

# 中华人民共和国国家标准

GB/T 5988—2022  
代替 GB/T 5988—2007

---

## 耐火材料 加热永久线变化试验方法

Refractory products—Determination of permanent change in dimensions on heating

(ISO 2478:1987, Dense shaped refractory products—Determination of permanent change in dimensions on heating; ISO 2477:2005, Shaped insulating refractory products—Determination of permanent change in dimensions on heating, MOD)

---

2022-03-09 发布

2022-10-01 实施

国家市场监督管理总局  
国家标准委员会发布

## 前　　言

本文件按照 GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件代替 GB/T 5988—2007《耐火材料 加热永久线变化试验方法》，与 GB/T 5988—2007 相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 更改了范围(见第1章，2007年版的第1章)；
- b) 更改了试验炉的名称，将2007年版的5.1～5.3内容重新进行了编辑，增加了对试验炉和热电偶的规定；(见5.1,2007年版的5.1～5.3)；
- c) 更改了长度测量仪的描述(见5.2.1,2007年版的5.4.1)；
- d) 更改了取样的描述(见6.1,2007年版的6.1)；
- e) 更改了试样的高度，增加了试验方法选择的规定(见6.2.1,2007年版的6.2.1)；
- f) 删除不定形耐火材料试样的制备(见2007年版的6.2.3)；
- g) 更改了7.2.3和7.4名称，将2007年版的7.4～7.8内容重新进行了编辑；删除燃气取样，不再测燃气炉内的氧含量(见第7章，2007年版的第7章)；
- h) 更改了公式(3)(见8.1,2007年版的8.1)；
- i) 更改了试验结果的保留位数(见8.3,2007年版的8.3)；
- j) 增加了允许误差(见第9章)；
- k) 更改了试验报告(见第10章，2007年版的第9章)。

本文件修改采用 ISO 2478:1987《致密定形耐火制品 加热永久线变化试验方法》及 ISO 2477:2005《定形隔热耐火制品 加热永久线变化试验方法》。

本文件与 ISO 2478:1987 和 ISO 2477:2005 相比，在结构上有较多调整，两个文件之间的结构编号变化对照一览表见附录 A。

本文件与 ISO 2478:1987 和 ISO 2477:2005 相比，存在较多技术差异，在所涉及的条款的外侧页边空白位置用垂直单线(|)进行了标示，这些技术差异及其原因一览表见附录 B。

本文件做了下列编辑性改动：

——为与现有标准协调，将标准名称改为《耐火材料 加热永久线变化试验方法》。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国耐火材料标准化技术委员会(SAC/TC 193)提出并归口。

本文件起草单位：中钢集团洛阳耐火材料研究院有限公司、宜兴市产品质量监督检验所、浙江铭德新材科技有限公司、洛阳利尔功能材料有限公司、山西盂县西小坪耐火材料有限公司、浙江宏丰炉料有限公司、海城利尔麦格西塔材料有限公司、郑州瑞泰耐火科技有限公司、东北大学。

本文件主要起草人：章艺、杨金松、袁晓萍、朱惠良、赵伟、严培忠、秦银军、刘伦、颜浩、李炜、马北越、唐雨菲、高建荣、杨伟、刘雷、周永、赵现华、李沅锦、刘朝阳、曹海洁。

本文件及其所代替文件的历次版本发布情况为：

——1986 年首次发布为 GB/T 5988—1986；

——2004 年进行了第一次修订；

——2007 年进行第二次修订时，并入了 GB/T 3997.1—1998《定形隔热耐火制品 重烧线变化试验方法》的内容(GB/T 3997.1—1998 的历次版本发布情况为：GB/T 3997.1—1983)；

——本次为第三次修订。

# 耐火材料 加热永久线变化试验方法

## 1 范围

本文件规定了致密定形耐火制品和定形隔热耐火制品加热永久线变化试验方法的原理、设备、试样、试验步骤、结果计算及试验报告。

本文件适用于致密定形耐火制品和定形隔热耐火制品加热永久线变化的测定。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 2997 致密定形耐火制品体积密度、显气孔率和真气孔率试验方法(GB/T 2997—2015, ISO 5017:2013, MOD)

