

# 3D打印塑料白皮书1.0

White Paper of Plastic 3D Printing 1.0

---

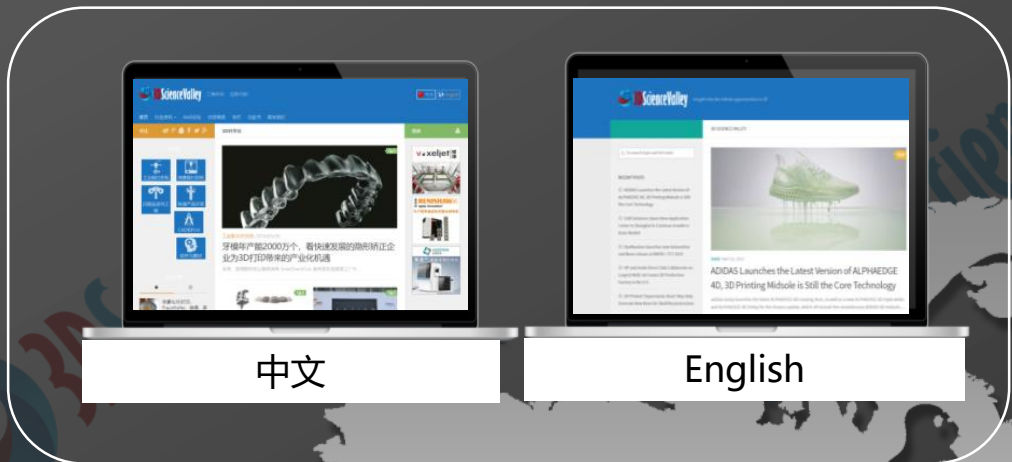


---

白皮书下载请加入3D科学谷QQ群: 529965687

随时查看白皮书请关注“3D科学谷”微信公众号: cn\_3dsciencevalley

---



中文

English

2百万+点击量 (年)

**3D Science Valley**  
市场研究白皮书系列、Insights行业洞见、AME卓越论坛、《3D打印与工业制造》，四大板块之间相互联动，3D科学谷立足上海与德国柏林，全球视野，精准洞察，(www.3dsciencevalley.com)，是国际上最有影响力的3D打印界的智囊平台。



10万+订阅用户；4百万+阅读量

机械工人出版社发行，京东、当当有售



全球

交汇

## 能量聚合

## 认知贯通

AME卓越论坛聚焦3D打印改变产品的方式

行业应用白皮书提升行业对3D打印的认知水平



多维

升级

## 融合

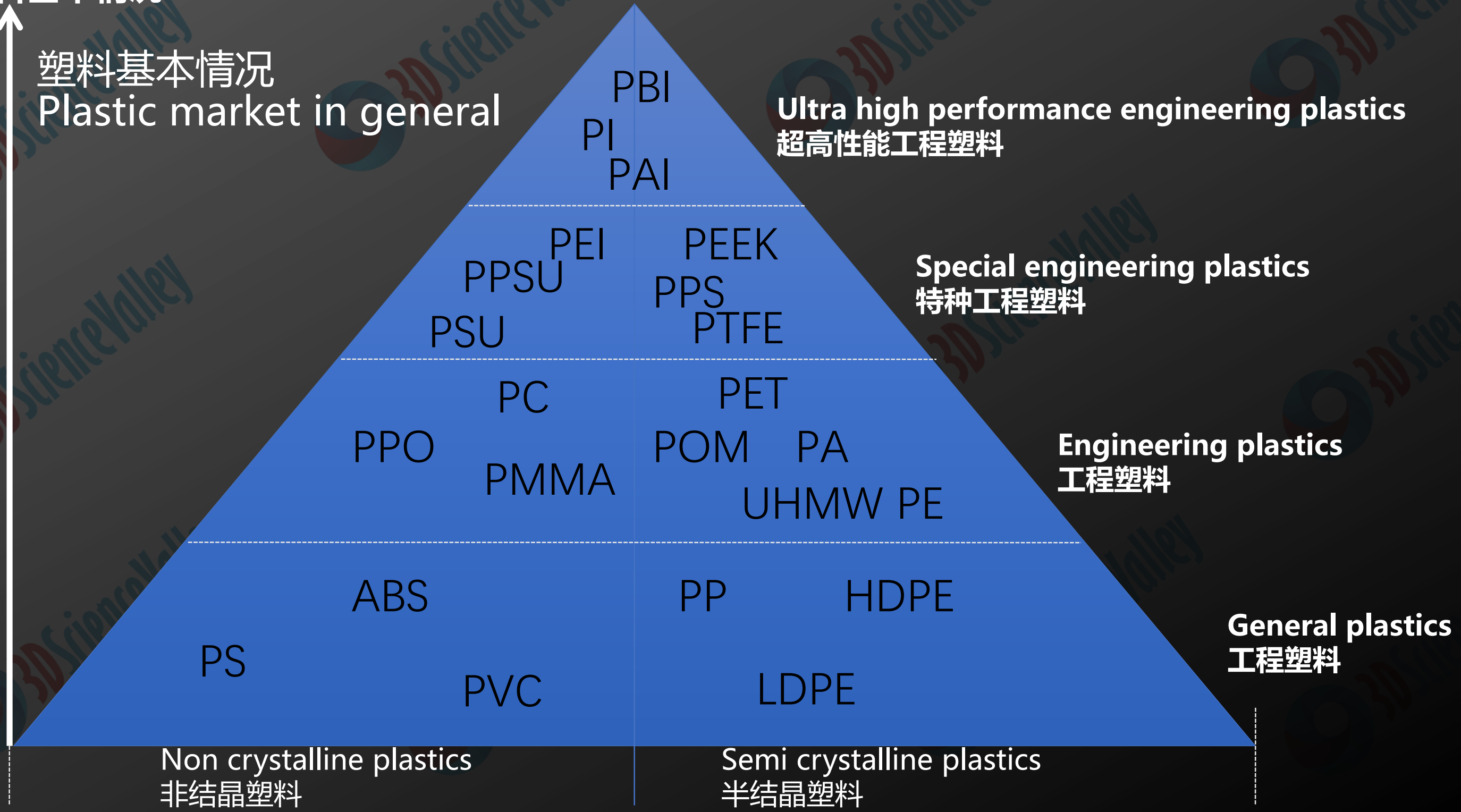


1

# 塑料基本情况

塑料基本情况  
Plastic market in general

Performance ↑

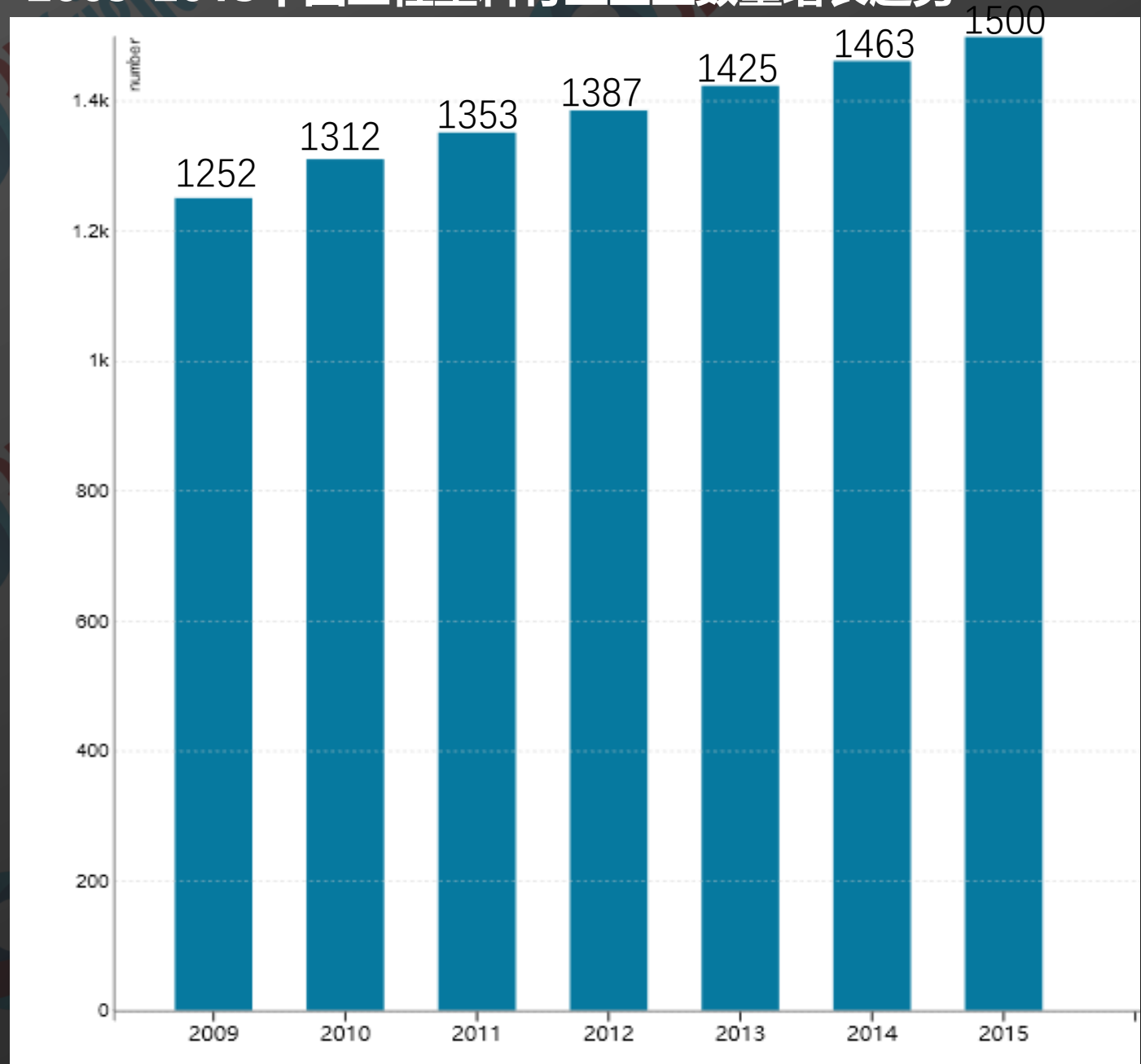


Non crystalline plastics  
非结晶塑料

Semi crystalline plastics  
半结晶塑料

## 2 塑料市场 | 工程塑料

### 2009-2015 China engineering plastics industry enterprises 2009-2015中国工程塑料行业企业数量增长趋势



Date Resource: National Bureau of Statistics

### Major Brands of worldwide engineering plastics 全球范围内主要的工程塑料生产厂家



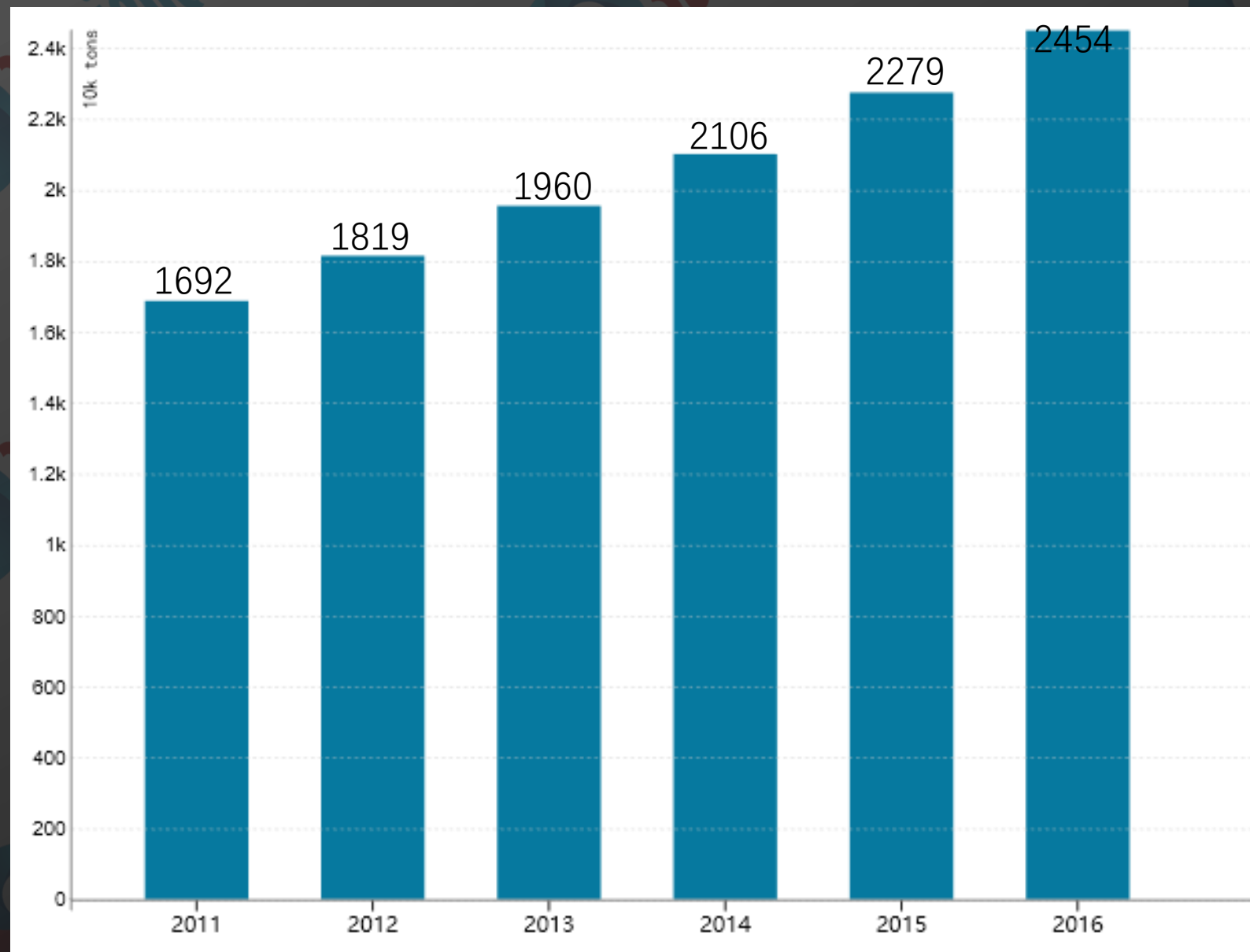
前五名占据了50%的工程塑料市场份额  
The big five occupied more than 50% of total market share

中国有大约有1500个工程塑料厂家  
Around 1500 companies specialized in engineering plastics production in China

3

### 塑料市场 | 工程塑料

2011-2016 Worldwide demand of engineering plastics (10k tons)  
2011-2016 全球工程塑料需求量 (万吨)



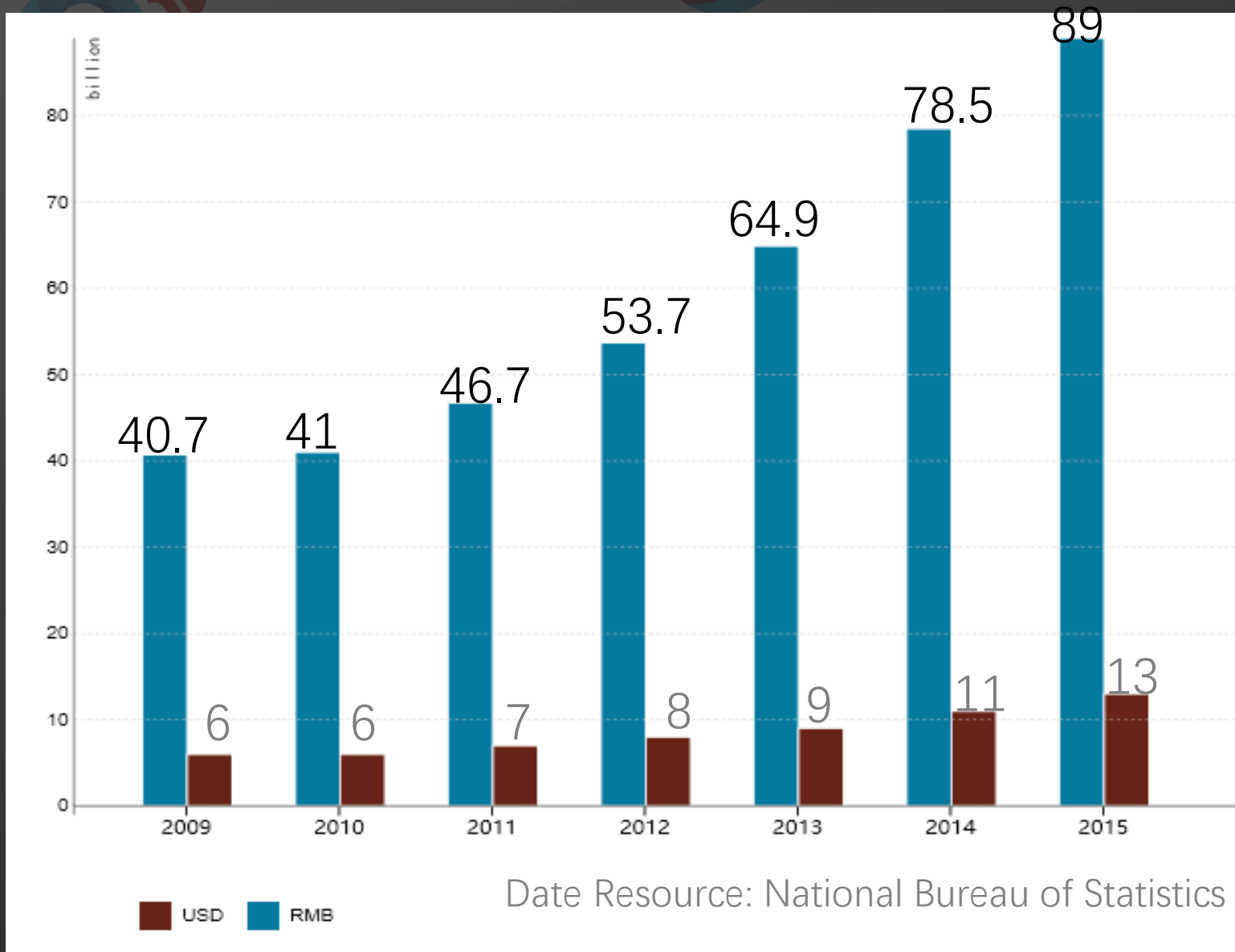
Date Resource: National Bureau of Statistics

汽车、电子、家电、建筑的市场需求推动着塑料产业的发展Automotive, Electronics, Home appliances, Construction are the major driving power of the market demand.

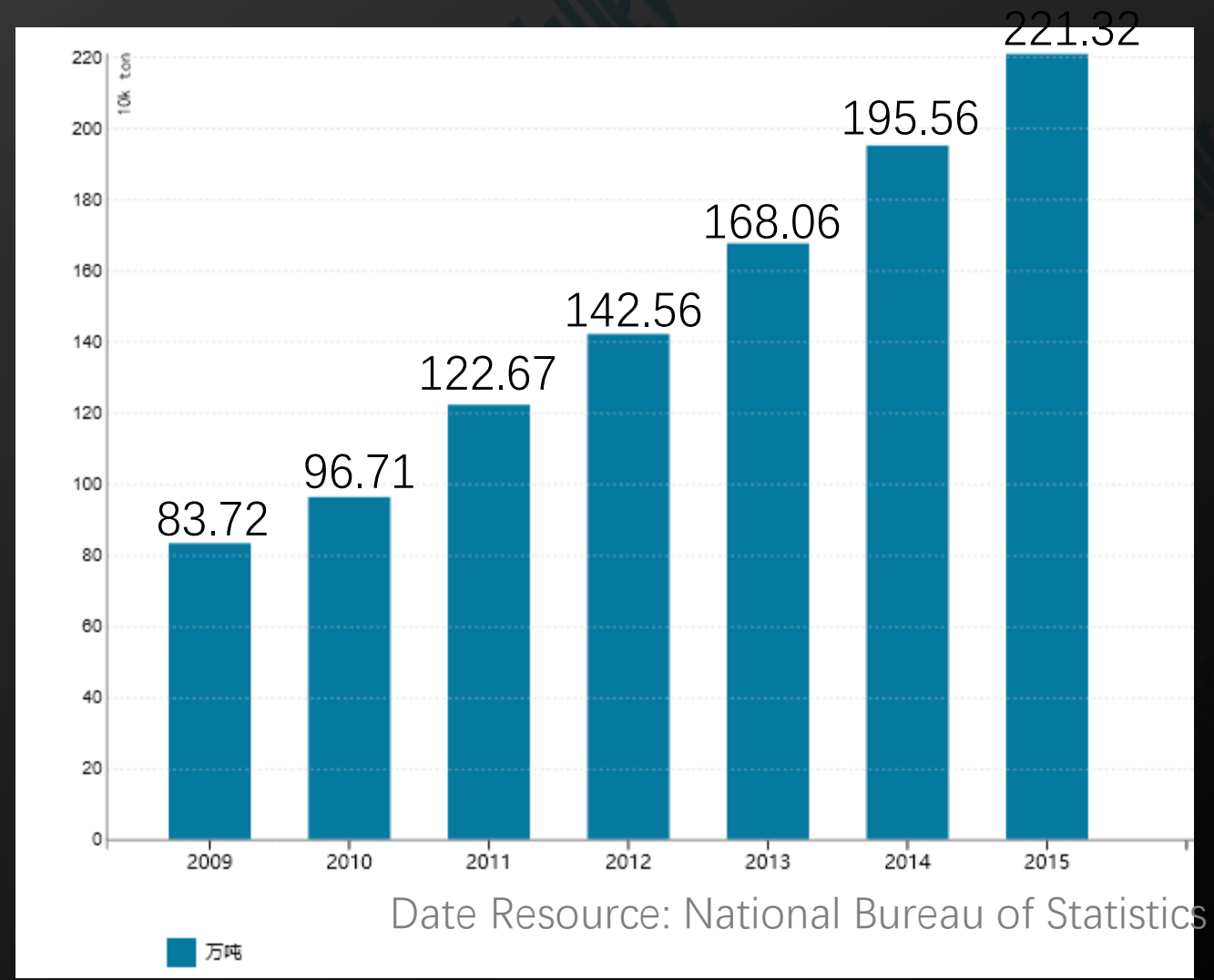


4 塑料市场 | 工程塑料 | 中国

2009-2015 China consumption of engineering plastics (billion RMB)  
2009-2015 中国工程塑料消费金额 (10亿元)

