

牙科椅不同俯仰角度的人体舒适度研究

胡志刚, 孙泽明, 马园园
(陕西科技大学, 西安 710021)

摘要: **目的** 通过研究牙科椅俯仰角度的变化与人体舒适度之间的关系, 为改善牙科椅的设计提供有力的参考依据。**方法** 测试不同俯仰角度下人体主观舒适度, 基于 CATIA (交互式 CAD/CAE/CAM 系统) 人机工程设计与分析模块, 在导入的牙科椅模型中引入三维人体模型, 建立虚拟人机关系, 结合人机工程学理论, 对不同俯仰角度下人体姿态的舒适度进行仿真分析, 利用 SPSS 统计分析软件对所得的数据处理。**结论** 牙科椅俯仰角度从 0° 转到 60° 的过程中, 人体舒适度分值呈先上升后下降的趋势。人体最舒适的牙科椅俯仰角度为 30° , 最不舒适的角度为 0° , 同时验证了 CATIA 人机工程设计与分析的可行性。

关键词: 牙科椅; 俯仰角度; CATIA (交互式 CAD/CAE/CAM 系统); 人机工程
中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)16-0108-05

Human Body Comfort Degree in Different Pitch Angle of the Dental Chair

HU Zhi-gang, SUN Ze-ming, MA Yuan-yuan
(Shaanxi University of Science & Technology, Xi'an 710021, China)

ABSTRACT: By studying the relationship between the change of the pitch angle of the dental chair and the human body comfort, it aims to provide reference for improving the design of the dental chair. The human subjective comfort under different pitch angle is tested. Simulation analysis of the body posture comfort in different pitch angle is done based on CATIA(Computer Aided Tri-Dimensional Interface Application) man-machine engineering design and analysis module, introducing 3D human body model in the dental chair model, establishing virtual human-machine relationship, and combined with ergonomics theory. The data are processed by statistical analysis software SPSS. In the process of the pitch angle of the dental chair from 0° to 60° , the comfort score of the human body first increases and then decreases. The most comfortable dental chair pitch angle is 30° , the most uncomfortable degree of pitch angle is 0° , and the research verify the feasibility of the design and analysis of CATIA ergonomics.

KEY WORDS: dental chair; pitch angle; CATIA; ergonomics

牙科椅是牙科综合治疗机的重要组成部分, 直接关系到病人的舒适性与安全性。根据技术和诊断的需要, 很多牙医通过调节牙科椅的俯仰角度使手术更方便进行, 而经常忽略病人的舒适感受, 引发紧张情绪, 影响医生的工作效率。目前, 关于牙科椅基本是从牙医的角度进行研究的^[1-3], 而较少从病人的角度来研究^[4]。王殊轶^[5]等人通过研究牙科椅的倾仰角度变化, 对人体肌电影响及背部压力分布的影响, 为牙医手术过程中权衡手术需要与病人舒适性提供有力的参考

依据, 但没有指出牙科椅设计的不合理之处。

计算机的发展使人机仿真方法被越来越多地应用到座椅的研究与设计。康瑞婷^[7]等人基于 CATIA (Computer Aided Tri-Dimensional Interface Application) 从驾驶员舒适性角度, 对客车驾驶室进行了人机工程学设计, 建立了人体坐姿模型, 进行了驾驶员坐姿舒适度分析与校核, 并对人体的坐姿舒适性评估。赖泽鑫^[8]通过研究牙科 PD 理论中的医生与病人的规范化治疗姿势, 并在 CATIA 中进行模拟分析确

收稿日期: 2017-03-23

基金项目: 陕西省科学技术研究与发展计划项目(2015GY179, 2016GY-253); 咸阳市科学技术研究计划项目(2014K03-14)

作者简介: 胡志刚(1977—), 男, 浙江人, 陕西科技大学副教授, 主要研究方向为人机工效、创新方法与平台关键技术。

通讯作者: 孙泽明(1992—), 男, 河南人, 陕西科技大学硕士生, 主攻人机功效与设计。

定了最佳作业姿势来对儿童牙科综合治疗台进行设计。本文从病人的角度测试牙科椅处于不同俯仰角度时人体主观舒适度，基于 CATIA 人机工程设计与分析模块，在导入的牙科椅模型中引入三维人体模型，建立虚拟人机关系，结合人机工程学理论，对不同俯仰角度下人体姿态的舒适度进行仿真分析，检验牙科椅设计的合理性，从而为改善牙科椅的舒适度设计提供有力的参考依据，同时对提高牙医手术过程病人的舒适度具有现实的意义。

