

# 我国光学玻璃的部分物理性能

顾琢如 赵玲艳

**摘要:** 本文发表了我国各类别光学玻璃从  $-100\sim 450\text{ }^{\circ}\text{C}$  范围的膨胀曲线。给出国家标准要求温度范围的平均线热膨胀系数, 转变温度、密度、杨氏模量、剪切模量及泊松比。提供有关人员使用。

自1979年对GB—903—65国家无色光学玻璃标准进行修订工作以来。在国内各兄弟单位的密切合作下, 已开展了大量的工作。通过集体协商研究, 在新国标中, 增加了许多新的玻璃品种, 大家协作分工, 建立补充了一些新的标准测试方法。实测了一大批玻璃牌号的性质数据。即将完成的新国标, 内容将更完善和充实, 发挥更大的作用及效果。

在新国标修订工作中, 长春光机所负责承担了高低温膨胀系数、退火温度及弹性常数的测定工作。迄至目前, 我们已完成了十六个类别100多种牌号玻璃的实测。除按国家标准提供定点测试数据外, 还给出了某些性质的成套数据, 这对光学仪器设计人员及冷加工工作人员都很有实用价值。现将整理的的数据, 予以登载发表。

三种测试项目的技术条件如下:

## 1. 低温膨胀系数的测量

使用设备为自制低温膨胀仪<sup>[1]</sup>, 测试  $-60\sim +20\text{ }^{\circ}\text{C}$  及  $20\sim 120\text{ }^{\circ}\text{C}$  温度范围的平均膨胀系数。工作中用液态氮作冷媒介质。测量温度范围可由  $-150\sim +200\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 测量精度  $\pm 2 \times 10^{-7}$ 。

## 2. 高温膨胀系数及退火温度的测定

使用设备为晶体管自动膨胀仪<sup>[2]</sup>, 测量温度范围可由室温  $-1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 测量精度为  $\pm 2 \times 10^{-7}$ 。

## 3. 弹性模量 $E$ 值、剪切模量 $G$ 及泊松比系数 $\mu$ 的测定

此项性质测定使用复合共振法<sup>[3]</sup>, 测量精度为1%。其中泊松系数  $\mu$  值由测量  $E$  值和  $G$  值计算得出。  $\mu = \frac{E}{2G} - 1$ 。

在各种玻璃样品中,  $\text{FK}_1, \text{FK}_2, \text{TK}_1, \text{TK}_2, \text{TK}_3, \text{TiF}_4, \text{TF}_{1-3}, \text{HWC}_{28-31}$  由长春光机所提供。其它部分由208厂提供。各类玻璃的测试数据分别用表格及曲线图表示如下:

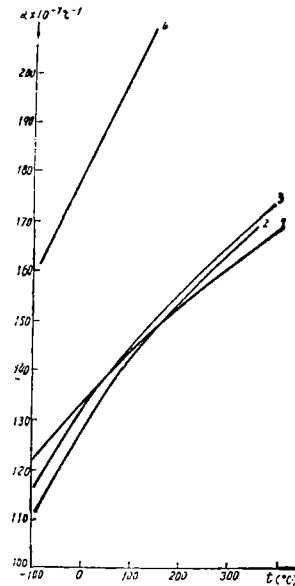


图1 TK FK  $\text{TiF}_3$ —玻璃的膨胀曲线

1— $\text{TK}_3$  2— $\text{FK}_2$  3— $\text{FK}_1$  4— $\text{TiF}_4$

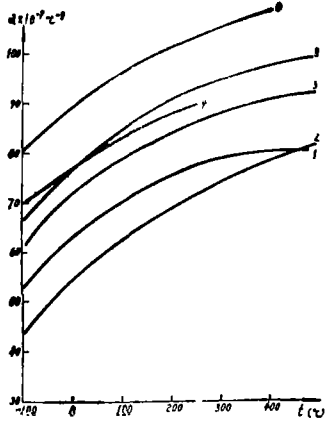


图2 QK, BaK玻璃的膨胀曲线

- 1—BaK<sub>4</sub> 2—BaK<sub>3</sub> 3—BaK<sub>1</sub>  
4—QK<sub>1</sub> 5—BaK<sub>2</sub> 6—QK<sub>3</sub>

