

DOI:10.19651/j.cnki.emt.2005571

大截面钢芯铝绞线导线压接拉断仿真分析

董晓虎¹ 程 绳¹ 涂天成² 曾 宸³ 吴 军¹(1. 国网湖北省电力有限公司检修公司 武汉 430050; 2. 三峡大学 电气与新能源学院 宜昌 443002;
3. 国网湖北省电力有限公司孝感供电公司 孝感 432099)

摘 要: 大截面导线输变电作为一项自主开发特高压输电技术被得到广泛应用,但是输电线路导线压接完成后,压接管内部缺陷不易发现,并且内部铝绞线表面划伤、断股等内部缺陷严重降低了输电线路载流量和机械强度。为解决存在的问题,提出一种大截面导线钢芯铝绞线压接拉断仿真方法。以 JL/G1A-400/35 导线为例,对压接后铝绞线损伤情况进行了建模、计算,重点分析了铝绞线在断股、表面受损以及在铝绞线未损情况下拉断时所受应力情况。仿真结果表明,当铝绞线存在断股现象时,拉断铝绞线的最大应力达到 802.6 MPa;当铝绞线存在受损现象时,拉断铝绞线的最大应力达到 829.3 MPa;当铝绞线未损时,拉断铝绞线最大拉断应力 865.2 MPa,为 3 种情况的最大值。在铝绞线采取先压接后拉断的仿真计算中,在加载 1 010 MPa 压强时,铝绞线压接后所能承受的拉断力最大。以上仿真分析结果可为大截面导线钢芯铝绞线压接工艺优化提供参考。

关键词: 大截面导线;压接;拉断;损伤

中图分类号: TM755 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 130.4010

Simulation analysis of compression and tensile fracture of large section wire with steel core and aluminum strand

Dong Xiaohu¹ Cheng Sheng¹ Tu Tiancheng² Zeng Chen³ Wu Jun¹

(1. Maintenance Company of State Grid Hubei Electric Power Co., Ltd., Wuhan 430050, China;

2. School of Electrical and New Energy, China Three Gorges University, Yichang 443002, China;

3. Xiaogan Power Supply Company, State Grid Hubei Electric Power Co., Ltd., Xiaogan 432099, China)

Abstract: As a self-developed UHV power transmission technology, large cross-section wire transmission and transformation is widely used, but after the completion of the crimping of the transmission line wire, the internal defects of the crimping tube are not easy to find, and the internal aluminum strand surface is scratched, stranded and other internal defects seriously reduce the current carrying capacity and mechanical strength of the transmission line. In order to solve the existing problems, a simulation method for crimping and breaking of large cross-section conductor steel core aluminum stranded wire is proposed. Taking the JL/G1A-400/35 wire as an example, the damage of the aluminum stranded wire after crimping is modeled and calculated, and the strands are broken, the surface is damaged, and the aluminum stranded wire is not damaged. Stress condition at the time of breaking. The simulation results show that when the aluminum stranded wire is broken, the maximum stress of the broken aluminum strand reaches 802.6 MPa, when the aluminum strand is damaged, the maximum stress of the broken aluminum strand reaches 829.3 MPa, When the stranded wire is not damaged, the maximum breaking stress of the aluminum stranded wire is 865.2 MPa, which is the maximum value of the three cases. In the simulation calculation where the aluminum stranded wire is crimped first and then broken, when a pressure of 1 010 MPa is loaded, the aluminum stranded wire can withstand the largest breaking force after crimping. The above simulation analysis results can provide a reference for the optimization of the crimping process of large cross-section conductor steel core aluminum stranded wire.

Keywords: large cross-section wire; crimping; breaking; damage

0 引 言

由于大截面导线在特高压直流线路中的应用可以降低电

能损耗,提高电网输送效率,应用更大截面导线成为保证今后我国特高压电网建设的重要环节。随着远距离、高电压、大容量输电线路的发展建设,大截面导线的应用日趋广泛,针对导

收稿日期:2020-12-20

• 62 •

线及压接的各种检测技术也成为研究热点^[1-3]。另外,导线接续压接是制约导线展放进度的关键因素,尤其是大截面导线压接,在导线展放过程中耗时大,探索提高接续压接效率的有效措施,对大幅提高导线展放效率,具有重要的意义。

因此,为了提供大截面导线钢芯铝绞线压接质量和效率,降低能耗。文献[4]提出了一种大截面导线压接产生散股的原因及消除措施,指出了大截面导线“倒压”施工的关键是算出铝线与铝管反向的延伸长度,优化后的接续管与压接钢模能有效降低散股现象。文献[5]提出了架空输电线路耐张管压接缺陷分析与质量检查方法,通过对架空输电线路导线耐张管压接中常见缺陷及运行风险进行分析,提出压接质量检查重点及检查方法,将存在的缺陷消除在投运前,保证架空输电线路的安全运行。文献[6]提出了一种架空输电线路导线压接握着力试验方法,采用基于应变测量法的导线压接握着力试验,在3组9根不同工况下的液压导线压接管上粘贴应变片,通过应力与应变的变化规律分析导线压接质量。以上方法虽对大截面导线压接中出现的各种问题和缺陷进行了总结,并提出了相应的质量控制方法,但对于大截面导线钢芯铝绞线拉断时所受应力的情况分析不够精准,对内部缺陷发现的难度较大。基于此,提出一种大截面导线钢芯铝绞线压接拉断仿真方法。利用ABAQUS有限元仿真软件对大截面导线铝绞线压接过程可能出现的缺陷进行了拉断应力的仿真计算,分析模具加载500、800、1 000、1 200 MPa压强时铝绞线的拉断情况以及拉断应力,给出模具加载0~1 300 MPa不同压接压强后铝绞线的拉断力曲线图,得出最优压接值。