1 现代牙科椅简介

牙科椅主要供口腔手术及口腔疾病的检查和治疗时使用。目前多采用电动牙科椅，主要由头枕、靠背、坐面、扶手、支架、底板等部分组成，其工作原理是控制开关启动电动机运转并带动传动机构工作，使牙科椅相应部件产生移动，可完成上升、下降、俯、仰体位和复位等动作。牙科椅的俯仰角度范围一般为 $60^{\circ} \sim 78^{\circ}$ 。以陕西咸阳西北医疗器械（集团）有限公司的某款电动牙科椅为代表进行舒适度研究，见图 1。



图 1 被试者主观测试示意

Fig.1 Schematic diagram of subjects' subjective test

2 牙科椅主观舒适度评价

采用问卷调查的形式进行测试，从非常不舒适到非常舒适分为 15 个量级，评价包括牙科椅处于不同俯仰角度时整体和身体局部舒适度评价^[9-10]。

2.1 实验对象

被试者为 25 名正常成年人，年龄分布在 23 ~ 26 岁，身高分布在 155 ~ 180 cm，体重分布在 45 ~ 80 kg，身体健康，没有肌肉酸痛等不适。

2.2 实验方法

牙科椅俯仰角度定义为靠背与水平面之间的夹角，即图 1 中的 θ 角，采用数显角度尺来确定。根据牙医的操作与建议，将牙科椅的俯仰角度划分为 0° ， 10° ， 20° ， 30° ， 40° ， 50° ， 60° 等 7 个角度^[3-5]。

实验前，给每位被试者讲解实验流程及注意事项，体验下牙科椅处于不同俯仰角度时的感受。然后进入正式测试阶段，依次让被试者躺在牙科椅上，身体放松，测试 10 min 后，进行主观舒适度评价。每次测完后，中间休息 3 min，缓解身体疲劳，然后改变牙科椅的俯仰角度，重新测试。

2.3 实验结果分析

利用 SPSS 数据分析软件，取 25 位实验对象评分的平均值作为舒适度的分值。主观舒适度与牙科椅俯仰角度的关系见图 2，由图 2 得出，牙科椅俯仰角度从 0° 转到 60° 的过程中，人体舒适度分值呈先上升后下降的趋势。 30° 时整体主观舒适度最高， 50° 略低于 30° ， 0° 时最低。整体主观舒适度等级顺序为： $30^{\circ} > 50^{\circ} > 40^{\circ} > 20^{\circ} > 10^{\circ} > 60^{\circ} > 0^{\circ}$ ， 30° 时颈部主观舒适度最高， 0° 时最低；颈部主观舒适度等级顺序为： $30^{\circ} > 50^{\circ} > 20^{\circ} > 40^{\circ} > 10^{\circ} > 60^{\circ} > 0^{\circ}$ ， 30° 时背部主观舒适度最高， 60° 时最低；背部主观舒适度等级顺序为： $30^{\circ} > 40^{\circ} > 50^{\circ} > 20^{\circ} > 10^{\circ} > 60^{\circ} > 0^{\circ}$ ， 50° 时腰部主观舒适度最高， 0° 时最低；腰部主观舒适度等级顺序为： $50^{\circ} > 30^{\circ} > 40^{\circ} > 60^{\circ} > 20^{\circ} > 10^{\circ} > 0^{\circ}$ ， 30° 时大腿主观舒适度最高， 0° 时最低；大腿主观舒适度等级顺序为： $30^{\circ} > 40^{\circ} > 20^{\circ} > 10^{\circ} > 50^{\circ} > 60^{\circ} > 0^{\circ}$ 。

