

# The Overload Ability of ACSR under Considering the Tension of Aluminum Conductor

Ziyin Zhang

State Power Economic Research Institute, Beijing  
Email: zhang8755@126.com

Received: Feb. 18<sup>th</sup>, 2013; revised: Feb. 22<sup>nd</sup>, 2013; accepted: Apr. 2<sup>nd</sup>, 2013

Copyright © 2013 Ziyin Zhang. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

**Abstract:** The article proposes that while calculating the ACSR overload capacity in heavy ice area, we should consider aluminum conductor stress, and gives the suggestion to use aluminum alloy conductors steel-reinforced in heavy ice area.

**Keywords:** ACSR; Stress; Heavy Ice Area; Overload Capacity

## 钢芯铝绞线外层铝线的过载能力分析

张子引

国网北京经济技术研究院, 北京  
Email: zhang8755@126.com

收稿日期: 2013年2月18日; 修回日期: 2013年2月22日; 录用日期: 2013年4月2日

**摘要:** 通过实际计算导线受到张力时钢线和铝线的受力分配情况和安全系数, 提出在重冰区计算导线过载能力时, 应考虑铝线的受力情况, 保证铝线的最小安全系数, 优先考虑采用钢芯铝合金绞线。

**关键词:** 钢芯铝绞线; 应力; 重冰区; 过载能力

### 1. 引言

输电线路常常通过各种复杂的地区, 运行中会遇到各种极端天气的影响, 其中大风和覆冰对线路的安全运行有着重大的影响。在我国湖南、四川、江西、贵州等省的山区, 几乎每年冬季都会出现冻雨天气, 尤其是 2005 年和 2008 年两次大范围、长时间的低温冻雨天气, 输电线路覆冰严重, 出现大面积断线倒塔, 对电网安全运行和工业、居民的正常生活带来巨大的影响。

由于输电线路覆冰没有规律可循, 出现重覆冰的地区人烟稀少, 缺乏历史气象记录, 而且覆冰厚度的分散性很大。遇到极端覆冰情况, 往往超出工程设计

的覆冰厚度。但按照可能的极端天气覆冰厚度设计又会使工程投资成倍增长, 经济上不合理, 且极端覆冰厚度也难以准确预测, 技术上难以把握。所以工程上常常采用通过气象资料和运行经验确定一个适中的覆冰厚度, 在极端覆冰工况下, 允许导线的安全系数较正常工况适当减小, 利用导线自身的过载能力来满足极端工况的要求。设计的正常工况下导线在档距中间弧垂最低点安全系数为 2.5。过载验算条件下, 允许安全系数降低为 1.43, 用此时导线的允许覆冰厚度来表示导线过载能力<sup>[1,2]</sup>。

### 2. 应力在钢芯和铝线之间的分配

输电线路导线多采用钢芯铝绞线, 此类导线具有

工艺成熟, 导电率高, 重量轻等特点, 导线由钢芯和外层铝线构成, 由于钢和铝有着不同的物理特性, 弹性模量、温度系数、延伸率、塑性伸长率都不相同, 所以应力在导线中的分配并不是均匀的, 通过计算发现, 在整个导线的安全系数为 2.5 的情况下, 铝部的安全系数一般小于 2.5。过载时候的情况是类似的, 当导线的整体安全系数为 1.43 时, 铝部的安全系数更低, 挂点处的铝线安全系数甚至接近或小于 1, 这样就可能导致铝线断股, 甚至发展成断线。在考虑脱冰时可能发生的覆冰跳跃等冲击情况, 必须保证在过载时铝线还有一定的安全余量, 所以计算过载条件下铝线部分的应力和安全系数是必要的。

### 3. 铝线部分应力的简化计算方法

钢芯铝绞线受到张力时, 因为钢和铝不同的弹性模量, 再考虑绞合方式的影响, 受力在钢和铝不是均匀分配的。钢线的抗拉强度能达到 1138 MPa, 硬铝线为 160 MPa。钢线承担主要的张力, 但由于铝的抗拉强度较钢小, 虽然承担的应力较小, 但铝线部分的安全系数小于整体的安全系数。从以往的实验也可以发现, 外层铝线的安全系数最小, 导线破断试验中总是最先破断。