GB/T 7321 定形耐火制品试样制备方法

GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定

GB/T 10325 定形耐火制品验收抽样检验规则(GB/T 10325—2012, ISO 5022:1979, NEQ)

GB/T 16839.1 热电偶 第1部分：电动势规范和允差(GB/T 16839.1—2018, IEC 60584-1:2013, IDT)

GB/T 18930 耐火材料术语(GB/T 18930—2020, ISO 836:2001, MOD)

## 3 术语和定义

GB/T 18930 界定的术语和定义适用于本文件。

## 4 原理

将已测定长度或体积的长方体或圆柱体试样，置于试验炉内，按规定的加热速率加热到试验温度，并保持一定的时间，冷却至室温后，再次测量其长度或体积，并计算其加热永久线变化率或体积变化率。

## 5 设备

### 5.1 加热装置

#### 5.1.1 试验炉

满足 7.4.1~7.4.3 的要求的电炉或其他类型的炉子，炉膛内装样区温差不超过  $\pm 10^{\circ}\text{C}$ 。可以按规定的速率（见 7.4.2）加热规定的试样（见 6.2），并在试验温度下保温一定的时间。

#### 5.1.2 热电偶

至少 3 支热电偶，热电偶应符合 GB/T 16839.1 的规定。

### 5.1.3 温度记录和显示装置

与热电偶配套使用,能连续控制、记录和显示炉内温度。

## 5.2 长度测量装置

### 5.2.1 长度测量仪(适用于致密定形制品)

测量仪由机架、载样台和百分表组成(如图 1 所示)。机架有一个上表面磨光的底座和垂直光滑的圆形立柱。百分表安装在立柱上,可沿立柱上下滑动和围绕立柱作圆周运动,精度为 0.01 mm。载样台安放在底座上,底面为磨光的平面,可以在底座表面上自由移动。载样台的上下面为正方形,上方固定有三个呈等边三角形布置的等高的试样支柱和两个高于试样支柱的定位销,并在一个角上刻划有对角线定位标志。载样台试样支柱和定位销的安装位置见图 2。

