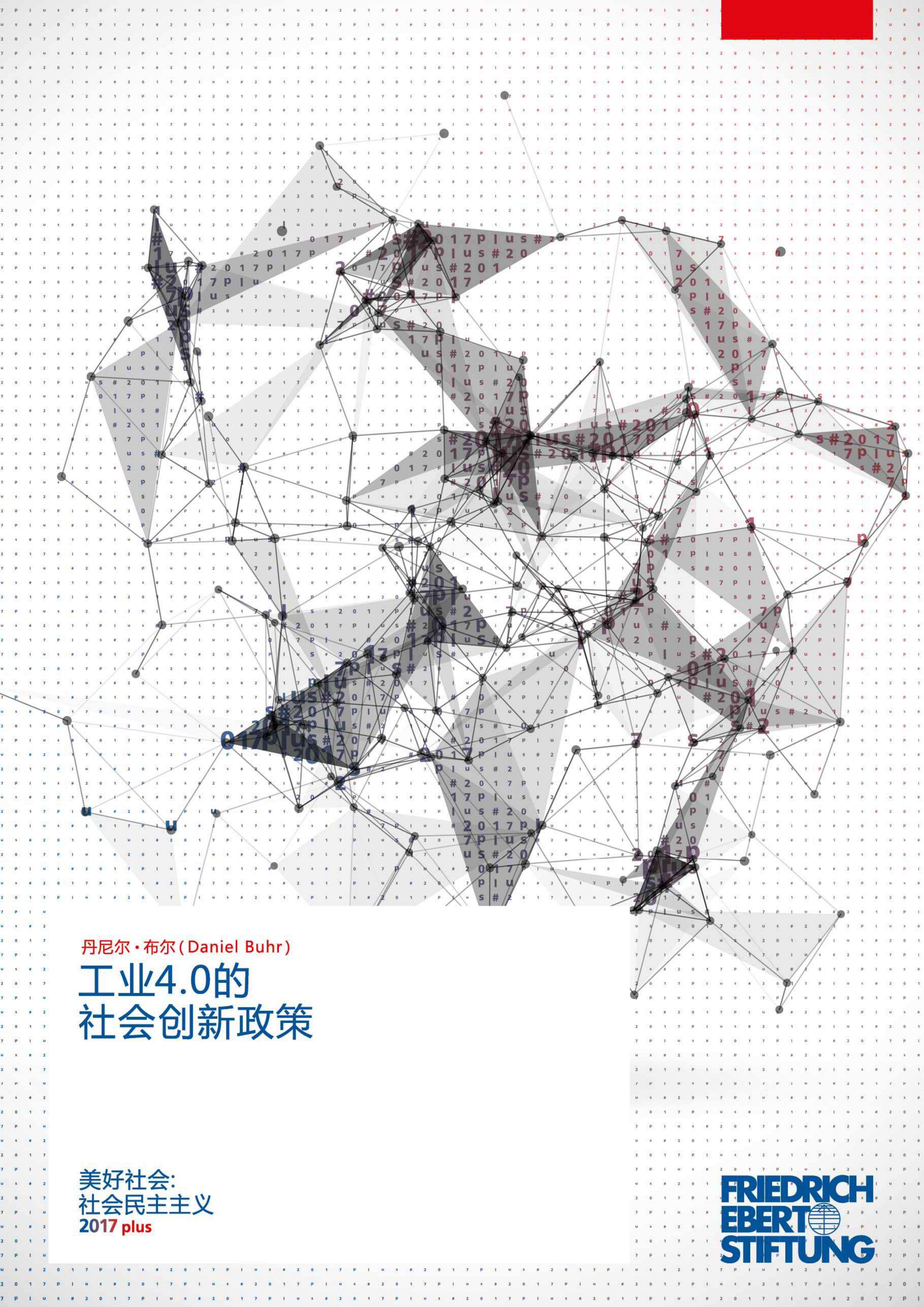




丹尼尔·布尔 (Daniel Buhr)

工业4.0的 社会创新政策

美好社会：
社会民主主义
2017 plus

FRIEDRICH
EBERT
STIFTUNG

美好社会： 社会民主主义 2017 plus

德国弗里德里希·艾伯特基金会
2015年至2017年的一个项目

一个美好的社会由什么构成？我们对此的理解是社会公正、生态可持续、创新而又富有成效的经济以及公民主动参与的民主。支撑这一社会的基本价值是自由、公正和团结。

我们需要新的思想和计划，以便美好的社会不至于成为乌托邦。因此，弗里德里希·艾伯特基金会为未来几年的政策提出了具体的行动建议。在此，居中心地位的是以下主题领域：

- 就自由、公正与团结的基本价值展开讨论；
- 民主与民主参与；
- 新的经济增长模式以及建构性经济与财政政策；
- 良好的工作与社会进步。

一个美好的社会不会自行产生，它必须在我们所有的人参与的情况下加以持续地构建。针对这个项目，德国弗里德里希·艾伯特基金会利用其全球网络，以便将德国、欧洲以及国际的视角相互联系起来。通过2015年至2017年间的众多出版物和活动，基金会将持续地致力于这个主题，以便使美好社会具有面向未来的能力。

您在以下网址可获得更多关于此项目的信息：

www.fes-2017plus.de

德国弗里德里希·艾伯特基金会

德国弗里德里希·艾伯特基金会（简称“艾伯特基金会”）是德国历史最悠久的政治基金会，它是以德意志帝国首位民主选举产生的总统弗里德里希·艾伯特的名字命名的。作为一家政治基金会，我们的工作以社会民主主义的基本价值为导向，即自由、公正与团结。作为一个非营利机构，我们独立开展活动，并希冀促进有关当今政治挑战的多元的社会对话。我们自视为社会民主价值共同体以及德国与国际工会运动的一个组成部分。通过我们的工作，我们激励人们在社会中扮演积极角色并倡导社会民主主义。

丹尼尔·布尔教授、博士

在德国埃博哈特-卡尔斯-蒂宾根大学政治学研究所讲授政策分析和政治经济学。

关于本文

本文为简化版。如欲获得完整版研究成果，请访问www.fes-2017plus.de。

丹尼尔·布尔 (Daniel Buhr)

工业4.0的社会创新政策

2		前言
3	1	引言
4	2	分析
4	(一)	什么是工业4.0?
5	(二)	对企业与行业的影响
6	(三)	工业4.0及其对劳工世界的影响
8	(四)	我们今天所处的位置
9	3	针对工业4.0创新政策的10个论点
9	论点1:	谁想要实现工业4.0, 就必须促进系统。
9	论点2:	谁想要实现工业4.0, 就必须带着批评眼光质疑“高科技强迫症”。
10	论点3:	谁想要实现工业4.0, 就必须致力于社会进步。
10	论点4:	谁想要实现工业4.0, 就应首先把工业4.0理解为一种社会创新。
10	论点5:	谁想要实现工业4.0, 就应该增强“德国模式”(协调式市场经济)。
11	论点6:	谁想要促进技术的发展, 就必须想到人的因素。
11	论点7:	谁想要实现工业4.0, 就应寄望于欧洲。
11	论点8:	谁想要实现工业4.0, 就必须致力于数据保护和数据安全。
12	论点9:	谁想要实现大工程(工业4.0), 就必须首先想到小企业。
12	论点10:	谁想要实现系统性创新, 就应促进协调工作。
13	4	结论
14		参考文献
15		表格列表

前言

“工业4.0”的概念最早是由德国工业科学研究联盟在2011年提出的。它指的是工业生产的数字化。这个概念描绘了“智慧工厂”的愿景，其特征在于所有生产组成部分与过程的完全联网：通过信息通信技术实现实时监控，以及增加对自动控制的机器人的使用，这些发展应通过改善资源利用效率来为提高劳动生产率做贡献。这一转变已在进行中，“工业4.0”的概念正在塑造德国的数字话语。

