

【华西机械】先进制造业研究框架系列五：

# 培育钻石行业框架

从婚姻到悦己，从消费到工业

【华西机械团队】

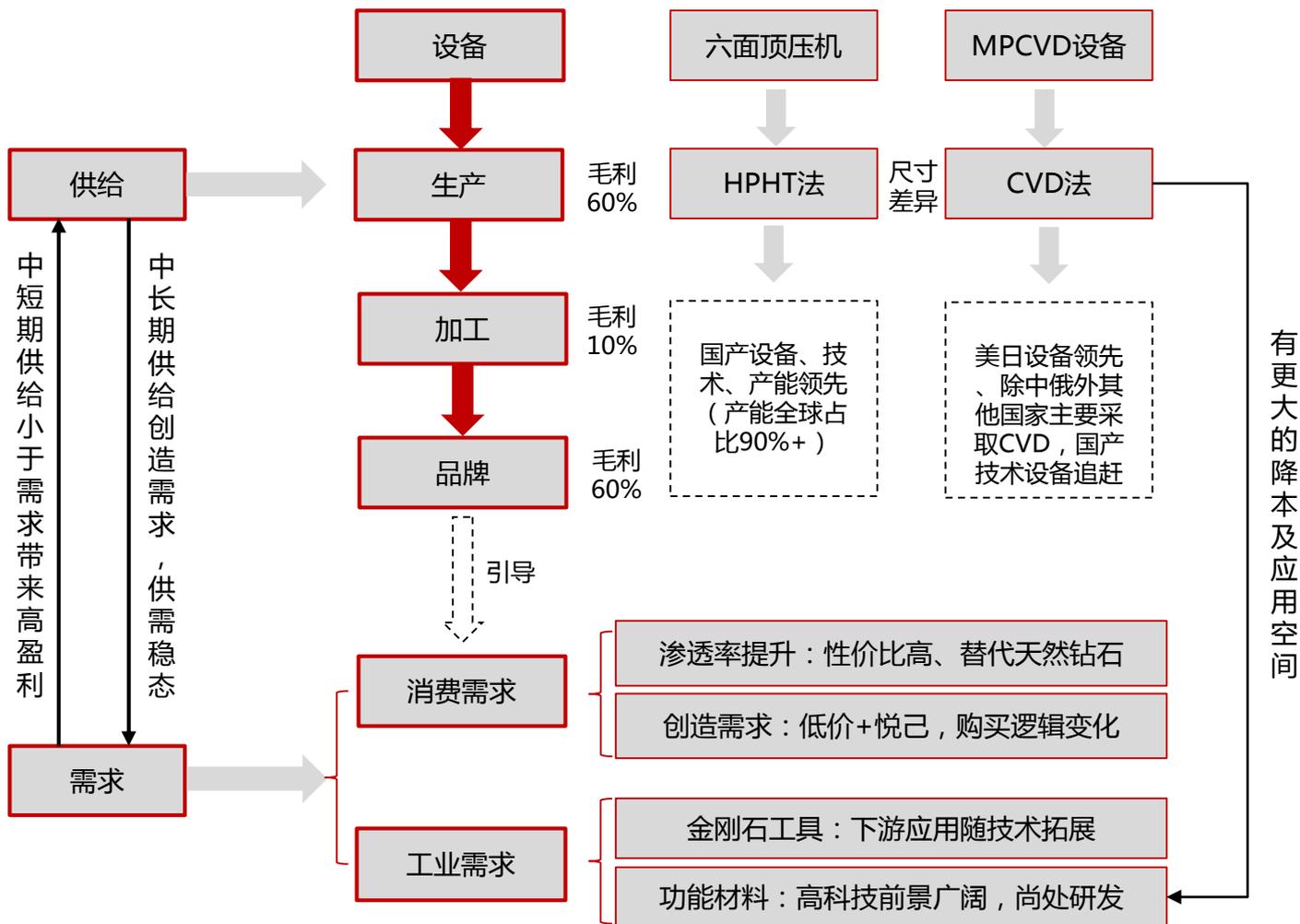
俞能飞（SAC NO S1120519120002）、曾雪菲

2021年11月24日

请仔细阅读在本报告尾部的重要法律声明

- **实验室合成真钻石，多种优点推动行业增长。**与仿钻不同，培育钻石是在实验室中人工模拟天然钻石结晶的过程及条件培育的真钻石，拥有与天然钻石完全相同的物理、化学性质和晶体结构。随着行业标准逐步明确、下游品牌建设加速，行业进入爆发期，现培育钻石已拥有 IGI、GIA 以及国内 NGTC 国检等证书。HPHT与CVD为两种制造培育钻的方法，目前从工艺上看，二者核心差异在尺寸上，HPHT更适合批量生产1-5克拉的毛石，5克拉以上CVD具有优势。
- **产业链上下游毛利率较高，国内在HPHT法的设备及产能上具有优势。**2020年全球培育钻石毛坯产量600-700万克拉，其中HPHT法和CVD法约各占50%。中国生产其中的约300万克拉，90%以上使用HPHT法。培育钻石上游HPHT技术、设备和产能均集中在中国，MPCVD技术和产能目前主要集中在美国等地、设备日美领先。中游加工环节，印度占据全球90%以上市场份额。下游培育钻石零售市场，美国约占80%。产业链上下游毛利率在60%左右，中游较低，在10-15%左右。作为钻石的“身份证”，证书也在产业链中起到重要的作用。
- **培育钻石的消费与工业需求均有较大发展空间。**消费端，全球钻石珠宝市场消费需求稳步增长，2020年约为650亿美元，国内钻石渗透率对标美国有一倍以上的渗透空间。同时天然钻石供给呈减少趋势，为培育钻石带来较大的成长空间。培育钻石和天然钻石对比，在价格和可持续性上有明显优势，同等参数条件下价格仅为天然钻石的20%-35%。培育钻石有望以低价激发出更多的市场需求，顺应悦己消费的兴起。工业端，根据金刚石力学属性，可制作磨、削、切、割等各类金刚石工具，目前市场较为成熟，未来发展空间在技术进步带来的下游应用拓展；根据金刚石在声光电热上的属性可做功能材料，最大的应用在半导体上，CVD法更符合功能要求，通过降本有望广泛应用。
- **受益标的：**1) HPHT法毛石生产商：**力量钻石、中兵红箭、黄河旋风**。2) CVD法毛石生产商：**四方达、沃尔德**。3) 毛石生产设备厂家：**国机精工**。
- **风险提示：**技术外溢，行业竞争加剧；产能投放不及预期；疫情反复对于产业链的冲击；培育钻石价格大幅波动

图：培育钻石行业研究框架



1

## 培育钻石：实验室合成真钻石

- ✓ 培育钻石和天然钻石物化性质完全一致
- ✓ 产业逐步规范，认可度明显提高
- ✓ 培育钻的两种技术：HPHT与CVD

2

## 产业链：产业分布与各环节价值

3

## 消费需求：婚姻到悦己，替代到创造

4

## 工业需求：市场广阔，方兴未艾

5

## 受益标的

6

## 风险提示

# 1.1 培育钻石与天然钻石性质完全一致

□ 与仿钻不同，培育钻石是在实验室中人工模拟天然钻石结晶的过程及条件培育的真钻石。人造钻石在化学成分、晶体形态等化学物理性质方面与天然钻石相差无几，肉眼无法分辨，只有极为精密的仪器才能通过检测微量元素和晶体生长的微小差异从而检测出二者差异。培育钻石在晶体结构的完整性、折射率、相对密度、色散等方面已经可以与天然钻石媲美，在硬度值、导热性、热胀性、电阻率、可压缩性等方面，两者表现也几乎完全一致。

**表：培育钻石与天然钻石化学物理性质完全一致，为真钻石**

宝石名称 (或俗称)	矿物名称	化学成分	物理性质			化学性质	
			摩氏硬度	密度值	导热性	折射率	色散值 (火彩)
天然钻石	金刚石 (天然)	C	10	3.52	非常高	2.42	0.044
培育钻石 (合成钻石)	金刚石 (合成)	C	10	3.52	非常高	2.42	0.044
立锆 (简称 CZ)	合成 立方氧化锆	ZrO	8	5.65	非常低	2.19	0.060
莫桑石	合成 碳化硅	SiC	9.25	3.2	比较高	2.65	0.104

资料来源：公开资料整理，华西证券研究所



**图：培育钻石（左）和天然钻石（右）肉眼无差别**



资料来源：公开资料整理，华西证券研究所

**图：莫桑石和立锆与钻石是完全不同的物质，仅光学性质相似**



资料来源：公开资料整理，华西证券研究所

## 1.2 行业标准明确，认可度明显提高

表：培育钻石近年来在产业和市场认可度上都加速提升

主题	时间	内容
行业组织和 技术规范	2018.7	美国联邦贸易委员会(FTC)对钻石的定义进行了调整，将实验室培育 钻石纳入钻石大类
	2019.2	欧亚经济联盟推出培育钻石HS编码
	2019.3	HRD针对培育钻石采用了天然钻石的分级语言
	2019.3	GIA更新实验室培育钻石证书的术语
	2019.3	培育钻石展团初次亮相香港珠宝展
	2019.7	印度推出毛坯培育钻石HS编码
	2019.7	中宝协成立培育钻石分会
	2019.1	央视报道实验室种出钻石引发全国关注
	2019.11	培育钻石展团参加北京国际珠宝展
	2019.11	世界珠宝联合会(CIBJO)创立培育钻石委员会
市场动向	2019.11	欧盟通过新的海关编码区分天然钻石和培育钻石
	2019.12	NGTC《合成钻石鉴定与分级》企业标准发布实施
	2017.5	施华洛世奇旗下培育钻石品牌Diama在北美地区正式开售
	2018.5	戴比尔斯宣布推出培育钻石饰品品牌Lightbox
	2019.5	美国最大珠宝零售商Signet开始在其线上品牌销售培育钻石
	2019.10	美国最大珠宝零售商Signet开始在线下门店销售培育钻石
	2019.11	美国第一个在线培育钻石交易平台lab-Grown Diamond Exchange (LGDEX)在纽约成立
	2019.11	Rosy Blue宣布开辟独立的培育钻石业务线
	2019.12	戴比尔斯向客户发布引导手册明确区分天然钻石和培育钻石

□ **行业标准不断明确。** 钻石业界主流的三大评级机构GIA(美国宝石研究院)、IGI(国际宝石学院)和HRD Antwerp已经可以提供培育钻的鉴定证书 (GIA仅提供电子版)。国内影响力最大的珠宝检测机构NGTC于2021年推出培育钻专用检测证书。

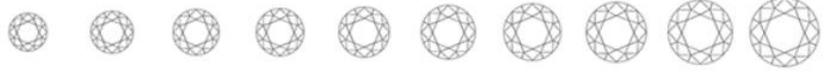
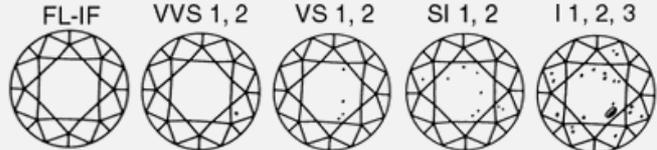
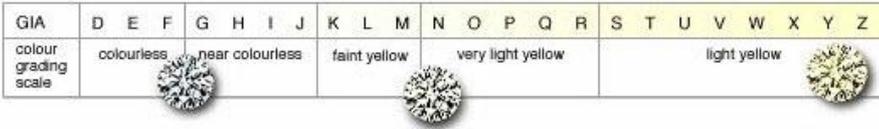
□ **下游认可度逐渐提高。** 传统珠宝巨头推出培育钻品牌：2017年5月，施华洛世奇旗下培育钻石品牌 Diama在北美地区正式开售；2018年，全球钻石龙头戴比尔斯宣布推出培育钻石饰品品牌Lightbox。

