

# 高强度全铝合金导线在输电线路中的应用

何桂明 汤 涛 李如振  
山东电力工程咨询院, 山东 济南 250013

**摘 要:** 高强度铝合金线(AAAC)具有抗拉强度大, 重量轻, 耐腐蚀, 弧垂性能好等优点, 在很多国家被广泛采用。通过导线选择, 铁塔校验, 金具配合等方面, 探讨了高强度铝合金线在实际输电线路中的应用。

**关键词:** 铝合金线; 输电线路; 应用

**中图分类号:** TM726.1      **文献标识码:** B      **文章编号:** 1007-9904(2004)03-0056-04

## 1 概述

国际上自 50 年代开始, AAAC 在西欧, 北欧, 北美等国家被广泛采用, 日本输电线路 50% 以上的导线已开始使用 AAAC, 法国更高达 80% 以上。我国从 60 年代开始进行 AAAC 的生产技术和应用技术的研究, 制造技术和产品水平已接近国际同类产品的水平。但我国目前铝合金导线的应用才刚刚起步, 在山东省内铝合金导线应用还仅限于大跨越线路上及旧线路改造, 如 500kV 淄博~黄河北线路黄河大跨越段(LHbGJ—400/95)、220kV 石横电厂~平阴变更换耐热铝合金导线(NRLH<sub>ss</sub>GJ-400/50)等。

220kV 日照电厂~岚山变送电工程中全线采用 AAAC 导线, 这是 AAAC 导线在山东省内首次大规模使用。本文以此为例对 AAAC 与 220kV 送电工程中常用的导线 ACSR、ACSR/AW 进行了技术经济比较, 并系统的介绍了 AAAC 导线对铁塔影响, 金具配合, 初伸长补偿等方面内容。

## 2 工程概况

220kV 日照电厂~岚山变送电工程新建线路全长 32.77km, 全线按双回路设计, 其中采用双分裂 LH<sub>b</sub>J-340 型铝合金线线路长 28.07km。

设计气象条件为: 最大风速  $V=30\text{m/s}$ , 覆冰厚度  $C=15\text{mm}$ (相应风速为  $15\text{m/s}$ ), 最高气温  $T=40^\circ\text{C}$ 。

## 3 导线选择

根据可研报告, 本工程采用截面 300 的导线。此种截面的导线最常用的型号有钢芯铝绞线 LGJ-300/40 (ACSR)、铝包钢芯铝绞线 JL/LB20A-300/40 (ACSR/AW), 结合本工程实际, 亦选用铝镁硅型全铝合金导线 LH<sub>b</sub>J-340 (AAAC)。下面对三种导线进行简要的比较:

### 3.1 三种导线的性能比较

三种导线的主要机电参数见表 1。

项 目	导 线	JL/LB20A-300/40	LGJ-300/40	LH <sub>B</sub> J-340
		(ACSR/AW)	(ACSR)	(AAAC)
截面 (mm <sup>2</sup> )	铝截面	300.09	300.09	339.89
	钢截面	38.90	38.90	/
	总截面	338.99	338.99	339.89
外 径 (mm)	23.94	23.94	23.94	
重 量 (kg/km)	1085	1133	937.73	
拉断力 (N)	94960	92220	99000	
拉断力/重量 T/W (km)	8.93	8.3	10.8	
20℃直流电阻 (Ω/km)	0.09211	0.09614	0.09849	
载流量 A	70℃	514	503	507
	80℃	642	628	635
	90℃	745	728	738
单价 (元/t)	16600	15500	22000	
单价 (元/km)	18001	17561	20630	

三种导线相比，铝合金导线具有以下优点：

(1) 输送容量大，线损小。参考文献[4]，外径相同的情况下按环境温度为 40℃，风速 0.5 m/s，日照强度 1000W/m<sup>2</sup> 辐射系数、吸热系数均为 0.9 时计算三种导线的载流量，AAAC 导线载流量大于 ACSR 而略小于 ACSR/AW。AAAC 线由于含有稀土元素，提高了铝的再结晶温度、蠕变强度及耐热性能，其长期工作温度可达 80℃~90℃，参考文献[1]ACSR 的允许温度为 70℃，ACSR/AW 的允许温度为 80℃。因此 AAAC 导线载流量比 ACSR 提高约 19%，与 ACSR/AW 基本相同。三者直流电阻基本相同，其线路损耗亦基本相同。但在高压输电线路中，ACSR 线输电时，因钢芯是铁磁材料，输电时有电磁损耗，与 ACSR 线相比，特别是奇数层结构的 AAAC 线交流阻抗较小，输电时线损可减少 3%。