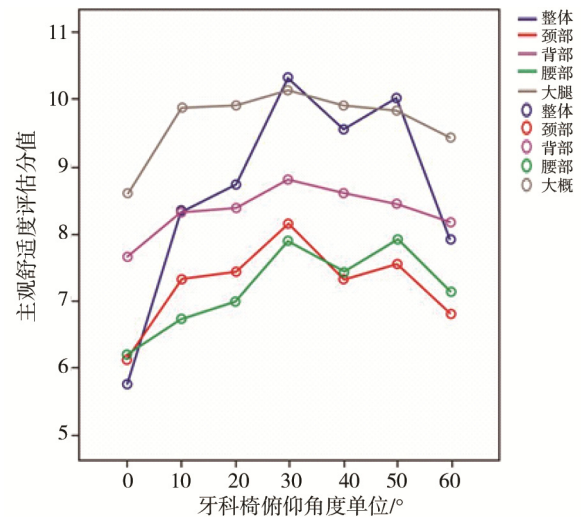


图 2 主观舒适度与牙科椅俯仰角度的关系

Fig.2 The relationship between the subjective comfort and the pitch angle of the dental chair

颈部和腰部的分值普遍较低，说明头枕和靠背设计的不是很合理，需要进行改善。大腿评分相对其他部位分值比较高，表明大腿比较舒适，坐面设计比较合理，并且评分波动趋势比较稳定，表明大腿的舒适度感受不明显。

当俯仰角度从 $0^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 时，人体的重心不断向下移动， $0^{\circ} \sim 30^{\circ}$ ，靠背只有一个肩部支撑点，受力最大且在逐渐减小，腰部的支撑不足，容易产生肌肉疲

劳,表现出人体舒适度逐渐增大;当牙科椅上升到一定角度即 30°时,人体后背的两个主要支撑点肩部和腰部共同受力,臀部也有足够的支撑,双腿自然放松,此时人体舒适度表现出明显的舒适性;之后腰部受力逐渐增大,肩部受力仍在减小,表现出人体舒适度逐渐减小。牙科椅的坐面一般都有一定倾斜角度,在 0°时,由于人体上半身位置高度低于下半身,易导致血液回流,使人非常不舒服,整体舒适度下降。综合人体主观舒适度评价,当牙科椅处于 30°时,病人的舒适度最高;0°时,病人的舒适度最低。

3 基于 CATIA 的牙科椅人机仿真分析与评价

3.1 建立牙科椅模型

以图 1 牙科椅为例,利用三维建模软件 Creo 按

照 1:1 的比例,将牙科椅的各个部分的零件建模出来,然后按照它们之间的约束关系进行装配设计,最终完成牙科椅的模型创建。

3.2 建立人体模型

人体模型的创建,首先要根据产品的实际应用对象,确定人体尺寸的百分位数。CATIA 人体模型库中有美国、加拿大、法国、日本、韩国、德国和中国台湾 7 个国籍人群的人体模型,不同地区的人群,由于民族、气候条件、饮食结构等方面的长期影响,人体尺寸存在着差异。为了实现牙科椅的功能,本文以第 50 百分位数的中国台湾人体模型为基础,根据 GB/T 10000—1988《中国成年人人体尺寸》与 GB/T 12985—1991《在产品设计中应用人体百分位的通则》对人体模型的尺寸进行修正,见图 3,确定符合要求的最佳人体模型。