□ **独立培育钻石品牌逐渐兴起：**美国Diamond Foundry(2012)、中国凯丽希CARAXY(2015)、中国Light Mark小白光(2020)等相继成立，培育钻的市场影响力越来越大。

## 1.3 4C评价标准已初步构建

- **培育钻石国标已经初步构建，4C为评级标准，与天然钻石相同。** 最新的培育钻石国标中，除了明确合成钻石品质评价与自然界的稀有度无相关性，其他品质评价项目多参照了GB/T 16554《钻石分级》执行。从颜色（Color）、净度（Clarity）、切工（Cut）及重量（Carat）四个维度对钻石的品质进行评测，简称4C分级。颜色级别分为D、E、F、G、H、I、J、K、L、M、N。

**表：培育钻石4C标准（GIA标准）**

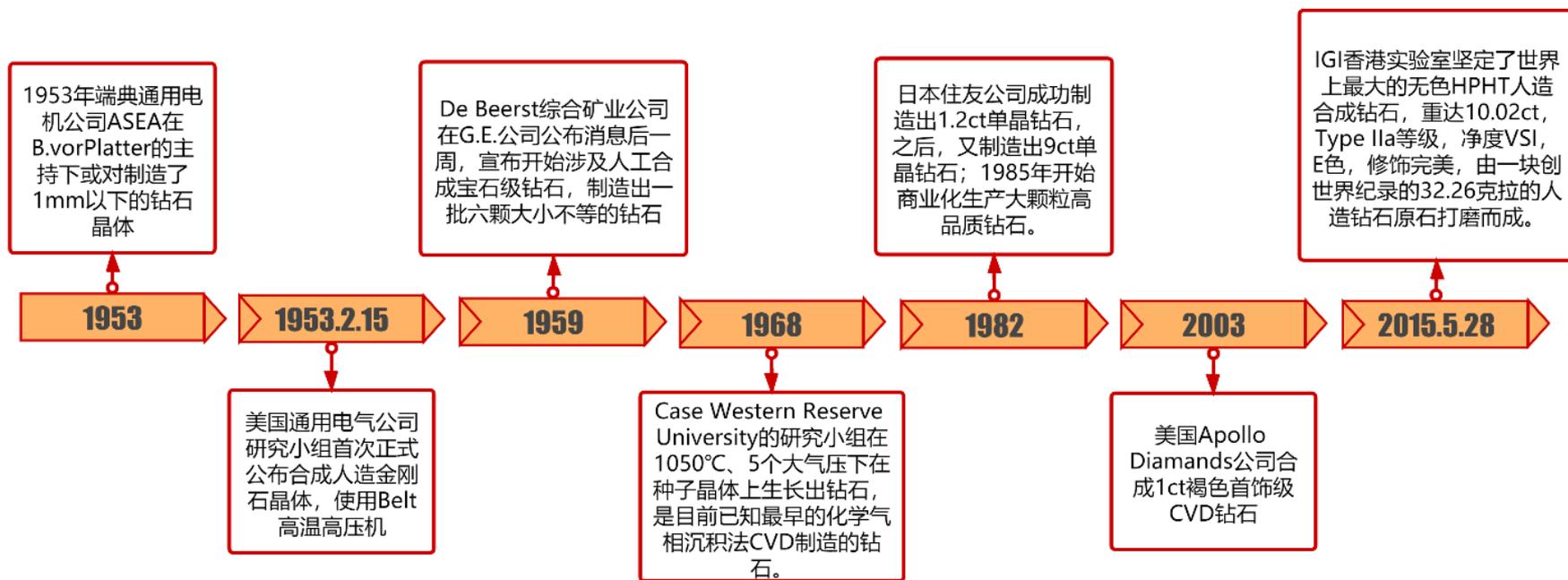
评价维度	维度描述	等级																																															
<b>钻石重量 (Carat Weight)</b>	钻石重量是决定钻石价值的最大元素，一般投资钻石都以一克拉以上为主。	 0,50   0,70   0,90   1,00   1,25   1,50   1,75   2,00   2,50   3,00																																															
<b>钻石净度 (Clarity)</b>	钻石可能会包含其他杂质，这些包裹物越少的话就越稀有，价值也越高，所以就根据它包裹物的大小，数量，颜色。位置以及特性分为I3到FL，英文是Imperfect至Flawless.	 FL-IF   VVS 1, 2   VS 1, 2   SI 1, 2   I1, 2, 3																																															
<b>钻石颜色 (Color)</b>	钻石是一种纯碳结晶，应该是纯白色，但若含有其他不纯物元素，则会出现不同颜色，因为大多数钻石都含有氮元素，略呈黄色。色泽等级可分为从D—Z的大致5个等级。其中D、E、F为最优等次无色，以D为最优，E、F为次。后是G、H、I、J为次优等接近无色。	<table border="1"> <thead> <tr> <th>GIA</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> <th>G</th> <th>H</th> <th>I</th> <th>J</th> <th>K</th> <th>L</th> <th>M</th> <th>N</th> <th>O</th> <th>P</th> <th>Q</th> <th>R</th> <th>S</th> <th>T</th> <th>U</th> <th>V</th> <th>W</th> <th>X</th> <th>Y</th> <th>Z</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>colour grading scale</td> <td colspan="3">colourless</td> <td colspan="4">near colourless</td> <td colspan="3">faint yellow</td> <td colspan="3">very light yellow</td> <td colspan="9">light yellow</td> </tr> </tbody> </table> 	GIA	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	colour grading scale	colourless			near colourless				faint yellow			very light yellow			light yellow								
GIA	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z																										
colour grading scale	colourless			near colourless				faint yellow			very light yellow			light yellow																																			
<b>钻石切工 (Cut)</b>	切工（CUT PROPORTION FINISH）可分为6个等级，分别是EXCELLENT、VERY GOOD、GOOD、MEDIUM、FAIR、POOR。	 光照      反射效果图 光直射      完美切工 EX   非常好切工 VG   好切工 G   一般切工 F   较差切工 P																																															

资料来源：GIA，IGI官网，华西证券研究所

## 1.4 培育钻石技术发展历程

- 关于人造金刚石的研究由来已久，工业上已经应用成熟。** 18世纪末，法国化学家拉瓦锡发现钻石是在地球深部高压、高温条件下形成的一种由碳元素组成的单质晶体，为后世的培育钻石技术提供了理论基础。1953年，瑞士工程公司（ASEA）首次合成出了40粒小颗的钻石，开启人工制备金刚石的新纪元。此后，工业级钻石的合成技术得到广泛应用，目前几乎三分之二的工业用钻已由合成钻石替代，主要应用于钻头、拉丝模具、磨料、工艺品等领域。
- 宝石级培育钻石随着技术进步逐渐出现，近两年稳定生产大克拉技术突破迎来行业爆发点。** 1970年，宝石级大颗粒的钻石在美国通用电气公司合成成功。2012年，随着合成技术不断成熟，培育钻石在美国消费市场零星出现。2020年，国内培育钻石厂商能批量稳定生产3-6克拉钻石毛坯，颜色可达最高可达D色，净度最高可达VVS，4C标准上达到较好水平。

图：培育钻石市场发展概况回顾

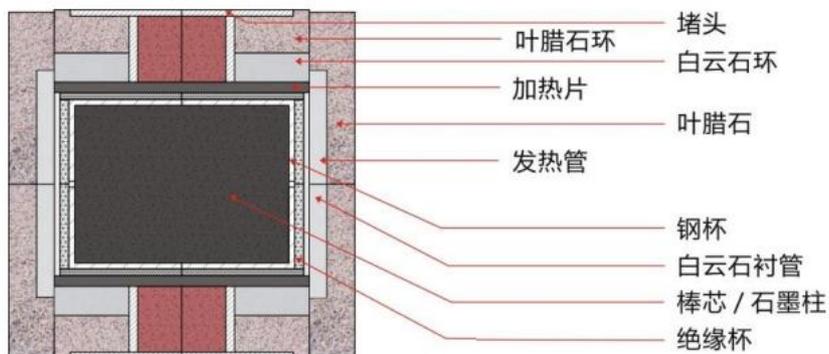


资料来源：培育钻石网，华西证券研究所

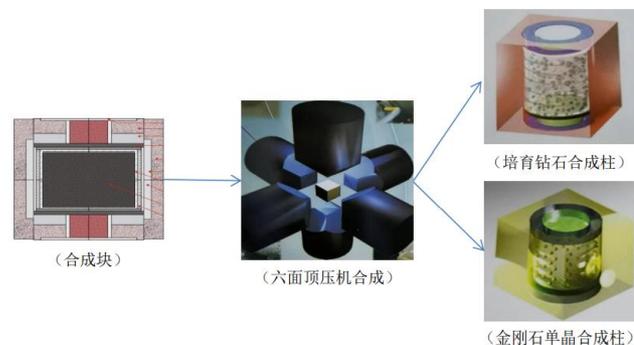
## 1.5 培育钻石技术：高温高压法（HPHT）

- 高温高压法（HPHT）合成的基本原理是在人造的高温高压环境下将石墨进行相转变生成钻石，一般需要10GPa、3000℃以上的压力和温度。如果有金属触媒（如Fe、Ni、Co、Mn等以及它们的合金）的参与，石墨相变为钻石所需要的条件将大幅降低，通常压力为5.4GPa，温度为1400℃。
- 高温高压法制备过程中需要使用到的**核心设备为六面顶压机、合成块和石墨芯柱**等。其制备流程为：
  - 1) **石墨芯柱制备**：首先将石墨粉、金属触媒粉和添加剂按照原材料配方所规定的比例混合后再经过造粒、静压、真空还原、检验、称重等工序制作成石墨芯柱；
  - 2) **合成块组装**：将石墨芯柱和复合块、辅件等密封传压介质按照技术要求和操作工艺规定组装在一起，将叶蜡石粉混合压制成为复合块，再将石墨芯柱、复合块及导电钢圈、堵头、加热组件及绝缘组件等设计成合成块。
  - 3) **单晶合成**：将合成块放入六面顶压机内，按照设定程序进行加温加压并长时间保持恒定，待晶体生长结束后停热卸压并去除密封传压介质取得合成柱。合成工序是石墨粉经过物理反应生产成金刚石单晶和培育钻石的过程，**是整个生产工艺流程的核心环节**。
  - 4) **提纯处理**：提纯处理是剔除合成柱中未反应完全的残留石墨以及混杂其中的触媒金属、叶蜡石等杂质，从而获得纯净的金刚石单晶和培育钻石。

图：合成块结构示意图



图：单晶合成示意图



## 1.5 培育钻石技术：化学气相沉积法（CVD）

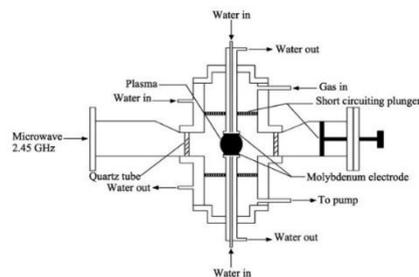
□ CVD法指将含碳元素的混合气体置于高温低压的环境下，将晶种至于真空腔体内，通入含氮、甲烷和氢的含碳混合气体，其中甲烷是合成钻石碳原子的来源、而氮则其催化作用，增加钻石生长速度，氢可以抑制石墨的形成，在高温等离子体的作用下，含碳气体被离解，碳原子在钻石基底上沉积成钻石膜。**微波等离子体CVD是制备高质量金刚石的首选方法。**

- 1) **抽真空**：在CVD设备基座上放置钻石衬底（晶种），将腔内气压抽至0.1个大气压；
- 2) **通气加热**：向真空腔内通入含氮、甲烷和氢的含碳混合气体，通过处理让其形成等离子体；
- 3) **沉积**：气体在成为等离子体的过程中碳原子会向钻石晶种靠近，逐渐在其表面上沉积出一层钻石薄膜。

