



201505030946416

申报编号：201505030946416

# 广州市科技计划项目

## 申报书

项目名称：免硬件三维扫描及低成本3D打印实现骨科外固定支具制造的开发与临床应用

申报单位：南方医科大学中医药学院

计划类别：产学研协同创新重大专项

专题名称：民生科技研究

组织单位：南方医科大学（原第一军医大学）

申报时间：2015-04-22 21:08

项目起止时间：2016-04-01至2019-03-31

广州市科技创新委员会



201505030946416

## 一、申报单位基本情况表

单位名称	南方医科大学中医药学院						
组织机构代码	77186859-6						
单位特性	其他			单位类型		高等院校	
通信地址	广东省广州市白云区沙太南路1023号			邮政编码		510515	
电子邮箱	664220551@qq.com			传真电话		020-61648493	
法定代表人姓名	余艳红	职务	校长	职称	教授	办公电话	61648011
财务部门负责人姓名	徐静	职务	科长	职称	中级	办公电话	02061648616
联系人姓名	孙晓敏	职务	科长	办公电话	02061648739	移动电话	13710858369
开户银行	中行同和支行						
账号名	632757745044						
账号	南方医科大学						
银行信用等级	AAA						
网 址	www.fimmu.com						
服务行业	教育						
2014年申报单位经济状况(万元)	年产值	0	年销售额	0	年利税	0	
	年研究与试验发展(R&D)经费*	17880	(R&D)经费占年销售额比例%	0	出口创汇(美元)	0	
2014年申报单位获得政府项目状况(万元)	获得国家科技部项目经费	30	获得省科技厅项目经费	100	市科技主管部门项目经费	140	
	除国家科技部外其他部委项目经费	187	除省科技部门外其他省级部门项目经费	30	除市科技主管部门外其他市级部门项目经费	17	



201505030946416

2014年申报单位 高新技术产品情况	产品名称			产值（万元）			
	无			0			
申报单位人员情况	职工总数	2072	专业技术人员数	1319			
	高级职称人员数	628	中级职称人员数	785			
申报单位近三年 拥有知识产权状况	专利申请总数	专利授权总数	发明		实用新型		软件版权(项数)
			申请	授权	申请	授权	
	191件	135件	168件	107件	23件	28件	1项
项目已有知识产权状况	专利申请总数	专利授权总数	发明		实用新型		软件版权(项数)
			申请	授权	申请	授权	
	0件	0件	0件	0件	0件	0件	0项
其它知识产权状况说明（限1000字以内）							



201505030946416

二、主要参加单位基本情况表

主要参加单位		
单位(1)名称：	南方医科大学中医药学院	
通讯地址：	广州市白云区广州大道北1838号，南方医科大学中医药学院	
单位类型：	高等院校	
联系人：	姓名：	陈超
	办公电话：	13580348819
	手机号码：	13580348819
单位(2)名称：	北京师范大学香港浸会大学联合国际学院	
通讯地址：	广东省珠海市唐家湾金凤路28号	
单位类型：	高等院校	
联系人：	姓名：	张慧
	办公电话：	18688160369
	手机号码：	18688160369
单位(3)名称：	广州捷和电子科技有限公司	
通讯地址：	广东省广州市荔湾区荷景路23号广州工业设计科技园1栋A402	
单位类型：	民营企业	
联系人：	姓名：	李一奇
	办公电话：	13926098436
	手机号码：	13926098436
单位(4)名称：	广州市德颖医疗器械有限公司	



201505030946416

通讯地址：	广州市 越秀区 寺右新马路二横路17号111房	
单位类型：	民营企业	
联系人：	姓名：	张晓民
	办公电话：	13602890504
	手机号码：	13602890504

