

工程与人类安全和福祉

Hideaki Koizumi

长期以来，笔者一直进行“人类安全与福祉”这个组合概念的研究，它旨在优先关注人们的生活品质，同时也在做“社会创新”概念的研究。“人类安全”概念产生于20世纪90年代早期，它的出现取代了“共同安全”的理念。它包括国家间在应对全人类面临共同威胁时的合作，如全球变暖和传染病的流行。而“福祉”是个积极主动的概念，它包括了人们的幸福感和生活质量(QOL)。“社会创新”则是将信息工程、通信科技工程与社会基础设施建设联接在一起，推动对社会有益的新系统的出现，并确保在成熟技术的基础上进行系统应用。这个概念及相关领域的研究解决了影响人类的一些共性问题，为人类整体获益做出了贡献。

当今世界面临着能源、环境、医疗保健(包括心理健康)、教育、运输、食品和老龄化等一些亟待关注和解决的问题。如何处理这些问题以维护人类安全与福祉？这需要以社会创新作为推动力。未来城镇化概念需要一个总体规划，而实现该总体规划需要多种多样的创新和技术开发。

考虑到创新的最初含义是“通过新的结合进行创造”，“共同创造”(开放式创新)的理念在社会创新中是不可或缺的。加强人文科学、社会科学与其他领域间的联系，并在必要时沟通和融合各个领域，新的系统就会出现。为此，脑功能科学变得越来越重要。这是因为大脑是自然科学、社会科学和人文科学的公共信息处理器。

多年来，人们运用了各种方法，期望在测量、分析和控制技术的关键领域引发协同效应。在这项工作中，目前最紧迫的是确保信息和通信技术(ICT)扩散到社会基础建设的各个领域。此外，生命科学领域中科学与工程之间的联系正在为21世纪创造新的疆界，如脑科学和再生医学，以及诱导多功能干细胞(iPS)等。

国际工程与技术科学院理事会会议纪要(2011)

2011年在墨西哥城召开了国际工程与技术科学院理事会(CAETS)大会，理事会开幕式上笔者有幸向CAETS

各成员国致谢，以感谢各国在2011年3月11日东日本大地震后向日本提供的援助和亲切慰问，该演讲稍后被公布在CAETS的主页上。地震之后，包括笔者本人在内的许多日本工程师不得不认真反思我们的思维方式：物质的繁荣能保证人类的幸福吗？对我们人类而言什么是最重要的？什么是工程学的最终目的地——工程学的真正目标？

日本东北灾区的重建

2011年3月11日，日本东北地区许多太平洋沿海城镇被大海啸完全摧毁(图1)，近20 000人丧生。尽管滨海灾区的重建工作已进行了多年，但工作进展依然非常缓慢。这充分说明了在以“人类安全与福祉”为优先的思想指导下实现新型城镇化的难度。

一座城市的原始形态

如图2所示，古希腊城市塞利农特的废墟正是一座城市原始形态的示例。塞利农特是古代雅典的殖民地，在2500多年前建成于西西里岛，就坐落在地中海岸边的平



图1. 2011年3月11日，女川镇遭20多米高的海啸袭击后消失了。(摄影：H. Koizumi, 2012)

Fellow and Corporate Officer, Hitachi, Ltd.; Vice President, Engineering Academy of Japan (EAJ)

© The Author(s) 2015. Published by Engineering Sciences Press. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

英文原文：Engineering 2015, 1(3): 282-287

引用本文：Hideaki Koizumi. Engineering for Human Security and Well-Being. *Engineering*, DOI 10.15302/J-ENG-2015066



图 2. 一座城市的原始形态: 塞利农特, 西西里岛的一座古希腊城市 (公元前 628 年)。(摄影: H. Koizumi)

坦小山上。

雅典卫城曾是塞利农特的中心, 该地区深受雅典公民的推崇和尊重, 也是进行城市治理的所在地。整座城市被高墙所保护, 这在当时非常普遍。塞利农特的基本城市形态和功能构成了一座城市的原始形态, 也就是 Goethe 在其形态学概念中首先提出的原型。

以人为本的设计

我们在讨论智慧城市的时候, 经常会讨论建设智慧城市的具体措施, 如智能电网或环境问题。然而, 当我们思考未来城市的时候, 我们不应从具体措施着手, 而是应该从最终目标开始。城市是人类生活之所。因此, 我们的第一要务是让城市“以人为本”。