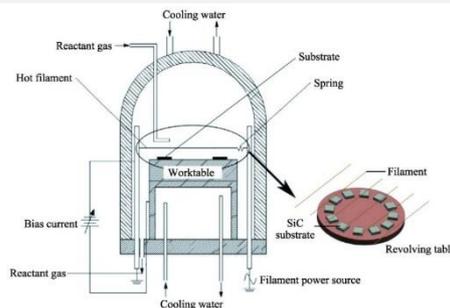
**表：三种典型CVD法合成金刚石的特点和应用情况**

CVD种类	沉积速率 ( $\mu\text{m}/\text{h}$ )	优点	缺点	应用
微波等离子体CVD法	0.1-34.0	等离子体密度高，放电电极无污染；控制好、质量高、生长面积可控、纯度高、质量好(工具级、热沉级和光学级)。	成本高，腔室尺寸有限，金刚石膜尺寸小。	合成大单晶、培育金刚石、光学薄膜、光电材料，耐磨涂层等。
热丝CVD法	1-10	成本效益高、操作简单、沉积率高、成膜面积大(直径200- 300mm)。	使用气体成分，加氧困难，热丝污染，纯度相对较低。	耐磨部件/零件、切削和磨削工具。
直流电弧等离子体喷射CVD法	5-930	电离度高，等离子体密度高；沉积速率高，沉积面积大，金刚石质量高，薄膜尺寸大，导热系数高。	工艺复杂，耗气量高。污染的电极。减少应用程序。	工具、散热片及光学元件。

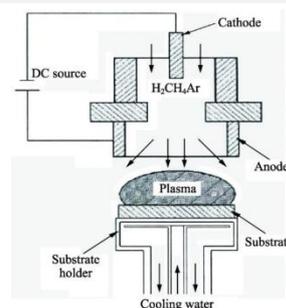
**微波等离子法**



**热丝法**



**离子体喷射法**



## 1.5 培育钻石技术：HPHT和CVD法对比

- 高温高压法（HTHP）合成培育钻石以塔状为主，**生长速度快、成本低、纯净度稍差，但综合效益具有优势**，特别是在1-5ct培育钻石合成方面具有明显优势；
- 化学气相沉积法（CVD）合成培育钻石呈板状，**颜色不易控制、培育周期长、成本较高，但纯净度高**，较适宜5ct以上培育钻石合成。

**表：HPHT与CVD法培育钻石的对比**

类型	项目	高温高压法（HPHT）	化学气相沉积法（CVD）
合成技术	主要原料	石墨粉、金属触媒粉	含碳气体（CH <sub>4</sub> ）、氢气
	生产设备	六面顶压机	CVD沉积设备
	合成环境	高温高压环境	高温低压环境
合成产品	主要产品	金刚石单晶、培育钻石	金刚石膜、培育钻石
	产品特点	颗粒状	片状
应用情况	应用领域	金刚石单晶主要作为加工工具核心耗材：培育钻石用于钻石饰品	主要作为光、电、声等功能性材料，少量用于工具和钻石饰品
	主要性能	超硬、耐磨、抗腐蚀等力学性能	光、电、磁、声、热等性能
	应用程度	技术成熟，国内应用广泛且在全球具备明显优势	国外技术相对成熟，国内尚处研究阶段，应用成果较少

资料来源：力量钻石招股说明书，华西证券研究所

1 培育钻石：实验室合成真钻石

2 产业链：产业分布与各环节价值

- ✓ 上游：中国是钻石毛坯主要生产商
- ✓ 中游：印度为主要加工地
- ✓ 下游：美国市场为最大消费地

3 消费需求：婚姻到悦己，替代到创造

4 工业需求：市场广阔，方兴未艾

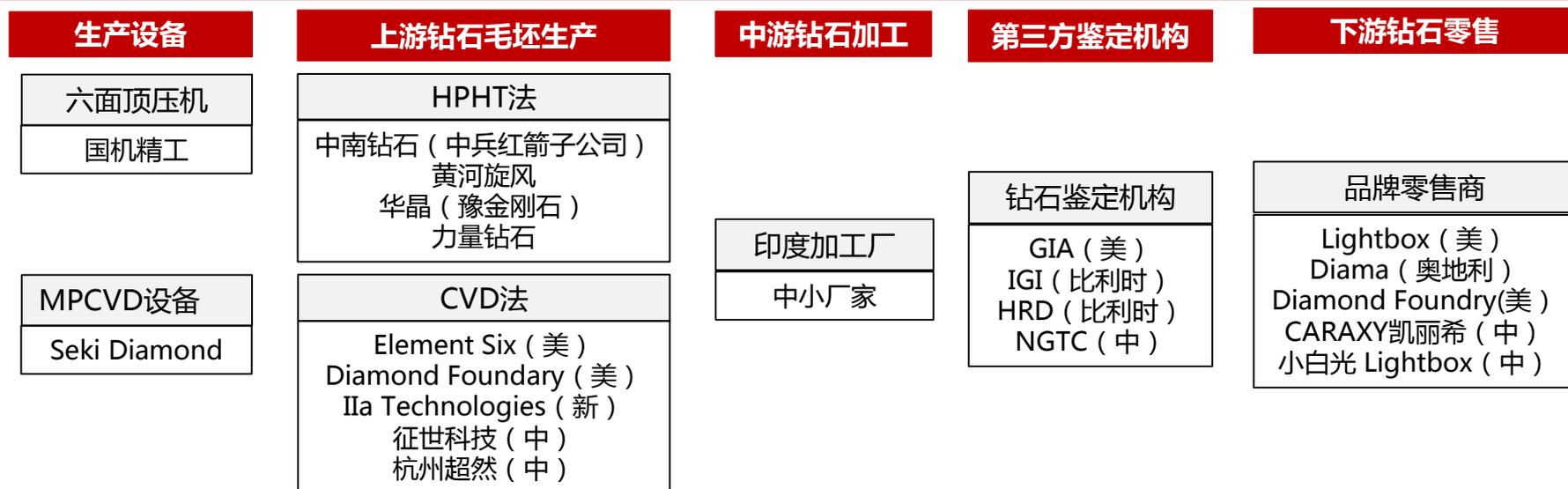
5 受益标的

6 风险提示

## 2.1 钻石产业链整体概览

- **设备厂商**：同时用于工业金刚石生产和培育钻石生产、**行业存量**大、**盈利能力较差**，国机精工（三磨所）是唯一有六面顶压机业务的上市公司，其六面顶压机目前的毛利约为10%。
- **毛坯钻石生产商**：培育钻生产商一般是工业金刚石生产商转化而来，无技术积累厂商较难进入市场。设备厂商产能和扩产动力有限，另外新设备需要调试，调试周期大约3-4个月，产能扩张短期存在限制。**技术壁垒和供需关系带来较高的毛利**，如力量钻石19-20年培育钻石毛利在60%以上。
- **打磨切割加工商**：格局分散，技术水平低，依赖廉价劳动力，盈利水平低，2020年**利润**约为**3%-5%**。
- **钻石鉴定机构**：GIA/IGI/HRD/NGTC为裸钻鉴定机构，鉴定证书是对钻石品质的权威认证，大多数品牌钻都配备证书。
- **品牌零售商**：下游分散，品牌力带来定价能力，如莱绅通灵19-20钻石业务毛利率达到58%。

图：培育钻石产业链



## 2.2 培育钻石设备毛坯生产设备

- **高温高压设备：六面顶压机**
- **国内技术产能领先。**1965年我国自主研发的金刚石六面顶压机问世，生产效率较原来国外研发的两面顶压机提高近20倍，元素六、日本住友电工、韩国ILJIN公司等国际企业均购买中国生产的大型六面顶压机替代原有的两面顶压机。
- **生产厂家：**国机精工（三磨所）等，价格约100万元/台

- **MPCVD设备：CVD金刚石反应器**
- **日本技术领先。**Seki Diamond的金刚石反应器为目前最先进的，国内也有产能，但性能上有所差距，会对钻石品质有所影响。
- **国外设备约300-400万元/台，国内设备价格较低，约为50-100万元/台。**
- **据力量钻石招股书数据，公司拟购入3台CVD合成设备，对应金额750万元，平均250万元/台。**

图：六面顶压机结构图



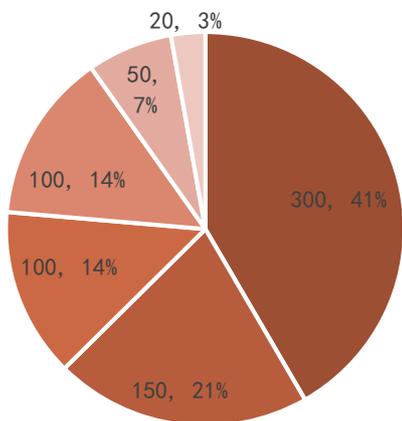
图：MPCVD设备结构图



## 2.3 上游：产能分布集中，大部分集中在中国

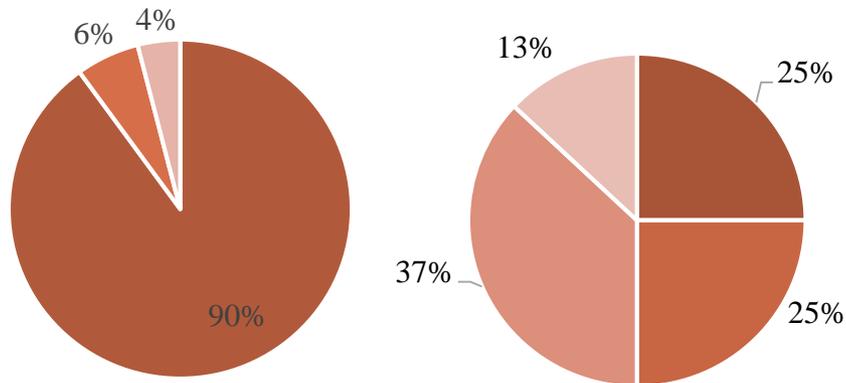
- 全球产能较为集中，中国是培育钻石的主要产地，占比达40%~50%。** 不同于天然金刚石产能受地理条件限制主要集中在南非、扎伊尔等，培育钻石的产能大部分集中在中国。贝恩《2020-2021钻石行业报告》中数据显示，2020年培育钻石产能全球约600~700万克拉，其中中国产能远超其他国家达300万克拉，占比约50%，其次为印度和美国，分别为150万克拉及100万克拉，合计占比超30%。
- 国内产能90%以HPHT法为主，国外以CVD法为主。** 生产国内钻石产能则主要集中在宁波晶钻、上海征世、华晶金刚石、中南钻石、黄河旋风等企业。从生产技术角度而言国内主要还是采用HPHT法生产，而全球其他地区如印度、美国、欧洲等基本采用CVD法生产钻石。整体来看，去年全球HPHT法培育钻石的产能大约占45%；而CVD法产能大约占55%。HPHT法与CVD法存在着技术壁垒，预计短期之内我国仍然将以HPHT法为主。