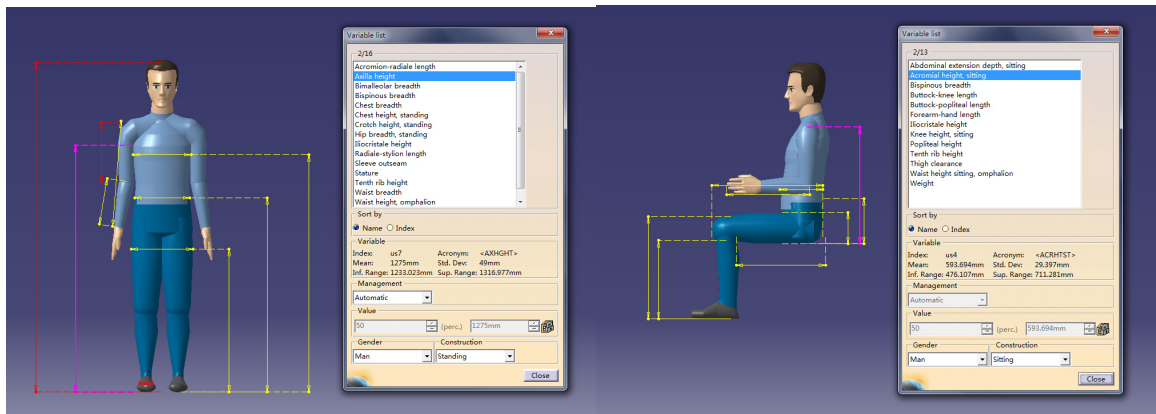


图 3 人体模型尺寸编辑
Fig.3 Human body model size edit

3.3 人体模型姿态分析与评价

利用 CATIA 的 DMU 模块,实现靠背的旋转运动。将人体模型放到牙科椅上,调整各部位的角度使人体模型与牙科椅椅面贴合。根据《人体主要关节的最大活动范围和能舒适调节的范围》^[12]的已知数据,CATIA 中人体模型的关节活动范围及真实人体的主观舒适度评价,对人体模型的姿态进行定量评估。把

人体相关部位的活动范围合理地划分为 5 个等级,分别为非常舒适、比较舒适、一般舒适、不舒适和非常不舒适,对应的分数分别设定为 100, 90, 80, 70 和 60,见表 1,对应的颜色分别设定为蓝色、绿色、黄色、桔黄色和红色。牙科椅俯仰角度 60°时,人体模型大腿部位首选角度编辑见图 4,其中绿色箭头表示旋转角度的上极限,黄色箭头表示旋转角度的下极限,蓝色箭头表示该编辑部位的当前位置^[13]。

表 1 人体相关部位活动范围等级划分
Tab.1 Range of activities classification of the human body relevant parts

部位	分值				
	60	70	80	90	100
颈部	+15° ~ +23.775°	+10° ~ +15°	-20.175° ~ -10°	0° ~ +10° -10° ~ -5°	-5° ~ 0°
背部	-10.286° ~ -5°	+10° ~ +14.873°	-5° ~ 0°	+5° ~ +10°	0° ~ +5°
腰部	-9.521° ~ 0°	+30° ~ +37.441°	+15° ~ +30°	+5° ~ +15°	0° ~ +5°
大腿	+45° ~ +113°	-18° ~ -5°	-5° ~ +15° +35° ~ +45°	+25° ~ +35°	+15° ~ +25°

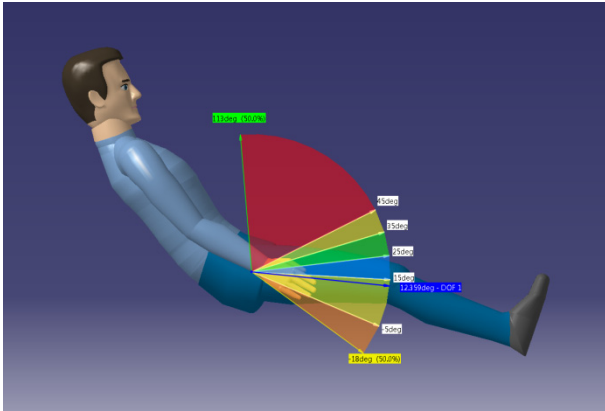


图 4 人体模型大腿部位首选角度编辑
Fig.4 Thigh preferred angle edit of the human body model

首选角度编辑完成后，生成姿态评估报告。牙科椅俯仰角度 60°时人体模型的评估分析列表，见图 5，评估结果的分值是按百分比的形式表示的，用来衡量姿态的舒适程度，分值越高表示姿态越舒适。然后调节牙科椅的俯仰角度，重新评估分析。图表式见图 6。

Segments	Side	Angle (deg)	Result (%)	Score
All (all DOF)			85.1	
All			85.1	
Selected				
Favorite				
Lumbar (Spine)		30.231	66.2	60.0
Thoracic (Spine)		-5.183	84.4	70.0
Thigh	L	12.359	89.8	80.0
	R	12.359	89.8	80.0
Neck		11.220	71.7	70.0
Other				
Leg	L	13.000	97.0	100.0
	R	13.000	97.0	100.0
Customized				