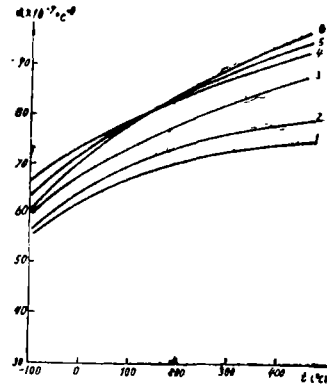


图3 BaK—玻璃的膨胀曲线

- 1—BaK<sub>1</sub> 2—BaK<sub>11</sub> 3—BaK<sub>7</sub>  
4—BaK<sub>8</sub> 5—BaK<sub>5</sub> 6—BaK<sub>9</sub>

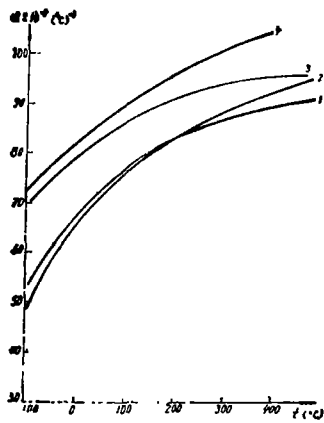


图4 K—玻璃的膨胀曲线

- 1—K<sub>9</sub> 2—K<sub>10</sub>  
3—K<sub>6</sub> 4—K<sub>8</sub>

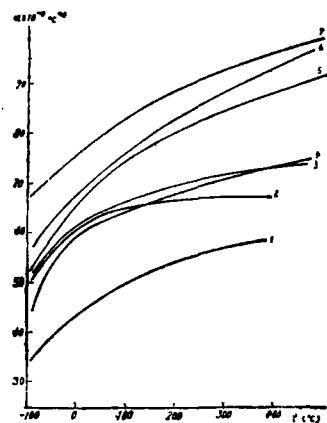


图5 K—玻璃的膨胀曲线

- 1—K<sub>4</sub> 2—K<sub>1</sub> 3—K<sub>2</sub> 4—K<sub>3</sub>  
5—K<sub>7</sub> 6—K<sub>11</sub> 7—K<sub>5</sub>

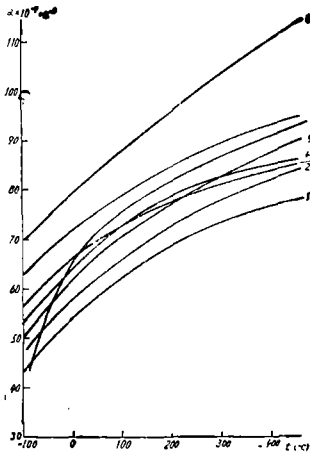


图 6 ZK—玻璃的膨胀曲线

- 1—ZK<sub>3</sub>    2—ZK<sub>1</sub>    3—ZK<sub>10</sub>  
 4—ZK<sub>2</sub>    5—ZK<sub>9</sub>    6—ZK<sub>11</sub>  
 7—ZK<sub>4</sub>    8—ZK<sub>8</sub>

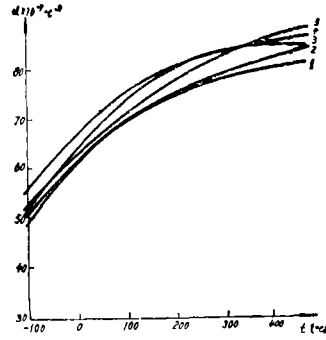


图 7 ZK—玻璃的膨胀曲线

- 1—ZK<sub>8</sub>    2—ZK<sub>14</sub>    3—ZK<sub>6</sub>  
 4—ZK<sub>10</sub>    5—ZK<sub>7</sub>

