



而然科技  
创新折射未来

# 釉锆及其数字化口腔修复 新趋势

-让世界上每一个人都没有缺失牙

李廷凯

杭州而然科技有限公司  
浙江大学材料学院

PDX社区创业论坛  
[tingkai.li@errantech.com](mailto:tingkai.li@errantech.com)



而然科技  
创新折射未来

# 目录

01 智能制造的进程

02 铸造与全程数字化

03 CPS与协同式数字化

04 铸造病例研究

05 结论



而然科技  
创新折射未来

01

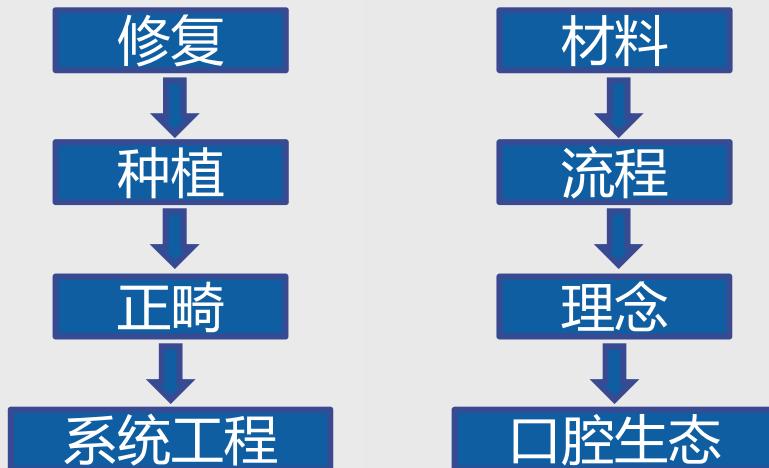
PART 01

# 第1部分 智能制造的进程



而然科技  
创新折射未来

# 我们的认知轨迹：视野与高度



会当凌绝顶，一览众山小

孔子登东山而小鲁，登泰山而小天下

如果要有宽广视野和绝顶的高度，就不能仅仅站在专业和行业的角度，而是要从全球产业化的发展，科技领域的高度来观察和考虑问题。



而然科技  
创新折射未来

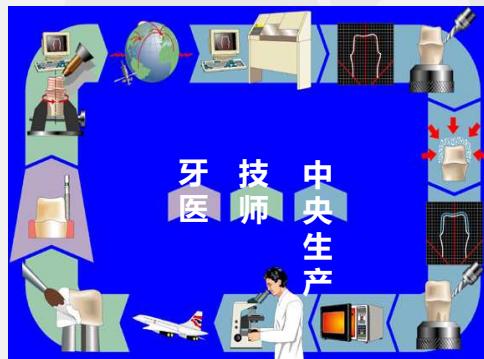
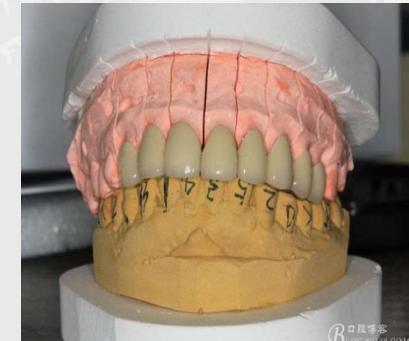
# 人类历史上的四次工业（科技）革命

四次工业革命



而然科技  
创新折射未来

# 中国口腔修复体制作现状: 工业1.0?



瑞典瓷基底冠(Procera)中央制造: 工业3.0



瑞士瓷基底冠(Cerec)椅旁制造: 工业3.0



中央生产系统 = 专业化生产, 产业链布局



而然科技  
创新折射未来

02

PART 02

## 第2部分 釉锆与全程数字化



而然科技  
创新折射未来

# 技术突破

## 材料创新

实现个性化多功能仿生全瓷一体修复

## 工艺创新

建立全程数字化精准智慧定制诊疗/产业链



## 体系创新

组建基于云平台，椅旁工程服务和智慧制造中心三元协同的牙科工业4.0信息物理系统(CPS)



而然科技  
创新折射未来

# 经典叠层结构：材料兼顾美学与力学性能

满足美学要求

Esthetics



满足强度要求

Strength



Biocompatible

满足生物相容  
和生物活性要求

Consistent fit

满足精度要求

金属冠 → 金属烤瓷冠  
陶瓷烤瓷冠 → 玻璃陶瓷冠 → 氧化锆陶瓷冠 → 釉锆全瓷冠



而然科技  
创新折射未来

Reprinted from *Nature*, 258(5537), 1975, pp. 703-4

[5.2]

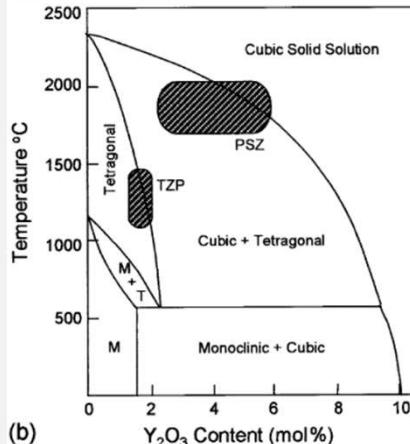
Ceramic Steel?  
R. C. Garvie, R. H. Hannink & R. T. Pascoe  
Division of Tribophysics, CSIRO, Melbourne 3001, Australia

创新始于1975年

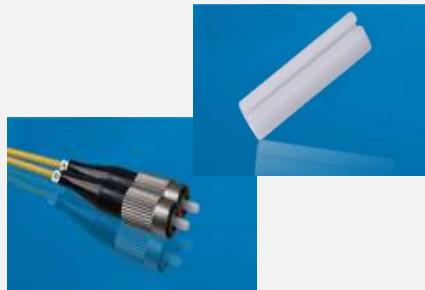
Zirconium dioxide (zirconia) has three allotropes: monoclinic, tetragonal and cubic. The transition between the first two involves a large volume expansion which prevents the refractory properties of pure zirconia being used in structural ceramics. The disruptive phase transformation can be suppressed by total stabilisation in the cubic form, but it is generally recognised that the most useful mechanical properties are obtained in multiphase material known as *metastable stabilized zirconia* (PSZ). *Garvie and Mischler's basic discussion*

TZP, (陶瓷钢?)

# 创新结果的发展难以预测



Ceramic engine



Ceramic sleeves in  
optical fiber connector



Ceramic prothesis



Ceramic bearing



Cosmetic  
ceramics

It is often not the original idea that turns out to be  
the end-product that customers demand.

# 75攻关氧化锆成果



T  
g

ght

—cohard

Cohen

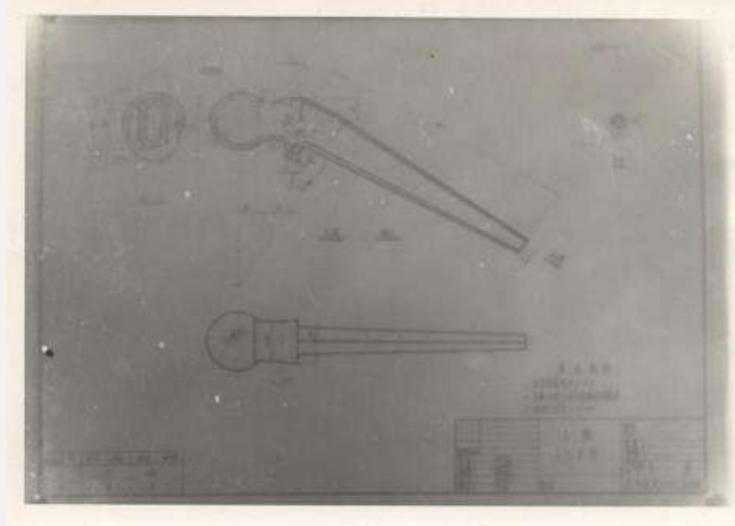


而然科技  
创新折射未来

# 陶瓷髋关节



Hip-joint prosthesis

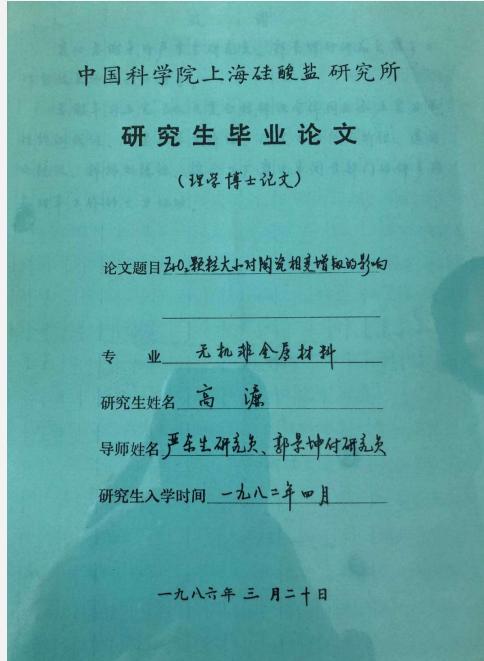


1982年，我的本科毕业论文为“纯刚玉金属复合型人工关节骨研究”，成功地研制了纯刚玉金属人工骨关节制品。并用于临床。此项目已于1983年获得了国家三等发明奖。在校其间曾发表学术论文三篇。

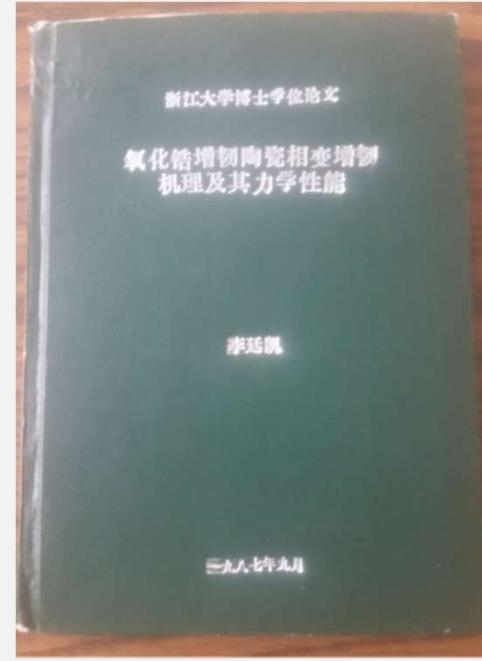


而然科技  
创新折射未来

# 氧化锆材料的研究



高濂：《 $ZrO_2$ 晶粒大小对陶瓷相变增韧的影响》，上海硅酸盐研究所，1986年3月，第一篇陶瓷理学博士论文



李廷凯：《氧化锆增韧陶瓷相变增韧机理及其力学性能》，浙江大学，1987年9月，第一篇陶瓷工学博士论文

李廷凯的博士論文“氧化锆增韧陶瓷相变增韧机理及其力学性能”。研发了高强度高韧性的氧化锆。并提出了新的相变增韧及增强机理。由中国科学院常务副院长严东生，清华大学校长张孝文等国内著名学者组成的答辩委员会，给予了高度的评价：“在理论和实践上都做出了有创造性的成果；在理论分析的基础上，作者研制的一类高韧高强ZTC陶瓷，其性能达到国际先进水平”。其论文至今仍然被广泛引用。



而然科技  
创新折射未来

# 材料创新

釉  
锆

1

完全的自  
主知识产  
权

2

表面光润  
保护天然  
牙

3

3D胶态成  
型：仿生天  
然牙梯度结  
构

4

智能制造：  
完全避免手  
工

“釉锆”，国际上首个、  
唯一一个实现完全数字  
化个性化全瓷一体多功  
能牙科修复体





而然科技  
创新折射未来

# 釉锆与传统氧化锆



X?