2016年广州市科技计划项目申报书



201505030946416

## 三、项目组成员基本情况表

项目负责人	姓名：	陈超			性别：	男		出生年月：	1978-05-25	
	国籍：	中国			民族：	汉族		学历：	博士研究生	
	学位：	博士			学位授予国家(或地区)：	中国				
	证件名称：	身份证			证件号码：	230228197805250210				
	职务：	教师			职称：	副高				
	办公电话：	020-61648254			手机号码	13580348819				
	电子信箱：	pizzachan@163.com								
项目组主要成员（含项目负责人）										
序号	姓名	年龄	性别	职务	职称	学历	分工	所在单位	签 名	
1	陈超	37	男	教师	副教授	博士研究生	生物力学及临床验证	南方医科大学		
2	张慧	37	女	教师	副教授	博士研究生	低成本三维扫描及外固定器网格化	北京师范大学 香港浸会大学 联合国际学院		
3	李一奇	33	男	总经理	工程师	本科	专用3D打印机研制	广州捷和电子科技有限公司		
4	李义凯	53	男	教研室主任	教授	博士研究生	生物力学验证	南方医科大学		
5	刘刚	38	男	科室主任	主任医师	博士研究生	临床验证	南方医科大学		
6	刘玉	26	女	助教	硕士研究生	硕士研究生	三维重建及网格化	北京师范大学 香港浸会大学 联合国际学院		
7	黄颖	29	男	博士研究生	助教	硕士研究生	生物力学验证	南方医科大学		
8	张少群	25	男	助教	硕士研究生	硕士研究生	生物力学验证	南方医科大学		
9	黄海飞	33	男	教师	讲师	博士研究生	三维重建	北京师范大学 香港浸会大学 联合国际学院		
10	张佩	27	女	助教	硕士研究生	硕士研究生	临床验证	南方医科大学		



11	罗裕勋	35	男	技术总监	工程师	本科	专用3D打印机研制	广州捷和电子科技有限公司	
12	张晓民	40	男	技术总监	工程师	本科	支具制造及相关资质提供	广州市德颖医疗器械有限公司	
2012年-2014年项目组成员科研经历（含项目负责人）									
序号	姓名	承担财政经费支持项目名称		项目资助类别		与申请项目相关的代表性论文、获得国家、省市科技奖励以及专利等			
1	李一奇	具有垂直三轴定位结构的3D打印机		市级		3D打印机的送料机构（CN201410026141）；3D打印机的出料机构（CN201410025944）；3D打印机的喷头传动机构及具有该机构的3D打印机（CN201320354101）；3D打印机的喷头传动机构及具有该机构的3D打印机（CN201310246765）；3D打印机的出料机构（CN201420035461）；3D打印机的送料机构（CN201420035589）			
2	陈超	骨质疏松性椎体骨折后质心偏移引起的脊柱应力重新分布与再骨折风险关系的研究		国家级		Hua-Jun Wang, Hugo Giambini, Wen-Jun Zhang, Gan-Hu Ye, Chunfeng Zhao, Kai-Nan An, Yi-Kai Li, Wen-Rui Lan, Jian-You Li, Xue-Sheng Jiang, Qiu-Lan Zou, Xiao-Ying Zhang, Chao Chen*. A modified sagittal spine postural classification and its relationship to deformities and spinal mobility in a chinese osteoporotic population[J]. PLoS One, 2012,7(6):e38560.			



201505030946416

3	陈超	脉冲响应对关节退变程度的评估作用研究	省部级	董明荣, 王华军, 张文均, 陈庭瑞, 蓝文锐, 刘海全, 梁悦, 李义凯, 陈超*. 脉冲响应法评估关节退变的数值仿真[J]. 中国老年学杂志, 2012(5):963-965.
4	陈超	用于评估膝关节软骨退变状态的振动脉冲系统在体测量与改进	省部级	董明荣, 周卫海, 王华军, 张文均, 邹秋兰, 张小英, 李义凯, 陈超*. 骨关节脉冲响应测量分析技术与设计[J]. 中国老年学杂志, 2011,31(9):1501-1504.
5	张慧	反射视频序列自校准和非刚性物体建模研究	国家级	L. Shao, R. Gao, Y. Liu and H. Zhang. Transform Based Spatio-Temporal Descriptors for Human Action Recognition. Accepted by Neurocomputing, 2011.
6	李义凯	颈部旋转手法对脊柱运动节段结构及亚生理区的影响	国家级	柴瑜, 李仕, 李义凯. 寰椎上关节面形态与分型[J]. 中国临床解剖学杂志, 2014, 05:533-537.
7	李义凯	颈椎旋转手法对脑动脉粥样斑块稳定性	国家级	黄学成, 谌祖江, 李义凯. 颈椎旋转手法对兔颈动脉粥样硬化血管拉伸力学特性的影响[J]. 医用生物力学, 2014, 05:454-458.