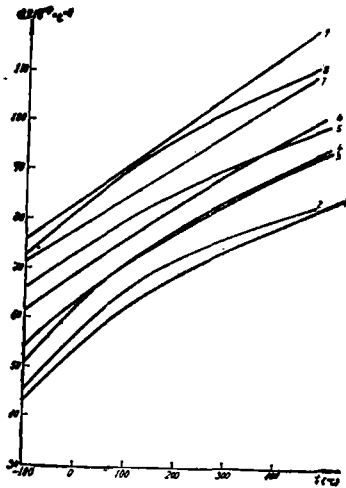


图 8 LaK—玻璃的膨胀曲线

- 1—LaK<sub>3</sub>    2—LaK<sub>7</sub>    3—LaK<sub>10</sub>  
 4—LaK<sub>2</sub>    5—LaK<sub>11</sub>    6—LaK<sub>1</sub>  
 7—LaK<sub>5</sub>    8—LaK<sub>8</sub>    9—LaK<sub>6</sub>

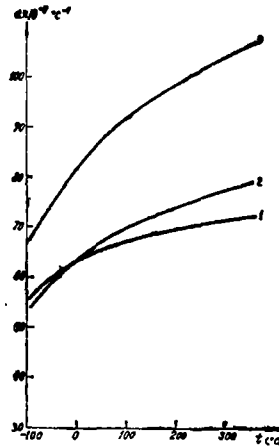


图 9 KF—玻璃的膨胀曲线

- 1—KF<sub>2</sub>    2—KF<sub>1</sub>    3—KF<sub>3</sub>

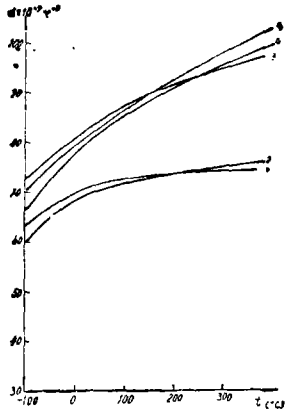


图10 QF—玻璃的膨胀曲线

- 1— $QF_3$     2— $QF_2$     3— $QF_6$   
4— $QF_1$     5— $QF_5$

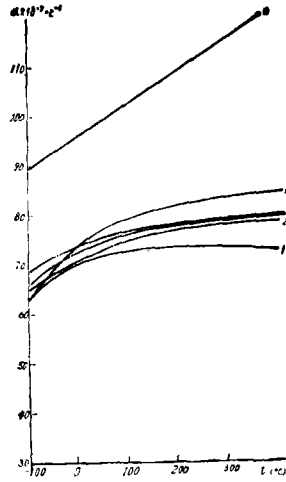


图11 F—玻璃的膨胀曲线

- 1— $F_2$     2— $F_4$     3— $F_3$   
4— $F_5$     5— $F_1$     6— $F_6$

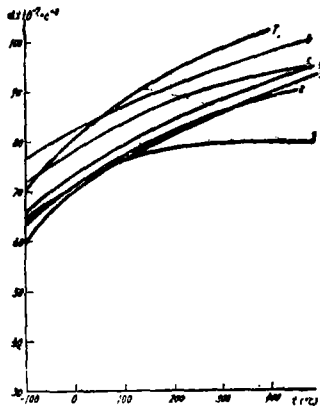


图12 BaF—玻璃的膨胀曲线

- 1— $BaF_1$     2— $BaF_7$     3— $BaF_3$   
4— $BaF_6$     5— $BaF_5$     6— $BaF_8$   
7— $BaF_2$