测量仪附带有一个直径 50 mm、高度 60 mm 的测量校准块。校准块标称尺寸精度为 0.01 mm,材质为不锈钢或经淬火、防锈处理的高硬度钢。

单位为毫米

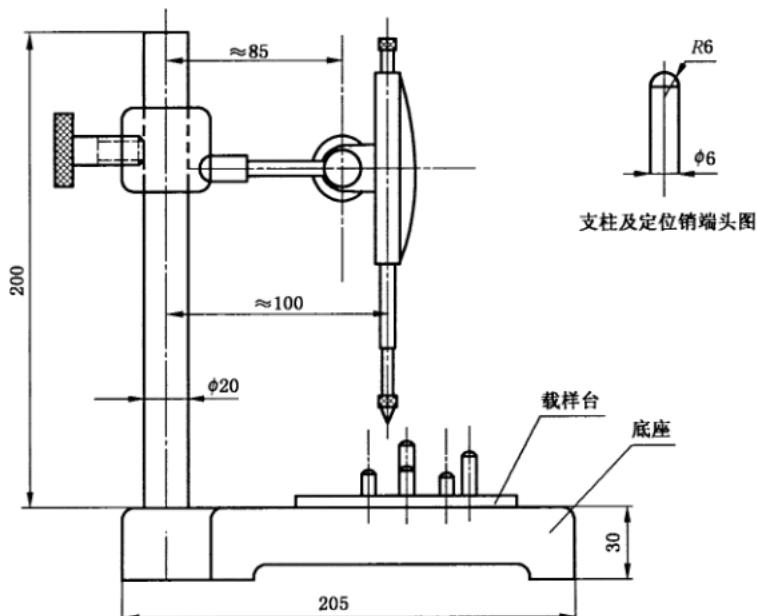


图 1 长度测量仪

单位为毫米

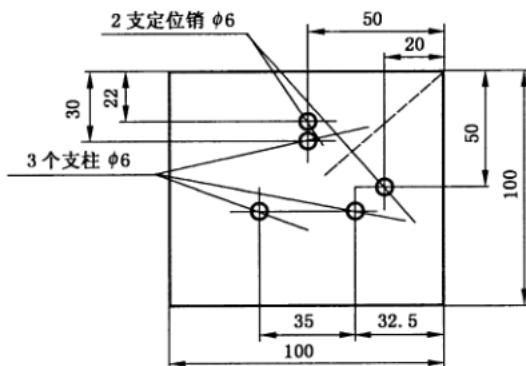


图 2 载样台

### 5.2.2 长度测量器具(适用于定形隔热制品)

能测量试样相对面距离的游标卡尺、数字比较计或电子数字比较计,其精度应不低于 0.1 mm。

### 5.3 体积测量装置

GB/T 2997 规定的设备,用于测量致密定形耐火制品试样的总体积。

### 5.4 电热鼓风干燥箱

温度控制能满足 110 °C±5 °C。

## 6 试样

### 6.1 取样

按 GB/T 10325 进行,也可相关方协商确定取样方案。

### 6.2 试样的制备

#### 6.2.1 致密定形耐火制品

试样制备按 GB/T 7321 规定进行,一般从每个样品上制取 1 个试样,从每个样品上切取的试样数量应相同。

长方体试样尺寸为 50 mm×50 mm×(60±2)mm,圆柱体试样尺寸为直径 50 mm,高(60±2)mm。试样的 60 mm 尺寸应与砖的成型加压方向一致。长方体 50 mm×50 mm 面或圆柱体的端面在试验前要磨平并相互平行。当不能从砖上取得上述尺寸的试样时,可按 GB/T 2997 规定制取合适的试样。

#### 6.2.2 定形隔热耐火制品

从每个样品上制取 1 个试样,若样品尺寸允许,也可多于 1 个。试样尺寸:100 mm×114 mm×65 mm 或 100 mm×114 mm×75 mm。

如果由于样品尺寸限制,不能制取上述试样时,应从样品上切取长度为 100 mm 的试样,记录其厚度和宽度。

试样相距 100 mm 的 2 个面应是平面且互相平行。

## 7 试验步骤

### 7.1 试样干燥

将试样在电热干燥箱中于 110 °C±5 °C 下烘干,需要采用 7.2.2 体积测量法的试样应按 GB/T 2997 规定烘至恒重。

### 7.2 试样测量

#### 7.2.1 长度测量仪法(致密定形耐火制品)

用校准块校准长度测量装置。按试样的 60 mm 尺寸为高向竖直放置在载样台上。对于长方体试样,以一个带标记的角对准载样台对角线标记,圆柱体试样以两条相互垂直的任一直径对准载样台上的对角线,并作上标记以便试样加热后仍在同一位置进行测量。

在底座上移动装有试样的载样台，在试样顶面的 4 个位置上测量长度，准确到 0.01 mm。对于长方体试样，4 个位置在试样顶面对角线上距每个角 20 mm~25 mm 处，对圆柱体试样，4 个位置在试样顶面两条相垂直的直径上，距圆周 10 mm~15 mm 处。标记测量位置并记录每个测量点的长度( $L_0$ )。

### 7.2.2 体积测量法(致密定形耐火制品)

按 GB/T 2997 测量试样的体积密度,按式(1)计算试样的体积( $V_b$ ):

式中：

$V_b$  ——试样的总体积, 单位为立方厘米( $\text{cm}^3$ );

$m_1$  ——饱和试样悬浮在浸液中的质量, 单位为克(g);

$m_2$  ——饱和试样在空气中的质量, 单位为克(g);