201505030946416

## 四、项目经费预算表（单位：万元）

总投入经费：400							
资金来源	小计	市科创委经费	国家财政经费	省财政经费	自筹资金		
					自有资金	银行贷款	其它
2016年	120	120	0	0	0	0	0
2017年	280	80	0	0	200	0	0
2018年	0	0	0	0	0	0	0
合计	400	200	0	0	200	0	0
支出预算							
支出科目	小计	1、自筹经费		2、市科创委经费			
		经费额	用途说明	经费额	用途说明		
一、基建费	0	0	无				
二、人员费	20	10	相关人员的劳务发放	10	相关人员的劳务发放		
1、课题负责人	0	0	无	0	无		
2、主要研究、开发、推广人员	20	10	研究生及聘用人员劳务费	10	研究生及聘用人员劳务费		
三、设备费	195	100	研制设备的参照设备、耗材购买	95	研制设备的参照设备、耗材购买		
1、购置费	15	0	无	15	工业级扫描仪购买		
2、试制费	180	100	打印机研制，支具网格生成及CAD交互	80	打印机研制，支具网格生成及CAD交互		
四、能源材料费	72	40	打印耗材及能源消耗	32	打印耗材及能源消耗		
1、材料易耗品费	65	35	打印耗材定制及消耗	30	打印耗材定制及消耗		



201505030946416

2、燃料及动力费	7	5	打印及设备、材料运输，电力、燃料	2	打印及设备、材料运输，燃料
五、试验外协费	63	30	算法的C语言并行计算转化	33	算法的C语言并行计算转化
六、会议差旅费	20	10	参加国内外会议，及香港大学交流差旅费	10	参加国内外会议，及香港大学交流差旅费
七、项目管理费	10	0	无	10	申请单位科研管理费
八、其它费用	20	10	三维重建算法及改进	10	三维重建算法及改进
合 计	400	200		200	

201505030946416

## 五、项目基本情况

项目阶段	前期研究
技术水平	国内领先
技术来源	合作开发
技术领域	

### （一）项目概述（上报人大审议内容，限150字）

（简要说明项目实施的主要内容和绩效目标）特发性脊柱侧弯支具全年消耗约40亿。传统支具通过倒模制造，厚重，透气性差，外观不佳，制造中心辐射面积有限，消耗大量人力。本研究期望通过3D扫描技术能够获取躯干三维数据，CAD自动生成支具模型（力学自适应网格），通过3D打印制造，扩大受众覆盖范围，降低医疗支出。本研究技术同样可以直接应用于其他支具的设计制造。

### （二）立项依据

#### 1.科学研究意义。（限300字以内）

本项目以脊柱侧弯矫形支具为研究样本，对骨科外固定支具的设计制造进行改良。特发性脊柱侧弯可致残，目前依靠支具及手术进行治疗，即使手术，支具仍是必要治疗手段。以往支具的制造需要耗费巨大的人力，取模过程复杂，需要倒模材料与病人接触，所形成支具厚重、透气性差，价格昂贵。3D扫描及打印技术可以替代传统取模及制造方法，除了能生成更为个性化的定制支具，自动化制造技术会大大降低人力资源，提高产品的制造精度，节约成本。3D扫描及打印技术会为传统骨科外固定支具制造行业注入新的活力，服务更多的患者。

#### 2.国内外研究/技术发展现状和趋势。（限1000字以内）

特发性脊柱侧弯可致残，目前依靠支具及手术进行治疗，占青少年总人口的0.1%需要支具治疗。即使手术，支具仍是必要治疗手段。以往支具的制造需要耗费巨大的人力，取模过程复杂，需要倒模材料与病人接触，所形成支具厚重、透气性差，价格昂贵。

3D扫描及打印技术可以替代传统取模及制造方法，除了能生成更为个性化的定制支具，自动化制造技术会大大降低人力资源，提高产品的制造精度，节约成本。

目前国内无成熟支具3D打印设计及制造技术，2014年3D Systems公司及斯坦福大学开始尝试支具的设计及打印，所采用技术为SLS（选择性激光烧结），刚刚开始进行临床实验。

但SLS技术设备价格高企，难以在普通支具中心进行配备。

而低成本的3D扫描技术已经随着深度摄像头、红外摄像头的发展逐渐普及，尤其是通过多个角度的普通相机或手机二维数码照片进行实体三维重建已经开始逐渐成熟，这更大大降低了3D扫描的应用门槛。

随着3D扫描及打印技术的快速发展及成本降低，构造出一套低成本扫描及打印设备，将会大大降低高精度3D打印支具的使用门槛，为更多的病人提供服务，创造更高的社会价值。

#### 3.预期的应用前景及项目社会效益。（限2000字以内）

以脊柱侧弯矫形支具为例，青少年人群中有约0.1%需要支具治疗，全国每年消耗支具价值约40亿，本项目所形成的方法将取代现有支具的制造方法。本项目的完成，将会生成一套低成本的脊柱模型获取方式，并能够通过远程方式将数据传回给制造中心，降低了各地配置支具中心的难度与成本，脊柱支具应用的覆盖面将更加广阔，将会大大降低由于错失治



