

光伏电站MC4插头拆除工具的研发与应用探讨

张奥琦

青海黄河上游水电开发有限责任公司格尔木分公司 青海 西宁 810000

摘要：随着全球对可再生能源的依赖日益加深，光伏发电成为了绿色能源领域的重要组成部分。然而，在光伏电站的日常运维中，MC4插头的更换与检修工作因环境恶劣和工具不便而面临挑战。本文详细介绍了一种创新型MC4插头拆卸工具的研发过程，并深入探讨了其在实际应用中的效果与优势，旨在为光伏电站的运维工作提供更为高效、便捷的解决方案。

关键词：光伏发电；MC4插头；拆卸工具；技术创新；应用效果

引言

在全球能源结构转型的大背景下，光伏发电以其清洁、可持续的特点受到了广泛关注。然而，光伏电站通常建设在偏远、环境恶劣的地区，设备易受风沙、雨水等自然侵蚀，尤其是MC4插头等连接部件。频繁的检修与更换不仅影响电站的运行效率，还增加了运维成本。因此，研发一种高效、便捷的MC4插头拆卸工具显得尤为重要。

1 MC4 插头拆卸工具的研发

1.1 设计背景与理念

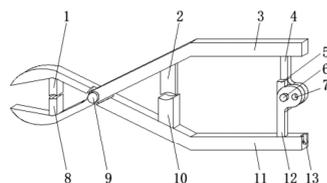
在光伏产业及电力行业中，MC4插头因其稳定可靠的连接性能而被广泛应用。然而，传统的MC4插头拆卸过程往往需要使用多种工具，操作过程繁琐复杂，这无疑增加了工作人员的操作难度和时间成本^[1]。基于这样的背景，急需一种能够集拆卸、剥线和压线功能于一体的新型工具，以简化操作流程并提高工作效率（图1）。设计理念必须紧紧围绕简化操作步骤，实现一工多用，从而大幅提升工作效率。同时，这种新型工具在设计时还需充分考虑到耐用性和使用安全性，以确保在长时间高频次的使用过程中，工具能够保持良好的性能和稳定性，避免因工具损坏而带来的安全风险。这样的设计理念不仅体现了对工作效率的追求，更彰显了对操作人员安全的重视。通过这种全方位的设计理念，旨在打造一款既实用又安全的MC4插头拆卸工具，以满足行业发展的需求。

1.2 结构设计

1.2.1 手柄设计

（1）交叉手柄结构：采用了交叉手柄结构，由第一交叉手柄和第二交叉手柄精妙地通过铰接柱相互连接，构成了一个稳定的交叉构型。这种特殊的设计不仅为卡钳提供了坚实的力学支撑，确保其在使用过程中能够稳

固地承受各种应力和扭矩，而且还赋予了操作更大的灵活性。通过铰接柱的连接，两个手柄能够自由开合，便于适应不同大小和操作角度的需求，使得拆卸工作变得更为轻松自如^[2]。这种交叉手柄结构的稳定性与灵活性相得益彰，充分展现了设计的精巧与实用性，为操作人员带来了更加便捷高效的工作体验。



1-卡头；2-剥线刀片；3-第一交叉手柄；4-第一固定板；5-限位块；6-固定块；7-穿线孔；8-卡座；9-铰接柱；10-剥线座；11-第二交叉手柄；12-第二固定板；13-固定块安装槽

图1 一种光伏电站MC4插头拆卸工具示意图

（2）材质选择：为了确保手柄的强度和耐用性，同时兼顾轻便性和易操作性，材质选用了高强度工程塑料或轻质金属材料。高强度工程塑料具有出色的抗冲击性和耐磨性，能够有效抵抗日常使用中的碰撞和磨损，确保手柄的稳固性和使用寿命。而轻质金属材料则能够在保证结构强度的同时，显著降低工具的整体重量，提升携带和操作的便利性。这样的材质搭配不仅优化了工具的性能，还使得操作人员在长时间使用后仍能保持舒适的手感，进一步提高工作效率。

1.2.2 功能部件详解

（1）卡头与卡座：在MC4插头拆卸工具中，卡头与卡座是至关重要的功能部件。这两部分的设计充分考虑了MC4插头的独特结构，确保能够精确匹配并轻松卡住插头，从而实现快速而准确的拆卸或安装操作。值得一提的是，卡头和卡座的表面都经过了专业的硬化处理，这一步骤显著提升了它们的耐磨性，延长了使用寿命。硬化处理后的表面更能抵御日常使用中的磨损和冲击，确保工

具在长时间使用后依然能够保持高精度和稳定性。

(2) 剥线刀片与剥线座：剥线刀片与剥线座是MC4插头拆卸工具中不可或缺的组成部分。剥线刀片选用硬质合金材料制造，这种材料以其超凡的硬度和耐磨性而著称，保证了刀片的锋利度和长久耐用性^[2]。与此同时，剥线座的设计同样不容忽视，其上设有精确的导线定位槽，这一巧妙设计旨在为导线提供稳定的支撑和定位，从而在剥线过程中确保操作的稳定性和剥线的准确性。这两部分的完美结合，不仅简化了剥线操作的步骤，还大大提高了工作效率，同时降低了因操作不当而导致导线损坏的风险。

