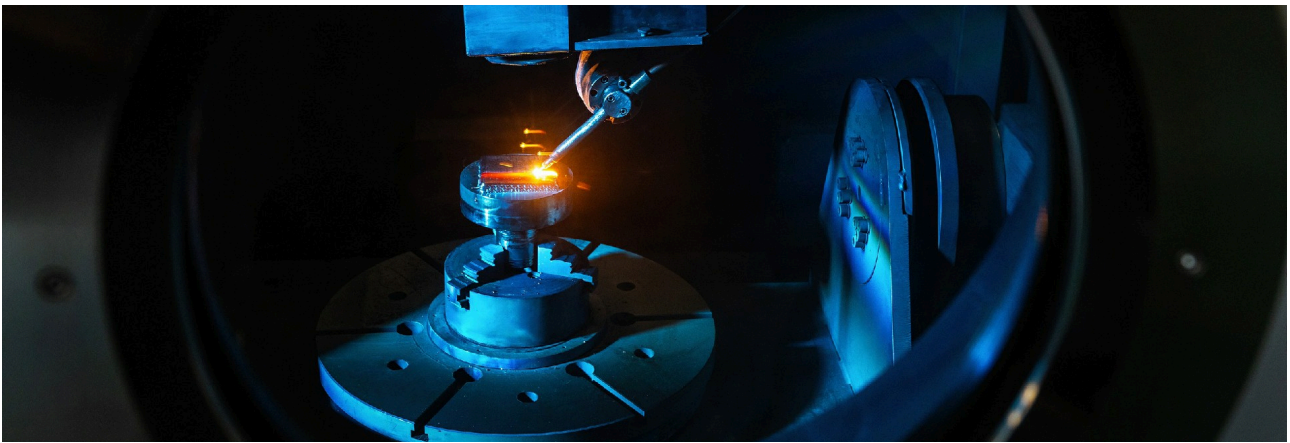
此外，还有几人将通过“大变革”竞赛以及其他国际、联邦、地区和行业科普项目的评选结果，获得前往北极点的机会。

在核动力破冰船上，学生们将与顶尖专家、科普作家和博主一起，用10天时间探索北极。丰富多彩的教育活动正在等待着参赛者们。而在船舷之外，则是严酷的北极：冰山和冰原、北极熊、鸟类聚居地，如果幸运的话，还能看到鲸鱼。

“知识破冰船”科普项目旨在普及核工业的自然科学知识和技术，支持有天赋的儿童，促进他们能力的发展和职业规划。在前六个赛季中，已有来自不同国家的400多名中小学生和大学生参加了北极科考活动。“胜利50周年”号破冰船与其他七艘核动力破冰船同属于“核动力船舶公司”（Atomflot，俄罗斯国家原子能公司下属企业）。俄罗斯是世界上唯一拥有核动力破冰船队的国家。

# 俄罗斯国家原子能公司3D打印机的新能力

俄罗斯国家原子能公司 (Rosatom) 首次向印度出口了其自主生产的3D打印机。合作伙伴将使用该设备打印航空航天领域的零部件。这印证了市场对这家俄罗斯国营企业所制造设备的浓厚兴趣。俄罗斯国家原子能公司计划进一步扩充其增材制造产品线。3D打印的优势包括：能够一次性制造出形状复杂的部件、减轻产品重量、优化其几何形状，以及减少材料用量。得益于3D打印技术，通过摒弃传统的铸造和铣削工艺、降低对昂贵合金的需求以及实现材料的循环利用，小批量产品的制造周期和生产成本得以大幅缩减。大型 RusBeam 2800 俄罗斯国家原子能公司向印度空间研究组织交付了一台 RusBeam 2800 工业级3D打印设备。该打印机采用电子束金属丝材增材制造 (EBAM) 技术。“我们之所以能赢得竞标，不仅是因为提供了俄罗斯的设备，还因为我们提供了技术专长、材料和服务，并针对客户的任务需求进行了量身定制，”俄罗斯国家原子能公司总经理阿列克谢·利哈乔夫 (Aleksey Likhachev) 表示。由此，俄罗斯国家原子能公司为推动俄印两国在航天领域的战略伙伴关系发展做出了重要贡献。该设备能够以高速度 (50毫米/秒) 和高精度打...