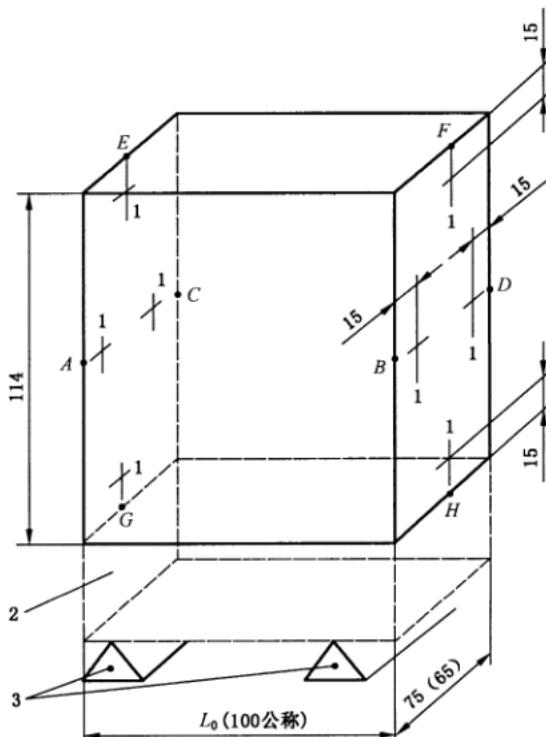
$\rho$  ——浸液的密度,单位为克每立方厘米( $\text{g}/\text{cm}^3$ )。

### 7.2.3 长度测量法(定形隔热耐火制品)

对于定形隔热制品,用长度测量器具(5.2.2)测量试样 100 mm 长度方向两相对面的距离( $L_0$ ),共进行 4 次测量,精确到 0.1 mm。其中 2 次测量(EF 和 GH)沿着顶底面的中心线,另 2 次测量(AB 和 CD)沿试样前后面的中心线,测量点距测量面的边缘 15 mm,测量点用耐火涂料标记。如图 3 所示。

注：该长度测量法也被称作“比较计法”。

单位为毫米



### 标引序号说明：

1——测量位置标记；

2——垫砖；

### 3——支撑块(7,3)。

图 3 试样尺寸的测量和炉内放置

### 7.3 试样炉内放置

试样放置在炉膛均温带，不应叠放且彼此分离，间距应不小于试样高度的一半。试样与炉壁之间的距离不应小于 50 mm，试样不能直接受到电炉的热辐射或燃气炉火焰的冲击。

试样应底面向下放置。致密定形耐火制品以未作记号的面为底面；定形隔热耐火制品以试样 100 mm×65 mm(或 100 mm×75 mm)的 1 个面为底面。

试样要放在炉中 30 mm~65 mm 厚的砖上，砖与试样系同一材质，把砖放在两个高 20 mm~50 mm，距离 80 mm 的三角形断面的支撑块上。

### 7.4 试样加热

#### 7.4.1 温度分布和测量

至少采用 3 支热电偶测量和记录炉膛装样区温度，测温热电偶要离开炉壁且不能与发热体或火焰接触，热电偶测温端应靠近试样中部，热电偶之间测出的温度差不应大于±10 °C。

#### 7.4.2 加热速率

试验温度按产品的技术条件规定或有关方协商确定。

加热速率应符合表 1 的规定。

表 1 加热制度

试验温度	温度范围	升温速率/(°C/min)
≤1 250 °C	室温至低于试验温度 50 °C	5~10
	最后 50 °C	1~5
>1 250 °C	室温至 1 200 °C	5~10
	1 200 °C 至低于试验温度 50 °C	2~5
	最后 50 °C	1~2(致密定形制品也可为 1~5)
燃气炉, ≥1 500 °C	室温至 1 200 °C	5~20
	1 200 °C 至低于试验温度 50 °C	2~5
	最后 50 °C	1~2

#### 7.4.3 保温

保温期间 3 支热电偶的任何一支所记录的温度都在试验温度±10 °C 之内，记下 3 支热电偶温度的平均值作为实际的试验温度。保温时间按产品的技术条件规定或有关方协商确定。

#### 7.4.4 冷却

停止加热后，炉子自然冷却至室温，试样随炉冷却。

### 7.5 烧后试样的测量

#### 7.5.1 长度测量仪法(致密定形耐火制品)

按 7.2.1 的规定测量试样原测量位置的长度( $L_1$ )。检查试样，如发现原测量位置上有加热过程中产生的结瘤、鼓泡等缺陷时，可以用附近未受影响的测量点代替。

