ICS 27.160
CCS F12

团 体 标 准

T/CPIA 0058—2024

多线切割机张力性能测量方法

Test and evaluation method for wire tension performance of multiwire sawing machine tools

CPIA
中国光伏行业协会
China Photovoltaic Industry Association

2024－03－10 发布　　2024－03－15 实施

中国光伏行业协会　　发 布

目　　次

前言 III
1　范围 1
2　规范性引用文件 1
3　术语和定义 1
4　测量要求 1
4.1　测量仪器 1
4.2　多线切割机 2
4.3　环境要求 2
4.4　电气安全要求 3
5　测量方法 3
5.1　离线张力测量 3
5.2　在线张力测量 3
5.3　附加张力测量 4
6　测量报告 5
附录 A（资料性）　张力测量统计表 6
A.1　离线张力测量统计表 6
A.2　在线张力测量统计表 6

CPIA
中国光伏行业协会
China Photovoltaic Industry Association

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。

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。

本文件由中国光伏行业协会标准化技术委员会提出。

本文件由中国光伏行业协会标准化技术委员会归口。

本文件起草单位：青岛高测科技股份有限公司、中国电子技术标准化研究院、青岛科技大学、晶澳太阳能有限公司、四川晶科能源有限公司、曲靖阳光新能源股份有限公司、北京京运通科技股份有限公司、江苏美科太阳能科技股份有限公司、浙江晶盛机电股份有限公司。

本文件主要起草人：仇健、张帅、杨保聚、李淮宁、秦楠、张在存、陈养俊、郭旭东、郭大伟、程正景、王金荣。

CPIA
中国光伏行业协会
China Photovoltaic Industry Association

多线切割机张力性能测量方法

1 范围

本文件规定了多线切割机的张力测量要求、测量方法和测量报告要求。

本文件适用于光伏领域使用金刚线进行硅片切割的多线切割机张力性能测量。

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 19517—2009 国家电气设备安全技术规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

