

寒冷地区高校教学楼围护结构优化改造设计

——以兰州交通大学电信综合教学楼为例

赵西平, 张志彬

(西安建筑科技大学建筑学院, 陕西 西安 710055)

摘 要:针对当前高校旧建筑存在的结构老化、能耗量巨大的问题,通过实地测量及调研分析兰州交通大学电信综合教学建筑的室内环境及其围护结构的现状,对该建筑的能耗现状进行诊断,并结合兰州地区的气候和地理特征,提出不同的围护结构改造措施,借助 DeST 软件对各方案进行能耗模拟,根据模拟结果对改造方案的节能潜力进行了对比分析,提出改造建议,为兰州地区及寒冷地区既有高校教学楼建筑的节能改造提供了参考。

关键词:教学建筑;节能改造;围护结构;DeST 模拟

中图分类号: TU111.19

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2012)05-0651-06

由于城市化进程步伐的加快,原有的高校老区成为了新的城市中心,很多老区的教学建筑已远远不能满足当前的发展需要.盲目的对它们进行拆除重建不仅会造成极大的资源浪费.同时对于校园文化的传承和历史文化建筑的保护也是极大地损失.因此,对这些“老建筑”进行适当的改造成为了最佳的选择^[1].本文用 DeST-c 模拟软件,对兰州地区某高校综合教学楼在不同围护结构的情况下做了能耗模拟计算与分析,得出兰州地区建筑能耗随围护结构变化的规律,对寒冷地区校园建筑围护结构改造材料的选用具有很好的参考价值.

1 兰州地区地理及气候条件

兰州深居内陆,属中温带大陆性气候.年平均气温 9.6℃,最热月平均气温为 22.3℃,最冷月平均气温为-5.2℃.冬季漫长且较寒冷雨雪少;夏季短促气温高,但无酷暑;春、秋季时间短;降水量不多日照较丰富,光潜能大.

2 建筑概况及现场测试调研

该校教学楼的整体状况如下:该教学楼始建于 20 世纪 80 年代初,东西朝向.是一栋以教学为主要内容,附带实验、办公、科研等用房的建筑.总建筑面积为 13 833 m²,地上 6 层,建筑高度为 23.90 m,体形系数为 0.23,综合窗墙比为 0.34 如表 1 所示.对该建筑进行了建筑外围护结构热工性能、外窗热工性能、建筑室内热环境状况、建筑能耗、室外气象条件等测试:

表 1 窗墙面积比(注:面积单位 m²)

Tab. 1 Area ratio of the windows' over the walls'

/m²

Level of maintenance				Elevation and maintenance				
floor	Roof	Skylight		Orientation	Exterior wall	Outside door	Outside window	The area ratio of window to wall
2 134.6	2 204.49	0		East	1 531.02	0	1 067.28	0.41
Integrated window wall ratio	0.34			South	630.49	0	0	0
				West	1 446.9	28.12	1 107.12	0.43

收稿日期:2012-06-29 修改稿日期:2012-10-10

基金项目:教育部人文社会科学研究项目(09XJAZH004);西安市城乡建设委员会建设科技项目(2011KJ18)

作者简介:赵西平(1963-),男,陕西咸阳人,博士,教授,主要从事建筑构造技术与建筑节能方面的研究.

(1)墙体:外墙为300 mm厚加气混凝土砌块,内抹30 mm厚保温砂浆,传热系数为 $0.60 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。

(2)屋顶:100 mm厚钢筋混凝土楼板为屋顶主体结构,上铺平均厚100 mm白灰焦渣找坡层,20 mm厚1:3水泥砂浆找平层及SBS改性沥青防水层,传热系数为 $0.55 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。

(3)外窗:原为钢框平推窗,2002年全部改造为普通中空玻璃窗,传热系数为 $2.30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 。

(4)室内外热环境状况:测试时间选为2012年1月20、21日两天,室外气温分别为 $-12^\circ\text{C} \sim -7^\circ\text{C}$, $-12^\circ\text{C} \sim -4^\circ\text{C}$ 。测试典型房间的温度如图1、图2所示。两日室内平均温度只有 16°C 左右。通过对该建筑进行调研以及现场测试分析,得出该建筑的外围护结构无法满足规范所规定的建筑热工节能标准,建筑外围护结构将是建筑节能改造的重点。

