

航空委員會  
航空研究院

研究報告第十四號

川產柳杉木之性質

余仲奎 黃鵬章  
陳啟嶺 羅裕英

審核者 王 助

三十三年十二月 成都



# 航空研究院出版刊物

## 研究報告

- 第一號 林致平：偏心圓管之扭力問題
- 第二號 錢學森：高速度氣流突變之測定
- 第三號 林致平，談鎬生：正向質薄板之彈性穩定問題
- 第四號 余仲奎，黃鵬章：川產雲杉之性質  
陳啓嶺，羅裕英
- 第五號 余仲奎，黃鵬章：四川理番六種木材之性質  
陳啓嶺，羅裕英
- 第六號 林致平，王培生：平板環列圓孔之應力分析
- 第七號 林致平，談鎬生，黃克累：月形柱體之扭力問題
- 第八號 林致平，談鎬生，李迪強：新型蒙布張力測定器
- 第九號 林致平，王培生，荆廣生：多孔長條之應力引
- 第十號 余仲奎，沈蘭根：川產楠竹之性質
- 第十一號 王裕齊，谷凌，黃嵩生：機槍校靶水平儀與絲靶方法
- 第十二號 余仲奎，黃鵬章：黔產核桃木之性質  
陳啓嶺，羅裕英

## 技術叢編

- 第一號 王士偉，徐舜壽：飛機性能之捷算法
- 第二號 飛機修理要領
- 第三號 飛機木材之處置與使用
- 第四號 木材力學試驗標準草案

WITH COMPLIMENTS  
FROM  
THE WOOD AND BAMBOO RESEARCH LABORATORY,  
BUREAU OF AERONAUTICAL RESEARCH.

P.O. Box WU-989, Chengtu, China.

航空委員會

航空研究院

---

研究報告第十四號

川產柳杉木之性質

余仲奎 黃鵬章

陳啟嶺 羅裕英

三十三年十二月 成都

# 川產柳杉木之性質

## 目次

一、前言	1
二、形態	1
三、物理性質及力學性質	3
四、結論	4

## 圖表

第一圖 柳杉	2-3
第二圖 柳杉比重變異圖	2
第三圖 柳杉含水量與力學性質關係圖	2-3
第一表 泡桐與柳杉之強度比重比率	4
第二表 柳杉之物理性質及力學性質表	4-5
第三表 柳杉木在15%含水量時機械設計用值表	5

## 一、前言

柳杉產於我國及日本，世界僅此一種。在我國分佈於東南及西南各省，浙江沿海一帶尤夥。今各地多行栽培，生長迅速。在四川普遍栽植於成都平原，俗稱「建杉」或「泡杉」。柳杉材質甚輕，為我國西南最輕商用針葉樹材之一。按我國商用闊葉樹材以泡桐為最輕[1]，可用於飛機上受力較小之部分，及作調整氣流之材料等。而柳杉在飛機製造上有無應用之價值，誠有詳盡研究之必要。三十二年春，特派楊君緒驥，前往瀘縣四川大學社場，採伐柳杉5株，運回進行研究，茲將所得之結果，刊載於此。

