

团 体 标 准

T/CGIA XXX-20XX

石墨烯材料创新成熟度评价指南

Guidance on evaluation of innovation maturity level for graphene materials

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的可能涉及的专利、版权等连同支持性文件一并附上。

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

中关村华清石墨烯产业技术创新联盟发布

版权声明

本文件系由中关村华清石墨烯产业技术创新联盟（简称“联盟”）组织创制的团体标准文本（含制定过程中的草案），联盟拥有本文件的著作权，受《中华人民共和国著作权法》保护。除法律所允许的情形或事先得到联盟书面许可外，任何组织和个人不得以任何理由进行复制、销售、传播本文件，或抄袭、歪曲本文件等侵权行为，否则，行为人应承担相应的民事、行政责任，构成犯罪的，将依法追究其刑事责任。其他文件引用本文件，不属侵权行为。

凡利用本文件进行或支持贸易、认证等商业活动，应事先购买正式文本或得到联盟书面授权。购买本文件或获得授权，请与联盟联系。

欢迎社会各界举报侵权盗版行为。一经查实，联盟将奖励举报人，并依法严格保护举报人信息。

联系人：戴石锋。

联系电话：13811062632。

联系邮箱：standard@c-gia.org。

联盟对本版权声明具有最终解释权。

目 次

目 录.....	I
前 言.....	II
引 言.....	III
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 创新成熟度等级划分与评判.....	5
5 标准和专利在各等级布局建议.....	6
6 评级方法.....	8
参考文献.....	10

中关村华清石墨烯产业技术创新联盟

前 言

本标准按GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准的结构和编写》给出的规则起草。

本标准由中关村华清石墨烯产业技术创新联盟提出并归口。

本标准起草单位：中关村华清石墨烯产业技术创新联盟、中关村巨加值科技评价研究院、山东国瓷功能材料股份有限公司、等

本标准主要起草人：

本标准的所有权和解释权归中关村华清石墨烯产业技术创新联盟。

本标准为首次发布。

引 言

石墨烯材料是一种具有优异电、热、光、力等性质的二维纳米材料，在电子器件、复合材料、新能源、生物医学以及国防科技等领域有着广阔的应用前景。自 2010 石墨烯发现者获得“诺奖”前后，我国正式开启石墨烯产业化之路，至今已有 10 年历程。石墨烯材料作为一种新兴材料，是典型的“从 0 到 1”创新型产业，国内外无任何成熟产品和应用领域可供借鉴。从论文专利发布数量和企业注册数量来看，我国已成为石墨烯研究和应用开发最为活跃的国家之一。尽管成绩很显著，但我国石墨烯产业化进展处于什么水平？石墨烯材料的应用进展如何？在未来国际竞争中我国石墨烯产业要更加注重什么才能有利于形成发展核心竞争力，才能行稳致远？这一系列事关石墨烯产业发展的重大问题，一直备受政府和社会各界关注。中关村华清石墨烯产业技术创新联盟，作为石墨烯领域的专业性行业组织，积极开展相关调研和研究工作，提出了制定“石墨烯材料创新成熟度评价指南”标准，以期用结构化、可视化的评价方法为回答上述重大问题提供有益的参考。

技术成熟度是由美国国防部于上世纪 70 年代首先提出，在美国国防武器装备采办中发挥了重要的评判作用。随后该方法快速传播到世界各国，并在多个领域得到推广应用。2013 年，ISO 首次发布 ISO 16290:2013《航天系统：技术成熟度等级及评价准则定义》，标志着技术成熟度方法在世界范围内得到广泛认可。在我国，技术成熟度评价方法的应用也得到了高度重视，航天、航空、武器装备等领域的重大工程都采用了技术成熟度评价方法，建立了相应评价标准。2018 年，《新材料技术成熟度等级划分及定义》(GB/T 37264-2018)国家标准正式发布，该标准为新材料领域的技术成熟度评价提供了一种通则化的参考。聚焦石墨烯产业，建立科学的技术成熟度和创新成熟度评判方法，对降低石墨烯材料产业化中的研发风险，防止走弯路、走回头路，都具有十分重要的指导作用。

总结分析包括石墨烯材料在内的各类纳米材料产业化历程，以及归纳国内部分优秀新材料企业的产业化成功经验发现，由于新材料的开发和应用长时间处于研发和产业化并举的发展模式，企业对产业化的过程认知已经不再停留在传统的由小到大、由简单到复杂的放大模式（实验室阶段-工程化阶段-产业化阶段）；不再停留在产业化的过程就是材料制备本身的过程；不再停留在先产品、后标准的商业推广方法。新材料不断发展的新业态、新模式、新方法，对新材料或具体到石墨烯材料的成熟度评价而言，产生了很多新的认知和评价方式。