1 基本理论及模型的建立

1.1 基本理论

在导线进行压接过程中,其应力与应变关系较为复杂。为了便于分析,需要重点考虑材料弹性阶段与屈服阶段。变形处于弹性阶段的材料,其应力与应变成正比。随着应力的增加而到达材料的屈服极限时,由于材料晶格之间的搓动,而发生了塑性变形^[7]。此时材料中的应力由应变和荷载共同决定。随着荷载继续增加,材料到达了强化阶段。因此,确定准确的材料本构关系是后续有限元计算的基础,其对模型计算的结果具有重要影响。而屈服准则与强化准则是塑性变形的重要指标^[8]。

1) 屈服准则

工程上通常采用屈服准则来判断材料是否处于塑性阶段,即试件上的应力值的大小达到了材料的屈服应力值大小,也称屈服条件。而工程实际当中,屈服条件也与试件上的温度与荷载加载的时间有关系,表达式如式(1)所示。

$$F(\sigma_{ij}, \epsilon_{ij}, t, T) = 0 \quad (1)$$

式中: σ_{ij} 为应力分量, ϵ_{ij} 为应变分量, t 为时间分量, T 为温度分量。当材料为弹性阶段时, ϵ_{ij} 与 σ_{ij} 成正比例关系,屈服条件如式(2)所示。

$$F(k\sigma_{ij}) = 0 \quad (2)$$

等效应力通常采用 Von Mises 屈服准则,其计算如式(3)和(4)所示。

$$\sigma_e = \sqrt{\frac{1}{2}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2]} \quad (3)$$

$$\sigma_e = \sqrt{\frac{1}{2}[(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_x - \sigma_z)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{xz}^2)]} \quad (4)$$

式中: σ_1, σ_2 和 σ_3 为主应力; $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z, \tau_{xy}, \tau_{yz}, \tau_{xz}$ 为应力分量。

在二维应力平面中, Mises 屈服条件对应的是一个椭圆;在三维应力空间中,屈服面是一个圆柱面。当应力数值在屈服面内部时,材料处于弹性阶段;反之,材料发生屈服。

2) 强化准则

强化准则描述的是材料初始屈服随材料塑性应变发展的规律。一般来讲,屈服面与应变是具有函数关系的。处于复杂应力条件下材料屈服面的大小、中心及形状也发生了变化,故需要重新对其定义。在 Mises 屈服准则里,屈服面全部均匀扩大。现定义初始屈服条件为 $f(\sigma_{ij}) = 0$, 则强化模型如式(5)所示。

$$\phi(\sigma_{ij}, H_a) = f(\sigma_{ij}) - k(H_a) = 0 \quad (5)$$

式中: $k(H_a) = k$ 为强化函数, H_a 单调递增,在塑性加载中 k 的值逐渐变大。

1.2 仿真建模

仿真建模过程中采用型号为 JL/G1A-400/35 的铝绞线进行有限元建模仿真。

通过 ABAQUS 软件建立 JL/G1A-400/35 导线模型,其模型中心为1根圆形钢线,周围为6根同直径圆形铝线,通过深度和螺距参数建立铝绞线参绕时的弯曲度。为了使多股铝绞线在拉伸时不出现散股或爆开,在拉伸侧创建实体拉伸一个深度为2的圆柱,完成正常多股铝绞线的建模。根据压接模具实物正常尺寸采取拉伸、切削操作即可完成压接模具模型的建立。图1为该铝绞线的外形图和 ABAQUS 实体模型图,图2为压接模具的外形图和 ABAQUS 实体模拟图。

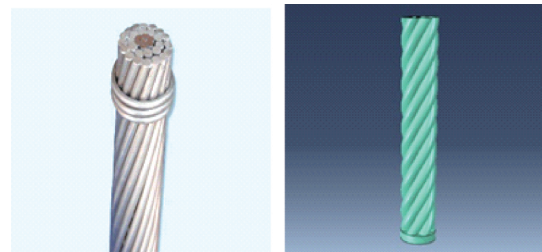


图1 铝绞线实体模型图

为研究铝绞线在各种受损条件下拉断时所受应力情况以及先通过模具压接后再拉断时的应力情况。使用 ABAQUS 进行应力分析,在仿真的过程中固定铝绞线其中一侧,在另一侧给铝绞线加以速度/角速度值为10的边界

