

木材力学试验的加荷速度及其方法对试验结果的影响

张寿槐 张文庆 臧丽华

(中国林科院木材工业研究所)

摘 要

为修订GB1927—1943—80《木材物理力学试验方法》采用红松等七种木材,按我国标准规定每分钟施加一定荷载和ISO(国际标准)规定的试样在一定时间达到破坏的两种方法进行了比较试验。结果经方差分析证明,我国现行标准与ISO规定的加荷速度相比,顺纹抗压强度、抗弯强度、顺纹抗拉强度、横纹全部抗压比例极限的试验结果差异不明显,可认为两种试验方法所得结果相同;抗弯弹性模量差异较大,按国际标准的试验结果高于国家标准达20.5—28.8%。木材顺纹抗压强度除用上述二种加荷方法外,并增加每分钟压头移动一定距离的加荷方法进行试验,结果表明:只要试样在2分钟以内破坏,上述三种方法的结果差异并不显著。

木材力学试验时,加荷速度及其方法是影响试验结果的主要因子之一。国际间加荷速度及方法并不一致,在英国、美国和印度的标准中,是规定以加荷压头每分钟运行的距离计;我国、苏联和日本是规定每分钟施加一定的荷载;国际标准、联邦德国和法国是规定加荷开始至试样破坏的时间计。由于加荷速度及其方法不同,试验结果往往无法相互比较。

我国为了使科学技术迅速发展,赶上国外先进水平,积极采用国际标准。但由于我国GB1927—1943—80《木材物理力学试验方法》与国际标准ISO木材力学性质部分,在加荷速度及其方法存在着差异,如全部直接采用国际标准,将使我国多年来得到的大量树种的木材试验结果失去利用价值。为此,对国家标准与国际标准中有关加荷方法的差

异进行试验研究,作为修订我国国家标准的基本依据,使修订后的试验方法标准,既能符合国际标准的基本要求,也使我国以往所得到的大量试验数据能继续发挥其应有的作用。

试材采用红松*Pinus koraiensis*、落叶松*Larix sp.*、鱼鳞云杉*Picea jezoensis var. Komarovii*、水曲柳*Fraxinus mandshurica*、辽东栎*Quercus liaotungensis*、椴木*Tilia sp.*和泡桐*Paulownia sp.*(仅作横纹全部抗压)七种木材。按国家标准和国际标准规定的两种不同加荷速度方法对顺纹抗压强度、横纹全部抗压强度、顺纹抗拉强度、抗弯强度和抗弯弹性模量进行比较试验。另外,红松和水曲柳木材的顺纹抗压强度在同一试条上截取试样采用每分钟施加一定荷载、试样在一定时间内破

*陈锦芳、栾岗、刘红参加试验工作

坏和以压头每分钟移动一定距离（即一定变形）的三种加荷方法各用五种不同的速度进行试验，以进一步了解在不同加荷方法和加荷速度下测得的试验结果的相互关系。

一、试材

1. 木材来源:

表1 试材记录表

树 种	产地	株数	试材长度 (m)	小头直径 (cm)
红 松	东 北	4	6	30以上
落 叶 松	东 北	3	4	"
鱼 鳞 云 杉	东 北	3	6	"
水 曲 柳	东 北	3	6	"
辽 东 栎	山 西	7	2m6段, 1m1段	"
椴 木	黑 龙 江	3	4	"
泡 桐	河 南	—	其它试验多余试材	—

2. 试材分配: 红松、落叶松、鱼鳞云杉、水曲柳选用每段长4米; 椴木为3米; 辽东栎除一段为1米外, 其余六段均为2米。4米长的试材先截成2米长的两段, 按图1锯制成30×30×1000mm的试条, 放在

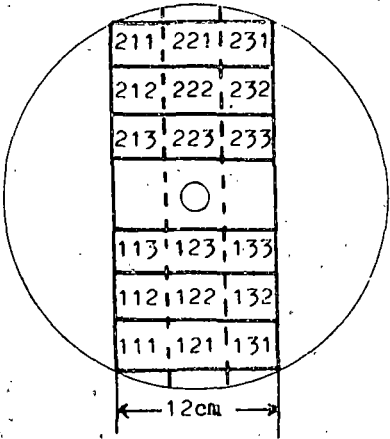


图1 试条分配

通风良好的室内, 气干后制作各种试样。

测定不同加荷速度对顺纹抗压强度影响的红松和水曲柳气干材试条, 沿一侧相同的年轮层划线, 确定试样制作的边界, 然后加工成横断面为20×20mm的试条, 供截取三种加荷速度方法各五种不同加荷速度的顺纹抗压试样。试样的截取部位如图2。