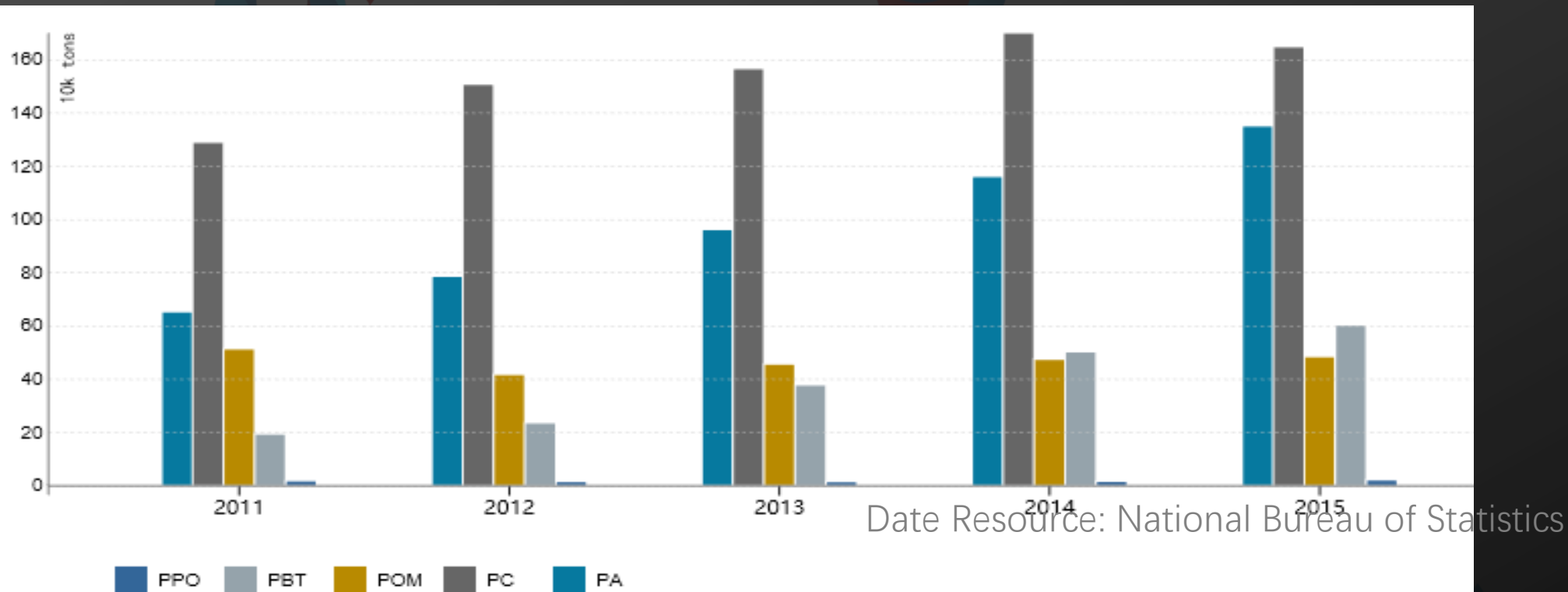


2011-2016 China production of engineering plastics (10k tons)  
2011-2016 中国工程塑料产量 (万吨)



5 塑料市场 | 工程塑料 | 中国

2011-2015 China market consumption of engineering plastics (10k tons)  
2011-2015 中国工程塑料市场消费量 (万吨)



	PA 聚酰胺	PC 聚碳酸酯	POM 聚甲醛	PBT 聚酯	PPO 聚苯醚	Total 合计
2011	65.43	129.1	51.5	19.55	2.01	267.59
2012	78.77	150.9	41.9	23.73	1.72	297.02
2013	96.33	156.8	45.8	37.97	1.66	338.56
2014	116.25	170.2	47.6	50.4	1.79	386.24
2015	135.28	165	48.6	60.46	2.3	411.64



# 上游与中游 塑料与3D打印技术



## 6 3D打印与塑料制品

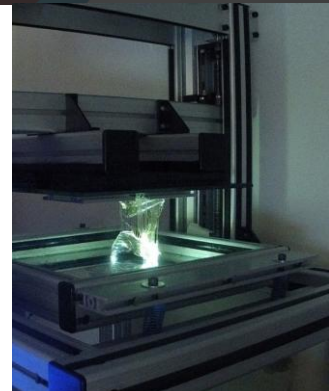
FDM, SLA, CLIP, MJF, HSS等  
各种3D打印技术



塑料产品



FDM, SLA等  
各种3D打印技术



快速模具



小批量注塑

塑料样品



通过铸造



通过机加工



金属模具



批量注塑

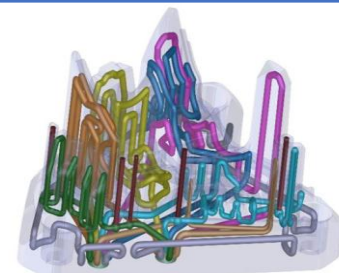
塑料产品



通过金属3D打印技术



随形冷却模具



7 3D打印塑料材料企业

塑料3D打印领域的主要国际材料企业



## 8 3D打印与塑料制品 | PA尼龙

SLS:



FDM:

Stratasys  
...  
Ultimaker  
Airwolf 3D  
Cosine Additive  
Roboze  
DDD Material  
eSun 深圳易生  
...

Multi Jet Fusion  
-多射流熔融:



HSS-高速激光烧结:



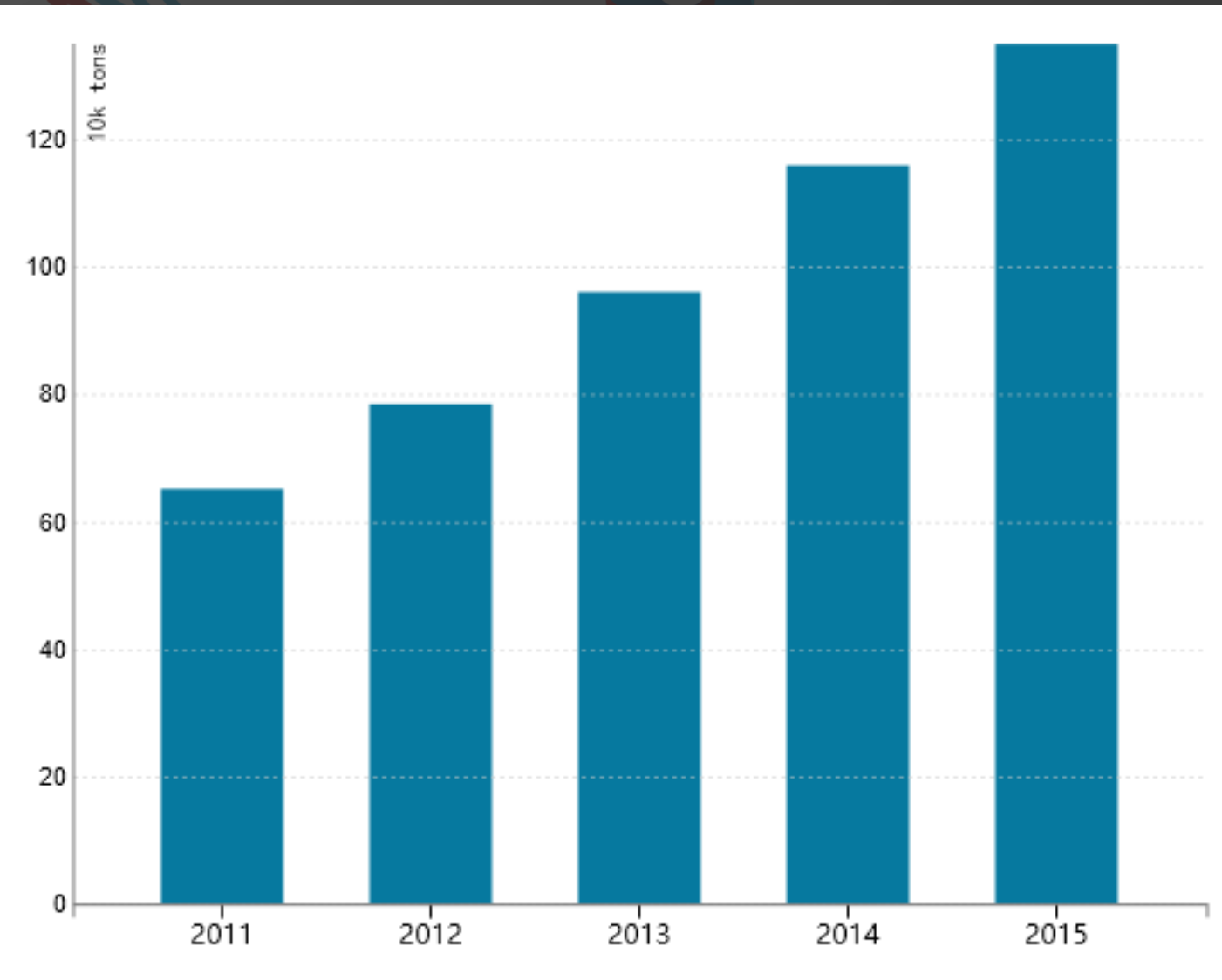
PA 3D 打印材料

EOS  
Evonik  
Farsoon  
...  
Stratasys  
Taulman 3D  
...

迄今为止，选择性激光烧结粉末床-SLS工艺、多射流熔化-MJF工艺、高速烧结-HSS工艺中使用最广泛的塑料是聚酰胺（PA）-尼龙。尼龙比其他一些塑料（如ABS）更坚固，更耐用，虽然SLS设备厂商或其他3D打印技术设备制造商都提供某种形式的PA，但目前最基本的品种是PA11和PA12，当然也有许多类型的PA复合材料，包括玻璃增强尼龙、碳纤维增强尼龙，以提供某些附加的性质。

9 3D打印与塑料制品 | PA尼龙市场

2011-2015 China market consumption of PA plastics (10k tons)  
2011-2015 中国PA尼龙塑料市场消费量 (万吨)



Date Resource: National Bureau of Statistics

Major brands of worldwide PA plastics  
全球范围内主要的聚酰胺尼龙生产厂家



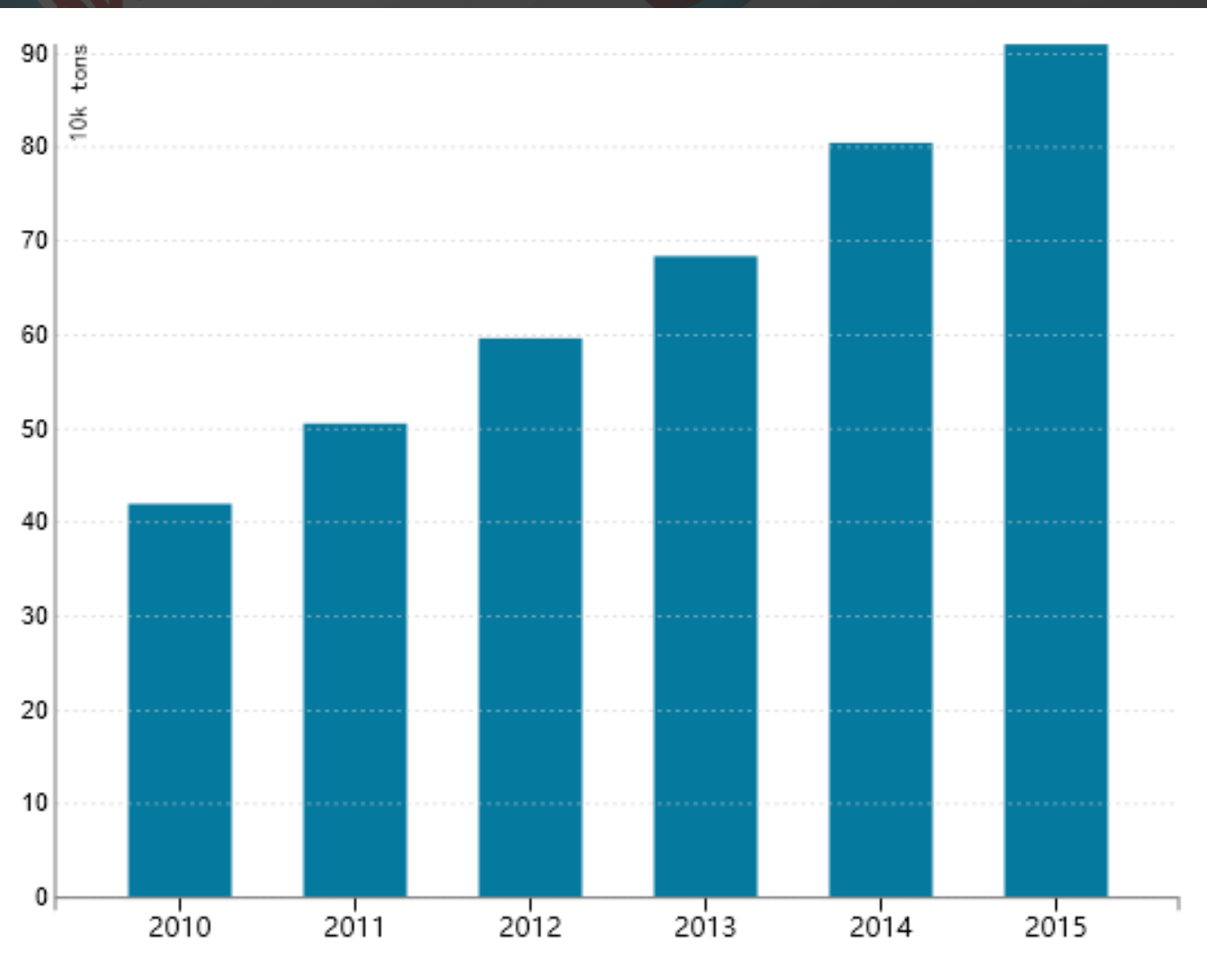
Major brands of Chinese PA plastics  
中国主要的聚酰胺尼龙生产厂家



The rest are Zhongping Nenghua, China Petroleum Liaoyang, Ningbo Shunlong, Yixing Taihu Nylon, Nanjing Julong. 其他包括中平能化 (属于神马集团)、中国石油辽阳石油化纤, 宁波舜龙锦纶, 宜兴市太湖尼龙, 南京聚隆工程塑料

# 10 3D打印与塑料制品 | PA尼龙市场 | 中国

2010-2015 China production of PA plastics (10k tons)  
2010-2015 中国PA尼龙塑料产量 (万吨)



Date Resource: National Bureau of Statistics

Major PA plastics manufactures in China  
中国境内主要的聚酰胺尼龙生产厂家



Note: Zhongping nenghua belongs to Shenma

## 11 3D打印与塑料制品 I PC

### FDM 打印技术 :

Stratasys

...

Polymaker

Gizmodorks

Ultimachine



### FDM

来自中国的Polymaker是一家在3D打印长丝领域颇具颠覆能力的高科技企业，Polymaker成立于2012年，注册在上海，工厂在苏州。Polymaker开发了PolySher，能对打印件喷涂特制的酒精气溶胶，从而消除打印件表面的层状痕迹，显著提高表面质量，令打印件变得像注塑件一样光滑。PolySmooth的定位是达到ABS的机械性能同时又像PLA一样的容易打印。

### SLS

School of materials science and engineering-Wuhan Institute of Technology, State Key Laboratory of plastic forming simulation and die&mould technology - Huazhong University of Science and Technology used SLS technology to process PC materials.

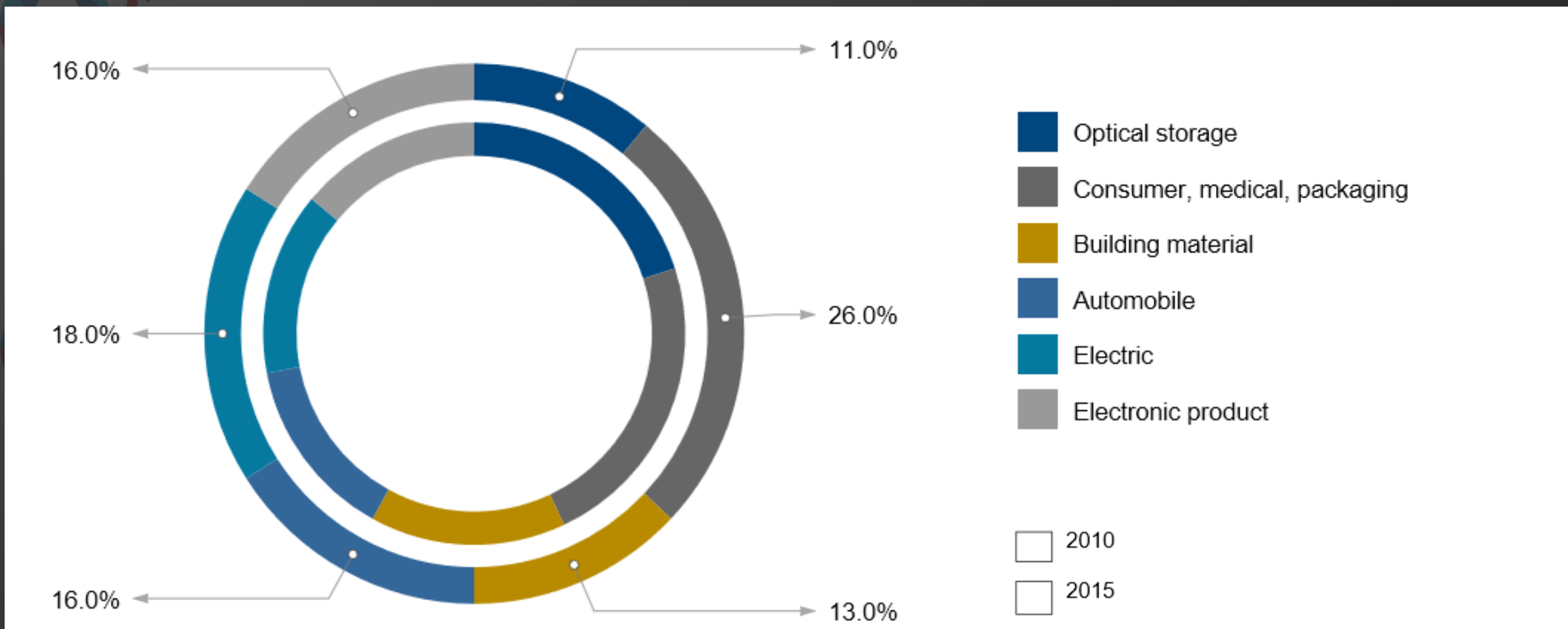
武汉工程大学材料科学与工程学院,华中科技大学塑性成形模拟及模具技术国家重点实验室通过SLS技术加工PC材料



Image courtesy: Stratasys

12 3D打印与塑料制品 I PC

Global PC application market segments ( Year2010 and 2015)  
全球聚碳酸酯消费市场细分 (2010年及2015年)

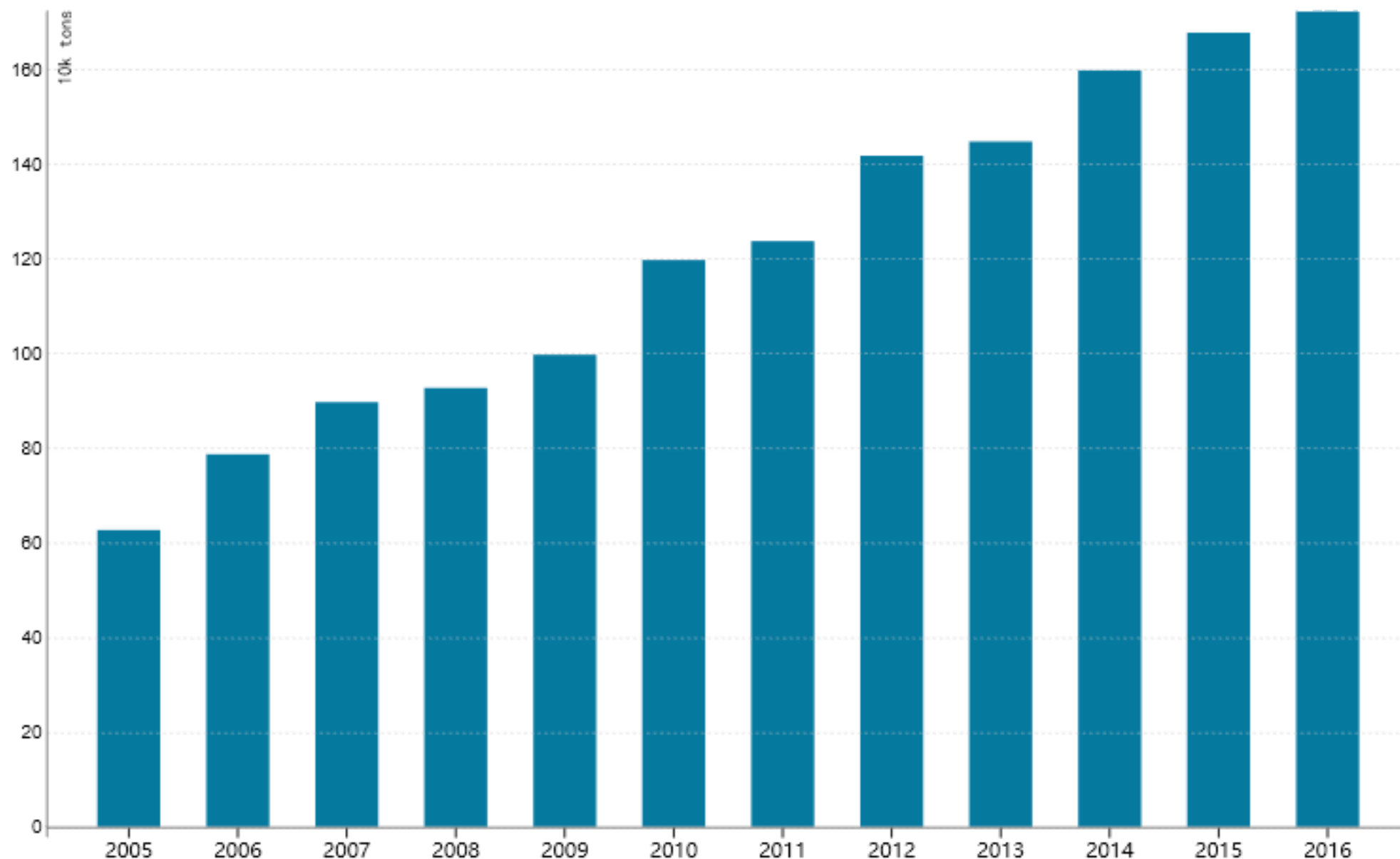


自1959年拜尔首先商业化生产双酚A型聚碳酸酯 Makrolon开始，聚碳酸酯在随后的二十年间实现了接近30%的年均增长率。2005年至2010年年均增长率放缓至5.6%，2010年之后随着中国市场的带动重现增势，预计2020年全球聚碳酸酯消费量将达到466万吨。