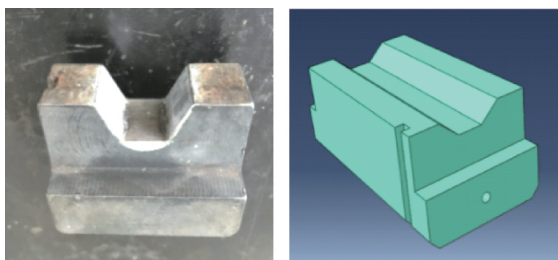


图 2 压接模具实体模拟图

条件(根据模型建立方向不同,其值的正负号不同)。另外,在动模具上表面施加一定大小的压强,让动模具向下缓慢移动,对铝绞线进行施压,在第 2 个子分析步上继续设置已压铝绞线的拉断仿真。对铝绞线、模具赋予材料属性,模具与铝绞线的接触采用通用接触,其接触属性选择切向行及法向行为,其中切向行为的摩擦公式选择“罚”,摩擦系数为 0.1,法向行为采用“硬”接触,其他默认即可。根据 ABAQUS 软件自身的一套单位制标准,分别赋予其密度、弹性、塑性、柔性损伤和损伤演化五种物理量^[9-10]。仿真模拟系统中各部件的物理特性参数如表 1 所示,塑性参数如表 2 所示,柔性损伤参数如表 3 所示。

表 1 部件材料的物理特性参数

材料	密度/ ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	弹性系数/ ($\text{N}\cdot\text{mm}^{-2}$)	泊松比
铝	2.7	61 800	0.2
钢	7.8	196 000	0.2

表 2 部件材料的塑性参数

	A	B	C	n	m	Epsilon
塑性	(屈服 应力)	(硬化 系数)	(应变率 系数)	(硬化 指数)	(温度 系数)	dot zero
数值	507	320	0.064	0.064	0	1

表 3 部件材料的柔性损伤参数

柔性损伤	断裂应变	三轴应力	应变比
数值	0.85	0	0

拉断仿真分析步设置时间长度为 3 s,压接拉断仿真分析步设置时间长度为 3.5 s。在网格划分时,选择了适合规则螺旋状部件的六面体为主单元形状,使用进阶算法,技术为扫掠,单元类型为 C3D8R。为了保证精度,铝绞线采用细化网格,近似全局尺寸为 0.4,同时为了提高运算效率,小圆柱体采用粗网格划分^[11-12]。

2 JL/G1A-400/35 型号导线铝绞线拉断仿真结果分析

2.1 铝绞线单根断股缺陷拉断仿真分析

针对铝绞线在压接过程中可能由于过压导致铝绞线断

股的情况,建立单根导线断股模型,断股铝绞线模型建立相较于正常铝绞线更复杂些^[13-14]。首先,拉伸出单根铝绞线,深度和螺距参数同上,再建立纵向的平面,垂直于平面在铝绞线的中心附近做一个切削操作,另外 6 根铝绞线正常拉伸出来即可,该模型相当于铝绞线在压接时出现了单根导线的断股现象。

铝绞线一端拉伸出一个小圆柱,加以大小为 10 mm/s 的速度,持续 3 s,小圆柱起固定绞线,起防止拉伸时导线散股的作用。并在另一端面施加完全固定的边界条件。在该过程中选取最早断裂处某一单元的应力变化情况如图 3 所示,断股铝绞线拉断应力分布如图 4 所示。

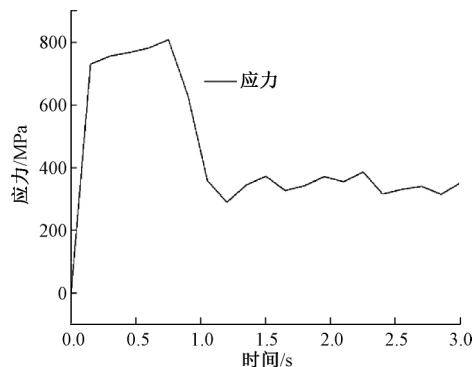


图 3 断股铝绞线拉断过程应力变化曲线

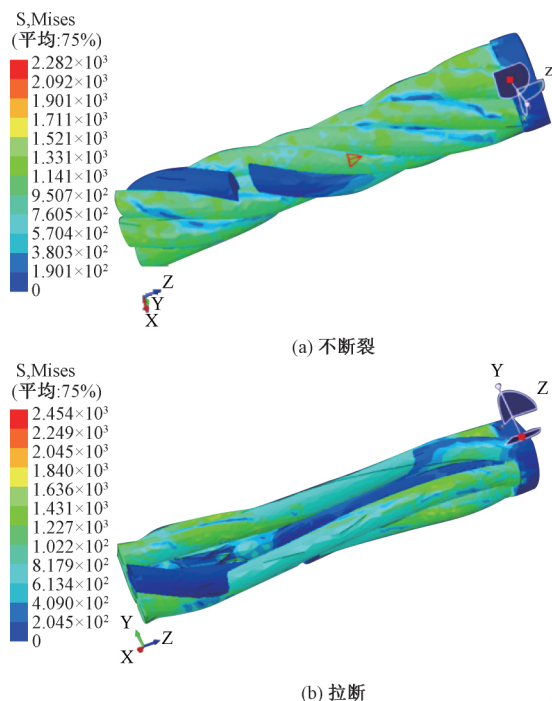


图 4 断股铝绞线拉断应力分布

由上图可知,对于断股铝绞线的拉断仿真结果分析可知,在 0~0.15 s 时间阶段,铝绞线所受拉应力呈剧烈上升,且满足线性关系。且在时间点 0.15 s 时,应力值高达