生产与互动、工作与交流的趋同日益成为保持经济竞争力的跨学科能力。除专业知识外，灵活性、创造性和创新能力是企业及其员工获得成功的关键要素。但是对于企业而言，这些能力并不是现在才突然冒出来的。此外，工业4.0需要通过合适的创新政策加以推动。然而，这并不只是国家的任务。正如政府官员，来自公民社会、经济界和科学界的利益相关者必须形成对创新的系统性理解，以便全面引领企业的数字化进程。

由联网以及数据利用所带来的变化所涉及的远不仅仅是工业生产。在很大程度上，它对劳工世界和生产世界的基本要素提出了质疑。它影响我们的经济活动以及我们整个的社会生活。

我们正处于一场根本性讨论的开端，这一讨论仍然在提出更多的问题，而非答案。这一状况促使弗里德里希·艾伯特基金会举行了一系列有关工业4.0影响的专家讨论会。在此我们很高兴介绍这一研究的成果，它由德国蒂宾根大学的丹尼尔·布尔（Daniel Buhr）教授、博士撰写，传递的主要讯息是：只有当工业4.0被定义和理解为一不只是一项技术创新，而是也被视作一项社会创新时，我们才能逐步获得对这些未来深远巨变的答案。

汉斯·艾歇尔（ Hans Eichel ）

德国前联邦财政部长，德国弗里德里希·艾伯特基金会可持续结构政策工作小组发言人

菲利普·芬克（ Philipp Fink ）博士

德国弗里德里希·艾伯特基金会经济与社会政策部

帕特里克·吕特尔（ Patrick Rüther ）

德国弗里德里希·艾伯特基金会经理人团体

1

引言¹

工业4.0更多的还是愿景，而非现实。但是，如今已经表明，它嵌入在一种发展趋势之中，这种发展趋势剧烈改变的不仅是我们经济活动的方式，而是还有我们共同的社会生活。

数字化继续向前发展，伴随着数字化过程，机械承担越来越多的工作——不仅在底特律和波鸿，也在中国、越南和孟加拉国的生产厂房里。但人类还在开发机械，并在使用这些机械工作。因此，传统生产方式和生产要素的退出，同时也意味着创新要素的崛起，为此需要新的组织方式、新的产品、新的服务、新的销售渠道和业务模式。

在这些发展趋势的背景下，对政治行为体提出了以下中心问题：

- 如何促进这些新的产品、服务与业务模式的发展？
- 如何确保不只是社会的一小部分，而是尽可能多的人能从这些新发展中获益？

围绕着经济、政治和社会领域最佳创意的竞争已经开始了。但是，至今这一竞争主要在技术层面展开。这是一个错误。因为谁若是想要利用日益发展的数字化过程，就必须认识到其对整个社会的潜能。恰恰在“第二个机械时代”（Brynjolfsson et al. 2014），人作为开发员、设计者和共同生产者，扮演着重要角色。因此，除了技术创新，也必须加强对社会创新的考察。社会创新一方面是应对诸多社会挑战的新实践，这些实践为相关的群体和组织所接受和利用；另一方面它们也在扩散与推广方面对许多技术开发有帮助。

这特别适用于工业4.0。愿景是：人、物、过程、服务与数据，一切均联网。在因特网的驱动下，现实与虚拟世界融合在一起。智慧物体配备了致动器和传感器、QR码以

及射频识别（RFID）芯片，通过智慧工厂自行调控，而且是沿着整个价值创造链，从产品开发一直到服务。生产由此变得是分散的，且变得更为灵活与迅捷。由此，在未来，所有重要信息可以实时提供给所有相关人员与机械，以及顾客和业务伙伴。最为个性化的顾客要求由此也可在对话中实现。工业（大批量产）制造中的最小批次²愿景将成为现实。由此一来，因为资源能更为目标明确地投入使用，将实现效率上的收获和生产率的提高。

由此，生产不只是更为智慧，而且也更可持续。已经有许多人称之为“第四次工业革命”，这是因为日益增长的数字化一方面使传统上成功的业务模式承受压力，另一方面也允许全新的业务模式的运用。因此，在这些发展过程中蕴含着大量机遇，但也有对经济和社会的许多风险与挑战，例如工作的日益跨界或者悬而未决的数据保护与数据安全问题，以及特定工种的丧失和新技能要求及任务的产生。

本文首先指出这些机遇与挑战，然后讨论一个中心问题：政治行为体可以做什么，以便支持朝工业4.0方向发展的变迁？对这个问题的回答将借助于10个论点展开，这些论点是基于对现有研究的分析、但也是通过分析一个专业会谈系列的内容而得出的，这个专业会谈系列是弗里德里希·艾伯特基金会针对工业4.0举办的，2014年举办了4场，有约50人参加，对话讨论的是工业4.0的重要方面。这一系列针对的是4个中心问题，这些也是本研究的主导问题：

- 什么是工业4.0？
- 它对特定行业和企业有何影响？
- 这对于劳工世界意味着什么？
- 对技术、研究以及政界提出了哪些要求？

¹ 作者在此感谢弗里德里希·艾伯特基金会团队，包括芬克博士（Philipp Fink）、吕特（Patrick Rüther）、前国务秘书蒂曼（Heinrich Tiemann）、弗里德里希·艾伯特基金会经理人团体董事博尔内曼（Dagmar Bornemann），感谢他们富有价值的启发。

² 批次（批量）是一个制造技术概念，它是指先后没有转换和中断生产出来的1批、1种或1次量产的数量。

2

分析

(一) 什么是工业4.0?

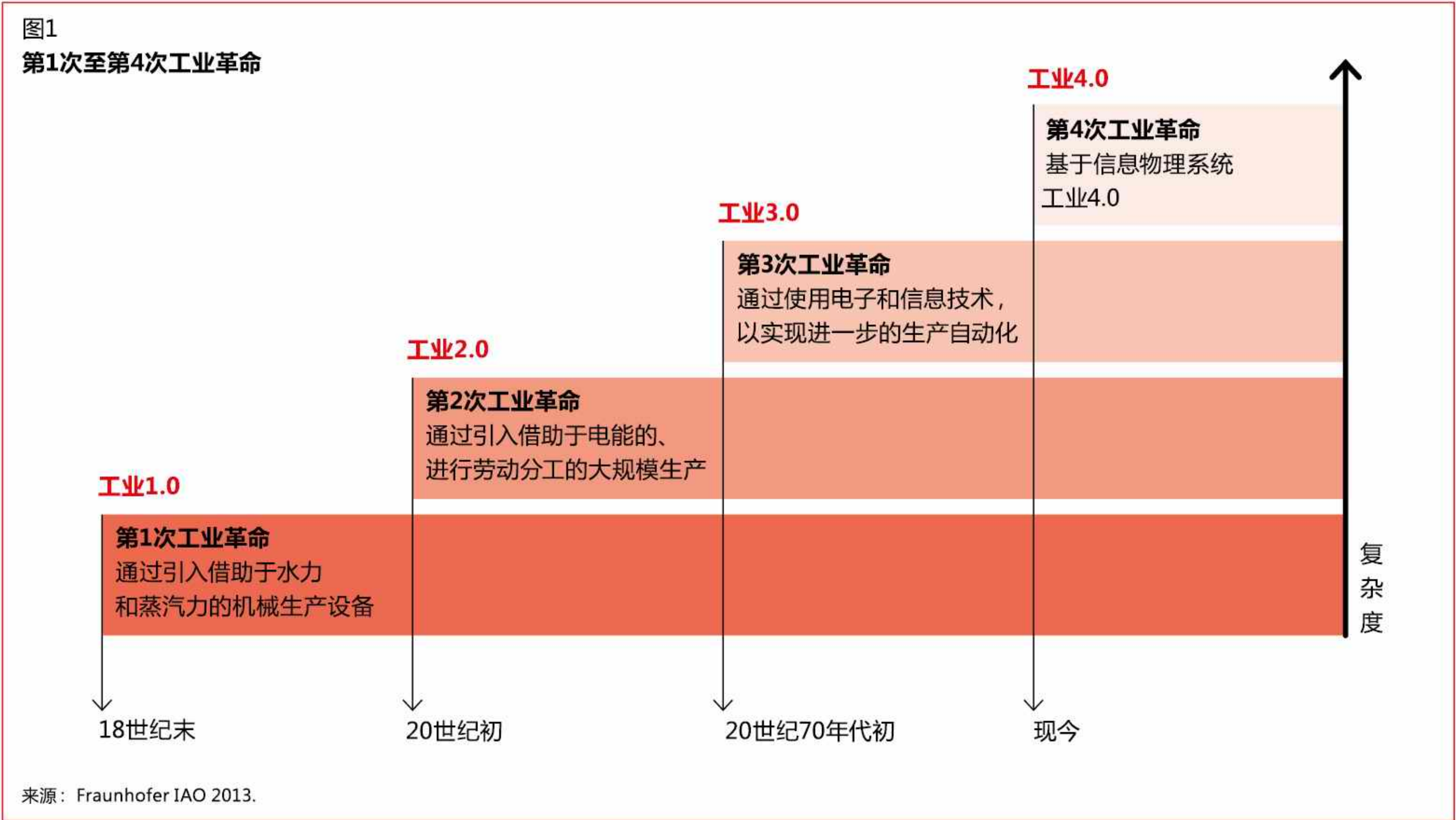
工业4.0是生产日益数字化的愿景。这个概念描绘的是，所谓的物联网、数据联网与服务联网将如何改变生产、物流和 workflows (Acatech 2014)。在此相互关系里，工业界的代表也乐于称之为第四次工业革命，它由此描述的是整个价值创造链的组织与控制的一个新阶段，这个价值创造链以日益个性化的顾客要求为导向。在此过程中，价值创造链延伸到产品的完整生命周期：从创意、委托，到开发与制造、产品供货到最终客户，最后到循环利用，包括与之相关联的服务。