图：中国培育毛坯钻石产量全球领先



■ 中国 ■ 印度 ■ 美国 ■ 新加坡 ■ 欧洲&中东 ■ 俄罗斯

图：使用HPHT (左) /CVD (右) 法的国家及占比

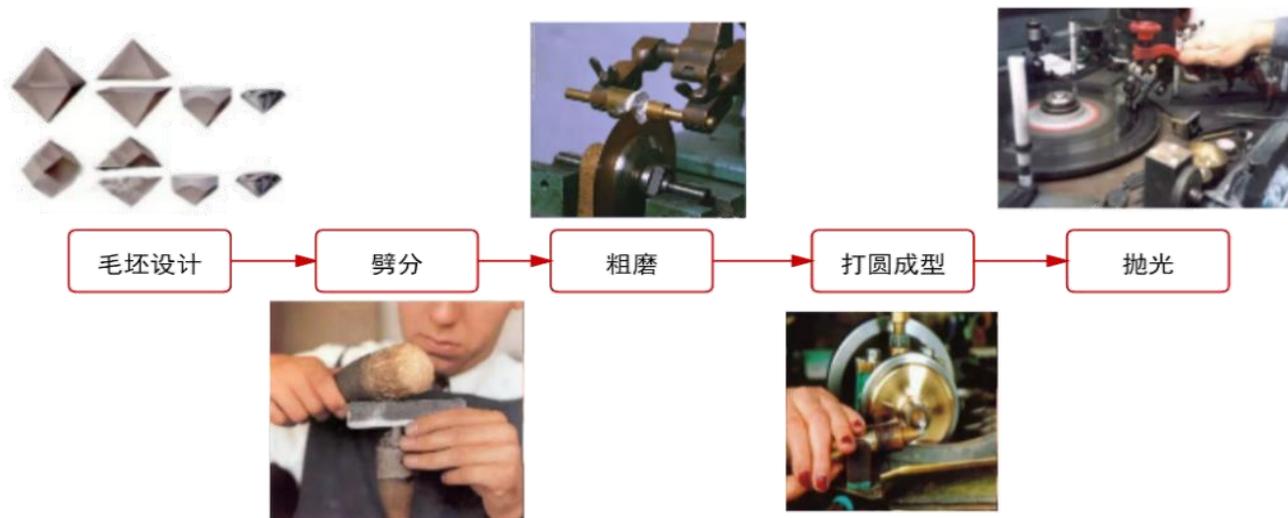


■ 中国 ■ 俄罗斯 ■ 其他 ■ 新加坡 ■ 美国 ■ 印度 ■ 中欧和中东

## 2.4 中游：劳动密集度高，印度为主要加工地

- 中游产业为劳动密集型，印度为主要加工地。** 培育钻石的中游，主要对钻石毛坯进行贸易、加工和设计镶嵌，中游加工的毛利率约在10%以下。由于钻石加工需要根据不同的成品需求加工出不同的形状，因此加工行业较难实现自动化生产，需要经验人员进行切磨操作，因此人力成本较高，属于**劳动密集型行业**。目前印度是全球培育钻石的切磨中心，**2015-2020年印度进口全球80%以上的毛坯钻石，2020年达到95%**，其切磨加工集中在苏拉特等地，形成了高度集中的加工产业集群。而中国钻石切磨：工厂分散在广东、广西、河南、湖南等地，在切磨加工后的成品钻石销往世界各地。
- 钻石加工即在钻石毛胚上进行切割、磨光等多个步骤，使其形成一定的形状以及光泽，主要加工流程可以分为：毛坯设计、劈分、粗磨、打圆成型、抛光等。

图：钻石加工流程图

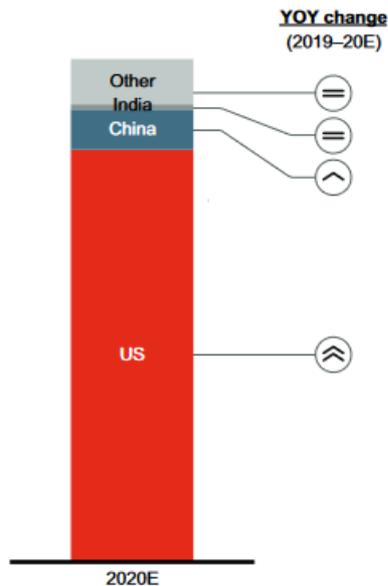


资料来源：培育钻石网，华西证券研究所

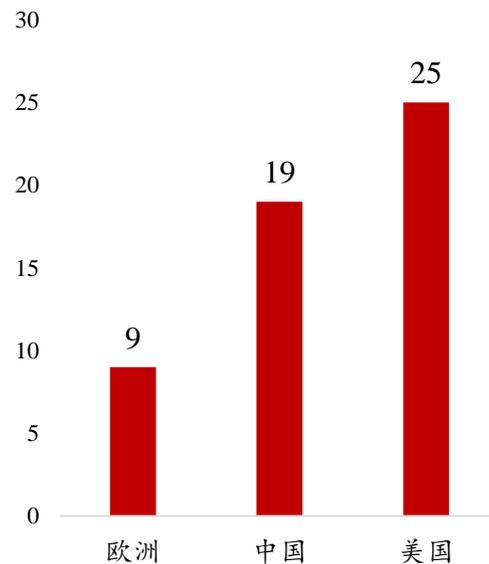
## 2.5 下游：美国为最大的成熟消费市场，渠道线上化趋势

- **培育钻石最大消费市场在美国。**根据贝恩咨询数据，2020年培育钻石零售市场，主要集中在美国、中国、印度三大国家，其中美国销售份额最高，居于首位，且增速快于其他国家。下游珠宝品牌商大多都是美国品牌，据统计目前美国已经拥有 25 个培育钻石品牌，中国拥有 19 个，欧洲拥有 9 个，其他地区则较少。
- **线上渠道增速较快。**主要品牌商线上销售比例提升，美国从2013年的9%提升至2020年的22%；中国从2013年的2%提升至2020年的16%。

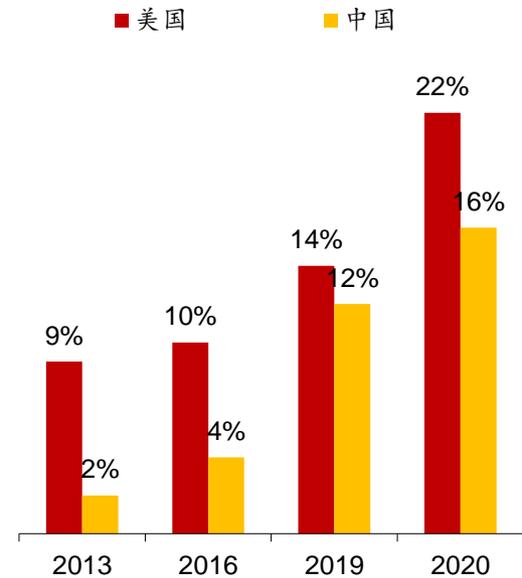
图：全球培育钻石消费主要集中在美国



图：2020年世界培育钻石品牌数量



图：美中下游销售线上化比例提升



资料来源：贝恩《2020-2021钻石行业报告》，华西证券研究所

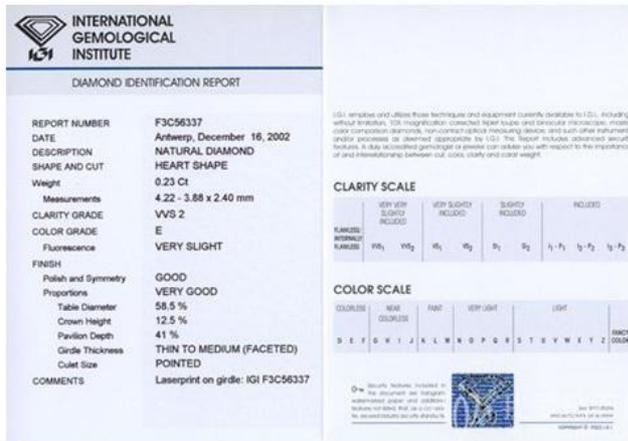
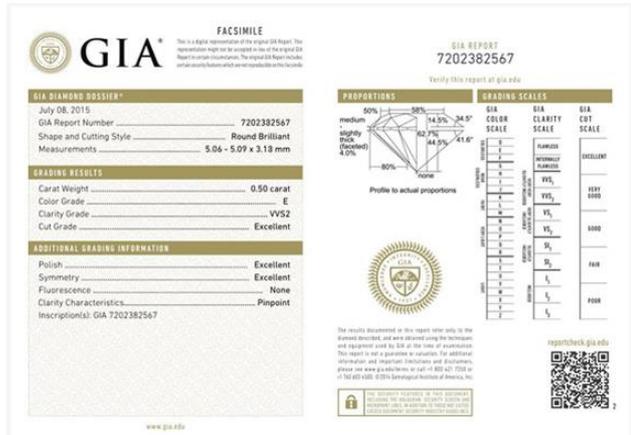
资料来源：公开信息整理，华西证券研究所

资料来源：贝恩《2020-2021钻石行业报告》，华西证券研究所

## 2.6 钻石认证证书：钻石的身份证

- ❑ 钻石证书是钻石的身份证，权威钻石检测认证机构出具的钻石证书是钻石最重要的质量凭证。
- ❑ 国际权威裸钻证书：
  - ✓ GIA钻石等级证书，由美国宝石学院(GIA)签订发行。
  - ✓ HRD钻石等级证书，由比利时钻石高层议会签订发行。
  - ✓ AGS钻石等级证书，由美国宝石学会签订发行。
  - ✓ IGI钻石等级证书，由国际宝石学院签订发行（对培育钻石态度更为积极）。
- ❑ 国内权威证书：NGTC镶嵌钻石分级证书，由国家珠宝玉石质量监督检验中心发行。
- ❑ 许多培育钻石品牌钻石配有双证：国际和国内的两套证书。
- ❑ 鉴定费用根据钻石重量大小变化，越大的钻石鉴定越贵，GIA 1-1.19克拉的裸钻鉴定费用为110美元。

图：GIA（左）、IGI（中）、NGTC（右）钻石证书示意图



1

培育钻石：实验室合成真钻石

2

产业链：产业分布与各环节价值

3

消费需求：婚姻到悦己，替代到创造

- ✓ 培育钻石可对天然钻石形成替代
- ✓ 消费者更加注重可持续性，悦己消费兴起
- ✓ 预计培育钻毛石市场空间能达到400亿元

4

工业需求：市场广阔，方兴未艾

5

受益标的

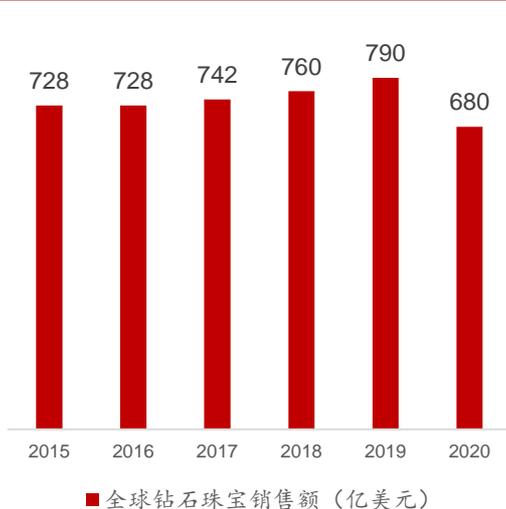
6

风险提示

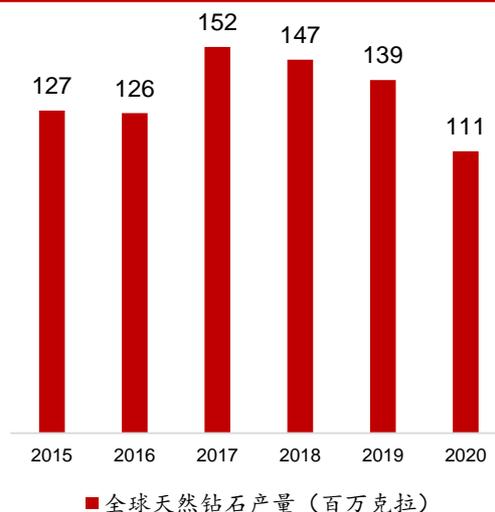
## 3.1 天然钻石供给不足、培育钻石有成长机会

- **全球钻石珠宝市场消费需求稳步增长。**2019年全球钻石珠宝销售额达到790亿美元，2013年至2019年期间全球钻石珠宝销售额年均复合增长率为1.34%。2020年受到疫情冲击出现下滑的趋势。
- **全球天然钻石市场供给减少，为培育钻石带来更大成长空间。**天然钻石矿产资源属于非可再生资源，2018年全球前四大钻石开采商及其主要产矿地分别为埃罗莎、戴比尔斯、力拓和佩特拉钻石，四大巨头包揽2018年全球近65%的天然毛坯钻石产量。2008年至2018年期间，全球天然毛坯钻石产量年均复合增长率为-1.14%。戴比尔斯发布的《2019钻石行业洞察报告》预测，到2025年将有Argyle（2020年）、Victor（2019年）、Diavik（2025年）、Komsomolskaya（2021年）等大型天然钻石矿山因达到使用寿命而关闭，由于新建或扩建项目未能弥补关闭矿山减少的天然钻石产量而造成未来一段时间天然钻石产量将不断下降。
- **培育钻石供给端快速放量。**从印度进口培育钻石毛坯的数据可看出，培育钻石供给端产量快速增加。