## 13 3D打印与塑料制品 | PC

2005-2015 China consumption of PC plastics (10k tons)  
2005-2015 中国PC工程塑料消费量 (万吨)



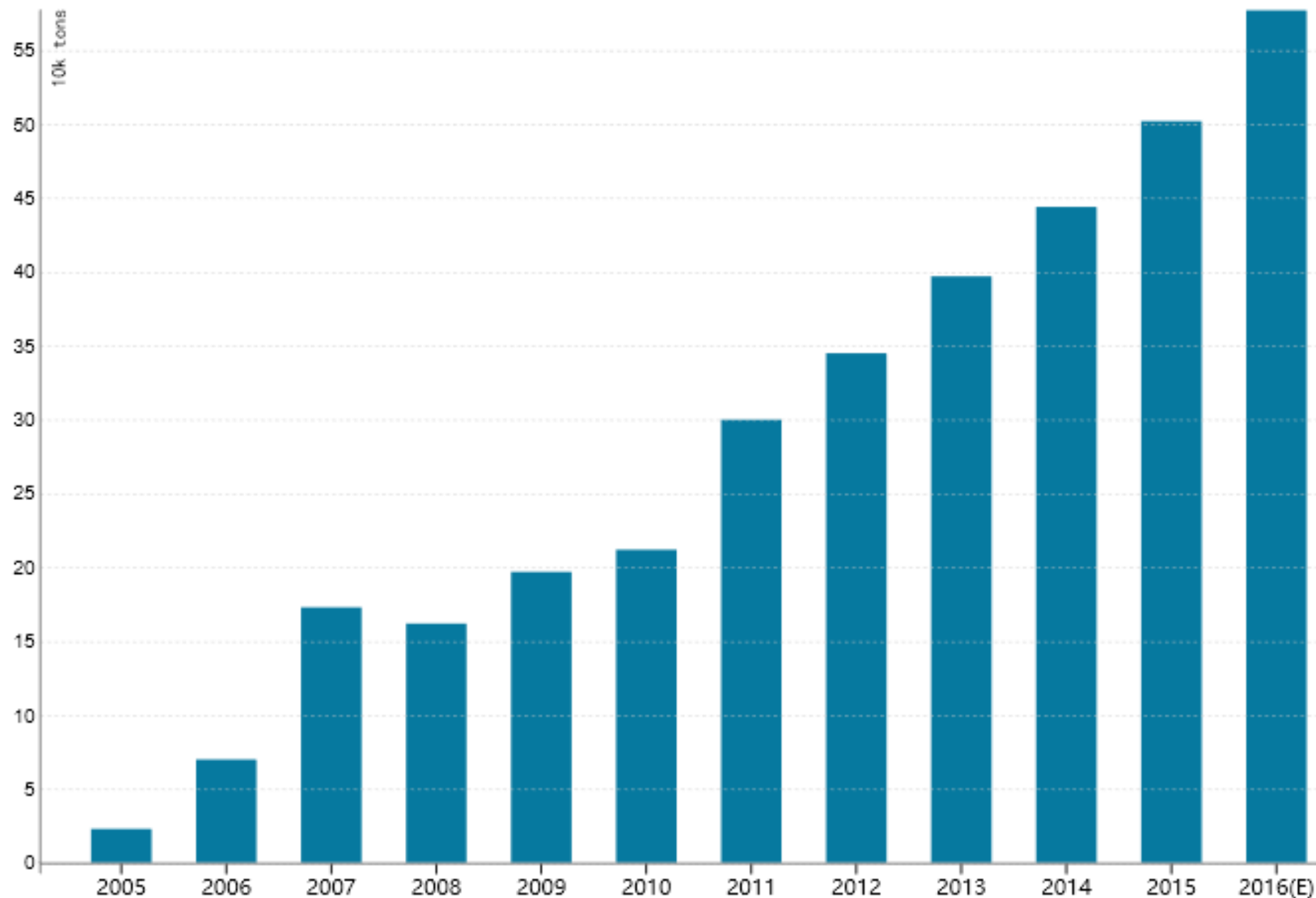
Due to the expansion of China's automobile production since 2017, polycarbonate consumption growth is much higher than abroad. With China's consumer electronics market size and manufacturing capacity turns into the world's first place, electronic industry is becoming the main growth point of polycarbonate consumption.

In 2015, China consumed 1.65million tons of PC, within which 1.21 million tons are imported.

由于中国汽车产量自2007年快速扩张，聚碳酸酯消费增速远高于国外。随着中国消费类电子产品市场规模及制造能力跃居全球首位，成为聚碳酸酯消费主要增长点。2015年，中国消费了165万吨PC,其中121万吨依赖进口。

## 14 3D打印与塑料制品 | PC | 中国

2005-2016 China production of PC plastics (10k tons)  
2005-2016 中国PC工程塑料产量 (万吨)

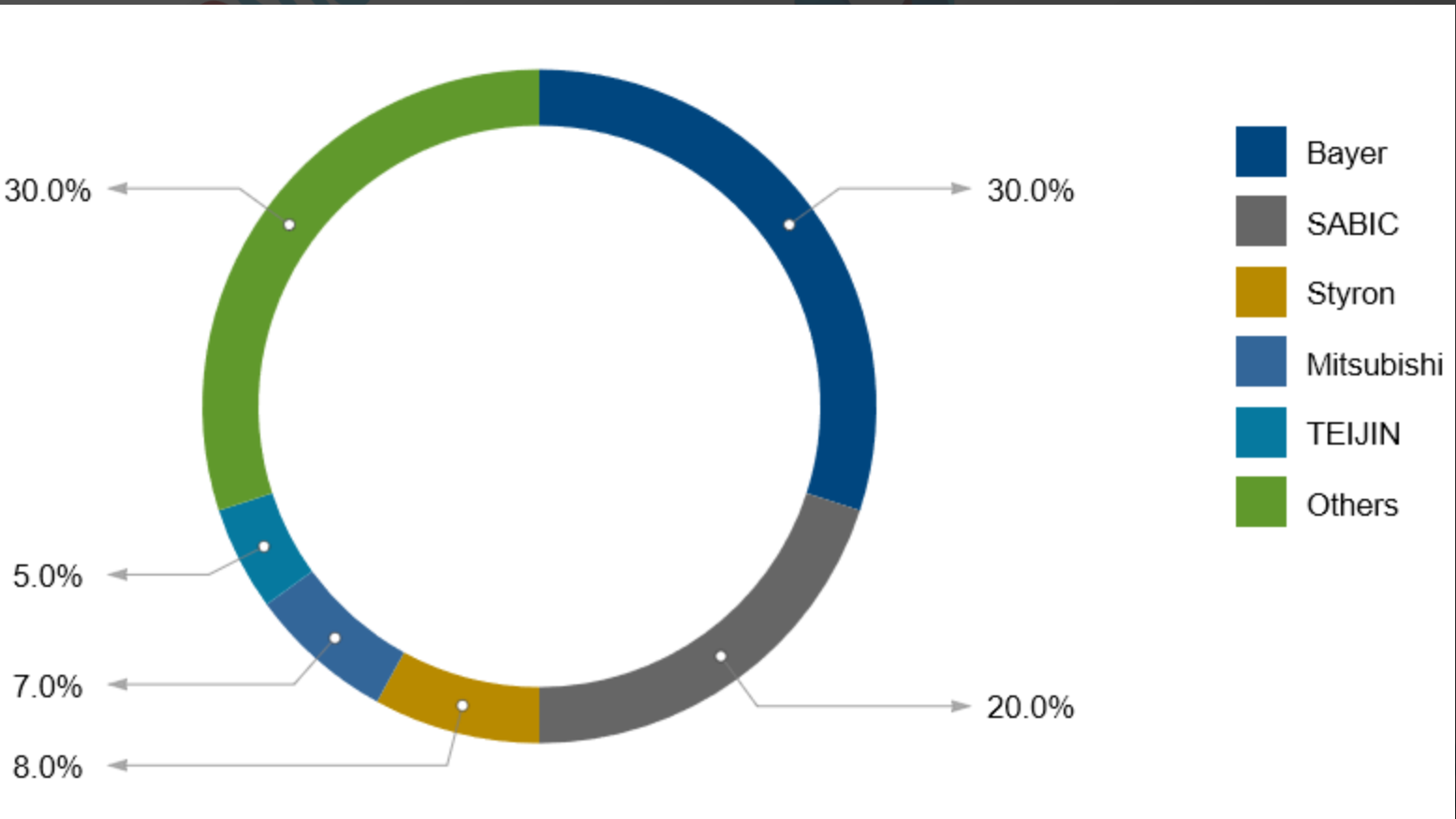


China Development and Reform Commission and the Ministry of industry and information encourage the development of PC production in China. The PC plant projects which are under construction includes: Lu Xi Chemical, Lihua Yi Weiyuan chemical, Qingdao Hengyuan, Wanghua, Hutianhua Zhonglan...

中国发改委与工信部将PC生产产业化列为重点支持工程，在建PC产能包括：鲁西化工集团，利华益维远化工，青岛恒源化工，万华化学集团，泸天化中蓝新材料。

15 3D打印与塑料制品 | PC

Global PC Manufactures Market Share  
全球PC制造商市场份额



The major 5 in China: Bayer Shanghai, Teijin polycarbonate , MITSUBISHI chemical polycarbonate (Beijing) , Excellent engineering plastics (Shanghai) , Zhejiang rich wind Chemical.

拜耳（上海）聚合物有限公司（20万吨）、帝人聚碳酸酯有限公司（14.7万吨）、中石化三菱化学聚碳酸酯（北京）有限公司（6万吨）、菱优工程塑料（上海）有限公司（8万吨）和浙铁大风化工有限公司（10万吨），合计产能约58.7万吨。

## 16 3D打印与塑料制品 | POM

### POM 3D Printing Material

Celcon®: Acetal Copolymer plastic made by Ticona (a Celanese subsidiary out of Florence KY, USA).

Delrin®: Acetal Homopolymer plastic made by the DuPont Company, Wilmington, DE, USA.

Duracon®: Acetal Copolymer plastic made by Polyplastics Taiwan Company, China.

Kepital®-POM: Acetal Copolymer plastic made by the Korea Engineering Plastics Company (KEP), Seoul, Korea.

Hostaform®: Acetal Copolymer plastic made by the Celanese Corporation, Ramtal, Irving TX, USA.

Tecaform®: Acetal Copolymer plastic made by Ensinger Company out of Washington, PA, USA.

Tepcon®: Acetal Copolymer plastic made by Polyplastics Taiwan Company, China.

Ultraform®: Acetal Copolymer plastic made by BASF, Ludwigshafen, Germany.

### POM 3D Printer

Stratasys

...

Ultimaker

Pollen

...



*Engine cooling fan made from POM (acetal) using a Stratasys 3D printed injection mold*

## 17 3D打印与塑料制品 | PLA和ABS

### PLA 材料

#### 上游

NatureWorks  
weforyou Group  
Evonik-赢创  
Corbion PURAC  
Futerra  
Galactic与Total-道达尔  
...

#### 中游

苏州聚复高分子材料  
深圳市光华伟业  
江苏永盛三维打印新材料  
威海两岸环保新材料科技  
...

### ABS 材料

#### 上游

台湾奇美  
Bayer-拜尔  
LG化学  
沙特基础  
BASF-巴斯夫  
...

#### 中游

ALGIX 3D  
德国RepRap  
西班牙Elix Polymers  
武汉智垒  
深圳飞扬兴业科技  
深圳利高塑胶制品  
3D ELEMENTS



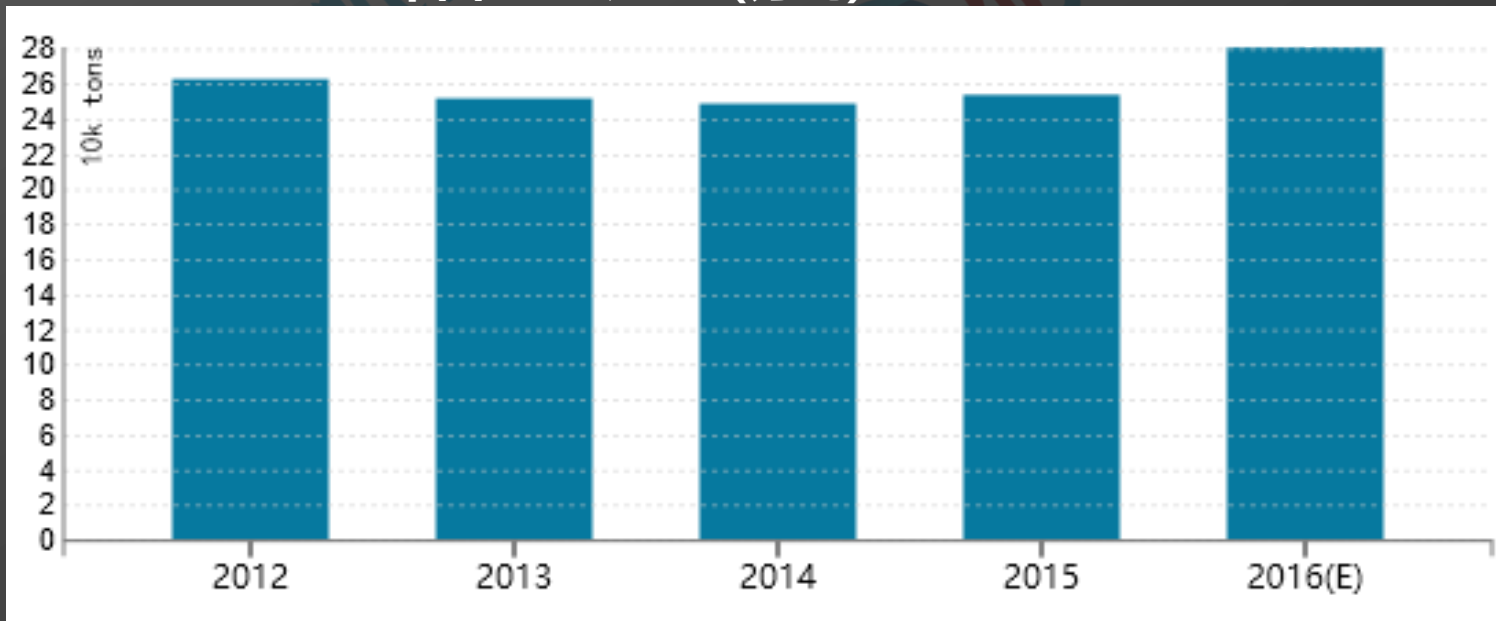
3D打印技术-FDM



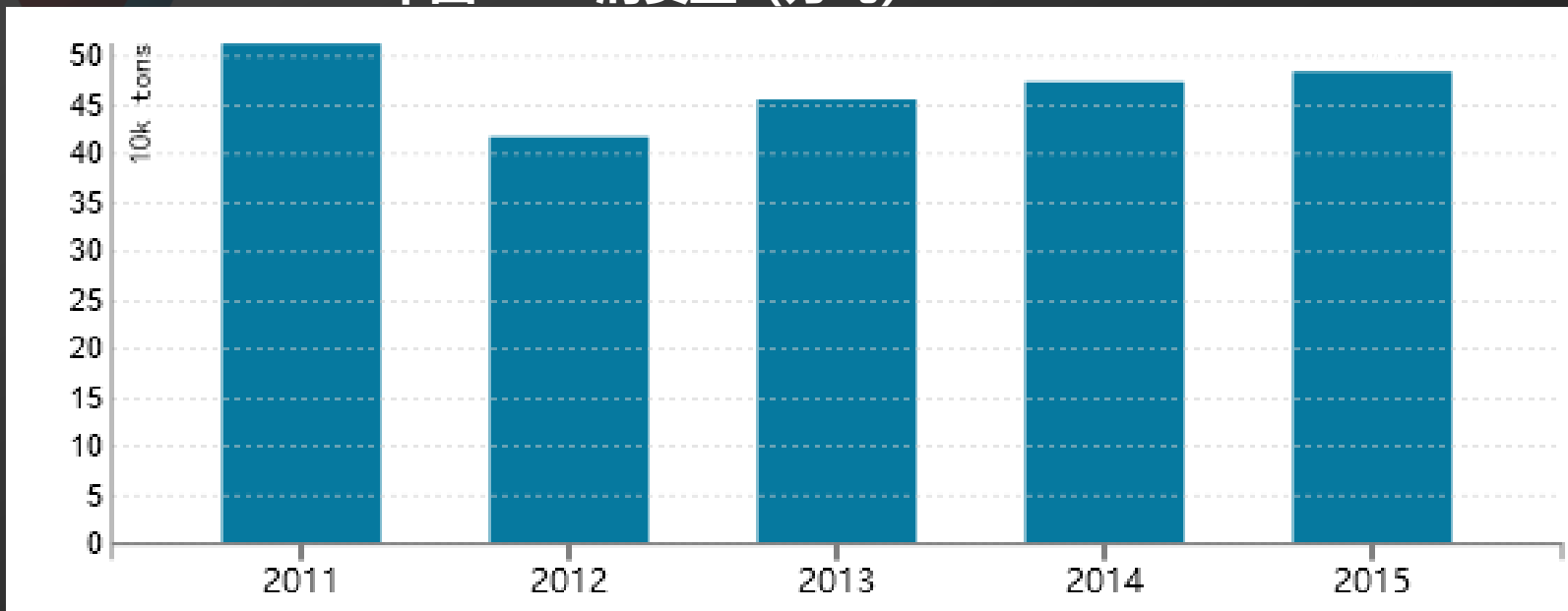
3D打印技术-FDM

# 17 3D打印与塑料制品 | POM

2012-2016 China POM production (10k tons)  
2012-2016 中国POM产量 (万吨)



2012-2016 China POM consumption (10k tons)  
2012-2016 中国POM消费量 (万吨)



Date Resource: National Bureau of Statistics

Major brands of worldwide POM plastics  
全球主要的聚甲醛生产厂家



Major Chinese brands of POM plastics  
中国主要的聚甲醛生产厂家

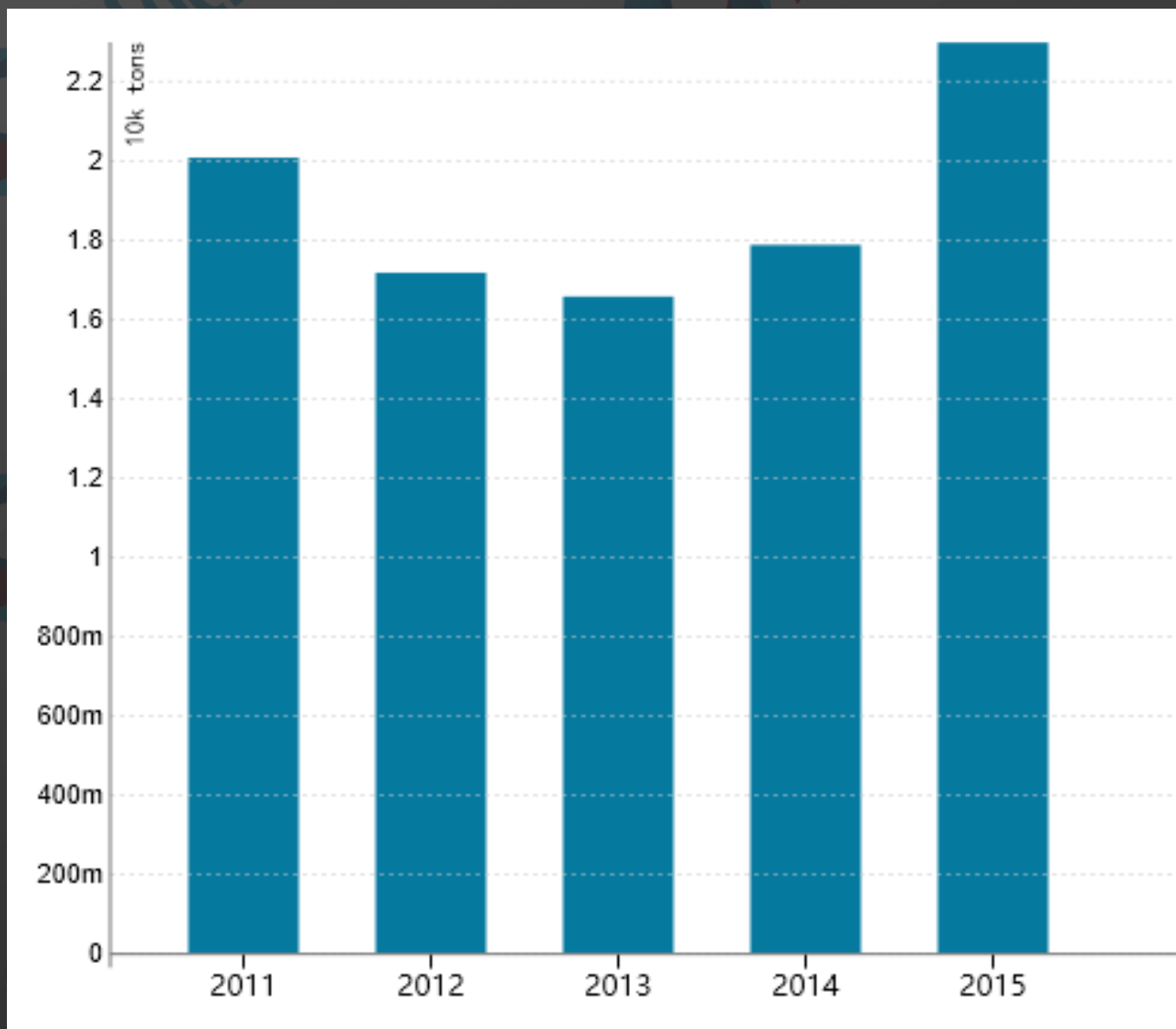
Yuntian Hua from Kunming, Shenhua Ningmei from Ningxia, Tangshan zhonghai from Tangshan, Kaifeng Longyu from Kaifeng, Shanghai Blue Star from Shanghai, YanKuai Luhua from Tengzhou, Nantong Bao Tai Ling from Nantong, Zhangjiagang asahi-kasei from Zhangjiagang, Inner Mongolia Tianye, Tianjin alkali plant.