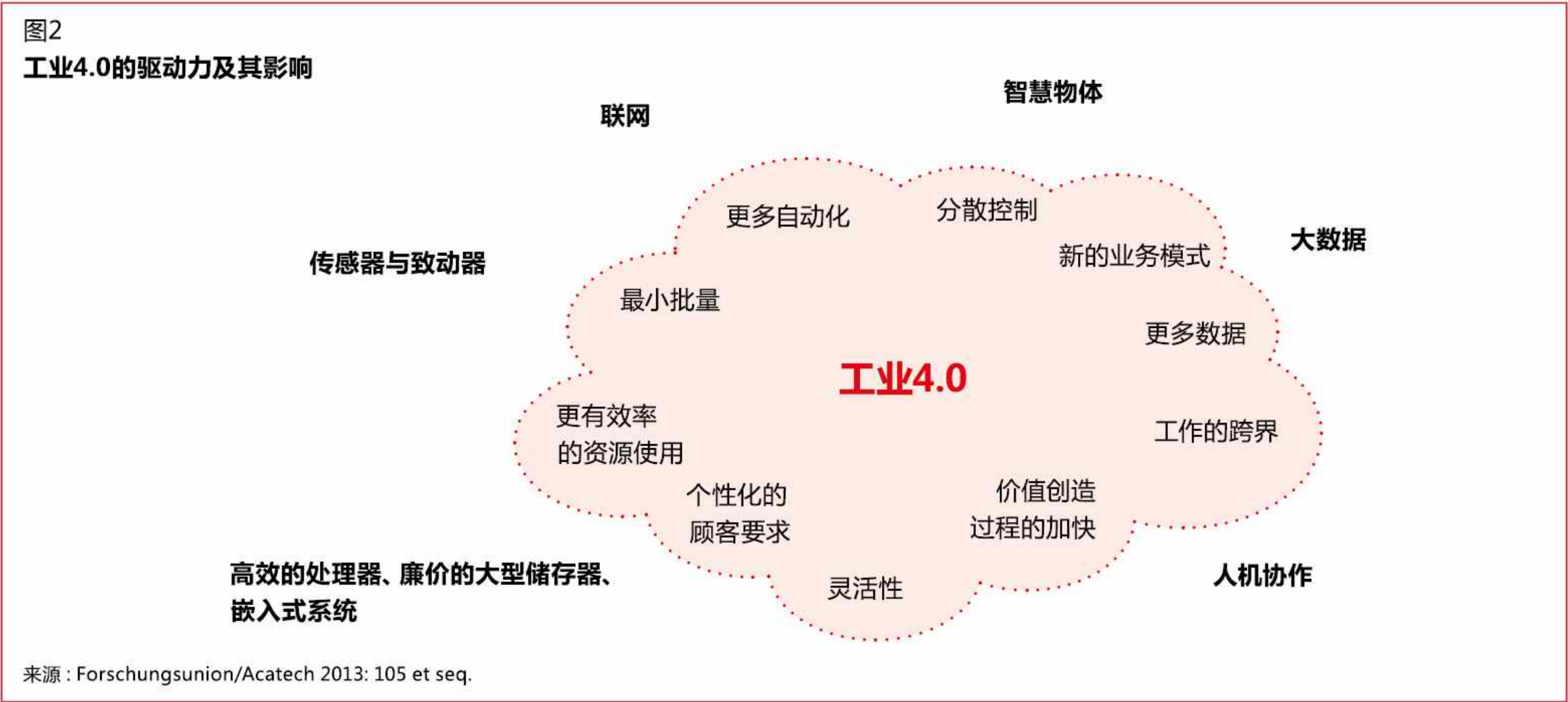
为此奠定基础的是日益增强的数字化，它将我们直线弹射入“第二个机械时代” (Brynjolfsson/McAfee 2014a)。这是因为数据构成了第四次工业革命的材料（见

图1）。它们将来在任何时候、任何地方均可供支配。谁若是有能力发掘这一无限的数据财富，那么他就会拥有巨大机遇：尤其是灵活性和效率。

工业4.0可能是这一不断前进的数字化过程的一个结果，在这个数字化过程中，所有参与价值创造的机构相互联网，并独立且直接地相互交流所有重要信息。通过人与物体和系统之间的联系，产生了动态的、实时优化的且自我组织的、跨企业的价值创造网络，它们可以按照不同的标准（例如成本、可支配性和资源消耗）加以优化 (Plattform Industrie 4.0 2014: 1)。因此，愿景就只在效率上，这要通过最高程度的灵活性和完美的价值创造流来实现。

因此，在未来，物体可以直接且自行相互沟通（见图2）。它们相互告知对方后面会发生什么。这就是说：这些





物体变得可机读。而且，那些至今还未配置电子元件的物体，将获得它们自己的IP地址。这之所以可以做到，也是通过新的互联网协议IPv6，因为该协议提供更大数量的潜在地址，以及更简单的编码和真实性审查。由此，将来可以从每一个产品中读取多种多样的数据。传感器和致动器帮助实现这些数据可以通过扫描仪和计算机进行分配并直接继续处理。在这个过程中产生了物联网和服务网，物理世界与虚拟世界得以最终融合成为所谓的信息物理系统(Plattform Industrie 4.0 2014)。

(二) 对企业与行业的影响

上述发展趋势的主导动机似乎在于：“将所有可以数字化的东西予以数字化”。未来在这个领域发展状况的情形也走得相应远。另外，至于工业4.0对企业与行业、国民经济和社会将会有怎样的影响，对此的设想也同样相去甚远。这些设想可以汇总在以下三个视角中(Stephan 2014)：

- 1. 破坏视角：工业4.0使得全新的业务模式与价值创造模式成为可能；
- 2. 进步视角：工业4.0用未来的技术解决当今问题；
- 3. 颠覆视角：工业4.0不是新东西，未包含创新性方法。

尚不清楚的是，工业4.0将向哪个方向发展。但是，当前的讨论主要被进步视角和破坏视角的设想所主导，它们强调以下机遇：

- 工业过程的实时联网使得生产更成本低廉、更节约资源以及更有效率；

- 数字联网使得顾客需求的直接融入以及产品与服务的低成本的个性化成为可能；
- 劳工世界也可更具人性地加以构建；
- 工业4.0为可以丰富人们的日常生活的新产品、服务和解决方案提供了巨大潜力。