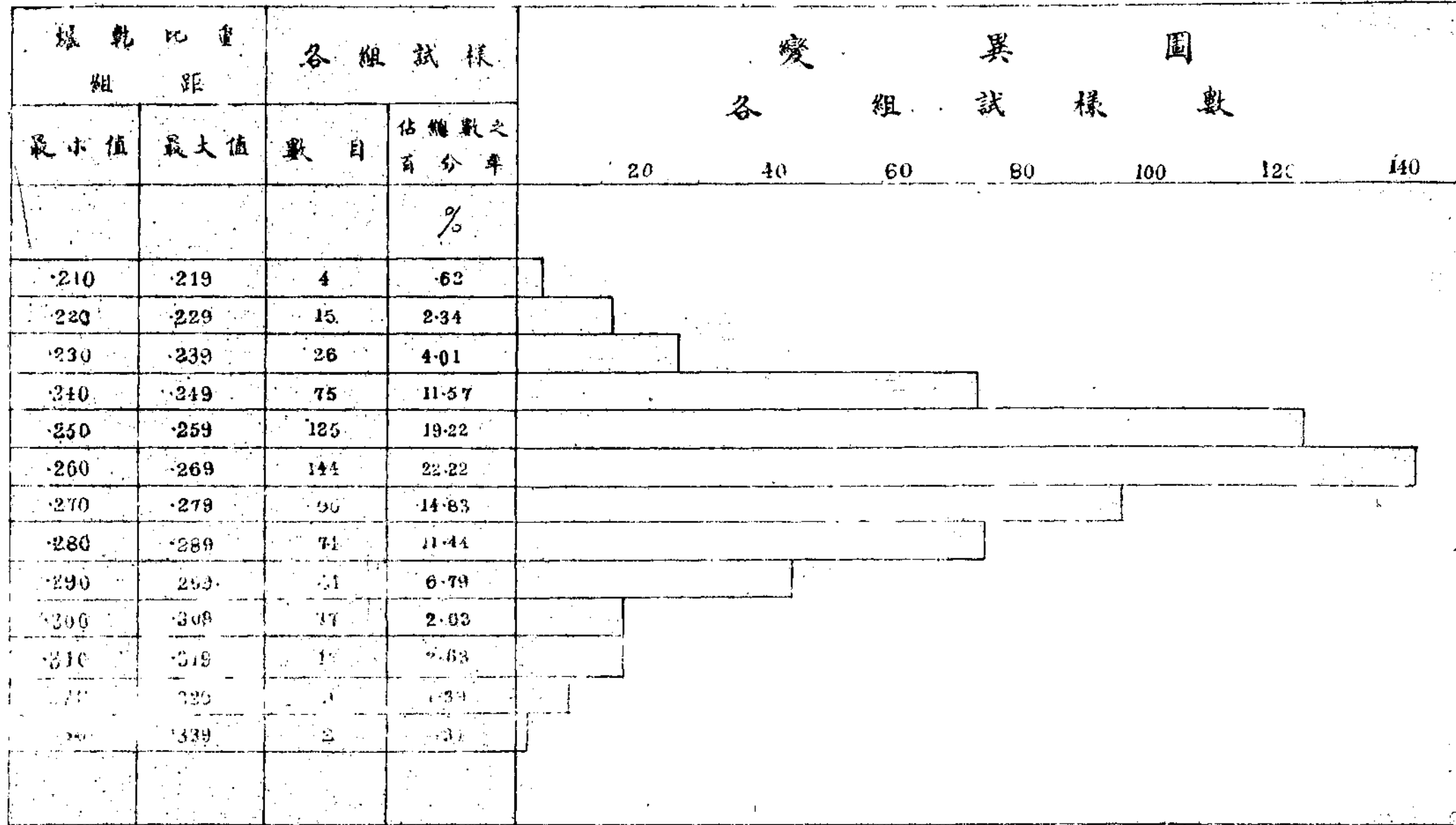
## 二、形態

柳杉學名 *Cryptomeria Japonica* D. Don. 屬松柏科 (Pinaceae)，在四川俗名「建杉」、「泡杉」，為常綠大喬木，樹幹端直。高25至40公尺，直徑1.5至3公尺，樹冠錐形，卵形或卵圓形；樹皮赤褐色，縱裂，作細長鱗狀片剝落。葉線狀錐尖形，綠色，先端稍向內曲，橫切面為扁平菱形，長0.5至1.5公分，無葉柄，作螺旋形附着，通常5列，幼葉兩側有白色氣孔線。小蕊花大蕊花同株。小蕊花橢圓形或卵形，黃褐色，長約公4厘，寬約2.5公厘，無柄，簇生於枝梢，成短穗狀花叢，小蕊成覆瓦狀附着，花絲短，藥3至5室，藥隔伸出，大蕊花球形，單生於小枝，深褐色，鱗片木質，作螺旋形排列。球果褐色，球形，直徑1至1.5公分，苞鱗與果鱗合着，果鱗木質，為倒狀楔形，先端有3至5枚尖齒，背面為菱形者，乃苞鱗之先端，每一果鱗有種子2至5顆；種子三角狀長橢圓形，周圍有極薄而狹之翅，長3至4公厘，寬約2公厘。

心材與邊材之區別顯明。心材淡紅褐色，邊材淡黃白至淡褐色，生長輪明瞭，甚寬，每2公分2至6輪，邊材帶寬。早材與遲材之密度差異甚大。無樹脂管。木質線綫。紋理直，結構粗。質甚輕。乾燥性質良好，施工容易。