云天化-昆明, 神华宁煤-宁夏, 唐山中浩, 开封龙宇, 上海蓝星, 兖矿鲁化-滕州, 南通宝泰菱, 张家港旭化成, 内蒙古田野, 天津碱厂

# 18 3D打印与塑料制品 | PPO

2011-2015 China consumption of PPO plastics (10k tons)  
2011-2015 中国PPO聚苯醚工程塑料消费量 (万吨)

Major brands of worldwide PPO plastics  
全球主要的聚苯醚生产厂家



Date Resource: National Bureau of Statistics

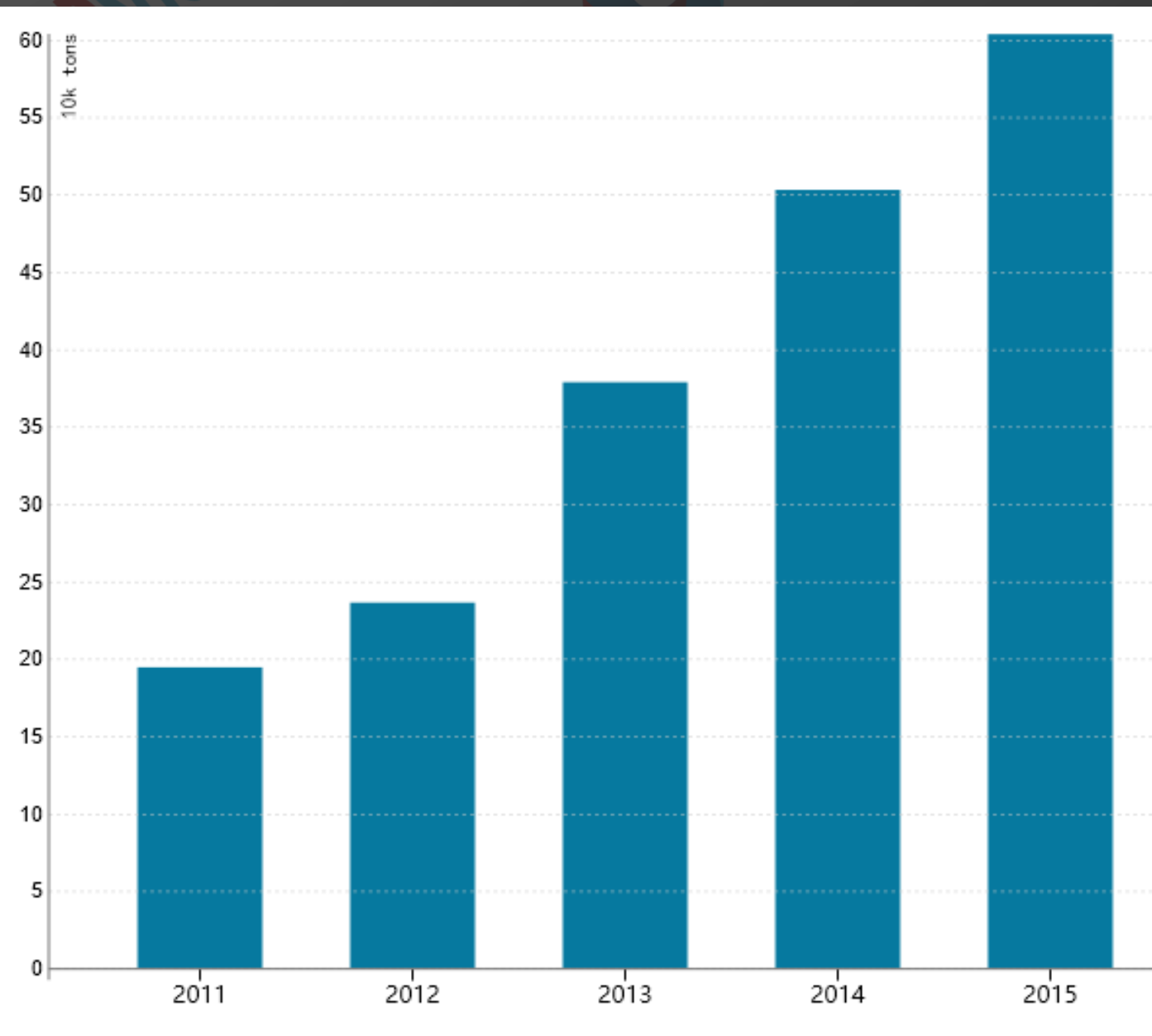


Japan Engineering Plastics, Japan Asahi Chemical Industry, Mitsubishi Gas Chemical, General Electric Plastic, Liquid Nitrogen processing, Thermofil Co., Wilson-Tilbrefil Co., Amoco Chemical Co., BASF.

日本工程塑料, 日本旭化成, 日本三菱瓦斯化学, 美国通用电器, 美国液氮加工, 美国塞摩菲尔, 美国威尔逊纤维填料, 美国阿莫科化学品, 德国巴斯夫

# 19 3D打印与塑料制品 | PBT

2011-2015 China market consumption of PBT plastics (10k tons)  
2011-2015 中国PBT塑料市场消费量 (万吨)



Date Resource: National Bureau of Statistics

International PBT manufactures  
全球主要的PBT生产厂家



Logos of international PBT manufacturers:

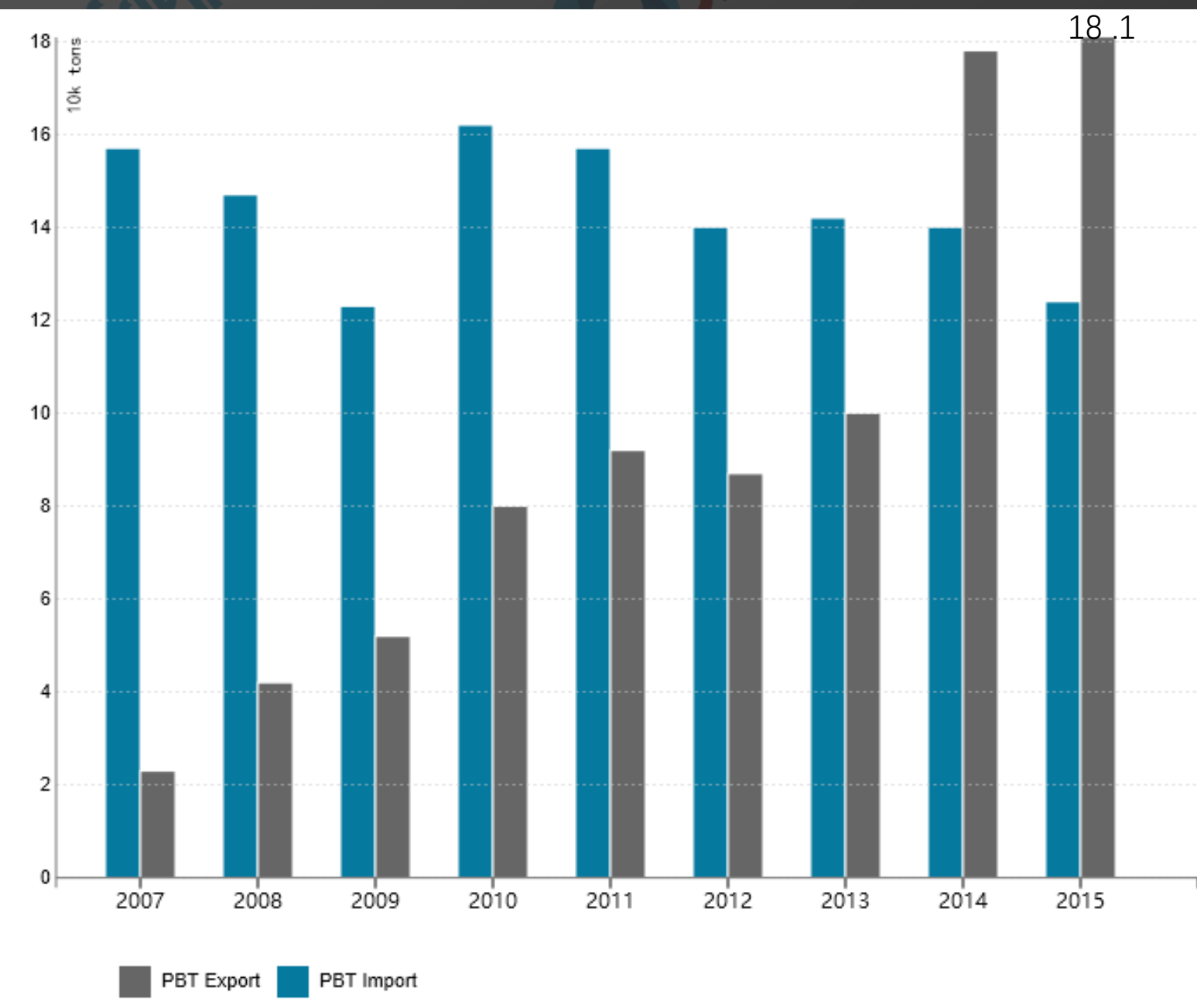
- BASF: We create chemistry
- BAYER
- سابك / sabic
- Celanese: The chemistry inside innovation™
- TORAY: Innovation by Chemistry
- MITSUBISHI CHEMICAL
- Polyplastics: Solution Platform for Engineering Plastics
- LANXESS 朗盛: Energizing Chemistry
- A. Schulman
- DSM: BRIGHT SCIENCE. BRIGHTER LIVING.
- LG
- RYTON

Totally around 30 manufactures in worldwide



20 3D打印与塑料制品 | PBT

2011-2015 China import and export of PBT plastics (10k tons)  
2011-2015 中国PBT进口及出口市场 (万吨)



Major Chinese PBT manufactures  
中国主要的PBT生产厂家



台湾奇美

台湾李长荣

台湾日胜

Taiwan Shinkong, Taiwan Chimei, Taiwan LCY, Taiwan Risheng, Taiwan Changchun Plastics, Nanyan Plastics and else.

台湾新光合纤、长春人造树脂、南亚塑料等

China produce more and more PBT nowadays

## 21 3D打印与塑料制品 | TPU

### TPU 3D 打印材料

#### SLS打印材料

Bayer  
Materialise  
...

#### FDM 打印材料

SainSmart  
Yasin 3d  
Airwolf 3D  
WolfBend  
CreativeTools  
Rubber3dprinting  
...

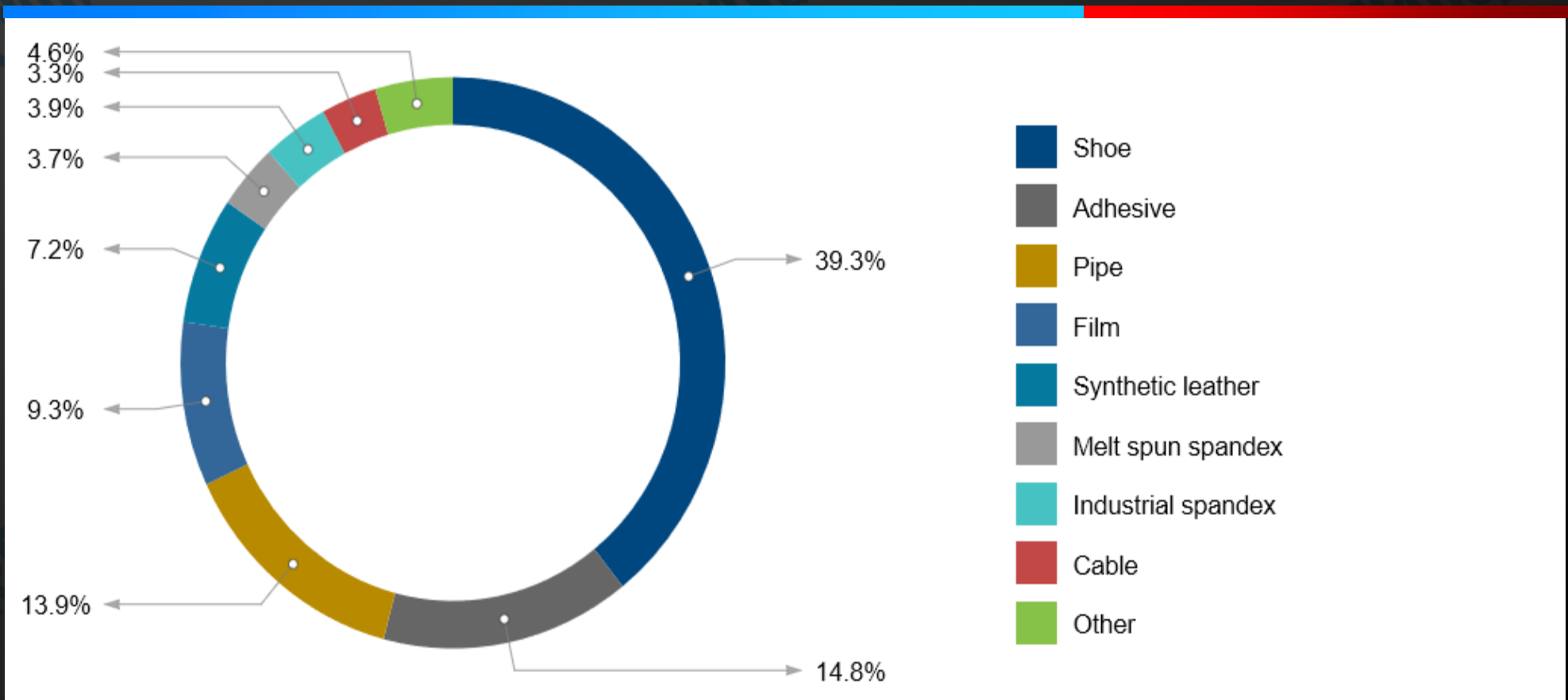


### TPU 3D打印机

SLS Technology  
EOS from Germany

FDM Technology  
Ultimaker, Airwolf...

### TPU 下游应用市场



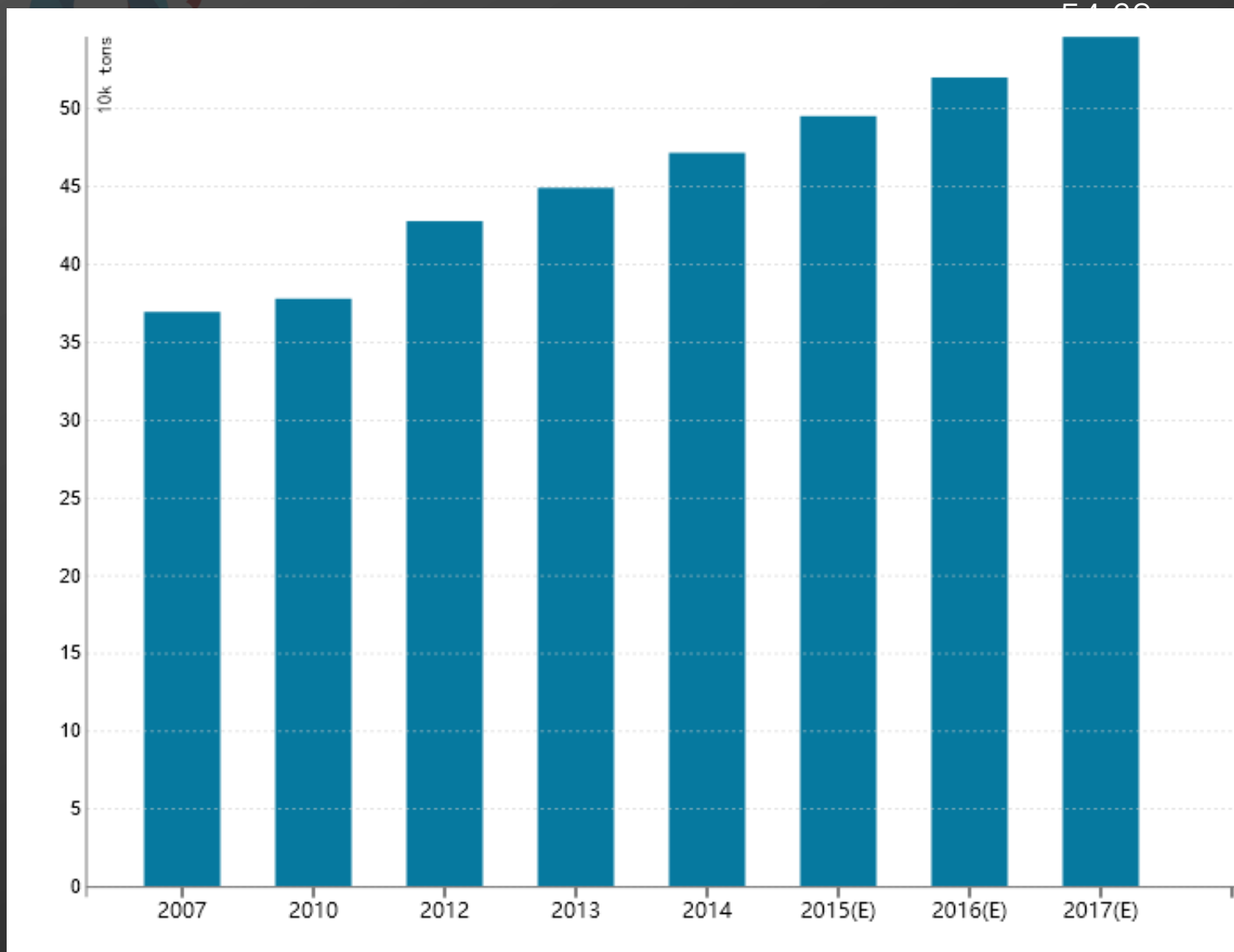
**materialise**  
Innovators you can count on

Materialise TPU 92A-1

## 22 3D打印与塑料制品 | TPU

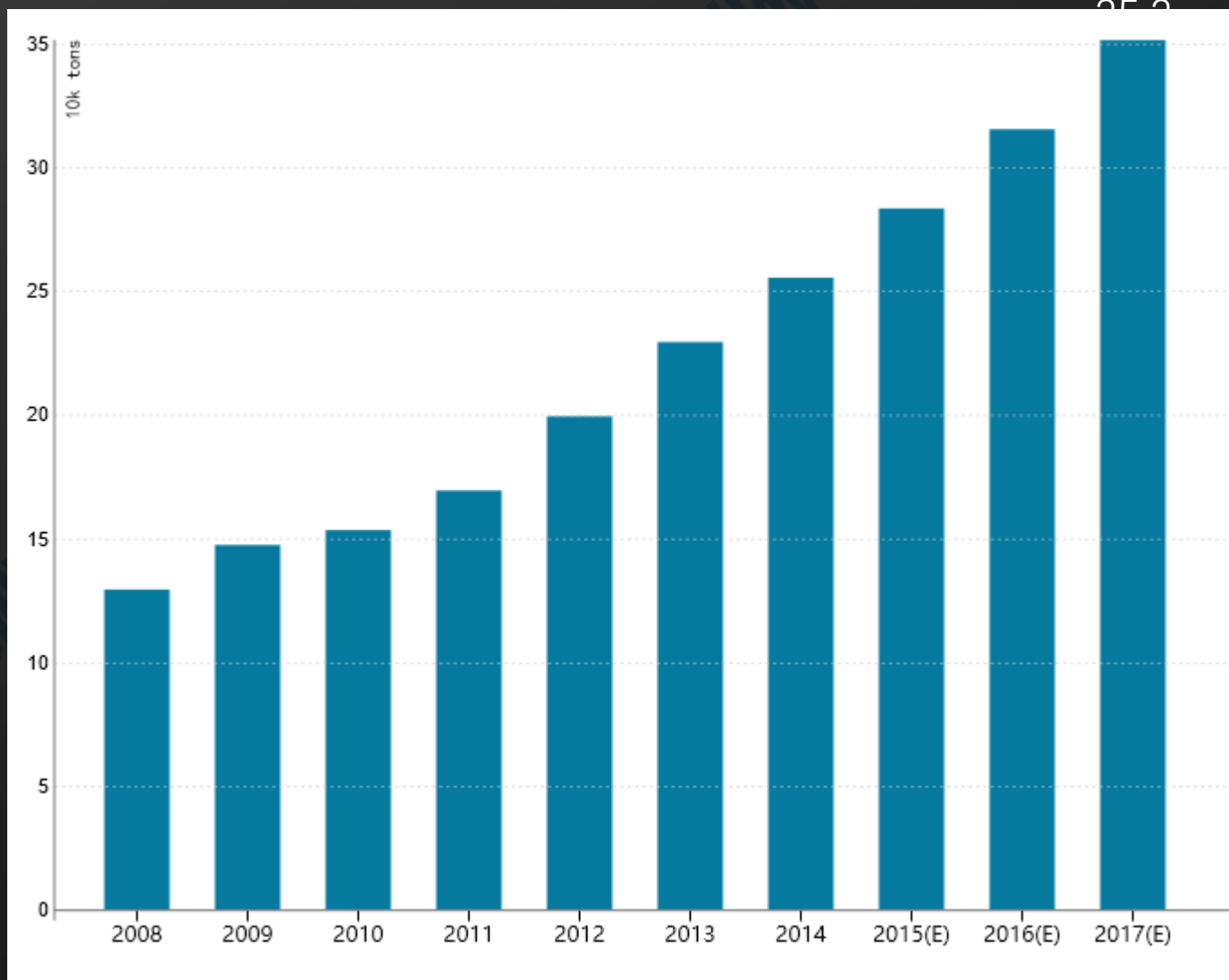
2007-2017 Worldwide TPU production output facts and trend (10k tons)

2007-2017 全球范围内TPU产量及趋势 (万吨)



2008-2017 China TPU consumption facts and trend (10k tons)

2008-2017 中国TPU消费量及趋势 (万吨)



Date Resource: National Bureau of Statistics

**BASF**

We create chemistry



**HUNTSMAN**

Enriching lives through innovation



Taiwan Koslen,  
Taiwan Rainthane,  
Taiwan Urelon,  
Taiwan Coatlon,  
Taiwan Emolon  
Wanhua yantai