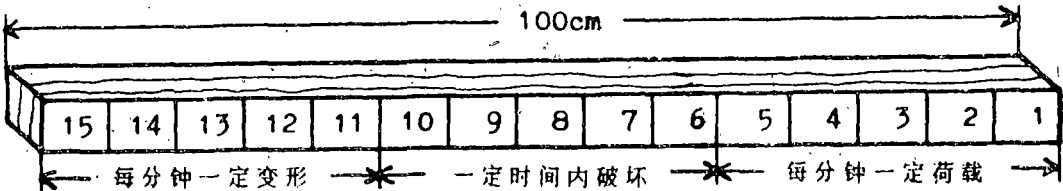


图2 不同加荷速度的顺纹抗压试样截取方法

二、试验方法

在同年轮层内的试条上, 截取上、下两个对比试样, 放在温度20±2℃、相对湿度75±5%的恒温室内使试样含水率达到平衡(约15%)后, 进行对比试验。

1. 国家标准与国际标准的比较

(1) 顺纹抗压强度试验: 分别按国家标准GB1935-80, 加荷速度为每分钟40KN直至破坏; 按国际标准ISO3787-1976, 试样在1.5-2.0分钟内破坏的方法进行试验。

(2) 抗弯弹性模量试验: 按GB1936-80, 加荷速度为每分钟5KN, 测定300-700

N荷载范围内的变形; 按ISO3349-1975, 于30秒钟内加荷到18MPa——本试验根据情况, 改为21MPa, 测定9MPa-21MPa荷载下的变形。

(3) 抗弯强度试验: 测定抗弯弹性模量后的试样, 立即分别按GB1936-80测定抗弯强度, 加荷速度为每分钟5KN, 直至破坏; 按ISO3133-1975测定, 加荷速度为试样加荷开始后, 在1.5±0.5分钟内破坏。

(4) 顺纹抗拉强度试验: 按GB1938-80, 以每分钟12KN的加荷速度进行试验, 直到试样拉断为止; 按ISO3345-1975, 加荷速度为试样在加荷开始后, 1.5-2.0分钟内

破坏。

(5) 横纹全部抗压强度试验: 按GB 1939-80, 加荷速度为每分钟0.8KN, 为了能与多年来的试验结果相互比较, 本试验仍按原试验方法每分钟加荷1KN, 直到超过比例极限为止; 按ISO3132-1975, 在加荷开始后, 1.5±0.5分钟内达到比例极限。

2. 不同加荷速度对顺纹抗压强度的影响
在同年轮层内的每一试条上, 连续截取15个顺纹抗压试样, 1-5号按每分钟加荷40KN、30KN、20KN、10KN及5KN; 6-10号

按试样在加荷开始后0.4、1.0、1.5、2.0及2.5分钟内破坏; 11-15号按每分钟试样压缩变形3、1.5、1.05、0.85及0.6mm五种加荷方法进行对比试验。

三、试验结果及分析

1. 国家标准与国际标准两种加荷速度方法的对比试验

均值差异百分率均以国家标准的试验结果为准进行比较。

(1) 顺纹抗压强度

表2 两种标准方法测得的顺纹抗压强度的比较

项 目	红 松		落 叶 松		鱼鳞云杉		水 曲 柳		辽 东 栎		椴 木	
	国家 标准	国际 标准	国家 标准	国际 标准	国家 标准	国际 标准	国家 标准	国际 标准	国家 标准	国际 标准	国家 标准	国际 标准
试样数	41	41	35	35	35	35	39	39	34	34	35	35
平均值 (MPa)	34.8	33.6	53.8	52.7	32.4	31.1	38.9	38.0	50.4	48.9	43.1	41.4
变异系数 (%)	8.1	6.7	13.1	13.1	8.9	7.7	15.8	16.0	12.2	12.8	17.6	17.9
含水率 (%)	14.9	15.0	15.7	15.7	15.3	15.5	15.2	15.2	14.8	14.9	13.1	13.1
均值差异 (%)	* -3.4		-2.0		-4.0		-2.3		-3.0		-3.9	
方差分析差异	4.44>3.96		0.51<4.0		3.95<4.0		0.47<3.96		0.99<4.0		1.90<4.0	