传统氧化锆



釉锆



釉锆义齿产品



釉锆：自带类天然牙釉质表面层的全解剖结构一体氧化锆瓷冠，不要额外手工饰瓷上釉就能实现仿生天然牙的美学质感。



# 模仿自然非易事



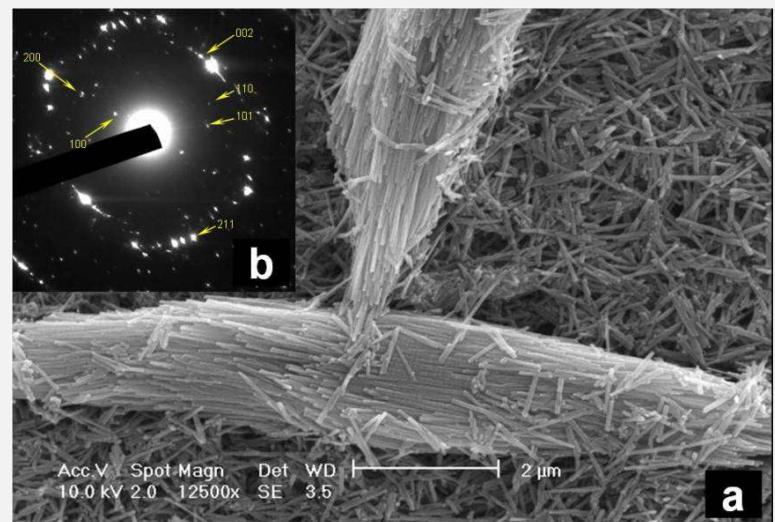
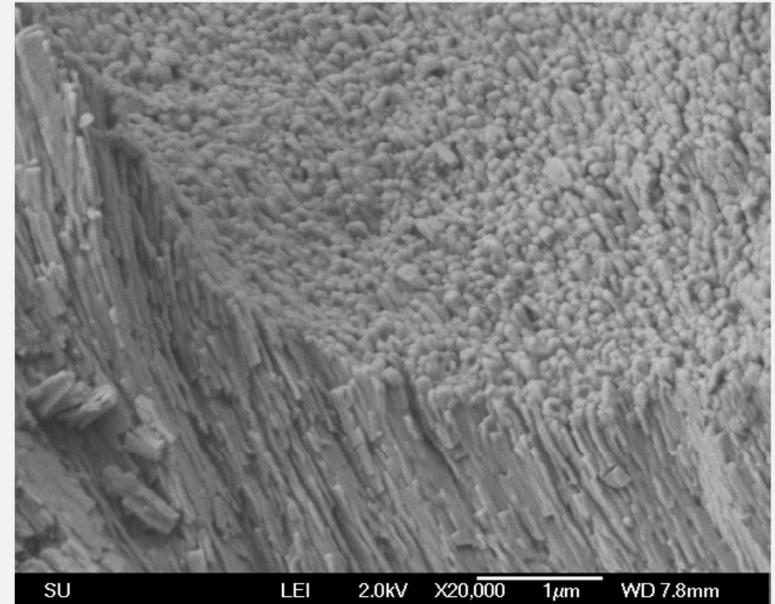
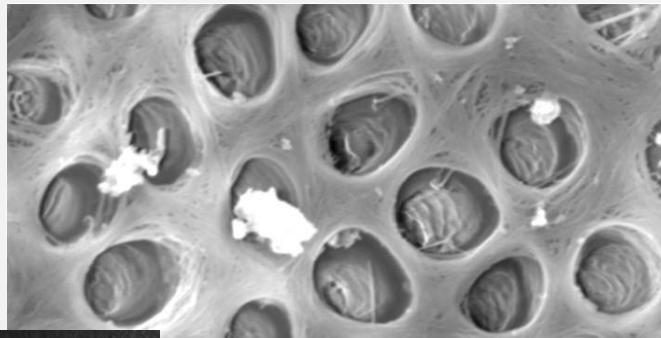
而然科技  
创新折射未来



荧光



乳光



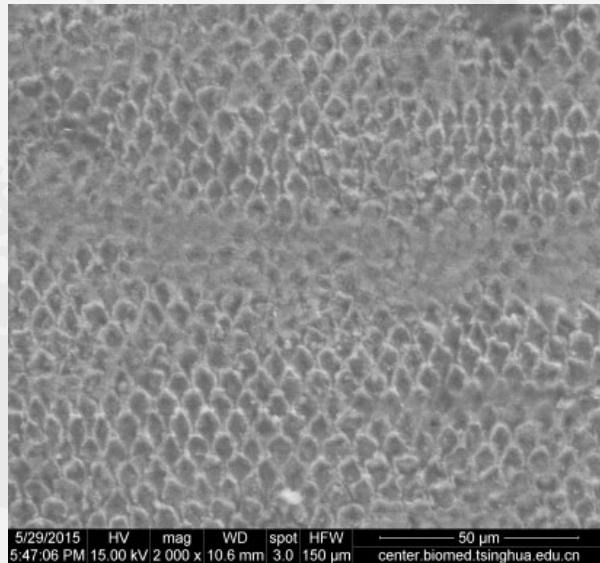
a

Acc-V. 10.0 kV Spot-Magn. 12500x Det. SE WD. 3.5 | 2 μm

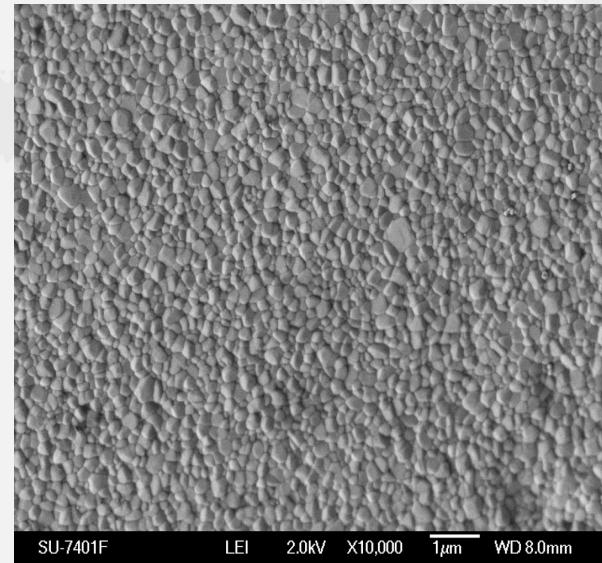


而然科技  
创新折射未来

# 材料创新：釉锆的仿生牙釉质表面结构



天然牙釉质表面



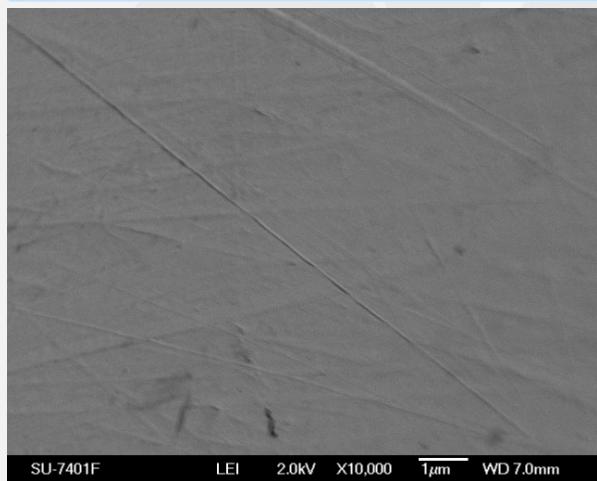
釉锆表面

釉锆的仿生牙釉质表面结构成就了釉锆良好的生物相容性和生物活性，使牙龈与釉锆牙亲和，避免了牙周菌斑的滋生。



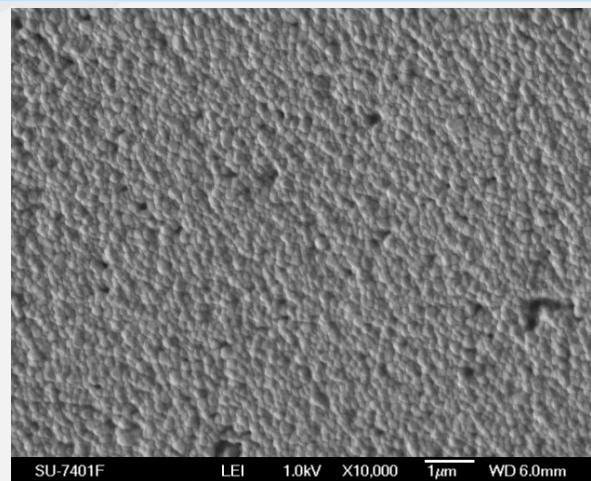
而然科技  
创新折射未来

## 釉锆与抛光氧化锆的比较



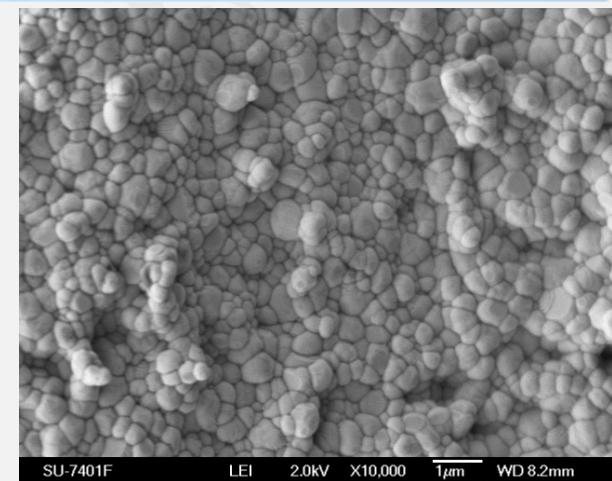
SU-7401F LEI 2.0kV X10,000 1μm WD 7.0mm

抛光面



SU-7401F LEI 1.0kV X10,000 1μm WD 6.0mm

釉锆表面



SU-7401F LEI 2.0kV X10,000 1μm WD 8.2mm

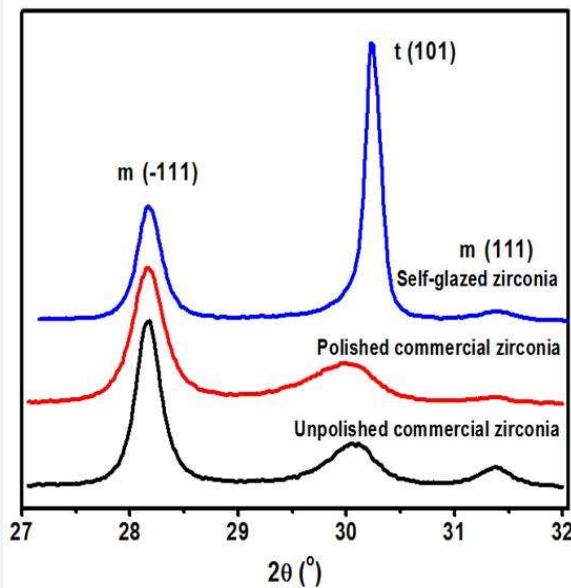
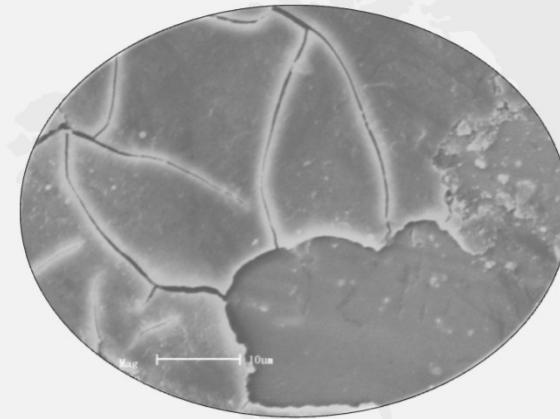
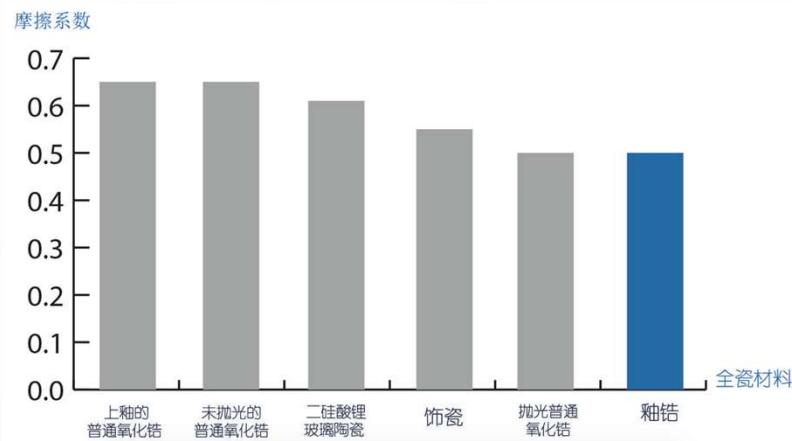
瓷块加工面