这一积极的期待也反映在相应的预测以及从中推导出的对投资的要求中：为了使欧洲仍然保留为一个重要的工业区位，企业必须在未来15年在欧洲范围为工业4.0投资约1.35万亿欧元，这将是每年900亿欧元(Roland Berger 2014: 15)。此外还有公共投资，例如在急需加速扩建的宽带基础设施方面。

在这方面，IT行业和电信行业当然首先就显示出了巨大潜力。大数据分析、联网与数字化软件解决方案的生产商与供应商在未来几年很可能会迎来订单量的不断增长。但是，可能还会有其他行业不久之后就受到工业4.0发展的大幅影响：机械与设备制造、电气装备制造、化学工业、机动车（部件）制造，以及物流行业和农业。弗劳恩霍夫劳动经济与组织研究所(IAO)在为德国信息技术行业协会BITKOM撰写的一份研究报告中估计单单对于德国国民经济而言就会在6个行业以及约10年的时期内带来约780亿欧元的生产率的提升（见图4）。作为额外的总价值创造，每年、每个行业可以取得平均1.7%的增长率(BITKOM/Fraunhofer IAO 2014)。

这一方面带来了机遇，但另一方面也蕴含着风险。因为工业界的传统大型企业如果不能向其顾客提供量身定做的“智慧服务”，就会很快变成一个可替换的零配件供应商。因此，开放式创新(Open Innovation)，把（终端）客户纳入设计与生产过程，以及有目的的大数据分析，这一切使得众多新的业务模式成为可能，但是同样使得已得



到证明的业务模式承受巨大压力。在德国也是如此,恰恰在那些尤其代表“协调式市场经济”(Hall/Soskice 2001)的行业,例如机械、设备与汽车制造。在这些行业中,大部分营业额是通过销售备件、调整和服务而取得的。多年来,供应商为此建立起了一个由营销、服务与客服伙伴构成的密集网络,以便尽可能贴近顾客。在工业4.0中,可以通过带有相应数据分析的智慧软件,在迄今生产商与顾客之间的接口处插入全新的市场参与者:跨越生产商提供服务、预防性保养和迅速供应备件的服务商。如果我们相信第四次工业革命的论点,那么,日益增强的数字化将带来一些改变。这也解释了工业4.0概念在媒体舆论中普遍存在的原因。但是引人注目的是,社会中大部分人和机构还未充分讨论这个主题。目前,它更多的是一个技术概念,尤其是经济界在研究。然而,这里也有显著差别,除了由领先企业组成的先锋队以外,至今的发展对于大多数企业而言更多的是抽象的。例如,尽管德国工业联合会有92%的会员认识到了工业4.0是未来的最大挑战,但是只有12%的会员觉得自己对此做好了准备(Klein 2014)。

这种差别在数字化程度方面就已经呈现。在德国经济界,这个程度依行业和企业规模的不同而有着显著差别(Accenture 2014; DZ Bank/GfK Enigma 2014)。尖锐的表达就是:企业规模越大,企业就越重视数字化。这意味着,恰恰许多中小型企业有着很大的迎头赶上的需求。年营业额在500万欧元以下的企业中有近70%表示,如今数字技术在价值创造过程中仅起微小作用乃至根本不起作用。尤其五金、化学和建筑工业,还有商业,都是数字化

方面的迟到者(Accenture 2014)。

恰恰是考虑到德国持续疲弱的投资意愿,许多研究和分析报告对于第4次工业革命寄予厚望。例如,如今只有约五分之一的企业的数字化程度高,(根据企业自身说法)5年后将达到所有企业的80%以上。因此有预测认为,德国工业界在2020年前每年将向工业4.0解决方案投资400亿欧元。这无论如何将是它们年营业总额的约3.3%(PwC2014)。研究报告指出上述投资额主要有三个推动力:

1. 更好地控制横向与纵向价值创造链的可能性(在未来5年生产率的提升超过18%);

2. 自己产品与服务的日益数字化与联网化有助于保障竞争力。这里预计每年额外的营业额增长率达到平均2%至3%,也就是每年300亿欧元;

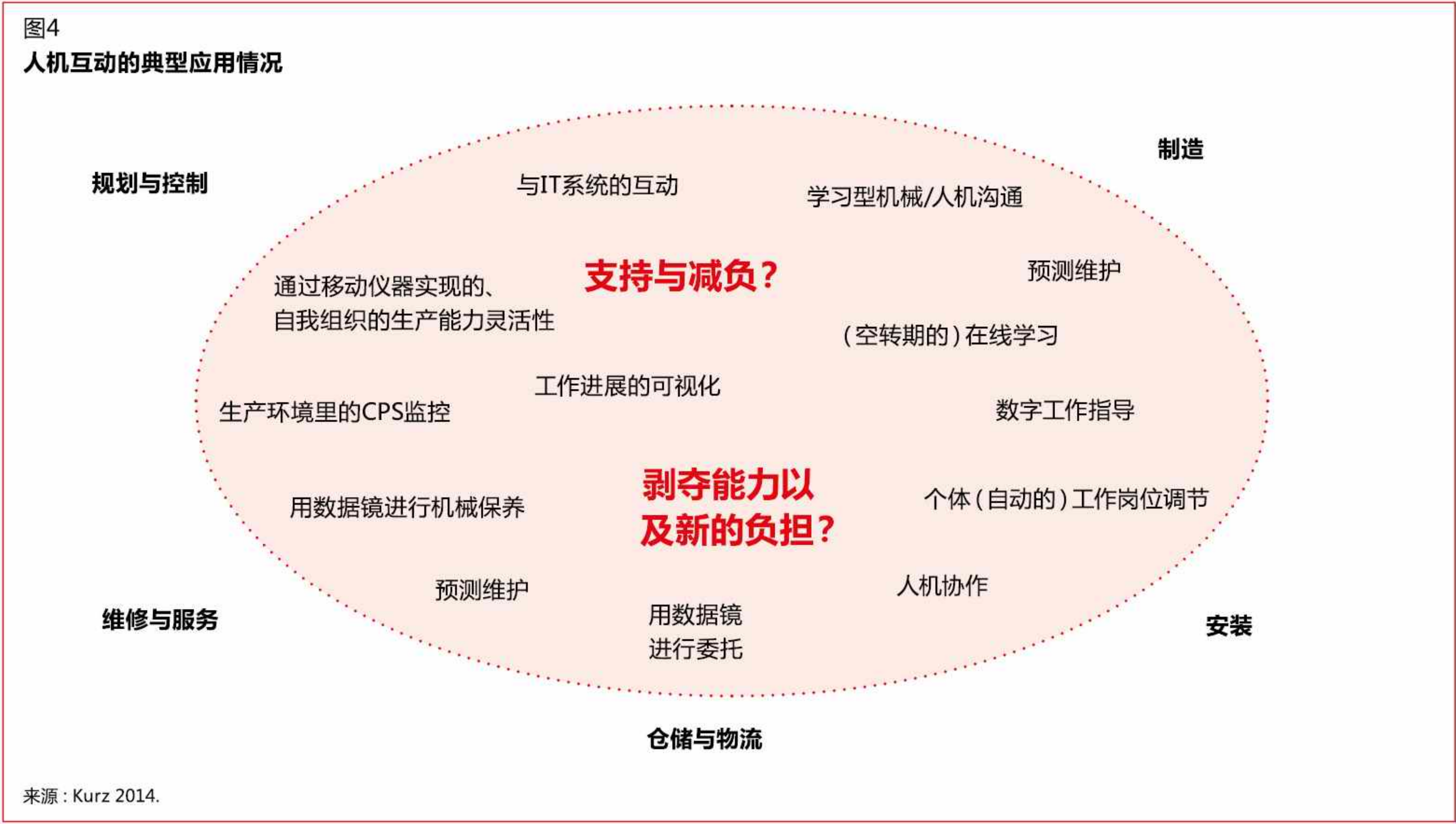
3. 通过在整个价值创造链上增加合作以及对数据一体化的分析与利用而实现的新的业务模式,它们能够满足哪怕最个体化的顾客要求。

(三) 工业4.0及其对劳工世界的影响

这些发展状况对人与社会意味着什么?我们从劳工世界开始分析。在这方面,今天就已经呈现出以下发展趋势:

1. 工作的安排在时空方面都变得更灵活。

3 参见BITKOM/Fraunhofer IAO (2014)、PwC (2014) 和Staufen (2014)。



2. 工作流程越发数字化、去等级化和分散化。
 3. 工作流程变得更加透明。
 4. 越来越多的日常工作得以数字化和自动化
- (参见Münchener Kreis 2013; Picot/Neuburger 2014)。

至今，在公共讨论中似乎占主流的是工业4.0的进步视角和破坏视角，而且尤其强调其中蕴含的机遇，但是，它对劳工世界的影响要明显有争议得多。人们担心的是：日益增长的数字化会使生产制造业的人失业吗？对此目前还不能给出明确的答案。各种估计还很不确定和各不相同（见图4）。

但是，至少有一种认识如今已经得到了落实：与20世纪80年代的讨论不同，如今有关的不再是人或机械，而是大多数情形涉及的是人与机械的关系(Kurz 2014; Ganz 2014)：

1. 自动化情形：系统控制人。监督与控制任务由技术承担。技术处理信息并实时分配。雇员受信息物理系统（CPS）控制，并主要承担执行性工作。在此，低技能者的能力贬值了；
2. 混合情形：监督与控制任务由技术、联网物体以及人以合作和互动的方式承担。对职工的要求增加了，原因是他们必须明显更灵活；
3. 专业化情形：人利用系统。信息物理系统是一种工

具，起着支撑决策的作用。专业工人的主导角色依然保留着。

数字化与工业4.0将大幅改变未来的工作。自动化将对越来越小的量产（1批次）而言也是可能的，但是，人的劳动可能依然是生产的重要组成部分。因此，工业4.0也意味着它远远不只是联网。未来的发展包括物体和人对于智能数据的接收、存储和分配。传统生产工人和知识工人的任务进一步融合在一起(Fraunhofer IAO 2013)。由此，许多工作流程未来可以更有效率和更有效果地实施，这也是因为它们提供众多新的、减负的辅助系统。但这也意味着：行政管理和生产过程进一步自动化。对于特定的工作过程和职业群体（尤其是受过高技能培训者）而言，开启了多种多样的、构建自己的工作生活的可能性，这既涉及时间上和地点上的处理，也涉及工作的种类以及通达它的路径。据估计，随着工业4.0的实施，在中等技能和工资领域的某些工种将先实现自动化并由此消失，由此将导致就业的极化(Frey/Osborne 2013)。与此同时，至今位列技能范围下端和上端的、较少能加以自动化、更多的是基于经验与互动的职业领域变得日益重要。在这些领域也会更多地形成新的职业领域(Picot/Neuburger 2014)。此外，由于工作的日益去企业化，低收入且作为自由职业者较少有社会保障的“鼠标点击”工人和“云”工人组成的大军很可能会显著增加。

4 例如参见：Accenture (2014), DZ Bank/GfK Enigma (2014), BITKOM/Fraunhofer IAO (2014) 以及 Roland Berger (2014), Staufen (2014) 和PwC 2014.

在这些情形的每一种当中，人作为（更为知情的）决策者成为中心。但是与此同时，他对数据的依赖性也提高了。正因为如此，数据安全和数据保护等方面具有特殊性。此外，必须把职工从一开始就纳入工业4.0的工作组织的构建（重构）中，使他们成为共同构建者和共同决定者，成为技术与社会创新的中心推动者。

（四）我们今天所处的位置

引人注意的是，许多有关工业4.0的出版物主要围绕物联网、智慧物体和智慧工厂。“工业4.0”现象至今还更多的是从技术上进行探讨。至于它对于人类以及我们的社会整体意味着什么，这方面至今还是鲜有涉及的。然而，日益增强的数字化过程不仅将大幅改变机器、工厂和行业，而且还有我们的社会。因此，必须加强对这一维度的审视。那么，对于社会创新和社会进步的风险以及机遇何在？

一项社会创新是一种应对社会挑战的新型解决方案，它比现有实践更有效果、更有效率，也更可持续和公正。其收益主要面向社会，较少以单个的创新者为导向。因此，这些解决方案必须始终与社会中的受益者一起或直接由他们开发。社会创新有多种表现形式，如作为原则、法律、组织、行为变化、业务模式、产品、过程或技术。社会创新往往产生于这些成分的组合。例如从今天的视角来看，许多创新可以归类为社会创新：从图书印刷，到医疗保险、普遍选举权、节能或公平交易，再到互联网。它们是促进并带来大的社会收益的新型社会解决方案。

如果社会创新是跨系统的，那么它就能发挥其最大的作用。因此，技术创新能非常积极地影响社会创新的传播（扩散）。反之，技术创新只有与社会创新相联系，才能开发出其真正的潜力。由此，从一个企业经营上的成功点子之中也能产生国民经济方面的收益和社会进步。恰恰在工业4.0方面，我们应始终关注这个目标。我们应确保这个数字化过程的利润率由尽可能多的人提供，并分配到尽可能多的人身上。

3

针对工业4.0创新政策的10个论点

由日益增强的数字化过程所带来的创新潜力是巨大的。在技术方面，是通过使货物与服务融合成智慧物体和产品，这些物体和产品得以更快捷、更节约资源地、也就是更有效率地制造出来。在组织方面，是通过新的企业组织方式、就业形式和业务模式。在社会方面，是通过（借助于智能辅助系统）更好地实现职业与家庭、老年和残疾之间的协调。

但是，这些发展状况也带来了巨大的风险，不仅是在个体层面，也包括在社会层面。例如，灵活化可能也意味着工作的进一步跨界化、进一步的加速、进一步的密集化和压力的增加以及对于所谓的工作与生活平衡的新挑战。而且，诸如数据保护和数据安全的敏感领域以及系统日益增强的监控潜力也还被打上了大大的问号。

那么，这对于创新政策意味着什么？

论点1：谁想要实现工业4.0，就必须促进系统。

工业4.0产生于系统之中，产生于各类网络以及各种不同行为体之间的协作。它触及众多主题：数据保护与数据安全(Safety & Security)，法律、社会与技术标准，业务模式和劳动组织。技术创新促进社会创新，反之亦然。恰恰是因为出现了新的组织形式，才形成了新的工艺和技术。

恰恰是操作者、零配件供应企业和用户的融入加速了创新过程，也有助于标准的形成。因此，工业4.0中的某些产品以及围绕工业4.0的服务可能也发展成为“开放式创新”。这使得德国的许多企业面临新的挑战，因为它们传统上更习惯于遵循“封闭式创新”的道路。这恰恰适用

于生产制造业，在其中，企业通常只是利用这样的点子和技术能力，它们存在于它们自己的领域，或存在于一个紧密一体化的已知伙伴组成的网络之中。

因此，为了能在工业4.0之中立足，企业及其职工必须更强有力地开发“互动能力”(Howaldt/Beerheide 2010: 358f.)。这是指一个组织成功实施“开放式创新”的技能与能力。因为在这些过程中，创新的产品与服务越来越跨行业地受不同工艺相互融合的影响，它们的开发需要不同能力与知识财富的联网协作。随着数字化过程的日益增强，可能可以更多地实现能力和知识的汇聚和传递。从中也产生了将各自的能力与其他人的补充知识和行为相联系的必要性(Howaldt/Beerheide 2010)。

创新政策必须考虑这一点。因为创新政策可以从不同的视角和学科支持这一协作，使之更好且更快地相互调适和相互学习。它能促进联网思维、开放性和交流，以便增强企业的“吸收能力”(Cohen/Levinthal 1990; Hirsch-Kreinsen 2010)，包括在中小学和高校教育、培训与继续教育中，以及通过积极促进网络的组建。它能促进集体式学习，包括将非研究密集型企业融入进来，以便使新工艺和新知识能更快捷地扩散。在此，创新政策可以通过竞争或提供启动资金，促进跨学科项目联盟和能力中心的建设，并通过实体实验室、生活实验室和示范工厂，支持研究成果向应用开发领域的转移。