疗时机而导致的致残结局，降低社会福利负担。脊柱支具的制造方式与肢体支具的制造方式相同，此项目将会进一步形成部分甚至全部支具的自动化设计和生产。

4.项目申报原因、前期准备及可行性论证。（限2000字以内）

#### 项目申报原因：

骨科外固定支具在临床工作中应用广泛，有足够的市场容量。

随着三维扫描技术的进展，通过**普通数码相机，结合特定的算法，即可对兴趣物体或人体进行三维重建**，根据需要，其精度可以达到毫米级甚至更高。

骨科外固定支具在临床中应用广泛，但对于需要个性化订造的外固定器具，目前仍然采用传统的倒模制造方法，需要消耗大量人力，时间，并且由于其制造过程需要专业矫形支具师全程参与，所以其制造能力有限，服务覆盖半径小，一般仅在大型城市才配备这类的矫形器中心。

3D打印中，最为成熟的**FDM打印机，价格低廉，其工业级产品精度及材料类型足可以制造骨科外固定支具**，但由于其打印速度、打印尺寸限制，对骨科外固定支具打印仍存在不足。

脊柱外固定支具，尤其是脊柱侧弯外固定支具具备所有倒模外固定支具的特点，且其尺寸要求较大，为了更充分的研究骨科外固定支具三维扫描、3D打印实现的可能性，本研究以此为研究样例。

本研究期望通过优化三维扫描及建模的流程，构建低成本的人体扫描方法，并通过CAD方式进行支具的设计，依据生物力学方式对支具结构进行优化，形成特定网格，配合特殊制造的大尺寸3D打印机进行打印制造。

#### 前期准备：

**三维重建研发条件：**本项目的参与人张慧的研究方向即为三维重建及相机标定，擅长通过二维图像进行三维重建，其发明的重建方法已开始实际应用，该方法所需硬件设备价格低廉，重建精度符合支具制作需求，本次研究即通过该方法针对脊柱形态获取进行改进。

**打印机研发条件：**广州捷和电子科技有限公司拥有垂直三轴定位3D打印机的自主知识产权



，该类打印机采用FDM方式打印，速度较传统的三轴联动打印机快约2倍，且可经过简单改造即可打印大体积物件。该公司亦获得了广州市创新基金支持，正在开发更为高效稳定的FDM及SLS尼龙粉末打印机。其技术储备为本项目的顺利进展提供了保障。

**生物力学研发条件：**主持单位拥有广东省生物力学重点实验室，实验室配备了Mimics三维重建软件，Anybody多刚体分析软件，Ansys有限元分析软件，Motionanalysis动态捕捉系统，光学非接触式应变仪，万能生物力学试验机，定制德国Novel压力分布检测软垫。已开展多项脊柱相关的基础生物力学研究及医疗器械的研制。本研究中所涉及方法均已熟练掌握。

#### **临床实验研发条件：**

本项目的参与人刘刚所在科室是南方医科大学第三附属医院康复医学科，病源充足，且该科室负责全院脊柱支具的定制与安装，在康复医学及脊柱矫形方面拥有丰富的经验。

#### **可行性论证：**

##### **1 组织方式：**

主持单位拥有广东省生物力学重点实验室，在生物力学领域有较强实力；北京师范大学-香港浸会大学联合国际学院在依据图像进行三维重建方面有较为丰富的经验；广州捷和电子科技有限公司擅长3D打印机研发及制造，拥有平行三角臂结构的金属FDM打印机独立知识产权。以高校牵头，校企合作方式进行产品的开发及产品化。

##### **2 研究团队：**

陈超，医学博士，副教授，新加坡国立大学访问学者。曾主持国家自然科学基金一项，该项目中的脊柱空间定位方式是本研究中关于躯干及脊柱空间形态的低成本获取方式之一。主持2项广东省科技计划，参与新加坡卫生部的OPTIMAL骨质疏松流行病学研究，发表文章38篇，其中SCI收录3篇，主要涉及骨质疏松脊柱形态分类与骨折风险，基于MRI的椎体形态自动获取，及相关骨生物力学研究。获得国家发明专利1项。

张慧，计算机科学博士，副教授。发现并研究了一种基于圆环单应性的方法，跟最先进的非线性方法相比，第一次用线性的方法，成功的解决了以球体完成照相机标定的问题。另一项贡献是基于轮廓信息从转台运动中恢复相机参数完成运动恢复，从而提高三维模型重建的效率及精度。该研究发现圆环点可被转台运动中蕴含的图像不变量恢复，并提出从一



维运动中可获得鲁棒的解。两个成果分别发表于2008年和2009年《IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence》。以上方法与基于点对应方法不同，由于基于轮廓完成运动恢复与三维重建，对于纹理特征不丰富的物体图片，也可以取得较好的运动与形状恢复结果。另外，同时结合特征点与轮廓恢复模型的三维结构，也做了相应研究取得了较好效果。