更均匀、更细腻、更光润、更通透、更精简、更可靠



而然科技  
创新折射未来

# 更安全的摩擦性能



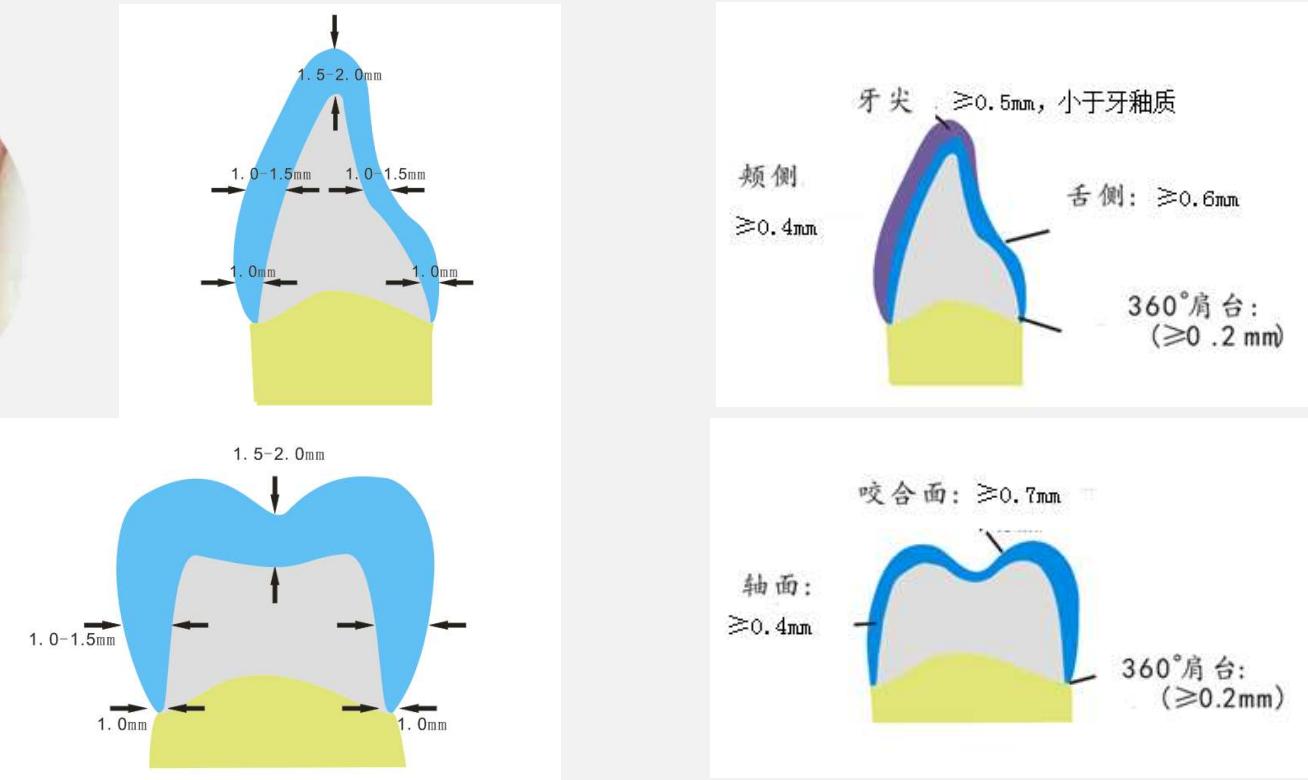
釉锆与普通氧化锆相比,釉锆具有较小的摩擦系数,对合牙磨损小,保护牙齿;并呈现了较多的四方相,较高的断裂强度和断裂韧性高。通过水热釜摄氏135度下100小时的老化试验,证明了釉锆有较长的使用寿命。



而然科技  
创新折射未来



## 釉锆减少牙体预备量，实施微创修复



常规氧化锆全瓷牙的牙体预备要求

釉锆产品的牙体预备要求

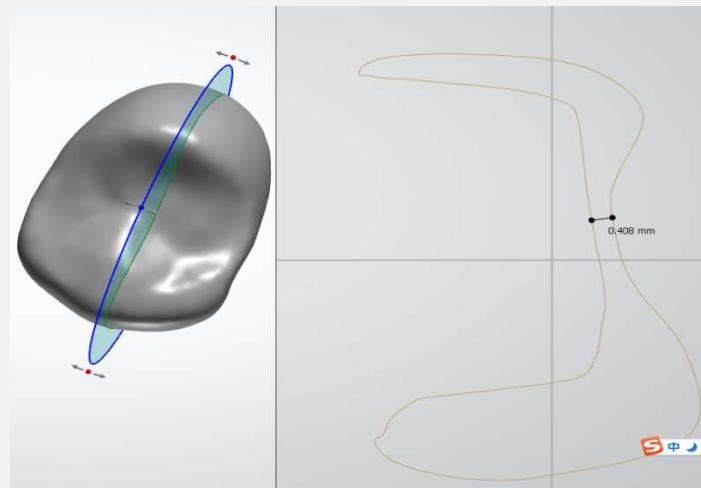
\*需遮色牙体请至少备牙0.7mm以上。

由于釉锆的高的强度和断裂韧性，可以制成超薄冠，备牙量小，保留活髓牙，实施微创修复。

# 超薄状态下临床调磨的风险

\*0.4mm厚度下禁止调磨，\*0.4-0.6mm调磨的风险；

实际病例：嵇\*\*，市场部反馈“患者釉锆在10月5日时，发现牙冠破裂，只剩下半边”



实物观察：

1. 剩余的半边牙冠，观察牙冠的断面，发现在断裂面处，有一个区域有褶皱区域，且该区域的起源于牙合面，该区域有调磨痕迹；
2. 测量断裂处的厚度，接近0.3mm, 此处薄；
3. 观察STL文件，发现牙合面区域较薄，最薄处测量值为0.41mm；



而然科技  
创新折射未来

## 而然釉锆产品系列



后牙全锆冠



全锆桥



联冠



种植桥



种植冠



高嵌体



嵌体



半解剖饰瓷冠



桩核冠



前牙全锆冠



半解剖饰瓷桥



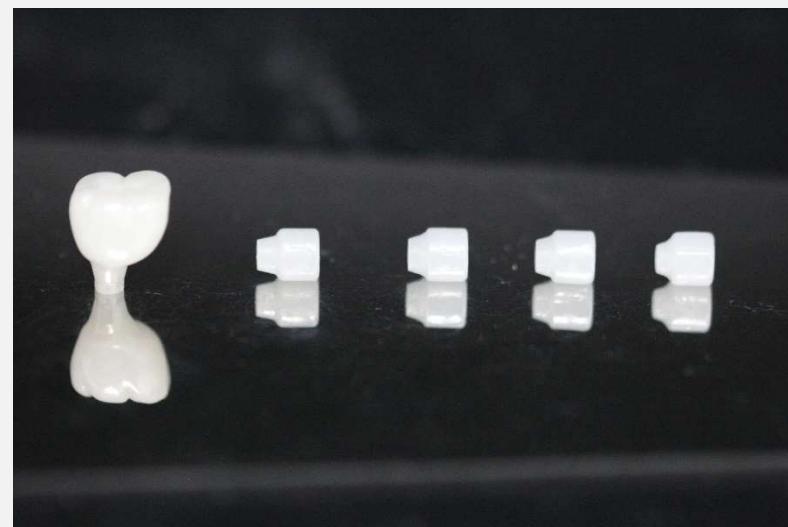
贴面

我们已经通过了中国的CFDA，欧洲的CE和美国的FDA认证。我们已经拥有7个中国专利，三个PCT国际专利，一个欧洲专利和一个美国专利正在进入实质性评审；另外有19个中国专利正在申请之中。



而然科技  
创新折射未来

# 氧化锆种植体与种植上部结构





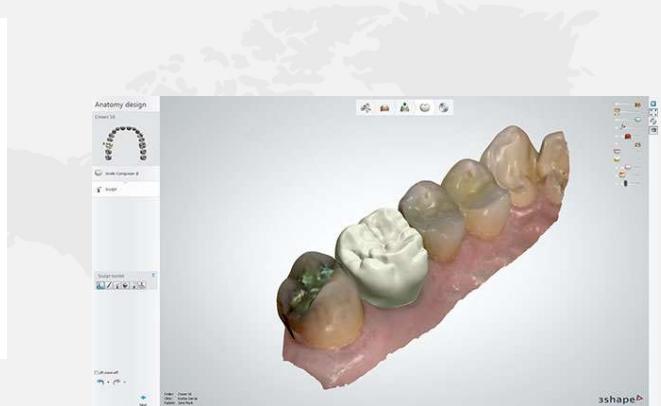
而然科技  
创新折射未来

# 关于“口腔数字化”？

我用了口扫仪



我用了CAD软件.....



我用了数控加工设备.....