论点2：谁想要实现工业4.0，就必须带着批评眼光质疑“高科技强迫症”。

高科技创新在科学界、经济界、政界和社会各界特别

有吸引力。Romers内生增长模型提供了理论解释：研究部门雇佣的劳动力比例越高，经济增长也就越强劲。自此以后，全世界的许多创新分析报告和创新政策方案均遵循这一原则。对此的公式是“以多带多”。这就是说，尽可能多地对研发活动进行投资，并相信，生产功能和市场就会做出调整。但是：创新过程不是线性发展的，且很少以级联模型发生。因此，虽然存在供给诱导的、很大程度由高科技驱动的创新过程，但是，我们也可以观察到众多在很大程度上需求诱导的、由顾客、实践知识或操作者经验推动的创新。因此，创新政策在对传统的工程科学研究进行促进以外，例如也应加强对社会科学的重视。

哈特穆特·希尔施-克莱森(Hirsch-Kreinsen 2010)在其研究中，将人们的注意力引向创新的异质性知识基础，并突出实践知识在许多工业分支和企业的创新研发中的（往往被低估的）重要意义。在他的批判性思考的背景下，他要求国家创新政策摆脱“高科技强迫症”，加强对非研究密集型部门中创新过程的特征的考虑。工业4.0两者都需要。恰恰在工业4.0中，起重要作用的不仅是“科学基础”，还有应用驱动或顾客驱动的创新。因此，我们必须及时思考这些社会-技术系统的构建问题（例如极化的组织或群组织，Hirsch-Kreinsen 2014），以及其框架条件问题；最好是在将尽可能多的潜在用户融入进来以及从学术上跟踪支持这些过程的情况下。

论点3：谁想要实现工业4.0，就必须致力于社会进步。

工业4.0提出了一些要求，尤其是对人类。这里蕴藏着许多潜力，不只是对受过高技能培训人员而言。为了使日益增强的数字化过程不只是突出工作跨界化的阴暗面，必须更多地致力于社会创新。通过将易于操作的技术辅助系统与新的社会实践相组合，以及通过各种服务间更好地连锁，可以开启实现更多社会进步的时机之窗：参与与社会融入，包容式增长，以及家庭、护理、老年与残疾和职业之间更好的协调。

社会创新主要产生于对话之中。因此，与社会的对话必须是研究与创新的一个有机组成部分。那样，它就可以增强一个社会的工艺开放性和应对风险的成熟性。谁若是认真对待通过参与实现创新，将来就应在工艺开发及其将其嵌入生活世界以外，也加强其他框架条件的融入：像数据保护、版权、竞争权和工商保护权。这里应尽早研究和商议，法律框架条件应如何适应新的工艺发展、社会实践和新的业务模式。当然，也必须在企业里促进这一对话。在此，必须特别提到经理层和项目领导层致力于营造

一个参与式环境的义务，在这个环境里，职工的建议和提示能够被接受。通过有目的的人事开发措施与相应的企业文化进行激励和促进，作为对成功创新过程的刺激，其意义是不应被低估的。由此，受到工业4.0影响的人成为了其建设性的共同构建者，他们然后也能推动和加速扩散至其他社会领域的过程。

论点4：谁想要实现工业4.0，就应首先把工业4.0理解为一种社会创新。

一项技术发明是否能成为一项得到推广的创新（这是熊彼特对发明与创新的区分），它以何种途径和渠道传播（扩散），以及它在此过程中发挥何种作用，对此，社会创新发挥着决定性的影响(Franz2010: 336)。一项社会创新是社会实践的一种有目的的重构，其目的是，要比现有实践更好地解决问题和满足需求(Howaldt et al. 2008: 65)，并由此为社会进步作出贡献。

那么，“更好”是对于谁而言？这里涉及的是这个概念的潜在意义，也就是它的规范性内涵。按照这一理解，只有当一项创新被社会接受，广泛扩散到社会中或特定的社会分领域，并最终作为新的社会实践加以制度化和习惯化，它才会是社会创新(Howaldt et al. 2008: 65; Zapf 1989: 177)。工业4.0尚需证明其社会方面的有用性。只有当工业4.0内外的发展也能发挥其社会增值效应（例如“良好工作”或一种新的工作质量），只有当“对人而言更好的”——即人作为消费者，但也在供应者方面作为未来智慧工厂的雇员——社会实践得到落实，那么社会创新的双重特征才能真正实现。这是因为，只有当工业4.0不只是被理解和定义为技术创新，而是也被理解和定义为社会创新，我们才能提出对深刻变革的回答。

论点5：谁想要实现工业4.0，就应该增强“德国模式”（协调式市场经济）。

部分学界人士已有这样的认识，即不只是自由的、盎格鲁美国式市场经济，而是还有协调式市场经济可以在经济上成功运行，前提是人们利用它们各自的强项（制度上的互补性），对于这样的认识，我们要归功于资本主义模式的比较研究的成果（例如Hall/Soskice 2001）。恰恰对于工业4.0，这一认识似乎是主导性的。德国多年来被视为协调式市场经济的原型：在这里，企业更多地依靠其与雇员、零配件供应商和开发伙伴之间长年充满信任的关系。它们比其海外竞争对手更多地运用“耐心的资本”，因此

尤其在更多的是渐进创新的行业里表现出强势（例如机械与设备制造）。它们在各种网络中协调它们的行动。这种“合作文化”尤其得到了强有力的行业协会、行业工资谈判机制、共决机制以及二元制培训与职业继续教育体系的支撑。因此，创新政策应积极维护和增强这种“合作文化”，促进网络与合作，尤其是应提供相应的框架条件：基础设施（例如高度可支配的快捷宽带网和交通线路）以及卓越的教育和研究设施。

论点6：谁想要促进技术的发展，就必须想到人的因素。

物联网、数据网与服务网将物理与数字世界联系在一起(Forschungsunion 2013)。基于网络和知识的服务在这个过程中承担着重要任务。知识通常作为实践知识产生：“边做边学”和“边用边学”。人是这种知识的载体和创新的推动者。因此，首先提出的问题是：人们在工业4.0中需要怎样的能力？但另一个问题是：人类可以如何从工业4.0中获益？

根据极化理论，人类在工业4.0中尤其可以从信息物理系统的直觉操作中获益。设计成为了创新发动机。此外，培训、继续教育和技能日益占据首要位置。这方面，也必须朝着应对风险的成熟性方向进行培训。其中包括：试验与测试，应用与研究，去冒险并承受可能的失败；然后获得进一步的机遇。在这样一种参与式相处的文化中，可以要求人们进行终身学习，包括在科学体系中，方法是通过人事开发措施和晋升促进措施。但属于其中的还包括：高校更好的基础融资、使学术界的生涯变得更有吸引力（前景、终身教职）、科学家与发明家的（国际）流动性以及促进科学界与经济界之间的人员交流。

论点7：谁想要实现工业4.0，就应寄望于欧洲。

欧盟委员会和欧洲议会试图通过新的研究框架计划（地平线2020）来支持欧洲的（再）工业化过程。因此，似乎值得建议的是，在欧洲的网络里开发系统解决方案，以便能由此在全世界范围占据一个更强有力的地位。对于工业4.0而言，欧洲可以发展成为主导市场。一个主导市场是一个地理上分界的市场，它通过本地有利的偏好和框架条件来促进创新。成功的供应商遇上批评性的用户和不同的需求。这里的原则是：不是一切都重做，而是许多事情一起来做。这样一来，所有的人从欧洲研究与应用项目中更大数量的个案中获益，可以收集更多经验，还可以相

互学习以及开发共同的标准。而且，在数据保护和数据安全方面（例如欧洲云基础设施、数字内部市场或欧洲法律框架）也是如此。恰恰在工业4.0中，两种不同的标准化机制碰到一起：一种机制源自于来自有着很强美国特征的IT行业；另一种机制有着很强的欧洲特征且主要分布在机械、设备与汽车制造业。引人关注的问题是，这两种机制中的哪一种将在工业4.0中得到落实。

