

中华人民共和国电力行业标准

110kV~750kV 架空输电线路
铁塔组立施工工艺导则

Construction technology guidance for the assembling and erection
of the steel towers of 110kV~750kV overhead transmission line

DL/T 5342 — 2018

代替 DL/T 5342 — 2006

主编机构：中国电力企业联合会

批准部门：国家能源局

施行日期：2018 年 7 月 1 日

中国电力出版社

2018 北 京

国家能源局

公 告

2018 年 第 4 号

依据《国家能源局关于印发〈能源领域行业标准化管理办法（试行）〉及实施细则的通知》（国能局科技〔2009〕52 号）有关规定，经审查，国家能源局批准《风力发电机组振动状态评价导则》等 168 项行业标准，其中能源标准（NB）56 项、电力标准（DL）112 项，现予以发布。

附件：行业标准目录

国家能源局
2018 年 4 月 3 日

附件：

行 业 标 准 目 录

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	批准日期	实施日期
...						
139	DL/T 5342—2018	110kV~750kV 架空输电线路铁塔组立施工工艺导则	DL/T 5342—2006		2018-04-03	2018-07-01
...						

前 言

根据 2015 年能源领域行业标准制修订计划(国能科技(2015) 283 号)的要求,编写组在认真总结我国 110kV~750kV 架空输电线路铁塔组立的经验和广泛征求意见的基础上,制定本标准。

本标准共分 14 章和 6 个附录,内容包括总则、基本规定、施工准备、内悬浮外拉线抱杆分解组塔、内悬浮内拉线抱杆分解组塔、倒落式抱杆整体组塔、内悬浮双摇臂抱杆分解组塔、座地双摇臂抱杆分解组塔、座地四摇臂抱杆分解组塔、座地双平臂抱杆分解组塔、流动式起重机分解组塔、质量要求、安全措施、环境保护与水土保持要求及附录等。

本标准代替《750kV 架空送电线路铁塔组立施工工艺导则》DL/T 5342—2006。

与 DL/T 5342—2006 标准相比较,本次修订的主要内容有:

- 将原标准名称《750kV 架空送电线路铁塔组立施工工艺导则》改为《110kV~750kV 架空输电线路铁塔组立施工工艺导则》,适用范围调整为新建、改建 110kV~750kV 架空输电线路一般铁塔的组立;
- 取消了原第 2 章“规范性引用文件”、原第 6 章“外抱杆分解组塔”的内容;
- 增加了第 6 章“倒落式抱杆整体组塔”、第 10 章“座地双平臂抱杆分解组塔”和第 11 章“流动式起重机分解组塔”、第 12 章“质量要求”、第 14 章“环境保护与水土保持要求”;
- 将原第 1 章“范围”改为“总则”;
- 将原第 5 章“内悬浮抱杆分解组塔”分解为第 4 章“内悬浮外拉线抱杆分解组塔”和第 5 章“内悬浮内拉线抱

杆分解组塔”，原第 8 章“落地摇臂抱杆分解组塔”分解为第 8 章“座地双摇臂抱杆分解组塔”和第 9 章“座地四摇臂抱杆分解组塔”；

——将原第 7 章“内悬浮摇臂抱杆分解组塔”调整为“内悬浮双摇臂抱杆分解组塔”；

——将受力计算单独列为附录 A~F。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业电气工程施工及调试标准化技术委员会（DL/TC 42）归口。

本标准主编单位：国家电网公司交流建设分公司
中国电力科学研究院有限公司

本标准参编单位：浙江省送变电工程有限公司
安徽省送变电工程有限公司
河北省送变电有限公司
甘肃省送变电工程有限公司
上海送变电工程有限公司
黑龙江送变电工程有限公司
中国能源建设集团华北电力试验研究院有限公司

本标准主要起草人：熊织明 田 晓 张尔乐 徐国庆
石 涛 叶建云 黄成云 荆 津
于天刚 杨兴儒 王文义 周永利
周竹军 葛占雨

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化管理中心（北京市白广路二条一号，100761）。

目 次

1	总则	1
2	基本规定	2
3	施工准备	4
4	内悬浮外拉线抱杆分解组塔	5
4.1	一般规定	5
4.2	现场布置	5
4.3	工艺流程	7
4.4	主要工艺	8
4.5	主要受力计算	18
5	内悬浮内拉线抱杆分解组塔	19
5.1	一般规定	19
5.2	现场布置	20
5.3	工艺流程	21
5.4	主要工艺	21
5.5	主要受力计算	22
6	倒落式抱杆整体组塔	23
6.1	一般规定	23
6.2	现场布置	23
6.3	工艺流程	27
6.4	主要工艺	28
6.5	主要受力计算	30
7	内悬浮双摇臂抱杆分解组塔	31
7.1	一般规定	31
7.2	现场布置	31
7.3	工艺流程	33

