

DB34

安 徽 省 地 方 标 准

DB 34/T 2844.1—2017

大型低温超导磁体结构部件设计准则 第 1 部分：应力术语

Design criteria for the main components of low-temperature superconducting
magnets Part 1: Stress terms

2017 - 03 - 30 发布

2017 - 04 - 30 实施

安徽省质量技术监督局

发布

前 言

DB34/T 2844《大型低温超导磁体结构部件设计准则》分为三个部分：

- 第1部分：应力术语；
- 第2部分：金属部件；
- 第3部分：非金属部件。

本部分为 DB34/T 2844 的第1部分。

本部分按照 GB/T 1.1-2009 给出的规则起草。

本部分由中国科学院等离子体物理研究所提出。

本部分由安徽省核聚变工程技术及应用标准化技术委员会归口。

本部分起草单位：中国科学院等离子体物理研究所、安徽省质量和标准化研究院。

本部分主要起草人：宋云涛、郑金星、陆坤、卫靖、赵杰、张文秋、吴维越、沈光、刘旭锋、江峰、李明、程宁。

大型低温超导磁体结构部件设计准则 第1部分：应力术语

1 范围

DB34/T 2844 的本部分规定了大型低温超导磁体主要结构部件的相关应力术语。
本部分适用于低温超导磁体结构部件设计。

2 应力

2.1

正应力 normal stress

垂直于参考平面的应力分量。

注：通常，正应力在厚度上的分布是不均匀的，所以被认为由两个部分组成，一部分是均匀分布并且等于所考虑的厚度上的平均应力值，另一部分在沿厚度方向位置的平均值附近。

2.2

切应力 shear stress

与参考平面相切的应力分量。

2.3

膜应力 membrane stress

沿截面厚度均匀分布的应力分量，它等于沿所考虑截面厚度的应力平均值。

2.4

弯曲应力 bending stress

正应力的可变应力分量。

注：可变部分可能沿厚度方向呈线性关系。

2.5

一次应力 primary stress

外荷载引起的满足基本平衡条件的法向应力和剪应力。

注1：为了满足力或力矩的平衡规律所必需的。

注2：一次应力的基本特性是非自限的。材料达到极限状态，即使载荷不再增加，仍可产生不可限制的塑性流动，直至破坏。

注3：局部屈服或小变形不能满足成为引起应力的条件。当一次应力大大超过材料的屈服强度时，它会引起总体变形或/和失效。

注4: 热应力不按一次应力分类。

2.6

二次应力 secondary stress

由相邻材料的约束或者结构的自我约束产生的一种正应力或切应力。

注1: 二次应力的基本特点是自我限制。局部屈服和轻微的扭曲都会满足产生应力的条件, 并且应力导致的故障是不可预期的。

注2: 二次应力的举例: 一般热应力、总体结构不连续的屈服应力。

2.7

一次局部膜应力 local primary membrane stress

机械负载在产生不连续膜应力时, 在不受限的情况下, 负载转移到该结构其它部分产生过度形变时产生的应力。

2.8

峰值应力 peak stress

一次应力与二次应力相加的增量。

注1: 由局部间断和包括应力集中在内的局部热应力引起。

注2: 峰值应力的基本特征是它不造成任何明显的畸变, 并且只有在作为可能的疲劳断裂来源和脆性断裂时才造故障。

注3: 是一种不能造成明显形变, 并非局部高度集中的应力。

注4: 峰值应力的主要特点是高度的局限性, 因而不引起任何明显的变形。

2.9

负载控制应力 load controlled stresses

加入负载所产生的大小不随位移变化的应力。

注: 例如内压力, 惯性载荷, 或者重力的作用, 其大小不会因为位移而改变。

2.10

热应力 thermal stress

由温度的不均匀分布或热膨胀系数的差异引起的一种自平衡应力。当材料的体积超过了其假设体积和该温度下的形状变化时, 在固体中产生。

2.11

总应力 total stress

一次应力、二次应力和峰值应力的总和。

2.12

应力循环 stress cycle

交变应力差从初始值（平均应力）到代数最大值，然后到代数最小值，最后返回初始值的循环过程。一个单独的运行周期可能会导致一个或者几个应力循环，动态影响也应视为应力循环。

2.13

扩张应力 expansion stresses

限制管道系统自由端位移产生的应力。

2.14

屈服应力 yield stress

使材料发生屈服时的正应力，用 S_y 表示。

注1：在设计温度下，屈服应力 S_y 是一维的平均应力，并且有0.2%的永久形变误差。

注2：4K时， S_y 受影响小。

注3：不同的值会得到不同的应变率并且会被样品的极限强度 S_u 影响， S_y 通常在大气压室温、77K（液氮）和4K（液氦）环境中测定。中间值很难得到并且一般不提供。