726.7 MPa。这是因为铝绞线拉伸开始时,施加在铝绞线一端的载荷还较小,材料的拉伸还处于弹性阶段,基本满足线性关系,可以用胡克定律研究它们的关系。在0.15~0.75 s时间阶段,由于材料克服屈服临界点,铝绞线的变形与拉应力成僵持阶段,在外力几乎不变的前提下,变形继续产生,应力与应变成非线性关系,拉伸进入屈服阶段。随着时间的增加,拉应力变化不明显,在时间点0.75 s,最大应力值达到802.6 MPa。在0.75~1.2 s时间阶段,当应力与变形僵持到一定时间,铝绞线的变形达到极限,就开始破坏,在破坏阶段,铝绞线开始拉断分离,拉应力剧烈下降。最后,断裂处受部分其他应力影响,趋于稳定。

因此,当铝绞线存在断股现象时,需要拉断铝绞线的最大应力达到802.6 MPa。

2.2 受损铝绞线拉断仿真分析

输电线路压接完成后,内部铝绞线也可能出现表面划伤、毛刺等压接质量不良现象^[15]。因此,建立铝绞线受损模型,对受损模型进行仿真计算。在正常铝绞线模型的基础上,同样为切削建立纵向的平面,在该平面草图上建立类似于高很小的梯形,做切削处理,同样在切削后的边缘处建立一些多余的铝料。该模型相当于铝绞线在压接时出现划伤或者毛刺等压接不良情况。其他条件不改变,加载相同的初始条件,在该过程中选取最早断裂处某一单元的应力变化情况如图5所示,受损铝绞线拉断应力分布如图6所示。

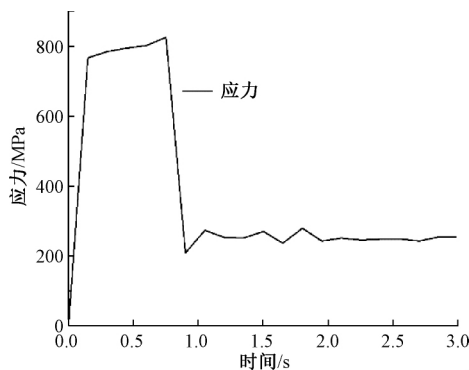


图5 受损铝绞线拉断过程应力变化曲线

由上图可知,对于受损铝绞线的拉断仿真结果分析可知,在0~0.15 s时间阶段,铝绞线所受拉应力呈剧烈上升,且满足线性关系。且在时间点0.15 s时,应力值高达758.1 MPa,相比于断股铝绞线此时的拉应力,其值要增加31.4 MPa。在0.15~0.75 s时间阶段,同样的到达屈服阶段,随着时间的增加,拉应力变化不明显,在时间点0.75 s,最大破断应力值达到829.3 MPa,显然相对于断股铝绞线其破断应力值增加,铝绞线在0.75 s时断裂。

因此,当铝绞线存在受损现象时,需要拉断铝绞线的最大应力达到829.3 MPa,其值相较于断股铝绞线增大了26.7 MPa。

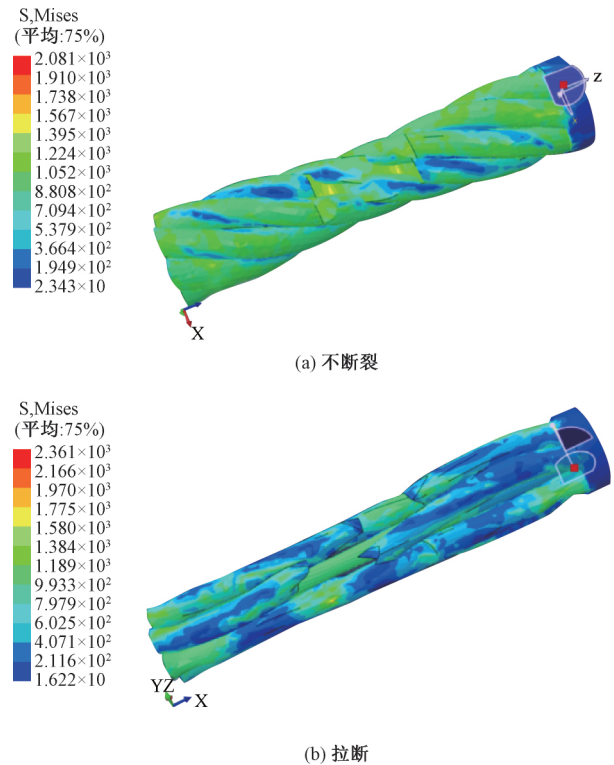


图6 受损铝绞线拉断应力分布

2.3 未损铝绞线拉断仿真分析

建立受损铝绞线模型,其他条件不改变,加载相同的初始条件,在该过程中选取最早断裂处某一单元的应力变化情况如图7所示,未损铝绞线拉断应力分布如图8所示。

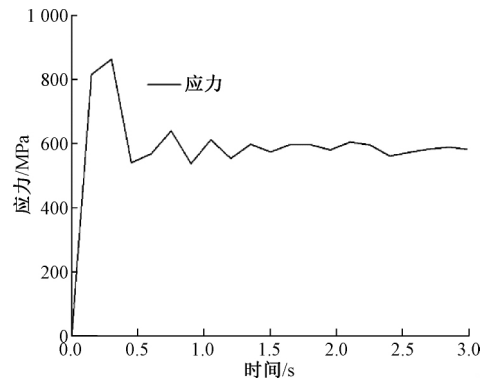


图7 未损铝绞线拉断过程应力变化曲线

由上图可知,对于未损铝绞线的拉断仿真结果分析可知,在0~0.15 s时间阶段,铝绞线所受拉应力呈剧烈上升,且满足线性关系。且在时间点0.15 s时,应力值高达817.6 MPa。相比于上文讨论的两种受损情况,此时的拉应力值远比受损铝绞线拉应力值高,略高于断股铝绞线的拉应力值。在0.15~0.3 s时间阶段,同样的到达屈服阶段,由曲线图易知,随着时间的增加,拉应力变化不明显,在时间点0.3 s,最大破断应力值达到865.2 MPa,显然正常情况下的最大破断应力最大,拉断时间点也比较短,铝绞线在0.3 s时断裂。

