

白鹤滩 ~ 江苏 ± 800 千伏特高压直流输电线路工程(川 2 标段) 牵张设备保障可靠性提升的研究

刘金平 吕锦杰 朱嘉诚 王超 何宏利 谢卫

(上海送变电工程有限公司 上海 200235)

摘要: 本文以白~江线 ± 800 千伏特高压直流输电线路工程(川 2 标段)为例, 研究了电力建设中的特高压立塔与架线阶段牵张设备的保障, 分析了大件运输、设备选型、应急抢修等装备保障措施。

关键词: 牵、张机; 机动绞磨; 装备保障

0 引言

在特高压线路施工中, 施工装备的保障一般可分为机具保障、设备保障。其中手扳葫芦、钢丝绳、旋转、抗弯等重量轻、便于装运的机具可通过增加领料数量的方式满足现场需求, 故不赘述其保障。而以牵引机、张力机等为代表的大型设备类装运存在较大安全风险、通过大规模增加领料则经济性差, 本文以白~江线 ± 800 千伏特高压直流输电线路工程(川 2 标段)为例, 研究了电力建设中的特高压立塔与架线阶段牵张设备的保障可靠性的提升, 分析了大件运输、设备选型、应急抢修等装备保障措施。

1 设备选型

表 1 川 2 标段导线张力放线作业表

序号	放线段	放线长度(km)	张力控制档	影响物	□28 牵引 2 × 导线			备注
					出口张力(N)	最大牵引力(N)	牵引机整定值(N)	
1	N0549~N0564	4.753	N0553~N0554	树木	2500	5100	6120	大高差向山下牵引
2	N0564~N0592	8.878	N0577~N0578	树木	2500	4460	5357	大高差向山下牵引
3	N0592~N0610	7.180	N0609~N0610	树木	3100	6886	8224	
4	N0610~N0700	5.47	N0615~N0616	树木	3600	11228	13474	
5	N0700~N0709	4.892	N0708~N0709	树木	4000	11050	13260	
6	N0709~N0724	7.461	N0718~N0719	树木	3580	11236	13507	
7	N0724~N0742	10.451	N0734~N0736	树木	3100	10400	12500	
8	N0742~N0801	9.938	N0755~N0756	树木	4000	10300	12350	

1.1.1 小牵引机(小牵)选择

在牵放牵引绳过程中起牵引作用的机械叫小牵引机。小牵引机一般随带可升降的导引绳回盘机构。小牵引机的额定牵引力 P_x 可以按下公式选择:

$$P_x \geq Q_p / 8 = 260 / 8 = 32.5 \text{ (kN)}$$

式中: P_x ——小牵引机的额定牵引力, kN;

Q_p ——牵引绳的综合破断力, kN。

经计算, 小牵引机(小牵)可选择持续牵引力不小于 80kN 的牵引机, 每套设备共 3 台, 轮槽底直径为 540mm, 牵引机的主要技术性能详见参数表 2。

1.1.2 主牵引机(大牵)选择

根据《± 800kV 架空送电线路张力架线施工工艺导则》Q/GDW 10260-2018 要求, 主牵引机的额定牵引力可按下式选用:

$$\text{展放 JLHA1/G2A-900/75 导线时: } P \geq m \cdot K_p \cdot T_p = 2 \times 0.30 \times$$

在本标段立塔及架线阶段, 主要使用到的设备有机动绞磨、牵引机、张力机、压接机。

1.1 牵引机选型

张力架线整个施工过程, 其主要工艺流程为: 牵引设备进场并锚固准备, 悬挂滑车、各级导引绳展放, 牵引绳展放, 导线牵引以及紧线附件安装等。

依据张力架线计算原理, 根据设计平断面图及现场测量放线跨越的控制点数据, 利用软件编程计算, 当采用 Φ22 导引绳牵 Φ28 牵引绳, 1 根 Φ28 牵引绳牵 2 根导线进行放线时, 各放线段张力计算结果如表 1。

$$352 \times 0.95 = 211.2 \text{ (kN)}$$

式中: P ——主牵引机的额定牵引力, kN;

m ——同时牵放子导线的根数;

K_p ——选择主牵引机额定牵引力的系数, 展放钢芯铝绞线时 $K_p = 0.20 \sim 0.30$, 展放钢芯铝合金绞线时 $K_p = 0.14 \sim 0.20$, 根据具体的地形地貌条件选用相应的系数;