未来城市是什么样子? 图3显示了以人为本的未来城市的概念。在这里, 人类安全与福祉是关键概念, 而社会创新被用于建设最佳城市集群。为实现优化, 我们必须考虑一切相关问题, 包括能源、环境、物流、运输、医疗保健、教育和食品生产。

我们目前尚未研究整座城市集群的优化。但笔者正在倡导将这个新的跨学科领域作为集科学、工程和技术为一体的新概念的典型示例。

走向创新的 SET 概念

传统术语“科学技术”并不是描述实际研发的最佳表述。笔者有幸发明了许多新方法并发现了诸多新现象。在笔者看来, 在每一种研发中都存在三个正交的概念: 科学、工程和技术(SET)。

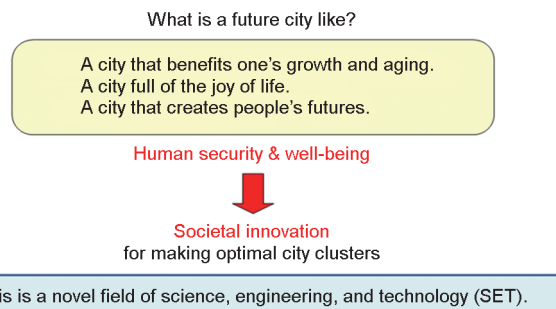


图 3. 以人为本的未来城市的概念^{*}。

17世纪以来, 各个领域都分别提出其独有的科学、工程和技术(包括艺术)的现代概念。“science”(科学)的词干 $scie$ 源于古希腊语单词 $skei$, 意思是拆分或划分。“science”的最初含义是通过还原现象本身来进行认知和理解。“engineering”(工程)的词干 gin 起源于古希腊语单词 gen , 意思是分娩。因此, “engineering”的最初含义是创造人工制品。“technology”(技术)的词干 $techn$ 起源于古希腊语单词 $tekhne$, 意思是制作或模仿自然存在。 $tekhne$ 的意思与拉丁文 ars 相同, “arts”(艺术)就是源于此。因此, 技术的最初含义与艺术类似。

这里不得不强调, 虽然人类科学活动与道德伦理没有直接的关系, 但人类工程活动应高度关注道德伦理。全球变暖和核弹悲剧都是人类活动产生的结果, 也是基于人类某种决定导致的工程学后果。

人类安全与福祉的层次结构

笔者已经从以人为本的角度修改了马斯洛需求层次理论(图4)。第一层是最基本的一层, 由能量和熵组成。这一层涉及生命所需的空气、水和营养。第二层包含安全(如平安)和各种生存防卫措施。第三层包含集群度(如与他人关系等)和生命繁衍。这三个基本层与所谓的“吃饭、穿

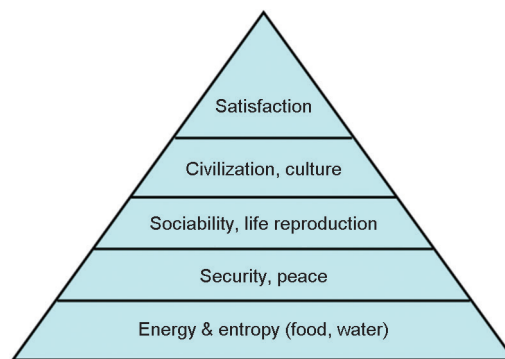


图 4. 人类安全与福祉的层次结构。从身体和心理的角度对“马斯洛需求层次理论”进行了修改。

^{*}H. Koizumi. A vision for future city (Special lecture). Hitachi Forum, Dalian, 2012

衣和住房”需求有关。金字塔顶部的第四层和第五层与人类思维和心态紧密相关，包括文明、文化和满意度等概念。在底部的三层中，幸福感与自我实现程度成正比。然而，在上面的两层中，幸福感不一定与金钱和物质的繁荣成正比。尽管唯物主义价值观在发展人类生存状态中非常重要，但精神价值观在高度发达状态下变得更重要。

以人为本的未来城市

当我们考虑以人为本的未来城市时，我们不得不从物理学的角度考虑能源生产和熵处理。这两个因素分别与热力学第一定律和第二定律有关。能量和熵的扩展概念分别包括材料和信息质量。因此，我们不得不以跨学科的思想统筹考虑这些基本要素，通过社会创新来实现人类安全与福祉。通过优化配置医疗保健资源、教育资源、物流和运输资源、食品生产资源、能源生产资源和熵处理资源等，满足城镇整体集群的基本需求。