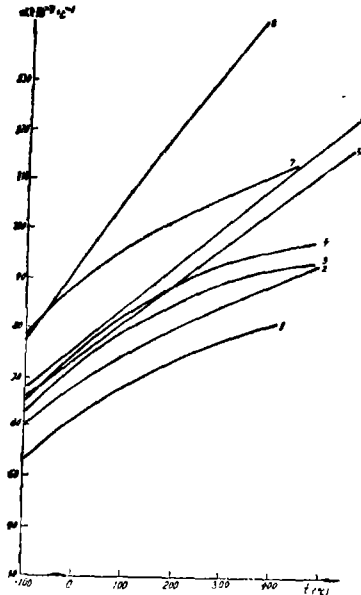


图13 ZBaF—玻璃的膨胀曲线

- 1— $ZBaF_2$     2— $ZBaF_{21}$     3— $ZBaF_1$   
4— $ZBaF_3$     5— $ZBaF_{17}$     6— $ZBaF_5$   
7— $ZBaF_{15}$     8— $ZBaF_4$

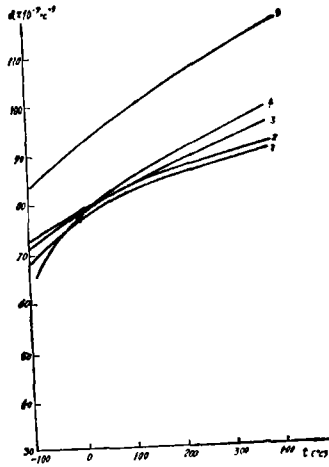


图14 ZF—玻璃的膨胀曲线

- 1—ZF<sub>6</sub>    2—ZF<sub>3</sub>    3—ZF<sub>7</sub>  
4—ZF<sub>11</sub>   5—ZF<sub>4</sub>

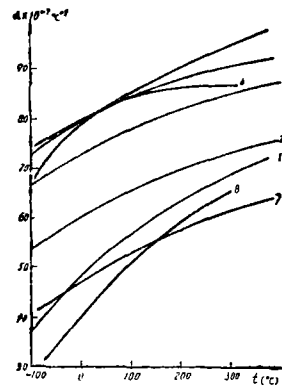


图15 TF, ZF—玻璃的膨胀曲线

- 1—TF<sub>2</sub>    2—TF<sub>1</sub>    3—ZF<sub>2</sub>  
4—ZF<sub>1</sub>    5—ZF<sub>6</sub>    6—ZF<sub>15</sub>  
7—TF<sub>6,8</sub>   8—TF<sub>4</sub>

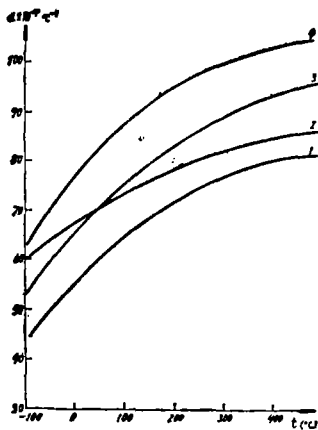


图16 LaF—玻璃的膨胀曲线

- 1—LaF<sub>10</sub>   2—LaF<sub>7</sub>    3—LaF<sub>6</sub>  
4—LaF<sub>2</sub>

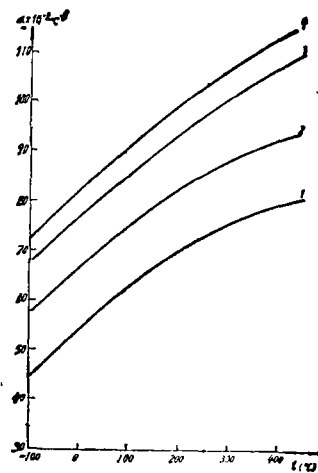


图17 HWC—红外玻璃的膨胀曲线

- 1—HWC<sub>30</sub>   2—HWC<sub>28</sub>   3—HWC<sub>27</sub>  
4—HWC<sub>26</sub>