2.15

交变应力 alternating stress

构件上随时间周期变化的应力。

2.16

恒定主应力方向 constant principal stress direction

在循环中，任何情况下恒定主应力的方向都认为是不变的。

2.17

极限分析 limit analysis

塑性分析的一种特殊情况。将材料假定为理想塑性（无硬化应变）进行分析，该种状态下的平衡状态和流动特性被用来计算极限载荷。

2.18

极限载荷的极限分析 limit analysis collapse load

用来计算理想塑性材料在假设条件下部件能够承受的最大载荷的极限分析方法。在这个极限载荷下，结构的形变将会无限制的增加。

2.19

疲劳与断裂应力强度 fatigue and fracture stress strength

构件裂纹尖端附近的应力和位移场。用 K_I 表示，按式（1）计算：

$$K_I = Y\sigma\sqrt{\pi a} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- Y —— 一个有关于裂缝和组件的无量纲的形状系数；
 σ —— 外加应力系统；
 a —— 一个特征裂纹长度。

2.20

极限强度 ultimate strength

材料受到压力被破坏时的应力，用 S_u 表示。

2.21

断裂韧度 fracture toughness

材料裂纹尖端足够大的范围内应力达到了材料的断裂强度，导致裂纹失稳扩展而导致断裂时的 K_{Ic} 值，用 K_{Ic} 表示。

注1: K_{Ic} 是平面应变断裂韧性或者临界应力强度因子。

注2: 大规模的试样需要有效的裂纹延伸，在低温环境下会出现问题，试样可能超过可用测试设备的大小或者无法从使用的部件上得到（例如导体包壳材料只存在于厚 2 mm 的管内）。

注3: 各种特殊用途的测试通过替代管道来测定 K_{Ic} 。

注4: 临界应力强度因子是温度的函数。然而，当它随温度增长时，结构评估中 4K 时的值始终比较稳定并且增长是一个可接受的过程。

注5: 线性内插法被用在 4K、77K 和室温的数据点上。

3 应变

3.1

形变 deformation

构件部分的形状或大小的改变。

3.2

屈服 yield

在材料拉伸或压缩过程中，当应力达到一定值时，应力有微小的增加，而应变却急剧增长的现象。

3.3

自由端位移 free end displacement

固定附件和连接管道之间的相对运动。

3.4

刚性 stiffness

材料在外力作用下不发生变形的能力。材料性能的一般特征。

3.5

蠕变 creep

固体材料在保持应力不变的条件下，应变随时间延长而增加的现象。

3.6

塑性 plasticity

在外力作用下，材料能稳定地发生永久变形而不破坏其完整性的能力。

3.7

塑性分析 plastic analysis

在给定负载下考虑到材料的塑性特性计算结构情况的一种方法，包括应变硬化的结构中发生的应力重分布。

3.8

棘轮效应 ratcheting effect

材料在非对称应力控制循环加载下非弹性变形的累计，又称循环蠕变或棘齿效应。

注：材料受到拉伸或压缩时，如果力大于材料的屈服强度，那么材料就会发生塑性变形。外力卸载并反向加载，材料先是沿弹性线恢复继而发生反向变形，如果反向加载的载荷小于初始加载的载荷，那么材料反向变形大小就会小于初始变形，进而产生了残余应变。如此反复，这就是材料中的棘轮效应。