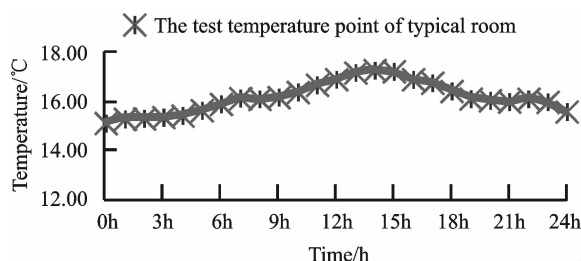


图1 典型房间1月20日测试温度

Fig. 1 Test temperature of a typical room on January 20

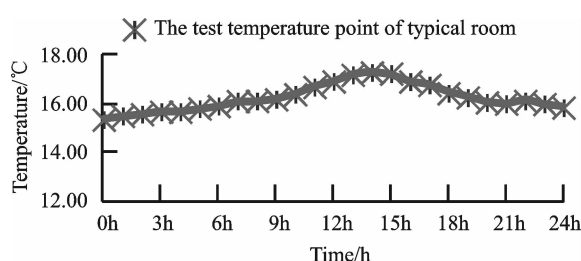


图2 典型房间1月21日测试温度

Fig. 2 Test temperature of a typical room on January 21

3 节能改造方案及节能潜力分析

依据《公共建筑节能设计规范》GB50189—2005的要求,当建筑物体形系数 ≤ 0.30 时,屋顶、外墙、外窗($0.40 < \text{窗墙面积比} \leq 0.50$)传热系数的极限值分别为 $0.55 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 、 $0.60 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 、 $2.30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ^[2-3];计算得出实测建筑的屋顶、外墙、外窗的传热系数分别为 $0.86 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 、 $0.66 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ 、 $3.1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$,均超过节能规范的指标,需要进行节能改造。考虑到建筑的实际情况,准备分别从外墙、屋顶、外窗三方面提出改造措施;

3.1 建立 DeST 模型与墙体围护结构节能改造

本文所采用的 DeST-C 软件运用状态空间法为模拟算法,以典型的室外气象条件模拟分析建筑热环境。墙体是建筑围护结构中传热面积最大的一部分,它对整个建筑能耗有决定性的影响作用。与国外相比,我国的单位建筑能耗是同等气候条件下发达国家的3倍,外墙传热系数约为国外的3.5~4.5倍。

既有建筑外墙的节能改造可选择的方式主要有外墙外保温和外墙内保温。内保温做法较易产生热桥,增大墙体热损失,同时造成局部墙体内表面温度降低,导致房间结露现象的产生,同时内保温占用室内使用面积,对既有建筑进行内保温节能改造时会影响用户的正常使用^[4]。外保温则能较好的改善室内热环境,能有效的阻断外墙上的混凝土梁、构造柱等形成的热桥,提高外墙保温的有效性和整体性,防止外墙内表面冬季出现结露,明显提高外墙内表面的温度,不受室外周期性变化的空气温度和太阳辐射的影响。

目前,市场上常用的外墙节能改造外保温系统有:EPS聚苯板薄抹面外墙外保温系统、胶粉聚苯颗粒保温浆料外墙外保温系统、胶粉聚苯颗粒贴砌聚苯板外墙外保温系统等^[5]。结合原有建筑的特点,改造模拟方案保持屋顶及外窗等外围护结构不变,外墙增加EPS保温层。不同保温层厚度措施及模拟结果如表2、图3所示。由于兰州地处寒冷地区,主要依靠采暖设施供暖,因此,采暖能耗是建筑能耗的主要部分。由模拟分析图可得出,在寒冷地区,通过增加外墙保温系统,对建筑热负荷的降低有较明显的效果;但对于建筑冷负荷的降低效果不如前者显著。从外保温厚度变化对建筑能耗规律得出大于70 mm厚度的建筑节能趋势不再明显,结合经济因素,选择60 mm厚保温层较为合理。