航空研究院藏

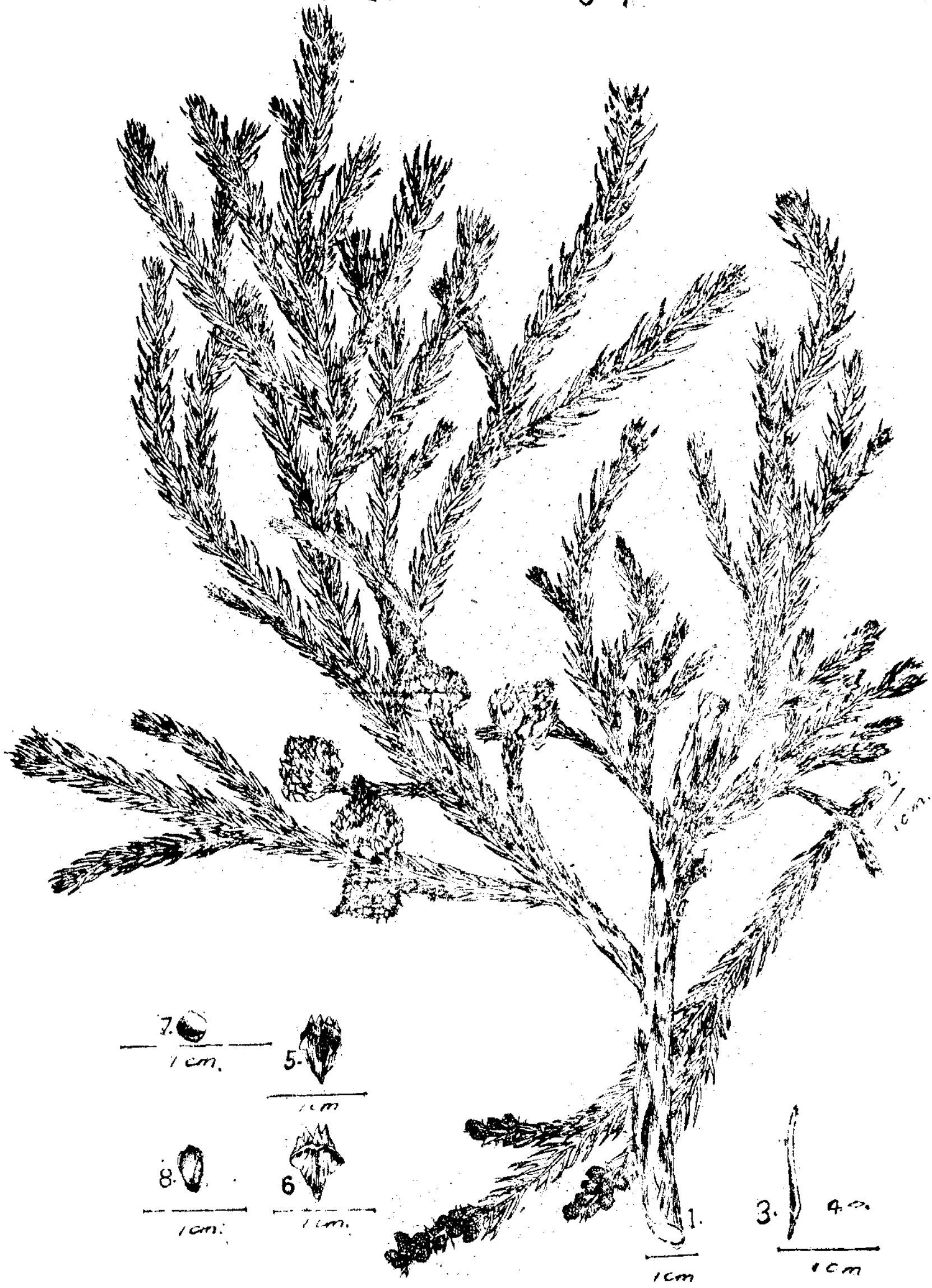
第二圖 柳杉 比重變異圖



註· 爐乾比重係指依爐乾重量及爐乾體積算出之比重  
 上圖係根據648次之試驗  
 爐乾比重之平均值为·267. 最低容許值为·260

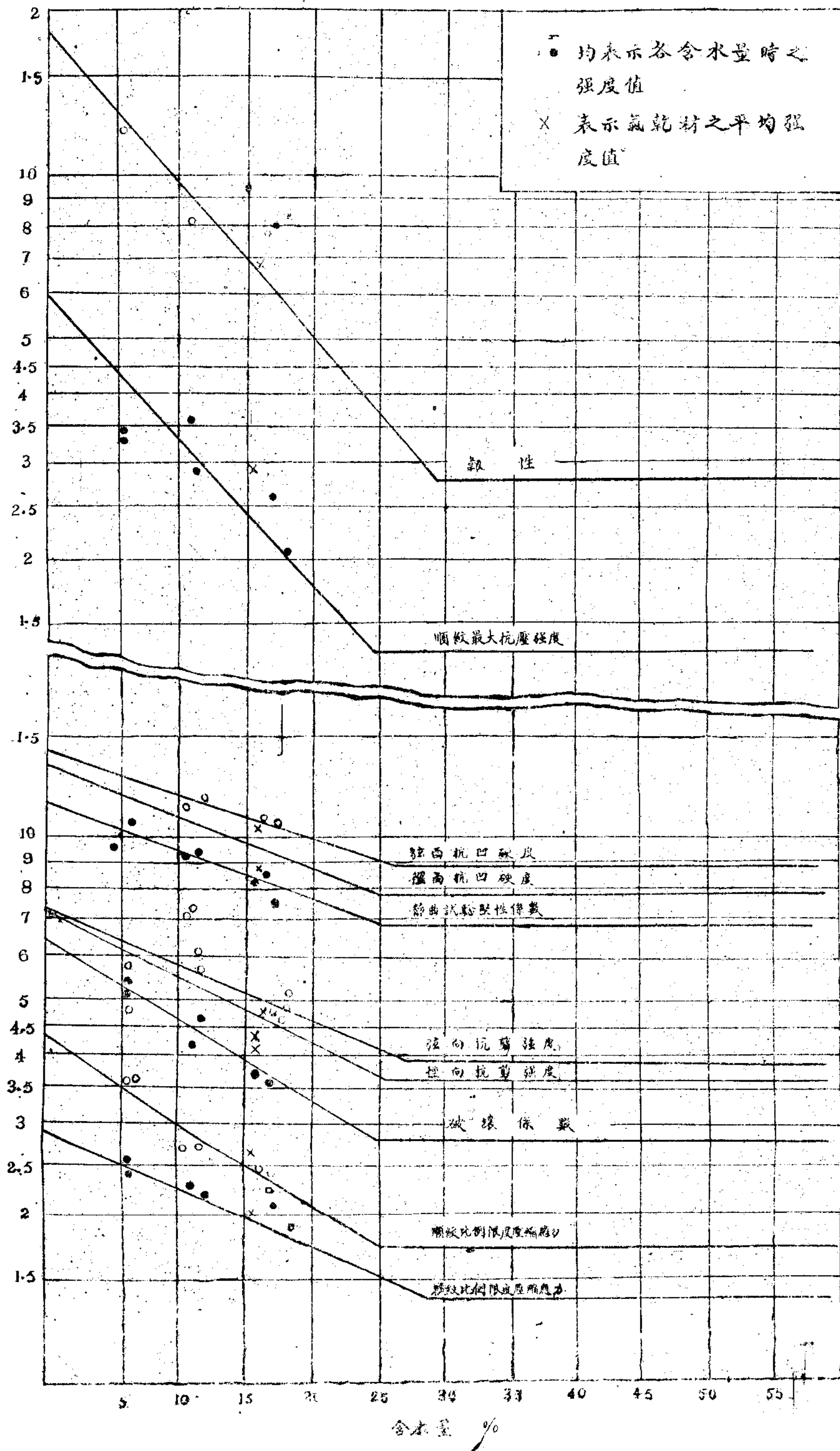
第一圖

柳杉 (*Cryptomeria japonica* D. Don.)



1. 果枝；2. 花枝；3. 葉；4. 葉之橫切面；5. 6. 果片之前後兩面；7. 小葉；8. 種子

第三圖 柳杉含水量與力學性質關係圖





### 三、物理性質及力學性質

由柳杉5株製成各種試樣，作物理試驗及力學試驗共2547次。

1. 物理試驗 物理試驗包含比重，含水量及收縮等。茲將柳杉物理性質列表如下（測定比重，含水量及體積收縮係用同一試樣，徑向及弦向收縮之試樣，大小為2.2x3公分，3公分之一面，為測定收縮之面）。

生 含 次	材 量	比重		依據		爐		乾		量		量		體積收縮		徑向收縮		弦向收縮	
		生材體積	15%含水量時之體積	12%含水量時之體積	爐	乾	量	量	15%含水量時	12%含水量時	試樣數	平均	試樣數	平均	試樣數	平均	試樣數	平均	
159	10	159	242	253	256	643	26	0	26	49	29	29	158	5.3	36	1.7	34	5.0	