刘刚，医学博士，主任医师。为南方医科大学第三附属医院康复医学科主任。长期从事康复医学的临床及基础研究，对中风后姿态控制、关节功能的支具保护及康复有丰富的经验。所在科室负担全院的支具定制工作，尤其是脊柱疾病的保守治疗，及术后康复支具的定制。

李一奇，英国阿尔斯特大学计算机专业毕业，理学学士。是本项目参与打印公司的创始人。现任总经理。一直负责产品研发监督工作，主要负责的项目有：3D打印机传动机构的研发，3D打印机喷头挤出机构的研发，3D打印机供料机构的研发，3D打印机建模系统的研发。

### （三）科学研究内容、方法、技术路线

#### 1.研究目标。（限1000字以内）

##### （1）脊柱的非接触3D扫描与支具设计CAD自动化

根据现有脊柱支具倒模制作的方法，使用低成本3D扫描设备实现人体躯干的快速扫描，其精度应等于或高于现有倒模方法。3D扫描后将能够获得脊柱在空间中的形态，标定（可以在扫描之前设置某些椎体的mark点，比如，胸1椎体和腰5椎体，或者更多椎体）相应椎体的位置（可以根据已知各椎体在整体脊柱所占比例来进行估计），根据脊柱侧弯的不同部位确定支具需要加强的部位，将侧弯的脊柱（在附件中是脊柱侧弯的大概形式，以及现有倒模支具的形式）通过CAD进行仿真矫正，在矫正的躯干模型上形成具有局部加强作用的脊柱网格支具模型。

##### （2）支具专用高效率打印机研制

配合支具制造需求，定制打印机，比如大尺寸低精度高效率的FDM打印机，或粉末打印机。打印机最终的要求是，低成本，符合支具制作精度，高效率。

##### （3）支具的生物力学验证

对支具打印材料特性，填充形式，以及网格进行生物力学强度验证。并进行初步的临床验证。

#### 2.科学研究内容。（限2000字以内）

##### （1）人体躯干的三维重建

重建三维人体躯干模型：

方法一，基于照片重建稀疏点云的方法，优点：重建速度快缺点：预期精度有待测试



201505030946416

方法二，基于高精度模型数据库的方法，优点：精度高速度快缺点：需要预先扫描人体数据库

方法三，基于视频重建高密度点云的方法，优点：重建速度慢缺点：预期精度较高

## （2）支具CAD自动化及网格生成

网格结构的生成与优化：在得到人体躯干模型后，基于算法在模型表面生成均匀分布的支撑点，并通过支撑点大小的优化、拓扑结构优化和几何优化，结合脊柱支具的目的，确定最后的支撑点，连接支撑点生成网格脊柱支具的网格结构。

## （3）大体积支具专用打印机研制

## （4）支具填充形式及网格强度的生物力学验证

为降低支具本身重量，同时提高其结构强度，支具采用中空结构打印，其填充形式可以选择多种，但不同的填充形式在强度方面有所差异，在脊柱支具中如何更高效、更低填充的方式进行打印，需要通过对不同形式填充进行详细测试，以确定最终的填充方式和填充率。

## （5）脊柱支具的临床验证

进行舒适度及临床矫正效果的验证

### 3.拟解决的关键技术问题。（限2000字以内）

#### （1）三维重建精度及速度：

优化网格结构与矫正器目的相容性差。三维重建精度不高，重建速度较慢，通过不断优化算法进，同时结合所述三种方法的优缺点进行，克服以上问题。

#### （2）大体积打印机可能会面临误差叠加的问题，

目前的三轴打印机理论上可通过增加悬臂长度及传动件间距离进行调整，以打印更大物件，但增加长度的悬臂及机器尺寸可能导致打印误差加大，需要有针对性的进行调整，或更改打印方式。

#### （3）FDM打印结构强度

FDM打印在打印平行层面的强度相对较低，而垂直层面的强度较高，利用该类打印机进行打印，如打印方向控制不好，则可能导致支具承受负荷能力降低，打印材料的选择不合适也可能造成强度降低，可通过更换为低成本的粉末打印机解决，该合作公司所生产的低成本SLS尼龙粉末打印机可作为替代。