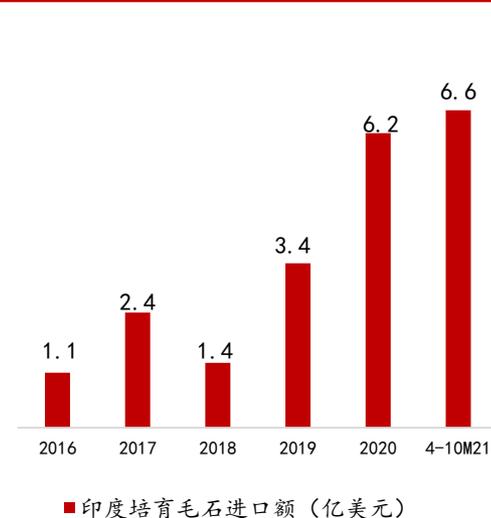
图：全球钻石珠宝销售额稳步提升



图：全球天然钻石产量呈下滑趋势



图：印度培育钻石毛坯进口金额快速提升



资料来源：力量钻石招股书，华西证券研究所

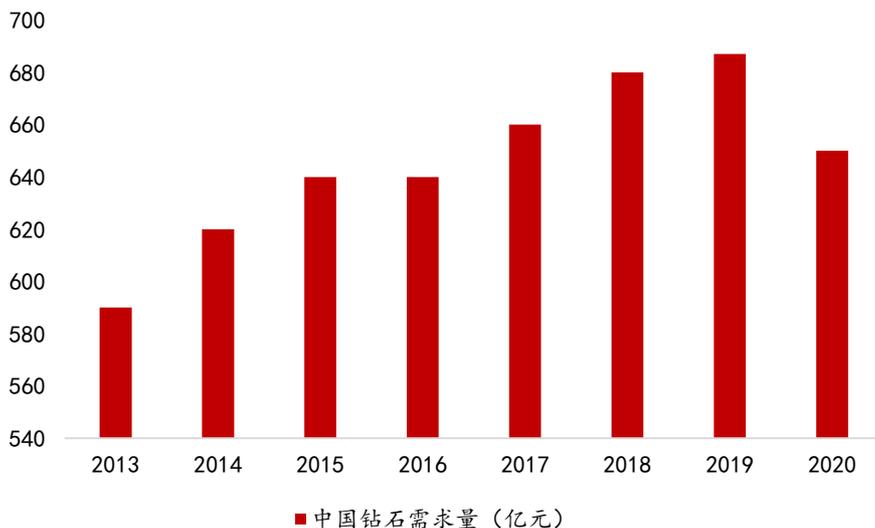
资料来源：贝恩《2020-21全球钻石行业报告》，华西证券研究所

资料来源：GJEPC，华西证券研究所

## 3.2 我国钻石需求量增速快于国际，渗透率仍有提升空间

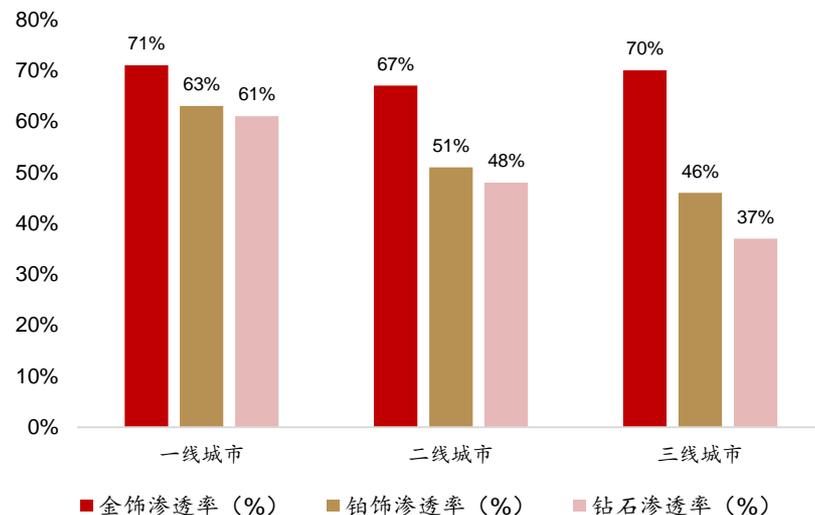
- **国内钻石需求量稳定增长。**根据戴比尔斯历年行业洞察报告，2013-2019年国内钻石珠宝销售量年复合增速为2.6%，2019年达到687亿元，2020年因为疫情影响回落到650亿元。
- **中国钻石市场规模与美国差距较为悬殊，对标天然钻石有一倍以上渗透空间。**2020年，美国、中国、日本分别为全球前三大钻石消费国。美国钻石消费额占全球的48%，而居第二位的中国钻石消费额仅占全球市场的13%，不到美国的1/3，存在较大的追赶空间。
- **国内培育钻石需求增加。**Light Mark数据显示，其线下单店8个月增长6.6倍，天猫单店4个月增长9.4倍，平均客单价1.6万元，入店率12%，试戴转化率20%。随着产能增加，更多品牌出现，国内有望加速增长。

图：我国钻石珠宝销售量稳定增长



资料来源：戴比尔斯《Diamond Insight Report》，华西证券研究所

图：我国钻石渗透率仍有提升空间



资料来源：世界珠宝协会，华西证券研究所

### 3.3 培育钻石可对天然钻石形成替代

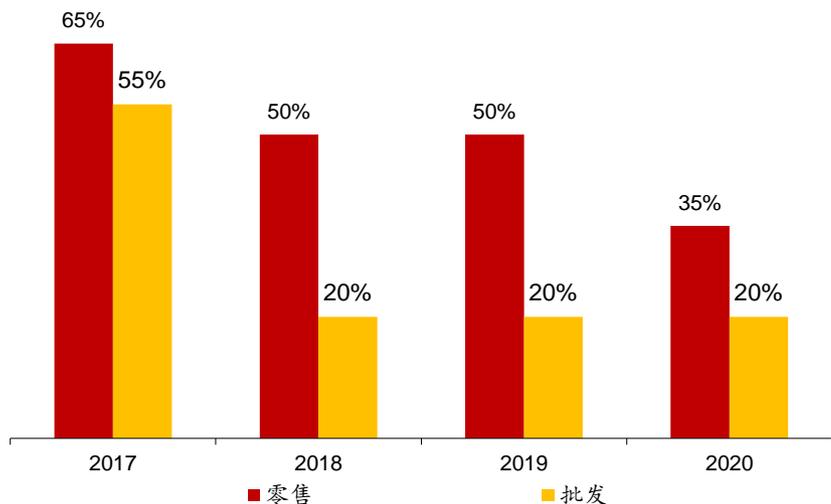
#### □ 培育钻石在4C性质上不逊于天然钻石

- ✓ 从克拉数看，培育钻石目前能做到最大克拉数约为12克拉，1-2克拉可以稳定量产（终端需求量较大）。
- ✓ 从净度上看，培育钻石终端销售以VVS2/VS1/VS2/SI1色为主，达到高水平。
- ✓ 从颜色上看，培育钻石终端销售以D/E/F色为主，已达到最高水平。
- ✓ 从切工上看，培育钻石和天然钻石基本没有差距，品牌销售几乎都为EX水平。

#### □ 培育钻石与天然钻石相比在价格和可持续性上有明显优势：

- ✓ 同等参数条件下价格仅为天然钻石的**20%-35%**。据《2020-21全球钻石行业报告》，2017-2020年培育钻石批发价占天然钻石零售价的比例从65%下降到了35%，未来随着培育钻石的规模化生产，比例或将持续下降。
- ✓ 培育钻石更加具有可持续性。千禧一代和Z世代更加追求产品可持续性。

图：1克拉G色VS净度的裸钻培育钻石占天然钻石的价格比例



资料来源：贝恩《2020-21全球钻石行业报告》，华西证券研究所

表：每克拉天然钻石与培育钻石毛坯生产的环境影响对比

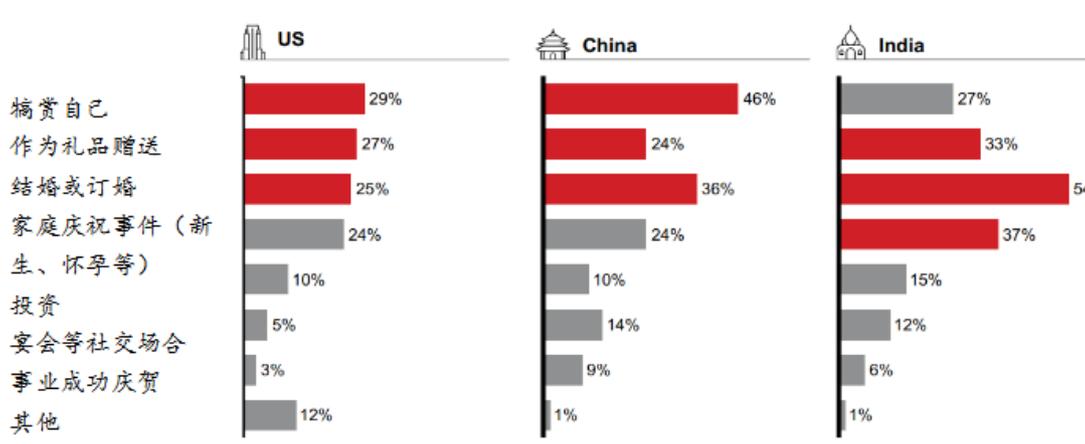
参数	天然钻石	培育钻石	比值
碳排放（克）	57000	0.028	$2.04 \times 10^5:1$
Sox排放	0.014	0	-
Nox排放	0.042	$9 \times 10^{(-11)}$	$4.7 \times 10^8:1$
土地破坏量（公顷）	$9.1 \times 10^{(-4)}$	$7 \times 10^{(-7)}$	1281:1
能源消耗	$5.39 \times 10^8$	$2.51 \times 10^8$	2.15:1
工伤事故率	0.115	0	-

资料来源：Frost & Sullivan，华西证券研究所

## 3.4 悦己消费兴起，品牌布局培育钻

- 美国、中国消费者都将“悦己”作为最重要的钻石购买原因。**过去钻石品牌通过营销，将钻石与爱情、婚姻深度绑定。近年来，随着人们婚恋观念、消费观念的变化，也随着职业女性比重逐渐提升，钻石消费早已不再限于婚恋情景，越来越多的女性开始自购钻戒，完成了“钻戒”与爱情的解绑。贝恩的报告中，钻石最大消费国中美二国都将悦己作为最重要的购买原因。
- 珠宝巨头纷纷开设培育钻石品牌，引导消费习惯。**世界天然钻石巨头戴比尔斯在2018年推出培育钻石系列Lightbox Jewelry，并投资9400万美元积极扩大产能。位于美国俄勒冈州的新制造工厂已于2021年11月正式投产，将其产能扩大10倍，完全投产后，Lightbox每年可生产约20万克拉的人造钻石。另外，全球钻石零售巨头也纷纷布局培育钻石品牌，包括全球最大珠宝电商Blue Nile；珠宝零售商Signet、Brilliant Earth等都已布局培育钻石业务。