从表2可以看出, 按国际标准测得的结果略小, 但差异最大的也不超过4%, 其余差异都不大。从方差分析来看, 仅红松 ($F > F_{0.05}$) 差异显著, 但其平均值的差异,

仅为3.4%, 这是与其变异范围小有关。其余五种木材 ($F < F_{0.05}$) 差异均不显著

(2) 抗弯弹性模量

从表3可以看出, 按国际标准测得的结果

表3 两种标准方法测得的抗弯弹性模量的比较

项 目	红 松		落 叶 松		鱼鳞云杉		水 曲 柳		辽 东 栎		椴 木	
	国家 标准	国际 标准	国家 标准	国际 标准	国家 标准	国际 标准	国家 标准	国际 标准	国家 标准	国际 标准	国家 标准	国际 标准
试样数	34	34	39	39	32	32	34	34	32	32	34	34
平均值 (GPa)	10.5	13.5	14.6	17.6	10.7	13.0	11.1	14.2	11.6	14.5	12.5	16.1
变异系数 (%)	7.4	13.5	19.8	25.4	8.4	19.0	23.8	30.1	20.7	22.2	18.3	21.0
含水率 (%)	11.0	11.0	15.0	15.1	14.6	14.5	14.5	14.4	14.4	14.5	12.1	12.3
均值差异 (%)	28.6		20.5		21.5		27.9		25.0		28.8	
方差分析差异	*** 81.4>7.08		*** 12.3>6.96		*** 25.5>7.08		*** 12.8>7.08		*** 18.1>7.08		*** 27.8>7.08	

均大于国家标准的, 差异很大, 其均值差异范围在20.5—28.8%, 平均为25.4%。从方差分析来看, 六种木材的 ($F > F_{0.01}$) 差异

均特别显著。其原因主要是测量变形的装置不同。

(3) 抗弯强度

表4 两种标准方法测得的抗弯强度的比较

项 目 \ 树 种	红 松		落 叶 松		鱼 鳞 云 杉		水 曲 柳		辽 东 栎		椴 木	
	国家 标准	国际 标准	国家 标准	国际 标准	国家 标准	国际 标准	国家 标准	国际 标准	国家 标准	国际 标准	国家 标准	国际 标准
试样数	37	37	40	40	29	29	35	35	37	37	37	37
平均值 (MPa)	74.6	71.2	109.6	110.3	74.2	70.0	91.9	89.5	103.4	108.3	92.2	87.6
变异系数 (%)	8.6	8.1	12.8	15.3	7.4	9.5	17.0	17.4	13.4	15.7	18.1	18.9
含水率 (%)	13.8	13.9	15.0	15.1	14.6	14.5	14.5	14.4	14.4	14.5	12.2	12.3
均值差异 (%)	-4.6		0.6		-5.7		-2.6		4.7		-5.0	
方差分析差异	* 5.86 > 3.96		0.04 < 3.96		* 6.82 > 4.0		0.40 < 4.0		1.87 < 3.96		1.43 < 3.96	

从表4可以看出,除落叶松和辽东栎按国际标准测得的结果比国家标准的稍大外,其余四个树种均略低。从方差分析来看,仅红松和鱼鳞云杉的($F > F_{0.05}$)差异显著,

但其平均值的差异最大者为5.7%,原因也是与其变异范围小有关。由此可以认为两种标准所得试验结果差异不大。

(4) 顺纹抗拉强度

表5 两种标准方法测得的顺纹抗拉强度的比较

项 目 \ 树 种	红 松		落 叶 松		鱼 鳞 云 杉		水 曲 柳		辽 东 栎		椴 木	
	国家 标准	国际 标准	国家 标准	国际 标准	国家 标准	国际 标准	国家 标准	国际 标准	国家 标准	国际 标准	国家 标准	国际 标准
试样数	23	23	28	28	28	28	38	38	30	30	30	30
平均值 (MPa)	84.9	75.9	141.4	141.1	106.7	103.3	137.6	129.8	94.3	95.5	134.9	135.0
变异系数 (%)	30.4	26.3	18.2	15.6	16.1	16.0	33.1	31.4	27.8	33.9	27.0	25.6
含水率 (%)	14.3	14.1	15.5	15.2	14.7	14.7	14.6	14.4	14.1	14.0	11.9	11.8
均值差异 (%)	-10.6		-0.2		-3.2		-5.7		1.3		0.1	
方差分析差异	1.76 < 4.06		0.002 < 4.03		0.57 < 4.03		0.60 < 3.96		0.03 < 4.0		0.0001 < 4.0	