201505030946416

#### 4.项目主要创新点。（限1000字以内）

首次尝试通过低成本3D扫描及CAD自动化的方式进行脊柱支具的设计，并通过3D打印的方式进行制造。

#### 5.采用的方法、技术路线以及工艺流程。（限2000字以内）

##### （1）重建三维人体躯干模型：

##### **备选方法一，基于照片重建稀疏点云的方法**

由于人体后背光滑缺乏纹理，无法提取必要的特征点信息，本方法拟对人体后背设计一弹性特征贴，与背部皮肤紧密贴合。同时，特征贴的图案配合人体躯干形状和脊椎位置，可帮助提高躯干模型重建精度。拍摄前将特征贴片贴于后背皮肤表面。过程分为以下步骤：

- 1) 用手持相机拍摄病人躯干后背多幅图片，
- 2) 提取各图中特征贴片上的特征信息并匹配，
- 3) 利用立体成像和极线几何原理，获取相机内外运动参数，恢复人体躯干稀疏点云模型。
- 4) 利用B样条曲面拟合后背，在脊柱附近采取较密分布样条曲面控制点以对细节更精准控制。

##### **备选方法二，基于扫描人体以及相应X光脊椎成像数据库**

基于已扫描的人体数据库及相应X光脊椎成像数据库，利用两张或以上图片匹配构建特定病人的躯干三维模型。过程分为以下步骤：

- 1) 归一化扫描人体的模型数据
- 2) 对扫描人体三维点做平均值获取平均躯干，并获得各个模型对均值的差
- 3) 使用PCA降维获得最模型控制的特征变量，构建可变形躯干模型
- 4) 针对脊柱侧弯特定病人用手持相机拍摄躯干背部正面及侧面两张或多张图片，使用投影能量最小化的方法获取特定病人的躯干模型。





201505030946416

### 备选方法三，基于视频重建高密度点云的方法

- 1) 用手持相机拍摄病人躯干后背视频，
- 2) 利用方法一获取稀疏重建点云
- 3) 利用像素块对应获取高密度点云，并构建躯干三维模型。

## (2) 支具CAD自动化及网格生成

### 网格结构生成与优化：

根据算法生成一种新的网格结构的脊柱支具，进而实现脊柱支具重量轻、透气性好、时尚度高、科技感强的特性。

网格结构初始化：使用算法产生均匀分布的支撑点，连接支撑点形成网格结构。

缺点：容易造成打印材料的浪费，并且矫正效果不好。所以，要对网格结构进行优化。优化的部分包括以下三个方面：

### 节点大小的优化：

由于患者佩戴矫正器时也会进行日常活动，对网格结构的强度需要一定的要求。控制网格结构强度的因素有两点，一是来自于材料的形变量，即给这个材料的一个力，在保证材料不会断掉的情况下，材料的最大变形量，这是一个物理属性，是没办法进行修改的。而另一个因素就是这个网格结构不同节点半径的大小，即不同支撑点连接杆的粗细，过细会导致网格在受到一个较小的力的时候出现断裂，而过粗又会造成材料的浪费。而优化过后的节点大小，即可以保证脊柱支具在受外力的情况下，形变量保持在可承受范围内，又可以保证材料不会浪费。

### 拓扑结构优化：

由于在初始化选择点的时候是采用均匀分布算法得到的点，这种情况下必然会出现一些冗余点，冗余点不仅会导致网格结构美观、透气性及重量的问题，也会导致材料浪费的问题，这时候就可以根据算法来删除冗余点。并且，结合脊柱支具矫正器的目的，需要根据脊柱侧突的不同部位确定支具需要加强的部位，即要在这些加强部位增加支撑点，以提高患者在某些特定姿势时矫正器给患者的阻力，达到矫正的目的。同时，增加的支撑点也要满足拓扑结构优化。



## 几何优化：

在完成两步优化之后，还要对网格结构进行几何优化。根据脊柱支具矫正器的支撑结构，会存在某些支撑结构是冗余的，而支撑结构是通过连接支撑点生成的，这时候就需要再删除掉这些冗余结构，调整相应支撑点的位置，重新生成网格结构。

### (3) 大体积支具专用打印机研制

并行机械臂的传动机构，可以增加导向杆的长度和强度，从而提升打印工件的高度，以及增大各个传动组件的间距，从而提升打印工件的长度和宽度，通过这种方式，不需要对机械结构做复杂的调整，从而降低打印成本，同时也增加了3D打印机的适用范围。为实现打印大体积支具和高强度的物理特性，采用恒温箱设计，让打印机可以适应更多高强度打印材料。同时采用国际领先的双喷头设计，可以打印水溶性支撑材料，让3D打印机能够适用任意设计的支具图形。

### (4) 支具填充形式及网格强度的生物力学验证

#### 填充形式的验证：

制作同一直径、同一材料，不同填充率、不同填充角度、不同打印方向所形成圆柱体，每组若干个试件，放置在生物力学试验机上，对其进行加载测试，了解应力-应变、负荷-变形、负荷-时间、负荷-位移、位移-时间、变形-时间的参数，以强度为最终参考，获得最优的填充方式。