T_p ——被牵放导线的保证计算拉断力, 等于设计使用拉断力, kN。

主牵引机的卷筒槽底直径不应小于牵引绳直径的 25 倍, 即不小于 $25 \times 28 = 700\text{mm}$ 。

为保证牵引绳不在主牵引机卷扬机构上打滑, 应保持牵引绳尾部张力满足为: $2000 < R_w < 5000$ 式中: R_w ——牵引绳尾部张力, N。

经计算, 主牵引机(大牵)可选择持续牵引力不小于 250kN 的牵引机, 每套设备共 3 台, 轮槽底直径为 960mm。

1.2 张力机选型

1.2.1 小张力机（小张）的选择

在牵放牵引绳过程中起到控制牵引绳张力作用的机械为小张力机（小张），其额定制动张力 T_X 可以按下公式选择：

$$T_X \geq Q_F / 15 = 480 / 15 = 32.0 \text{ (kN)}$$

式中： Q_F ——牵引绳的综合破断力，kN。

OPGW 张力放线机主卷筒槽直径 D 应不小于 OPGW 直径 d 的 70 倍，且不得小于 1.0m。本标段 OPGW-150 光缆外径 d=16.6mm，OPGW-240 光缆外径 d=21.2mm，OPGW-300 光缆外径 d=23.2mm。

展放 OPGW-150 光缆时：D ≥ 16.6 × 70 = 1162 (mm)

展放 OPGW-240 光缆时：D ≥ 21.2 × 70 = 1484 (mm)

展放 OPGW-300 光缆时：D ≥ 23.2 × 70 = 1624 (mm)（需使用大张进行展放）

经计算，小张力机（小张）可选择持续张力不小于 1 × 50kN、轮槽底直径为 1500mm 的张力机，每套设备共 3 台，可用于展放光缆。张力机的主要技术性能详见参数表 3。

1.2.2 主张力机（大张）的选择

根据展放导线子导线根数配置相应的主张力机（大张），也可以多台组合成多线数张力机。主张力机应具有健全的工作机构和控制机构，能连续平稳地调整放线张力；能与主牵引机同步运转；能在使用地区自然环境下连续工作；放线张力一经调定后能基本保持恒定不变；能分别控制同时牵放的各子导线的放线张力，或用其它方法补偿各子导线在牵放过程中可能出现的张力差；导线轮和导线导向滚轮均不损伤导线。

根据《±800kV 架空送电线路张力架线施工工艺导则》Q/GDW 10260-2018，主张力机单根导线额定制动张力可按下式选用：

$$\text{展放 JLHA1/G2A-900/75 导线时：} T = K_T T_F = 0.18 \times 352 \times 0.95 = 63.16 \text{ (kN)}$$

式中：T——主张力机单导线额定制动张力，kN；

K_T ——选择主张力机单导线额定制动张力的系数，展放钢芯铝绞线时 $K_T=0.12 \sim 0.18$ ，展放钢芯铝合绞线时 $K_T=0.09 \sim 0.125$ ，根据具体的地形地貌条件选用相应的系数。

T_F ——被牵放导线的保证计算拉断力，等于设计使用拉断力，kN。

本工程展放导线时，主张力机轮槽直径应满足：

展放 900 导线时：D ≥ 40d-100=40 × 40.6-100=1524 (mm)

展放 1000 导线时：D ≥ 40d-100=40 × 42.9-100=1616 (mm)

式中：D——张力机的导线轮槽底直径，mm；d——被展放的导线直径，mm；本标段 900 导线 d=40.6mm，1000 导线 d=42.9mm。

用于支撑导线并为张力机提供尾部张力的机具叫线轴车或线轴架。线轴车或线轴架均应具有可调制装置，使制动张力即导线尾部张力 T_{WP} 保持满足：1000N < T_{WP} < 5000N。尾部张力不宜过大，以免导线在线轴上产生过大的层间挤压及在展放过程中产生剧烈振动；亦不宜过小，以免导线在主张力机导线轮上滑动及在线轴上松套。

经计算，主张力机（大张）选择如下：

展放 1000 导线时，主张力机（大张）可选择持续张力不小于 2 × 65kN、导线轮槽底直径为 1700mm 的张力机。张力机的

主要技术性能详见参数表 3。

表 3 张力机主要技术性能表

机 别		大张力机			小张力机	
型号		SA-YZ-2 × 80	SA-YZ-2 × 80	SA-YZ-2 × 80	SA-ZY-1 × 40	SA-ZY-2 × 40
放 线	最大持续张 力,kN	2 × 80	2 × 80	2 × 80	1 × 40	2 × 40
	最大持续速 度,km/h	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
反 牵	持续牵引 力,kN	2 × 80	2 × 80	2 × 80	1 × 40	2 × 40
	最大持续速 度,km/h	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
轮槽直径,mm		1850	1700	1700	1600	1600
轮槽个数,个		2 × 6	2 × 5	2 × 5	2 × 6	1 × 6
外型尺寸(m) 长 × 宽 × 高		5.6 × 2.45 × 3.1	5.6 × 2.45 × 3.1	5.6 × 2.45 × 3.1	4.8 × 2.25 × 2.55	4.8 × 2.25 × 2.55
整机重量 (t)		9.2	9.2	9.2	5.6	5.6
其它说明						