**23** 3D打印与塑料制品 | TPE

TPE Printers

**SLS Technology**

EOS

3D Systems

**FDM Technology**

Verbatim

NinjaFlex



**24** 3D打印与塑料制品 | PEEK

PEEK 3D打印机

**SLS Technology**

EOS materials: PEEK Hp3

**FDM Technology**

Indmated from Germany

Tractus from Holland

Roboze from Italy

DDD Material from Germany

**Other Technology**

Arevo labs from USA

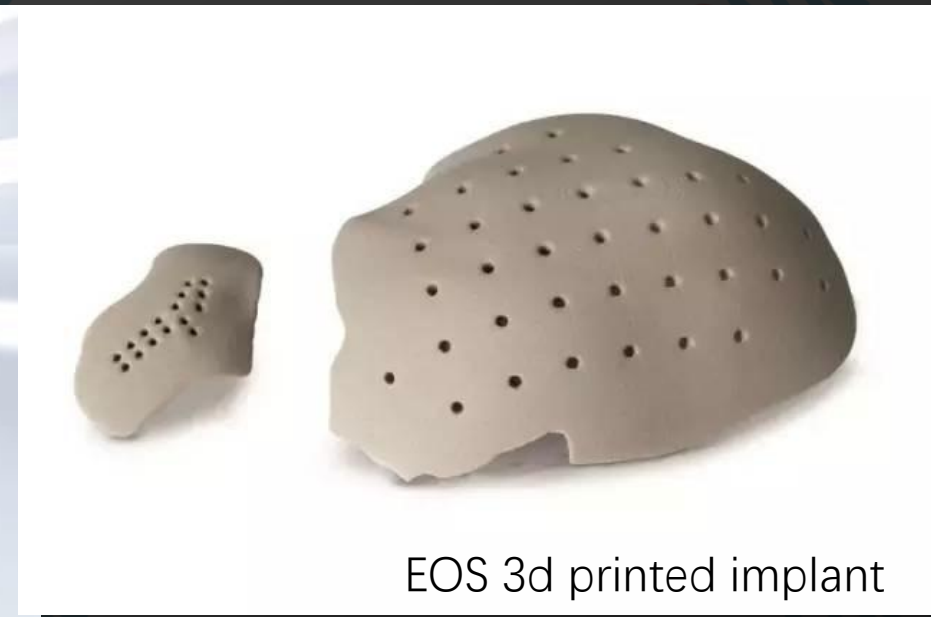
Impossible Objects from USA

PEEK 3D Printing Material

Oxford performance materials

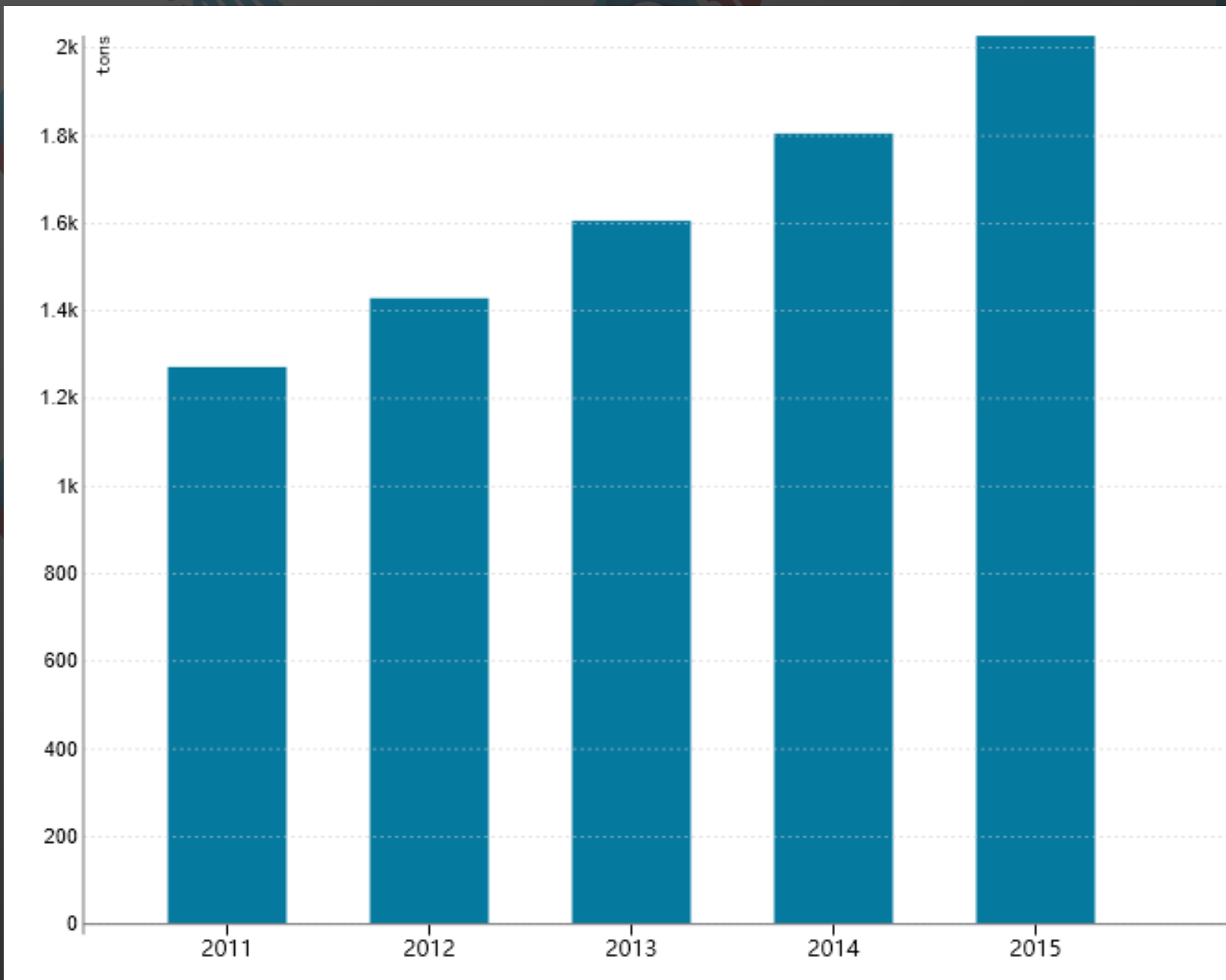
Solvay

...



## 25 3D打印与塑料制品 | PEEK

2011-2015 China PEEK consumption (tons)  
2011-2015 中国PEEK消费量 (吨)



Date Resource: National Bureau of Statistics

Major brands of worldwide PEEK plastics  
全球主要的PEEK生产厂家



Major Chinese brands of PEEK plastics  
中国主要的PEEK生产厂家

Jilin Zhongyan, Jida Tesu, Jida Tesu, Kingfa, Shanghai super peek,  
吉林中研, 吉大特塑, 盘锦中润特塑, 金发科技, 上海超聚新材料科技...

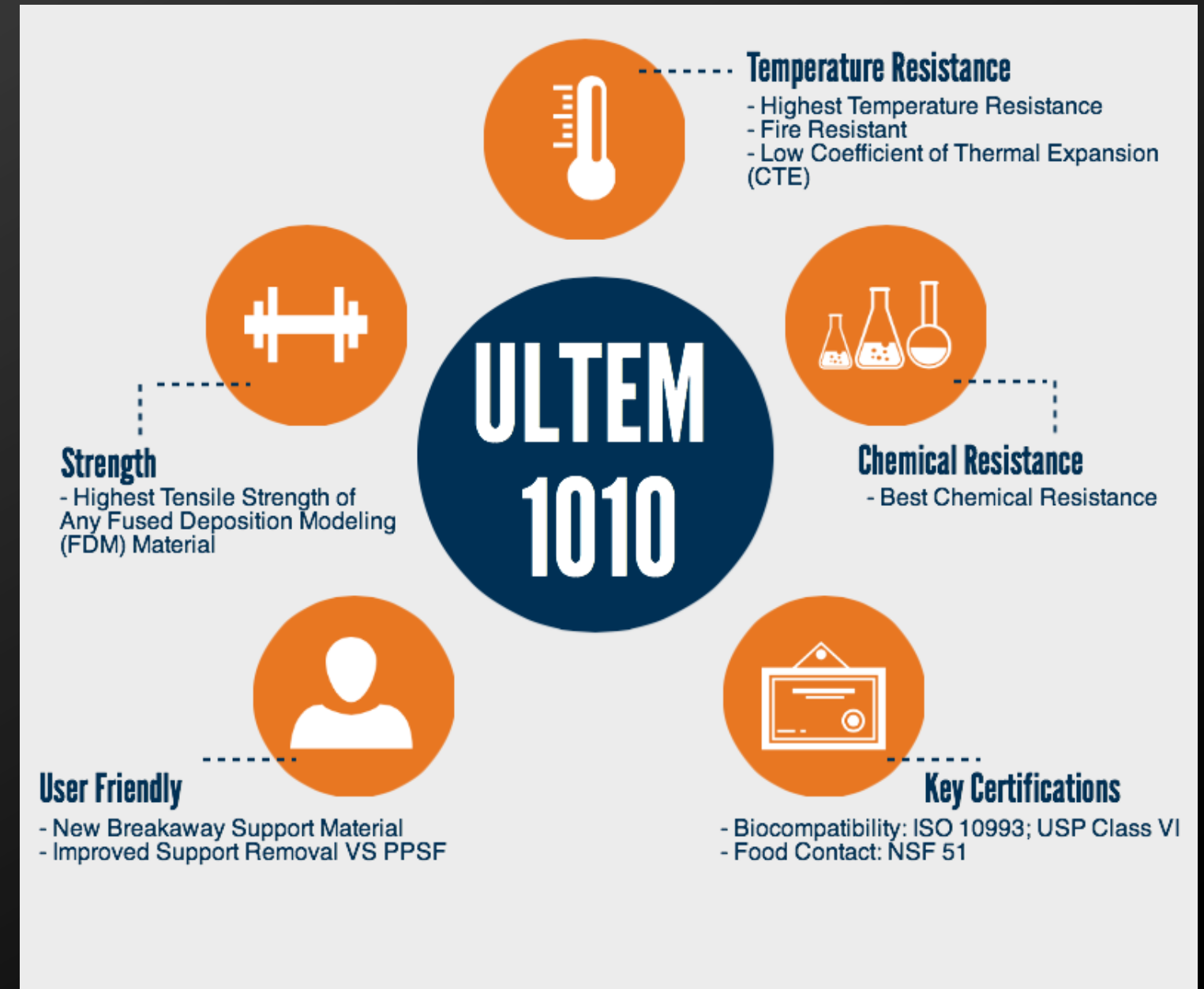
## 26 3D打印与塑料制品 | ULTEM(PEI)

PEI 打印机

FDM 打印技术

美国Stratasys, 材料: ULTEM 1010, 9085(from Sabic)

韩国Rokit, 材料:3DISON, ULTEM 9085

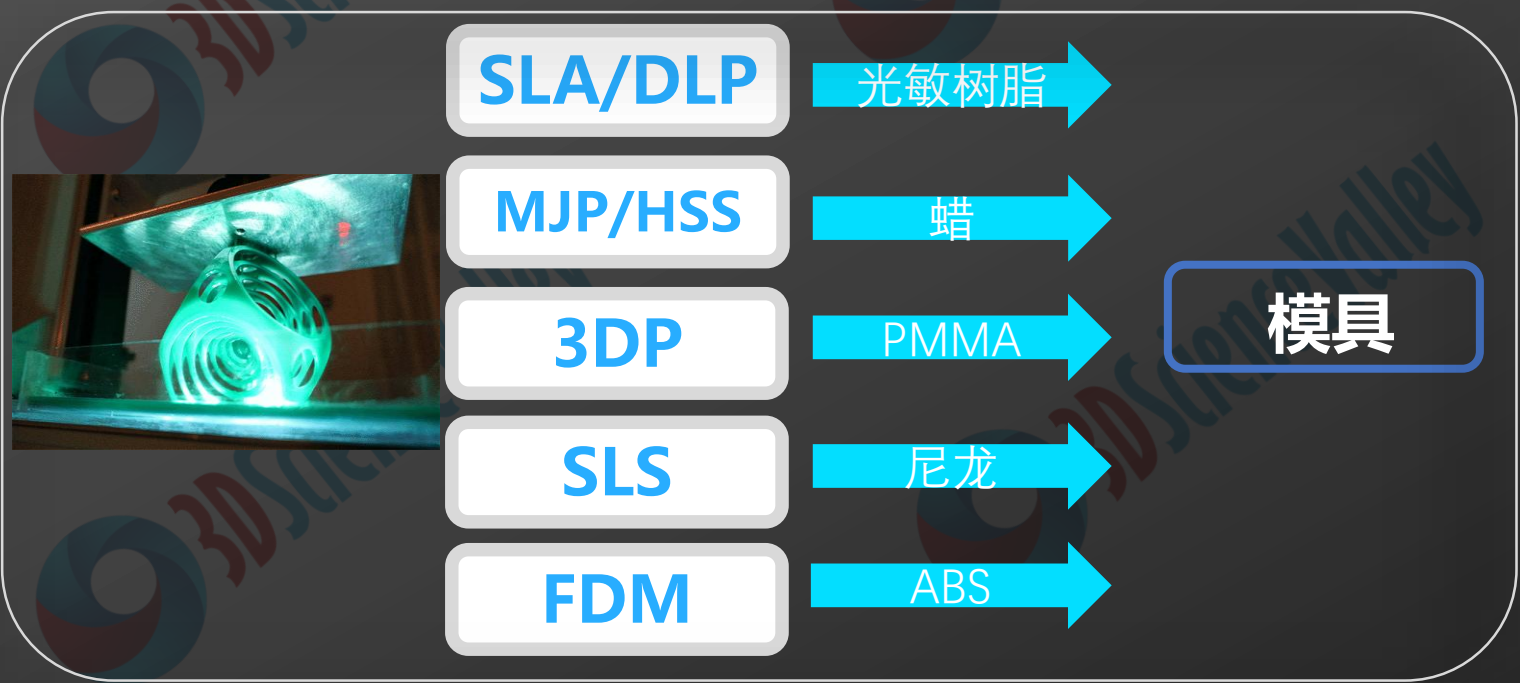


# 中游与下游 3D打印塑料市场及案例



27 3D打印 | 间接与直接制造塑料

间接制造



直接制造

3D打印与注塑工艺PK的空间

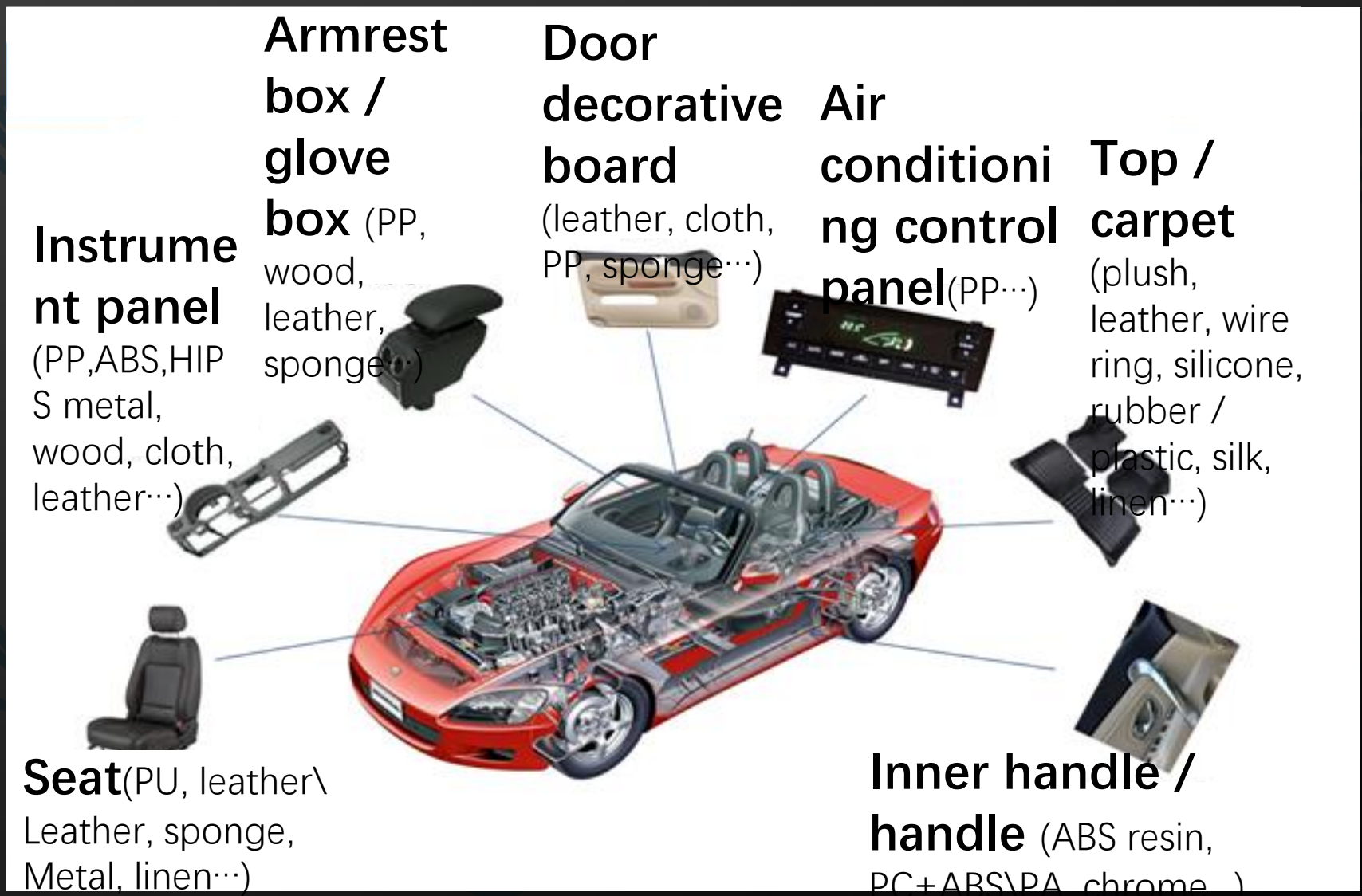


3D打印技术要想在小批量简单产品的生产工艺上取得一席之地，就需要在打印价格方面更便宜。3D打印技术要想在大批量复杂产品的生产工艺上获得比注塑工艺更大的优势就需要打印速度更快。

# 28 3D打印 | 理解材料的重要性

3D Science Valley 在CAMM基础上整理		材料			加工原理							材料形态			
增材制造类别	增材制造类型	金属	塑料	陶瓷	激光束	电子束	等离子弧	紫外光	液态粘合剂	超声波	其他	粉末	丝材	树脂	片材
		METALS	POLYMERS	CERAMICS	LASER BEAM	ELECTRON BEAM	PLASMA ARC	ULTRAVIOLET	LIQUID BINDING AGENT	ULTRASONIC	OTHER HEAT/ POST-PROCESSING	POWDER	FILAMENT	RESIN	SHEET
粘胶剂喷射	---	●	●	●					●		●	●		●	
直接能量沉积	送粉	●	●	●	●						●	●			
	送丝	●					●				●		●		
	电子束直接制造	●				●					●		●		
材料挤出	FDM熔融挤出		●								●		●		
	多相喷射凝固	●	●	●							●	●	●		
材料喷射	---		●				●							●	
粉末床融化	激光烧结	●	●	●	●						●	●		●	
	激光融化	●	●	●	●						●	●		●	
	电子束融化	●				●					●	●			
层压	层压制造	●	●	●							●	●			●
	超声波制造	●								●	●				●
光聚合	---		●	●				●		●	●		●		

设计开发人员在开发材料的时候必须要关注材料的进给形态是什么样的，设备的加工原理是什么样的，只有对制造工艺达到充分的理解，才能开发出下一代的增材制造材料。



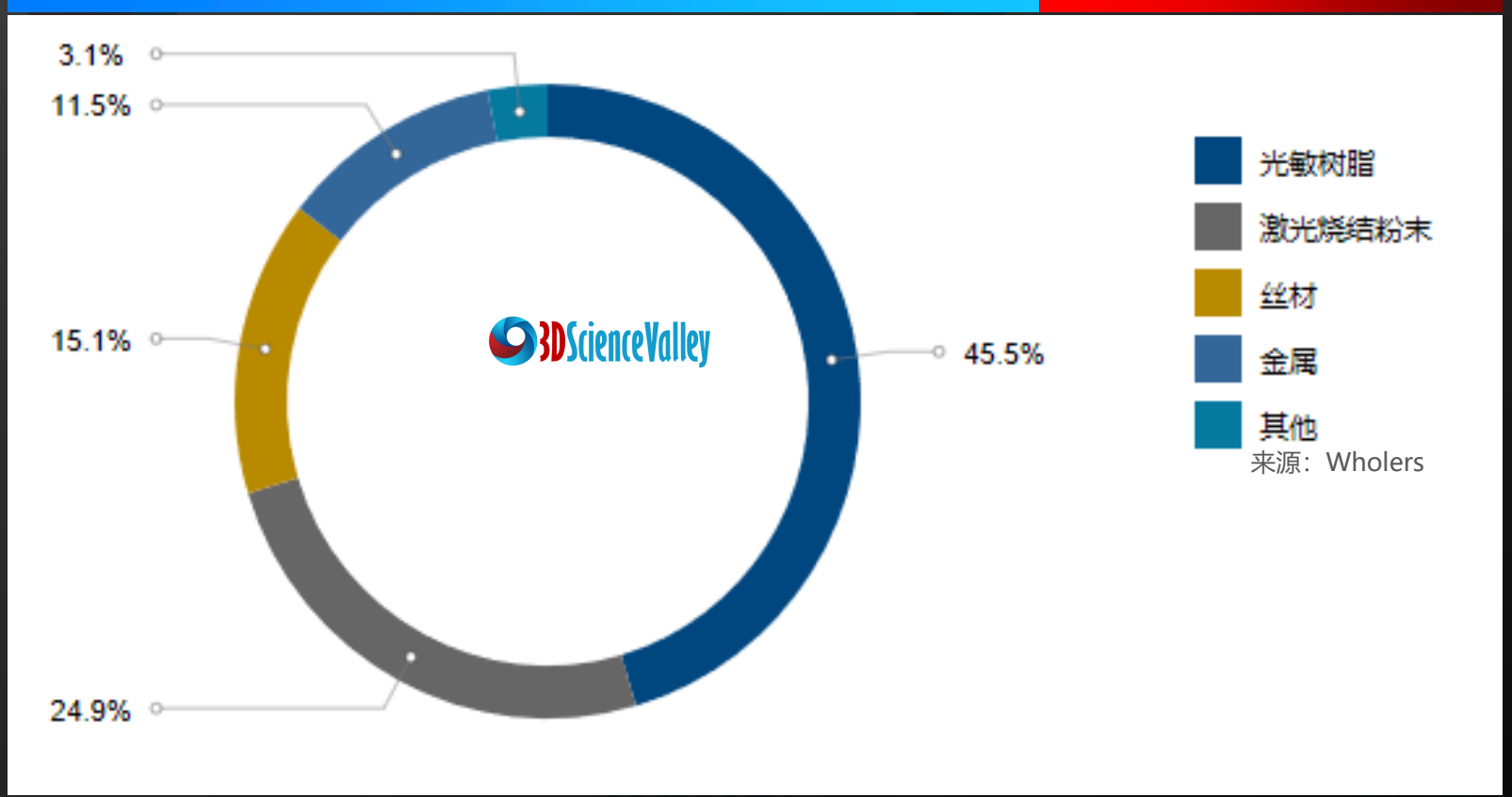
## 29 3D打印 | 不同材料的比例

根据公开市场调研资料，2016年，光敏树脂销量占据了大约39.0%的3D打印材料市场份额。

激光烧结粉末占据了大约25.0%的3D打印材料市场份额，丝材占据了大约20.4%的3D打印材料市场份额，金属占据了大约14.0%的3D打印材料市场份额，其他材料占据大约了1.6%的3D打印材料市场份额。