铝线部分应力的计算方法主要有两种。一种是采用分层计算模型, 考虑钢和铝的不同物理性质, 每一层的扭绞方向、节距等参数, 计算过程较为复杂, 需要编制程序求解, 具体计算方法可参见参考文献<sup>[3-5]</sup>。该方法的特点是计算结果较为准确, 可以得到每一层绞线的受力情况。另一种方式是简化计算模型, 参考分层计算模型的计算结果, 结合我国钢芯铝绞线的特点(铝钢比, 绞线层数, 节距), 将不同层的受力差别用扭绞系数解决, 因为外层铝线的受力最大, 所以只需要计算最外层的铝线的应力即可<sup>[6]</sup>。具体计算方法如下。

$$\sigma_a = E_a \left[ \frac{(1+\varphi)\sigma}{\varphi E_s + E_a} \right] \quad (1)$$

不考虑扭绞时铝部应力

$$\sigma_a = E_a \left[ \frac{0.936(1+\varphi)\sigma}{0.987\varphi E_s + 0.936E_a} \right] \quad (2)$$

考虑扭绞时铝部应力

$\sigma_a$ : 铝部应力

$\sigma$ : 整个绞线的应力

$E_a$ : 铝的弹性模量

$E_s$ : 钢的弹性模量

$\varphi$ : 钢铝截面比值

注: 扭绞系数按国内最常见的钢芯 7 股, 铝股 2~3 层的情况测算。

### 4. 过载能力计算的程序实现

过载能力一般采用过载时允许的覆冰厚度来表示。按照《110 kV~750 kV 架空输电线路设计规范》(GB50545-2010)中的规定, 电线正常运行时的最小安全系数为 2.5, 过载时允许将安全系数降低到 1.43(即电线破断力的 70%), 此时的覆冰厚度代表电线的过载能力。

过载能力的计算本身不复杂, 只用到电线荷载和状态方程计算公式, 但覆冰厚度无法直接求解, 需要采用二分法进行循环逼近求解, 计算的工作量大, 一般采用计算机程序实现。程序的流程如图 1 所示:

计算导线过载能力时, 可以控制铝部的最大使用应力为自身破断应力的 70%, 即安全系数 1.43。这样计算出的过载覆冰厚度才是安全可靠的。

### 5. 具体计算例题

1) 选取钢芯铝绞线和钢芯铝合金绞线分别计算, 对比分析铝线部分的安全系数。钢芯铝绞线选

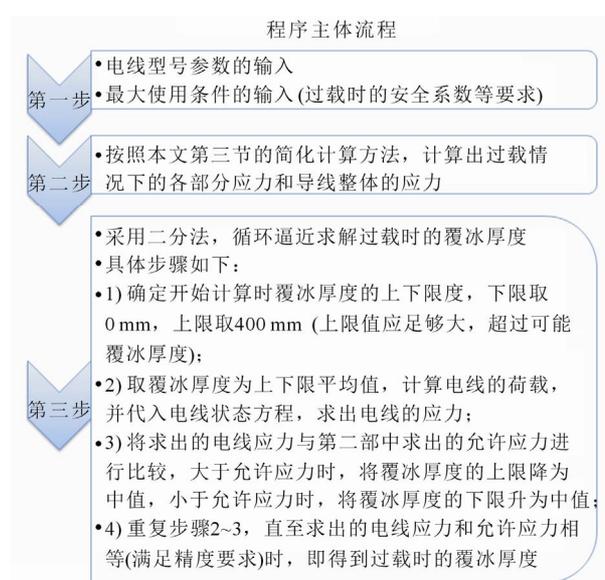


Figure 1. The main program flow  
图 1. 程序主体流程

JL/G1A-400/50, 钢芯铝合金绞线选 JLHA1/G1A-400/50, 计算各种各条件下的过载覆冰厚度, 见表 1。

2) 选取不同铝钢比的导线, 分析铝钢比对应力分配的影响。为说明问题均采用钢芯铝绞线。选取 JL/G1A-300/25, 铝钢比为 12, 对照有相同铝截面的 JL/G1A-300/70, 铝钢比为 4.29。各条件下的计算结果如下。

## 6. 结论

通过两组计算结果可以看出, 由于钢和铝的不同物理性质, 在整个导线中, 铝线的安全系数要小于导线整体的安全系数, 而且铝钢比越小, 铝线部分的安个导线处于过载情况下, 安全系数为 1.43 时, 铝线的