3D打印的优势包括：能够一次性制造出形状复杂的部件、减轻产品重量、优化其几何形状，以及减少材料用量。得益于3D打印技术，通过摒弃传统的铸造和铣削工艺、降低对昂贵合金的需求以及实现材料的循环利用，小批量产品的制造周期和生产成本得以大幅缩减。

## 大型 RusBeam 2800

俄罗斯国家原子能公司向印度空间研究组织交付了一台 RusBeam 2800 工业级3D打印设备。该打印机采用电子束金属丝材增材制造 (EBAM) 技术。“我们之所以能赢得竞标，不仅是因为提供了俄罗斯的设备，还因为我们提供了技术专长、材料和服务，并针对客户的任务需求进行了量身定制，”俄罗斯国家原子能公司总经理阿列克谢·利哈乔夫 (Aleksey Likhachev) 表示。由此，俄罗斯国家原子能公司为推动俄印两国在航天领域的战略伙伴关系发展做出了重要贡献。

该设备能够以高速度 (50毫米/秒) 和高精度打印由钛合金、难熔合金和高温合金制成的大型零部件。RusBeam 2800 可打印高度达 2.8 米、重量达 4 吨的毛坯件，包括具有复杂几何结构的零部件。根据产品几何形状的不同，该设备的产能可在大约 5

小时内制造出重约 50 公斤的零件。俄罗斯国家原子能公司的专家还专门为该印度客户在打印机控制系统中开发了独特的软件。

据悉，印度空间研究组织的专家将使用 RusBeam 2800 为未来的轨道基础设施以及深空探测飞行器打印原型和组件，这些项目包括：“加甘扬”(Gaganyaan) 载人飞船、“巴拉蒂亚·安塔里克斯”(Bharatiya Antariksha) 空间站以及“月船”(Chandrayaan) 探月计划。



与印度客户的合作进一步扩大了俄罗斯国家原子能公司3D打印机在国际市场上的版图。此前，该国营企业的设备已交付给位于明斯克的增材制造技术中心（与白俄罗斯合作伙伴成立的合资企业）。

俄罗斯国家原子能公司将继续发展利用直接金属沉积（DMD）技术和丝材打印（EBAM、WAAM）技术制造大型毛坯件的业务：该国营企业坚信，机械制造企业将不断扩大对这些技术的应用。

### 小型 RusMelt 150M

与此同时，俄罗斯国家原子能公司（Rosatom）正通过推出小型型号来扩充其3D打印机产品线。例如，在今年5月于莫斯科举行的“金属加工-2026”展览会上，该国有企业展示了采用选择性激光熔化（SLM）技术进行打印的 RusMelt 150M 打印机。该打印机设计用于医疗、工业和科学研究领域。使用它可以制造医疗用品（如牙种植体、牙科支架和重建板）、工业部件（喷嘴、支架和工艺装备）、实验室、测试和辅助设备元件（几何形状复杂的支架、热交换器和微型反应堆等）。

RusMelt 150M 的重量略超900公斤，因此不需要专门的地基。它结构紧凑，仅由一个模块组成。成型仓的几何尺寸为直径150毫米，高度200毫米。该打印机配备单激光器。激光束定位误差不超过20微米。

RusMelt 150M 能够以每小时15立方厘米的速度，使用不锈钢、耐热镍合金、钴铬合金、钛和铝等材料生成制品。用于监控打印质量的视频监控系统可以实时观察工艺过程：它能以每秒60帧的高分辨率捕捉画面。

由于其紧凑的体积和较小的成型仓容量，RusMelt 150M 在为成型仓提供惰性气体的气体消耗、电力以及用于打印的金属粉末方面都非常经济。这款小型SLM打印机大大降低了进入金属3D打印领域的门槛，因为它需要的投资相对较小，并允许快速启动项目。

# “快堆”巡礼

5月18日至21日，科学家与俄罗斯国家原子能公司（Rosatom）的管理层代表出席了在中国举行的国际原子能机构（IAEA）快中子反应堆及其相关燃料循环国际会议（FR-26）。俄罗斯核能专家展示了其在未来核能领域快中子反应堆方面的理念与研发成果。



本届会议是该系列会议的第五届，主题为“从创新走向应用”。在全体会议上，会议名誉主席、俄罗斯国家原子能公司“突破”（Proryv）项目科学负责人叶夫根尼·阿达莫夫（Evgeny Adamov）向与会者致辞。他指出：“当今，俄罗斯和中国走在创建第四代核能技术的前沿，国际原子能机构在快堆领域的五届会议中有两届恰好在这两个国家举行，这是对这一事实的必然认可。”