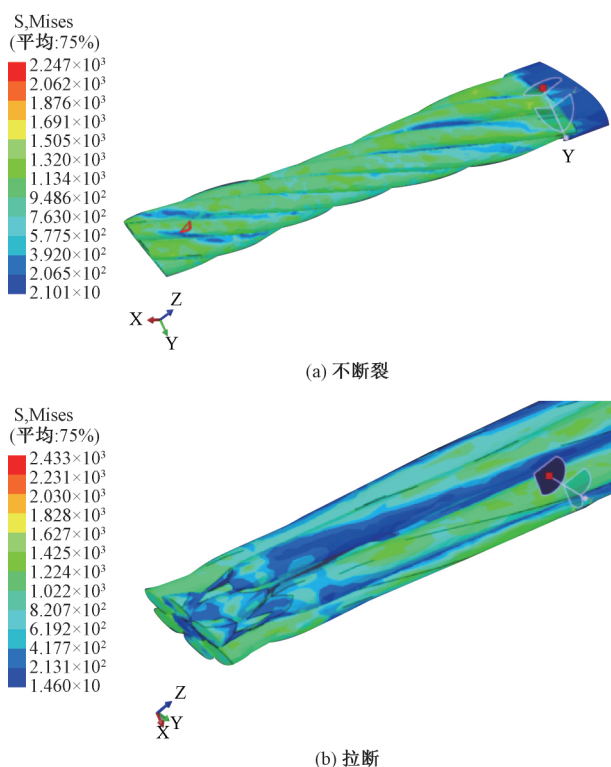


图 8 未损铝绞线拉断应力分布

3 JL/G1A-400/35 型号导线铝绞线采取先压接后拉断相结合仿真结果分析

3.1 模具加载 500、800、1 000、1 200 MPa 压强的铝绞线压接后应力分析

在上模具初始位置加以方向向下,大小分别为 500、800、1 000、1 200 MPa 压强的 4 种情况,分析步时间设置为 1.5 s,模拟正六边形模具下压过程。铝绞线两端拉伸两个小圆柱体,区别于上文的铝绞线拉断仿真,这里将两端都固定住,也是为了防止铝绞线在拉伸时的散股,同时在铝绞线两端加载方向向外,大小为 10 mm/s 的速度,将铝绞线拉断。对于计算出来的不同压强下铝绞线压接完毕应力分布如图 9 所示。

由图 9 可知,铝绞线在正六边形模具的夹角接触部位所受的应力强度最大,随着模具施加压强的增大,被压部位形变量增大。很显然,在施加 1 000 MPa 压强时,铝绞线已经有很明显的凹痕,这表明铝绞线已经承受了很大的压合力,继续增大压接压强,很可能对铝绞线造成损伤。在施加 1 200 MPa 压强时,铝绞线由于过压造成了不可逆的弹塑性形变,出现了划伤、毛刺、飞边等现象,严重影响了铝绞线的电气性能,对输电线路将造成潜在的危害。不同压强下铝绞线压接完毕应力变化曲线如图 10 所示。

由图 10 可知,模具快速下压,在 0.1~0.2 s 时间内,铝绞线压接部位所受应力达到最大值。压接为 500 MPa,铝绞线所受应力最大值 $P_{\text{受压}} = 765.2 \text{ MPa}$;压接为 800 MPa,