3.2 屋顶围护结构节能改造

既有建筑的屋顶节能改造就是为建筑屋面增设某些构造,以使整个屋面的热工性能能够达到国家相关规范的要求,同时有效地避免屋面构造层内部的冷凝和冻结。屋面保温效果的优劣,不仅影响到建

筑的能耗,同时对顶层墙体的开裂有重要的影响,如果屋顶保温效果不好,结构层可能由于温差过大导致形体膨胀变化剧烈,从而使墙体特别是顶层墙体开裂.所以,加强屋面的保温隔热性能,不仅是建筑节能的需要,同时也是预防因温度变化剧烈而导致墙体开裂的重要手段.在既有建筑的屋面改造中,除非防水层确实已老化造成渗漏不得不翻修,屋面一般不宜大拆大改,应该以局部翻修为主.完成防水层改造后,再做隔热保温层.

表 2 外墙不同保温层厚度模拟结果

Tab. 2 The simulation results of different exterior wall insulation layer thickness

Thermal insulation layer thickness /mm	Exterior wall transfer coefficient /W · (m ² · K) ⁻¹	The cumulative thermal load index /kW · h · m ⁻²	Reducing energy consumption ratio /%	Total cooling load index /kW · h · m ⁻²	Reducing energy consumption ratio /%
0	0.66	110.78	—	58.01	—
50	0.63	98.86	10.76	57.33	1.12
60	0.58	92.58	16.42	56.14	3.22
70	0.5	89.54	19.17	55.71	3.96
80	0.45	87.43	21.08	54.35	6.31
90	0.4	86.01	22.36	53.86	7.15
100	0.37	85.84	22.51	53.03	8.58

在选择屋面保温材料时,一般选择和外墙保温相类似的材料.但是,屋面保温材料与外墙保温材料却存在不同之处,由于屋面会受到多种类型的荷载,如积雪、载人负荷等,因此屋面保温材料要比外墙保温材料有更好的抗冲击性和强度、刚度以及更好的耐久性.目前,屋顶的节能改造所采用的措施有:直接架设保温层,保温材料可以选用 EPS 板、XPS 板、硬泡 UP 等.架设空保温层,在屋面适当位置采用水泥石膏砂浆砌砖蹲;采用倒置屋面,将挤塑聚苯乙烯硬性泡沫板等保温材料铺设在防水层上面;结

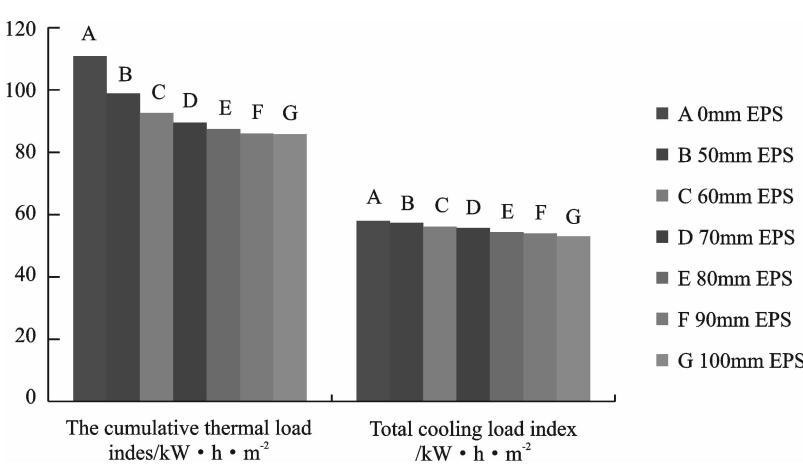


图 3 不同厚度保温层全年累计负荷指标统计图

Fig. 3 Annual accumulative total load index statistics figure of different insulation layer thickness

合城市建筑风格,进行“平改坡”,以改善老式屋顶的保温隔热和防水功能.屋顶的节能改造,对于改善顶层房间的能耗有较为显著的影响.本文选用挤塑聚苯板对建筑节能改造能耗进行分析.模拟结果如表 3、图 4 所示.从能耗模拟的情况来看对于增加保温层厚度与能耗趋势的关系而言,50 mm 以后的屋顶保温层对于降低建筑节能的作用并不明显,因此,从经济与节能权衡考虑,选择 50 mm 厚挤塑聚苯板保温层比较合理.