1.2.3 便携与固定设计

(1) 固定板与穿线孔：在MC4插头拆卸工具的便携与固定设计中，固定板与穿线孔的设计显得尤为重要。这款工具配备了第一固定板和第二固定板，这两块固定板上都精心设置了穿线孔。这些穿线孔的设计巧妙且实用，它们不仅便于使用绳索或链条将卡钳轻松固定在操作人员的腰间或工具包上，还使得工具能够随时取用，大大提高了工作的便捷性。这种设计充分考虑了现场操作的实际情况，让操作人员在需要时能够迅速获取工具，从而节省时间并提升工作效率。同时，通过合理的固定方式，也能有效避免工具的遗失或损坏，确保了工具的完好性和使用寿命。

(2) 限位块：限位块是MC4插头拆卸工具便携与固定设计中的一个关键元素。在固定板的一侧巧妙地安装有限位块，当两个手柄合并携带时，限位块能够有效地防止手柄意外张开，从而极大地增强了携带过程中的安全性。这种设计不仅避免了因手柄突然张开可能导致的意外伤害，还确保了工具在携带或存储时的稳定性和整体性。

1.3 使用便捷性增强设计

1.3.1 快速固定系统

(1) 固定块与安装槽：在MC4插头拆卸工具中，快速固定系统是一个亮点设计，其中固定块与安装槽的组合尤为出色。固定块被巧妙地设计成两个不同直径的圆柱体，这一独特形状使其能够灵活地插入到第二固定板上的安装孔或手柄端部的固定块安装槽中。这种创新设计不仅提供了便捷的固定方式，还赋予了卡钳在使用时能够快速固定在工作台或其他平面上的能力，从而为操作人员打造一个稳定的操作平台。这种快速固定系统的引入，大大提升了工作效率，同时也增强了操作过程中的稳定性和安全性。

(2) 磁性辅助固定：在MC4插头拆卸工具的快速固

定系统中，磁性辅助固定是一个独特且实用的设计。固定块、安装孔和安装槽内均精心嵌入了磁铁，这一举措显著增强了固定的稳固性^[3]。这些磁铁不仅为卡钳提供了额外的吸附力，确保其在工作台上或其他平面上的稳定固定，还使得固定块的插入和拔出操作更为迅速和方便。通过磁性辅助，操作人员在使用过程中能够更轻松地完成工具的固定和解锁，从而节省时间并提高工作效率。

1.3.2 拆卸槽设计

在MC4插头拆卸工具的设计中，拆卸槽的构思充分展现了对用户操作便利性的细致考虑。拆卸槽位于固定块安装槽的上部，其设计目的是为了便于用户轻松拆卸固定块。通过这一槽口，用户可以从手柄的顶部直接访问到固定块，无需从侧面或底部进行费力的拔出操作。这种设计不仅简化了拆卸步骤，还极大地提升了操作效率。此外，拆卸槽的贯穿式设计确保了拆卸过程的顺畅无阻，使用户在维护或更换固定块时能够轻松完成。

2 工作原理与操作流程

2.1 拆卸MC4插头

在进行MC4插头拆卸时，操作人员需使用卡钳的尖角部分精确地卡住MC4插头的内卡。通过手柄的杠杆原理，可以轻松地拔出插头，这一步骤中，手柄的设计提供了良好的力学支撑，使得拆卸过程既省力又高效。

2.2 剥线操作

剥线操作是电线处理中的关键环节，需要精确且细致地进行。操作人员需将需要剥皮的电线放入剥线座的定位槽中，这个定位槽确保了电线的稳定放置。随后，通过闭合卡钳，剥线刀片会精确地划过电线的外皮，从而轻松且整洁地剥除电线外皮，露出内部的金属导线。这一过程中，剥线刀片的锋利度和剥线座定位槽的精确性都是确保剥线质量的关键因素。

2.3 压线操作

压线操作是为后续的MC4插头安装做准备的重要步骤。在此环节中，操作人员需将裸露的金属导线小心地放入卡头和卡座之间。然后，用力闭合卡钳，通过卡头和卡座的紧密配合，将金属导线进行压实，确保其平整且紧密地连接，以便后续的插头安装能够牢固可靠^[4]。这一步骤中，卡头和卡座的精确匹配以及手柄提供的稳定压力都是确保压线效果的关键因素。