丝材方面,Stratasys占据了FDM丝材销售的主导地位，虽然最近几年成百上千的企业开始生产桌面3D打印机和丝材，大多数都对材料采取开源的方式，意味着这些打印机接受第三方的丝材。

### 3D打印粉末材料的不同材料的销售比例



广义上来看，3D打印材料可以分为塑料、金属、陶瓷、复合材料这四大类，若按照材料的形态进行分类，则3D打印材料可以分为：粉末颗粒状、丝材、液态树脂、片材。

## 30 3D打印 | 光敏树脂

光敏树脂的主要销售厂家包括3D Systems, Stratasys, DSM Somos, EnvisionTec, CMET等。

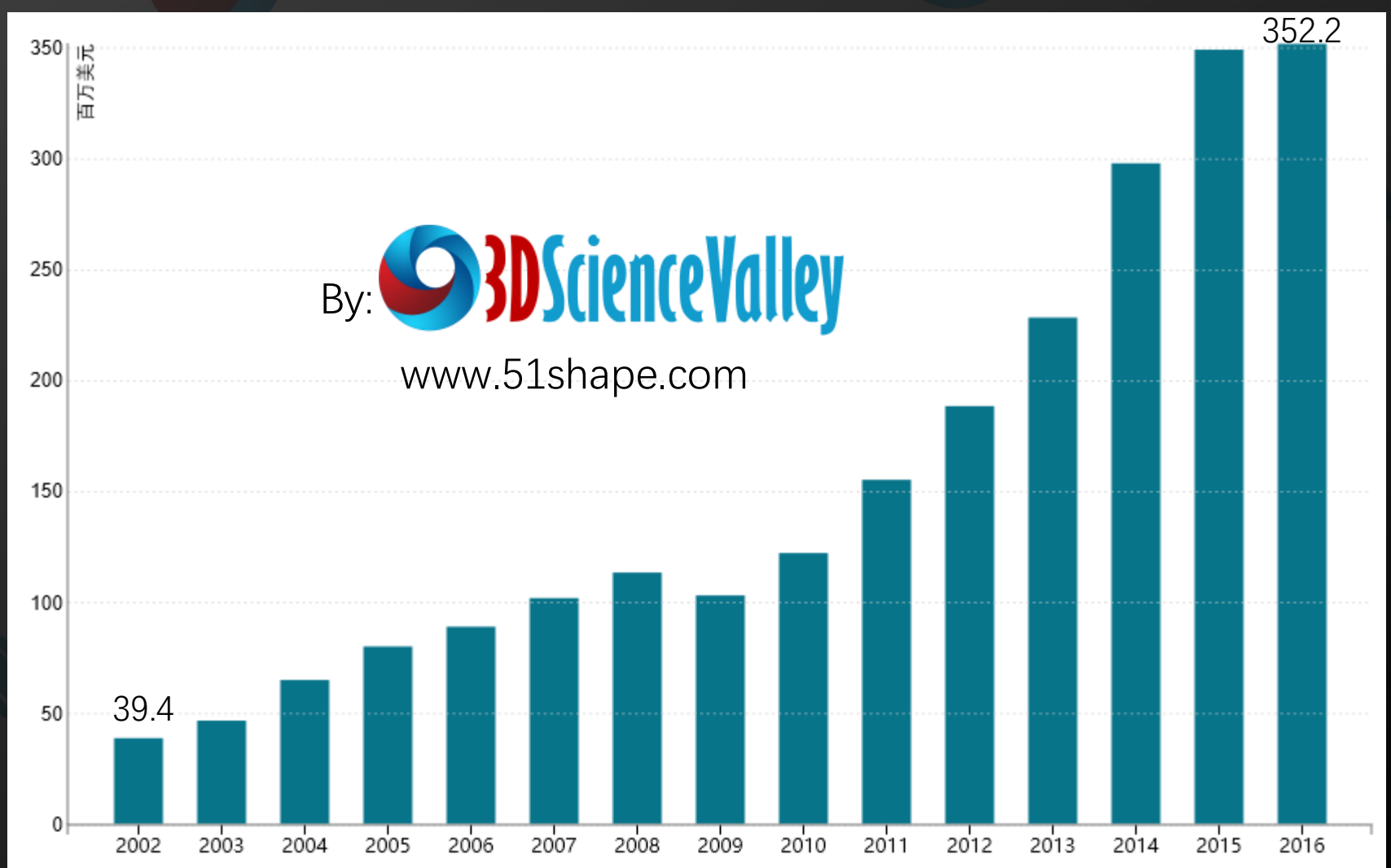
光敏树脂的市场应用范围从原型、艺术品、模型、牙齿矫正器、医疗康复辅具、铸造模具扩展到鞋中底这样的与注塑市场相竞争的领域。



专注于牙科3D打印树脂材料，包括牙科模型、手术导板、牙冠...



## 光敏树脂历年销量 (百万美金)



By: 3D Science Valley  
www.51shape.com

参考资料: Wohlers Report

## 31 树脂 | 隐形矫牙齿正器

时代天使通过3D打印技术形成矫治器的批量化大规模生产。隐形矫治技术也是全球最早实现批量化生产的3D打印商品。时代天使位于无锡2000平方米的生产厂房内里，3D打印是整个产品工艺流程中重要的一环。

数十台3D打印机全天24小时工作，每8个小时“一锅”的用高伸缩复合高分子材料打印出的牙模整齐地排列“出锅”，再通过热压成型技术获得成品。每天从这里成型的模具数量以万来计算，一眼望去密密麻麻。

Align、ClearCorrect、时代天使、正雅齿科等公司利用3D打印技术生产隐形矫正器。Align公司约占全球正畸市场40%市场份额，隐适美 (invisalign) 为其隐形矫正器品牌。



## 32 树脂 | 鞋中底

2017年4月阿迪达斯推出Futurecraft 4D，世界第一双通过数字光合成技术制造的高性能鞋中底。Futurecraft 4D将见证阿迪达斯品牌高度的新旅程：通过探索新的技术，确定面向未来设计的制造工艺，为每一个运动员提供最好的产品。这项制造工艺是与Carbon公司合作的，双方正式开启规模定制化鞋业的划时代篇章：

- 阿迪达斯与Carbon战略合作通过Carbon的光和氧气化学反应3D打印技术来制造Futurecraft 4D

- 数字光合成技术-Digital Light Synthesis使得阿迪达斯实现个性化的性能产品，从想象到物理现实。

- 阿迪达斯通过数字光合技术创造高性能鞋的规模化生产，2018年底生产超过100000双。



## 33 树脂 | 铸造

使用蜡质材料由高精度的3D打印机打印出来。然后，把蜡质模型放入一个容器，在容器中倒入液体石膏充满并覆盖住蜡模。当石膏凝固后，取出模型并放入熔炉将蜡材料熔化，剩下的石膏部分就变成了倒模。再将熔融的饰品金属倒入石膏倒模，待金属凝固，最后将石膏部分敲碎去除。这种方式相比于传统的开模方式已经大大丰富了首饰的设计，缩短了首饰制造的流程，提高了首饰制造的效率。除了3D打印蜡的材质，还有一种方法是3D打印树脂的材质，用树脂代替蜡来完成熔模铸造。

3D打印蜡：SolidScape的MAX系列, 3D Systems的ProJet系列 ...

3D打印树脂：EnvisionTec的DLP和cDLM技术系列, DWS的XFab系列, Formlabs系列以及Asiga、Miicraft、Titan 1、M-One、三纬国际、珠海西通等...

## 3D打印技术在首饰制造中的间接应用



## 34 树脂 | 光固化技术 | 从原型到生产

UnionTech-联泰科技目前拥有国内立体光固化(SLA)3D打印技术最大份额的工业领域客户群，国内市场占有率超过60%，产业规模位居国内同行业前列，在国内3D打印技术领域具有广泛的行业影响力和品牌知名度。

UnionTech-联泰科技的产品被广泛应用于模具铸造、工业验证、模型设计、手板制造、鞋业、口腔牙科、艺术创意、医疗、汽车、电子以及教育科研等多个应用及行业领域，遍布工业制造和消费品生产多个方向。

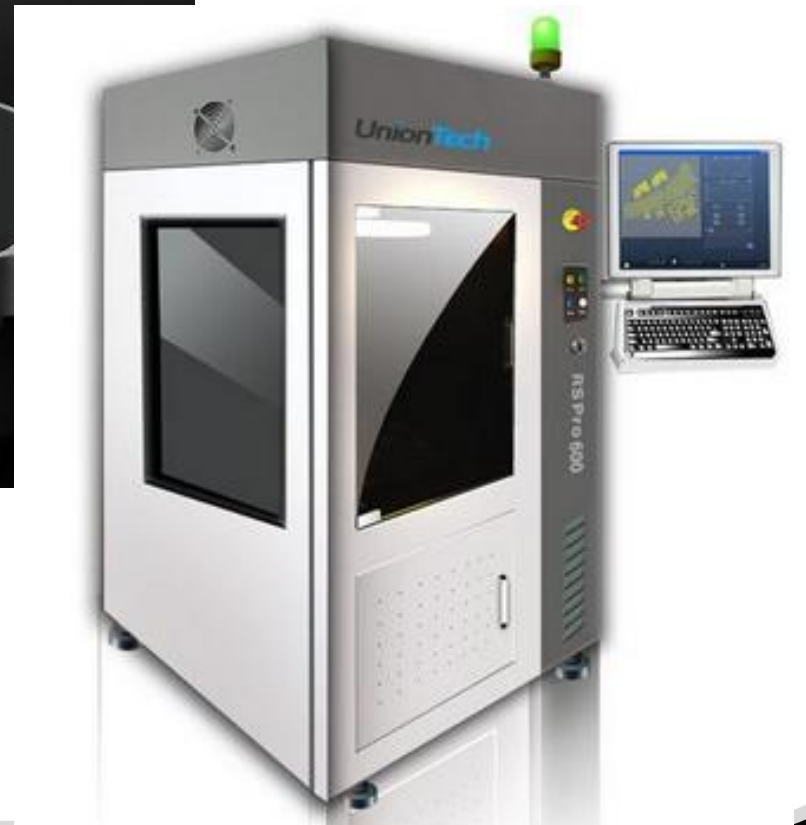


Image Courtesy: UnionTech (联泰科技)

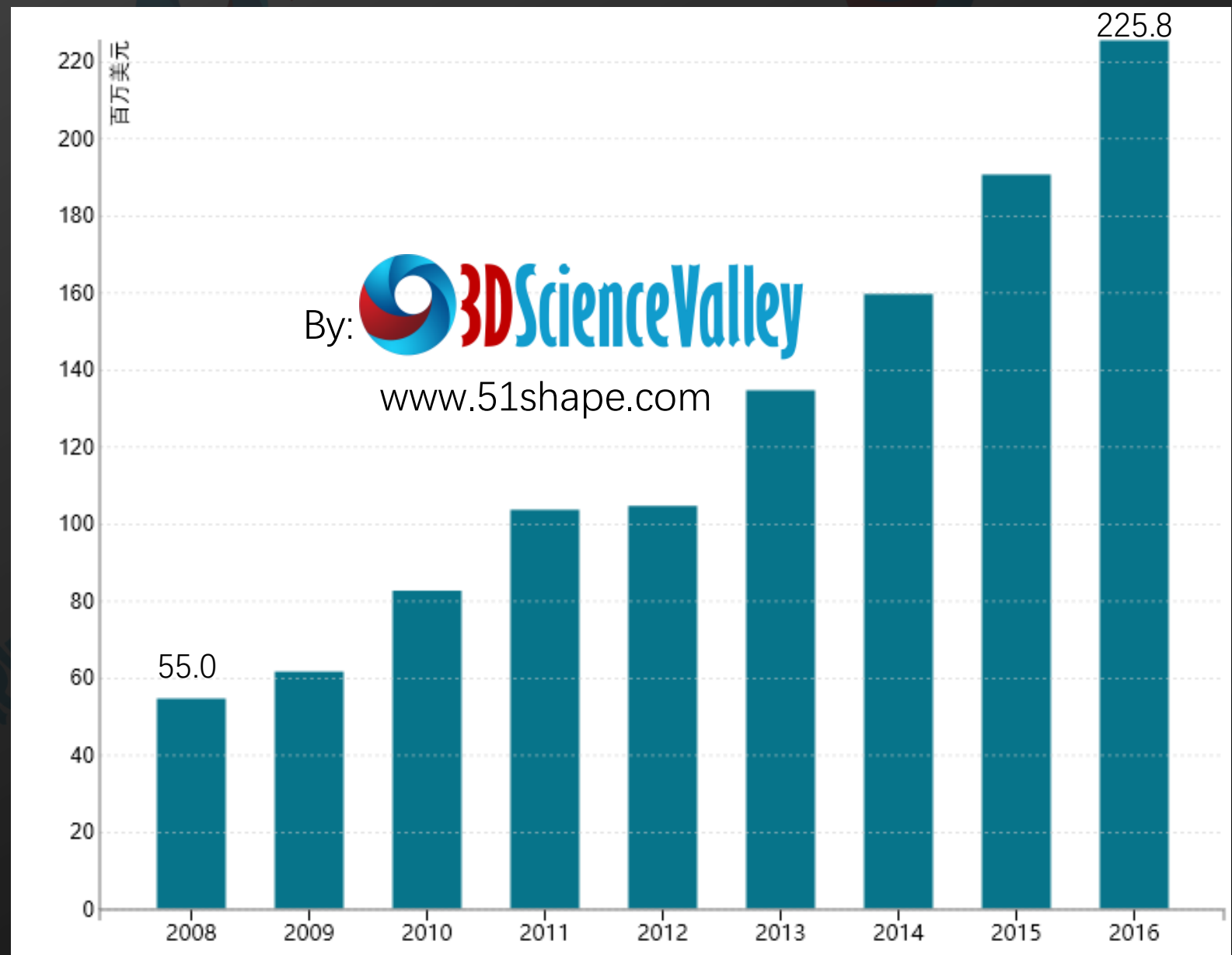


35 热熔塑料 | 激光烧结技术



EOS公司是选择性激光（SLS）技术的领导厂商，从早期的塑料3D打印应用发展到90年代初期跨入到金属粉末3D打印的应用，把整个应用领域拓展得更加宽阔。EOS公司的主要的战略行业，包括航空航天、医疗、汽车、模具、工业自动化以及其它消费性产品，面向每一个不同的战略行业都有它相应的应用，不管是塑料方面或金属方面，EOS提供的主要是以技术应用为导向，从每一个行业找到能够发挥这个技术特点的应用。

激光烧结材料历年销量（百万美金）



## 36 热熔塑料 | 激光烧结尼龙复合材料

以意大利的CRP Technology为代表的材料则为SLS激光烧结技术产生了需要卓越的机械和美学特性的全球产品，而且他们的塑料产品可以被CNC机床进行加工。通过将碳纤维与聚酰胺材料复合烧结在一起，或者是将玻璃纤维与聚酰胺材料复合烧结在一起，CRP Technology获得了高强度的塑料行嗯那个。CRP Technology的经典应用是在无人机上，Flying-Cam 3.0 SARAH是一款电动垂直起降（VTOL）的无人机系统，具有25公斤牵引力，在5公斤有效载荷情况下可持续飞行30分钟。



Image Courtesy: CRP Technology

## 37 热熔塑料 | 激光烧结 | PA尼龙 | 汽车领域

法国标致汽车曾推出一款名为Fractal的纯电动概念车，特点是通过3D打印技术制造了这款车的消声内饰。这款3D打印内饰是由Materialise公司设计和打印的。3D打印内饰占到了Fractal 电动车内饰总表面积的82%。它的表面具有凹凸不平的结构，结构是中空的。这些结构不但可以减少声波和噪声水平，而且令使声波从一个表面反射到另一个表面，从而实现对声音环境的调整。这么复杂的造型通过传统的模具注塑的方式是难以实现的，但这巧巧是3D打印技术的优势所在。

Materialise的设计团队通过一系列复杂的算法设计出3D数字模型，然后对模型进行切片处理，最后使用选择性激光烧结（SLS）3D打印机对白色尼龙粉末进行烧结。在后处理阶段，Materialise对打印件进行了植绒处理，让内饰富有柔软触感和更强的环境耐受力。



Image Courtesy: 标志汽车

38 热熔塑料 | PA尼龙 | 鞋

目前市场上制造TPU制品的3D打印技术主要集中在SLS, FDM这两类技术领域.高分子材料提供商在围绕着聚氨酯 (polyurethane) 进行积极的研究与布局。其中包括Carbon的弹性体聚氨酯材料(EPU), 柔性聚氨酯(FPU),刚性聚氨酯(RPU)。Carbon与阿迪达斯合作的Futurecraft 4D正是通过Carbon的弹性体聚氨酯材料EPU 40材料的耐用性和弹性反应使得运动品更加贴合舒适度。

通过惠普的MJF技术以及HSS高速激光烧结技术加工的尼龙材料成为与聚氨酯材料竞争的另一应用到鞋制造行业的派系。

鞋木模

鞋垫、鞋中底...

鞋底、鞋面...

鞋中底  
打印技术：SLS, HSS, 惠普Multi-Jet Fusion

鞋底  
打印技术：3D Drawing

**3D打印在鞋制造领域的应用**

www.51shape.com

Image courtesy: Under Armour

Image courtesy: Reebok

鞋中底  
打印技术：CLIP

鞋  
打印技术：SLS、FDM混合打印等

鞋底  
打印技术：SLS

Image courtesy: Addidas

Image courtesy: SOLS

Image courtesy: Nike

## 39 热熔塑料 | TPU | 鞋

不管是通过激光烧结技术加工的TPU材料，还是通过液态树脂固化技术加工的EPU材料，或者是通过惠普的MJF技术以及HSS高速激光烧结技术加工的尼龙材料。耐磨、弹性、抗冲击成为3D打印技术与3D打印材料进入鞋类制造领域的关键考核因素。

而从打印材料来看，Lehmann&Voss&Co，科思创（属于拜尔）在这个领域已经形成了一个广泛的3D打印材料投资组合。专注于高性能聚合物，包括热塑性聚氨酯（TPU）、聚氨酯（PU），和聚碳酸酯，科思创生产用于激光烧结技术的TPU粉末。此外，3D打印软件及打印材料服务厂商 Materialise也提供TPU粉末。

耐克正在使用Prodways的SLS选择性激光烧结技术来进行鞋类的开发。并且，这项技术不仅仅用于鞋中底的开发，这项技术可以用来生产鞋的外底、中底和鞋垫，可以与传统的制造工艺相竞争，其优势在于这些3D打印的鞋类可以具有“更高性能、复杂的纹理，以及独特的定制设计性能。



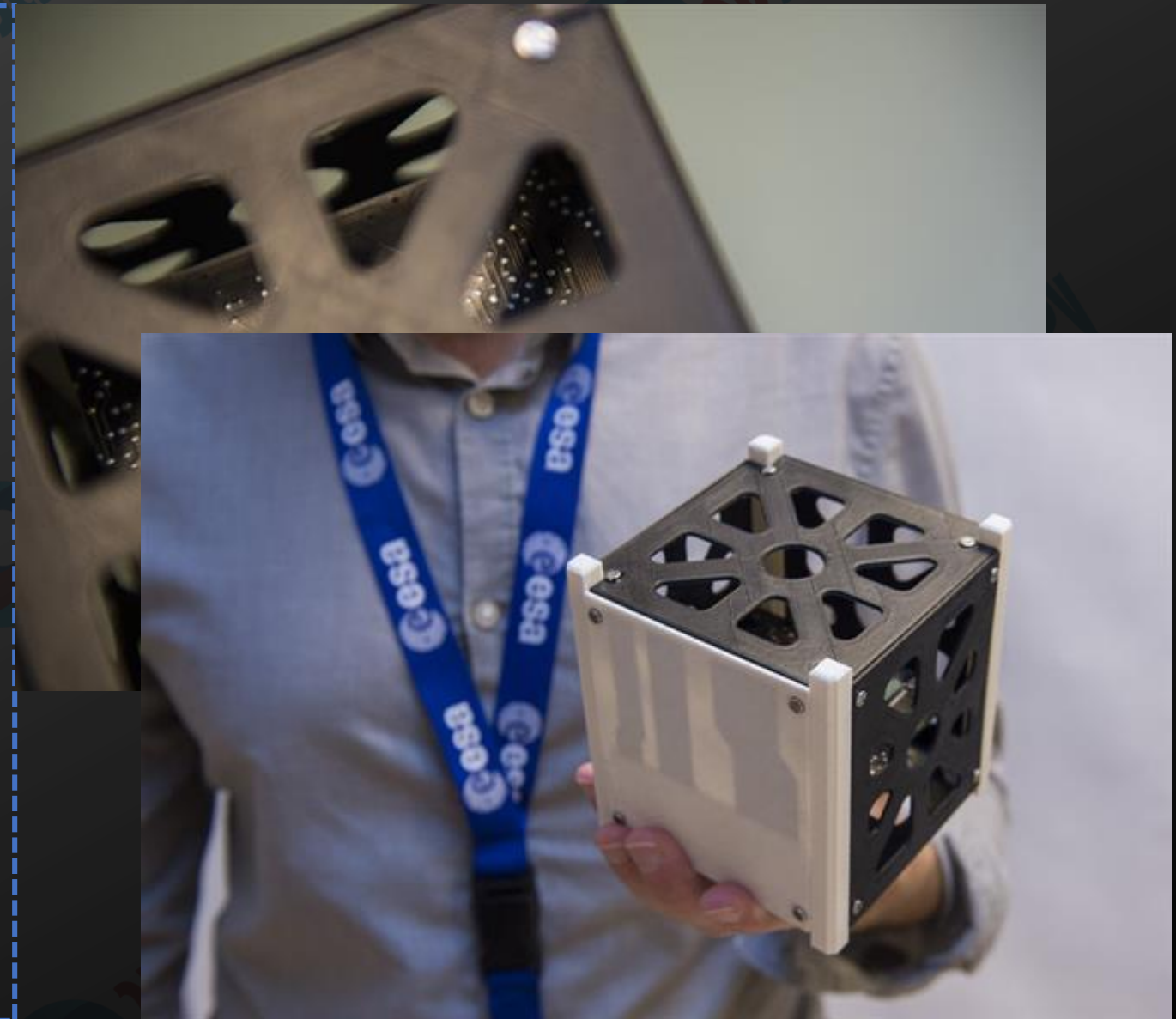
Image Courtesy: Prodways

## 40 热熔塑料 | PEEK | 卫星

PEEK是一种热塑性塑料，在强度、稳定性和耐温性方面具有非常好的固有性能，熔点在370°C左右。PEEK非常强大，可以替代某些金属部件。

2017年，欧洲航天局（ESA）已经推出了一项新的3D打印CubeSat立体小卫星项目，材质为PEEK塑料。随着第一次测试运行正式进行，欧空局旨在使这些3D打印的微型卫星投入商业应用，并配有内部电气线路。而仪器、电路板和太阳能电池板只需要插入即可。