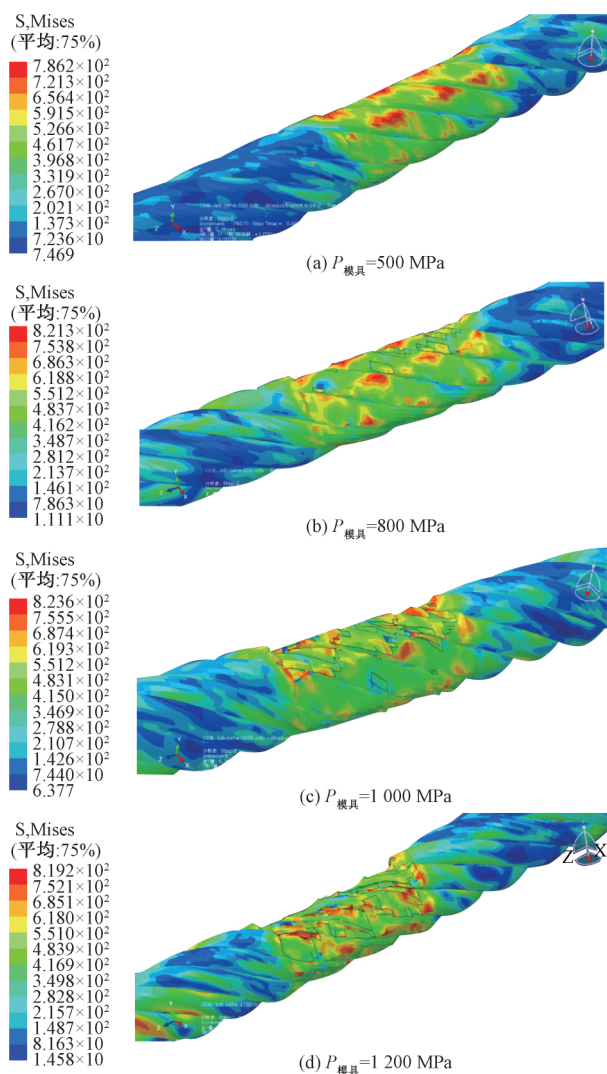


图 9 不同压强下铝绞线压接完毕应力分布对比

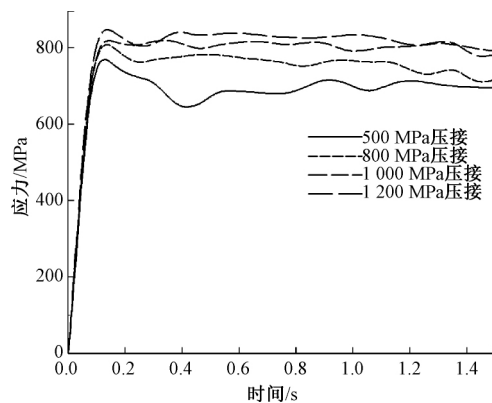


图 10 不同压强下铝绞线压接完毕应力变化曲线

铝绞线所受应力最大值 $P_{\text{受压}} = 820.2 \text{ MPa}$;压接为 1 000 MPa,铝绞线所受应力最大值 $P_{\text{受压}} = 832.6 \text{ MPa}$;压接为 1 200 MPa,铝绞线所受应力最大值 $P_{\text{受压}} =$

852.7 MPa。可以看出应力是逐渐上升的,模具施加压接强度为1 200 MPa时,铝绞线所受应力最大,这与铝绞线的应力分布结果图相符。

3.2 模具加载500、800、1 000、1 200 MPa压强的铝绞线拉断应力分析

模具加载500、800、1 000、1 200 MPa压强的铝绞线拉断应力计算结果如图11所示。

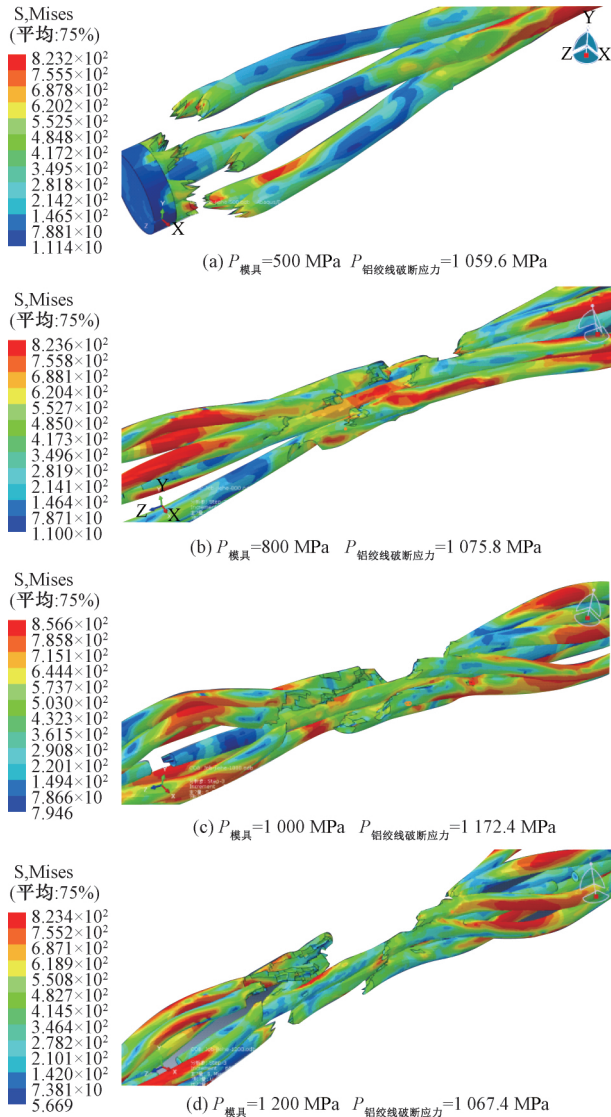


图11 不同压强下铝绞线完全拉断应力分布对比

由图11可知,当模具加载500 MPa压强时,铝绞线断裂位置出现在靠近圆柱体的两侧,而不是在压接处断裂,应力最高达到1 059.6 MPa。这表明加载500 MPa压强压接铝绞线时还未对铝绞线造成损伤。当模具加载800 MPa压强时,铝绞线最开始断裂的位置处于压接处,紧接着拉伸的两端开始断裂,最大拉断应力达到1 075.8 MPa,该数值与加载500 MPa时应力值大小差不多。这表明加载800 MPa压强压接铝绞线时还未对铝绞线造成损伤。当模