整体城市集群的新型城镇化

历史上，城镇的自然形成往往是由于存在一些可以把人们聚集在一起的事物，如城堡、寺庙、集市或港口等。越来越多的人聚集在一起就形成了扩张城市的推动力。然后，一座大城市经常会产生一些卫星城镇，进而导致城市的进一步扩张。城市设计者和城市规划者通常致力于城市地区的开发和改造。而堪培拉的城市发展则与这种渐进发展过程不同，这座城市的最初规划就是为了建设成为澳大利

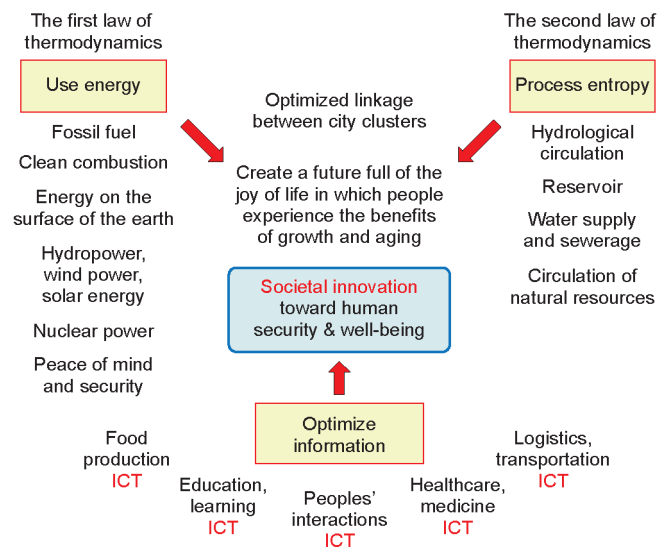


图 5. 城市集群整体系统的概念^{*}。

利亚的首都。该城始建于1913年，几乎到1988年在首都山上建成新议会大厦时才结束。堪培拉的建造历史告诉我们，人为规划和建设一座城市是非常困难的。

笔者曾与许多建筑师、城市/景观设计师和开发商进行过讨论，包括堪培拉和新加坡等地的设计师。然而，几乎大多数建筑师或城市规划者都没有考虑设计城市间优化互联的城镇整体集群(图5)。这将是城市设计的“哥白尼式转变”，因而需要一个新的SET领域。这种想法在重建突发大海啸中消失的城镇时是必要的。尤其可以运用到中国准备进行新型城镇化试验(又被称为“城镇化”或“中国新型城镇化”) (图6)。

神经代谢式城镇化的新概念

包括人类在内的自然由两部分组成：能量/事件和熵/信息。根据两大自然基本规律(热力学第一定律和第二定律，即能量守恒和熵增原理)，笔者通常用“现实二元论”或“现代二元论”来表达这个含义。

通过现实二元论，从人类的生命系统可以衍生出创造整体城市集群方法论的新概念。为了与建筑学中的“代谢”概念进行比较，笔者用“神经代谢”来表达这个概念。

笔者从物理的视角反复考虑整体城市集群基础层面的优化；换句话说就是，能量/事件与熵/信息之间的关系。由薛定谔阐明的系统保留时间方程表明了可持续性的深义。

依照薛定谔方程，系统保留时间(t)可表示为

$$t = \tau \exp(E/kT)$$

式中， $\tau = 10^{-13} \sim 10^{-14}$ ，该值是由薛定谔提出的； k 为玻尔兹曼常量； T 为绝对温度。

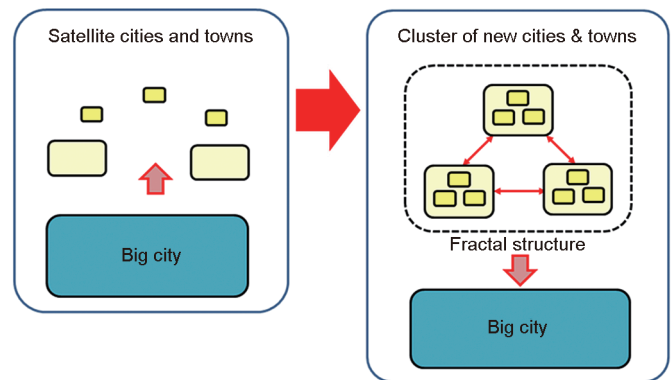


图 6. 整体城市集群的新型城镇化概念^{**}。

^{*}H. Koizumi. A vision for future city (Special lecture). Hitachi Forum, Dalian, 2012

