

表 1 不同机构工作级别纤维绳索的 Z_p 值

起重机整机 工作级别	起升		变幅	
	机构 工作级别	Z_p	机构 工作级别	Z_p
A1~A4	M3~M5	5	M2~M3	4.5
注1：纤维绳索的安全使用取决于纤维绳索检查与报废标准的应用。 注2：设计时如采用低于上表推荐的安全系数时，可由纤维绳索制造商和起重机制 造商共同进行确认。				

5.1.3 实测直径

纤维绳索的实测直径应在施加 20%最小断裂强力进行预张紧后，卸载预张紧力，然后在施加 2%最小断裂强力下，在相距至少 1m 的两个截面上，并在同一截面的任意两个垂直的方向上测量其外接圆直径，四个测量结果取平均值，允许与公称直径的偏差范围为 0~+5%。

注 1：检测工具宜采用精度为±0.02mm 的带宽钳口游标卡尺，其钳口宽度要足以跨越两个相邻的股。

5.1.4 实测长度

纤维绳索的实测长度应在施加 20%最小断裂强力进行预张紧后，卸载预张紧力，然后在施加 2%最小断裂强力下，测量纤维绳索长度，实测长度与公称长度的偏差应符合表 2 的规定。

注 2：公称长度指订单中规定的纤维绳索长度。

表 2 纤维绳索长度允许偏差

纤维绳索长度 L/m	允许偏差
≤400	0~5%
>400~2000	0m~20m
>2000	0~1%

5.2 绳头

5.2.1 卷筒端绳头

卷筒端绳头在承受拉力下不应发生永久变形，该拉力的计算，见式 (1)：

$$T = 2.5 \times \frac{S}{e^{(\mu \times \alpha)}} \dots \dots \dots (1)$$

式中：

T ——卷筒端绳头拉力，单位为牛 (N)；

S ——起重机纤维绳索实际单绳最大工作载荷，单位为牛 (N)；

μ ——卷筒与纤维绳索间的摩擦系数，在不同的使用条件下，卷筒与纤维绳索间的摩擦系数有所不同，宜使用最小值 $\mu=0.04$ ，除非纤维绳索制造商证明可以使用更高的摩擦系数；

α ——纤维绳索缠绕角度，卷筒上纤维绳索缠绕的圈数与 2π 的乘积，单位为弧度 (rad)。

5.2.2 负载端绳头

5.2.2.1 负载端绳头的选择应考虑纤维绳索和吊钩的轮廓，且应便于维修和更换。

5.2.2.2 负载端绳头强度应不小于纤维绳索最小断裂强力。

5.3 卷筒

5.3.1 卷筒直径

卷筒的最小节圆直径应依据起重机设计所需要的纤维绳索公称直径进行计算，见式（2）：

$$D_1 \geq h_1 \times d \dots \dots \dots (2)$$

式中：

D_1 ——卷筒最小节圆直径，单位为毫米（mm）；

d ——纤维绳索公称直径，单位为毫米（mm）；

h_1 ——卷筒选择系数，见表3。

5.3.2 多层缠绕

5.3.2.1 纤维绳索进行多层缠绕时应按照纤维绳索制造商推荐值施加一定的预加拉力。

5.3.2.2 进行多层缠绕后，应考虑卷筒侧板上产生的侧向力。

5.3.3 温度要求

卷筒温度不应超过纤维绳索允许的最高使用温度。

5.3.4 其他要求

5.3.4.1 卷筒绳槽应光洁平滑，不应有损伤纤维绳索的缺陷。卷筒不应有锋利边缘，避免对纤维绳索造成切伤或磨损。

5.3.4.2 设计时应考虑纤维绳索材料、结构及实际的受力分布等影响纤维绳索截面圆度的因素。

5.3.4.3 相邻纤维绳索之间的卷筒绳槽间隙应满足纤维绳索制造商关于纤维绳索在压缩载荷下的绳槽宽度要求。

5.3.4.4 设计时应考虑纤维绳索的直径偏差。

5.3.4.5 纤维绳索绕进或绕出卷筒时，纤维绳索中心线偏离与卷筒轴垂直的平面的角度 α 宜不大于 2° 。

5.3.4.6 卷扬系统应配有下落保护装置。当起重吊钩处于设计规定的最低位置时，宜在卷筒上至少保留八圈纤维绳索。下落保护装置应能使卷扬系统停止运行并防止反向缠绕。