7.4 主要工艺	34
7.5 主要工器具受力计算	39
8 座地双摇臂抱杆分解组塔	41
8.1 一般规定	41
8.2 现场布置	41
8.3 工艺流程	44
8.4 主要工艺	44
8.5 主要工器具受力计算	50
9 座地四摇臂抱杆分解组塔	51
9.1 一般规定	51
9.2 现场布置	52
9.3 工艺流程	54
9.4 主要工艺	54
9.5 主要工器具受力计算	60
10 座地双平臂抱杆分解组塔	61
10.1 一般规定	61
10.2 现场布置	61
10.3 工艺流程	64
10.4 主要工艺	65
11 流动式起重机分解组塔	72
11.1 一般规定	72
11.2 起重机选择	72
11.3 现场布置	73
11.4 工艺流程	74
11.5 主要工艺	75
12 质量要求	79
13 安全措施	80
14 环境保护与水土保持要求	82
附录 A 内悬浮外拉线抱杆分解组塔主要工器具受力计算	84

DL / T 5342 — 2018

附录 B 内悬浮内拉线抱杆分解组塔主要工器具受力计算·····	89
附录 C 倒落式抱杆整体组塔的施工计算·····	94
附录 D 内悬浮双摇臂抱杆分解组塔主要工器具受力计算·····	100
附录 E 座地双摇臂抱杆分解组塔主要工器具受力计算·····	110
附录 F 座地四摇臂抱杆分解组塔主要工器具受力计算·····	112
本标准用词说明·····	121
引用标准名录·····	122
附：条文说明·····	123