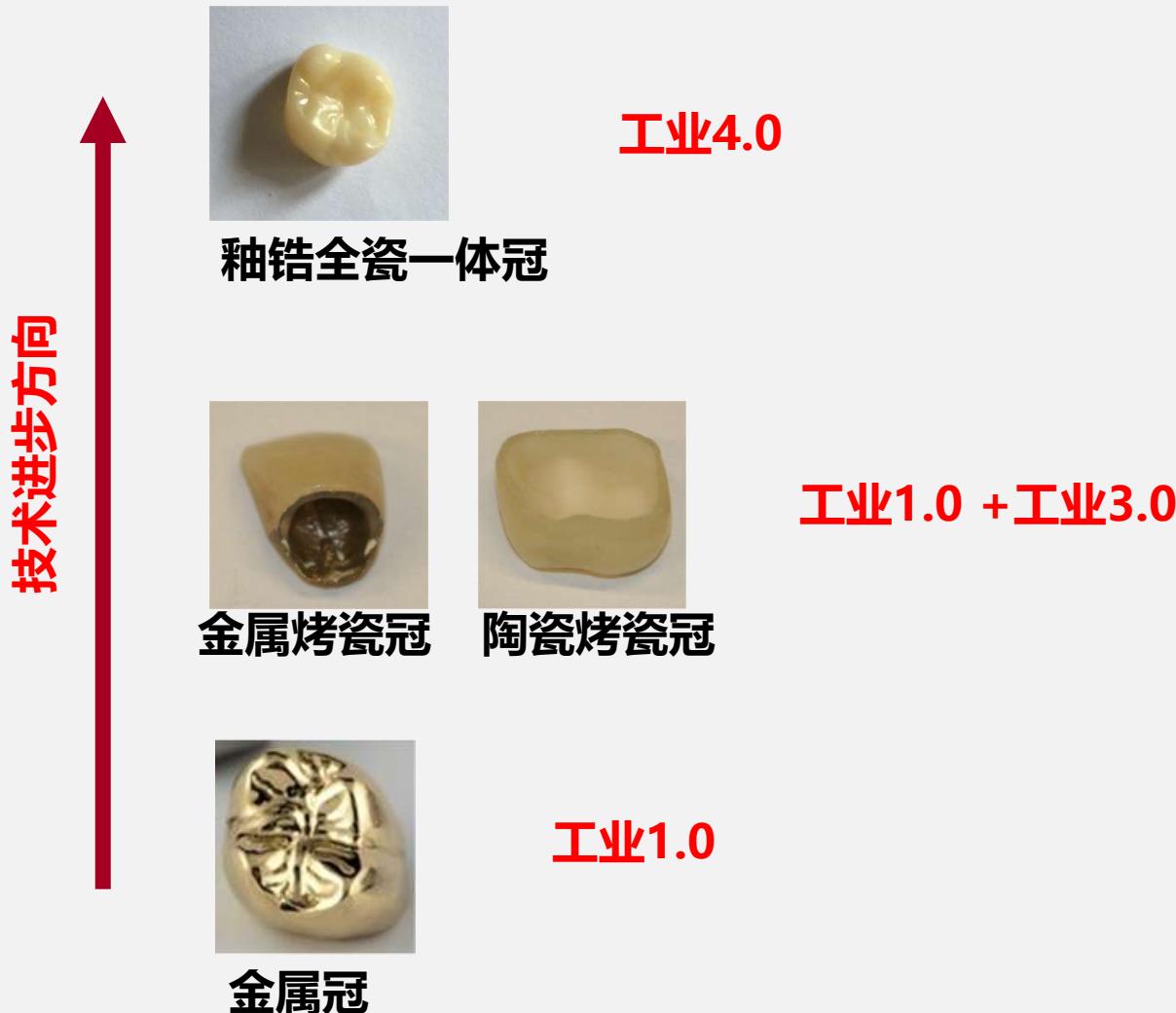


我用了诊所管理软件/HIS.....





# 实现全程数字化需要材料技术突破





而然科技  
创新折射未来

# 实现工业4.0需要材料与技术突破

## 完全数字化修复流程



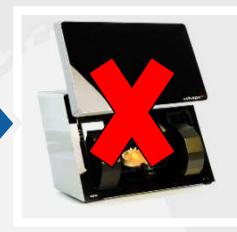
医生预备牙齿



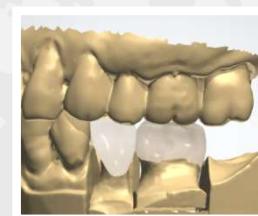
取印模



口内扫描



扫描



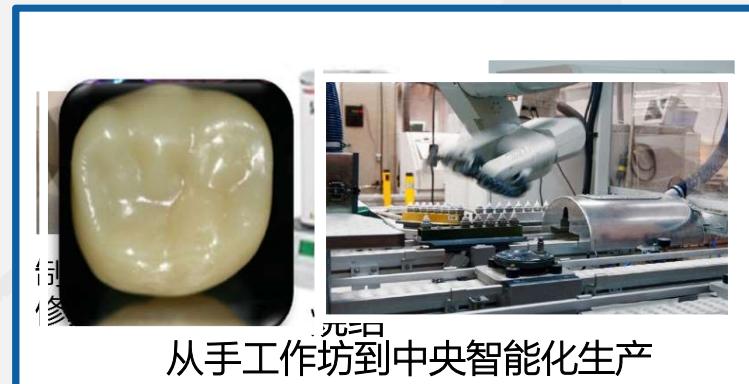
设计数字化牙冠



微调就位



手工饰瓷打磨



医生试戴调磨



而然科技  
创新折射未来

# 智能釉锆：无牙模，不饰瓷，零调磨

## 全程数字化确保最小人为误差



通过代冠实现精确的咬合和邻接关系



而然科技  
创新折射未来

# 数字化定制种植矫正修复部件



树脂代冠  
儿童树脂冠



微晶玻璃单冠



种植导板



可自行摘带  
佩戴舒适的  
隐形矫治器

正畸矫治器



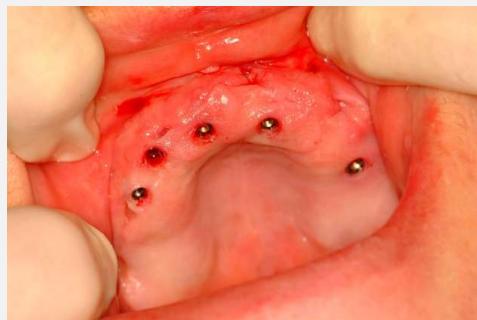
BLOG.KQ88.COM

磨牙垫



而然科技  
创新折射未来

# 数字化种植



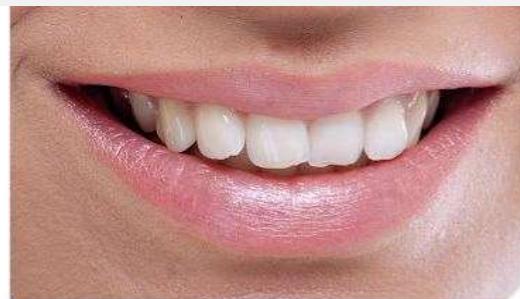
Teeth in an hour



而然科技  
创新折射未来

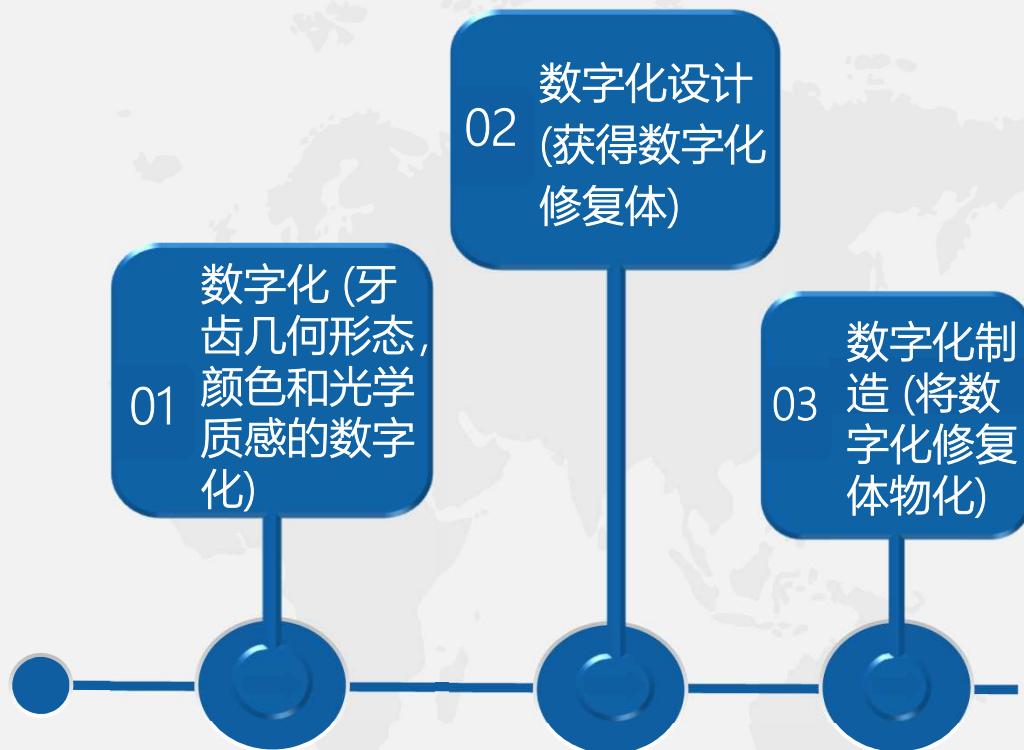
## 隐形正畸

Invisible orthodontic treatment pre-implantation





# 全程数字化三部曲



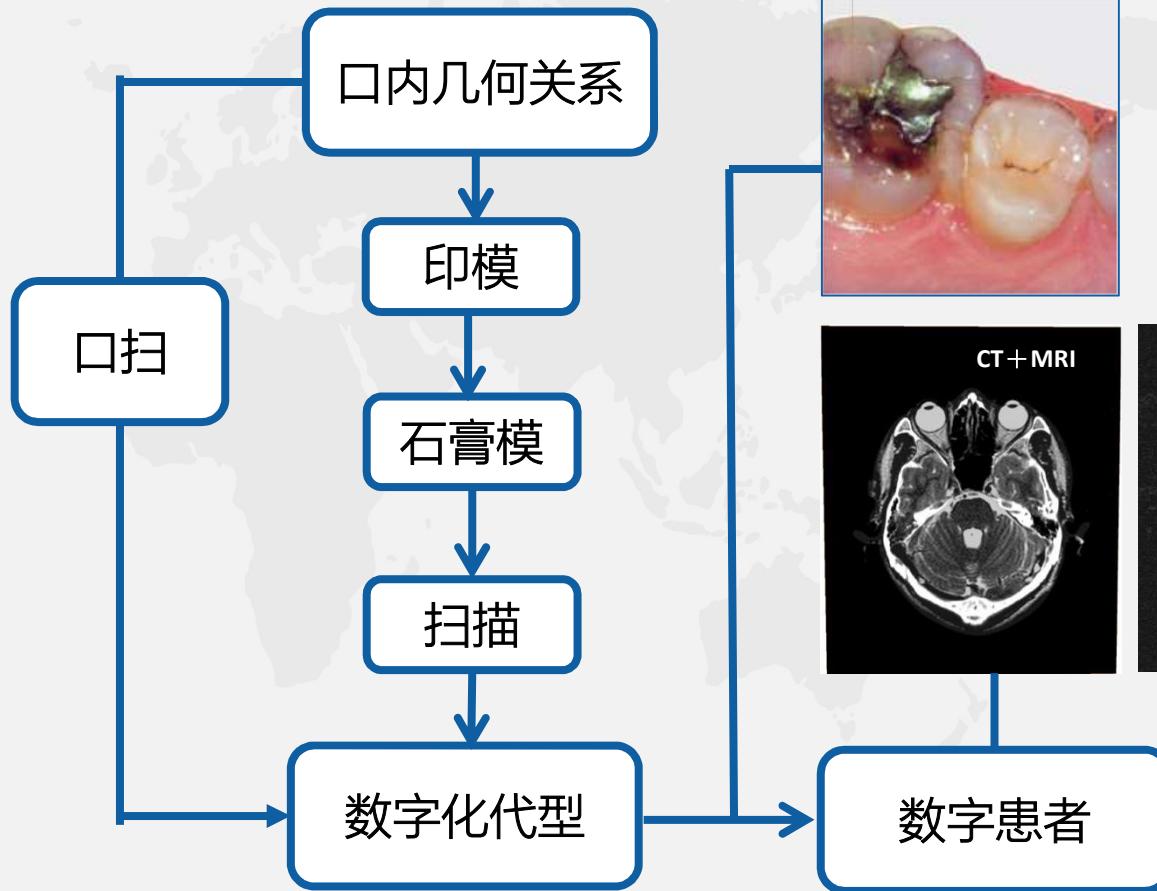
实现全程数字化的基础就是精准原始数据的获得，包括牙齿几何形态和颜色和光学质感的数字化；没有它们，全程数字化就成为了一个伪命题。这就需要医生认真负责的精神和创造性的劳动。