3.3 外窗节能改造

外窗是建筑物重要组成部分,它与外墙、屋顶构成建筑物的围护结构,具有保温、隔热、采光、通风、观景、眺望、装饰等作用.但窗户属于轻质构件,不仅存在与其他围护结构所共有的温差传热问题,而且还存在着通过窗户缝隙空气渗透传热等问题.通过窗户的传热耗热量占建筑物传热耗热总量的 23%~25%,窗户是耗热量较大的构件,是建筑保温、隔热的薄弱环节,是节能的重点部位;窗户又是得热构件,冬季可引入太阳辐射,增加建筑得热,减少建筑采暖热负荷.建筑外窗节能可显著降低建筑能耗值.

表 3 屋顶不同保温层厚度模拟结果

Tab. 3 The simulation results of different roof insulation layer thickness

Thermal insulation layer thickness /mm	Roof heat transfer coefficient /W·(m ² ·K) ⁻¹	The cumulative thermal load index /kW·h·m ⁻²	Reducing energy consumption ratio /%	Total cooling load index /kW·h·m ⁻²	Reducing energy consumption ratio /%
0	1.01	100.98	—	66.25	—
50	0.39	76.63	24.11	53.42	19.37
60	0.34	76.38	24.36	53.43	19.35
70	0.31	76.18	24.56	53.45	19.32
80	0.28	76	24.74	53.46	19.31
90	0.26	75.85	24.89	53.47	19.29
100	0.24	75.72	25.01	53.46	19.31

既有建筑的朝向及窗墙面积比已无法改变,那么采用新型节能窗来降低建筑能耗是建筑节能改造的主要手段.原建筑采用的是普通密闭中空玻璃窗,传热系数为 3.1 W/(m²·K),已超出了节能规范的规定值.改造方案拟选用以下几种代表性窗,由表 4 及累计年负荷统计图 5 可得出.由于采用了保温性好的的塑钢中空玻璃窗及镀 Low-e 膜中空玻璃窗,传热系数均小于普通中空窗,全年累计热负荷能耗节能率分别为 8%、11.84%、8.57%,全年累计冷负荷能耗节约率分别为 6.1%、6.51%、3.24%,其节能效果非常明显.选择镀 Low-e 膜中空玻璃窗(低透型)即可.

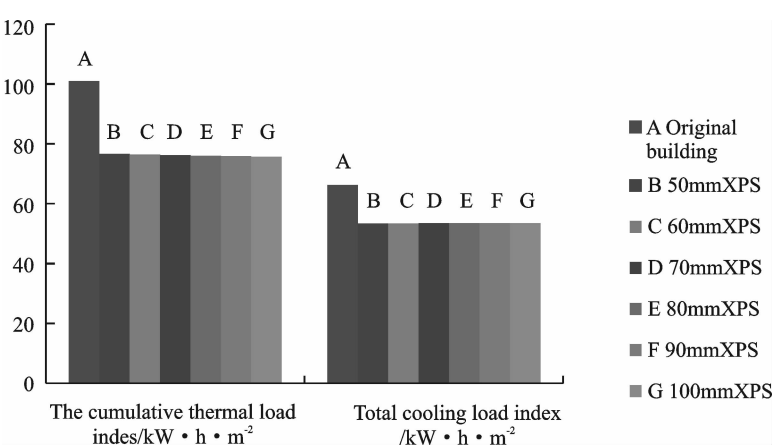


图 4 不同厚度屋顶保温层全年累计负荷指标统计

Fig. 4 Annual accumulative total load index statistics figure of different roof insulation layer thickness

表 4 不同节能外窗改造模拟结果

Tab. 4 The simulation results of different energy-saving window transformation

Reform plan	Shading coefficient (SC)	Heat transfer coefficient /W·(m ² ·K) ⁻¹	The cumulative thermal load index /kW·h·m ⁻²	The energy consumption reduced to the proportion of current situation /%	Total cooling load index /kW·h·m ⁻²	The energy consumption reduced to the proportion of current situation /%
Ordinary insulating glass (The original building)	0.67	3.1	115.45	—	31.47	—
Steel hollow glass window	0.6	3	106.23	8	29.56	6.1
Steel hollow glass(A sunshade)	0.54	3	107.45	6.93	28.73	8.71
Low-e hollow glass (Low permeability model)	0.49	2.1	101.78	11.84	29.42	6.51
Low-e hollow glass (Low permeability model (A sunshade))	0.42	2.1	102.56	11.17	28.34	9.95
Low-e hollow glass (High transparency)	0.56	2.4	105.56	8.57	30.45	3.24
Low-e hollow glass (High transparency A sunshade)	0.51	2.4	106.97	7.35	29.46	6.39