图：中美印三国消费者选择购买钻石的原因



资料来源：贝恩《2020-21全球钻石行业报告》，华西证券研究所

图：钻石零售巨头培育钻布局 and 营销情况

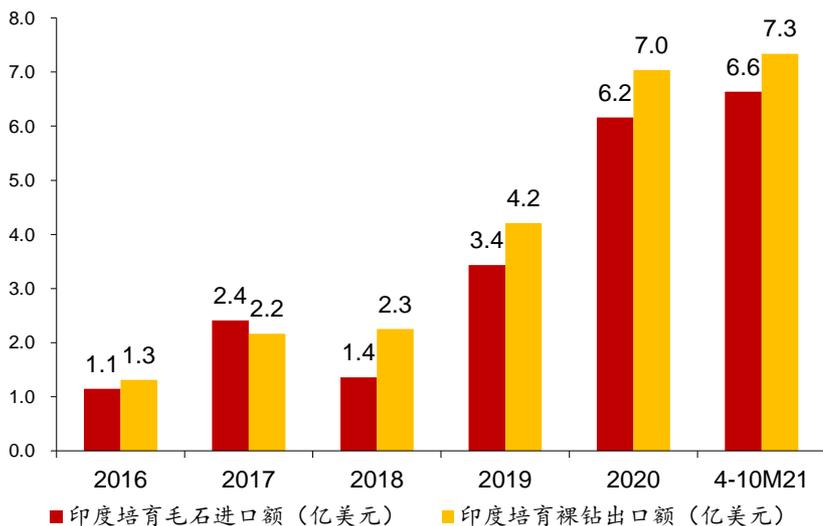
Company	Offer Lab-Grown Diamonds	Market LGD as Bridal Jewelry
Blue Nile	Yes	No
Brilliant Earth	Yes	Yes
Bulgari	No	N/A
Cartier	No	N/A
Chow Tai Fook	No	N/A
JCPenney	Yes	Yes
Luk Fook	No	N/A
Pandora	Yes	No
Signet	Yes	Yes
Swarovski	Yes	No
Tanishq	No	N/A
Tiffany & Co.	No	N/A

资料来源：公开信息整理，华西证券研究所

## 3.5 预计宝石级培育钻毛石市场空间达到400亿元

- 2020年印度加工钻石占95%，可用印度钻石进出口数据反映钻石行业情况。
- 培育钻石迎来爆发式增长。2018年以来，培育钻石在进出口两端都有近翻倍的增速。2021年4-10月进出口数据分别为6.6亿美元、7.3亿美元，已经超过2020年全年（2020/4-2021/3）。
- 印度进口培育钻石毛石占所有毛石的比例呈波动增加趋势。从2020年至2021年10月的月数据可以看出，培育钻在所有钻石中的渗透率呈现出提升的趋势，2021年10月达到7%。
- 预计培育钻毛石潜在市场空间400亿元。印度进出口数据可看出，天然钻毛石年均市场规模在120-130亿美元；未来培育钻石潜在市场空间预计达到其50%，即400亿元左右。同时，培育钻石还会普及到更多原先天然钻石没有普及到的应用场景上，不仅仅是替代天然钻石，有望激发出更多的市场需求。

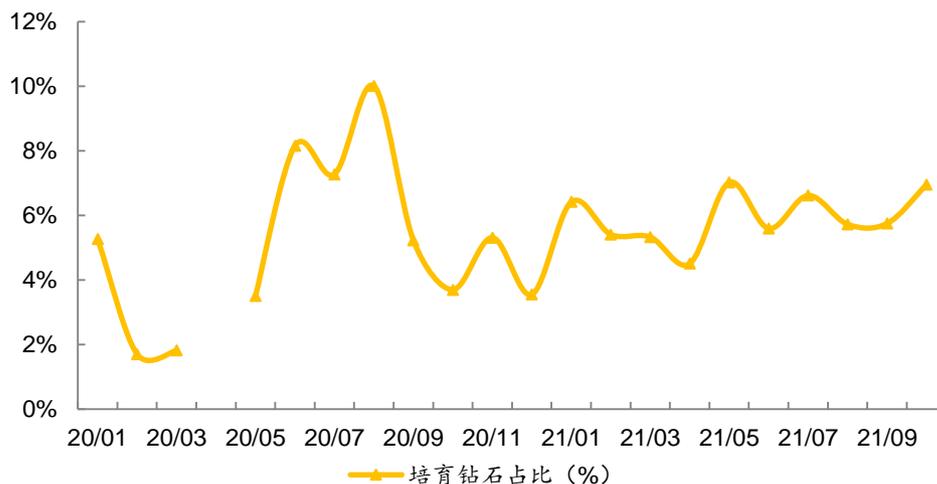
图：印度进出口培育钻石量近年来迅速增加



资料来源：GJEPC，华西证券研究所

注：全年数据为当年4月至来年3月

图：印度进口培育钻毛石占所有毛石的比例呈波动增加趋势



资料来源：GJEPC，华西证券研究所

1 培育钻石：实验室合成真钻石

2 产业链：产业分布与各环节价值

3 消费需求：婚姻到悦己，替代到创造

4 工业需求：市场广阔，方兴未艾

- ✓ 成熟：小颗粒金刚石作为超硬材料作磨具、刀具
- ✓ 新兴：片状金刚石作为功能材料用于高科技领域
- ✓ CVD法在新兴领域有较大发展空间

5 受益标的

6 风险提示

## 4.1 人造金刚石的工业应用总览

- 金刚石硬度高、热导率高、透光性好，化学性质稳定，耐腐蚀性好，在多种行业中应用广泛。伴随金刚石制备技术持续发展，金刚石材料性价比逐渐凸显、下游领域逐步拓展，驱动行业发展。
- 人造金刚石的工业应用主要包括两个方面
  - ✓ 一是利用人造金刚石超硬、耐磨、抗腐蚀的力学特性，可制作磨、削、切、割等各类金刚石工具，应用于金属及合金材料、高硬脆材料（硅、蓝宝石、磁性材料等）、软韧材料（橡胶、树脂等）及其他难加工材料的加工。
  - ✓ 二是利用人造金刚石在光、电、声、磁、热等方面的特殊性能，作为重要的功能性材料，应用于电子电器、装备制造、航空航天、国防军工、医疗检测和治疗等高科技领域。
- 单晶、微粉、聚晶是金刚石三大产品类别。

图：人造金刚石下游产品示意图



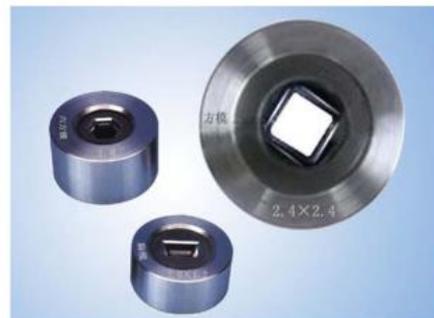
金刚石刀具



金刚石线锯



金刚石锯片



金刚石拉丝模

## 4.2 金刚石工具发展较为成熟，技术进步带来下游领域拓展

- 金刚石工具按照使用方式一般可划分为锯切工具、磨削工具和钻进工具。
  - ✓ 锯切工具主要包括锯片、锯条、绳锯、线锯、刀具等；
  - ✓ 磨削工具分为固结磨具、涂附磨具、膏状液态磨具三类，具体包括砂轮、磨头、切割片、磨盘、油石、砂布、砂带、抛光膜、研磨膏、研磨液等；
  - ✓ 钻进工具主要包括地质钻头、油气井钻头、工程薄壁钻头，应用于地质勘探、油气勘探开采及各类建筑物钻孔。
- 主要使用HPHT法制造小颗粒单晶，通过破碎、球磨等形成微粉，微粉通过加合金烧结形成聚晶金刚石。
- 随着技术进步，下游应用领域逐渐拓展，向高端应用渗透。如航空航天领域，国外已研发出钛合金、碳纤维复合等新型难加工材料加工用的金刚石刀具，并已通过有关认证且在波音和空客公司成功使用。

图：金刚石工具的应用情况



资料来源：公开信息整理，华西证券研究所

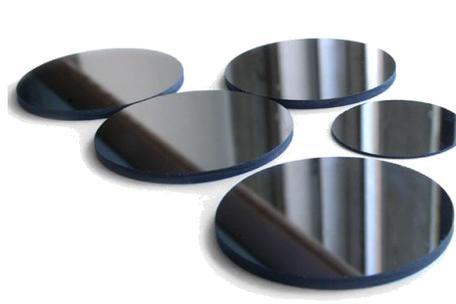
## 4.3 金刚石功能材料，降本后将有巨大应用空间

- 人造金刚石具备优异的声、光、电、磁、热等特殊性能，可作为超导材料、光功能材料、磁功能材料、生物医药材料、功能膜等应用于电子电器、高端装备制造、航空航天、医疗检测及治疗等高科技领域。
- **半导体领域是最有想象力的应用领域。** 金刚石被认为是制备下一代高功率、高频、高温及低功率损耗电子器件最有希望的材料。需要向大尺寸、低缺陷、低电阻率和高导热的方向发展，适合用CVD法制作，目前因成本太高无法大量生产。
  - ✓ 单晶金刚石晶圆片：钻石具有的“功率半导体性能因数”比硅高出10,000倍，Diamond Foundry已经使用等离子体反应器技术制造200mm单晶金刚石晶圆。
  - ✓ 作为极致的热通量基材：在许多领域散热已成为电力电子和射频电源应用效率更高的关键限制因素，间接带来能源效率差的问题，金刚石性能大大优于硅和碳化硅，用金刚石作为基底可以提供最极致的半导体性能。
  - ✓ 直接用作半导体：可替代氮化镓和碳化硅半导体，在高电压，大电流电力有极大优势，也可在高功率无线通信中替代真空管。

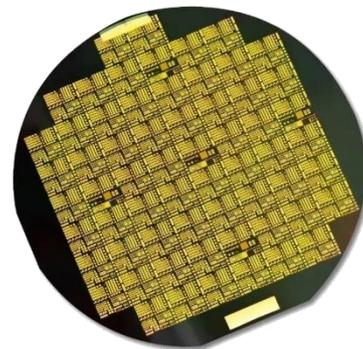
表：金刚石的半导体性质显著优于其他常用物质

	硅	碳化硅	氮化镓	钻石
带隙 (eV)	1.1	3.2	3.44	5.5
击穿场 (MV / cm)	0.3	3	5	20
载流子迁移率 (cm <sup>2</sup> /Vs)	1450	900	440	4500
空穴迁移率 (cm <sup>2</sup> /Vs)	480	120	200	3800
导热系数 (W / cm.K)	1.5	5	1.5-3	24
巴利加优值	1	290	910	17200