本标准基于以下几点重要认知，建立了石墨烯材料创新成熟度的评价指南标准：

- 新材料产业正遵循着“概念提出、技术验证和产品实现”产业化新路径；
- 新材料的技术研发、专利布局 and 标准研制协同发展模式；

——应用决定成败，将应用需求贯穿产业化全程，建立新材料的技术成熟度评价要基于应用为导向的评价方法；

——技术成熟不等于产业化成功，新材料创新要以创造商业回报为最终评判依据。

以往，传统材料领域的标准化通常遵循先产品、后标准的工作逻辑，成熟的产品才能制定标准。鉴于石墨烯材料的新业态、新形势，以及标准化在推动新技术发展、促进科技转化为生产力方面有着重要的支撑作用，需要在新材料的研制过程中及时开展标准研制和专利布局同步协调，将会充分发挥标准的支撑引领作用。这也是标准化领域的一个重大命题。石墨烯联盟一直关注和开展这方面的探索和实践，提出了系列新理念、新模式、新方法。在取得的新认知和实践基础上，本标准在产业化各阶段如何开展标准和专利布局提供了相应的建议。

石墨烯材料创新成熟度评价指南

1 范围

本标准建立了石墨烯材料在产业化过程中创新成熟度等级及其评价特征,对评价过程提出了原则要求。鉴于标准化在新材料产业化中的重要作用,本标准在产业化各阶段如何开展标准和专利布局提出了建议。

本标准适用于政府、企业、投资方或第三方评估机构等对某一具体石墨烯材料产业化项目的创新成熟度进行评价,也适用于指导企业内部如何做好石墨烯材料产业化提供参考。石墨烯制品产业化创新成熟度评价亦可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

T/CGIA 001 石墨烯材料术语和代号

T/CGIA 002 含有石墨烯材料的产品命名指南

注:国家标准化管理委员会网站提供国家标准查询,网址为 <http://openstd.samr.gov.cn/bz/gk/gb/index>。

3 术语和定义

T/CGIA 001-2018、T/CGIA 002-2018 及下列界定的术语适用于本标准。

3.1

石墨烯 graphene

每一个碳原子以 sp^2 杂化与三个相邻碳原子键合成形成的蜂窝状结构的单碳原子层。

注:石墨烯是许多碳材料的构建单元。

3.2

石墨烯材料 graphene materials

由石墨烯单独或紧密堆垛而成、层数不超过10层的二维材料及其衍生物。

注 1：石墨烯材料包括单层石墨烯、双层石墨烯、多层石墨烯。

注 2：常见改性方式包括氧化、氢化、氟化、磺化或异质掺杂等。

注 3：石墨烯材料的宏观存在形态有薄膜、粉体、浆料和三维构造体。

注 4：层数超过 10 层的一般称为石墨。

3.3

石墨烯制品 graphene enabled/inforced product

应用石墨烯材料以生产具有特定新功能或显著增强已有性能的产品。

注 1：石墨烯材料具有优异的电、热、光和力等性质以及本身的纳米效应，现阶段一般以添加剂、主成分或器件组件等方式与其他材料或部件共同发挥作用，产生相应的新功能或提升已有性能。

注 2：显著增强已有性能是一个比较概念，要结合具体的产品或具体的性能进行判别。

3.4

石墨烯产业 Graphene industry

由石墨烯材料、上游原料、下游制品及检测、贸易、第三方服务机构等组成的产业链、服务链、价值链的集合体。

注1：该术语在国家产业政策中多次提及，但尚未有任何相关的定义和内涵描述，本标准提供一个定义以供政府、产业参考使用。

注2：石墨烯产业为新兴产业，有显著的跨学科、跨产业融合发展等特征，并且随着产业新业态、新模式的不断涌现，产业内涵在不断扩展和变化。该定义将根据产业发展定期进行审视和更新。