从表5可以看出,除辽东栎和椴木按国际标准测得的结果略高于国家标准以外,其余四种木材均略低,从平均值差异来看,差

异最大者为10.6%。但从方差分析的结果来看,六种木材的差异均不显著。

(5) 横纹全部抗压强度

表6 两种标准方法测得的横纹全部抗压强度的比较

项 目 \ 树 种	落 叶 松		泡 桐		水 曲 柳		辽 东 栎		椴 木	
	国家 标准	国际 标准	国家 标准	国际 标准	国家 标准	国际 标准	国家 标准	国际 标准	国家 标准	国际 标准
试样数	34	34	37	37	39	39	32	32	35	35
平均值 (MPa)	5.6	5.8	1.9	2.0	5.1	5.1	6.5	6.7	2.9	2.9
变异系数 (%)	16.2	18.4	25.2	25.3	12.5	10.8	8.1	8.4	18.6	20.7
含水率 (%)	15.7	15.7	10.9	10.9	15.5	15.5	14.7	14.7	12.8	12.8
均值差异 (%)	3.6		5.3		0		3.1		0	
方差分析差异	0.72 < 4.0		0.03 < 3.96		0.001 < 3.96		1.10 < 4.0		0.16 < 4.0	

两种标准方法对红松、鱼鳞云杉木材的加荷速度基本上是一致的,不需进行比较,

因此选用了材质比较软的泡桐木材进行对比试验。从表6可以看出,两种标准方法所得

五种木材的横纹全部抗压强度，按国际标准试验的结果略高于国家标准的结果，但差异都不大，最大者为5.3%。从方差分析来看，

五种木材的差异均不显著。由此可以认为，两种标准方法所得结果是一致的。

2.不同加荷速度对顺纹抗压强度的影响

表7 每分钟施加不同荷载的顺纹抗压强度

每分钟加荷 (KN)	红 松					水 曲 柳				
	试样数	平均值 (MPa)	变异系数 (%)	含水率 (%)	方差分析差异	试样数	平均值 (MPa)	变异系数 (%)	含水率 (%)	方差分析差异
40	32	38.6	7.1	14.8	1.96<3.9	33	41.4	11.5	15.2	1.22<3.9
30	32	39.1	7.5	14.6		33	41.6	12.0	15.2	
20	32	39.1	8.2	14.7		33	41.9	12.4	15.2	
10	32	38.4	6.7	14.6		33	40.1	11.8	15.1	
5	32	37.4	7.2	14.6		33	39.8	11.6	15.1	

(1) 每分钟施加40、30、20、10和5 KN荷载时的试验结果如表 7。

从表 7 可以看出，加荷速度在每分钟 5—20KN 的范围内，顺纹抗压强度是随加荷速度的加快而增加，20—40KN 时，结果较稳定（如图3），到每分钟40KN 时强度有下降的趋势。从方差分析来看，差异均不显著。

(2) 试样在加荷开始后0.4、1.0、1.5、2.0和2.5分钟内达到破坏时的试验结果如表 8 和图 4。

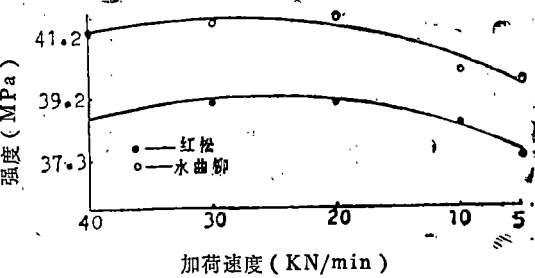


图3 每分钟不同荷载的顺纹抗压强度曲线

表8 不同时间内破坏的顺纹抗压强度

破坏时间 (min)	红 松					水 曲 柳				
	试样数	平均值 (MPa)	变异系数 (%)	含水率 (%)	方差分析差异	试样数	平均值 (MPa)	变异系数 (%)	含水率 (%)	方差分析差异
0.4	32	38.7	8.2	14.6	0.99<3.9	33	41.6	11.5	15.2	0.75<3.9
1.0	32	38.3	7.1	14.6		33	40.7	11.8	15.3	
1.5	32	37.9	7.1	14.8		33	39.9	11.7	15.3	
2.0	32	39.1	5.9	14.6		33	41.8	11.8	15.1	
2.5	32	38.6	6.5	14.6		33	40.8	11.8	14.9	