图：金刚石在半导体的应用



金刚石晶圆



金刚石基氮化镓

1 培育钻石：实验室合成真钻石

2 产业链：产业分布与各环节价值

3 消费需求：婚姻到悦己，替代到创造

4 工业需求：市场广阔，方兴未艾

5 受益标的

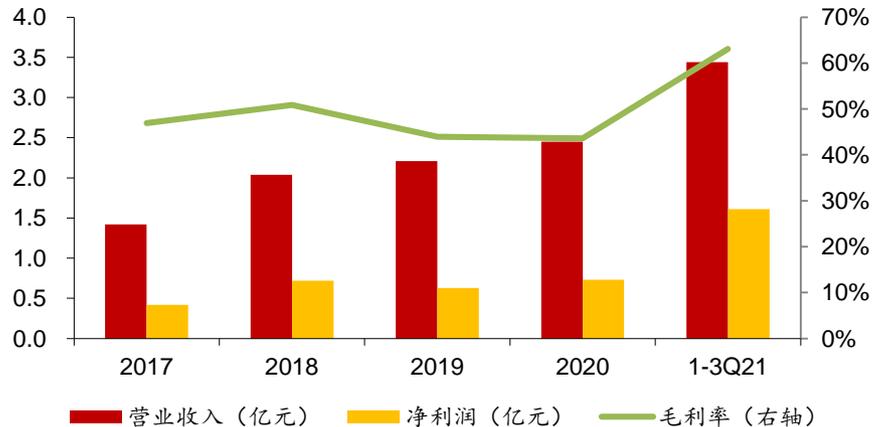
- ✓ HPHT：力量钻石、黄河旋风、中兵红箭
- ✓ CVD：四方达、沃尔德
- ✓ 设备：国机精工

6 风险提示

## 5.1 HPHT法：力量钻石（301071）

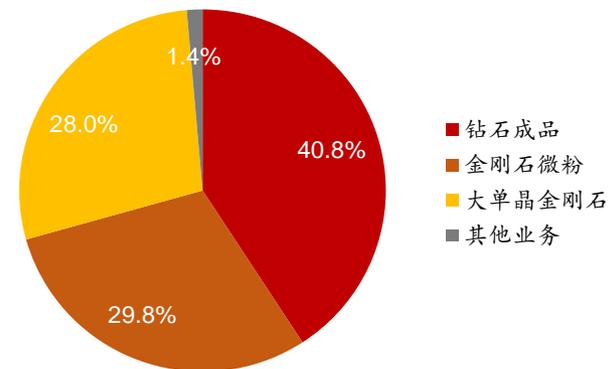
- **公司业务专注人造金刚石行业。**公司自成立以来专注人造金刚石行业十余年，主要产品包括金刚石单晶、金刚石微粉与培育钻石，形成三大核心产品体系。2021H1 公司营收同比+125.38%至 2.18亿元，其中培育钻石业务实现营收0.89亿元。
- **大腔体合成设备占比高。**截至2020年末，公司大腔体六面顶压机（ $\phi 700$ 及以上）占比91.3%，远超过约20%的行业平均水平。公司目前已掌握大腔体合成系列技术、高品质培育钻石合成技术等在内的人造金刚石全套核心技术，构筑了完善技术体系与竞争壁垒。
- **增加压机储备，积极扩产培育钻石。**公司六面顶压机从2020年6月末的227台提升到2021年6月末的483台。2021年公司登陆科创板，计划募集资金再投320台压机，用于生产培育钻石。公司培育钻石能够批量生产2-10克拉大颗粒高品质培育钻石毛坯。

图：公司营收、净利、毛利率情况



资料来源：公司年报，华西证券研究所

图：1H21公司产品结构

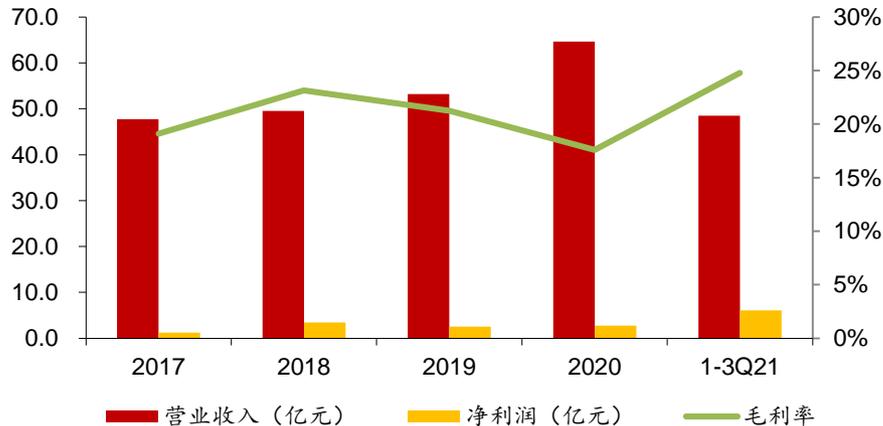


资料来源：公司年报，华西证券研究所

## 5.2 HPHT法：中兵红箭（000519）

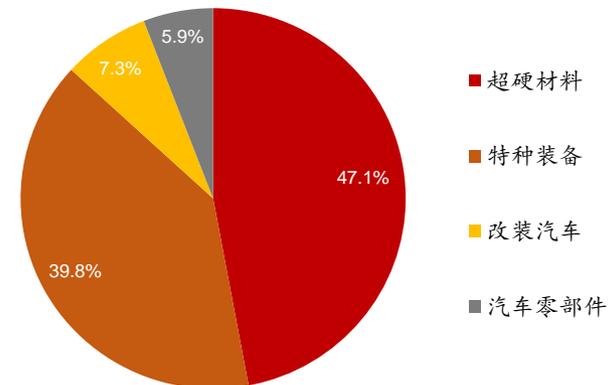
- **百年军工企业，业务布局超硬材料、特种装备、改装汽车等板块。**其中，超硬材料业务板块主要产品包括人造金刚石和立方氮化硼单晶及聚晶系列产品、复合材料、培育钻石、高纯石墨及制品等，为公司第二大收入来源，近年来收入结构保持平稳，2020年收入占比近30%。
- **子公司中南钻石为国内领先的培育钻石厂商。**中南钻石人造金刚石产品应用于工业和消费领域。工业金刚石方面，公司产销量及市场占有率连续多年稳居世界首位。培育钻石方面，中南钻石拥有大颗粒钻石单晶科研、生产的技术优势，在HTHP技术生产培育金刚石产品方面具有技术领先优势，目前以2-10克拉产品为主。2020年中南钻石实现营收19.22亿元，净利润4.10亿元，毛利率37.31%。
- **培育钻石总产能第一。**公司目前压机5000多台，其中约800台用于培育钻石，目前在培育钻石厂商中总产能最大。

图：公司营收、净利、毛利率情况



资料来源：公司年报，华西证券研究所

图：1H21公司产品结构

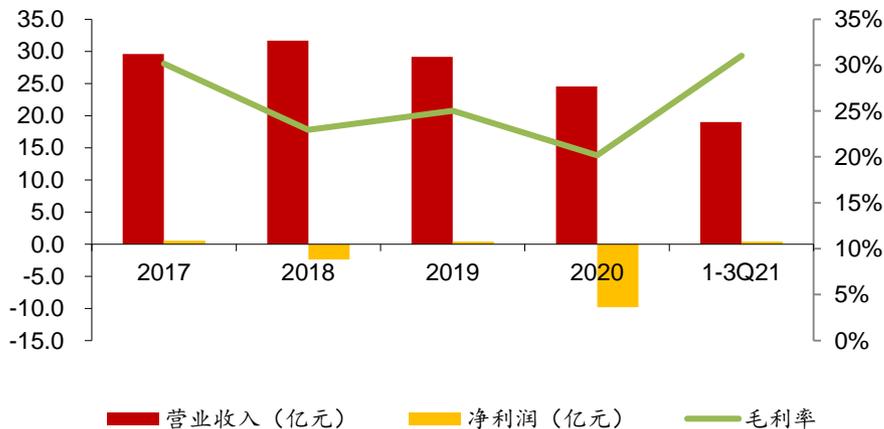


资料来源：公司年报，华西证券研究所

## 5.3 HPHT法：黄河旋风（600172）

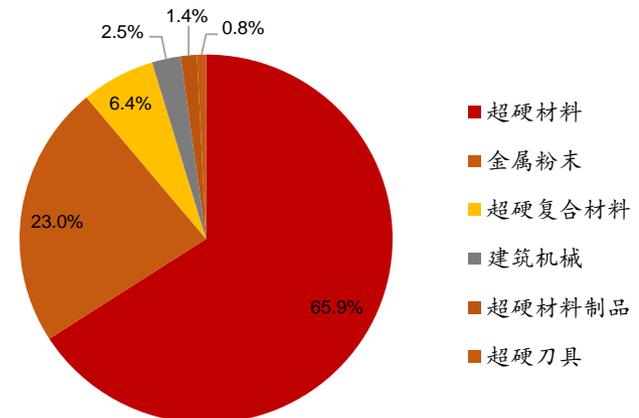
- **国内规模领先、品种齐全、产业链完整的超硬材料供应商。**公司生产的超硬材料主要产品为各类规格的金刚石（如工业级金刚石、宝石级金刚石）、金属粉末、超硬复合材料（复合片）、超硬刀具、金刚石线锯等。公司以打造“全球品种最齐全的超硬材料生产商”为目标，目前可以向客户提供产品类别、规格齐全以及性能稳定的各类超硬材料及制品，包括超硬材料单晶及制品、立方氮化硼及制品、金刚石聚晶及制品以及超硬材料制品辅助材料。2020年公司归母净利润-9.8亿元，主要受此前收购名匠智能业务拖累，公司于2020年已出售名匠智能全部股权，2021年公司重新聚焦超硬材料主业。
- **培育钻石业务毛利率水平高，超硬材料贡献66%的营收。**公司于2015年实现了“宝石级金刚石系列产品开发与产业化”项目的产业化和市场化批量生产，目前公司用培育钻石生产的3-5克拉首饰在国内外拥有了稳定的市场。

图：公司营收、净利、毛利率情况



资料来源：公司年报，华西证券研究所

图：1H21公司产品结构

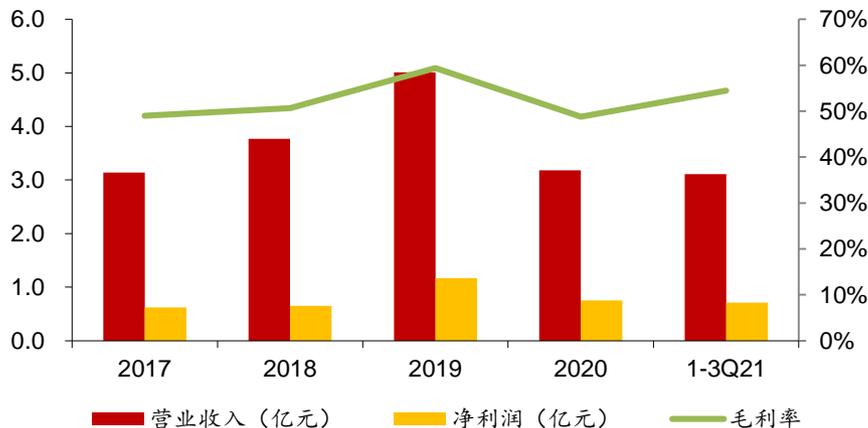


资料来源：公司年报，华西证券研究所

## 5.4 CVD法：四方达（300179）

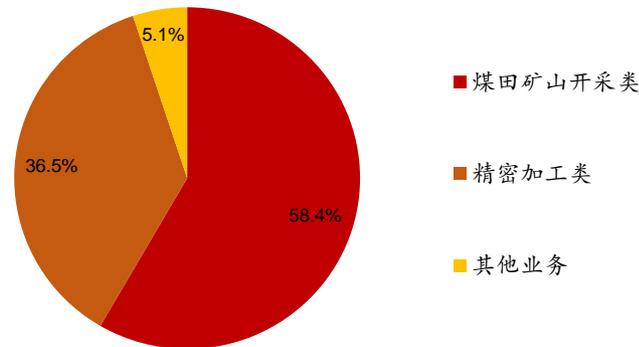
- **复合超硬材料龙头。**聚晶金刚石、聚晶立方氮化硼属于复合超硬材料细分领域，具有较高的技术门槛，需要长期的沉淀和积累。公司深耕复合超硬材料二十多年，是国内规模优势明显的复合超硬材料企业，在行业内处于龙头地位，已经具备先发优势。
- **精密金刚石工具为新的业务增长点。**立足核心材料刀片，公司拓展精密超硬刀具产品，能够为汽车工业、新能源装备、航空航天等领域提供成熟刀具项目服务。
- **储备CVD金刚石制备技术，发展培育钻石。**公司今年4月受让郑州大学拥有的部分CVD金刚石制备技术及金刚石功能应用技术，并开始培育钻石生产的研发。