外窗遮阳也是建筑节能的常用手段之一,通过有无外遮阳对比模拟可以发现,采用遮阳的夏季全年累计冷负荷有所降低,但是降幅并不大,通常多为2%~3%之间;而冬季全年累计热负荷却有所增加,通常较没有遮阳的同方案增加1%左右,究其原因可能是采用外遮阳后夏季能够减少一部分太阳光直射进入建筑内部,达到减少冷负荷的目的.但在冬季,由于外遮阳的存在,同样使得阳光不能直射进入建筑内部,导致了建筑采暖热负荷的增加.可见建筑外遮阳主要对夏季冷负荷的降低起到部分作用,所以在寒冷地区由于冬季热负荷占主要地位,同时建筑外墙

保温效果比较好时,可以不考虑外遮阳.如果因为窗墙比太大,夏季的冷负荷也很大,需考虑外遮阳时,最好在室内窗户上设置窗帘,或者使用移动式遮阳系统,可以根据不同的天气和气候调节遮阳.

4 结 论

(1)外墙保温对建筑能耗有直接影响,采用外墙保温技术后,随保温层的厚度增加,相对于未保温的墙体,全年总负荷显著减少.其中外墙外保温体系对于建筑采暖热负荷的减少效果明显优于空调冷负荷的降低;同时,当保温层厚度达到一定厚度时,其对建筑节能的贡献趋于平缓,相对于性价比来说应选择节能效果趋于平缓时的临界厚度为宜,对于兰州地区,选用60 mm厚EPS保温板即可.

(2)屋顶增加厚度为50 mm的挤塑聚苯板对于的建筑节能效果显著.

(3)窗体材料对建筑能耗有很大的影响,采用传热系数小的玻璃将有显著的节能效果.相对外墙及屋顶改造,外窗的节能改造成本相对较低,成本回收期短.因此,在资金有限的情况下,外窗的节能改造将作为优先选取的改造措施.

(4)对寒冷地区,外遮阳对建筑能耗影响不大,可以不采用.

参考文献 References

- [1] 耿峰,吴现营.寒冷地区公共建筑节能模拟分析[J].节能技术与检测,2009,37(11):60-62.
GENG Feng, WU Xian-ying. The analysis of public building energy simulation in cold region[J]. Energy Saving Technology and Testing, 2009, 37(11): 60-62.
- [2] 周茗如,孔杰,阮文易.外墙外保温系统适宜性分析研究[J].低温建筑技术,2010,25(6):116-118.
ZHOU Ming-ru, KONG Jie, RUAN Wen-yi. Exterior insulation system suitability analysis and research[J]. Low Temperature Architecture Technology, 2010, 25(6): 116-118.
- [3] GB50189—2005 公共建筑节能设计标准[S].北京:中国建筑工业出版社,2005.
GB50189—2005 The public building energy efficiency design standards[S]. Beijing: China Building Industry Press, 2005.
- [4] 全国民用建筑工程设计技术措施节能专篇:建筑[S].北京:中国计划出版社,2007.
Special Energy-saving articles of the national civil engineering design measures: Architecture[S]. Beijing: China Planning Press, 2007.
- [5] 马保国.外墙外保温技术[M].北京:化学工业出版社,2007:221-226.
MA Bao-guo. Exterior wall insulation technology[M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2007: 221-226.