4 载荷

4.1

塑性分析极限载荷 plastic analysis collapse load

塑性分析中，给定结构的最大负载。

4.2

塑性失稳载荷 plastic instability load

不增加负载而塑性无限增加的载荷。

注：在塑性拉伸失稳载荷下，材料中真正的应力比应变硬化可容纳值增长快。

4.3

塑性铰 plastic hinge

当截面弯矩达到极限弯矩时，这种截面称为塑性铰。一个结构构件在受力时出现某一点相对面的纤维屈服但未破坏，则认为此点为一塑性铰，塑性铰两边的构件都能做微转动。

4.4

应变极限载荷 strain limiting load

当应变达到极限时，与应变极限相关的载荷叫做应变极限载荷。

4.5

极限载荷下限 collapse load lower bound

对于任何应力，系统都满足平衡条件，并且没有超过材料的屈服强度时给定的载荷的最大值。

4.6

试运转 shakedown

经过几个周期之后的负载，棘轮效应停止之后的过程。后续结构上的变化有弹性或者弹塑性，并且没有渐进增量无弹性变形。

4.7

交变动态负载 alternate dynamic load

以一个平均值作为基点，围绕该平均值作周期循环的负载。

4.8

非交变动态负载 non-alternate dynamic load

不对某一平均值作周期循环的负载。

4.9

局部结构不连续性 local structural discontinuity

结构在很小范围内产生的对结构总的应力分布和形变无重大影响的应力或应变。这种不连续性通过局部的壁厚影响应力或应变的分布。

4.10

结构不连续性总值 gross structural discontinuity

结构在较大范围内产生的对结构总的应力分布和形变产生了显著的影响的应力或应变。

4.11

运行周期 operational cycle

循环开始时的工作情况到新工作情况建立所需的时间。

索引

汉语拼音索引

| | | | |
|-----------------|-------|----------------|-------|
| D | | Q | |
| 断裂韧度 | 2. 21 | 切应力 | 2. 2 |
| E | | 屈服 | 3. 2 |
| 二次应力 | 2. 6 | 屈服应力 | 2. 14 |
| F | | R | |
| 非交变动态负载 | 4. 8 | 热应力 | 2. 10 |
| 峰值应力 | 2. 8 | 蠕变 | 3. 5 |
| 负载控制应力 | 2. 9 | S | |
| G | | 试运转 | 4. 6 |
| 刚性 | 3. 4 | 塑性 | 3. 6 |
| H | | 塑性分析 | 3. 7 |
| 恒定主应力方向 | 2. 16 | 塑性分析极限载荷 | 4. 1 |
| J | | 塑性铰 | 4. 3 |
| 极限分析 | 2. 17 | 塑性失稳载荷 | 4. 2 |
| 极限强度 | 2. 20 | W | |
| 极限载荷的极限分析 | 2. 18 | 弯曲应力 | 2. 4 |
| 极限载荷下限 | 4. 5 | X | |
| 棘轮效应 | 3. 8 | 形变 | 3. 1 |
| 交变动态负载 | 4. 7 | Y | |
| 交变应力 | 2. 15 | 一次局部膜应力 | 2. 7 |
| 结构不连续性总值 | 4. 1 | 一次应力 | 2. 5 |
| 局部结构不连续性 | 4. 9 | 应变极限载荷 | 4. 4 |
| K | | 应力循环 | 2. 12 |
| 扩张应力 | 2. 13 | 运行周期 | 4. 11 |
| M | | Z | |
| 膜应力 | 2. 3 | 正应力 | 2. 1 |
| P | | 自由端位移 | 3. 3 |
| 疲劳与断裂应力强度 | 2. 19 | 总应力 | 2. 11 |

英文对应词索引

| | | |
|--|---|------|
| | A | |
| alternate dynamic load | | 4.7 |
| alternating stress | | 2.15 |
| | B | |
| bending stress | | 2.4 |
| | C | |
| collapse load lower bound | | 4.5 |
| constant principal stress direction | | 2.16 |
| creep | | 3.5 |
| | D | |
| deformation | | 3.1 |
| | E | |
| expansion stresses | | 2.13 |
| | F | |
| fatigue and fracture stress strength | | 2.19 |
| fracture toughness | | 2.21 |
| free end displacement | | 3.3 |
| | G | |
| gross structural discontinuity | | 4.1 |
| | L | |
| limit analysis | | 2.17 |
| limit analysis collapse load | | 2.18 |
| load controlled stresses | | 2.9 |
| local primary membrane stress | | 2.7 |
| local structural discontinuity | | 4.9 |
| | M | |
| membrane stress | | 2.3 |
| | N | |
| non-alternate dynamic load | | 4.8 |
| normal stress | | 2.1 |
| | O | |
| operational cycle | | 4.11 |
| | P | |
| peak stress | | 2.8 |
| plastic analysis | | 3.7 |
| plastic analysis collapse load | | 4.1 |
| plastic hinge | | 4.3 |
| plastic instability load | | 4.2 |
| plasticity | | 3.6 |
| primary stress | | 2.5 |

| | | |
|----------------------------|---|------|
| | R | |
| ratcheting effect | | 3.8 |
| | S | |
| secondary stress | | 2.6 |
| shakedown | | 4.6 |
| shear stress | | 2.2 |
| stiffness | | 3.4 |
| strain limiting load | | 4.4 |
| stress cycle | | 2.12 |
| | T | |
| thermal stress | | 2.10 |
| total stress | | 2.11 |
| | U | |
| ultimate strength | | 2.20 |
| | Y | |
| yield | | 3.2 |
| yield stress | | 2.14 |