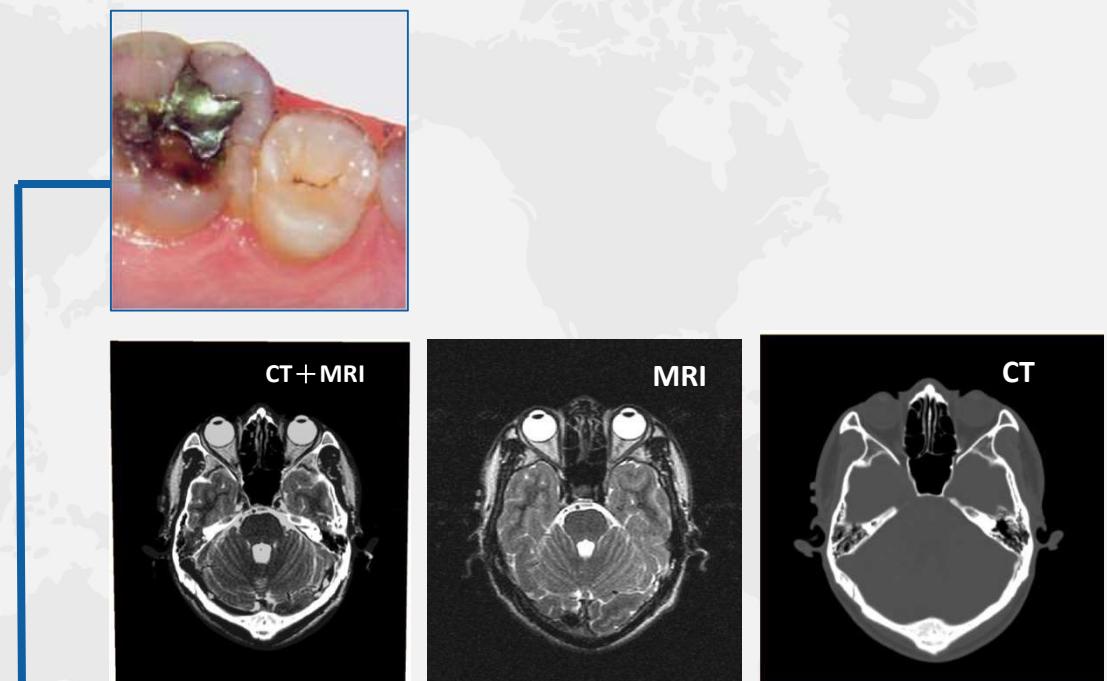
而然科技  
创新折射未来

# 数字化技术进步催生数字患者的概念

## 口内几何关系的直接数字化



## 口内多源信息的数字化





而然科技  
创新折射未来

03

PART 03

## 第3部分 CPS与协同式数字化



而然科技  
创新折射未来

# 信息物理系统与协同式数字化



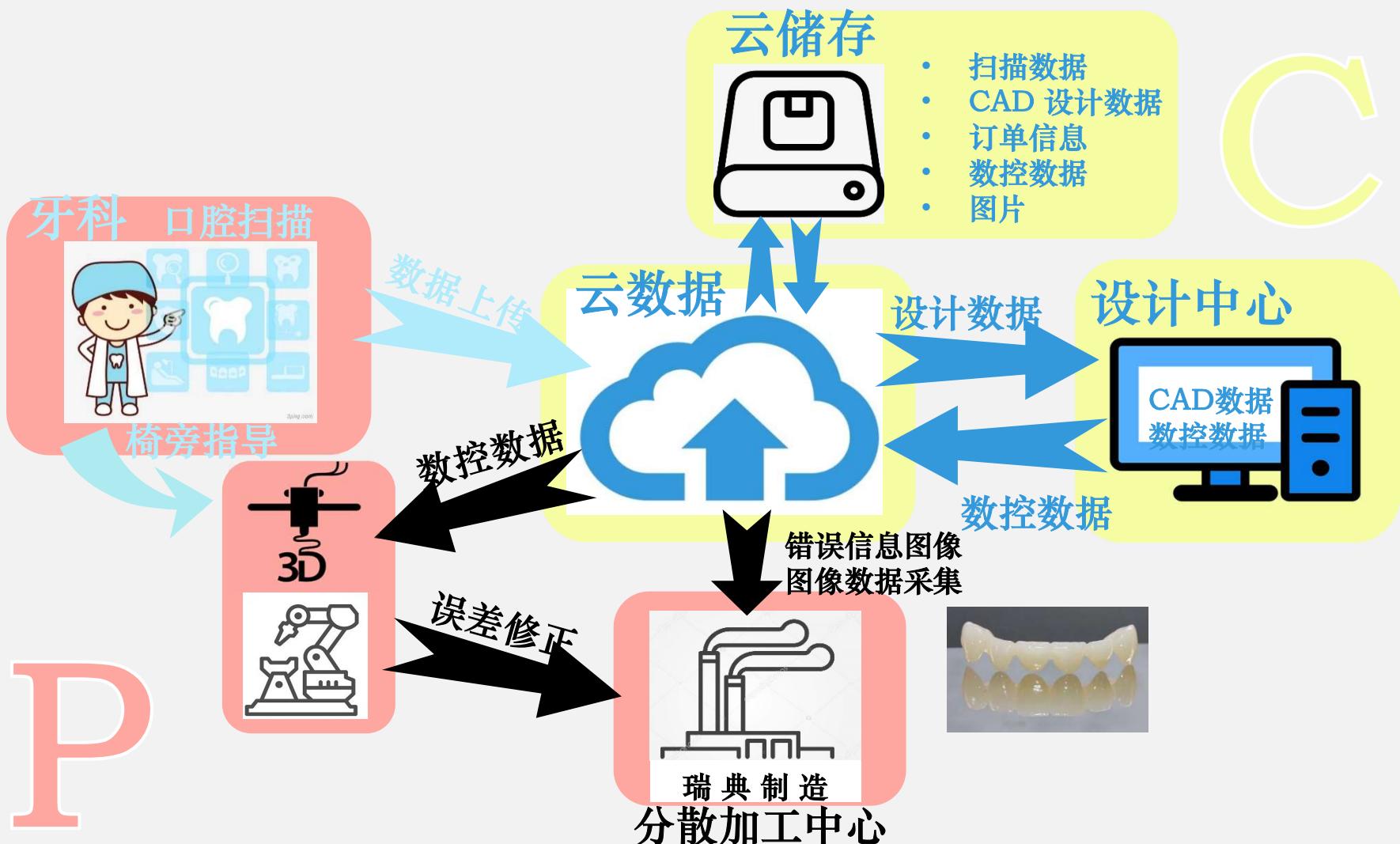
通过云平台，整合全球的优质资源，开展开放式创新  
为每个客户服务，实现规模化生态效应。

韩愈的《师说》：“闻道有先后，术业有专攻，如是而已”，我们通过信息物理系统，真正做到专业人员做专业的事，实现协同式创新。



而然科技  
创新折射未来

# 信息物理系统 CPS

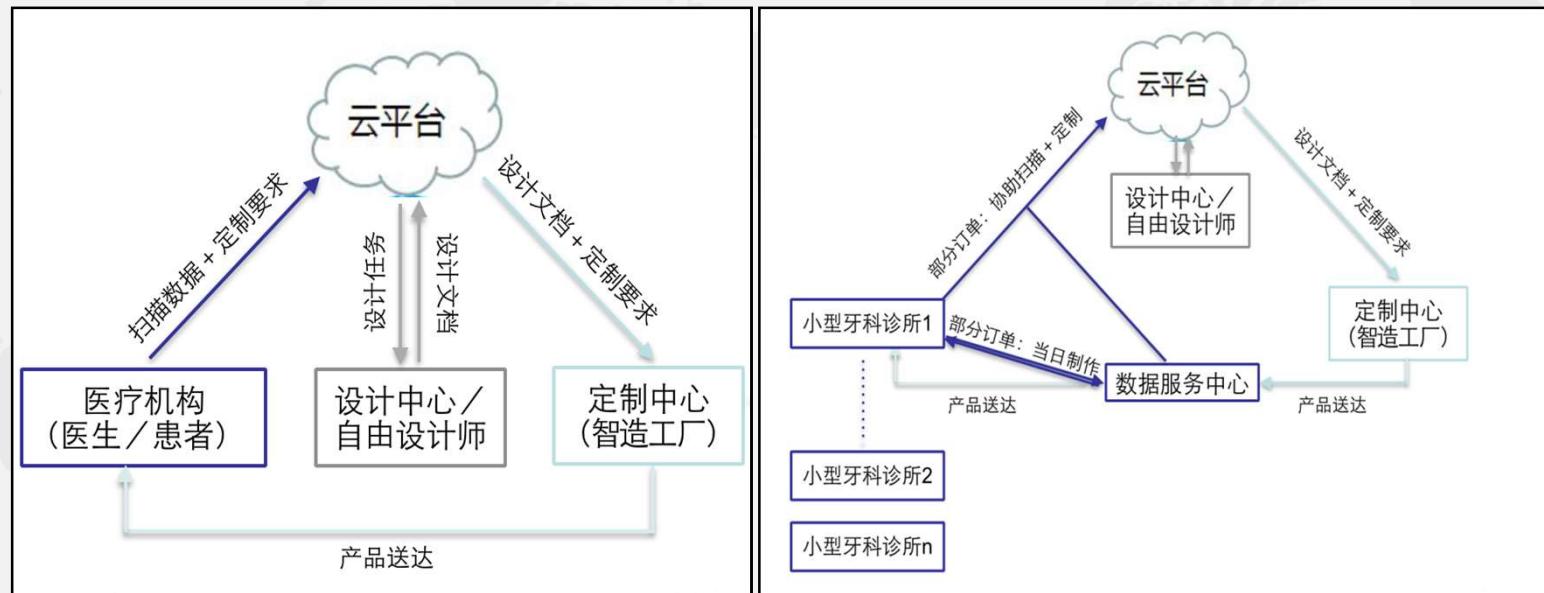




而然科技  
创新折射未来

# 基于云平台的协同式数字化生态体系

三位一体、优势集成、整合全球资源



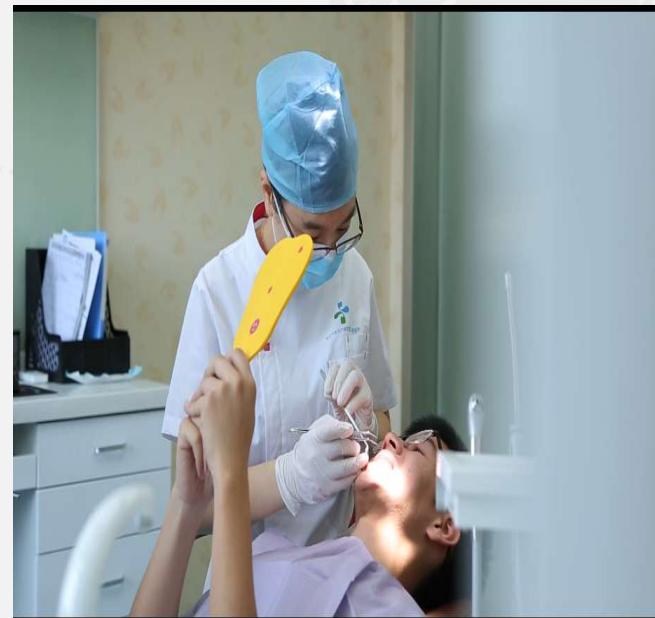
1. 椅旁方案与中央生产布局相结合，协助医生创新，提高效率，并且改善患者体验；
2. 技术与服务并举，实现个性化产品标准化服务；
3. 以材料与技术创新为核心，促进修复生态变革；