叶夫根尼·阿达莫夫（Evgeny Adamov）还提及了全球核工业面临的各项挑战。其中包括：日益加剧的铀资源短缺、其能源潜力的利用不充分、乏核燃料处理问题的延宕、核不扩散问题，以及核能发电尚未被所有人公认的经济竞争力。

## 第四代核能青睐“快堆”

正如叶夫根尼·阿达莫夫（Evgeny Adamov）所指出的，应对这些挑战的答案可能在于基于快中子反应堆的新型核技术平台。正是这一平台目前正在谢韦尔斯克（Seversk）的“突破”项目框架下进行实施。在那里，正在建设一座试验示范能源综合体（ODEK），其配备了铅冷快中子反应堆装置BREST-OD-300，以及包含燃料制造/再制造模块和乏核燃料后处理模块的电站配套设施。

俄罗斯国家原子能公司负责核能新产品开发的副总经理亚历山大·洛克申（Alexander Lokshin）也在全体会议上发言，他谈到了基于快堆和闭式核燃料循环的第四代系统如何提升核能的吸引力，并在未来几千年中增加其对全球可持续能源供应的贡献。他强调：“采用闭式燃料循环的快中子反应堆不仅仅是提高核能效率的手段，更是其能够长期存在的先决条件。”



俄罗斯在快堆核技术领域长期处于领先地位。自1980年以来，配备BN-600快中子反应堆的别洛雅尔斯克（Beloyarsk）核电站3号机组一直在我国运行。它不仅用于安全发电，还用于燃料研究。自2015年起，配备BN-800反应堆的别洛雅尔斯克核电站4号机组并网运行。目前，它是世界上唯一使用铀钚混合氧化物（MOX）燃料运行的商业机组。它同样被用于研究新型燃料，这些燃料也是实现闭式核燃料循环所必需的。

别洛雅尔斯克核电站将继续建设快堆机组。目前，正准备开工建设配备BN-1200反应堆的5号机组。总体而言，根据俄罗斯最新的《至2042年电力设施布局总体规划》，俄罗斯计划建造9台快堆机组。

## “次要”燃料

与此同时，俄罗斯国家原子能公司正在为第四代系统开发燃料。例如，今年4月，别洛雅尔斯克核电站4号机组完成了全球首个添加了次要锕系元素（minor actinides）的铀钚MOX

燃料的试验性工业运行计划。次要锕系元素是乏核燃料（SNF）中所含的放射毒性最强、寿命最长的人造超铀成分。主要指的是镎、镅和锔。在快堆中对它们进行嬗变燃烧，将大幅缩短乏燃料的储存期限，并减少需要深层地质处置的废弃物量。

“在反应堆中燃烧次要锕系元素并非一次性实验，而是一项长期战略。在将这一解决方案推向工业规模之前，我们正在展示技术本身的可行性，即证明这一理念是行得通的，”TVEL燃料公司主管科技活动的资深副总裁亚历山大·乌格留莫夫（Aleksandr Ugryumov）指出。

在下一阶段，TVEL公司的专家们打算增加MOX燃料实验组件中次要锕系元素的含量，将次要锕系元素添加到用于快堆的混合氮化物铀钚（MNUP）燃料中，并尝试进行多相（异质）燃烧。在这种情况下，次要锕系元素不会被掺入铀钚燃料中，而是被置于单独的燃料棒或单独的组件中，这些组件将被安装在反应堆的特定区域。

为了在工业规模上验证次要锕系元素燃烧技术，位于热列兹诺戈尔斯克（Zheleznogorsk）的矿业化学联合企业（隶属于俄罗斯国家原子能公司）计划建造一座研究型熔盐反应堆。

# 俄罗斯国家原子能公司与印度尼西亚：战略对话

俄罗斯国家原子能公司（Rosatom）正在与印度尼西亚建立合作关系。今年5月，这种合作达到了最高水平——该国有企业总经理阿列克谢·利哈乔夫（Aleksey Likhachev）会见了印度尼西亚总统普拉博沃·苏比延多（Prabowo Subianto）。俄罗斯国家原子能公司驻印度尼西亚国家办公室主任安娜·贝洛科涅娃（Anna Belokoneva）向我们介绍了该国能源领域的现状以及双方感兴趣的合作方向。