表 光学玻璃的热技术性能及机械性质

玻璃牌号	下述温度范围内线膨胀系数 $\alpha(t) \cdot 10^7, \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 的平均值			退火温度 $T, \text{ } ^\circ\text{C}$	比重 $d$ $\text{g/cm}^3$	弹性模数 $E \cdot 10^9 \text{Pa}$	剪切模数 $G \cdot 10^9 \text{Pa}$	泊松系数 $\mu$
	-60~+20 $^\circ\text{C}$	20~120 $^\circ\text{C}$	20~300 $^\circ\text{C}$					
FK <sub>1</sub>	130	141	151	464	3.57	7959	3021	0.317
FK <sub>2</sub>	131	139	150	472	3.80	7843	2999	0.307
QK <sub>1</sub>	75	81	86	408	2.30	4969	2058	0.207
QK <sub>3</sub>	88	94	100	492	2.47	6228	2571	0.221
K <sub>1</sub>	60	64	66	538	2.51	6843	2851	0.200
K <sub>2</sub>	60	65	68	584	2.40	7127	2954	0.206
K <sub>3</sub>	58	63	66	547	2.42	6885	2869	0.200
K <sub>4</sub>	42	48	53	528	2.50	7144	2949	0.211
K <sub>5</sub>	75	82	87	551	2.47	7573	3142	0.203
K <sub>6</sub>	78	85	90	542	2.55	6880	2840	0.212
K <sub>7</sub>	64	72	78	553	2.55	7842	3273	0.198
K <sub>8</sub>	81	88	94	484	2.62	6765	2803	0.207
K <sub>9</sub>	66	75	81	569	2.54	8132	3346	0.209
K <sub>10</sub>	64	74	81	537	2.59	7691	3184	0.208
K <sub>11</sub>	66	74	81	587	2.62	7341	3038	0.208
BaK <sub>1</sub>	70	77	82	557	3.52	6513	2626	0.240
BaK <sub>2</sub>	75	82	88	573	2.87	7122	2923	0.218
BaK <sub>3</sub>	52	60	66	601	2.87	8164	3282	0.244
BaK <sub>4</sub>	61	68	74	609	2.93	8357	3398	0.229
BaK <sub>5</sub>	70	76	82	599	3.03	7550	3017	0.251
BaK <sub>6</sub>	61	66	69	646	3.10	7822	3145	0.243
BaK <sub>7</sub>	66	72	76	597	3.13	7528	3027	0.244
BaK <sub>8</sub>	73	77	81	604	3.21	7378	2972	0.241
BaK <sub>9</sub>	76	74	82	591	3.12	7916	3189	0.247
BaK <sub>11</sub>	63	69	72	624	3.03	7890	3234	0.237
ZaK <sub>1</sub>	56	64	70	624	3.08	5487	3330	0.265
ZaK <sub>2</sub>	62	70	77	639	3.28	7995	3328	0.201
ZaK <sub>3</sub>	52	60	66	670	3.29	8461	3415	0.238
ZaK <sub>4</sub>	71	78	83	630	3.53	8322	3411	0.220
ZaK <sub>5</sub>	77	85	93	589	3.58	8018	3107	0.290