2. 力學試驗 分生材力學試驗，氣乾材力學試驗，及含水量與力學關係試驗，共1801次。由各種試驗，求出生材狀態12%含水量及15%含水量時之力學性質（第二表），含水量與力學性質之關係圖（第三圖），與關係式（第二表），及各種力學性質之纖維飽和點（第二表）。

3. 飛機設計值之計算 計算之方法參照本院研究報告第十二號。所得各設計值見第三表

### 四、結 論

川產柳杉木平均之重量甚輕，與泡桐相若，隨水分變化而生之變形甚小，惟早材與遲材之密度有顯著之差異，不及泡桐之均勻。其力學性質，一般較泡桐[1]稍大，其中彈性係數，大於泡桐約達1.5倍。惟柳杉之韌性，在生材時數值較泡桐甚低，但乾燥至纖維飽和點後，則隨水份之減少而逐漸增大，適與泡桐相反。

柳杉木普通用以作器具及一部份建築材料。在機械製造上，可用為填充材，減阻材及其他於受力較小及不受力之部份。

柳杉在我國長江以南各省，生長甚佳，為一種良好之造材樹種。

第一表 泡桐與柳杉之強度比重比率

強 度	單位	生材強度 / 比重 (依據乾重 量及體積)	
		柳	杉
靜 比例限度應力	公斤 / 公分 <sup>2</sup>	647.00	586.00
曲 破 壞 係 數	公斤 / 公分 <sup>2</sup>	1,663.00	898.70
試 彈 性 係 數	公斤 / 公分 <sup>2</sup>	258,427.00	105,468.00
驗 最大荷重之工作	公斤—公分 / 公分 <sup>3</sup>	1.12	1.68

(未完接第6頁)

第二表 柳杉之物理性質及力學性質表

學名	產地	試驗樹株數	試驗總次數	每二公分生長年輪	纖維飽和點平均値	含水量	比重				收縮率			靜曲試驗				韌性		順紋壓縮試驗		橫紋壓縮試驗		硬度試驗		順紋剪力試驗													
							依佛德乾重及		試時體積	體積	徑向	弦向	比例限度	破壞係數	彈性係數	最大荷重之作	韌性試驗	韌性	比例限度	最大抗壓強度	比例限度	最大抗壓強度	簡卡氏抗凹硬度	徑向	弦向	徑向	弦向												
							平均値	容許誤差																															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27													
		株	次	%	%	%	公分 <sup>3</sup> /公分	磅/呎	%	%	公分 <sup>3</sup> /公分	公分 <sup>2</sup> /吋	公分 <sup>2</sup> /吋	公分 <sup>2</sup> /吋	公分 <sup>2</sup> /吋	公分 <sup>2</sup> /吋	公分 <sup>2</sup> /吋	公分 <sup>3</sup> /吋 <sup>3</sup>	磅-吋	磅/公分 <sup>2</sup>	磅/公分 <sup>2</sup>	公分 <sup>2</sup> /吋	公分 <sup>2</sup> /吋	磅	磅	公分 <sup>2</sup> /吋	公分 <sup>2</sup> /吋												
Cryptomeria Japonica D. Don.	四川灌縣	5	2471	3	26	生材	101	0.242	0.267	0.260	49	30	8.3	1.7	5.5	173	2460	284	4030	69000	0.98x10 <sup>6</sup>	0.30	4.26	28	24	106	1510	133	1890	14.0	19.9	78	172	83	194	364	517	390	554
						氣	15	0.253	—	—	29	18				245	3480	390	5540	85000	1.21x10 <sup>6</sup>	—	—	70	31	195	2770	245	3480	19.7	28.0	97	213	109	240	49.0	6.96	52.0	73.6
						乾	12	0.250	—	—	29	18				273	3880	430	6100	90000	1.28x10 <sup>6</sup>	—	—	85	74	240	3410	300	4260	21.5	30.5	102	224	115	253	510	724	55.0	78.1
附表	各強度之纖維飽和點 %															24	25	25		28		25	28	25	27	26	26												
	各強度與含水量之關係式 (M為含水量之百分數)															130x10 <sup>-0164N</sup>	650x10 <sup>-0143N</sup>	114.000x10 <sup>-0088M</sup>		180x10 <sup>-0219M</sup>		600x10 <sup>-0256M</sup>	29x10 <sup>-0116M</sup>	132x10 <sup>-001M</sup>	140x10 <sup>-0075M</sup>	74x10 <sup>-0022M</sup>	73x10 <sup>-012M</sup>												