5.4 滑轮

5.4.1 滑轮直径

滑轮最小节圆直径应依据起重机设计所需要的纤维绳索公称直径进行计算，见式（3）：

$$D_2 \geq h_2 \times d \dots \dots \dots (3)$$

式中：

D_2 ——滑轮最小节圆直径，单位为毫米（mm）；

d ——纤维绳索公称直径，单位为毫米（mm）；

h_2 ——滑轮选择系数，见表3。

表3 选择系数 h_1 、 h_2

机构工作级别	卷筒选择系数 h_1	滑轮选择系数 h_2
M2	12.5	14.0
M3	14.0	16.0
M4	16.0	18.0
M5	18.0	20.0
注：本表的 h_1 、 h_2 值为推荐值，不能限制或代替纤维绳索制造商和起重机制造商之间的协议。		

5.4.2 滑轮材料

滑轮材料应采用纤维绳索制造商推荐的材料。

5.4.3 其他要求

5.4.3.1 滑轮绳槽应光洁平滑，不应有锋利边缘，表面粗糙度应满足纤维绳索制造商的要求，不应有损伤纤维绳索的缺陷。

5.4.3.2 滑轮开口宽度应使纤维绳索按照设计角度进入，滑轮两侧的夹角应在 $45^\circ \sim 60^\circ$ 之间。

5.4.3.3 纤维绳索绕进或绕出滑轮时，纤维绳索中心线偏离与滑轮轴垂直的平面的角度宜不大于 2° ，最大不应超过 5° 。

5.5 使用环境要求

5.5.1 环境温度

纤维绳索制造商应提供纤维绳索使用的临界温度限值。纤维绳索使用温度应满足起重机整机工作环境温度的要求，不应超过纤维绳索制造商规定的临界温度。

5.5.2 接触表面

5.5.2.1 纤维绳索与结构件所有可接触的区域表面不应有锋利边缘、缺陷、锈蚀。

5.5.2.2 接触表面粗糙度应满足纤维绳索制造商要求，表面粗糙度数值宜不高于 Ra6.3，避免加速纤维绳索的磨损，降低使用寿命。

5.5.3 防护装置

5.5.3.1 起重机上应提供必要的防护装置，如卷筒侧板、纤维绳索导向装置等防止纤维绳索跳出卷筒。

5.5.3.2 卷筒侧板外缘与纤维绳索最外层之间的高度应不小于 1.5 倍的纤维绳索公称直径。

5.5.4 化学耐受性

纤维绳索制造商应提供起重机常用的化学物质如燃料、液压油、润滑油、清洁剂等，对纤维绳索性能影响的说明。

6 试验内容、试验方法和判定规则

6.1 通则

纤维绳索首次应用前应进行以下测试：

- 物理和机械性能的试验应按照 GB/T 8834-2016 执行；
- 纤维绳索还应按照 6.2~6.6 要求进行试验；

c) 对于其他特殊应用要求，应增加相应的针对性试验。

6.2 循环应力疲劳试验

6.2.1 试验条件

6.2.1.1 试验载荷范围：循环载荷最小负载 F_{\min} 范围为 2%~5% 的最小断裂强力，循环载荷最大负载 F_{\max} 范围为 50%~55% 的最小断裂强力。