**网格强度及形式的验证：**受试病人穿着传统脊柱矫正支具，在支具与人体间加入Novel定制压力软垫，测量人体在静止及运动状态下支具与人体间的压力变化，预测支具所承受负荷，用以指导网格的生成形式及强度。在测量压力的同时，在支具表面附加反光标志点，通过Motionanalysis系统测试支具的形变。反馈测试结果，调整网格生成方式，直至与传统支具相同。

### (5) 临床实验

临床选取约20名脊柱侧弯病人，男女各半，符合支具佩戴的适应症。分成2组，每组男女各半，一组为传统支具组，另外一组为打印支具组。佩戴经力学实验验证的具有特定填充形式及网格的支具及传统和支具，分别观察记录患者所体验到的舒适性，佩戴后的矫正效



201505030946416

果。

#### （四）项目实施过程中可能遇到的风险及规避措施

##### 1.风险（限1000字以内）

（1）三维重建速度过慢

（2）3D打印强度过低及速度过慢

（3）大体积打印机成本及误差叠加

##### 2.规避措施（限1000字以内）

（1）三维重建速度过慢

重建速度主要取决于图像的精度、复杂程度及拍摄环境，后两者均可通过限制拍摄场景达到目标。对于精度，由于传统支具制作方式为手工操作，具有一定的误差，所以在本研究中所采用的三维扫描方式的最低精度将会参考手动倒模的精度，在此基础上最大限度的提高精度，并提高速度。

（2）3D打印强度过低及速度过慢

打印强度主要取决于打印结构的特点及材料的物理特性，打印结构可以通过程序及生物力学实验结果进行改进，材料可以通过定制材料解决。

打印速度过慢可以通过改进打印机，或者更改生产方式进行处理，如可预先批量生产出具有共性的组件，而个性组件通过打印完成并最终装配。本研究的目标是一次性打印完成。

（3）大体积打印机成本及误差叠加

通过改进三角臂的结构和打印算法降低叠加误差。



201505030946416

(五) 主要考核指标			
1、主要技术指标（如形成的新技术、新产品、新装置、论文专著等数量、指标及其水平、取得国际、国家、行业标准等）			
序号	成果形式		成果数量
1	发明专利（项）	申 请	1
		授 权	1
2	实用新型专利（项）	申 请	3
		授 权	3
3	外观设计专利（项）	申 请	0
		授 权	0
4	国外专利（项）	PCT受理	0
		授 权	0
5	获得省级奖项（项）		0
6	获得国家级奖项（项）		0
7	引进人才（人）		0
8	培养人才（人）	博 士	0
		硕 士	3
		学 士	0
9	科技人才奖励（人）		0
10	技术标准制定（个）	牵 头	0
		参 与	0
11	软件著作权（项）		1



201505030946416

12	论文论著（篇）	SCI	1
		EI	1
		ISTP	0
		中文核心期刊	3
			0

2016年广州市科技计划项目申报书



201505030946416

序号	成果形式	成果数量	参数/指标说明
13	新产品（或新材料、新装备、新品种/系）	1	脊柱支具打印机 1套
14	新工艺（或新方法、新模式、新技术）	1	脊柱三维模型重建 方法

其他成果及形式说明。（限500字以内）

无

2、主要技术经济指标及社会效益	
*累计新增销售收入（万元）	0
*累计新增利税（万元）	0

\*其他主要技术经济指标及社会效益说明。（限1000字以内）

以脊柱侧弯矫形支具为例，青少年人群中有约0.1%需要支具治疗，全国每年消耗支具价值约40亿，本项目所形成的方法将取代现有支具的制造方法。本项目的完成，将会生成一套低成本的脊柱模型获取方式，并能够通过远程方式将数据传回给制造中心，降低了各地配置支具中心的难度与成本，脊柱支具应用的覆盖面将更加广阔，将会大大降低由于错失治疗时机而导致的致残结局，降低社会福利负担。脊柱支具的制造方式与肢体支具的制造方式相同，此项目将会进一步形成部分甚至全部支具的自动化设计和生产。