续表

玻璃牌号	下述温度范围内线膨胀系数 $\alpha(t) \cdot 10^7 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 的平均值			退火温度 $T_g \text{ } ^\circ\text{C}$	比 重 $d$ $\text{g/cm}^3$	弹性模数 $E \cdot 10^7 \text{ Pa}$	剪切模数 $G \cdot 10^7 \text{ Pa}$	泊松系数 $\mu$
	-60~ +20 $^\circ\text{C}$	20~120 $^\circ\text{C}$	20~300 $^\circ\text{C}$					
ZK <sub>6</sub>	62	71	78	668	3.57	8302	3313	0.252
ZK <sub>7</sub>	61	68	75	653	3.50	9001	3654	0.231
ZK <sub>8</sub>	60	68	73	674	3.61	7673	3058	0.255
ZK <sub>9</sub>	60	68	75	666	3.62	8899	3638	0.223
ZK <sub>10</sub>	65	73	79	662	3.59	8278	3256	0.272
ZK <sub>11</sub>	62	74	80	655	3.69	8828	3602	0.226
ZK <sub>14</sub>	59	67	73	649	3.45	8520	3458	0.232
ZK <sub>19</sub>	65	71	75	646	3.60	7891	3108	0.269
LaK <sub>1</sub>	68	74	79	658	3.93	9040	3549	0.274
LaK <sub>2</sub>	60	69	75	657	3.69	10446	4058	0.287
LaK <sub>3</sub>	52	60	67	671	4.12	11924	4648	0.283
LaK <sub>6</sub>	77	83	88	614	4.07	8536	3308	0.290
LaK <sub>6</sub>	82	89	95	627	4.29	8372	3175	0.284
LaK <sub>7</sub>	55	64	70	659	3.79	11378	4436	0.282
LaK <sub>8</sub>	79	88	94	647	4.35	8765	3382	0.296
LaK <sub>10</sub>	61	69	74	650	3.81	9029	3550	0.272
LaK <sub>11</sub>	72	78	83	616	4.02	8433	3258	0.294
TK <sub>1</sub>	137	140		529	4.11	7276	2830	0.285
TK <sub>2</sub>	104	116		534	4.20	7731	2976	0.299
TK <sub>3</sub>	124	140	150	523	4.11	8172	3135	0.303
KF <sub>1</sub>	62	68	73	456	2.52	6665	2785	0.198
KF <sub>2</sub>	62	66	69	498	2.70	6325	2637	0.199
KF <sub>3</sub>	79	89	101	458	2.72	6478	2657	0.219
QF <sub>1</sub>	75	83	89	451	2.93	6505	2668	0.219
QF <sub>2</sub>	68	71	73	543	3.03	6524	2663	0.225
QF <sub>3</sub>	69	72	73	511	3.24	5645	2344	0.204
QF <sub>4</sub>	80	86	90	508	2.61	6844	2751	0.244
QF <sub>5</sub>	78	84	96	464	3.22	6337	2628	0.206
F <sub>1</sub>	72	78	81	465	3.49	5740	2362	0.215
F <sub>2</sub>	69	72	73	493	3.59	5650	2287	0.235

续表

玻璃牌号	下述温度范围内线膨胀系数 $\alpha(t) \cdot 10^7 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 的平均值			退火温度 $T_v, \text{ } ^\circ\text{C}$	比重 $d$ $\text{g/cm}^3$	弹性模数 $E \cdot 10^7 \text{ Pa}$	剪切模数 $G \cdot 10^7 \text{ Pa}$	泊松系数 $\mu$
	-60~ +20 $^\circ\text{C}$	20~120 $^\circ\text{C}$	20~300 $^\circ\text{C}$					
F <sub>3</sub>	73	76	78	486	3.61	5608	2307	0.215
F <sub>4</sub>	70	74	77	474	3.64	5660	2317	0.221
F <sub>5</sub>	73	76	78	480	3.68	5614	2267	0.238
F <sub>6</sub>	95	101	107	442	3.61	5410	2174	0.245
BaF <sub>1</sub>	70	75	78	602	2.93	6816	2799	0.217
BaF <sub>2</sub>	79	86	92	513	3.16	6718	2658	0.264
BaF <sub>3</sub>	70	75	80	577	3.24	7427	2951	0.258
BaF <sub>5</sub>	77	82	87	540	3.51	6477	2615	0.238
BaF <sub>6</sub>	72	77	83	553	3.53	6844	2721	0.256
BaF <sub>7</sub>	70	76	81	510	3.57	6282	2532	0.240
BaF <sub>8</sub>	81	86	90	497	3.69	6146	2486	0.236
ZBaF <sub>1</sub>	71	78	83	606	3.47	8474	3377	0.255
ZBaF <sub>2</sub>	60	66	71	614	3.84	7803	3043	0.282
ZBaF <sub>3</sub>	73	80	86	628	3.98	7988	3097	0.289
ZBaF <sub>4</sub>	89	102	97	481	3.91	6568	2622	0.253
ZBaF <sub>5</sub>	75	82	89	609	4.02	7976	3053	0.292
ZBaF <sub>15</sub>	87	94	100	479	3.91	6610	2615	0.264
ZBaF <sub>17</sub>	72	79	86	587	3.76	8142	3196	0.273
ZBaF <sub>21</sub>	67	78	87	595	3.96	8819	3482	0.266
ZF <sub>1</sub>	79	83	87	466	3.87	5468	2246	0.218
ZF <sub>2</sub>	72	77	81	471	4.09	5548	2256	0.229
ZF <sub>3</sub>	77	82	85	456	4.47	5518	2261	0.220
ZF <sub>4</sub>	91	97	103	427	4.53	5288	2139	0.235
ZF <sub>5</sub>	78	85	88	456	4.66	5456	2174	0.255
ZF <sub>6</sub>	76	81	84	451	4.78	5472	2250	0.216
ZF <sub>7</sub>	77	82	86	445	5.21	5484	2237	0.226
ZF <sub>11</sub>	76	83	87	460	4.06	6059	2496	0.214
ZF <sub>15</sub>	82	84	86	425	5.48	5519	2199	0.254
LaF <sub>2</sub>	74	86	92	614	4.44	8584	3328	0.293
LaF <sub>5</sub>	64	73	81	577	4.18	9090	3510	0.295