图 5 列表式
Fig.5 List type

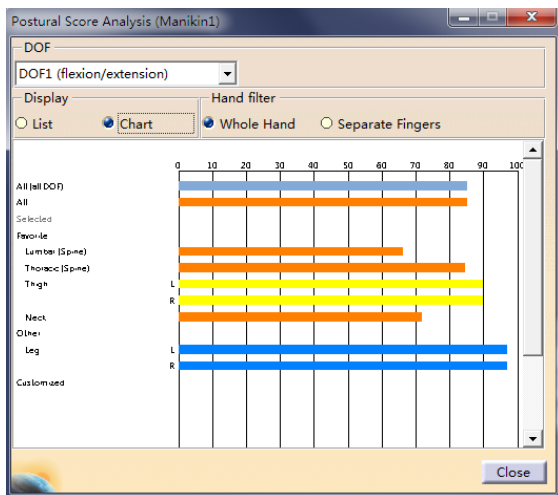


图 6 图表式
Fig.6 Chart type

将牙科椅在不同俯仰角度下所生成的评估报告数据导入到 SPSS 中进行分析，取每个俯仰角度 5 次测量所得的平均值作为人体模型舒适度的分值。

人体模型舒适度与牙科椅俯仰角度的关系见图 7，由图 7 得出，牙科椅俯仰角度从 0°转到 60°的过程中，人体模型的舒适度分值呈先上升后下降的趋势，30°时整体舒适度最高，50°略低于 30°，0°时整体舒适度最低。整体舒适度等级顺序为：30°>50°>40°>60°>20°>10°>0°，30°时颈部舒适度最高，0°时最低；颈部舒适度等级顺序为：30°>50°>20°>40°>60°>10°>0°，30°时背部舒适度最高，0°时最低；背部舒适度等级顺序为：30°>40°>20°>10°>50°>60°>0°，30°时腰部舒适度最高，0°时最低；腰部舒适度等级顺序为：30°>50°>40°>20°>10°>60°>0°，30°时大腿舒适度最高，0°时最低；大腿舒适度等级顺序为：30°>50°>40°>60°>20°>10°>0°。

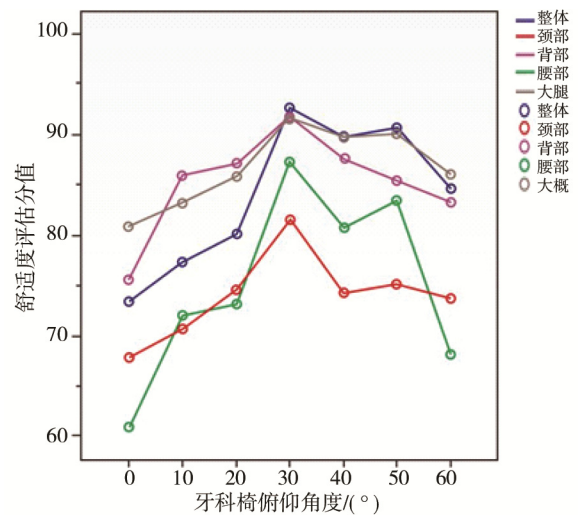


图 7 人体模型舒适度与牙科椅俯仰角度的关系
Fig.7 The relationship between the comfort of the human body model and the pitch angle of the dental chair

综合人体模型的舒适度评价，当牙科椅处于 30°时，病人的舒适度最高；当牙科椅处于 0°时，病人的舒适度最低。

由图 2 和图 7 可知，基于 CATIA 人体模型舒适度客观得出的结论与人体主观评价得出的结论基本相一致，从而验证了 CATIA 人机工程设计与分析的可行性。

4 结语

(1) 牙科椅俯仰角度从 0°转到 60°的过程中，人体整体及局部舒适度分值呈先上升后下降的趋势。30°时，人体舒适度评分最高，50°略低于 30°，0°时，舒适度评分最低。从牙医手术来看，牙科椅俯仰角度

为 30°时,能进一步接近病人的头部,方便医生操作,因此建议牙医根据手术需要和病人的舒适性,可将牙科椅的俯仰角度调整到 30°~50°。(2)颈部和腰部的舒适度评分普遍较低,说明头枕和靠背设计得不是很合理,需要进行改善。此外,牙科椅上没有显示角度的信息,其俯仰角度是通过数显角度尺测量出来的,为了便于牙医比较准确地调节牙科椅的俯仰角度来改善病人的舒适度,可以在牙科综合治疗机操作面板上添加俯仰角度数字显示器。(3)基于 CATIA 的人体模型舒适度客观得出的结论与人体主观评价得出的结论基本相一致,从而验证了 CATIA 人机工程设计与分析的可行性。本研究为改善牙科椅的舒适度设计提供了科学的依据,有助于提高设计的效率,避免实物样机临床试验后多次修改等缺点,有效缩短开发周期。