具加载1 000 MPa压强时,铝绞线断裂点同样出现在压接处,而且最大拉断应力达到了1 172.4 MPa。相对于加载800 MPa压强时的拉断应力增大96.6 MPa,这说明,模具的压接仍然使铝绞线的拉应力增强,加载1 000 MPa压强压接铝绞线时还未对铝绞线造成损伤。当模具加载1 200 MPa压强时,铝绞线断裂点出现在压接处,最大拉断应力达到了1 067.4 MPa。相对于加载1 000 MPa压强时的拉断应力减小了105 MPa,这说明加载1 200 MPa压强压接铝绞线时已经由于过压对铝绞线造成了损伤,铝绞线抗拉能力出现下降。

在铝绞线拉断过程中选取铝绞线拉断处某一单元,对其拉断过程应力变化趋势进行分析。不同压强下铝绞线拉断过程应力变化曲线如图12所示。

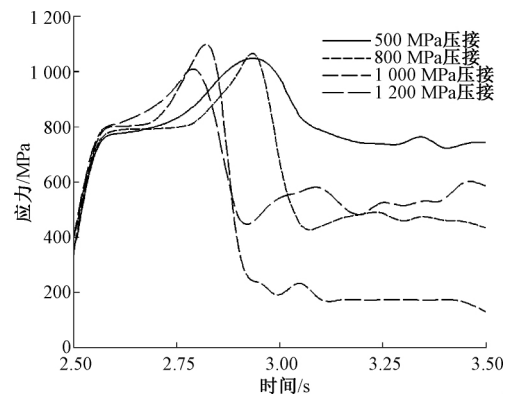


图12 不同压强下铝绞线拉断过程应力变化曲线

由图12可知,铝绞线在2.5 s之前是模具压接过程,在2.5 s之后才开始拉断模拟,选取2.5~3.5 s时间区间进行曲线的对比分析。由上文提出的拉断理论可知,铝绞线上的拉应力剧烈线性上升,4种情况在线性上升阶段趋势几乎一致,上升值的拐点也都在800 MPa左右。随后在拉应力非线性上升阶段内,4种不同压接大小的非线性最大应力值上升在顶峰达到了不同的大小值,最大应力值即破断应力值呈现一定的规律。可以发现,随着压接压强的逐渐增大,其破断应力值出现了先增后减的趋势,模具压接压强为1 000 MPa时,其破断应力最大,最大值为1 172.4 MPa。这说明,施加1 000 MPa压强时,铝绞线的压接牢固,抗拉能力最强,内部的铝绞线还未受到损伤。施加1 200 MPa压强时,铝绞线已经由于过压出现了损伤,导致其抗拉力下降。

3.3 模具加载不同压强下铝绞线截面积、破断应力、破断拉力的综合分析

为了能够得到更加精确的破断应力值,在1 000 MPa压接压强附近区域选取多个数据点进行仿真分析,在900~1 100 MPa区间每隔10 MPa做一次有限元仿真,记录下其破断截面积、破断应力的仿真结果,计算出破断拉力。对其数据进行处理,铝绞线破断截面积随压强变化如图13所示。

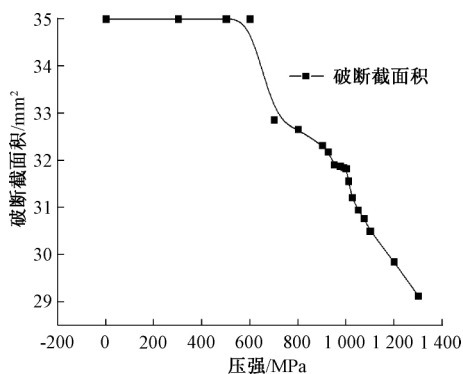


图 13 铝绞线破断面积随压强变化曲线

由图 13 可知,模具加以不超过 600 MPa 压强载荷时,破断面积保持在 35 mm²,那是因为此时铝绞线拉断模拟的断裂位置处在铝绞线的两端,铝绞线并未发生形变,破断面积即为铝绞线的截面积。当加载的压强超过 600 MPa 后,铝绞线被压处开始断裂,此时铝绞线的破断截面不在铝绞线的两侧,而是出现在被压接处,铝绞线的破断面积也一直随着压强的增大而非线性减小。

当模具加载压强小于 700 MPa 时,铝绞线仍然是两段拉断,拉断应力变化不大。当加载至 700 MPa 压强时,铝绞线断裂点已经处在模具压接处,压接 700 MPa 压强后的铝绞线破断应力随压强变化如图 14 所示。

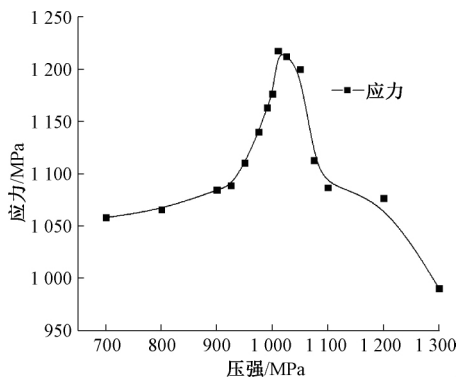


图 14 铝绞线破断应力随压强变化曲线

由图 14 可知,随着压强的增大,拉断铝绞线需要的拉断应力逐渐增大,当压强增大到 1010 MPa 时,破断应力达到最大,其最大值为 1217.63 MPa,继续增大压强,被压铝绞线已经出现损伤,继续增压,只会使得铝绞线的拉断应力不断减小。