在这方面，在有疑问的情况下，市场的规模也起决定作用。欧洲（还）是一个强大的工业区位。这里生活着近8亿人口，单单欧盟28个成员国就有5亿人口。因此，欧洲应依赖其强项，但同时增加速度和强度，以便作为先锋尽早占领最重要的领域。经济一体化仍然是欧洲的主要强项之一，我们可以与此对接：尤其是与市场的规模对接。如果涉及规范和标准的设定，这对欧洲而言事实上是一个巨大优势。但是，通常人们没有利用这个机遇，各个行为体通常只是追逐其本国的短期利益。此外，欧盟的指令仍然留出了一个很大的、由各国权衡决定的余地(Enderlein/Pisani-Ferry 2014: 41f.)。这导致了碎片化，造成了许多琐事。共同的标准、规范和规则可以为更多的积极一体化和聚合作出重要贡献。由此，也能带来更多经济增长和社会进步。

论点8：谁想要实现工业4.0，就必须致力于数据保护和数据安全。

“数字数据是未来最重要的原材料”(Forschungsunion 2013)。因此，数字化世界中的数据保护与数据安全对于德国的研究政策和创新政策也是中心任务。但是，安全与安全管理不仅涉及技术议题。它更多的是一个社会政策方面的关切，其重要性覆盖所有的行动领域(Bornemann 2014; Renn 2014)。这是因为安全与数据保护是先从人身上开始的，这是指深思熟虑和内行地处理（自己的）数据及其相应的技术与法律保障。为此，安全方面的因素必须在产品、业务模式和培训途径的规划过程中就作为基本要素加以考虑。对此的一个例子是“后门”问题。尤其工业4.0平台所谓的“版本转换器”不能提供通过“后门”窃取数据的可能性。对此，可以设立联邦信息技术安全局或一个欧洲层面的规制机关，由它自由认证，确定相应的产品与服务为“后门”，由此或许能进一步诱导技术创新。这里需要的是标准和共同的欧洲规则：经济界的数据安全、版权保护、私域的保护、“数据遗忘权”等(Enderlein/Pisani-Ferry 2014)。总之，政界可以积极支持数据保护与数据安全领域的发展，例如通过提供资金激励用于安全解决方案的开发和采购，或通过

法律规范的确立（如制定一部具体的欧盟数据保护基本条例），但是也包括在中小学就实施旨在提供信息的项目和教育项目。

论点9: 谁想要实现大工程（工业4.0），就必须首先想到小企业。

至今，主要是较大型的企业对工业4.0感兴趣并参与了工业4.0。但是，德国99.6%的企业是中小企业（IfM 2014）。引人注意的是，中小企业相较于大企业，较少投资于研发活动。此外，它们申报的专利以及开发的技术创新也少（Maaß/Führmann 2012）。但是，它们是非常合作的，在工业领域数量众多，且在那里主要表现为现代革新者（过程创新）。中小企业不仅是供应者也是需求者，由此它们对于工业4.0的新工艺与新实践的扩散具有决定性意义。

这里要提出的问题是：如何能使更多中小企业参与其中？首先，创新政策可以通过直接或间接的采购或培训与继续教育项目，促进信息通讯技术的使用。恰恰网络安全领域（见上面论点8）似乎对需求与供给有促进作用。此外，给予标准化方面的支持似乎也是合适的。传统上，德国企业大幅参与ISO委员会和其他标准委员会，而且在这方面在世界范围居领先地位。但是，信息通讯技术标准往往是在这些委员会以外形成的。因此，各类协会应推行密集的标准跟踪行动。相反，创新政策可以促进与信息通讯技术相关的标准委员会。在此，工业4.0提供了把不同行业中小企业聚拢在一起的机会。由于过去主要是运用信息通讯技术的行业（机械制造、汽车制造等）大幅投入到研发活动中，且这些行业传统上有着强大的协会和网络，因此，工业4.0的机遇在于，把这些强势也转移到其他行业（信息通讯技术业、服务业），这将可以有力支持标准的制定过程。

论点10: 谁想要实现系统性创新，就应促进协调工作。

像工业4.0这样的系统创新，其特点在于技术与社会创新之间的协作。在此，技术因素和社会因素汇聚在一起，并由此能实现全面的嵌入式变革过程。这种对创新的整体性理解也由此需要对创新政策更全面的理解，这包括以下问题：研究的资金来源、认识从学术界到经济界的转移，现代参与式人事政策的促进，科学系统的效率，国际化，新的业务模式的建立，服务研究，劳工世界的未来

组织方式，新工艺的社会接受度（Forschungsunion 2013）。德国的创新政策传统上非常关注对技术创新的促进，并更多地寄望于供给方（所谓的技术推动）。但是，创新政策应增强对需求方的倚重，并促进社会创新的开发。只有这样，良好的技术创意才能全覆盖地渗透入我们的日常生活，并带来社会进步，例如实现资源消耗的减少，培训、继续教育和“良好工作”的增加，以及家庭与职业之间的统一性的改善。只有当技术创新（工业4.0/数字化）得到一种系统的政策方案的支持，这个方案接受来自其他政策领域的重要贡献并将之融入，才会产生一种社会性的创新政策。为此需要有更多的协调，更多跨越部委和政策层级界限的协调（Buhr 2014）。和在经济界一样，这里也需要快捷性。但不是匆忙地并行（和习惯上密集的权限争夺），而是经协调且遵循战略的，目的是实现数字化过程尽可能广泛的社会扩散。

4

结论

企业将来会在全世界范围将它们的机械、仓储系统、生产设施、职工、零配件供应企业和伙伴企业及其顾客联网在社会技术系统（信息物理系统）之中。由此，工业4.0中蕴藏着巨大的潜能：顾客个性化的要求可以得到兼顾，甚至可以生产某些单件并取得收益；制造将变得更快捷、灵活；这减少了资源的投入，提高了生产率。而且，职工的生产率也能因此得到提高。灵活的工作可能性使得他们能够更好地将职业与私人生活相互组合，不仅在时间上，也在空间上。因为完全可想象的是，某些制造领域将重新回移至德国和城市空间。

虽然这个主题至今在很大程度上是从技术方面进行分析和加以推动的，但人是分散的、自我组织的工业4.0战略的组成部分，其工作在未来在许多领域会发生大幅改变。任务将变得更复杂，价值创造网络将变得更具活力。这要求有高度的灵活性。对此需要新的学习辅助手段，包括辅助系统、机器人和在线学习。

在工业4.0中，对经验性知识和联网思维的需求增加了。机械善于标准化制造，由此给予人以支持，使人能为更好的决策做好准备，并最终作出更好的决策。说得尖锐些：人提出更好的问题，机械应帮助人给出对这些问题更好的答案。为此，设计（这是指直觉性操作）和（对内、对外的）沟通扮演着中心角色。

例如，工业4.0为数字创新、新的服务和业务模式提供了巨大潜能。这尤其可以为初创企业和企业的设立带来巨大的机遇。可能恰恰是“企业家”这种企业形式能最好地发挥人相对于机械的竞争优势（Bertelsmann Stiftung 2014: 6）。

那么，在这个过程中，对创新政策提出了哪些任务？无论如何，有许多任务。创新政策可以激励集体式学习，包括将非研究密集型企业融入进来，以便新的技术与新的知识能更快捷地扩散。在此，创新政策可以通过竞争或

启动资金促进跨学科的项目联盟和能力中心的建设，并通过实体实验室、生活实验室和示范工厂，支持基础研究成果向应用开发领域的转移。这促进了沟通与合作，并为社会与技术创新奠定了基础。在安全与数据保护领域尤其需要这些。在这个方面，创新政策可以通过直接或间接的采购、信息提供、认证机关、安全基础设施的建设、培训与继续教育措施等，在供给与需求方面有所作为。此外，需要将欧洲理解为工业4.0的机遇，将欧洲作为主导市场，它能够在全世界范围设立标准，包括在数据保护与数据安全方面（例如欧洲云基础设施或欧洲法律框架）。

但是，工业4.0尚需证明其社会政策方面的有用性。只有当工业4.0内外的状况也能发挥其社会政策方面的增值效应，也就是说，只有当新的技术、规则、服务与组织在社会的广泛领域里夯实，只有当它们证明自己是“对人而言更好”，我们才能真正认识和利用工业4.0的潜力。在迈向这个目标的道路上，需要经协调的快捷性和采取积极的政策；需要的是促压结合的政策，它确立明确的规则，但也勇敢地投资于未来。

参考文献

Acatech; Arbeitskreis Smart Service Welt 2014: Smart Service Welt: Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt – Internetbasierte Dienste für die Wirtschaft, Berlin.