^{**}Discussed in NDRC's China International Urbanization Forum 2013, Shanghai. H. Koizumi. A vision for future city (Special lecture). Hitachi Forum, Dalian, 2012

大热能引擎

从物理学角度看，地球生物圈是由一个大热能引擎驱动的，其由5800 K的太阳表面高温和3 K的宇宙低温构成。地球接收了来自太阳的高能低熵光子，并向宇宙发射出低能高熵光子。生物圈内的所有生命都与大热能引擎有关。包括人类在内的生命可以定义为通过能量和熵处理运转的自我重组系统。

元古宙和古生代的生命进化

图7描绘了化石中的生命进化。蓝藻细菌在很早的进化阶段就出现在了地球上，大约在34.5亿年前。它们把氧气带入了地球大气，并形成了叠层石化石。随后，三叶虫在埃迪卡拉纪之后的寒武纪出现。10 000多个三叶虫物种在泥盆纪完成了进化，但它们都消失了。三叶虫完成了准确的多眼进化；这些眼睛是最初的高效环境信息探测器。由于三叶虫的两只眼睛由方解石构成，所以即使是在化石中我们也可以清楚地看到它们的眼睛。最初的生命进化过程为我们思考人类的本质提供了很多启示。

信息角度的生命进化

图8展示了信息角度的生命进化。真核细胞进化中，适应周围环境或环境变化的信息是以基因组中基因信息的形式积累。然后中枢神经系统经过了几亿年的进化。现在，人类在中枢神经系统(主要是大脑)中处理的信息比通过遗传信息处理的信息多得多。例如，进化度非常高的前额皮质可能与人类的尊严概念有关。

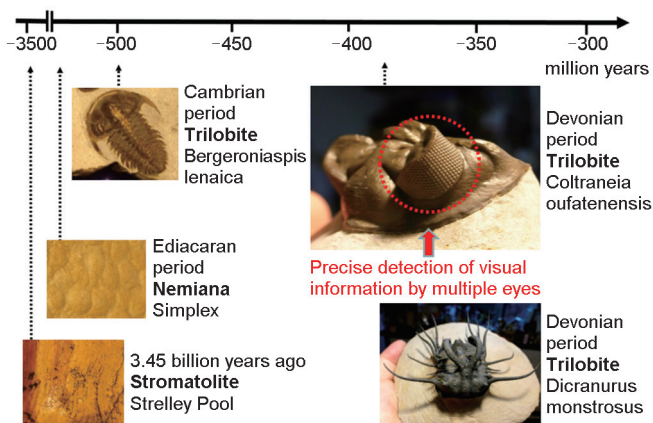


图7. 元古宙和古生代的生命进化。(摄影: H. Koizumi)

用于信息处理的大脑系统进化

人的大脑是从中心往外进化的(图9)。脑干(大脑的中心部分)的形状看上去就像早期进化的爬行动物大脑。大脑边缘系统是大脑进化的下个部分。高度进化的人类新皮质与智力或推理有关，而人类大脑边缘系统与情感有关。理解人类大脑结构是创造以人为本的整体城市集群的重要因素。

人类与黑猩猩之间的差异

人类与黑猩猩之间存在重大差异。在与包括灵长类动物研究员在内的许多学者和科学家合作之后，针对如何区分人类与其他生物，我们提出了下列假设：

- (1) 具有以层次语法为基础的语言能力；
- (2) 制造和使用复杂工具；
- (3) 教育后代；
- (4) 具有高级情感，如同情或憎恨；
- (5) 对未来有清晰的概念。