线张力 wire tension

切割线受到拉力作用时其内部与固定切割线接触体之间的相互牵引力大小。

3.2

附加张力 additional tension

多线切割机自身附加的张力，切割线自身的断裂拉力与切割线走丝时极限张力之差。

3.3

张力仪 tension meter

测量线材及带材静态或动态状态下松紧程度的仪器。

注：线材及带材包括：金钢石切割线、钢丝、铜丝、钢缆、碳纤维等材料。

3.4

测量轮 measuring wheel

手持张力仪上用夹紧切割线并反馈位置的导轮。

3.5

线网 wire web

将切割线缠绕并张紧在两根或多根轴线相互平行的主辊线槽内，形成相互平行的切割网。

3.6

张力传感器 tension sensor

用来在线检测多线切割机切割线张力数值的传感器。

4 测量要求

4.1 测量仪器

4.1.1 离线张力测量仪器

4.1.1.1 进行多线切割机离线张力测量时，采用张力仪进行测量，张力仪精度不低于±1 %。

4.1.1.2 离线测量时，多线切割机加载的最大张力不超过张力仪量程的 80 %。

4.1.1.3 张力仪应当定期进行校准，校准方法按如下进行：

a) 将张力仪的读数调到 0 点；

b) 用一个相当于张力仪量程 80 %的砝码，悬挂在被测切割线的下方，将被测切割线的另一端挂起；

c) 用张力仪测量切割线时，将张力仪的张力值调节为砝码重量相同的力，即可完成校准。

4.1.2 在线张力测量仪器

4.1.2.1 多线切割机在线张力测量采用应变片型或微位移型张力检测传感器进行测量，精度不低于±0.2%。

4.1.2.2 在线测量时，多线切割机加载的最大张力不超过张力传感器量程的 80 %。

4.1.2.3 张力传感器应定期进行校准，校检方法按如下进行：

a) 将切割线一端在切割辊上缠绕 2 圈～3 圈并固定，另一端依次绕过导轮、张力轮、排线轮与砝码连接，砝码竖直悬挂于排线轮和收放线辊之间；

b) 按需取 0.2 kg、0.4 kg、0.6 kg 等大小的砝码依次与切割线连接，记录不挂砝码时及悬挂各砝码时对应的张力传感器电压值或电流值；

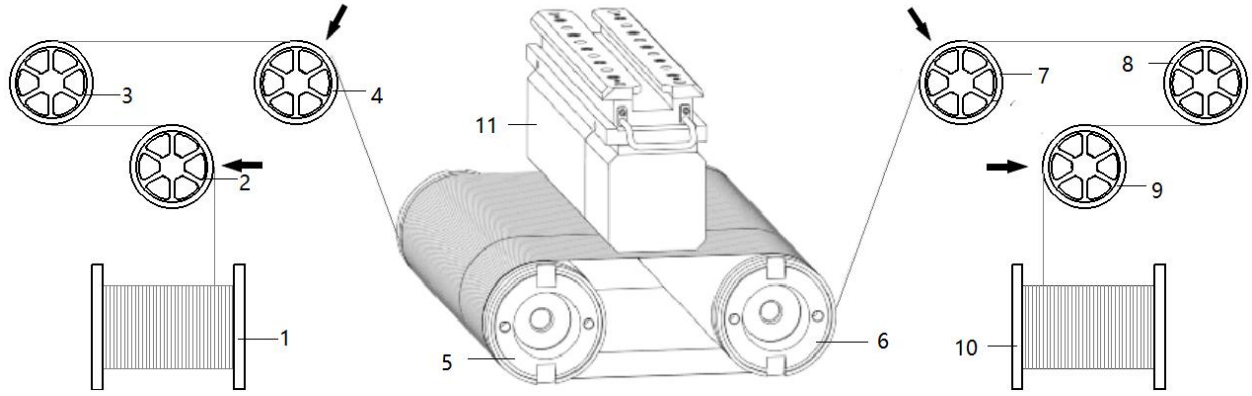
c) 按照各地区当地重力加速度，计算各砝码悬挂在切割线下方时切割线上的张力值；

d) 不挂砝码时对应的张力值为第一点，0.2 kg 砝码对应的张力值为第二点，依次设置，相邻两点为一个区间，计算各区间张力值与张力传感器电压值或电流值的线性方程参数；

e) 根据计算结果重新设置各区间张力值线性方程参数。

4.1.2.4 张力传感器应安装在靠近切割辊的导轮或靠近收放线辊的排线轮处。

4.1.2.5 张力传感器测力指示点方向应当平行于导轮和排线轮中箭头方向，序号 4、7 位置测力指示点方向位于包络角中心位置，序号 2、9 位置测力指示点方向水平设置，测力方向最大角度偏差不超过±1°，多线切割机切割线线网示意图见图 1。



标引序号说明：

1、10——收放线辊；

2、9 ——排线轮；

3、8 ——张力轮；

4、7 ——导轮；

5、6 ——切割辊；

11 ——切割物料。

图 1 多线切割机切割线线网示意图

4.2 多线切割机

4.2.1 测量需在运行指标正常的多线切割机上进行。

4.2.2 测量前应保证多线切割机轮系共面程度已进行合理的调整，以减小轮系不共面引起的切割线扭转对附加张力大小及运行张力稳定性的影响。

4.2.3 若在一次张力性能测量中对多台多线切割机进行张力测量，多线切割机使用的切割线线径应当保持一致。

4.3 测量环境要求

除有特殊要求外，测量环境应满足下列要求：

a) 温度：10 ℃～35 ℃；
b) 湿度：≤85 %；
c) 周围环境没有明显的电磁干扰；
d) 测量多线切割机振动小于 0.5 gn。

4.4 电气安全要求

测量时操作安全要求应符合GB 19517—2019中的规定。

5 测量方法

5.1 离线张力测量

5.1.1 通则

采用离线张力测量的方式对切割线上不同位置的张力数据进行采集，测量统计表参照表A.1。

5.1.2 测量方法

5.1.2.1 确定测量位置，在收放线辊与排线轮之间、排线轮与张力轮之间、张力轮与导轮之间、导轮与主辊之间进行测量，张力仪测量方法示意图见图 2。

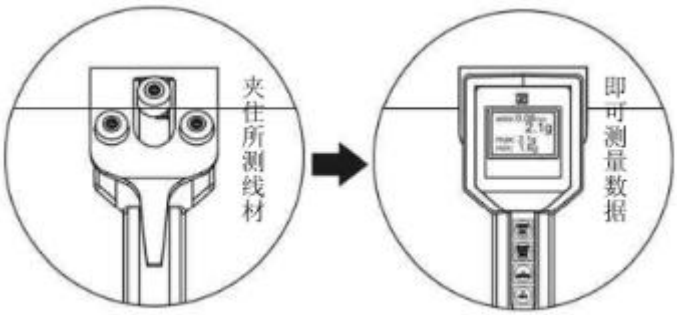


图 2 张力仪测量方法示意图

中国光伏行业协会 China Photovoltaic Industry Association

5.1.2.2 至少选择两个不同的位置进行测量。
5.1.2.3 测量时通过测量轮将切割线夹紧。
5.1.2.4 测量过程中张力仪要保持固定。
5.1.2.5 测量过程中切割机按照最低速度运行。
5.1.2.6 采样时间不少于一分钟。
5.1.2.7 采样频率不低于 100 Hz。
5.1.2.8 同一位置进行多次张力数据的测量，取至少三组测量数据。
5.1.2.9 测量结束后关闭多线切割机，并对张力数据进行记录、保存。

5.1.3 数据处理

5.1.3.1 比较同一位置各组数据的最值，同一位置不同组之间最大值或最小值的差值超过预设张力的5%，则表示数据异常。
5.1.3.2 如有异常数据应当尽快补测对应位置的张力数据。
5.1.3.3 如无异常保留三组数据中最值为中位数的一组。