Accenture 2014: Neue Geschäfte neue Wettbewerber: Deutschlands Top 500 vor der digitalen Herausforderung, Kronberg i.T.

Acemoglu, Daron; Autor, David 2011: Skills, Tasks and Technologies: Implications for Employment and Earnings, National Bureau of Economic Research (NBER) Working Paper 16082, Cambridge.

Bertelsmann Stiftung 2014: Arbeit in der digitalen Welt: Jobless Growth und Cloudworking, Policy Brief 2014/03, Gütersloh.

Bornemann, Dagmar 2014: Industrie 4.0: Vermessen und funktional – aber nicht revolutionär, Impulse, Managerkreis der Friedrich-Ebert-Stiftung, Berlin.

Brynjolfsson, Erik; McAfee, Andrew 2014a: The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies, New York.

Brynjolfsson, Erik; McAfee, Andrew; Spence, Michael 2014b: New World Order: Labor, Capital, and Ideas in the Power Law Economy, in: Foreign Affairs 93 (4), pp. 44–53.

Buhr, Daniel 2014: Soziale Innovationspolitik, WISO Diskurs, Friedrich-Ebert-Stiftung, Bonn.

Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien (BITKOM); Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) 2014: Industrie 4.0: Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland, Berlin; Stuttgart.

Cohen, Wesley M.; Levinthal, Daniel A. 1990: Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation, in: Administrative Science Quarterly 35 (1), pp. 128–152.

DZ Bank; GfK Enigma 2014: Umfrage in mittelständischen Unternehmen zum Thema Digitalisierung: Bedeutung für den Mittelstand, Frankfurt a. M.; Wiesbaden.

Enderlein, Hendrik; Pisani-Ferry, Jean 2014: Reformen, Investitionen und Wachstum: Eine Agenda für Frankreich, Deutschland und Europa, Berlin.

Forschungsunion 2013: Perspektivenpapier der Forschungsunion: Wohlstand durch Forschung – Vor welchen Aufgaben steht Deutschland?, Berlin.

Forschungsunion; Acatech 2013: Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0: Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0, Essen; Frankfurt a. M.; Munich.

Franz, Hans-Werner 2010: Qualitäts-Management als soziale Innovation, in: Howaldt, Jürgen; Jacobsen, Heike (ed.): Soziale Innovation: Auf dem Weg zu einem postindustriellen Innovationsparadigma, Wiesbaden, pp. 335–354.

Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) 2013: Produktionsarbeit der Zukunft: Industrie 4.0, Stuttgart.

Frey, Carl Benedikt; Osborne, Michael O. 2013: The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerisation?, Oxford.

Ganz, Walter; Fraunhofer IAO 2014: Welche Rolle spielen die Dienstleistungen in der Industrie 4.0? Präsentation anlässlich des FES-Fachgesprächs Industrie 4.0, 8.10.2014, Berlin.

Hall, Peter A.; Soskice, David 2001: An Introduction to Varieties of Capitalism, in: Hall, Peter A.; Soskice, David (ed.): Varieties of Capitalism: The Institutional Foundations of Comparative Advantage, Oxford, pp. 1–68.

Hirsch-Kreinsen, Hartmut 2014: Welche Auswirkungen hat „Industrie 4.0“ auf die Arbeitswelt?, WISO direkt, Friedrich-Ebert-Stiftung, Bonn.

Hirsch-Kreinsen, Hartmut 2010: Die 'Hightech-Obsession' der Innovationspolitik, in: Howaldt, Jürgen; Jacobsen, Heike (ed.): Soziale Innovation: Auf dem Weg zu einem postindustriellen Innovationsparadigma, Wiesbaden, pp. 71–86.

Howaldt, Jürgen; Beerheide, Emanuel 2010: Innovationsmanagement im Enterprise 2.0: Auf dem Weg zu einem neuen Innovationsparadigma?, in: Howaldt, Jürgen; Jacobsen, Heike (ed.): Soziale Innovation: Auf dem Weg zu einem postindustriellen Innovationsparadigma, Wiesbaden, pp. 355–370.

Howaldt, Jürgen; Kopp, Ralf; Schwarz, Michael 2008: Innovationen (forschend) gestalten: Zur neuen Rolle der Sozialwissenschaften, WSI Mitteilungen 2/2008, pp. 63–69.

Institut für Mittelstandsforschung (IfM) 2014: Informationen zum Mittelstand aus erster Hand, Bonn.

Klein, Michael; Acatech (Deutsche Akademie der Technikwissenschaften) 2014: Das Zukunftsprojekt Industrie 4.0, Presentation at the FES expert discussion on Industry 4.0, 21.5.2014, Berlin.

Kurz, Constanze 2014: Mensch, Maschine und die Zukunft der Industrie-arbeit, Vortrag auf der Fachkonferenz Münchner Kreis "Maschinen entscheiden: vom Cognitive Computing zu autonomen Systemen", 21.11.2014, Munich.

Maaß, Frank; Führmann, Bettina 2012: Innovationstätigkeit im Mittelstand: Messung und Bewertung, in: Institut für Mittelstandsforschung Bonn (ed.): IfM materials no. 212, Bonn.

Münchner Kreis 2013: Innovationsfelder der digitalen Welt: Bedürfnisse von übermorgen, Zukunftsstudie Münchner Kreis Band V, Munich.

Picot, Arnold; Neuburger, Rahild 2014: Arbeit in der digitalen Welt: Zusammenfassung der Ergebnisse der AG 1-Projektgruppe anlässlich der IT-Gipfelprozesse 2013 und 2014 (results of Germany's IT summit), Hamburg; Munich.

Plattform Industrie 4.0 2014: Industrie 4.0: Whitepaper FuE-Themen, http://www.plattform-i40.de/sites/default/files/Whitepaper_Forschung%20Stand%203.%20April%202014_0.pdf (12.3.2015).

PricewaterhouseCoopers (PwC) 2014: Industrie 4.0: Chancen und Herausforderungen der vierten industriellen Revolution, Munich; Frankfurt a. M.

Renn, Ortwin 2014: Das Risikoparadox: Warum wir uns vor dem Falschen fürchten, Frankfurt a. M. Roland Berger 2014: INDUSTRY 4.0: The New Industrial Revolution: How Europe Will Succeed, Munich.

Staufen 2014: Deutscher "Industrie 4.0" Index: Auf dem Weg zur Fabrik der Zukunft, Köngen.

Stephan, Peter 2014: Industrie 4.0: Auswirkungen auf die Arbeitswelt aus Sicht eines Anwenders, Präsentation anlässlich des FES-Fachgesprächs Industrie 4.0, 12.11.2014, Berlin.

Zapf, Wolfgang 1989: Über soziale Innovationen, in: Soziale Welt, 40 (1–2), pp. 170–183.

表格列表

4	图1 第1次至第4次工业革命
5	图2 工业4.0的驱动力及其影响
6	图3 工业4.0带来的增长机遇
7	图4 人机互动的典型应用情况

Impressum:

© 2015

Friedrich-Ebert-Stiftung

Publisher: Division of Social and Economic Policy,

Friedrich-Ebert-Stiftung

Godesberger Allee 149 / 53175 Bonn

www.fes.de/wiso

Responsible in the FES for this publication:

Dr. Philipp Fink & Patrick Rüther

The statements and conclusions are the sole responsibility of the author and do not represent an official opinion of the Friedrich-Ebert-Stiftung.

Commercial use of all media published by the Friedrich-Ebert-Stiftung (FES) is not permitted without the written consent of the FES.

Front cover illustration: © godruma – Fotolia.com

Design concept: www.stetzer.net

Druck: www.bub-bonn.de