6.2.1.2 试验温度：20℃±2℃。

6.2.1.3 按照 GB/T 8834-2016 中第 7 章规定的要求进行试样制备。

6.2.1.4 按照 GB/T 8834-2016 中 9.3 规定的方法进行试样装夹。

6.2.2 试验方法

循环应力疲劳试验按照下列步骤执行：

- 试样安装完毕后，首先施加 2% 的最小断裂强力进行预加载；
- 载荷以每分钟 10% 的速率增至 50% 的最小断裂强力，并保持 30 min；
- 然后以每分钟 10% 的速率减至 F_{\min} ；
- 加载循环载荷，循环载荷值为 F_{\min} 至 F_{\max} ，循环次数不低于规定次数且不低于 5 万次，加载频率为 0.02Hz~0.2Hz。试验过程中试样温度如果高于 50℃，可采用淋水降温措施。

6.2.3 试验结果判定

循环载荷加载次数结束后，纤维绳索的剩余强度应不小于三倍的最大工作载荷。

6.3 蠕变试验

6.3.1 试验条件

6.3.1.1 试验温度：70℃±2℃。

6.3.1.2 试样总长度根据试验机确定。

6.3.1.3 按照 GB/T 8834-2016 中第 7 章的规定进行试样制备。

6.3.1.4 按照 GB/T 8834-2016 中 9.3 规定的方法进行试样装夹。

6.3.2 试验方法

蠕变试验按照下列步骤执行：

- 试样安装完毕后，首先施加 2% 的最小断裂强力进行预加载；
- 伸长计安装在非绳头间断区域；
- 载荷以每分钟 10% 的速率增至 50% 的最小断裂强力，并保持 30 min；
- 然后以每分钟 10% 速率减至 10% 的最小断裂强力；
- 以 0.03Hz~0.1Hz 的频率，施加 10% 到 30% 的最小断裂强力作为循环载荷，循环次数为 50 次；
- 上述步骤完成后，对试样施加 25% 的最小断裂强力，加载过程不应间断，且加载时间不小于 30h；
- 试样卸载。