## 在您看来，为什么印度尼西亚对利用核能感兴趣？

印度尼西亚是一个快速发展的国家，人口年轻且增长迅速。随着经济的增长，电力消耗也在增加。因此，能源问题是关键——特别是考虑到当前的地缘政治事件。

该国曾多次计划建设核电站，现在的资深人士说：“我们不是新手（newcomer），我们是迟到者（latecomer）”，指的是印尼政府曾多次尝试将核能纳入国家能源结构。但今天，这些计划似乎很有可能实现：核能已被纳入印尼的官方能源计划中——包括短期（至2033年500兆瓦）和长期（至2060年35吉瓦）计划。目前，印尼正在决定国家核电工业发展的命运，而俄罗斯国家原子能公司的专业能力比以往任何时候都更受欢迎。

## 核能发电能够满足印度尼西亚快速增长的经济的哪些需求？

对于印尼以及任何国家来说，核电站建设项目的作用并不仅仅局限于提供电力。首先，它能带来额外的社会效益：从创造新的就业岗位到发展核技术带来的新科学方向。

其次，印尼设定了到2060年实现碳中和（NZE）的目标，政府认识到，如果没有相当比例的核能发电——作为与大多数其他低碳能源不同的基荷能源——

这一目标是无法实现的。这就是为什么核能发电被加入到国家能源计划中的原因。



第三，核能发电也是一个国家能源安全的问题，因为核电站的生命周期至少为60年，其生产的电价受全球能源价格波动的影响要小得多。

关注核能的另一个重要原因是数字技术和人工智能的快速发展。在印尼各地积极建设的数据中心需要大量稳定的清洁能源，而这正是核电站所能提供的。

同样重要的是要记住，这个国家是一个由一万七千多个岛屿组成的巨大群岛。对于那些往往依靠昂贵的柴油发电的偏远岛屿来说，俄罗斯国家原子能公司的独特方案——浮动式核电机组（FPU）——成为了理想的解决方案。浮动式机组可以部署在那些由于地理和地震特征或电力消耗有限而无法建造大型陆基核电站的地方。



**印度尼西亚在非能源领域是否有利用核技术的经验?**

是的，确实如此，在非能源核技术和辐射技术方面，印尼并非新手。该国拥有三座研究堆。它们都位于爪哇岛，分别于1965年、1979年和1987年投入使用。印尼拥有为这些反应堆生产燃料以及在反应堆上生产同位素的经验。在这些方向上，我们目前也在与印尼同行探讨合作。

**请您描述一下该国的国家核基础设施是怎样的?**

以前的国家原子能机构 (BATAN) 积极致力于在非能源领域发展核技术的应用。2021年，BATAN 成为国家研究创新署 (BRIN) 的一部分，目前核研究由隶属于 BRIN 的一个独立研究组织 ORTN 负责。该机构在同位素和放射性药物生产以及产品辐射处理方面拥有经验。此外，该国拥有自己的核监管机构 —— BAPETEN，该机构与国际原子能机构 (IAEA) 积极合作。已为核能发展建立了监管框架。该国顶尖大学 (如万隆理工学院 ITB、加查马达大学 UGM、核能理工学院 Politek Nuklir) 也设有核学科。

国家政府积极支持核能发展。印尼总统普拉博沃·苏比延多 (Prabowo Subianto) 在与俄罗斯总统弗拉基米尔·普京 (Vladimir Putin) 的会晤中多次讨论过这个问题。今年5月12日，普拉博沃·苏比延多 (Prabowo Subianto) 会见了俄罗斯国家原子能公司负责人阿列克谢·利哈乔夫 (Aleksey

Likhachev)。除了总统之外，部长及该国核计划主要利益相关部门和机构的负责人也出席了此次会议。与会者讨论了和平利用核能领域的合作，包括核能发电和核基础设施项目、人才培养以及核技术的非能源应用。

**印度尼西亚民众对核能的态度如何?**

并非所有人都非常了解核技术的优势，许多人存在一定的恐惧和刻板印象。因此，核能发展的利益相关者们认识到，目前的一项关键任务是向公众宣传现代核电站的安全性，及其对地区发展、公民福祉和国家主权的长期效应。