# 医生的职责

1. 制定诊疗方案,
2. 提供精准的原始数据包括牙齿几何形态, 咬合和邻接关系以及颜色和光学质感的数字化数据;
3. 审核设计中心提供的设计方案
4. 完成临床修复, 正畸和种植等工作;
5. 临床跟踪和评价和创新及改进。

协同数字化和智能化的到来为医生提供了一个创新和研究的平台, 医生将会积极参与医工协同数字化和智能化的创新和研究;





而然科技  
创新折射未来

# 椅旁技师的职责

1. 口扫；
2. 代冠的设计和加工；
3. 配合医生进行代冠的调试和检查；
4. 信息的传递；
5. 椅旁机器操作以及维护

技师转型成为协同数字化和智能化方面的技师；

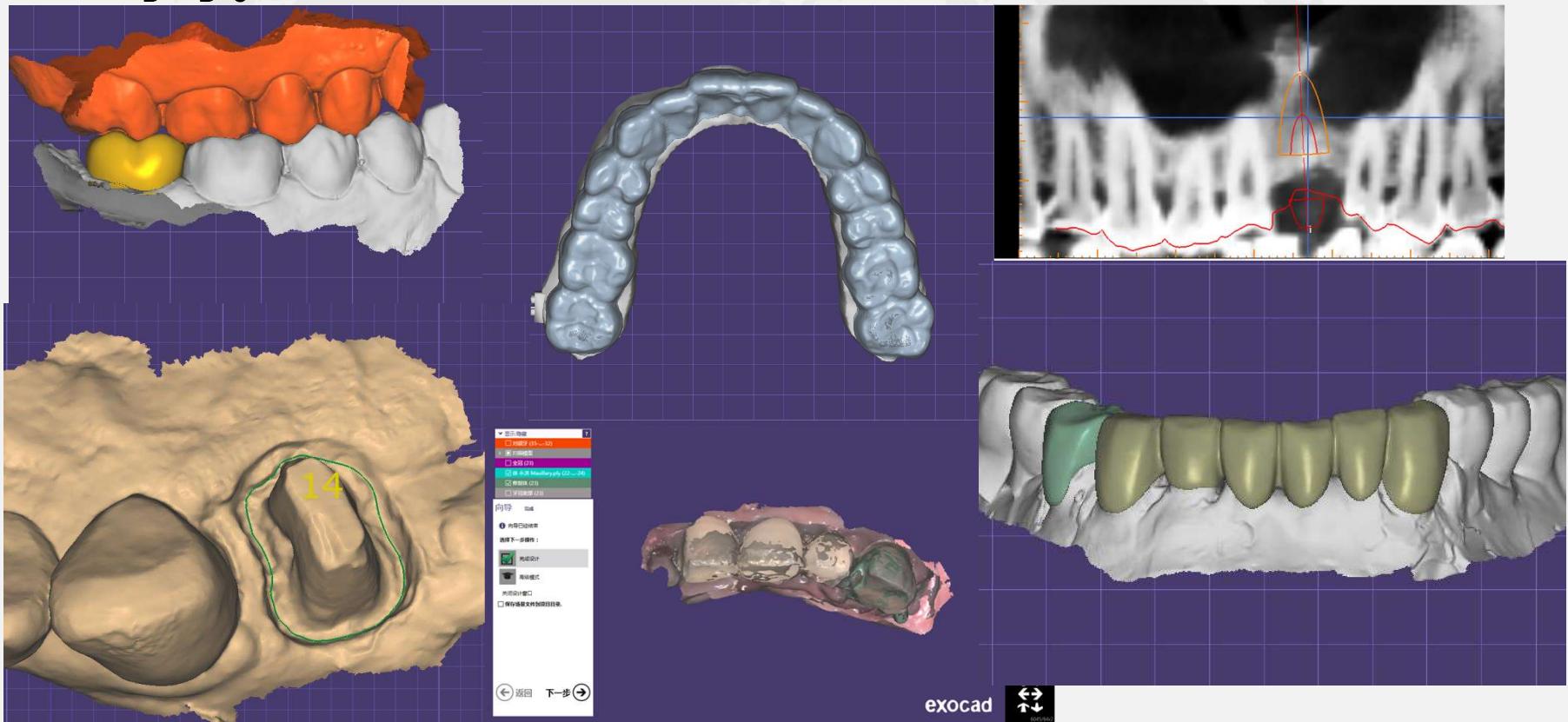




而然科技  
创新折射未来

# 设计中心的职责

提供最佳的设计方案涉及代冠和釉锆义齿的设计，包括牙齿形态，密合度，咬合和邻接关系以及与邻牙的匹配等等。





而然科技  
创新折射未来

# 制造中心的职责

精确地将设计还原成实物，制备出高强和高韧性具有良好生物相容性和生物活性，满足美学要求的仿生结构釉锆义齿。





而然科技  
创新折射未来

# 瑞典斯德哥尔摩已建成的一个 数字设计中心





# 智能化和机器人离临床已不远

协同数字化和智能化的到来为医生提供了一个创新和研究的平台，医生将会积极参与医工协同数字化和智能化的创新和研究；

技师转型成为协同数字化和智能化方面的技师；

技师参与医生的协同数字化和智能化的创新和研究工作；

备牙

数字化  
设计

种植  
手术

需要进一步去手工的步骤

机器人  
备牙

智能  
设计

机器人  
种植

我们如何面对协同数字化和智能化的到来

01

02

03



而然科技  
创新折射未来

## 开方式创新解决4个临床瓶颈问题

01

咬合关系  
(初级阶  
段理论)

形态 (医  
生主导)

02

03

颜色(实质  
是光学质  
感的总和)

粘接  
遮色等

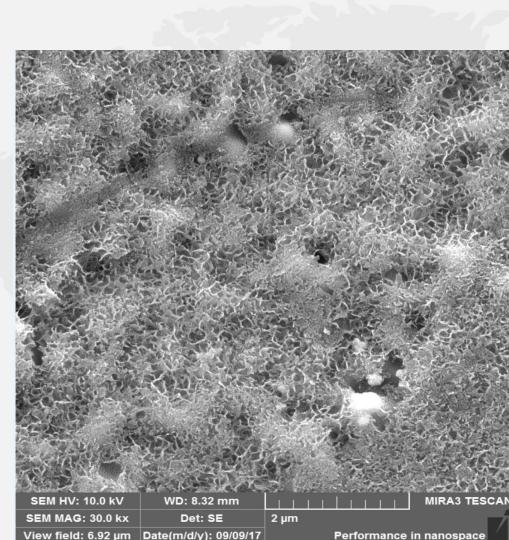
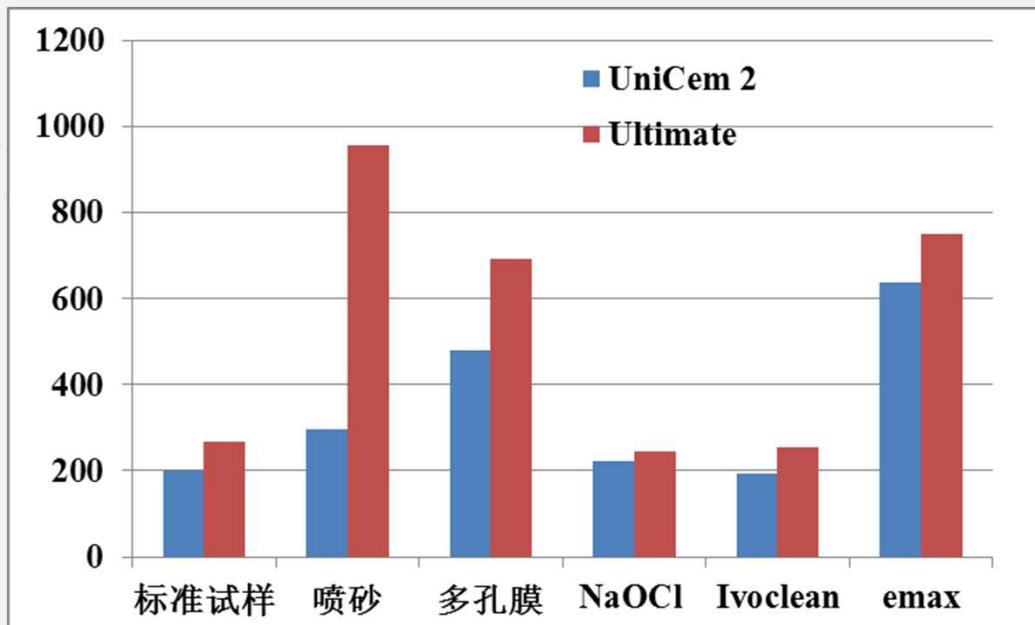
04

数据库，标准化，私人定制和智能制造关系的建立



而然科技  
创新折射未来

## 釉锆粘结问题的研究



0.03mm网格+纳米粗糙的微观表面

- 对于氧化锆材料的粘接，采用3M Ultimate的粘接剂的粘接强度远高于采用UniCem 2的粘接强度。
- 采用3M Ultimate的粘接剂和具有多孔氧化锆层的表面和微纳米加工的表面，由于增加了粘接面积和物理连接，无论采用哪种粘接剂，都使粘接强度明显地得到提高；达到了emax粘接强度。
- 通过表面微纳米粗化和多孔膜层可以使氧化锆的粘接强度超过emax粘接强度。
- 采用3M Ultimate的粘接剂和喷砂的样品实验结果得到了最高的粘接强度。超过了emax的粘接强度。
- 通过表面微纳米粗化，多孔膜层和新型喷砂处理可以使氧化锆的粘接强度达到最高，可以远超过emax粘接强度。

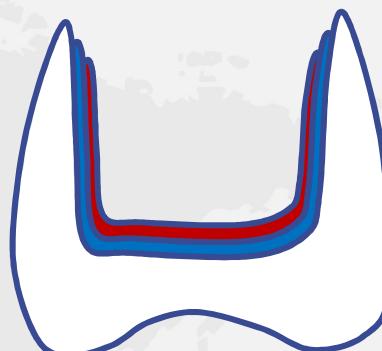


而然科技  
创新折射未来

# 釉锆遮色问题的研究



A



B

- 具有微-纳米梯度结构釉锆义齿
- 染色层遮色薄膜结构
- 梯度遮色层薄膜结构



## 釉锆前牙镀层遮色

-浙江省中医药大学口腔医院

浙江省中医药口腔医院院长郑园娜医生说的“釉锆，带来了氧化锆牙冠的变革”