6.3.3 试验结果判定

加载时间结束后，试验过程中纤维绳索伸长率不应大于 4%。

6.4 弯曲疲劳试验

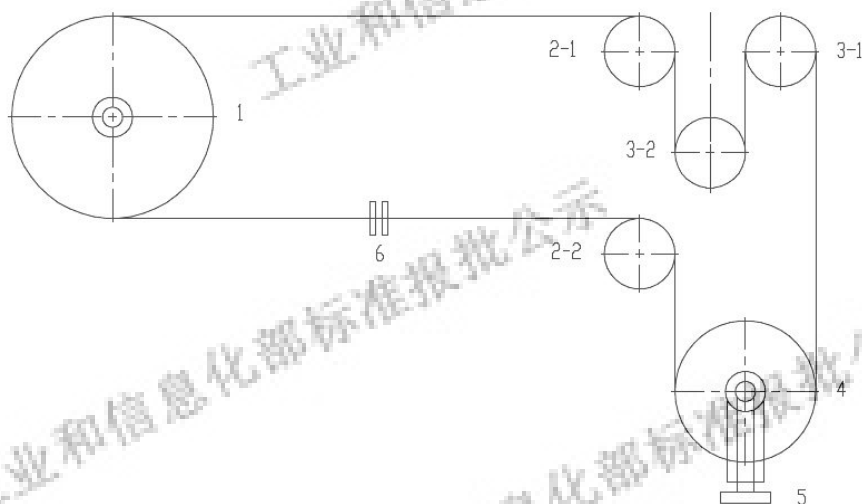
6.4.1 试验条件

6.4.1.1 试验温度：20℃±2℃。

6.4.1.2 试样总长度根据试验机确定。试样有效长度为纤维绳索弯曲疲劳试验过程中，通过试验轮、承受疲劳的纤维绳索长度。

6.4.1.3 试验过程中施加载荷偏差范围±2%。

6.4.1.4 试验原理如图2所示。



标引序号说明：

1——主动轮；2-1、2-2——导向轮；3-1、3-2——试验轮；4——载荷动滑轮；5——荷重；6——接头。

图2 弯曲疲劳试验原理示意图

6.4.2 试验方法

6.4.2.1 试验载荷：试验机加载系统对试样施加拉力的计算，见式（4）：

$$F' = \frac{F}{Z_p} \quad (4)$$

式中：

F' ——试样施加的拉力值，单位为牛（N）；

F ——试样的最小断裂强力值，单位为牛（N）；

Z_p ——最小实际安全系数，按照表1规定选取。

6.4.2.2 弯曲疲劳频率：宜取0.2Hz~2Hz。

6.4.2.3 通过载荷动滑轮加载规定试验载荷，启动主动轮，记录试样有效长度内的弯曲次数。

6.4.2.4 试验过程中试样温度如果高于50℃，可采用淋水降温措施。

6.4.3 试验结果判定

6.4.3.1 出现下列情况后，应停机结束试验：

- a) 纤维绳索出现断股；
- b) 纤维绳索表面出现明显熔蚀及褪色现象；

c) 纤维绳索出现股绳拉出或直径不一致现象。

6.4.3.2 纤维绳索弯曲疲劳 8 万次后, 剩余寿命应不小于 60% 的总寿命, 且剩余强度应不小于三倍的最大工作载荷。

6.5 多层缠绕试验

6.5.1 试验条件

6.5.1.1 试验在起重机或专用测试台上进行, 可采用起吊重物或双卷扬施加载荷的试验方法。

6.5.1.2 试验温度: $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 。

6.5.1.3 试验过程中施加载荷偏差范围 $\pm 2\%$ 。

6.5.1.4 试验总长度按照起重机设计长度确定。

6.5.2 试验方法

6.5.2.1 多层缠绕试验按照下列步骤执行:

a) 试样安装完毕后, 首先施加 2% 的最小断裂强力进行预加载;

b) 进行全绳长范围内的全载荷、交变载荷多层缠绕循环试验, 试验载荷分别按照以下方式加载:

- 全载荷试验: 在整个试验周期内绕进、绕出卷筒时, 施加 100% 的最大工作载荷;
- 交变载荷试验: 纤维绳索绕进卷筒时施加 5% 的最大工作载荷, 绕出卷筒时施加 100% 的最大工作载荷。

c) 试验过程中定期对纤维绳索直径、伸长率等参数进行监测。

6.5.2.2 纤维绳索的全部长度完全绕进和绕出卷筒定义为一个试验循环周期。

注: 全部长度指从卷筒上的最小限制圈数到最外层之间的长度。

6.5.3 试验结果判定

6.5.3.1 出现下列情况后, 应停机结束试验:

- a) 纤维绳索出现断股;
- b) 纤维绳索出现断裂。

6.5.3.2 纤维绳索多层缠绕试验 5 万次循环后, 剩余寿命应不小于 60% 的总寿命, 且剩余强度应不小于三倍的最大工作载荷。

6.6 紫外线辐射试验

6.6.1 试验条件

6.6.1.1 紫外线辐照度: 不小于 $1.5\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{nm})$ 。