註：上表為無缺點試材之試驗結果，試材切面為2x2公分；靜曲之跨度為24公分。

第三表 柳杉在15%含水量時飛機設計用強度值表

比 重		平 均 值	0.267	
依據爐乾重量 及爐乾體積		最 容 許 低 值	0.260	
收 縮 率 (由生材至爐乾)	體積(依據生材體積)	%	8.3	
	徑向(依據生材寬度)	%	1.7	
	弦向(依據生材寬度)	%	5.5	
在 15% 含水量時之重量		公斤 / 立方公尺	29	磅 / 立方呎 18
靜 曲 試 驗	比例限度應力	公斤 / 平方公分	270	磅 / 平方吋 3800
	破壞係數	公斤 / 平方公分	430	磅 / 平方吋 6100
	彈性係數	公斤 / 平方公分	79100	磅 / 平方吋 $1.12 \times 10^6$
順紋壓	比例限度應力	公斤 / 平方公分	216	磅 / 平方吋 3100
縮試驗	最大抗壓強度	公斤 / 平方公分	270	磅 / 平方吋 3800
橫紋壓縮試驗：比例限度應力		公斤 / 平方公分	31	磅 / 平方吋 440
順紋最大抗剪強度		公斤 / 平方公分	38	磅 / 平方吋 540
簡卡氏抗凹硬度(側面)		公斤 / 平方公分	103	磅 / 平方吋 230

(續第一表)

性質	公分—公斤	104.8	308.6	
順紋壓縮試驗	比例限度應力	公斤/公分 <sup>2</sup>	397	324
	最大抗壓強度	公斤/公分 <sup>2</sup>	498	429
	橫紋比例限度壓縮應力	公斤/公分 <sup>2</sup>	52.4	57
	最大抗剪強度	公斤/公分 <sup>2</sup>	141	154
	簡卡氏抗凹硬度	公斤/公分 <sup>2</sup>	310.8	328

## 參考文獻

- (1) 余仲奎，黃鵬章，川產泡桐木之性質。航空研究院報告第十三號，三  
陳啓嶺，羅裕英，十三年。
- (2) 木材力學試驗標準草案。航空研究院技術叢編第四號，三十年。

## 柳 杉

## 勘 誤 表

頁	行	字	誤	正
封面背頁	11	20	引	析
：	13	21	孫	校
：	16	5	士	士
1	7	23	場	場
1	19	20	光	先

杉柳 (續第一表) 1479

PUBLICATIONS RELATING TO TIMBER RESEARCH,  
BUREAU OF AERONAUTICAL RESEARCH.

---

TECHNICAL REPORT

- No. 4 C.F. Yee, Hwang Pun-cheung, Chen Chi-ling, and Lo Yu-ying:  
Properties of the wood of Yushan (*Picea asperata*) grown in  
Szechuan.
- No. 5 C.F. Yee, Hwang Pun-cheung, Chen Chi-ling, and Lo Yu-ying:  
Properties of some important timbers grown in western  
Szechuan.
- No. 10 C.F. Yee and Shen Lan-gan:  
Properties of Nanchu (*Phyllostachys edulis*) grown in  
Szechuan.
- No. 12 C.F. Yee, Hwang Pun-cheung, Chen Chi-ling, and Lo Yu-ying:  
Properties of the wood of Hotaomu (*Juglans regia*) grown  
in Kweichow.
- No. 13 C.F. Yee, Hwang Pun-cheung, Chen Chi-ling, and Lo Yu-ying:  
Properties of the wood of Paotung (*Paulownia Fargesii*)  
grown in Szechuan.
- No. 14 C.F. Yee, Hwang Pun-cheung, Chen Chi-ling, and Lo Yu-ying:  
Properties of the wood of Liashan (*Cryptomeria japonica*)  
grown in Szechuan.

BUREAU OF AERONAUTICAL RESEARCH

---

TECHNICAL REPORT NO. 14

PROPERTIES OF THE WOOD OF LEUSHAN (CRYPTOMERIA JAPONICA)  
GROWN IN SZECHUAN

C.F. YEE

HWANG PUN-CHEUNG

CHEN CHI-LING

LO YU-YING

DECEMBER 1944    CHENG TU