而然科技  
创新折射未来

## 釉锆比色问题的研究



VITA比色板



釉锆比色板的光学质感更接近于天然牙，因此可以获得更为准确的比色效果。另外，我们与浙江大学光仪系合作，正在研发计算机比色仪。



而然科技  
创新折射未来

## 牙科数字化修复实例



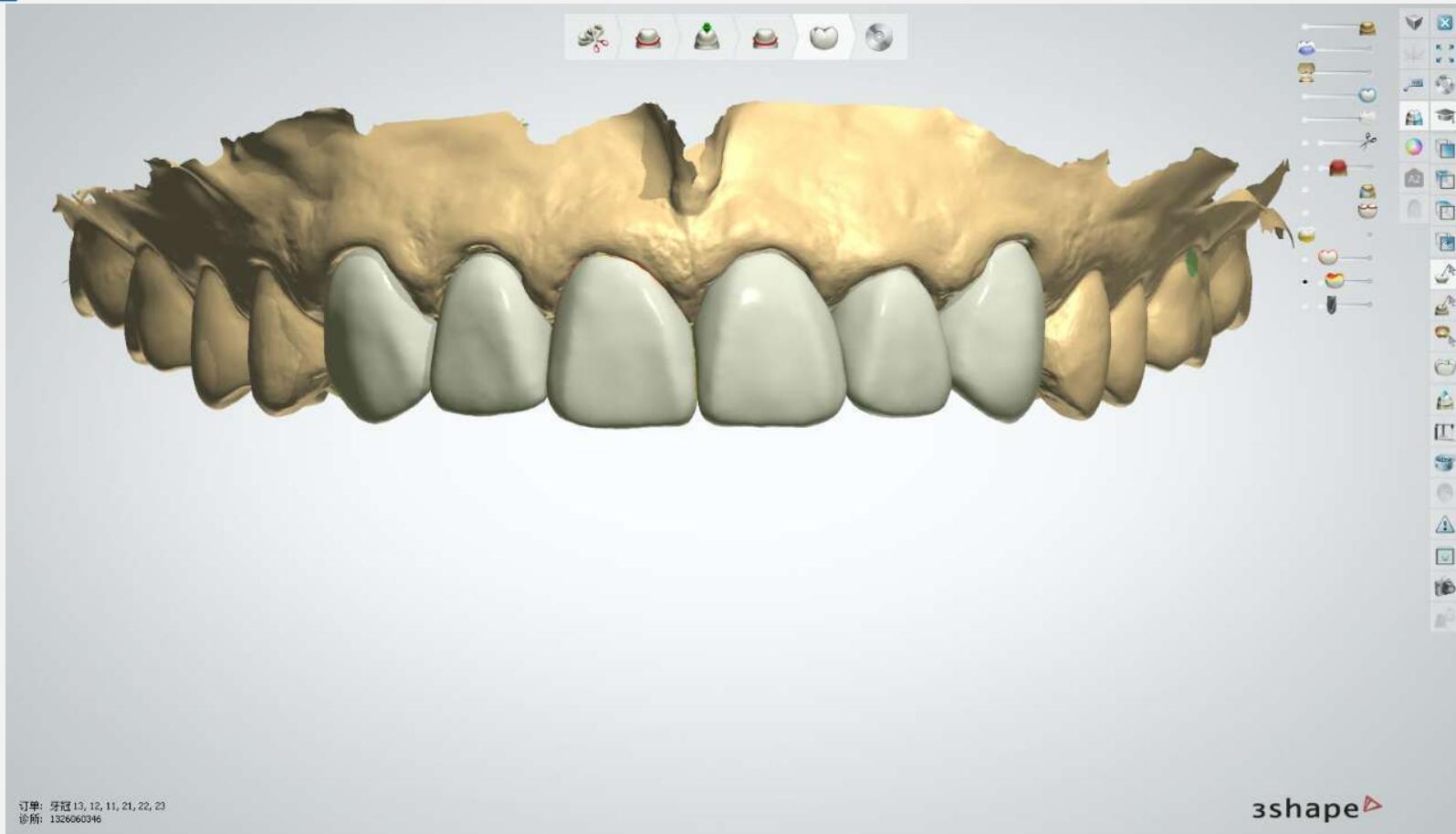
Before



After preparation



而然科技  
创新折射未来





而然科技  
创新折射未来



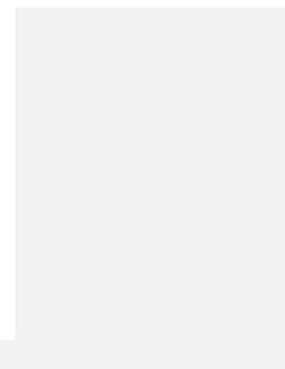
**Provisional PMMA crowns**



**After one week**



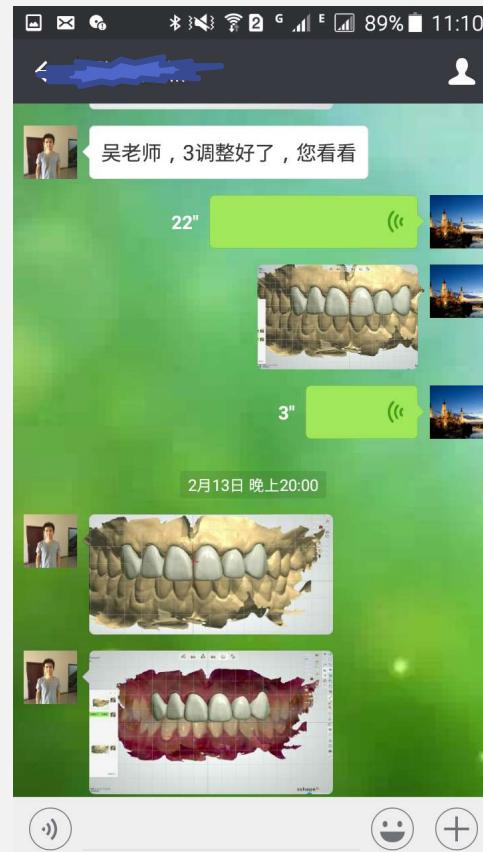
而然科技  
创新折射未来



**Second scanning**

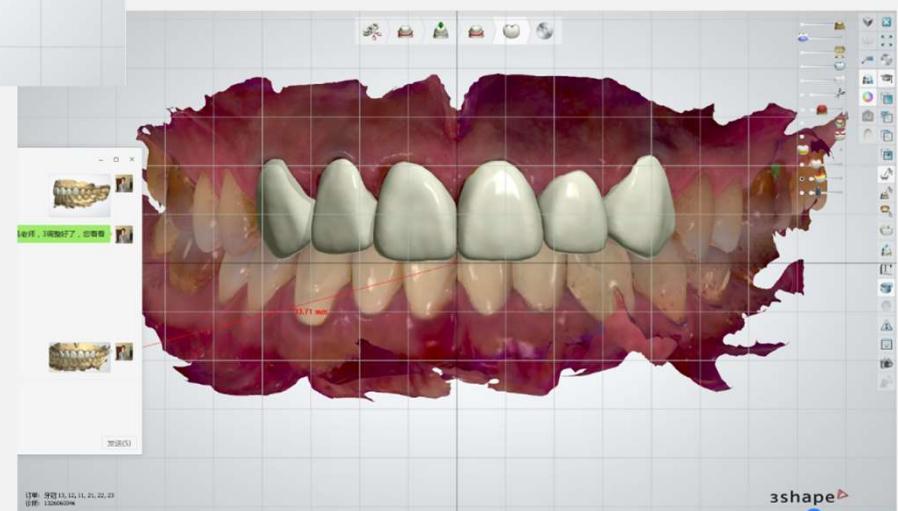
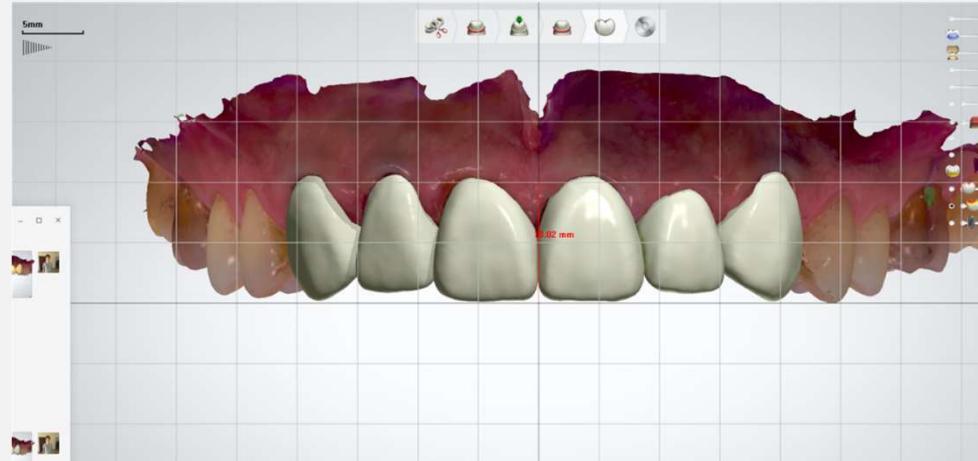


# 医技患数字化沟通





而然科技  
创新折射未来



**Final design determined by adjusting  
the provisional crowns**



而然科技  
创新折射未来



**Self-glazed zirconia crowns prepared**



而然科技  
创新折射未来





而然科技  
创新折射未来





而然科技  
创新折射未来

04

PART 04

## 第4部分 釉锆病例研究



而然科技  
创新折射未来

# 釉锆临床修复实例

## 无模贴面全锆个性化釉锆-广州医科大学附属口腔医院



广州医科大学附属口腔修复科主任吴哲医生说：“釉锆，带来了的惊喜，使不调磨牙冠变成可能，把不饰瓷的前牙变为实物”



修复后



而然科技  
创新折射未来

# 釉锆临床修复实例

## 无模前牙全锆个性化釉锆-广州医科大学附属口腔医院

摘要:

中年男性，患者5年前金属烤瓷修复，出现崩瓷情况且患者觉得颜色过于死白，和自己的余留牙不匹配。现患者选择上颌釉锆重新修复，且颜色形态都十分满意；患者主动要求将下颌也换成釉锆。



修复后

备牙后



修复后



而然科技  
创新折射未来

# 釉锆临床修复实例

3

今年5月北京大学口腔医学院做了几例把而然“梯度结构牙科仿生全瓷修复体”与国际著名品牌德国wieland义齿进行了医患选用的对比试验：医生和患者无一例外地选择了我们的修复体。



4

今年10月，在上海瑞尔世纪大道口腔医院对我们的修复和国际著名品牌Procera的义齿进行了同一试验，医生和患者也无一例外地选择了我们的产品并给予了高度评价。





而然科技  
创新折射未来

# 釉锆临床修复实例



澳洲一个患者五连桥病例，即使是国外认为最透的氧化锆材料也没有釉锆的透光性好。





而然科技  
创新折射未来

# 釉锆临床修复实例

## 全口咬合重建病例



### 摘要：

患者，中年女性，重度四环素牙 + 牙列缺损 + 过度磨耗要求修复。咬合功能欠佳，垂直距离明显降低。常规全瓷修复遮色效果不佳，牙体预备量较大。



修复前



修复后



而然科技  
创新折射未来

# 釉锆临床修复实例

## 前牙修复病例



**摘要:**

**前牙 (3-3) 修复以后，发现釉锆前牙具有自清洁功能。**





而然科技  
创新折射未来

# 釉锆临床修复实例



佰思康口腔医院院长的彭东医生说：“釉锆，给种植冠的咬合功能及精准就位，提供了质的飞跃”