语言的进化大大加速了人类大脑的信息处理速度。

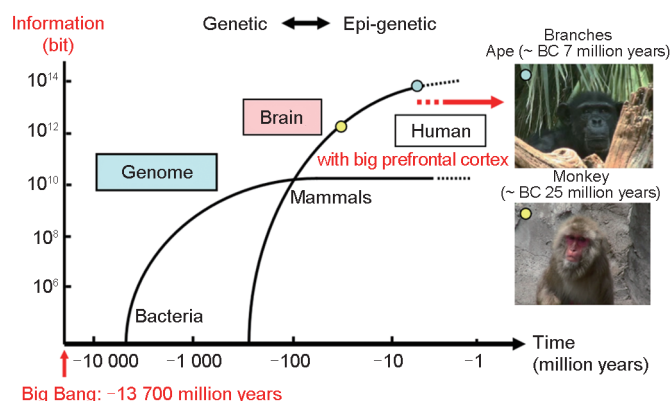


图8. 信息角度的生命进化。

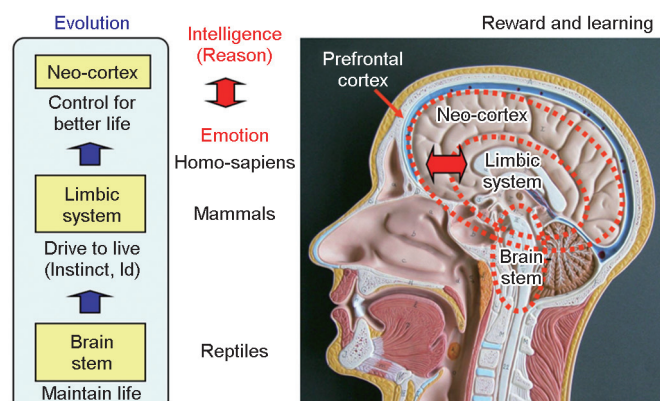


图9. 用于信息处理的大脑系统进化。

* H. Koizumi. *The Science History of the Brain*. Tokyo: Kadokawa Press, 2011

人类思考时能够使用从过去到未来的很长时间跨度范围内的语言和符号。

只有人类可以创造未来

人类即使是在潜意识中也能使用语言进行信息处理，从而使大脑在想象力的领域内具备超越时空的能力。

除人以外的动物只有一个简单的未来，而人类不仅有简单的未来，还有自主或有意识选择的未来。自主性未来让我们能够为了人类安全与福祉来规划和优化未来整体城市群。

舒适 / 不适感下的生存概率

所有动物——从原始动物到人类——都依照舒适/不适感做出反应。我们相信，舒适/不适感如同生存指南针，指引我们如何做出反应。更为舒适的环境选择能提高我们的生存概率。舒适的温度有益健康；好闻的气味会带来营养；性快感确保了物种的延续(图10)。

产生幸福感

在动物研究中，纹状体的活动如同大脑中的奖励制度一样，特别是在预测方面。如果在动物大脑中提前进行奖励预测，为了得到奖励，动物就会以某种方式做出反应。即使对于一只猴子而言，在实验中观察到的猴子得到奖励之前的超前预测时间也是很短的：少于20秒。然而，人类能够提前数年预测各种各样的奖励。例如，如果一个人相信他能够通过在工作岗位上努力奋斗而在

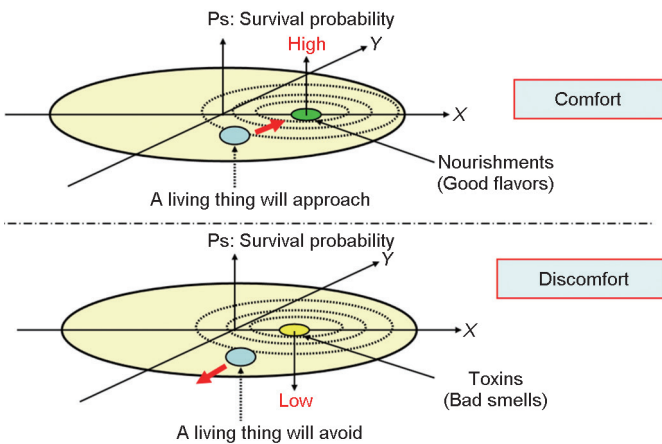


图 10. 以奖励系统为基础的舒适 / 不适感下的生存概率^{**}。

^{**} H. Koizumi, JST Symposium, 2008. H. Koizumi. *The Science History of the Brain*. Tokyo: Kadokawa Press, 2011

^{**} N. Sadato's Group, NIPS. Japan's Children's Study (JCS), RISTEX/JST. Area Director: H. Koizumi; K. Izuma, D. N.Saito, N. Sadato, *Neuron*, 2008

一年后购买舒适的房子，那么由于对报酬的期待，他的工作就有可能变得愉快。在这方面人类是独一无二的，而且成为通往快乐的一条途径。

社会奖励激活纹状体

近来，作为日本国家计划的一部分，日本国立生理学研究所Sadato教授的团队发现，当研究对象被高度评价为受社会尊敬的人时，他的纹状体被明显激活(图11)。在人类身上，这个区域的反应类似于因训练成功而得到作为奖励的香蕉时的猴子的纹状体反应。