参考文献:

- [1] SHRESTHA B P, SINGH G K, NIRLAULA S R. Work Related Complaints among Dentists[J]. Journal of Nepal Medical Association, 2008, 47(170).
- [2] 王晓琼, 李强, 陈永进, 等. 牙医操作姿势位对肩颈部肌肉肌电影响的研究[J]. 牙体牙髓牙周病学杂志, 2010(7): 386—389.
WANG Xiao-qiong, LI Qiang, CHEN Yong-jin, et al. Study on the Degree of Dentists Self Comfort and Dero Shoulder Muscles EMG of Dentist in Different Postures[J]. Chin J Conserv Dent, 2010(7): 386—389.
- [3] 王殊轶, 于成龙, 杨鹏, 等. 牙科坐椅倾仰角度调节对病人舒适性影响的综合研究[J]. 工业工程与管理, 2014(5): 99—103.
WANG Shu-yi, YU Cheng-long, YANG Peng, et al. A Comprehensive Study of Regulating Dental Chair Seat Back Angle Effecting on Patient Comfort[J]. Industrial Engineering and Management, 2014(5): 99—103.
- [4] 张磊, 石学岗, 江黎, 等. 座椅人机工程设计研究综述[J]. 机械设计, 2014(6): 97—101.
ZHANG Lei, SHI Xue-gang, JIANG Li, et al. Overview on Ergonomics Design of Seat[J]. Journal of Machine Design, 2014(6): 97—101.
- [5] 康瑞婷, 崔国华, 王梦宇. 基于人机工程的客车驾驶员坐姿舒适性校核与评估[J]. 汽车实用技术, 2015(7): 125—127.
KANG Rui-ting, CUI Guo-hua, WANG Meng-yu. Application of Ergonomics to the Bus Driver Sitting Checking and Evaluation[J]. Automobile Applied Technology, 2015(7): 125—127.
- [6] 赖泽鑫. 基于人机工程学的儿童牙科综合治疗台设计研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2013.
LAI Ze-xin. The Research and Design of Children Dental Treatment System Based on Ergonomics[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2013.
- [7] CHEEFAI T. Truck Seating Comfort Objectify and Subjectify Measurement Approach[J]. International Journal of Soft Computing & Engineering, 2011(41).
- [8] 孙琳琳, 孔繁森, 周宇, 等. 基于感性工学的汽车座椅静态舒适度的研究[J]. 人类工效学, 2013(2): 60—62.
SUN Lin-lin, KONG Fan-sen, ZHOU Yu, et al. Study on the Static Comfort of Automobile Seat Based on the Perceptual Technology[J]. Chinese Journal of Ergonomics, 2013(2): 60—62.
- [9] 张峻霞, 梅飞雪, 赵俊芬. CATIAV5 人机工程学功能及应用[J]. 包装工程, 2005, 26(3): 194—196.
ZHANG Jun-xia, MEI Fei-xue, ZHAO Jun-fen. The Ergonomics Function of CATIAV5 and Its Application[J]. Packaging Engineering, 2005, 26(3): 194—196.
- [10] 阮宝湘, 董明明, 邵祥华. 工业设计人机工程[M]. 北京: 机械工业出版社, 2010.
RUAN Bao-xiang, DONG Ming-ming, SHAO Xiang-hua. Industrial Design Ergonomics[M]. Beijing: China Machine Press, 2010.
- [11] 郑午. 人因工程设计[M]. 北京: 化学工业出版社, 2006.
ZHENG Wu. Human Engineering Design[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2006.
- [12] 高晋, 王秀斋. 浅谈牙科椅设计中的“以人为本”[J]. 企业技术开发, 2010, 29(10): 10.
GAO Jin, WANG Xiu-zhai. Introduction to the "People-Oriented" in the Dental Chair Design[J]. Technological Development of Enterprise, 2010, 29 (10): 10.
- [13] 梁海莎. 基于人机工程学的拖拉机驾驶室设计研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2012.
LIANG Hai-sha. Study Tractor Cab Design Based on Ergonomics[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2012.