(2) 耐腐蚀性能好。本工程距海边较近，全线处于四级污区，导线腐蚀较严重，故须采用防腐性能较好的导线。众所周知，ACSR 线中的钢绞线在线路运行中存在电腐蚀的问题，在污秽严重的地区尤为严重。ACSR/AW 线对钢芯镀一层铝，利用铝在空气中发生氧化反应在钢芯表面形成氧化铝保护层，达到防腐的目的。而 AAAC 线所采用的铝合金单丝比普通铝更耐腐蚀，且 AAAC 线因无钢芯，故无钢线的电锈蚀的问题，防腐性能最好。

(3) 具有较好的弧垂特性。抗拉强度对单位重量的比值 T/W，可表示在没有外加负载的情况下导线的弧垂特性，由上表知 AAAC 线的拉力单重比最高，其弧垂特性最佳，因此可有效的降低塔高或增大塔间距。以本工程常用的 SZT13-21.0 塔为例计算三种导线的平地可放档距。

计算得出三种导线平地可放档距见表 2 (V=30m/S, C=15mm)

表 2

项 目	导 线		
	JL/LB20A-300/40 (ACSR/AW)	LGJ-300/40 (ACSR)	LH <sub>B</sub> J-340 (AAAC)
自重比载 (N/m · mm <sup>2</sup> )	0.03139	0.03278	0.0271
最高气温应力 (N/mm <sup>2</sup> )	39.94	39.88	40.23
平地可放档距 (m)	331	324	358
可放档距差值 (m)	7	0	35

注：导线安全系数均为 2.5。

#### (4) 经济性能优越

220kV 日照电厂~岚山送电工程采用 LH<sub>B</sub>J-340 导线段，终勘后线路长度 28.07km，用双回路铁塔 94 基，平均档距 302m。日照电厂出线已建有 2 条 220kV 双回线路，与本工程线路基本在同一走廊内，三条线路铁塔用量相比见表 3。

表 3

	日照电厂-兴海变	日照电厂-东港变	日照电厂-岚山变
导线类型	铝包钢芯铝绞线 2×JL/LB20A-300/40	铝包钢芯铝绞线 2×JL/LB20A-300/40	全铝合金绞线 2×LH <sub>B</sub> J-340
线路情况	双回路	双回路	双回路
线路长度 (km)	17.643	7.395	28.07
铁塔数量 (基)	61	26	94
平均档距 (m)	294	296	302
每 km 塔材 (t/km)	44.23	47.99	37.24

从表 1 中可以看出全铝合金绞线虽然每吨单价较高，但导线使用是按长度计算的，从单位长度比较其价格相差并不大。采用全铝合金绞线，平均档距可增加约 3%，每公里塔材指标降低 15%。参考文献[2]，可认为本体工程造价中，杆塔、基础、绝缘子和金具及这三部分的造价约占总造价 60%，导线架设及其工地运输约占 40%，由此推算出使用 AAAC 代替 ACSR/AW，可节省本体工程造价约 8%。由此可见 AAAC 线可大大降低线路本体造价，经济效益显著；且因平均档距增大，减少了杆塔的用量，节约了宝贵的土地资源。

综合分析比较表明：AAAC 线的电气性能和机械性能均优于 ACSR/AW、ASCR 线，AAAC 线特别适用于污秽严重的地区。采用 AAAC 线时，AAAC 线虽价格稍高于 ACSR/AW、ASCR 线，但 AAAC 线的弧垂特性较好，可大大降低杆塔呼高，减少杆塔的用量；且有效降低线损，节约线路运行费用，线路综合造价最低。

#### 4 铁塔校验

我院双分裂导线用系列铁塔一般有 2 种，2×300 系列铁塔按导线：LGJ-300/40，地线：LGJ-95/55 设计；2×400 系列铁塔按导线：LGJ-400/35，地线：LGJ-95/55 设计。

从铁塔校验结果（具体校验数据从略）可以综合考虑：

(1) 依据使用本工程的常用塔型 SZT13-21，LH<sub>B</sub>J-340 导线平地可放档距约为 358m，考虑两种系列铁塔的使用条件，与 400 系列塔配合效果较好。

(2) 使用 2×300 系列塔虽单塔塔重较轻,但因使用档距较小,铁塔用量增加;2×400 系列塔虽单塔塔重较重,但使用档距较大,铁塔的用量减少,根据前表采用 2×400 系列塔总钢材用量每 100km 节省约 73t。

综合比较采用 2×400 系列塔经济性较好。

本工程跨越傅疃河 1 次,跨越档距为 587m。若采用 LGJ-300/40 钢芯铝绞线,最大弧垂约为 38m,相应跨河塔高度约 50m;若采用 LH<sub>b</sub>J-340 导线,最大弧垂约为 30m,相应跨河塔高度约 42m,节约钢材约 7t。