从表 8 和图 4 可以看出，试样破坏时间在1.5分钟以下时，随着时间的减少，强度有上升趋势，但差异都很小。从方差分析来看，红松和水曲柳木材的差异均不显著。

(3) 试样每分钟压缩变形量为3.0、1.5、1.05、0.85和0.6毫米的加荷试验。结果如表 9。从表 9 可以看出，顺纹抗压强度是随每分钟的压缩变形增大而升高，当每分钟增至1.5毫米以上后，强度增加缓慢（见图

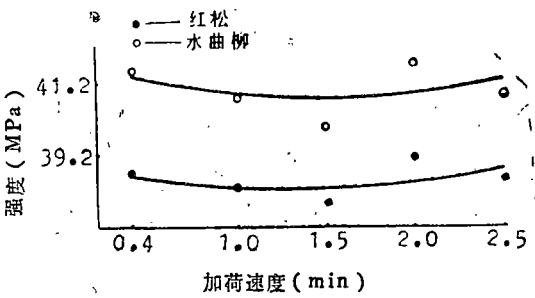


图4 试样在不同时间内破坏的顺纹抗压强度曲线

表9 每分钟不同变形时的顺纹抗压强度

每分钟 变形 (mm)	红 松					水 曲 柳				
	试样数	平均值 (MPa)	变异系数 (%)	含水率 (%)	方差分析差异	试样数	平均值 (MPa)	变异系数 (%)	含水率 (%)	方差分析差异
3.00	32	38.6	7.7	14.3	** $12.82 > 6.8$	35	41.6	12.1	14.8	$1.46 < 3.9$
1.50	32	38.1	5.7	14.3		35	40.6	11.9	14.6	
1.05	32	37.1	5.7	14.2		35	40.7	12.1	14.5	
0.85	32	36.2	5.4	14.1		35	39.8	11.9	14.4	
0.60	32	35.1	5.4	13.8		35	38.9	11.8	14.5	