### 7.5.2 体积测量法(致密定形耐火制品)

按 7.2.2 中同样的方法测量试样的总体积。

### 7.5.3 长度测量法(定形隔热耐火制品)

检查记录试样外观,按 7.2.3 的规定测量试样原测量位置的长度( $L_1$ )。

8 结果计算

8.1 加热永久线变化( $L_0$ )以试样加热前后的长度变化率计,长度测量仪法和长度测量法按式(2)计算,以4个测量位置线变化的平均值作为试样的加热永久线变化。体积测量法按式(3)计算。

式中：

$L_c$  — 加热永久线变化, %;

$L_1$  ——试样加热后各点测量的长度值, 单位为毫米(mm);

$L_0$ ——试样加热前各点测量的长度值,单位为毫米(mm)。

$$L_c = \frac{\sqrt[3]{V_1} - \sqrt[3]{V_0}}{\sqrt[3]{V_0}} \times 100 \quad \dots \dots \dots \quad (3)$$

中式

$L_c$  ——加热永久线变化, %;

$V_1$  ——试样加热后的总体积, 单位为立方厘米( $\text{cm}^3$ );

$V_0$  ——试样加热前的总体积, 单位为立方厘米( $\text{cm}^3$ )。

试样的加热永久体积变化率按式(4)计算:

$$V_e = \frac{V_1 - V_0}{V_0} \times 100 \quad \dots \dots \dots \quad (4)$$

式中：

$V_c$  — 加热永久体积变化率, %;

$V_1$  ——试样加热后的总体积, 单位为立方厘米( $\text{cm}^3$ );

$V_0$ —试样加热前的总体积,单位为立方厘米( $\text{cm}^3$ )。

8.2 试样烧后长度或体积膨胀的以正(+)表示,收缩的以负(-)表示。报告每个试样的加热永久线变化的单值和一组试样的平均值。如果需要,也可报告加热永久体积变化率( $V_e$ )。如果一组试样烧后长度或体积变化值不是同“+”或同“-”,仅报告每个试样的加热永久线变化的单值,不报告平均值。

8.3 定形隔热制品试验结果按 GB/T 8170 修约至 1 位小数,致密定形制品试验结果按 GB/T 8170 修约至 2 位小数。

## 9 允许误差

对于致密定形制品,同一实验室同一样品复验误差,其绝对值不应超过 0.10%;不同实验室同一样品复验误差,其绝对值不应超过 0.20%。

对于定形隔热制品同一实验室同一样品复验误差,其绝对值不应超过 0.2%;不同实验室同一样品复验误差,其绝对值不应超过 0.4%。

## 10 试验报告

试验报告应包括以下内容：

- a) 试验项目的名称；
- b) 试验日期；
- c) 试验方法；
- d) 与样本有关的说明(制造厂家、品种、批号等)；
- e) 待测样品的数量；
- f) 取样数量；
- g) 试样尺寸及其在砖中的位置(6.2)；
- h) 使用的长度测量装置或器具；
- i) 使用的试验炉(5.1.1)；
- j) 试验温度和保温时间(7.4.3)；
- k) 烧后(7.5)试样的外观(试样异常变形时)；
- l) 试验结果；
- m) 试验人员。

## 附录 A

(资料性)

## 本文件结构编号与 ISO 2478:1987 和 ISO 2477:2005 结构编号对照

表 A.1 给出了本文件结构编号与 ISO 2478:1987 和 ISO 2477:2005 结构编号对照一览表。

表 A.1 本文件结构编号与 ISO 2478:1987 和 ISO 2477:2005 结构编号对照

本文件结构编号	ISO 2478:1987 结构编号	ISO 2477:2005 结构编号
1	1	1
2	2	2
3	3	3
4	4	4
5	5	5
5.1	5.1~5.3	5.1~5.3
5.2.1	5.4	—
5.2.2	—	5.4
5.3	5.5	—
5.4	5.6	5.5
6	6	6
6.1	6.1	6.1
6.2.1	6.2	—
6.2.2	—	6.2
7	7	7
7.1	7.1	7.1
7.2.1	7.2.1	—
7.2.2	7.2.2	—
7.2.3	—	7.2
7.3	7.3	7.3
7.4.1~7.4.3	7.4~7.7	7.4~7.7
—	7.8	7.8
7.4.4	7.9	7.9
7.5.1	7.10.1	—
7.5.2	7.10.2	—