摘要：

年轻男性，上后牙缺失种植术后要求修复，完全数字化设计与制作，精度高达10微米，减少种植修复失败概率。



修复前



修复后



修复后



修复后

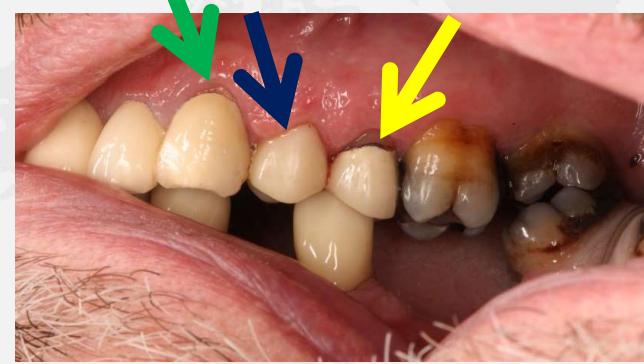
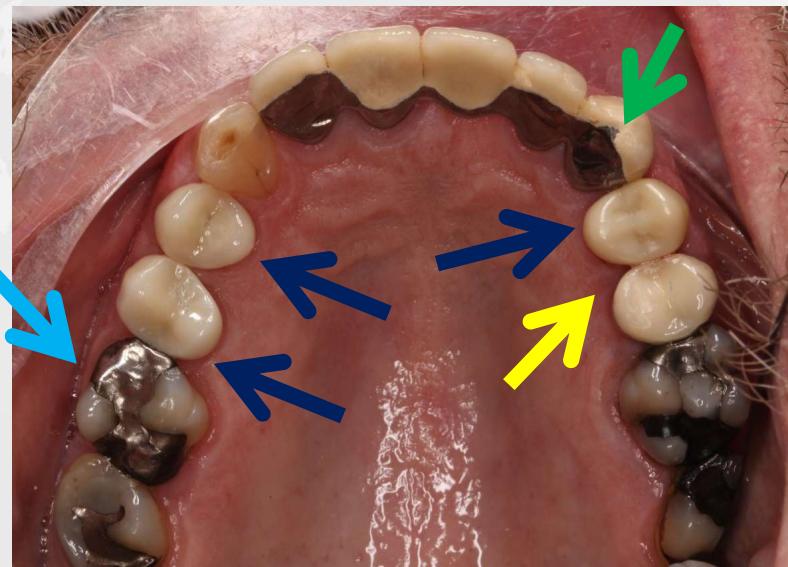


而然科技  
创新折射未来

# 以发展的眼光看问题



## 瑞典釉锆病例一年跟踪回访

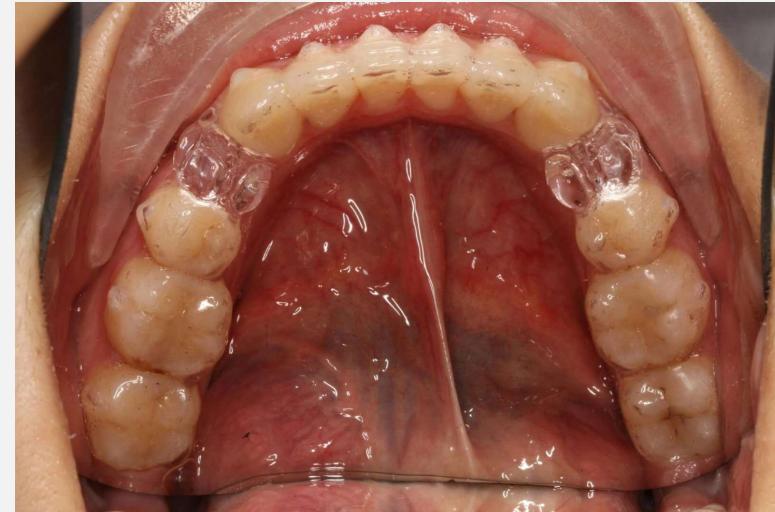


银汞合金充填; 金属烤瓷桥, 崩瓷, 牙龈萎缩;  
氧化锆饰瓷, 调合, 边缘密合差; 釉锆, 边缘密合, 牙龈健康, 零调磨



而然科技  
创新折射未来

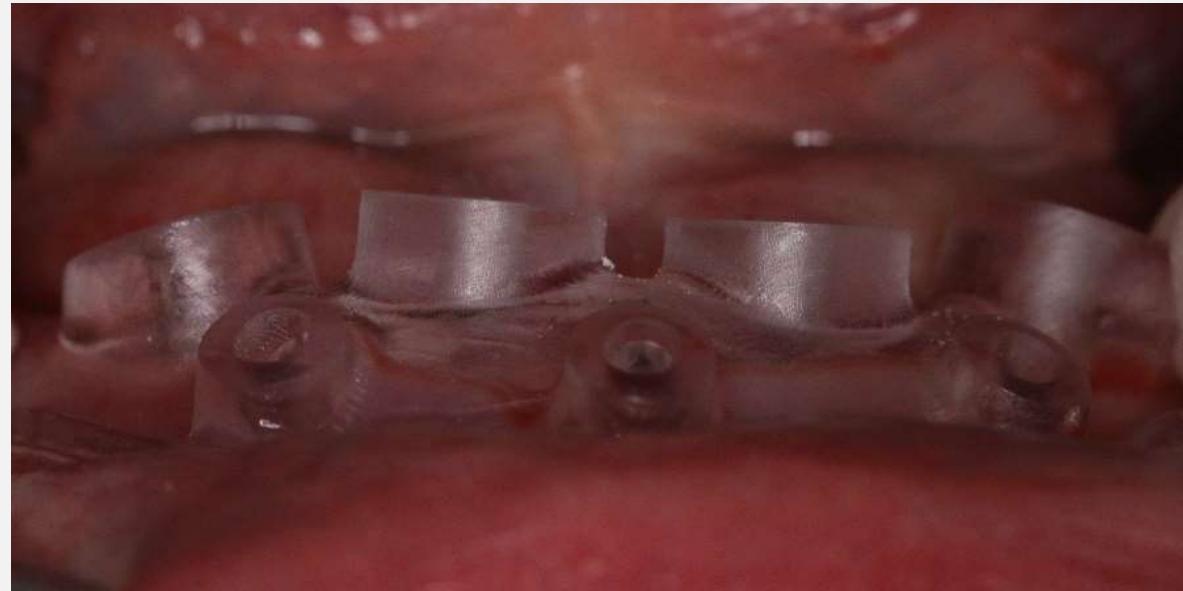
# 数字正畸矫治牙套





而然科技  
创新折射未来

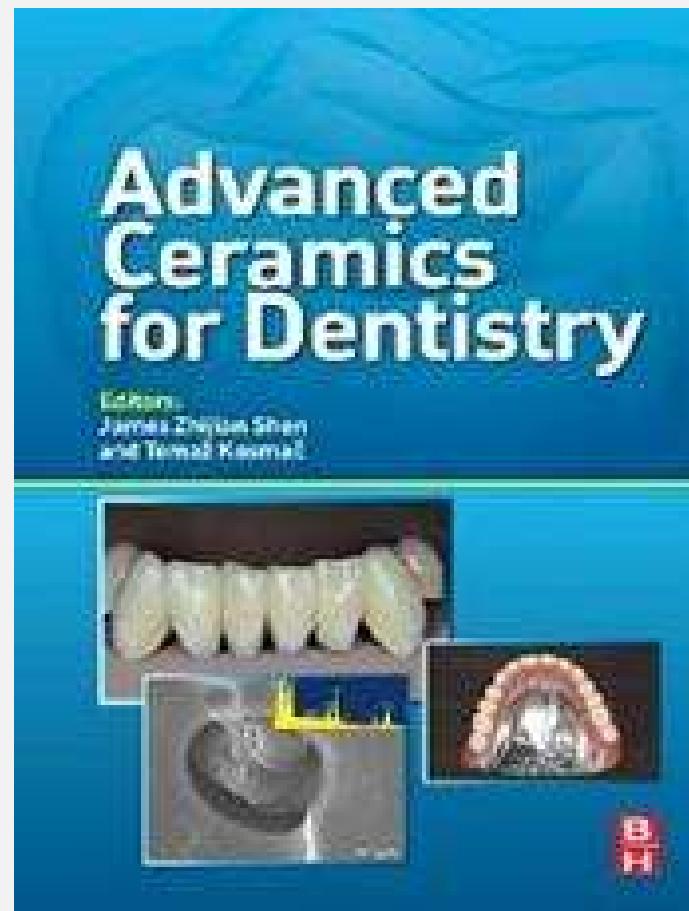
# 数字种植导板





而然科技  
创新折射未来

# 国际化跨界交流与合作





而然科技  
创新折射未来

05

PART 05

## 第5部分 结论



# 结论

临床实践证明仿生纳米梯度结构的釉锆呈现了极好的生物相容性和生物活性，是最好的牙科固定修复体。

数字化是工具，数字化激发一线医生创新活力，促使医生成为临床创新的主体，专注规划、审核，医疗和科学评价。

数字化是纽带，协同式数字化体系催生全新工程服务模式。



口腔诊疗离不开工程技术服务，过去依赖个体和手工技艺，数字化时代突显了计算机、智能制造和信息平台的重要性。



数字化是媒介，数字化极大地推动医工融合的深度和广度，真正做到了专业人员做专业的事，提高了医疗的效率和水平。



数字化是熔炉，数字化有利于发挥合众优势，一个数字化平台可以支撑口腔工程服务需求的全局。



数字化是智能化的前奏。



而然科技  
创新折射未来

# 合作客户

ARRAIL瑞尔

浙江中医药大学  
附属口腔医院

广州医科大学附属口腔医院  
STOMATOLOGY/AFFILIATED STOMATOLOGY HOSPITAL  
广州医科大学 口腔医学院

雅康口腔



深圳市人民医院  
SHENZHEN PEOPLE'S HOSPITAL  
暨南大学第二临床医学院  
2nd Clinical Medical College of Jinan University

义乌优嘉口腔



北京清华长庚医院  
Beijing Tsinghua Changgung Hospital

IVY DENTAL CLINIC  
艾維齿科

瑞尔立齿科  
REALYDENTAL

杭州牙科医院  
HANGZHOU DENTAL HOSPITAL  
杭州师范大学医学院附属口腔医院

Best Care Dental  
佰斯康口腔



浙江大学医学院附属口腔医院  
STOMATOLOGY HOSPITAL AFFILIATED TO ZHEJIANG UNIVERSITY OF MEDICINE  
浙江省口腔医院  
ZHEJIANG STOMATOLOGY HOSPITAL



Umeå University

LeleJia  
Dental Lab Beijing China



北京优颐口腔医院  
Beijing Youyi Stomatology Hospital



Dental Hospital  
上扬口腔医院

杭州青立口腔



而然科技  
创新折射未来

# 开展临床合作



复旦大学附属华东医院  
HUADONG HOSPITAL AFFILIATED TO FUDAN UNIVERSITY



江苏省中医院  
Jiangsu Province Hospital of TCM



广西医科大学第一附属医院  
THE FIRST AFFILIATED HOSPITAL OF  
GUANGXI MEDICAL UNIVERSITY



北京大学口腔医院  
PEKING UNIVERSITY HOSPITAL OF STOMATOLOGY



华中科技大学  
同济医学院附属  
协和医院

协和医院



上海交通大学医学院附属第九人民医院  
Shanghai Ninth People's Hospital, Shanghai JiaoTong University School of Medicine



空军军医大学(第四军医大学)  
口腔医学院



[美]华盛顿大学University of Washington





谢

聆

谢

听

协同式数字化智能制造已如一轮红日出现在东方的地平线上，它的  
如日中天，指日可待。

---

杭州而然科技有限公司

---