6.6.1.2 试验温度: $70^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ 。

6.6.2 试验方法

紫外线辐射试验应按照 GB/T 16422.2 执行, 循环总时间不应小于 200h。

6.6.3 试验结果判定

纤维绳索剩余强度应不小于 80% 的最小断裂强力。

7 出厂检验

7.1 外观检查

纤维绳索外观检查采用手感和目测方法，不应出现断股、毛糙等明显损伤现象。

7.2 直径测量

按照5.1.3中规定的方法进行测量。

7.3 长度测量

按照5.1.4中规定的方法进行测量。

7.4 最小断裂强力测量

7.4.1 按照 GB/T 8834-2016 中规定的方法进行抽检。

7.4.2 抽样方法及测试结果应符合纤维绳索制造商与起重机制造商之间的协议。

8 验收方法

纤维绳索应在出厂之日起12个月内依据本标准、订货合同和供方质量证明书进行验收。

9 包装、标志和质量证明书

9.1 包装

纤维绳索应单独包装。如果采用卷盘或卷筒包装，应依据强度选择适用的运输方式和结构，也可提供需方同意的其他包装方案。

9.2 标志

纤维绳索包装外部应附有牢固清晰的标牌，并应注明但不限于以下内容：

- a) 供方名称或商标；
- b) 纤维绳索名称；
- c) 标准编号；
- d) 纤维绳索公称直径、结构类型；
- e) 纤维绳索材料；
- f) 纤维绳索净重和毛重；
- g) 纤维绳索最小断裂强力；
- h) 纤维绳索长度；
- i) 纤维绳索制造日期。

9.3 质量证明书

交货纤维绳索应附质量证明书，其中应注明但不限于以下内容：

- a) 供方名称和商标；
- b) 需方名称；
- c) 合同编号；
- d) 纤维绳索名称；
- e) 标准编号；

- f) 纤维绳索公称直径、结构类型；
- g) 纤维绳索材料；
- h) 纤维绳索净重；
- i) 纤维绳索最小断裂强力；
- j) 制造商技术质量部门印记；
- k) 开具质量证明书日期。

10 订货内容

按照本标准订货的合同或订单应包括以下内容：

- a) 用途；
- b) 标记；
- c) 数量（长度）；
- d) 报废标准；
- e) 其他。

11 检查

11.1 通则

当缺少起重机制造商和/或纤维绳索制造商提供的有关纤维绳索的使用说明时，纤维绳索的检查应符合11.2~11.4的规定。

11.2 日常检查

11.2.1 至少应在特定的日期对预期的纤维绳索工作区段进行外观检查，以发现一般的劣化现象或机械损伤。此项检查也包括纤维绳索与起重机的连接部位。

11.2.2 起重机每次使用前应对纤维绳索工作区段进行外观检查。

11.2.3 所有观察到的状态变化都应报告，并由主管人员按照11.3的规定进行检查。

注：可以指定起重机司机/操作员在其培训合格和能力所及的范围内承担日常检查工作。

11.3 定期检查

11.3.1 通则

定期检查应由主管人员实施。从定期检查中获得的信息用来帮助对起重机纤维绳索做出如下判定：

- a) 是否能够继续安全使用到最近的下一次定期检查；
- b) 是否需要立即更换或者在规定的时间内更换。

在纤维绳索试运行和投入使用前，对其可能出现的劣化现象及机械损伤都应由主管人员做出评估并记录观察结果。

11.3.2 检查周期

定期检查的周期应由主管人员决定，并且应考虑但不限于以下内容：

- a) 国家对应用纤维绳索的法规要求；
- b) 工作现场的环境状况；
- c) 机构工作级别；

- d) 前期的检查结果;
- e) 纤维绳索已使用的时间;
- f) 使用频率。

11.3.3 检查范围

纤维绳索应进行全长检查，应特别注意下列各部位：

- a) 卷筒上的纤维绳索固定点；
- b) 纤维绳索负载端固定装置及附近的区段；
- c) 经过一个或多个滑轮的区段；
- d) 经过吊钩滑轮组的区段；
- e) 缠绕在卷筒上的区段，特别是多层缠绕时的交叉重叠区域；
- f) 由于外部因素可能引起磨损的区段；
- g) 暴露在热源下的区段；
- h) 处于强紫外线照射环境的区段。

11.3.4 负载端固定装置及附近区域的检查

11.3.4.1 应检查靠近负载端固定装置的纤维绳索，还应检查负载端固定装置是否存在过度的变形和磨损。

11.3.4.2 可拆分的负载端固定装置，应检查其内部纤维绳索段有无断股情况，并确认负载端固定装置处于正确的装配状态。

11.3.4.3 如果断股明显发生在负载端固定装置附近或负载端固定装置内，可将纤维绳索截短再重新装到负载端固定装置上使用，但纤维绳索最终的长度应满足在卷筒上缠绕最少圈数的要求。