本项目实施过程中，计划获得如下成果：

专利4项

脊柱支具CAD自动生成软件一套

脊柱支具专用3D打印机一套

脊柱三维模型重建新方法 一套（由二维照片转三维模型）

发表论文5篇，其中SCI或EI收录2篇，中文核心期刊收录3篇

培养硕士研究生3名



201505030946416

六、工作进度安排

时间进度	阶段目标主要内容及成果	自筹资金（到位）	
		金额（万元）	出资单位
2016-04-01 至 2017-03-31	三维重建方法的选择，支具自动网格化，算法的编写及初步应用。大体积3D打印机的构造。小规模打印实验验证。申报专利1项，发表文章2篇。	0	无
2017-04-01 至 2018-03-31	支具填充形式及网格的生物力学验证，反馈验证信息改进3D打印机、三维重建算法及自动网格生成方法。申报专利3项，发表文章2篇。	200	广州捷和电子科技有限公司
2018-04-01 至 2019-03-31	支具临床实验，器械注册申报，撰写结题报告。发表文章1篇，完成算法1套，打印机样机1套，CAD自动建模软件1套，培养硕士研究生3名。	0	无
合计		200.00	

其它需要说明的事项（限1000字以内）：

无



201505030946416

设备仪器购置明细表							
序号	名称	购置来源	数量	预计费用		是否政府采购	备注
			台或套	单价	总价		
1	HandySCAN 3D 手持式三维 扫描仪	Creamform 公司	1	15	15	否	本设备属于工业级手持式三维扫描设备，用于本研究中二维转三维模型算法的验证。
	合计		1		15		





201505030946416

## 七、项目申报单位与参加单位合作内容

申报单位名称：南方医科大学中医药学院

任务分工：脊柱支具的生物力学及临床验证

知识产权分配：拥有生物力学相关知识产权，当其产权内容与其他单位交叉时，单位间协商分配。

市科技创新委经费分配额度(万元)：80

自筹经费出资额度(万元)：0

筹经费到位时间：2017-01-01

其他主要内容：

经办人：（签章）

联系电话

法定代表人：（签章）

公章

年 月 日

参加单位（1）名称：北京师范大学香港浸会大学联合国际学院

任务分工：三维建模，网格生成算法

知识产权分配：拥有三维重建及网格生成算法产权，当其产权内容与其他单位交叉时，单位间协商分配。

市科技创新委经费分配额度(万元)：50

自筹经费出资额度(万元)：0

自筹经费到位时间：2017-01-01

其他主要内容：

经办人：（签章）

联系电话

法定代表人：（签章）

公章

年 月 日

参加单位（2）名称：广州捷和电子科技有限公司

任务分工：专用打印机研制

知识产权分配：拥有打印机相关知识产权，当其产权内容与其他单位交叉时，单位间协商分配。

市科技创新委经费分配额度(万元)：50

自筹经费出资额度(万元)：200

自筹经费到位时间：2017-01-01

其他主要内容：

经办人：（签章）

联系电话

法定代表人：（签章）

公章

年 月 日



201505030946416

参加单位(3)名称：广州市德颖医疗器械有限公司

任务分工：支具制造，相关资质提供，医疗器械注册申报

知识产权分配：拥有支具制造相关知识产权，当其产权内容与其他单位交叉时，单位间协商分配。

市科技创新委经费分配额度(万元)：20

自筹经费出资额度(万元)：0

自筹经费到位时间：2017-01-01

其他主要内容：

经办人：(签章)

法定代表人：(签章)

联系电话

公章

年 月 日



201505030946416

八、 审核意见

申报单位意见：	
负责人：（签章）	（单位盖章） 年 月 日
组织单位意见：	
负责人：（签章）	（单位盖章） 年 月 日



201505030946416

九、附件信息

1.指定附件

序号	附件类型	附件名称
1	法人证书、或营业执照或社会组织登记证	法人证书1.JPG
2	组织机构代码证	组织机构代码证1.JPG
3	项目组成员身份证明材料（身份证、护照等）	成员身份证.doc
4	可行性研究报告	可行性报告-产学研重点.pdf
5	已获得的有关成果	已获得的有关成果.doc
6	前期承担的相关项目	前期承担的相关项目.doc
7	合作协议（有合作单位联合申报项目的必传，无则不用传）	四方合作协议及自筹资金承诺.pdf

2.其他附件

序号	附件类型	附件名称
1	知识产权情况证明	发明专利-一种模拟成人脊柱形态的反光标志带
2	知识产权情况证明	实用新型专利证书-3D打印机的喷头传动机构及具有该机构的3D打印机
3	知识产权情况证明	实用新型专利证书-3D打印机的出料机构
4	知识产权情况证明	实用新型专利证书-3D打印机的送料机构
5	知识产权情况证明	实用新型专利证书-膝关节骨性关节炎减负调节支具
6	单位证书	广州市3D打印技术产业联盟
7	单位证书	广东省3D打印产业创新联盟
8	伦理证明	伦理证明
9	自筹资金承诺	自筹资金承诺