3.5

产业化 industrialization

从石墨烯材料的设计、研发、生产、应用到为社会提供有使用价值或效用产品的全过程。

3.6

技术成熟 technology maturity

石墨烯材料通过设计、技术验证和产品实现等过程，实现了材料参数性能符合预期目标、已规模化稳定供应以及得到下游用户的广泛使用等条件时的状态。

注 1：材料的技术成熟不等同于材料已实现了商业成功，即创新成功，见定义 3.9。

3.7

技术成熟度 technology readiness

与技术成熟时的状态相比，石墨烯材料在设计、技术验证和产品实现等过程中所处的技术发展阶段。

3.8

创新 innovation

应用新知识、新技术、新工艺，采用新的生产方式和/或经营管理模式，提供新产品和/或服务，并获得商业回报的过程。

注 1：技术成熟是创新的主要任务，但不是最终目标。

3.9

创新成功 innovation success

在技术成熟的基础上并取得商业上的成功。

3.10

实验室环境 laboratory conditions

用于测试石墨烯材料本征性能和理化参数的环境。

注 1：石墨烯材料或制品技术创新成熟度 3 级、4 级所处的环境。

3.11

模拟应用环境 application simulation conditions

用于验证石墨烯材料在模拟应用产品中主要性能的环境。

注 1：这个环境不仅单纯是测试的环境条件，还包括应用场景、制造工艺的运行环境。

注 2：创新成熟度 5 级所处的环境。

3.12

典型应用环境 typical application conditions

接近真实应用环境的模拟环境，主要用于验证和评估石墨烯材料在真实使用环境下的性能表现。

注 1：如应用石墨烯材料制作电池软包来综合评价测试石墨烯材料的性能。

注 2：创新成熟度 6 级所处的环境。

3.13

真实应用环境 real conditions

石墨烯材料或制品最终使用状态所有性能和功能在真实应用场景、制造、测试和运行的环境。

注 1：石墨烯材料或制品技术创新成熟度 7 级及以上所处的环境。

3.14

初样 prototype sample

在实验室内通过实施制备基本原理的方式获得、材料本身的主要参数性能满足预期目标的石墨烯材料样品。

注 1：石墨烯材料的主要性能参数一般包括石墨烯层数、尺寸、成分含量、电、热、光等本征性质。

注 2：初样主要验证材料的本征性质，尚未考虑应用场景的性能要求。

3.15

正样 targeted sample

在初样的基础上，根据应用场景性能需求，对制备工艺进行适应性改进，而制备的满足应用需求的石墨烯材料样品。

注 1：石墨烯材料，除主要性能参数外，还包括样品在下游应用产品中的分散性能、配伍性及其他要求的各项加工性能等。

注 2：石墨烯材料的各项性能参数均符合应用场景下的性能要求，应用此石墨烯材料样品可以生产出合格的下游应用产品样品。

3.16

产品 product

性能满足用户需求且批量、稳定生产的石墨烯材料。

4 创新成熟度等级划分与评判

4.1 产业化阶段

根据新材料产业化新理念和新逻辑，石墨烯产业化创新过程可分为概念提出、技术验证、产品实现和商业应用等四个阶段。

注：传统上，材料的产业化过程分为实验室阶段、工程化阶段和产业化阶段，这主要是根据工作场地来划分。根据石墨烯联盟对多家新材料企业的调研显示，新材料企业已基本不采用这种传统分类来管理新材料的产业化过程。

4.2 创新成熟度等级

根据石墨烯技术成熟度和商业应用情况，石墨烯产业化创新过程可分为12个等级，等级划分及名称、等级定义及示例，如表1所示。

表1 石墨烯材料产业化阶段和等级分类

阶段	级别	名称	等级定义	示例说明
概念提出	1级	报告级	通过探索研究，发现了石墨烯材料技术领域相关的新现象、新性质，且具有重要的应用前景。	示例1：2004年，英国科学家在实验室内发现了“石墨烯”，并通过测试发现具有优异的电、热、光和力等性质。 示例2：2018年，中国科学家曹原将双层石墨烯的堆垛角度旋转为1.1度时并置于特殊电场中时，具有超导现象。
	2级	方案级	针对石墨烯材料的拟定应用方向，提出了制备石墨烯材料的技术方案，并通过了可行性论证。	拟开发应用于锂离子电池导电剂的石墨烯材料，提出用物理插层法制备石墨烯材料的技术方案，并从技术、设备、投入等多维度论证方案的可行性。
技术验证	3级	功能级	将石墨烯材料的制备技术方案在实验室中实施，制备工艺初步得到贯通，获得少量石墨烯材料样品，其关键参数或功能符合预期设计目标。 注1：石墨烯材料的关键参数之一是其平均层数不超过10层。	对于开发石墨烯材料某种制备工艺方案（top-down），在实验室内验证工艺能否成功对石墨进行解理和分层剥离。对于CVD法制备石墨烯（bottom-up），在实验室条件下确定参与反应的原料、反应条件和温度等，验证能否制备出石墨烯薄膜。
	4级	初样级	在满足关键参数的基础上，通过优化制备工艺，石墨烯材料样品的主要参数性能符合预期设计目标。 注1：石墨烯材料的主要性能参数一般包括石墨烯片/膜的尺寸、成分含量、电、热、光等本征性质。 注2：初样主要验证材料的本征性质，尚未考虑应用场景的性能要求。	石墨烯材料制备工艺贯通，石墨烯材料的其他主要性能参数符合预期目标，如片径、表面官能团、碳氧比含量等能够精确控制；石墨烯薄膜的电性能等。