5.2 在线张力测量

5.2.1 通则

采用在线张力测量方式对切割线上不同位置的张力数据进行采集，测量统计表参照表A.2。

5.2.2 测量方法

5.2.2.1　张力传感器在多线切割机上进行安装并调试。
5.2.2.2　在至少三种不同运行速度下加载张力，每次加载的张力值需保持相同。
5.2.2.3　同一运行速度进行多次张力数据的测量，取至少三组测量数据。
5.2.2.4　每次测量完成需要包含切割线加减速、匀速运行的完整往复周期。
5.2.2.5　每个周期单向匀速运行时间不少于 20 s。
5.2.2.6　采样频率不低于 100 Hz。
5.2.2.7　测量结束后关闭多线切割机，并对张力数据进行记录、保存。

5.2.3　数据处理

5.2.3.1　比较各运行速度下每组数据的最值，同一速度不同组之间最值的差值超过预设张力的 5%，则表示数据异常。
5.2.3.2　如有异常数据应当尽快补测对应运行速度下的张力数据。
5.2.3.3　如无异常保留三组数据中最值为中位数的一组即可。

5.3　附加张力测量

5.3.1　测量方法

5.3.1.1　在多线切割机上布线网，线网宽度为主辊涂覆长度的 2/3，初始张力设置为ΔF，加减速时间设置为 3 s～9 s，放线量与收线量相同,放线量与收线量设置为：600 m～900 m，往复运行不少于 5 次。在多次测量过程中采用相同材质、相同规格的切割线。
5.3.1.2　若往复运行后切割线断裂,则降低 0.5N～1 N 的初始张力设定值重复布线网往复运行切割线。
5.3.1.3　若往复运行后切割线未断裂，继续加载 0.5N～1 N 的张力，往复运行不少于 5 次，收放线量、加减速时间与初始设置相同。若往复运行后切割线仍未断裂，重复加载 0.5 N～1 N 张力往复运行，加载至切割线断裂。
5.3.1.4　将加载至切割线断裂的张力以及切割线断裂前最后一次加载的张力值进行记录。
5.3.1.5　重复测量，布线与调试保持初始设置，直接加载张力至切割线断裂前加载的张力值，在此基础上每次增加 0.1 N～0.2 N 的张力，往复运行不少于 5 次，直至切割线断裂。
5.3.1.6　将加载至切割线断裂前的张力进行记录，得到多线切割机极限运丝的张力值。
5.3.1.7　附加张力计算按公式（1）计算：

$$F_a = F_b - F_l \quad \cdots\cdots (1)$$

式中：
F_a——附加张力，单位为牛（N）；
F_b——切割线的断裂拉力，单位为牛（N）；
F_l——多线切割机极限运丝的张力，单位为牛（N）。
5.3.1.8　不同的母线线径需设置不同的初始张力值,常用线径对应的初始张力推荐设定值如表 1 所示。

表 1　不同线径对应初始张力设定值

母线线径 μm	断裂拉力参考值Fb N	多线切割机运丝初始张力设定值ΔF N
60	13.5	8.8
55	11.5	7.5
50	10	6.5
45	8.7	5.7
38	6.3	4.1
36	5.6	3.6
33	4.8	3.1
注1：数据断裂拉力参考值来源于拉伸试验机实验测量。 注2：切割机运丝初始张力设定值为推荐常用工艺参数。		

5.3.1.9　相同母线线径在不同生产条件下生产的金刚线断裂拉力或有不同，需根据实际金刚线断裂拉力设置初始张力设定值，推荐初始张力设定值通过公式（2）进行计算：

中国光伏行业协会
China Photovoltaic Industry Association

$$\Delta F = 0.65 \times F_b \quad \cdots\cdots (2)$$

式中：

ΔF——多线切割机运丝初始张力设定值，单位为牛（N）

F_b ——切割线的断裂拉，单位为牛（N）

6 测量报告

测量报告应包括下列内容：

a） 测量仪器名称、型号；
b） 测量多线切割机型号、编号；
c） 测量切割线型号；
d） 测量方法；
e） 测量选取位置及编号；
f） 测量切割线运行速度；
g） 测量时间、地点；
h） 测量单位及测量者；
i） 测量参考标准编号；
j） 测量报告编号。

CPIA
中国光伏行业协会
China Photovoltaic Industry Association

附 录 A
（资料性）
张力测量统计表

A.1 离线张力测量统计表

离线张力测量统计表参照表A.1。

表 A.1 离线张力测量统计表

测量位置	测量组数	采样时间 s	采样频率 Hz	最大值 N	最小值 N	测量日期
位置1	1					
	2					
	3					
位置2	1					
	2					
	3					
……	1					
	2					
	3					

A.2 在线张力测量统计表

在线张力测量统计表参照表A.2。

表 A.2 在线张力测量统计表

线速 m/min	测量组数	采样时间 s	采样频率 Hz	最大值 N	最小值 N	测量日期
Vc1	1					
	2					
	3					
Vc2	1					
	2					
	3					
Vc3	1					
	2					
	3					
……	1					
	2					
	3					

CPIA
中国光伏行业协会
China Photovoltaic Industry Association