铝绞线的破断拉力可由破断应力乘以铝绞线的总面积得出,其趋势如图 15 所示。

由图 15 可知,铝绞线的破断拉力曲线与破断应力曲线走势相似,从 700 MPa 压强开始,铝绞线断裂点已经处在模具压接处,随着压强的增大,拉断铝绞线需要的破断拉力逐渐增大,当压强增大到 1010 MPa 时,破断拉力达到最大,其最大值为 38.43 kN,继续增大压强,破断拉力开始减小。

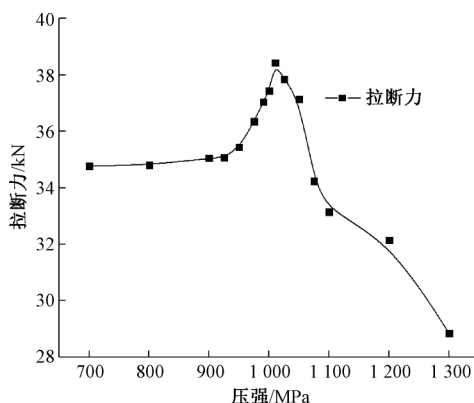


图 15 铝绞线破断拉力随压强变化曲线

4 结 论

上文提出一种大截面导线钢芯铝绞线压接拉断仿真方法,通过对压接后 3 种铝绞线损伤情况进行了建模、计算,重点分析了铝绞线在断股、表面受损以及在铝绞线未损伤情况下拉断时所受应力情况,得出以下结论:

1)不同的损伤类型对破断拉力有不同程度的降低,断股、受损铝绞线的破断拉力相对于正常铝绞线明显减小,因此在工程上,应该注意铝绞线的压接工艺,不能在模具压接过程中对铝绞线造成损伤,降低工程的压接质量。

2)铝绞线的欠压会使导线破断拉力不足,过压会导致铝绞线的受损,使得破断拉力下降。因此,在使用模具压接铝绞线时,选择大小在 1010 MPa 左右的压强,将会使工程上铝绞线的破断拉力达到最大,有利于压接工艺的优化。

3)仿真建模过程中仅对型号为 JL/G1A-400/35 的铝绞线进行了有限元建模仿真。在以后的研究中,将对不同截面和不同材料的铝绞线展开深入研究,不断优化压接工艺,减少导线展放时间,降低施工能耗。

参考文献

- [1] 董霏,侯北平,刘宇,等.基于机器视觉的线缆导体质量检测研究[J].电子测量与仪器学报,2020,34(6):144-153.
- [2] 刘伟,周建行,杨延西.基于平行激光的便携式视觉裂缝测量系统[J].仪器仪表学报,2020,41(11):235-243.
- [3] 白鸽,韩跃平,杨洋.基于 X 射线气缸套的快速自动检测方法[J].国外电子测量技术,2020,39(1):15-18.
- [4] 朱艳君,寻凯,孔耕牛,等.大截面导线压接产生散股原因分析及消除措施[J].电力建设,2010,31(4):94-99.
- [5] 邓明亮.架空输电线路耐张管压接缺陷分析与质量检查[J].湖南电力,2018,38(3):34-37.
- [6] 陈瑜,梁余泉.架空输电线路导线压接握着力试验与分析[J].电力学报,2020,35(3):229-234.
- [7] 朱秦川,司珍珍,魏刚,等.昌吉-古泉±1100 kV 特高压线路工程 1250 mm² 大截面导线压接[J].电网与清洁能源,2018,31(2):123-126.

- [8] 刘明慧,李晨明,王昌春,等. LGJ-300/40 导线耐张接续管压缩情况分析[J]. 东北电力技术, 2014, 35(1): 26-29.
- [9] 赵永强,孟广伟,黄振鹏,等. 压接管画印与欠压过压缺陷的关系研究[J]. 黑龙江科学, 2018, 9(20): 96-97.
- [10] 张仁奇,张义钊. 架空导线钢绞线嵌铝压接接续工艺研究[J]. 机电信息, 2020, 20(24): 93-95.
- [11] 于龙,付海宝,李德兴,等. 便携式超特高压导线补接工具的研制[J]. 自动化与仪器仪表, 2017, 37(7): 232-234.
- [12] 金安福. 钢芯铝绞线绞线间接触与特性分析[J]. 化学工程与装备, 2017, 46(4): 159-160.
- [13] 王春林,靳义奎,王凯林,等. 特高压直流输电线路大截面导线压接施工关键技术研究与应用[J]. 青海电力, 2020, 39(1): 67-70.
- [14] 司欣格,沈悦,包建东. 基于 cfd 的涡街流量计三角发生体仿真研究[J]. 电子测量技术, 2020, 43(21): 6-9.
- [15] 王春红. 压接金具对铝包钢芯铝绞线拉断力试验的影响[J]. 光纤与电缆及其应用技术, 2018, 52(4): 42-43.

作者简介

董晓虎, 学士, 高级工程师, 主要研究方向为输变电设备运行维护及检修。

E-mail: tdg1234567@163.com

程绳(通信作者), 学士, 工程师, 主要研究方向为输电线路运行维护及检修。

E-mail: chengsheng1212@126.com