阶段	级别	名称	等级定义	示例说明
	5级	模拟级	验证石墨烯材料样品在应用模拟环境中的性能，并对制备工艺进行适应性改进，使石墨烯材料在新开发的产品的关键参数符合预期设计目标。 注1：石墨烯材料性能的改进和提升必须以应用需求为目标，进而对制备工艺进行适应性调整改进。	应用石墨烯材料为锂离子电池的导电剂，并制作成扣式电池通过电池性能的验证。
产品实现	6级	正样级	验证石墨烯材料样品在典型应用环境中的性能，并对制备工艺进行适应性改进，使石墨烯材料在新开发的产品的各项参数性能符合预期设计目标。	用石墨烯材料制备成电池软包，按照电池相关标准要求，对电池的各项电性能和安全性能等都进行检测，性能参数符合预期要求。
	7级	中试级	以石墨烯材料正样规模化生产为目标，进一步放大石墨烯材料制备工艺，生产出符合正样要求的石墨烯材料；使石墨烯材料通过用户测试和认定。 注1：此级工艺能日生产公斤级以上的石墨烯材料，工艺路线和单元反应操作方法确定，环境保护设施完备且正常运行。	石墨烯材料浆料已小批量生产，性能指标满足预期设计目标，且得到用户测试和认可。
	8级	质量级	石墨烯材料已连续稳定供货一年，供应的材料各项参数符合需方的要求。	示例 1：石墨烯改性防腐涂料能够批量生产，且用户已连续使用产品 1 年。期间石墨烯制品未出现大的参数波动问题，应用性能符合下游产品的预期要求。 示例2：石墨烯材料能够批量生产，且用户已连续使用产品1年，期间石墨烯材料未出现大的参数波动问题，应用性能符合下游产品的预期要求。
应用回报	9级	应用级	石墨烯材料已经向3家及以上规模性同类用户企业批量稳定供货，用户应用石墨烯材料制备的产品质量稳定，没有因石墨烯材料而产生任何质量事故。 注 1：用户产品对石墨烯材料的参数和性能需求可能会随着下游产品的其他组成原料、工艺优化或环境等各因素变化，因此，石墨烯材料的质量稳定和应用成熟是以下游应用产品的质量稳定而确定的。	用石墨烯改性防腐涂料质量稳定超过1年，对石墨烯材料质量的性能参数需求完全掌握。
	10级	盈亏级	石墨烯材料年度的累计销售额与年度支出达到盈亏平衡点。	-
	11级	利润级	石墨烯材料年度累计销售额大于总投入的50%。	-
	12级	回报级	石墨烯材料的总收益大于开发总投入。	-

5 标准和专利在各等级布局建议

5.1 总则

在石墨烯材料研制中，技术研发、专利布局 and 标准研制应同步进行，以标准支持产品研发，以标准引领产业创新。

5.2 标准和专利布局建议

在产业化各阶段，标准研制和专利布局工作可参见表 2 中的建议。

表 2 各阶段中标准和专利的布局建议

阶段	标准化任务	专利布局任务
概念提出	<ol style="list-style-type: none">1. 针对拟开发的产品，梳理国内外同类型产品的标准及对其质量、性能试验方法、使用材料检验的标准等；国内外同类产品有关的现行基础标准和健康安全环保方面的标准等，形成标准对比分析表，作为新产品设计的参考依据。2. 提出新材料预期应达到的参数和性能要求，新产品质量必须符合现行法定的技术标准，并在此基础上有相应的改进和提升；对生产设备、原料、半成品、辅助材料、外购件等提出标准化要求。3. 预测材料研制阶段可同步开展的标准研制需求。	<ol style="list-style-type: none">1. 发现新现象新方法，原则上先申请专利，再公开成果。对于技术门槛高，不易仿制的技术，可作为商业秘密进行保护，不需要申请专利。2. 对拟开发的同类产品相关专利进行收集，分析已有专利的技术方案和布局情况，对己方拟定技术路线的创新性进行评估，根据专利分析，提出合理的专利申请和布局方案。3. 做好核心技术或专利如何与标准研制协同的规划。
技术验证	<ol style="list-style-type: none">1. 对全员尤其研发人员开展标准化知识培训，学习标准化原理和方法，并成立相应的标准化工作小组，由研发人员和标准化专员共同组成，指定研发负责人担任标准化工作总体负责人。2. 全程应用标准化原理和方法，对初样的种类、规格、等级等进行通用化、系列化、模块化（三化）设计，建立“三化”资源数据库，以最少的基本单元以及不同组合满足不同用户的个性化需求；3. 提炼出材料开发中形成的若干核心技术，通过核心技术的不同组合，提高新材料的研发效率；4. 初步建立工艺流程、工艺装备的标准化文件并反复进行完善；确定原料、半成品、辅助材料、外购件等标准化文件；计算经济效益； <p>参与外部标准（国际、国标、行标、团标、地标等）的研制，了解本领域研发动态和产业发展方向，根据外部反馈有益信息，及时调整和改进产品研发；将自身优势技术积极纳入外部标准技术框架内。形成企业标准化操作手册。</p>	待补充