3 MC4 插头拆卸工具的应用效果

3.1 实验验证与对比分析

为深入探究MC4插头拆卸工具的实用性和可靠性，本研究在多个实际运行的光伏电站开展了长期且系统的现场测试。这些光伏电站分布在不同的气候区域，具有

多样的运行环境和设备状况,从而确保了测试结果的广泛性和代表性。在实验设计上,特别邀请了经验丰富的电站维护人员参与。他们不仅熟悉传统的拆卸方法,也对本工具有着深入的了解和实践。通过他们的实际操作,能够更真实地反映出工具在实际应用中的性能和效果。实验过程中,对两种拆卸方法——传统方法和使用本工具的方法,进行了详细的记录和对比分析。主要考察了三个方面的指标:拆卸速度、操作便捷性和线缆处理质量。以下是部分实验数据的对比分析表格:

| 指标 | 传统方法 | 本工具 |
|----------------|-------|-------|
| 拆卸速度(秒/个) | 35-45 | 15-20 |
| 操作便捷性评分(满分10分) | 6.5 | 9.0 |
| 线缆处理质量(合格率%) | 85% | 98% |

数据说明:

(1) 拆卸速度是衡量工具效率的重要指标。在多次重复的拆卸实验中,使用本工具的拆卸速度明显优于传统方法。具体来说,传统方法拆卸一个MC4插头平均需要35至45秒,这主要受到操作复杂性和工具限制的影响。而使用本工具,拆卸时间大幅缩短至15至20秒。这一显著提升主要归功于本工具独特的设计和高效的杠杆原理应用。

(2) 操作便捷性是评估工具用户体验的关键因素。通过维护人员的反馈和评分,发现本工具在操作便捷性方面获得了极高的评价。在满分为10分的评分体系中,传统方法平均得分为6.5分,反映出其在操作过程中的不便和复杂性。而本工具则获得了9.0分的高分,表明其在提供便捷操作体验方面的显著优势。

(3) 线缆处理质量直接关系到光伏系统的稳定性和安全性。通过对比实验,发现使用传统方法处理的线缆合格率为85%,这意味着有相当一部分线缆处理存在质量问题,可能引发后续的安全隐患。而使用本工具处理的线缆合格率高达98%,几乎达到了完美处理的效果。这一显著差异主要得益于本工具精确的设计和高质量的材料选择,确保了线缆处理的准确性和耐久性。

综上所述,通过这一系列详细且具体的实验验证和对比分析,充分展示了MC4插头拆卸工具在拆卸速度、操作便捷性和线缆处理质量方面的显著优势。这些优势不仅提高了光伏电站的维护效率,还为电站的安全稳定运行提供了有力保障。

3.2 应用效果评估

3.2.1 工作效率显著提升

相较于传统的MC4插头拆卸与安装方法,本工具的

应用使得工作效率得到了数倍的提升。传统方法往往需要复杂的操作步骤和较长的时间来完成拆卸与安装,而本工具通过其独特的设计和高效的杠杆原理,大大简化了这些步骤,从而显著缩短了停机维护时间。这种效率的提升在光伏电站的日常维护和紧急抢修中尤为重要,能够有效地减少因设备停机而带来的损失。

3.2.2 操作流程简便易行

本工具的一体化设计充分考虑了操作的简便性和易用性。通过精心的设计,将多个功能集成在一个工具上,从而简化了操作流程,降低了对维修人员专业技能的要求。这种设计使得更多的人员能够快速上手,无需长时间的培训和实践即可熟练掌握使用方法,进一步提高了工作效率。

3.2.3 安全性、可靠性与耐用性兼备

在材料选择上,本工具采用了高强度耐磨材料制造,确保了工具在使用过程中的安全性和耐用性。这种材料不仅能够承受高强度的使用频率,还能有效抵抗磨损和腐蚀,从而减少了频繁更换工具的烦恼。同时,其可靠的性能也为维修人员提供了坚实的保障,使得他们在使用过程中能够更加安心和高效地完成工作。

结语

本文详细介绍了一种创新型MC4插头拆卸工具的研发与应用效果。通过一体化设计、多功能集成以及便携性考虑,该工具为光伏电站的运维工作带来了革命性的改变。实验验证与应用效果评估表明,该工具在提高工作效率、简化操作流程以及确保安全性方面具有显著优势。展望未来,我们将继续优化工具设计,拓展其适用范围,以满足更多种类的插头与线缆处理需求,为光伏电站的高效运维贡献力量。

参考文献

- [1]王向莲,周智敏.光伏组件MC4插头连接6mm²单芯铝线、4mm²多股铜线性能比对试验分析[J].科学技术创新,2021(1):25-26.
- [2]大唐三门峡电力有限责任公司.一种光伏电站MC4插头专用拆卸钳:CN202321325586.X[P].2024-01-23.
- [3]中节能(山东)太阳能科技有限公司青岛分公司,中节能(平原)太阳能科技有限公司.一种光伏电站组件MC4插头多功能自动拆卸钳:CN202310745050.1[P].2023-08-29.
- [4]中国三峡新能源(集团)股份有限公司,三峡新能源格尔木绿能发电有限公司.一种光伏组件MC4插头拆卸专用钳:CN202321186763.0[P].2023-10-31.