11.3.5 纤维绳索有关接触表面的检查

应检查与纤维绳索所有可接触的区域表面，是否出现锋利边缘、缺陷、锈蚀等。

11.3.6 检查记录

检查人员应准确的记录纤维绳索使用情况，用于预测纤维绳索的使用性能。每次定期检查之后，主管人员应提交纤维绳索检查记录。

11.4 事故后的检查

如果发生了可能导致纤维绳索及其负载端固定装置损伤的事故，应在重新开始工作前按照定期检查的规定，或按照主管人员的要求，检查纤维绳索及其负载端固定装置。

12 更换或报废

12.1 纤维绳索在储存、缠绕和操作过程中会发生特性的退化，当剩余寿命大于 60% 的总寿命，且剩余强度大于三倍的最大工作载荷时，可继续使用。当检查结果表明其使用状况已经不满足安全使用要求时应及时更换，有关报废示例参见附录 A。

12.2 纤维绳索制造商应在起重机手册中给最终用户提供明确的纤维绳索报废标准及检查方法。

附录 A
(资料性)
报废示例

A.1 总则

本附录提供了纤维绳索报废的典型示例。当出现示例中未包含的情况时,主管人员应咨询纤维绳索制造商,判断纤维绳索是否进行更换或报废。

A.2 典型缺陷示例

当纤维绳索出现图A.1~A.6所示缺陷时,纤维绳索应报废。



图 A.1 累计超过 1/2 绳股断裂



图 A.2 热熔



图 A.3 腐蚀



图 A.4 绳径不一



图 A.5 永久性压缩



图 A.6 永久性绳股突出

A.3 磨损示例

当纤维绳索出现图A.7所示磨损时，按照要求选择继续使用或报废。

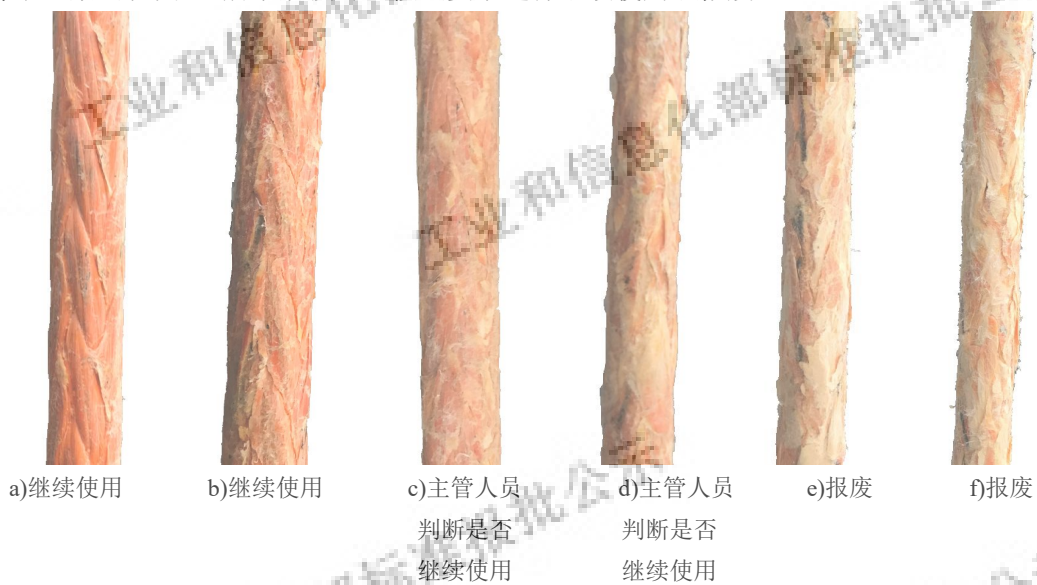


图 A.7 磨损示例