**表 A.1 本文件结构编号与 ISO 2478:1987 和 ISO 2477:2005 结构编号对照 (续)**

本文件结构编号	ISO 2478:1987 结构编号	ISO 2477:2005 结构编号
7.5.3	—	7.10
8	8	8
9	—	—
10	9	9
附录 A	—	—
附录 B	—	—

## 附录 B

(资料性)

**本文件与 ISO 2478:1987 和 ISO 2477:2005 技术性差异及其原因**

表 B.1 给出了本文件与 ISO 2477:2005 的技术性差异及其原因一览表。

**表 B.1 本文件与 ISO 2477:2005 技术性差异及其原因**

本文件章条编号	技术性差异	原 因
3	术语和定义未一一列出,改为引用 GB/T 18930	术语和定义已广为人知,为与 ISO 标准相一致,本标准不再重复
5.1	将氧化性气氛的试验炉更改为加热装置。 增加热电偶应符合 GB/T 16839.1 的规定	扩大文件的使用范围,适应我国技术条件
6.2.2	将试样的 76 mm 或 64 mm 尺寸改为 75 mm 或 65 mm	方便使用,因为 75 mm 或 65 mm 是我国耐火砖的标准厚度
7	将试验温度和保温时间的规定改为“将试样在电热干燥箱中于 110 ℃±5 ℃下烘干,需要采用 7.2.2 体积测量法的试样应按 GB/T 2997 规定烘至恒重。” 删除燃气取样,不再测燃气炉内的氧含量	适应我国技术条件
8	将结果计算的语言叙述改为计算公式。并增加了数字修约的规定。 增加了“一组试样加热后长度或体积变化值不是同‘+’或同‘-’,仅报告每个试样的单值,不报告平均值。”的结果表示	适应我国技术条件
9	增加了允许误差	适应我国技术条件
10	删除试验报告中炉气的氧含量,增加报告试验人员	取消了燃气取样,试验报告相应删除报告氧含量,适应我国技术条件

表 B.2 给出了本文件与 ISO 2478:1987 的技术性差异及其原因一览表。

**表 B.2 本文件与 ISO 2478:1987 技术性差异及其原因**

本文件章条编号	技术性差异	原 因
3	术语和定义未一一列出,改为引用 GB/T 18930	术语和定义已广为人知,为与 ISO 标准相一致,本文件不再重复
5.1	将氧化性气氛的试验炉更改为加热装置。 增加热电偶应符合 GB/T 16839.1 的规定	扩大文件的使用范围,适应我国技术条件
6.2.1	增加“当不能从砖上取得上述尺寸的试样时,可按 GB/T 2997 规定制取合适的试样”	试样尺寸更合理,标准方法采用更加明确

表 B.2 本文件与 ISO 2478:1987 技术性差异及其原因(续)

本文件章条编号	技术性差异	原 因
7	将试验温度和保温时间的规定改为“按产品的技术条件规定或有关方协商确定。” 删除燃气取样,不再测燃气炉内的氧含量	适应我国技术条件
8	增加了公式(3),它是致密定形制品体积变化率转变成线变化率的公式。 将结果计算的语言叙述改为计算公式。并增加了数字修约的规定。 增加了“一组试样加热后长度或体积变化值不是同“+”或同“-”,仅报告每个试样的单值,不报告平均值。”的结果表示	适应我国技术条件
9	增加了允许误差	适应我国技术条件
10	删除试验报告中炉气的氧含量,增加报告试验人员	取消了燃气取样,试验报告相应删除报告氧含量,适应我国技术条件

中华人民共和国  
国家标准  
**耐火材料 加热永久线变化试验方法**

GB/T 5988—2022

\*

中国标准出版社出版发行  
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)  
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 [www.spc.net.cn](http://www.spc.net.cn)  
总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238  
读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷  
各地新华书店经销

\*

开本 880×1230 1/16 印张 1 字数 23 千字  
2022年3月第一版 2022年3月第一次印刷

\*

书号: 155066 · 1-70036 定价 22.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换  
版权所有 侵权必究  
举报电话:(010)68510107



GB/T 5988-2022



码上扫一扫 正版服务到