续表

玻璃牌号	下述温度范围内线膨胀系数 $\alpha(t) \cdot 10^7 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 的平均值			退火温度 $T, \text{ } ^\circ\text{C}$	比重 $d$ $\text{g/cm}^3$	弹性模数 $E \cdot 10^7 \text{ Pa}$	剪切模数 $G \cdot 10^7 \text{ Pa}$	泊松系数 $\mu$
	-60~ +20 $^\circ\text{C}$	20~120 $^\circ\text{C}$	20~300 $^\circ\text{C}$					
LaF <sub>7</sub>	66	72	77	660	4.21	10003	3879	0.289
LaF <sub>10</sub>	53	62	70	687	4.55	12334	4792	0.287
TiF <sub>4</sub>	173	193	210	288	3.31	16688	6468	0.290
TF <sub>1</sub>	59	64	68	451	2.55	5159	2102	0.227
TF <sub>3</sub>	46	55	62	486	3.24	6200	2411	0.286
TF <sub>4</sub>	39	45	57	506	3.21	6159	2408	0.259
TF <sub>5</sub>	48	51	56	493	3.58	6762	2470	0.369
TF <sub>6</sub>	48	50	56	494	3.84	6549	2542	0.288
HWC <sub>26</sub>	81	88	96	635	4.94	8960	3504	0.279
HWC <sub>27</sub>	75	82	91	645	5.05	9088	3646	0.312
HWC <sub>28</sub>	65	73	80	729	3.62	9303	3605	0.290
HWC <sub>29</sub>	50	60	74	690	3.86	9064	3524	0.286
HWC <sub>30</sub>	53	61	68	641	3.58	9227	3590	0.285
HWC <sub>31</sub>	73	81	92	734	3.34	10492	4052	0.295

## 参 考 文 献

- [1] 顾琢如, 光学机械, 1980年5期  
 [2] 长沙仪器厂, 晶体管自动膨胀仪器说明书  
 [3] 顾琢如、赵玲艳, 硅酸盐通报, 1982年5期

## Some Physical Properties of Chinese Optical Glasses

Gu Zhuoru Zhao Linyan

### Abstract

In this paper plots of thermal expansion of all sorts of chinese optical glasses ranging from  $-100$  to  $450^{\circ}\text{C}$  are shown. According to the national standard the coefficients of mean linear thermal expansion in the range of fixed temperature, transformation temperature, density, young's modulus, torsional rigidity modulus and poisson's ratio of optical glasses are given.

The data provided here could be useful to the related scientists and engineers.