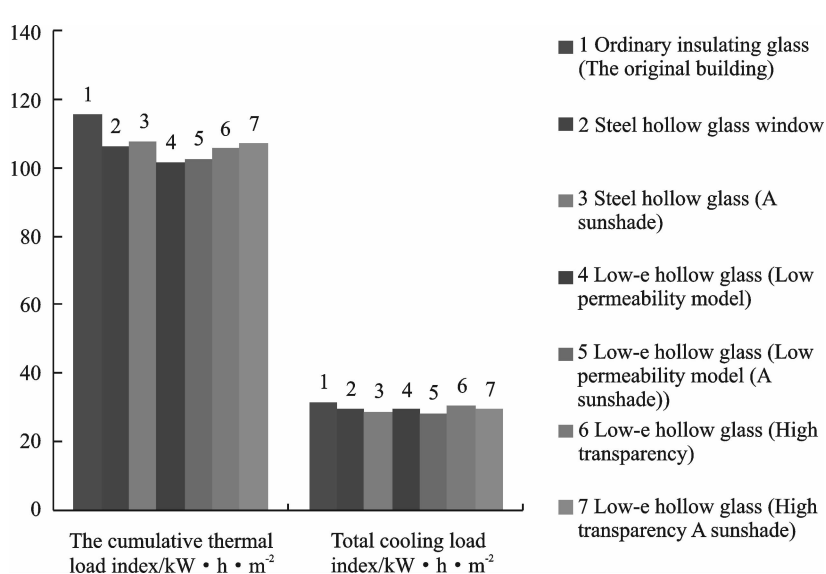


图5 不同节能外窗全年累计负荷指标统计图

Fig. 5 Annual accumulative total load index statistics figure of different energy-saving windows

Optimizing reconstruction design for the palisade structure of a campus building in Lanzhou

ZHAO Xi-ping, ZHANG Zhi-bing

(School of Arch., Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China)

Abstract: In view of the aging tendency of the campus buildings and the great amount of their energy consumption, an analysis on the outdoor and indoor environment is carried out, providing a diagnosis of their energy consumption status. Different palisade structure design was suggested considering both the geographical and climate conditions of the area. Recommendations are presented for the reconstruction by means of DeST software on the energy consumption and analysis are carried out on energy consumption thrift plan based on the simulative results, providing useful information for energy-thrift of such buildings in such areas as Lanzhou, West China.

Key words: *teaching building; energy saving transformation; palisade structure; DeST simulation*

Biography: ZHAO Xi-ping, Ph. D., Professor, Xi'an 710055, P. R. China, Tel: 0086-13991800051, E-mail: zhaoxiping-03@163.com

(上接第 650 页)

- [7] 邵 甬. 法国建筑、城市与景观遗产的保护与价值重现[M]. 上海: 同济大学出版社, 2010.
Shao Yong. Conservation and Enhancement of Architectural, Urban and Landscape Heritage in France[M]. Shanghai: Tongji University Press, 2010.
- [8] 刘启波, 李慧玲, 周 娜, 等. 生态化理念下社会主义新农村住区规划与建筑设计优化设计研究——以关中地区农村住区为例[M]. 西安建筑科技大学学报: 自然科学版, 2011, 43(12): 875-881.
LIU Qi-bo, LI Hui-ling, ZHOU Na, et al. Optimization design of settlement planning and design under eco-concept in the new socialist countryside——with rural settlement in Guanzhong Region as an example[J]. J. of Xi'an Univ. of Arch. & Tech.: Natural Science Edition, 2011, 43(12): 875-881.
- [9] FEILDEN Bernard M, JOKILEHTO Jukka. Management Guidelines for World Cultural Heritage Sites[M]. Rome: ICCROM, 1998.
- [10] ZANCHETTI Silvio Mendes. Conservation and Urban Sustainable Development[M]. Rua do Bom Jesus: CCIUT, 1999.

Significance and methods for evaluating historical and cultural towns and villages in China

SHAO Yong¹, FU Juan-juan¹

(1. College of Architecture and Urban Planning, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: Value evaluation is essential to the establishment of "value based" selection - planning - management - monitoring system of historical and cultural towns and villages in China. This thesis discusses the significance and methods of value evaluation, as well as the value evaluation system compatible for the Chinese background, by such evaluation factors as selection, structures of the evaluation system and criterion.

Key words: *historical and cultural towns and villages; value evaluation; significance; method*

Biography: SHAO Yong, Ph. D., Professor, Shanghai 200092, P. R. China, Tel: 0086-13601890202, E-mail: nyshao163@163.com