无创性脑功能成像的发展

在无创性人类大脑功能成像中最重要和最困难的问题是必须满足两个相互矛盾的要求：一个要求是减少人体组织与辐射探测光子之间的相互作用；另一个要求是获得足够好的信噪(SN)比以产生高时空分辨率的图像。

只有最高品质的技术能够解决这个问题。我们努力开发解决这个问题的各种新技术，并在磁共振成像(MRI)领域申请了多项专利(图12)。我们还在1992年开发了功能性磁共振成像(fMRI)仪，然后开发了光学绘图，

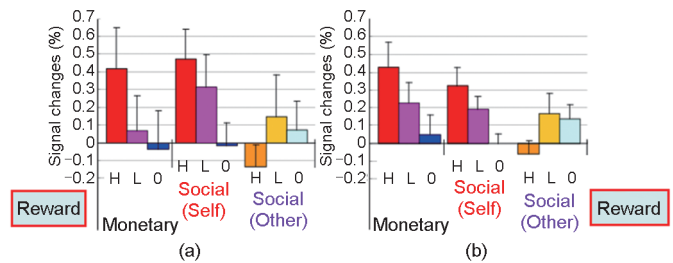


图 11. 社会奖励激活纹状体^{**}。(a) 纹状体中的尾状核；(b) 纹状体中的硬膜。

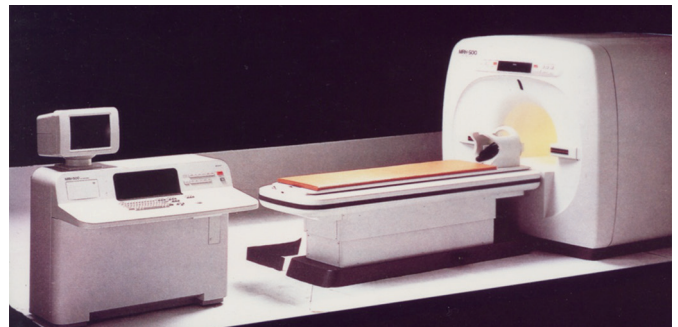


图 12. 核磁共振成像 (MRI)/ 磁共振血管造影 (MRA)(以 1990 年日立公司开发的 MRH-500 为例)。

随后成功获得了高阶脑功能图像。这种方法可用于测试自然条件下的研究对象。1995年，我们发表了世界上第一篇有关光学绘图的论文。

在光学绘图中，直径为1 mm的可挠性光纤被放置在头皮上的发根之间。近红外光进入大脑，并受到神经细胞活动引发的氧血红蛋白水平、脱氧血红蛋白水平和总血红蛋白水平浓度变化的影响。通过蒙特卡罗模拟计算光子路径。

举例来说，光学绘图能告诉我们写作行为期间大脑活动的图像。在布罗卡区和韦尼克区可以观察到这种激活状态。左额叶上的布罗卡区用于生成词语，而右额叶上的韦尼克区用于理解词语。

用于精神疾病诊断的光学绘图测试

1996年以来，我们一直与精神病医生合作，致力于心理疾病诊断工具的研发。最近，在临床精神病学方面取得了显著的进展。2011年，《Nature》杂志将这种诊断方法作为新闻特写进行了报道，标题为《Neuroscience: Thought experiment》(Feature News, *Nature*, 2011, vol. 269)。《Nature》杂志在强调该新方法的重要性的同时，还指出临床结果的数量仍然不足。然而，在那篇新闻特

写发表日期之前，已经开展了大规模的院内检验，新闻特写发表之后很快对大数据进行了报告。日本政府已经正式认可了这种光学绘图测试作为精神病医生的诊断支持工具，用于区分处于抑郁状态的病人的抑郁症、躁郁症和精神分裂症的诊断。

由于心理问题是城市居民出现精神压力的常见源头，所以心理问题在城市生活中非常重要。世界人口中有超过50%的人口生活在城市地区。解决紧张都市生活所造成的心理问题是规划和建设未来整体城市集群的主要考虑因素。

结论

(1) 人类安全与福祉的工程学概念是未来工程学的主要问题。在这一点上，科学、工程和技术的紧密合作是未来的关键。

(2) 新型城镇化作为人类生活的平台是一个关键。在这一点上，系统优化整体城市集群非常重要。

(3) 人类是能够思考未来的唯一物种。我们不得不为了人类安全与福祉规划一个受控的、更加美好的未来。

(4) 与科学活动相比，道德伦理在工程学活动中更为重要。