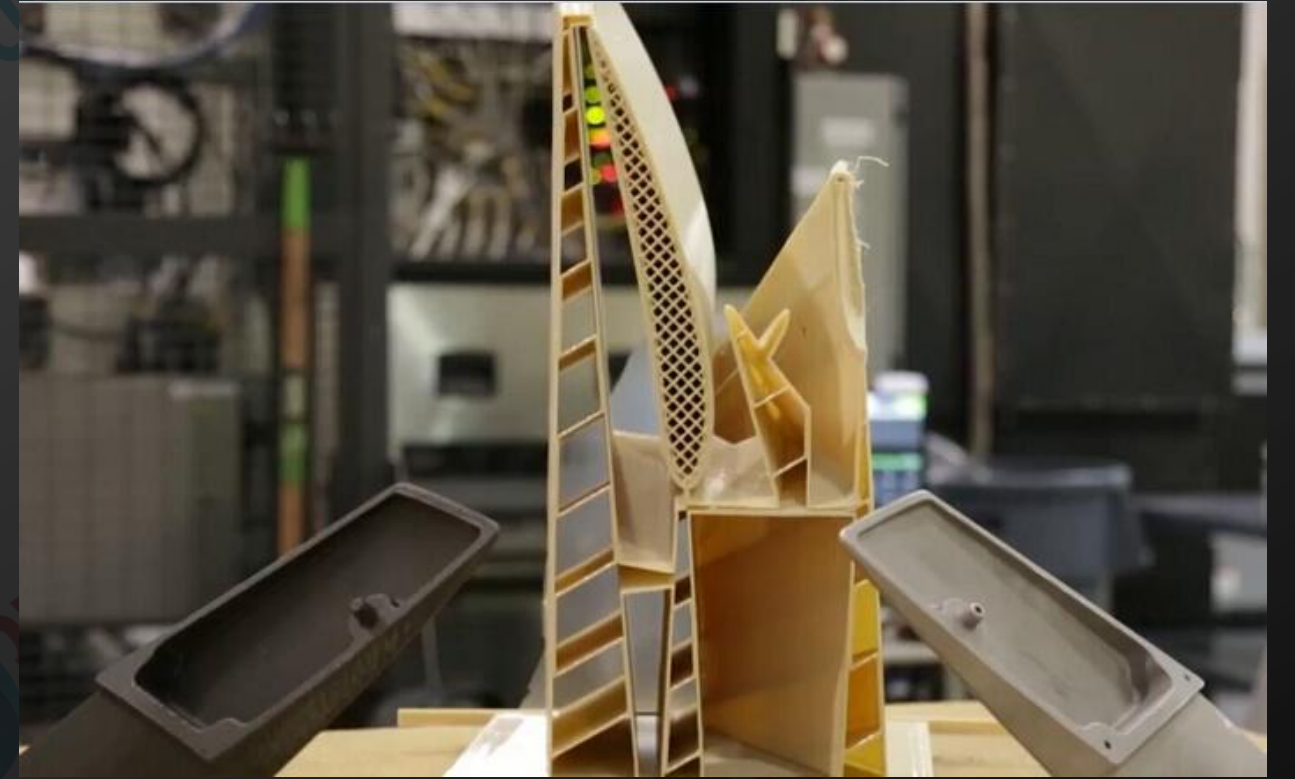
在航天领域，牛津性能材料（OPM）已被选定为波音CST-100火箭飞船提供3D打印的结构件，OPM已经开始出货OXFAB材料打印的零部件。CST-100火箭飞船被设计为可运输多达七名乘客，或混合船员和货物，在低地球轨道运行—这个火箭飞船隶属于NASA的商业乘员计划合作项目。



## 41 复合塑料 | 塑料零件的无模制造

Infintely build 3D打印系统是Stratasys推出的大尺寸塑料零部件3D打印设备，打印的零件高度达0.76米（30英寸），宽度达1米（40英寸），Infinite-Build系统能自动检测出材料的剩余量，材料耗尽之后由机械臂自动更换材料罐，从而实现不间断的无人操作。

在福特的研究与创新中心中，Infinite-Build 3D打印设备被应用于制造原型、小批量部件和个性化的产品，以及生产大型的工装、夹具和大型汽车零部件。Infintely build 3D打印系统有望被引入福特“Ford Performance”生产线，用于生产定制化的汽车零件，例如汽车扰流器等大型整体式零件，3D打印的扰流器与传统扰流器相比将大幅降低重量。随着Infinite-Build 3D打印系统的成熟，福特将利用它开发更多的汽车零部件，进一步挖掘该设备在制造汽车轻量化和个性化零件领域的潜力。



## 42 复合塑料 | CBAM技术 | 高强度材料

与目前只能打印各种单一热塑性塑料的常见3D打印机相比，Impossible Objects能够将强度更高的材料用于3D打印塑料的力学性能增强用途，包括碳纤维、芳纶（Kevlar）和玻璃纤维等材料对塑料材料的增强。打印完成后的零部件要比那些使用传统热塑性材料3D打印出来的部件强度高2倍—10倍。由于其独特的复合材料构成，用户也可以通过定制以用于各种应用，包括热和化学腐蚀等环境。

Impossible Objects 的PEEK碳纤维复合 3D打印零部件，比铝质零部件（6061-T6）轻50%，强度相当于铝质零部件的三分之二。此外，PEEK 碳纤维复合零部件可以回收利用。

Impossible Objects 公司已在PEEK 碳纤维复合材料骨科植入物领域进行了探索。通过复合碳纤维增强了PEEK 的力学性能，有望成为骨科植入物制造的新材料

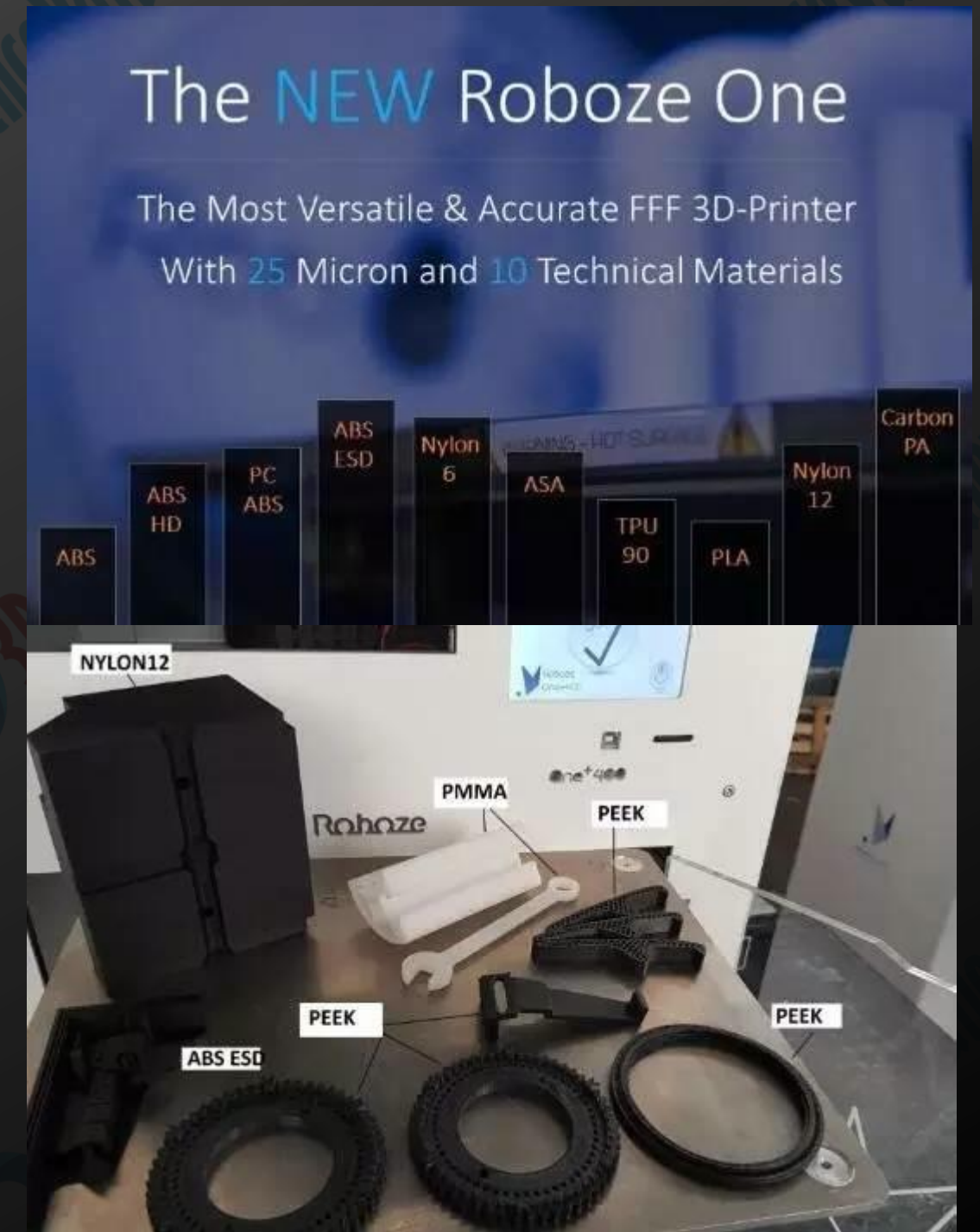




## 43 PEEK塑料 | 桌面级打印设备 | 高强度材料

PEEK和ULTEM这两种材料在工程和医学方面的应用前景非常好。PEEK以其优秀的机械性能和抗化学性能被广泛应用于航空航天、汽车和化学加工工业，同时它也被认为是可用于制造医疗植入物，包括脊柱融合装置的先进生物材料。

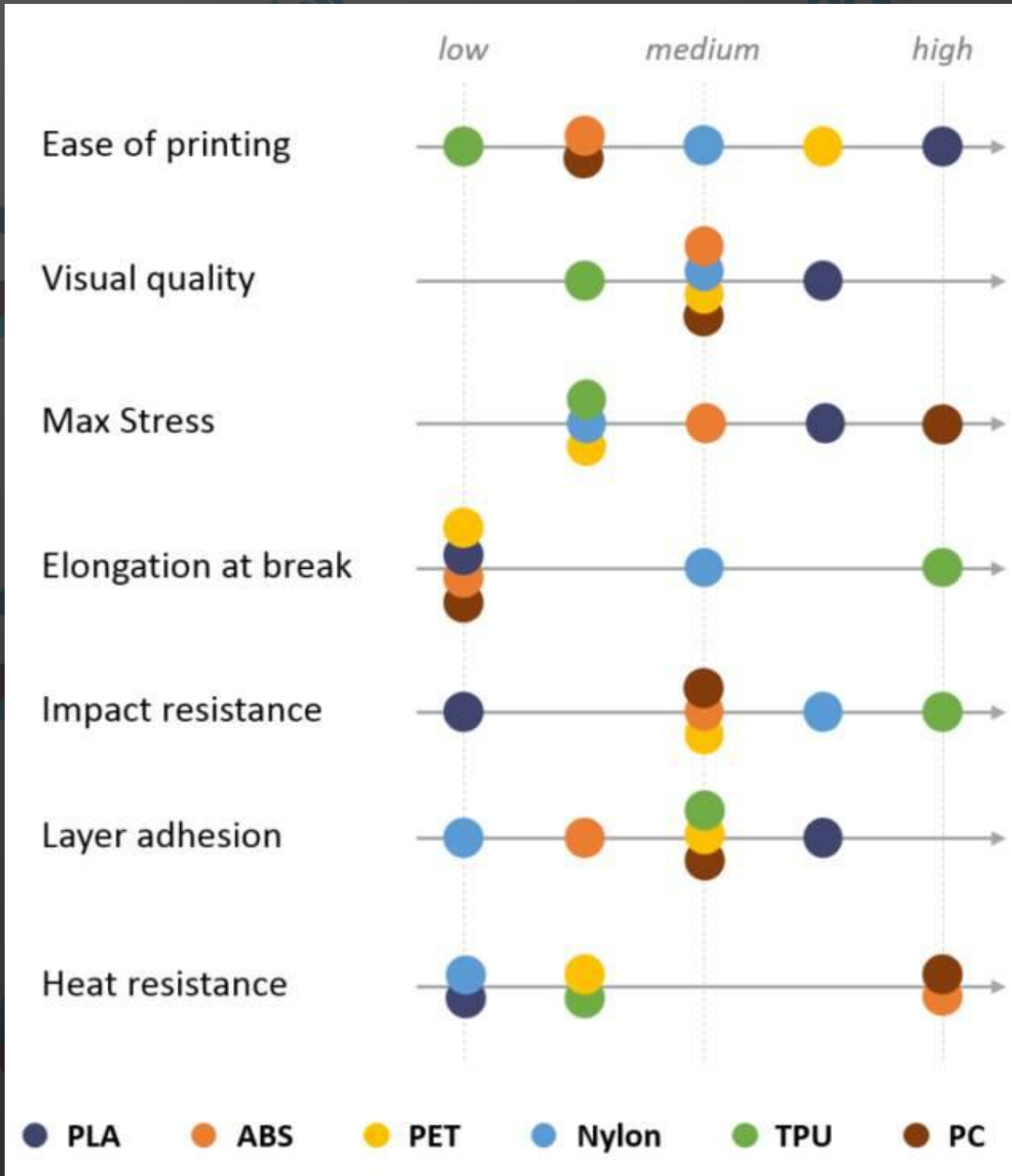
意大利Roboze在2015年宣布推出的Roboze One+400，以400°C的挤出温度刷新业界视线，One+400最大的特点是能够支持高性能热聚合物，比如包括聚碳酸酯(PC) PC/ABS、PMMA、polyethelyn、PEEK和ULTEM材料等等。这些材料能够提供优异的机械性能，主要用于工程和医学方面的应用，这款设备包括一种特殊的冷却系统，能够稳定材料表现，避免高温挤出下容易产生翘曲问题。



# 应用特点

## 塑料的FDM 3D打印性能

## 44 FDM | 材料打印的特性



**易打印性：**指的是材料在打印过程中是否容易与基板粘结，是否利于快速打印，是否容易出错，流量的准确性以及进料是否顺畅等等。

**视觉质量：**指的是打印完成的产品看上去如何，是否是赏心悦目的。

**拉伸强度：**指的是当缓慢拉伸产品的时候，在断裂前最大的承受力。

**断裂伸长率：**拉伸的时候断裂前达到的最大长度。

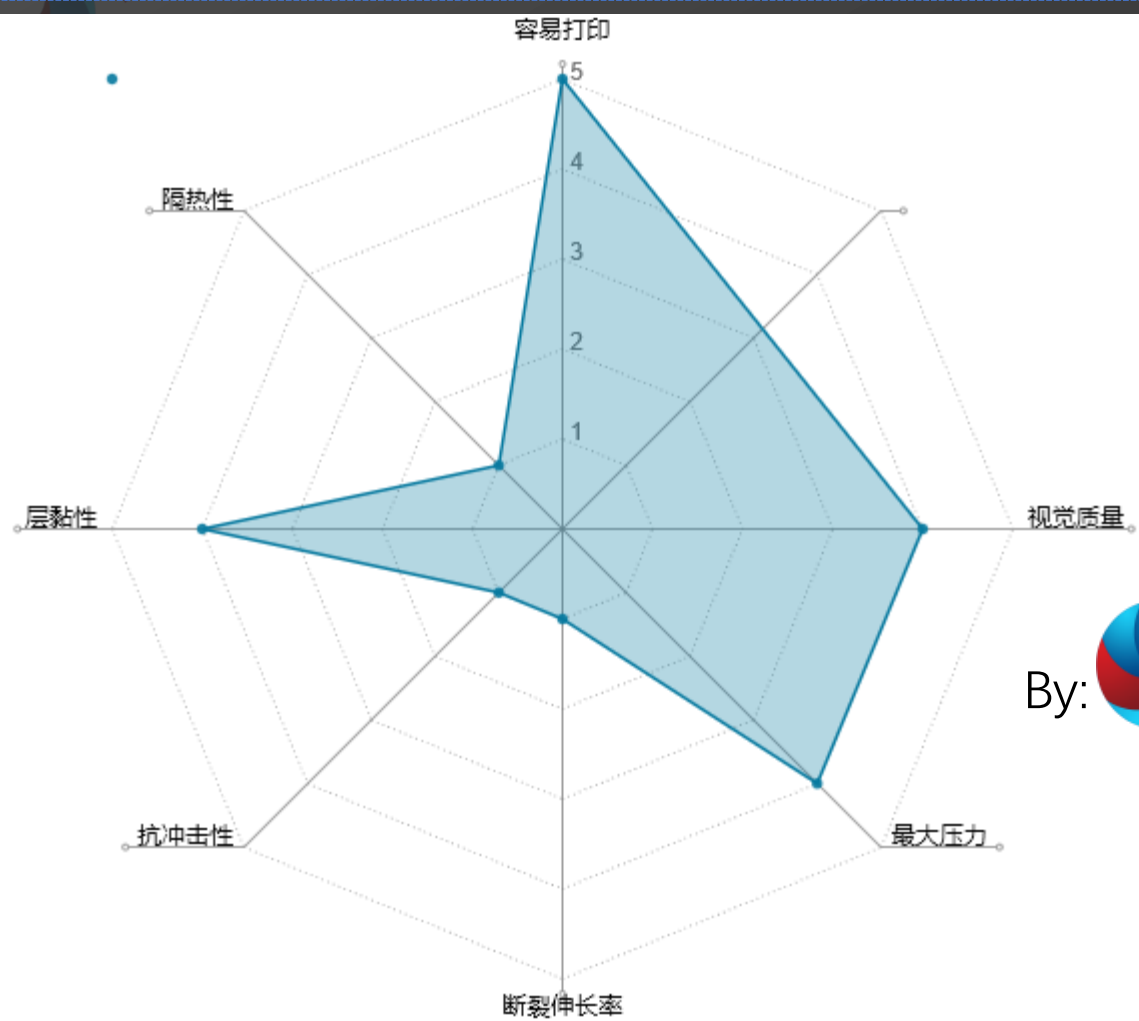
**层粘连（各向同性）：**层与层之间的粘连度越好，最终产品所具有的各向同性越强。