### 5 导线、地线配合计算

采用新型 AAAC 线 LH<sub>b</sub>J-340 后,因其弧垂较小需验算导线与地线间的距离,选择合适的地线与其配合。

设计气象条件:  $T=40^{\circ}\text{C}$   $V=30\text{m/s}$   $C=15\text{mm}$   
 规律档距:  $L=350$  本工程最大档距 587m  
 导线绝缘子串长:  $L_d=2.75\text{m}$  地线绝缘子串长:  $L_b=0.6\text{m}$   
 导地线间塔头距离  $H=3\text{m}$  计算条件为: 气温+15℃, 无冰, 无风

导线型号	导线弧垂 fd(m)	地线型号	地线弧垂 fb(m)	导线、地线间距离 $S=H+L_d-L_b+fd-fb$ (m)	规程允许值 $0.012 \times L+1$ (m)
		LGJ-95/55	30.1	1.26	8.044
LH <sub>b</sub> J-340	26.21	JLB20A-70	25.31	6.05	8.044
		JLB20A-80	23.26	8.1	8.044

结论: LH<sub>b</sub>J-340 铝合金导线可与 JLB20A-80 相配合。

### 6 金具配合

采用新导线后需采用的新型金具有耐张线夹,接续金具及相关保护金具。目前钢芯铝绞线常用的是压缩型耐张线夹,由铝管和钢锚组成,先用钢锚来接续和锚固钢芯铝绞线的钢芯,然后套上铝管本体压接,钢锚承受导线全部压力,本工程 LH<sub>b</sub>J-340 导线采用了新型的铝合金耐张线夹 NY—340H,委托四平电力金具研究所进行研制。铝合金耐张线夹采用铝合金管本体和钢锚组成,由于没有钢芯,压接时采用钢锚和铝合金管本体同时压接,铝合金管和钢锚同时承受全部压力。本工程所用的导线和金具委托四平电力金具研究所进行拉断力实验,并提供拉断力实验报告。经过实验检测,金具的破坏荷重和电气接续性能完全满足金具设计标准要求,且压接简单方便。接续金具及相关保护金具采用了铝合金接续管和铝合金护线条,既保护了导线,同时也降低了传输能耗。

### 7 初伸长补偿

当导线收拉后,除各股单线相互滑动、挤压使线股绞合的更紧而产生永久伸长外,还产生“塑性伸长和蠕变”(简称初伸长)。在线路运行中,由于这种初伸长逐渐放出,而增加了档内线长,引起弧垂增大,导致线路导线对地及其他被跨越物的安全距离减小,所以在设计中必须考虑补偿。导线架设后的塑性伸长,目前国内常用的补偿方法是降温补偿法。本工程采用铝合金导线,国内尚无明确的规程规范。根据国内外相关资料,及厂家提供的铝合金线蠕变试验数据的分析计算,本工程采用 20℃的降温补偿。

### 8 其他

在导线的生产加工中:钢芯铝绞线的强度靠冷加工获得,铝线高温运行时强度变化大;而 AAAC 线的强度靠热处理进行控制,因此线路高温运行对其影响较小。根据实验资料铝合

金 线 在 使 用 温 度 100℃历时 100 小时，抗拉强度的减小不大于 5%。因此 AAAC 线具有良好的耐高温特性，弧垂变化小，可提高线路运行的安全特性。

在今年美加大停电事故中，其中一个重要的原因是：因气温过高，联络线潮流重，克里夫兰一条输电线过热，引起弧垂增大，导线对地电气距离不足，发生放电故障，初始故障造成系统稳定破坏，系统备用不足，电厂解列保安和系统低频减负措施不协调，造成频率、电压波动，形成“雪崩”效应。根据前文所述，AAAC 线具有良好的耐高温特性，弧垂变化小，特别是在夏季等负荷较大时，AAAC 线可在持续较长时间内高温运行，提高输送容量，这对电网的安全运行有着重要意义。

线路施工中，施工人员反馈：采用 AAAC 线，导线外表的硬度较高，放线过程中导线不易划伤，接头简单方便，架线弧垂小，且架线后的弧垂变化小，优点较显著。

## 9 结束语

高强度全铝合金导线在国外已得到普遍应用，已取得一定的运行经验。铝合金导线具有抗拉强度高，拉力单重比大，弧垂特性好；有较好的耐磨性能；优良的耐腐性能；良好的耐高温特性，能承受较厚的冰层和较大的风荷能力等优点。

高强度全铝合金导线与普通架空钢芯铝绞线相比，具有十分明显的技术、经济优越性：耐腐蚀，特别适用于污秽严重的地区；耐高温特性好，可承受短时过负荷；特别是可加大杆塔跨距，减少杆塔用量，使工程施工综合造价大为降低，节约有限的土地资源；对自然环境的保护、电网的安全运行有着重要意义。

---

注：本文发表在《山东电力技术》2004 年第 3 期