2 发货前准备

2.1 技术准备

检查所有牵张设备，确保发货前的完好性。

牵、张机的检查一般要求如下：

张力机工作环境温度在-30° ~+40° 之间能持续工作。

张力机应根据放线要求在最小与最大值之间设置，宜采用无级调整。放线速度应能够自动适应牵引机牵引速度变化。

张力机应能够实现恒张力放线，不应因牵引速度变化而出现明显张力波动现象，张力波动值不得超过调定值的 10%。

当张力机失去张力时，应能自动停止放线作业并发出报警信号。

张力机卷筒不应磨损、损伤导线。

张力机的设计计算应符合 DL/T 875—2004 标准中 4.3 的要求，

张力机应能够显示张力等参数。

张力机锚固装置的安全系数不得小于 3。

张力机噪声不得超过 105dB。

张力机连续不间断工作时间应不小于 2h。

张力机使用寿命应不小于 3200h。

金属结构设计应符合 GB/T3811 的要求。

金属结构的焊接应符合 JB/T 5943 的规定。

一般零件的安全系数应符合 DL/T 875—2004 标准的 4.4 要求。

张力机涂装应符合 JB/T 5946 的规定。

拖行式张力机的最小离地间距应不小于 320mm。

张力机的运输应符合铁路、公路等交通运输部门的规定。

自行式或拖行式张力机在道路上行驶时应符合道路交通安全法的规定。

Z 型张力机卷筒应能够正反方向转动，回收和送出导线等。

ZQ 牵张两用机张力功能应满足本标准的要求，其牵引功能应满足 DL/T 372《输电线路张力架 线用牵引机通用技术条件》的要求。

对于通过机械摩擦方式产生张力的张力机，其制动装置应符合以下要求：

- a) 制动装置可采用钳盘式或带式制动装置。
- b) 摩擦材料要有足够的摩擦系数和热稳定性，当制动盘（或制动鼓）摩擦面温升至 500P 及以下时摩擦系数稳定。
- c) 制动盘（或制动鼓）采用中碳钢，摩擦材料宜采用铁基粉末冶金材料。

2.2 资料准备

调取设备相关资料，包括说明书、合格证、试验（年检）报告等电子资料报送项目部。根据工程所需送检接地电阻测试仪、扭力扳手、罗盘仪、游标卡尺、水准仪、光学经纬仪、钢卷尺等强制计量工具，取得合格报告后报送项目部。

3 装运保障

根据发货地与目的地间道路交通条件及运输经济性，发货地与材料堆场间运输采用大货车、平板牵引车长途运输，材料堆场至施工现场采用小卡车短途接驳运输。

4 技术保障

4.1 组织措施

工程现场施工装备保障队伍由机施分公司设备班部分组员组成，设立 1 名负责人，负责现场设备使用方与维保队伍的协调、维修人员的调配、与设备生产厂家对接、与分公司间沟通，4 名维修工负责牵引机、张力机等动力设备的检修。

4.2 装备现场保障

一般工程节点采用先报修，再处理的方式；为提高维修效率，将损坏频率高、维修量大、易于运输的小型设备采用集中至材料堆场，再集中维修；重大施工节点为便于处理设备突发故障采用现场驻点的方式。

4.3 注意事项

4.3.1 负责人及维保人员需持维修作业工作票方可进入施工现场。

4.3.2 作业时穿戴合格劳防用品，做好个人安全保护。

5 安全保障

为防止在放线施工过程中产生感应电，故采取如下防感应电措施：

在感应电较大的区域工作时应使用防静电服进行工作。牵引设备和张力设备应可靠接地；操作人员应站在干燥的绝缘垫上并不得与未站在绝缘垫上的人员接触。牵引机及张力机出线端的牵引绳及导线上必须安装接地滑车。跨（穿）越不停电线路时，两侧杆塔的放线滑车应接地。安装好的接地滑车应能随导地线或牵引绳的运动而伸展。张力放线时，在导引绳换盘、导地线接续等需要临时拆除接地滑车时，必须用 25mm² 接地线对导引绳、导地线进行有效的临时接地，待接地滑车重新安装后，才能拆除临时接地线。

6 结语

加强施工设备的保障尤其是现场牵张设备技术保障是工程如期完工的重要因素。因此，需要严格执行各类施工设备保障标准及技术规范要求，运用程序化、标准化、数据化和信息化的手段，使施工设备保障工作向高效、协同和持续运行，使得输电线路施工设备尤其是牵张保障可靠性提升工作得到更好更快的发展和提高。

参考文献：

- [1] 《±800kV 架空送电线路张力架线施工工艺导则》
- [2] 《输电线路张力架线用牵引机通用技术条件》
- [3] 《架空输电线路施工机具基本要求》

作者简介：

刘金平（1985），男，硕士研究生，高级工程师，技师，从事电力工程施工工作