**耐热性：**指的是材料在变软和变形之前达到的最高温度。

## 45 FDM I 材料打印的特性

PLA是非常容易打印的，其层粘性也很不错，但是其拉伸强度、断裂伸长率、耐热性都一般。

ABS的耐热性不错，但打印性能以及断裂伸长率都一般。

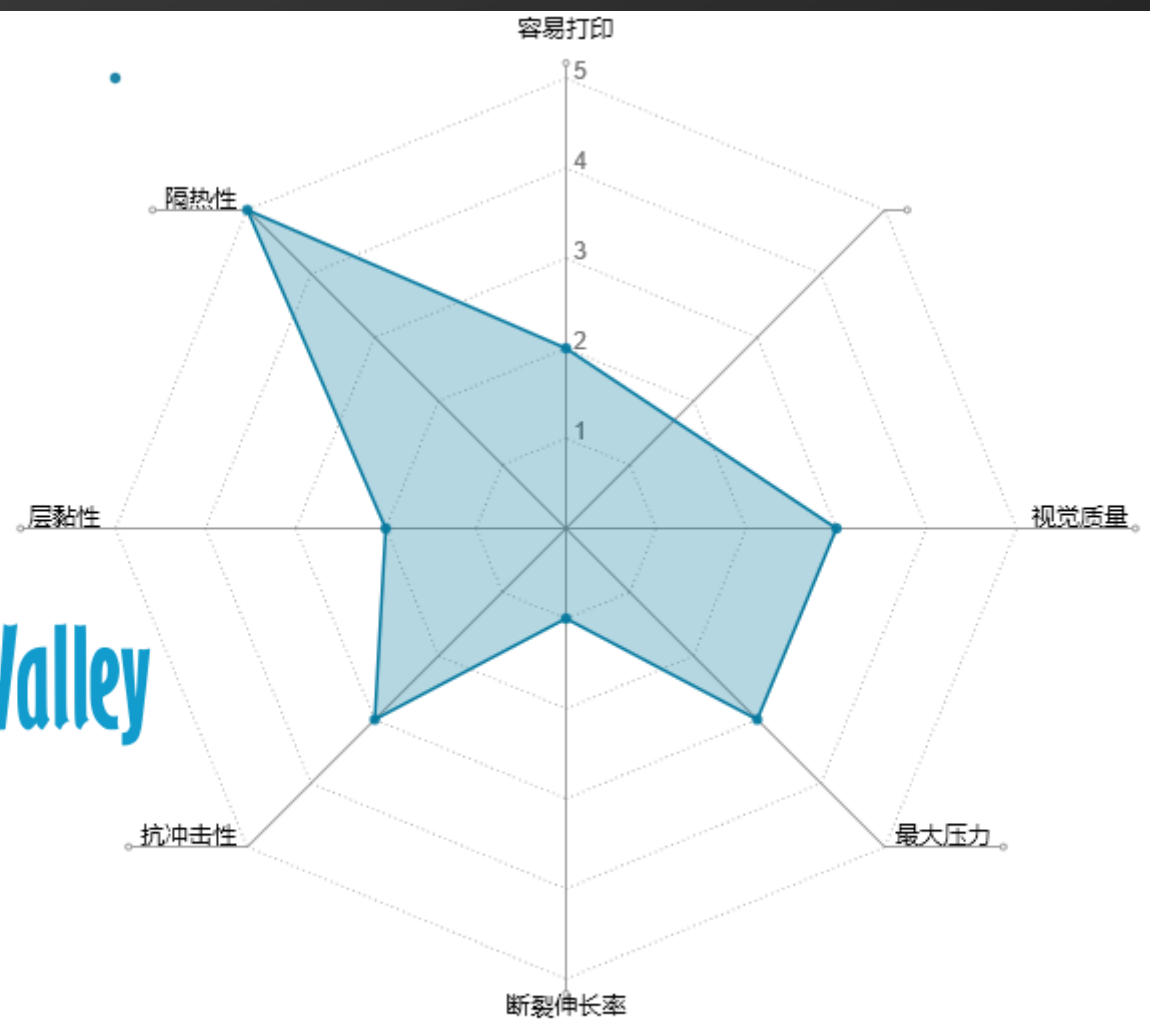


PLA用于熔融挤出3D打印技术的打印性能

■ PLA

By: 3DScienceValley

www.51shape.com

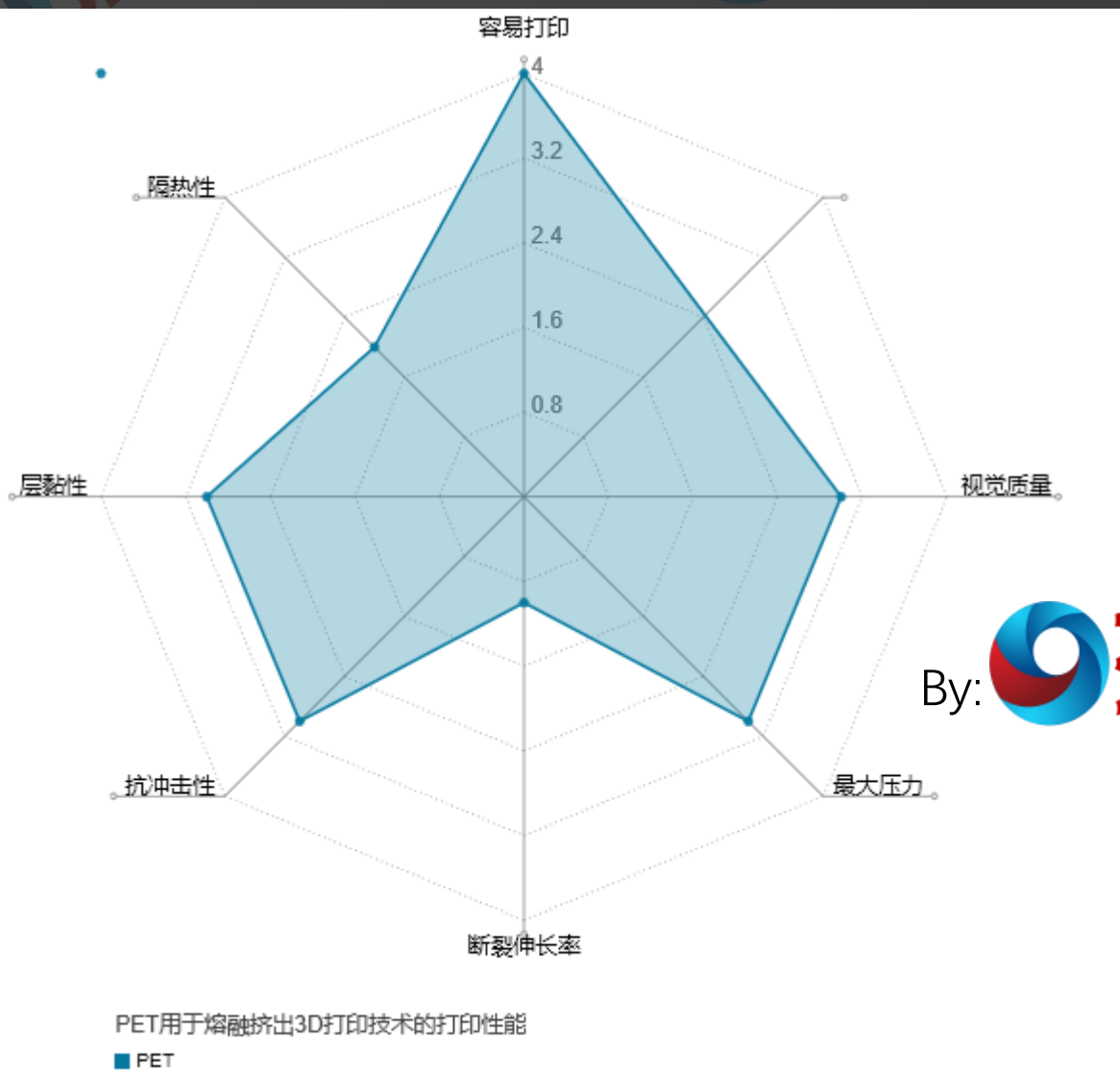


ABS用于熔融挤出3D打印技术的打印性能

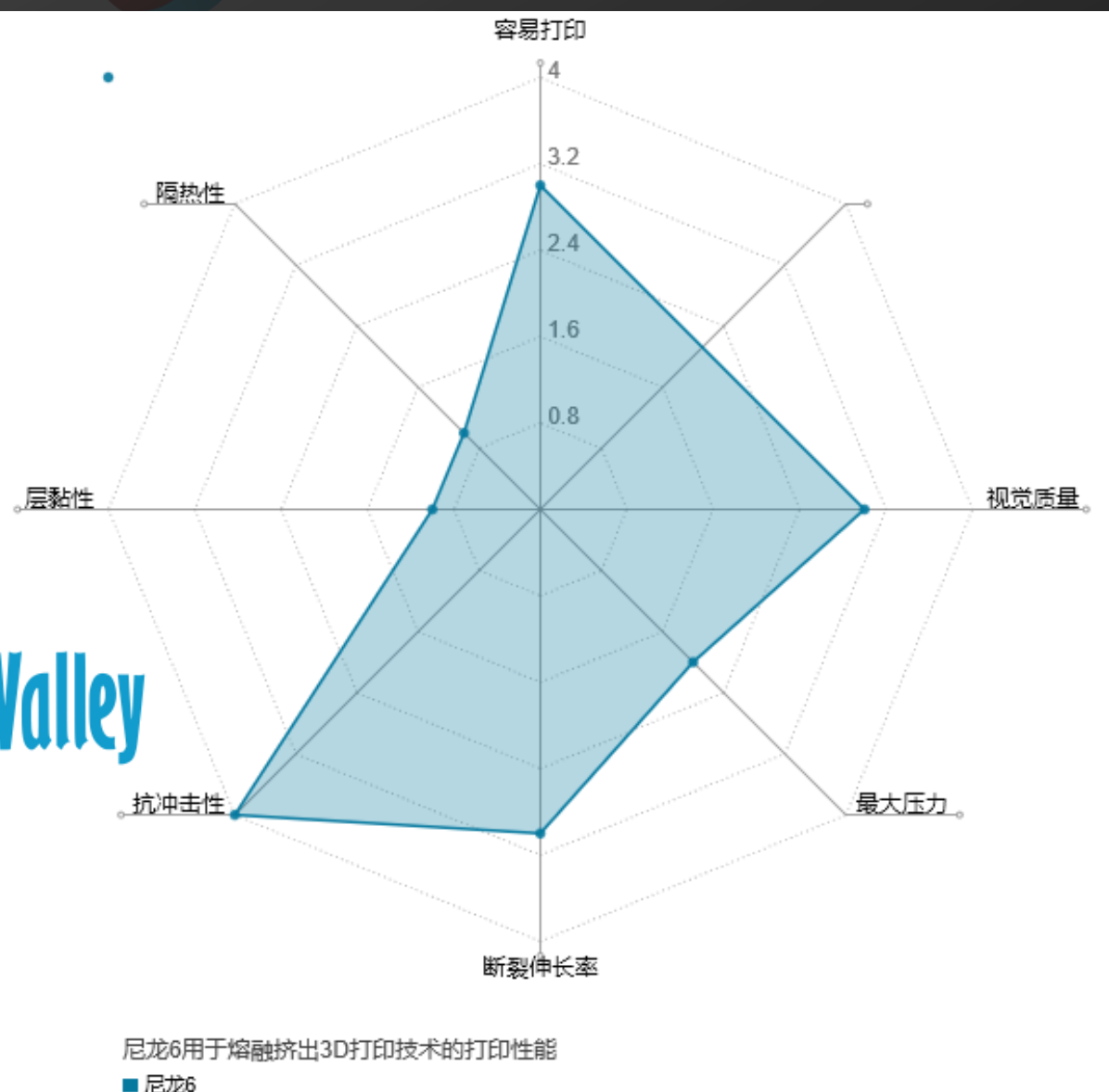
■ ABS

## 46 FDM I 材料打印的特性

PET的打印性能也不错，但耐热性以及断裂伸长率都一般。



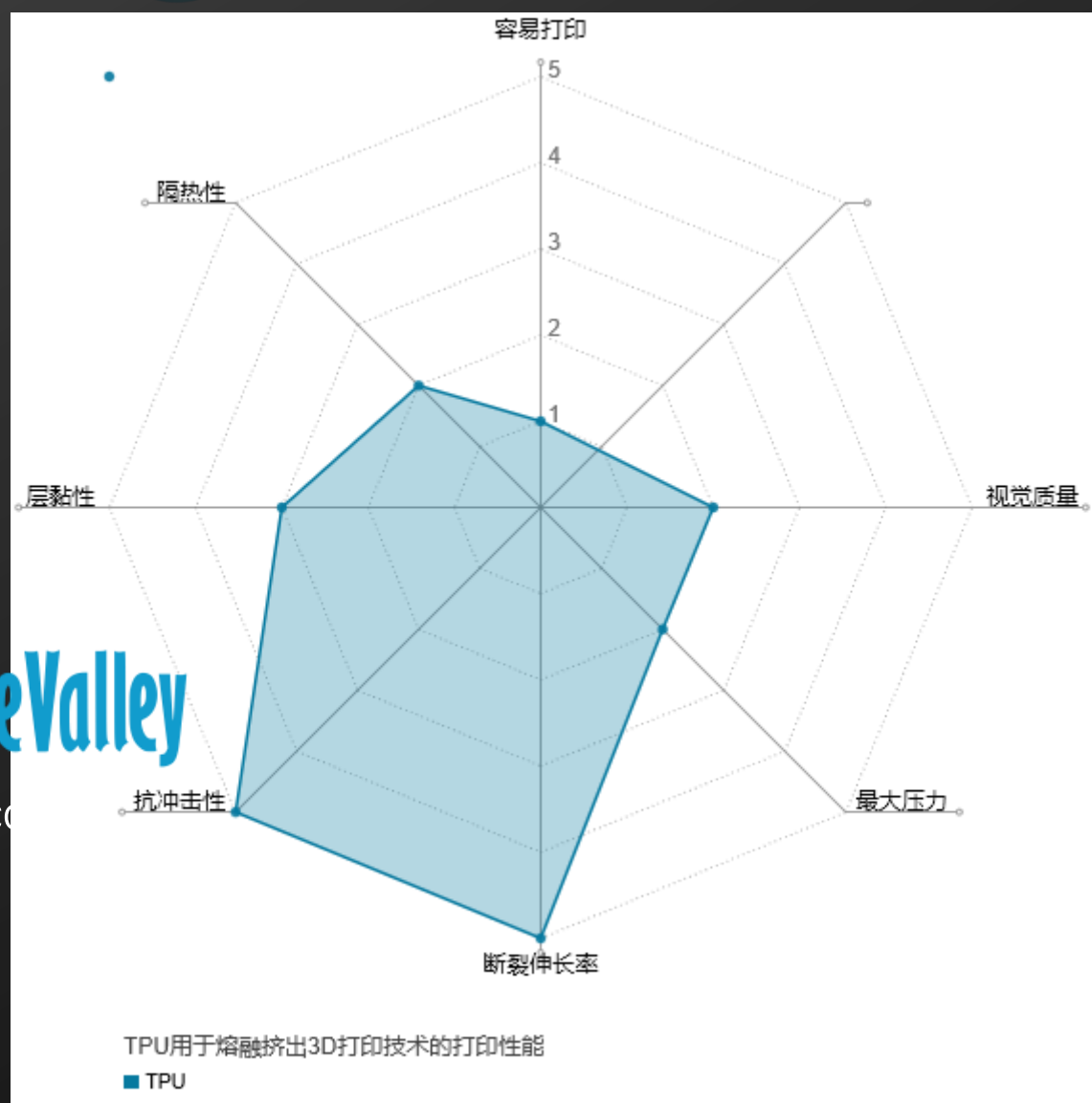
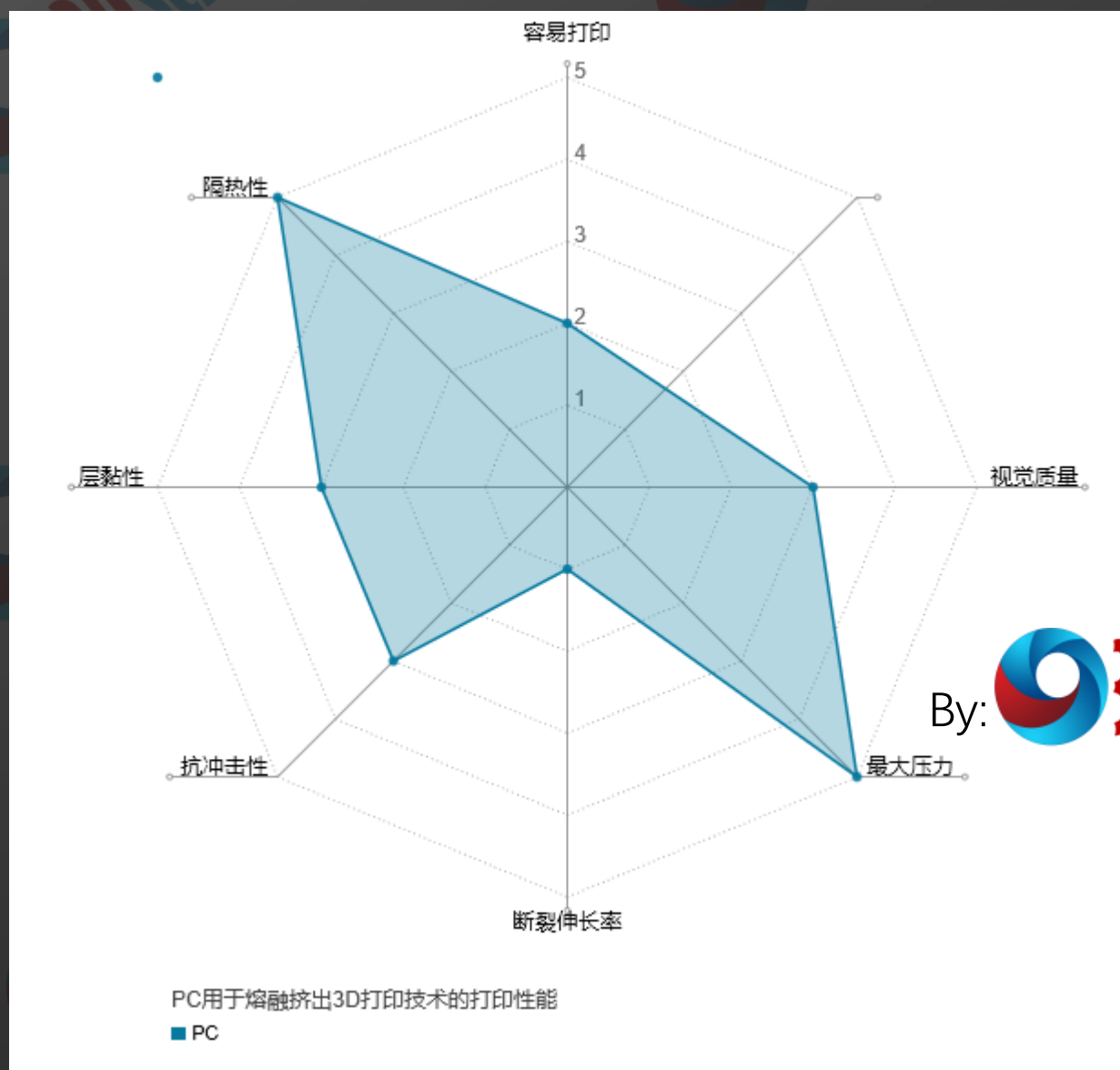
Nylon 6 的拉伸强度不错，但耐热性一般。



## 47 FDM I 材料打印的特性

PC的耐热性不错，但断裂伸长率一般。

TPU的抗拉强度及断裂伸长率不错，但并不容易打印。



# 设备一览

## 48 3D打印设备一览

国家	品牌	主要技术
中国	铂力特	粉末床熔化-PBF,直接能量沉积-DED
中国	隆源	粉末床熔化-PBF,直接能量沉积-DED
中国	永年激光	粉末床熔化-PBF,直接能量沉积-DED
中国	易加三维	光固化工艺- VAT Photopolymerization, 粉末床熔化-PBF
中国	华曙高科	粉末床熔化-PBF, 选择性激光烧结-SLS
中国	恒通	光固化工艺- VAT Photopolymerization, 粉末床熔化-PBF
中国	华科三维	光固化工艺- VAT Photopolymerization, 粉末床熔化-PBF, 选择性激光烧结-SLS
中国	联泰科技	光固化工艺- VAT Photopolymerization
中国	太尔时代	材料挤出工艺- Material extrusion
中国	盈普光电	选择性激光烧结-SLS
中国	武汉滨湖	光固化工艺- VAT Photopolymerization, 粉末床熔化-PBF, 选择性激光烧结-SLS, LOM层压技术
中国	中瑞科技	光固化工艺- VAT Photopolymerization, 粉末床熔化-PBF、选择性激光烧结-SLS
中国	先临三维	材料挤出工艺- Material extrusion, 生物打印
中国	闪铸科技	材料挤出工艺- Material extrusion
中国	武汉天昱	直接能量沉积-DED
中国	恒利	粘结剂喷射-binder jetting, 粉末床熔化-PBF, 选择性激光烧结-SLS
中国	珠海西通	光固化工艺- VAT Photopolymerization, 粉末床熔化-PBF
中国	智熔系统	粉末床熔化-PBF, 直接能量沉积-DED
中国	中科煜宸	粉末床熔化-PBF, 直接能量沉积-DED
中国	鑫精合	粉末床熔化-PBF, 直接能量沉积-DED
中国	汉邦科技	粉末床熔化-PBF
中国	广东信达雅	粉末床熔化-PBF
中国	大族激光	光固化工艺- VAT Photopolymerization, 粉末床熔化-PBF, 粘结剂喷射-binder jetting



## 49 3D打印设备一览

国家	品牌	主要技术
日本	Aspect	粉末床熔化-PBF
日本	CMET	光固化工艺- VAT Photopolymerization
日本	D-MEC	光固化工艺- VAT Photopolymerization
日本	Matsuura	粉末床熔化-PBF+铣削
日本	Ricoh	粉末床熔化-PBF
日本	Sodick	粉末床熔化-PBF+铣削
韩国	Carima	光固化工艺- VAT Photopolymerization
韩国	Rokit	材料挤出工艺- Material extrusion
韩国	Sentrol	粉末床熔化-PBF, 粘结剂喷射-binder jetting
德国	Arburg	材料挤出工艺- Material extrusion
德国	Concept Laser	粉末床熔化-PBF
德国	Envisiontec	光固化工艺- VAT Photopolymerization, 材料挤出工艺- Material extrusion, LOM层压技术
德国	EOS-易欧司	粉末床熔化-PBF, 选择性激光烧结-SLS (DMLS)
德国	Geman RepRap	材料挤出工艺- Material extrusion
德国	Apium(Indmatec)	材料挤出工艺- Material extrusion
德国	Nanoscribe	光固化工艺- VAT Photopolymerization
德国	OR Laser	粉末床熔化-PBF
德国	Rapid Shape	光固化工艺- VAT Photopolymerization
德国	Realizer	粉末床熔化-PBF
德国	DMGMORI-德马吉森精机	粉末床熔化-PBF
德国	SLM Solutions	粉末床熔化-PBF
德国	Trumpf-通快	粉末床熔化-PBF, 直接能量沉积- DED
德国	Voxeljet	粘结剂喷射-binder jetting, 高速激光烧结-HSS

**3D打印设备一览**

国家	品牌	主要技术
美国	3D Systems	光固化工艺- VAT Photopolymerization, 材料喷射-Material Jetting, 粉末床熔化-PBF, 粘结剂喷射-binder jetting
美国	Carbon	光固化工艺- VAT Photopolymerization
美国	Desktop Metal	材料挤出工艺- Material extrusion, 粘结剂喷射-binder jetting
美国	Exone	粘结剂喷射-binder jetting
美国	Fabrisonic	层压- Sheet Lamination
美国	Fromlabs	光固化工艺- VAT Photopolymerization
美国	HP-惠普	MJF-多射流融化
美国	Markforged	材料挤出工艺- Material extrusion
美国	Optomec	直接能量沉积- DED, 材料喷射-Material Jetting
美国	Viridis 3D	粘结剂喷射-binder jetting
美国	Voxel 8	直接书写-DW
美国	GE	粉末床熔化-PBF
以色列	Massivit	材料挤出工艺- Material extrusion
以色列	Stratasys	材料挤出工艺-Material extrusion, 材料喷射-Material Jetting
以色列	SolidScape	材料喷射-Material Jetting
以色列	Nano Dimension	材料喷射-Material Jetting
意大利	DWS	光固化工艺- VAT Photopolymerization
意大利	Sharebot	材料挤出工艺- Material extrusion, 光固化工艺- VAT Photopolymerization, 粉末床熔化-PBF
意大利	Sisma	粉末床熔化-PBF, 直接能量沉积- DED

## 51 3D打印设备一览

国家	品牌	主要技术
法国	3DCeram	光固化工艺- VAT Photopolymerization
法国	BeAM	直接能量沉积- DED
法国	Prodways	光固化工艺- VAT Photopolymerization, 粉末床熔化-PBF
荷兰	Additive Industries	直接能量沉积- DED
荷兰	Admatec	材料挤出工艺- Material extrusion
荷兰	Luxexcel	材料挤出工艺- Material extrusion
英国	Renishaw-雷尼绍	粉末床熔化-PBF
澳大利亚	Asiga	光固化工艺- VAT Photopolymerization
奥地利	Lithoz	光固化工艺- VAT Photopolymerization
波兰	Sinterit	粉末床熔化-PBF
新加坡	Structo	光固化工艺- VAT Photopolymerization
瑞典	Arcam	粉末床熔化-PBF
瑞士	Sintratec	粉末床熔化-PBF
台湾	Microjet Technology	粘结剂喷射-binder jetting

更多内容，敬请关注3D科学谷微信公众号或参考3D科学谷出版物（京东、当当有售）



《3D打印与工业制造》  
京东售书链接



3D科学谷官方网站



3D科学谷微信公众号



3D科学谷三千人QQ群



3D科学谷系列白皮书



## 免责声明

- 本书中包含的数据、部分内容来源于网络或其他公开资料，版权归原作者所有。任何以盈利为目的使用，所产生的后果由使用者自己承担。
- 本书中所有引用的数据都已标明出处，如任何个人或单位认为内容存在侵权之处，请及时与我们联系，3D科学谷将及时给予处理。
- 3D科学谷力求内容的严谨性，但限于时间和人力因素，书中难免有不足之处，如存在失误、失实，敬请您不吝赐教、指正。我们热忱欢迎各界专业人士免费加入3D科学谷交流平台。
- 本书内容仅作交流学习之用，不构成任何投资建议，请读者仅供参考。