图：公司营收、净利、毛利率情况



资料来源：公司年报，华西证券研究所

图：1H21公司产品结构

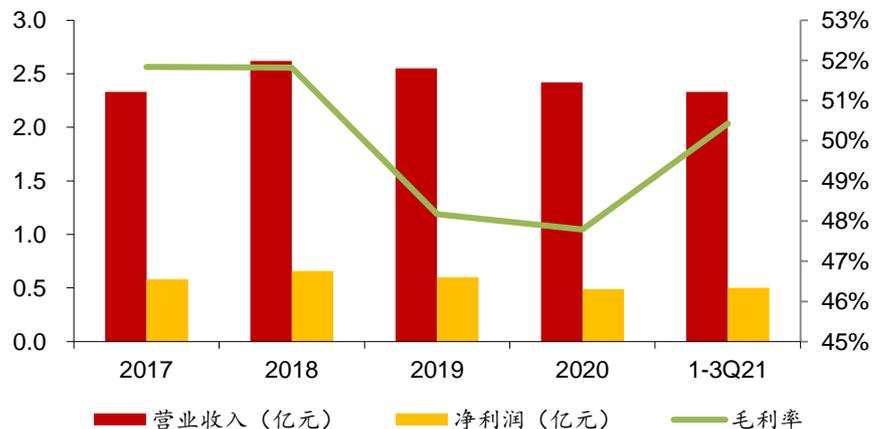


资料来源：公司年报，华西证券研究所

## 5.5 CVD法：沃尔德（688028）

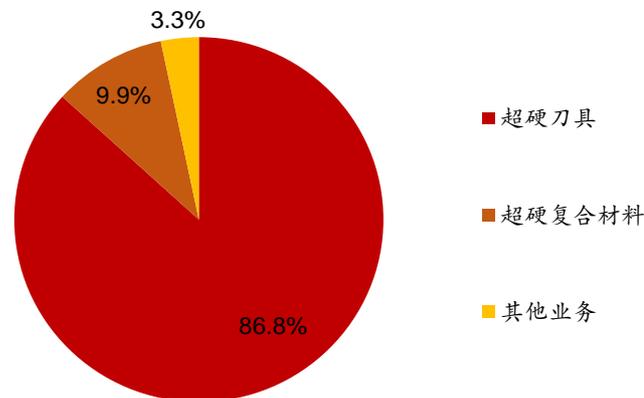
- **国内领先的超硬刀具供应商。**公司主要从事各类高端超硬刀具和超硬材料制品的研发、生产和销售，产品广泛应用于消费电子、汽车制造、工程机械、航空航天、能源设备等行业。2021年上半年，超硬刀具业务占公司营收的87%。
- **公司积极发展培育钻石业务，具备多年CVD技术研发优势。**公司专注于CVD培育钻石研发生产，拥有热丝CVD、直流CVD、微波CVD三大CVD金刚石生长技术。毛坯方面，公司采用MPCVD法生产单晶金刚石，技术不断突破，可稳定生产4-5克拉单晶钻石毛坯（切割成裸钻1-1.5克拉）。公司首批购置20台生长设备完成交付并投入生产，目前培育钻石处于小规模生产和销售阶段，未来有望会更大规模的扩产能。下游饰品方面，公司打造了培育钻石自有品牌ANNDIA，线下体验店2021年8月在上海开业，打造培育钻石全产业链。

图：公司营收、净利、毛利率情况



资料来源：公司年报，华西证券研究所

图：1H21公司产品结构

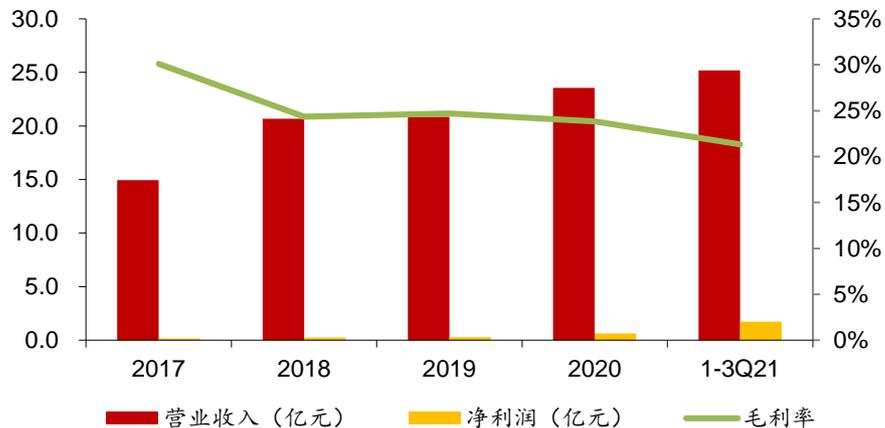


资料来源：公司年报，华西证券研究所

## 5.6 设备厂商：国机精工（002046）

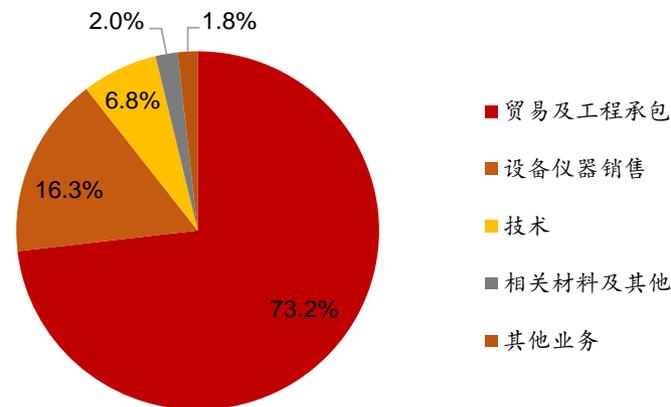
- 公司业务主要分为轴承、磨料磨具（含培育钻石）、贸易三大业务。
- **全资子公司三磨所聚焦超硬材料。**核心产品主要为超硬材料（金刚石和立方碳化硼），还包括行业专用生产和检测设备仪器、磨料磨具产品检测业务等；超硬材料应用于芯片加工、汽车制造、油气钻探等领域。
- **HPHT设备商：**公司是HPHT技术所需六面体压机的唯一上市生产厂家，目前年产能约200-300台。
- **扩充MPCVD设备，使用CVD法生产培育钻石。**三磨所自2018年开始实施MPCVD项目，项目之初瞄准大单晶金刚石在电子功能材料方面的应用，计划实现年产30万片大单晶金刚石，预计今年实施完毕。预计项目实施完毕后MPCVD设备将超过80台。

图：公司营收、净利、毛利率情况



资料来源：公司年报，华西证券研究所

图：1H21公司产品结构



资料来源：公司年报，华西证券研究所

1

培育钻石：实验室合成真钻石

2

产业链：产业分布与各环节价值

3

消费需求：婚姻到悦己，替代到创造

4

工业需求：市场广阔，方兴未艾

5

受益标的

6

风险提示

## 6 风险提示

- 技术外溢，行业竞争加剧。
- 产能投放不及预期。
- 疫情反复对于产业链的冲击。
- 培育钻石价格大幅波动。
- 培育钻石市场接受度不及预期。
- 行业政策调整风险。
- 资本市场系统性风险等。

## 分析师与研究助理简介

俞能飞：厦门大学经济学硕士，从业6年，曾在国泰君安证券、中投证券等研究所担任分析师，作为团队核心成员获得2016年水晶球机械行业第一名，2017年新财富、水晶球等中小市值第一名；2018年新财富中小市值第三名；2020年金牛奖机械行业最佳行业分析团队。专注于半导体设备、机器视觉、自动化、汽车电子、机器人细分行业深度覆盖。

## 分析师承诺

作者具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格或相当的专业胜任能力，保证报告所采用的数据均来自合规渠道，分析逻辑基于作者的职业理解，通过合理判断并得出结论，力求客观、公正，结论不受任何第三方的授意、影响，特此声明。

## 评级说明

公司评级标准	投资评级	说明
以报告发布日后的6个月内公司股价相对上证指数的涨跌幅为基准。	买入	分析师预测在此期间股价相对强于上证指数达到或超过15%
	增持	分析师预测在此期间股价相对强于上证指数在5%—15%之间
	中性	分析师预测在此期间股价相对上证指数在-5%—5%之间
	减持	分析师预测在此期间股价相对弱于上证指数5%—15%之间
	卖出	分析师预测在此期间股价相对弱于上证指数达到或超过15%
行业评级标准		
以报告发布日后的6个月内行业指数的涨跌幅为基准。	推荐	分析师预测在此期间行业指数相对强于上证指数达到或超过10%
	中性	分析师预测在此期间行业指数相对上证指数在-10%—10%之间
	回避	分析师预测在此期间行业指数相对弱于上证指数达到或超过10%

## 华西证券研究所：

地址：北京市西城区太平桥大街丰汇园11号丰汇时代大厦南座5层

网址：<http://www.hx168.com.cn/hxzq/hxindex.html>

# 免责声明

华西证券股份有限公司（以下简称“本公司”）具备证券投资咨询业务资格。本报告仅供本公司签约客户使用。本公司不会因接收人收到或者经由其他渠道转发收到本报告而直接视其为本公司客户。

本报告基于本公司研究所及其研究人员认为的已经公开的资料或者研究人员的实地调研资料，但本公司对该等信息的准确性、完整性或可靠性不作任何保证。本报告所载资料、意见以及推测仅于本报告发布当日的判断，且这种判断受到研究方法、研究依据等多方面的制约。在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及预测不一致的报告。本公司不保证本报告所含信息始终保持在最新状态。同时，本公司对本报告所含信息可在不发出通知的情形下做出修改，投资者需自行关注相应更新或修改。

在任何情况下，本报告仅提供给签约客户参考使用，任何信息或所表述的意见绝不构成对任何人的投资建议。市场有风险，投资需谨慎。投资者不应将本报告视为做出投资决策的惟一参考因素，亦不应认为本报告可以取代自己的判断。在任何情况下，本报告均未考虑到个别客户的特殊投资目标、财务状况或需求，不能作为客户进行客户买卖、认购证券或者其他金融工具的保证或邀请。在任何情况下，本公司、本公司员工或者其他关联方均不承诺投资者一定获利，不与投资者分享投资收益，也不对任何人因使用本报告而导致的任何可能损失负有任何责任。投资者因使用本公司研究报告做出的任何投资决策均是独立行为，与本公司、本公司员工及其他关联方无关。

本公司建立起信息隔离墙制度、跨墙制度来规范管理跨部门、跨关联机构之间的信息流动。务请投资者注意，在法律许可的前提下，本公司及其所属关联机构可能会持有报告中提到的公司所发行的证券或期权并进行证券或期权交易，也可能为这些公司提供或者争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等相关服务。在法律许可的前提下，本公司的董事、高级职员或员工可能担任本报告所提到的公司的董事。

所有报告版权均归本公司所有。未经本公司事先书面授权，任何机构或个人不得以任何形式复制、转发或公开传播本报告的全部或部分内容，如需引用、刊发或转载本报告，需注明出处为华西证券研究所，且不得对本报告进行任何有悖原意的引用、删节和修改。