阶段	标准化任务	专利布局任务
产品实现	1. 完成企业标准的编制，包括技术标准、管理标准、工作标准等，按标准化方法建立各岗位的工作职责；建立产品质量控制和生产管理的各类标准，并持续改进，使工艺、装备和人员达到最优状态。 2. 根据自身优势技术和产品，确定标准研制需求，积极主导制定相关外部标准，通过各类外部标准制定，进一步检验材料的技术参数的科学性和先进性，并宣传自身产品优势，引导产业发展方向，创造与客户交流合作的平台。	待补充
应用回报	1. 积极实施标准，推广标准。 2. 根据标准的应用实施情况，及时了解用户意见，为材料进一步迭代更新提供有益参考。	待补充

6 评级方法

6.1 评价原则

石墨烯材料创新成熟度评价应遵循公开、自愿、客观、规范等原则。

6.2 评价相关方

石墨烯材料创新成熟度评价相关方包括评价方和被评方。

- a) 评价方可为政府、企业、投资方或第三方评估机构；
- b) 被评方为接受创新成熟度评价的单位。

6.3 评价依据

根据本标准第四章中创新成熟度等级要求进行评价，满足等级包括的全部条件则表示通过 XX 等级。

6.4 评价流程

6.4.1 制定评价计划

评价方制定评价计划，成立由技术、管理和科技评估师等组成的评价专家组。

6.4.2 评价实施阶段

评价方组织专家组根据本标准第四章的等级定义根据评价项目进行分解，形成等级条件审查清单。对项目进行评价。被评方开展石墨烯材料项目创新成熟度等级的自评，编写创新成熟度自评报告，提交评价方。

6.4.3 等级判定

6.4.3.1 评价方根据专家组评审及企业自评报告 ,形成等级判定结论。

6.4.3.2 评价方就得出的等级判定结论与被评方进行沟通,评价方无异议后,最终给出创新成熟度等级判定结论。

中关村华清石墨烯产业技术创新联盟

参考文献

- [1] ISO 16290:2013 Space systems-Definition of the Technology Readiness Levels (TRLs) and their criteria of assessment
- [2] GB/T 37264-2018 新材料技术成熟度等级划分及定义
- [3] GJB 7688-2012 装备技术成熟度等级划分及定义
- [4] GJB/Z 173.2-2015 技术成熟度评价指南第 2 部分:导弹装备
- [5] GJB/Z 173.3-2015 技术成熟度评价指南第 3 部分:航天器
- [6] GJB/Z 173.4-2014 技术成熟度评价指南 第 4 部分 飞机和直升机
- [7] GJB/Z 173.5-2014 技术成熟度评价指南第 5 部分:航空发动机
- [8] GJB/Z 173.6-2015 技术成熟度评价指南第 6 部分:舰船装备
- [9] GJB/Z 173.7-2014 技术成熟度评价指南 第 7 部分 兵器装备
- [10] GJB/Z 173.8-2014 技术成熟度评价指南 第 8 部分 电子信息装备
- [11] GB/T 22900-2009 科学技术研究项目评价通则
- [12] 宓林,吴凤凤,任轶,等.技术成熟度评价浅析[J].质量评价,2018(3):40-46
- [13] 邢晨光,程文渊,宋刚,等.国内外技术成熟度评价相关标准规范对比分析研究[J].军事运筹与系统工程,2020(34):74-80
- [14] 卢健,杨天,熊艳才,张博,陈伟光,等.新材料技术成熟度等级划分与评估体系研究[J].2020,111-112
- [15] 彭勃.航空材料技术成熟度等级划分与评价方法研究[J].科技创新与应用,2016(22),66-67
- [16] 章威,马宽,党丽芳.运载火箭技术成熟度评价方法研究[J].航天标准化, 2018(2):1-6