安全系数已基本为 1, 也就是达到了破断应力, 此时若发生脱冰跳跃等冲击, 外层铝线就会出现断股, 甚至引起连锁反应导致断线。所以在重冰区, 计算导线的过载能力时, 应考虑导线中铝和钢的应力分配, 应至少保证在静态情况下的铝线部分安全系数不小于 1.43, 留有一定的安全储备。

第二, 从表 1 中可以看出钢芯铝合金绞线较普通钢芯铝绞线力学性能更优越。由于铝合金线的破断应力提高到 280 Mpa 以上, 导线整体的破断力较大, 过载能力也更强, 铝线部分的安全系数也较高。在 20 mm 以上的冰区, 为了提高导线的过载能力, 多采用铝钢比较小的导线, 导线的整体拉断力大, 但如果不考虑铝线部分的安全系数, 会导致过载时铝线的安全

**Table 1. The overload ice thickness table of ACSR and ACAR**  
**表 1. 钢芯铝绞线和钢芯铝合金绞线过载覆冰厚度对比表**

导线型号		JL/G1A-400/50	JLHA1/G1A-400/50
电线整体安全系数为 2.5	允许覆冰厚度	10	10
	钢芯的安全系数	4.33(3.97)	2.84(2.61)
	外层铝线的安全系数	1.93(2.00)	2.22(2.31)
电线整体安全系数为 1.43	覆冰厚度	31.09	45.28
	钢芯的安全系数	2.47(2.27)	1.63(1.49)
	外层铝线的安全系数	1.10(1.14)	1.27(1.32)
铝线安全系数为 1.43	覆冰厚度	21.35(21.91)	38.94(39.77)
	钢芯的安全系数	3.20(3.03)	1.83(1.73)
	外层铝线的安全系数	1.43(1.43)	1.43(1.43)

注: 1) 过载能力计算的档距取 300 米。2) 括号中数值为考虑扭绞系数后的计算结果。3) 硬铝线破断应力取 160 MPa, 铝合金线破断应力取 280 MPa, 钢线破断应力取 1138 MPa。

**Table 2. The overload ice thickness table of difference aluminum and steel ratio in ACSR**  
**表 2. 不同铝钢比的导线过载覆冰厚度对比表**

导线型号		JL/G1A-300/25	JL/G1A-300/70
电线整体安全系数为 2.5	允许覆冰厚度	10	10
	钢芯的安全系数	4.44(3.97)	3.92(3.77)
	外层铝线的安全系数	1.98(2.00)	1.75(1.80)
电线整体安全系数为 1.43	覆冰厚度	20.41	34.83
	钢芯的安全系数	2.54(2.22)	2.24(1.49)
	外层铝线的安全系数	1.13(1.18)	0.99(1.03)

注: 1) 过载能力计算的档距取 300 米。2) 括号中数值为考虑扭绞系数后的计算结果。

系数过小,影响整个导线的安全运行,此时应优先考虑采用钢芯铝合金绞线<sup>[7]</sup>,提高铝线部分的安全系数,提高导线整体的抗疲劳和脱冰冲击能力。

### 参考文献 (References)

- [1] 唐春林. 覆冰过载情况下电线的允许比载和冰厚计算[J]. 华东交通大学学报, 2006, 23(1): 102-105.
- [2] 张弦. 重冰区线路导线过载冰设计计算[J]. 电力勘测设计, 2005, 4: 64-67.
- [3] 蔡斯特等. 张力分层特性在架空导线强度上的应用研究[J]. 南方电网技术, 2009, 3: 48-50.
- [4] 蔡斯特等. 架空线路导线分层模型及应用研究[J]. 电力科学与工程, 2009, 30(11): 35-40.
- [5] 郑黎阳等. 铝绞线和钢芯铝绞线的应力分析[J]. 武汉水利电力大学学报, 1997, 6: 65-68.
- [6] 邵天晓. 架空送电线路的电线力学计算[M]. 第 2 版 北京: 中国电力出版社, 2003: 17-32.
- [7] 张小力等. 云广±800kV 直流输电重冰区导线选型[J]. 高电压技术, 2006, 12: 178-182.