在这方面，我们核技术现有的参考项目就显得尤为重要。俄罗斯最新一代的核电站在国内和海外都成功运营，俄罗斯国家原子能公司积累了在其他国家建设核电站的独特经验。

**请您谈谈你们在印度尼西亚普及核技术方面的工作。**

我们建议合作伙伴亲自验证俄罗斯核技术的可靠性：我们定期组织对俄罗斯设计核电站的访问。例如，在过去两年中，几个印尼官方代表团访问了加里宁核电站和列宁格勒核电站。印尼记者团曾两次访问佩韦克 (Pevek) 的浮动核热电站，参观了加里宁核电站、生产RITM小型模块化反应堆的工厂，以及“原子”博物馆。

对于印尼的普里亚·维查克索诺 (Priya Wichaksono) 中学生和托潘·塞蒂亚迪普拉 (Topan Setiadipura) 教授来说，参加俄罗斯国家原子能公司组织的“知识破冰船-2025”国际北极科考活动是一次难忘的经历。他们与来自21个国家的中小學生、大学生和科学家一起，乘坐核动力破冰船前往北极点。2025年8月17日 —— 恰逢印尼独立80周年纪念日，也是普里亚 (Priya) 的生日，他在地球之“巅”插上了国旗。

此外，我们还在印尼实施旨在向青年传播核技术知识的项目。例如，2025年，我们与 BRIN 和托姆斯克理工大学合作，举办了 Global HackAtom 国际大学生黑客马拉松的国家阶段比赛。来自印尼各大学的 39 支队伍提交了申请。在比赛期间，俄罗斯专家就本国核技术和辐射技术及其在改善人类生活中的作用举办了讲座。学生们提出了许多有趣的问题。来自帕查查兰大学 (Padjajaran University) 的获胜队伍前往莫斯科参加了黑客马拉松的决赛，并获得了第二名。

深入了解俄罗斯核能的另一种方式是让印尼学生在俄罗斯学习“核相关”专业。目前有29名这样的学生。下个学年拨出了13个奖学金名额。毕业生在俄罗斯学习和实践期间获得的知识和经验将有助于增强对俄罗斯核技术的信任。

我们还将核技术介绍给该国更广泛的受众。例如，两名来自东南苏拉威西省的印尼渔民在2025年参加了“核能”钓鱼活动 ——

一项由俄罗斯国家原子能公司组织的国际业余垂钓比赛。去年，该比赛在土耳其阿库尤（Akkuyu）核电站建设场地附近举行，参赛者参观了核电站并与当地居民进行了交流。回国后，他们与朋友和邻居分享了他们的经历。今年，这样的比赛将在俄罗斯的一座核电站附近举行，我们也期待印尼渔民的参与。

### 请您介绍一下印度尼西亚的文化特点。

印尼人非常友好和礼貌。他们从不吝啬微笑、友善的言语和款待。在企业文化中，这里不习惯严厉或过于正式的沟通。在专业交流中，缺乏克制、施压和不妥协的立场是不可接受的。无论是在谈判中还是在商务活动中，合作伙伴都尽量营造舒适的氛围。

合作伙伴之间的信任很重要，这种信任是在长期的个人交往过程中建立的。通常，决定是通过共同讨论、辩论和寻找妥协来做出的。

在印尼，在日程安排和截止日期方面需要保持灵活性。当地文化的另一个特点是——没有直接的拒绝。与合作伙伴建立私人的信任关系有助于了解其在某个问题上的真实立场。同时，也要培养“听懂言外之意”和捕捉暗示的能力，必要时——不要害怕多次讨论同一个问题，反复询问和确认，以准确理解合作伙伴的立场。

印尼人身上另一个令我钦佩的特点是，他们对自己的文化遗产非常尊重，而且不仅仅停留在口头上，而是体现在日常生活中。例如，大多数会议都以身着民族服装的舞蹈团表演开场，通常表演的是基于印尼各民族传统的舞蹈。有蜡染（Batik）技术的民族图案服装是被认可的正式着装。无论是在商务会议上，还是在最高级别的活动中，这种着装都受到欢迎。甚至在学校里，规定每周有一天必须穿蜡染服装（Batik）或可巴雅（Kebaya）——一种传统的女性服装。如果外国人穿着长袖蜡染衬衫参加谈判，这将被视为一种尊重的表示。