5)。从方差分析来看,红松的差异特别显著,而水曲柳的差异则不显著。

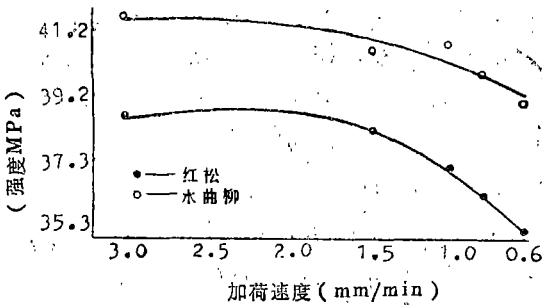


图5 每分钟不同变形的顺纹抗压强度曲线

(4) 三种加荷速度方法和五种加荷速度对顺纹抗压强度影响的比较。先将三种加

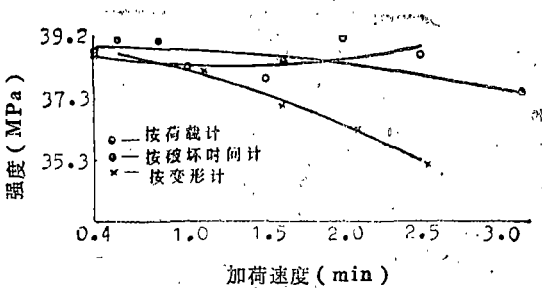


图6 三种加荷速度方法、五种加荷速度与红松顺纹抗压强度的相关曲线

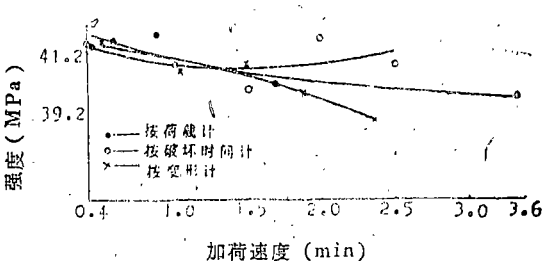


图7 三种加荷速度方法、五种加荷速度与水曲柳顺纹抗压强度的相关曲线

荷方法测得值均换算为试样在一定时间内破坏时的值,然后得出试样在不同时间内破坏的加荷速度与顺纹抗压强度之间的三条相关曲线图(图6、图7)。

从图6和图7可以看出,红松和水曲柳的顺纹抗压强度均随破坏时间减少而逐渐升高,试样在不同时间内破坏的试验结果是无规律的,但差异都很小。还可以看出,无论那种加荷速度方法,只要试样在1.5分钟以内破坏,对顺纹抗压强度的影响都很小,仅红松影响稍大一些,但差异也仅为3%。如果以每分钟一定荷载和试样在一定时间内破坏这两种方法相比较,只要试样在2分钟以内破坏,影响就更小,差异最大的也仅为2%。

结 论

1.按国家标准与国际标准两种试验方法所得顺纹抗压强度、抗弯强度、顺纹抗拉强度、横纹全部抗压强度,差异均不大,可以认为结果是一致的。

2.对抗弯弹性模量的结果,两种试验方法的差异较大。国家标准的试验结果换算为国际标准的结果时,应乘以系数1.25。

3.从三种加荷方法所得顺纹抗压强度的结果来看,如果试样在1.5分钟以内破坏,无论采用那种方法,其结果的差异都很小,可以说是一致的。若以每分钟施加一定荷载和试样在一定时间内破坏这两种加荷方法来说,只要试样在2分钟以内破坏,其差异更小,结果更接近一致。

参 考 文 献

- (1) 国家标准, 1980, 木材物理力学试验方法, 技术标准出版社。
- (2) 国家标准, 1981, 木材力学性能部分,

中国林业出版社。

- (3) 美国国家标准, 1958, 木材小而无疵试样的标准试验方法, 河南农学院园林系木材利用组译印 (1973年)。

Effects of Different Loading Methods on the Results of Wood Mechanical Tests

Zhang Souhuai

Zhang Wenqing

Zhang Lihua

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry)

Abstract

In order to make comparison between different loading methods (according to Chinese GB and ISO), Timbers of Korean pine and six other species were chosen. The results shown that there is no significant difference in the tests of tensile and compression strength parallel to grain, bending strength, and stress at proportional limit in compression perpendicular to grain, but the MOE values of ISO method are 20.5-28.8% higher than that of Chinese GB.

In addition to the above methods, another method was involved in the tests of compression strength parallel to grain with loading speed at a constant distance of the crosshead movement per unit time. No significant difference was shown, provided that wood failure occurred within 2 minutes.

(上接第31页)

合于做家具。

(3) 双面平滑可以直接喷漆, 也可以用薄木、金属箔、塑料薄膜贴面。

(4) 板层均匀, 密度中等, 易于雕刻加工, 边缘可做成任何图案形状, 适合做木质工艺品及高级雕刻家具。

(5) 音响效果好, 可用以制造乐器。

根据笔者调查, 我国目前中密度板用途和有待开拓的方面见表2。

日本中密度板、硬质纤维板、刨花板的使用情况见下表3。

表3 日本人造板使用情况

人 造 板 用 途	中密度纤维板 (%)	硬质纤维板 (%)	刨 花 板 (%)
建筑材料	20	60	30
家 具	35	10	30
家用电器	35 (乐器3)	10	30
汽车造船业	10	20	10

从上表可以看出中密度板目前仅应用于家具

上, 只有一小部分应用于家用电器。市场潜力还是很大的, 因此对产品应用技术的研究, 还有许多工作要做。中密度板的开发工作局面已经打开, 它的前途将是光明的, 作为我国人造板工业中一项主要新产品, 必将对我国的四化建设作出贡献。

参考文献

- (1) 美国福马克国际销售公司中密度纤维板厂初步设计资料 1981年。
- (2) 美国福马克国际销售公司关于日产150T中密度纤维板厂技术资料 1980年。
- (3) 瑞典莫太那·迪非布拉特公司关于日产150T中密度纤维板厂技术资料 1979年。
- (4) 瑞典桑斯公司关于日产80T中密度纤维板厂技术资料 1986年。
- (5) 瑞典桑斯公司关于日产80T中密度纤维板厂技术资料 1988年2月。
- (6) 日本兼松江会社、日立造船厂、北新合板厂关于日产150T中密度纤维板厂技术资料。1979年10月。
- (7) 福州人造板厂、上海人造板厂、中密度纤维板设计资料。