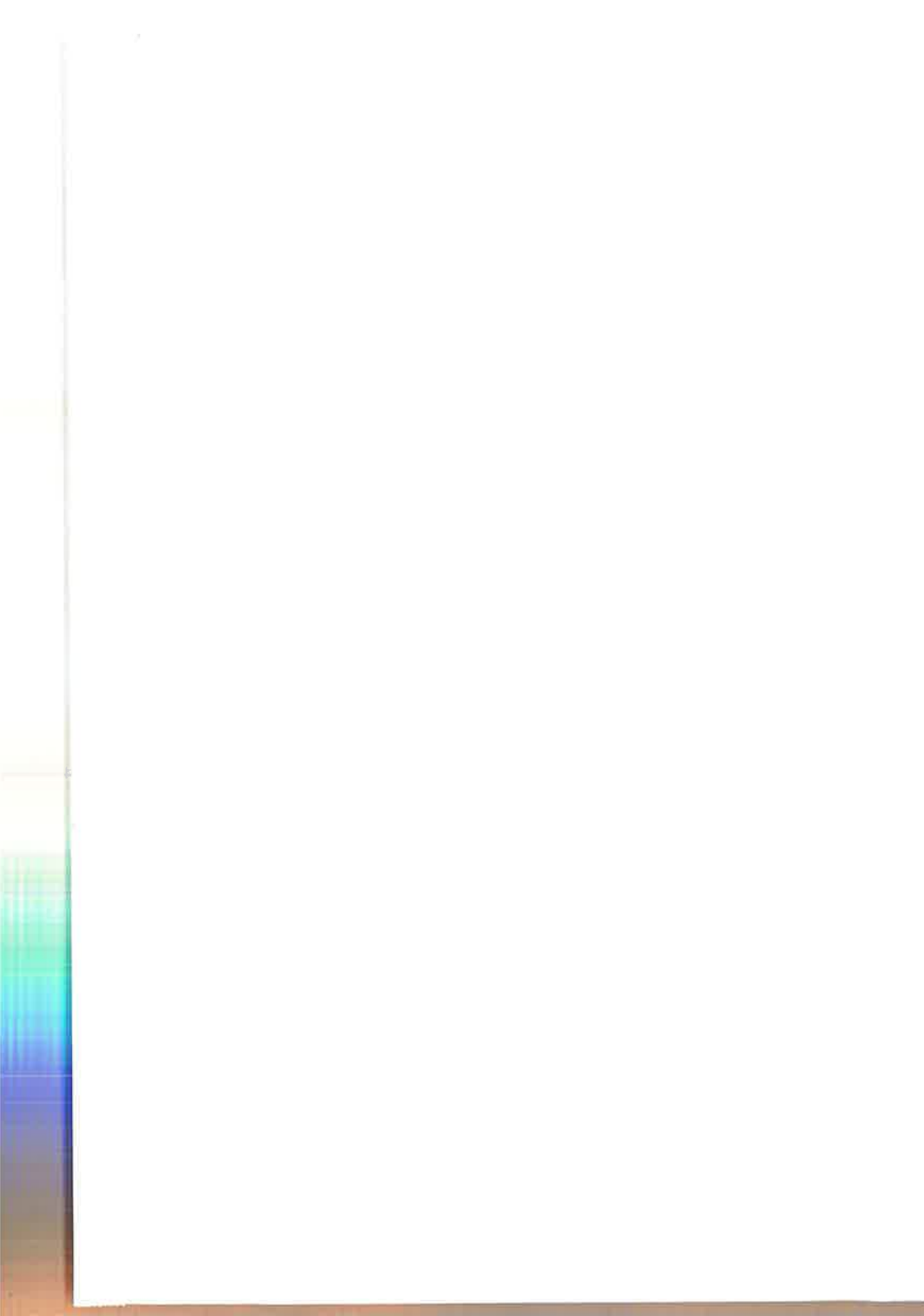
Contents

1	General provisions	1
2	Basic regulations	2
3	Construction preparation	4
4	Assembly and erection of tower with gin pole supported by inner suspension and outer backstay	5
4.1	General regulations	5
4.2	Site layout	5
4.3	Technical process	7
4.4	Main technology	8
4.5	Main stress calculation	18
5	Assembly and erection of tower with gin pole supported by inner suspension and inner backstay	19
5.1	General regulations	19
5.2	Site layout	20
5.3	Technical process	21
5.4	Main technology	21
5.5	Main stress calculation	22
6	Integral erection of tower with inverted holding pole	23
6.1	General regulations	23
6.2	Site layout	23
6.3	Technical process	27
6.4	Main technology	28
6.5	Main stress calculation	30
7	Assembly and erection of tower with gin pole supported by inner suspension and double rocker	31

DL / T 5342 — 2018

7.1	General regulations	31
7.2	Site layout	31
7.3	Technical process	33
7.4	Main technology	34
7.5	Stress calculation for tools and tackles	39
8	Assembly and erection of tower with seating- type double-rocker holding pole	41
8.1	General regulations	41
8.2	Site layout	41
8.3	Technical process	44
8.4	Main technology	44
8.5	Stress calculation for tools and tackles	50
9	Assembly and erection of tower with seating- type four-rocker holding pole	51
9.1	General regulations	51
9.2	Site layout	52
9.3	Technical process	54
9.4	Main technology	54
9.5	Stress calculation for tools and tackles	60
10	Assembly and erection of tower with seating- type double-boom holding pole	61
10.1	General regulations	61
10.2	Site layout	61
10.3	Technical process	64
10.4	Main technology	65
11	Tower erection in sections by using mobile crane	72
11.1	General regulations	72
11.2	Selection of crane	72
11.3	Site layout	73

11.4	Technical process	74
11.5	Main technology	75
12	Quality requirements	79
13	Safety measure	80
14	Requirements for environmental protection and soil & water conservation	82
Appendix A	Stress calculation for tools and tackles used in the assembly and erection of tower with gin pole supported by inner suspension and outer backstay	84
Appendix B	Stress calculation for tools and tackles used in the assembly and erection of tower with gin pole supported by inner suspension and outer backstay	89
Appendix C	Construction calculation for integral erection of tower with inverted holding pole	94
Appendix D	Stress calculation for tools and tackles used in assembly and erection of tower with gin pole supported by inner suspension and double rocker	100
Appendix E	Stress calculation for tools and tackles used in assembly and erection of tower with seating- type double-rocker holding pole	110
Appendix F	Stress calculation for tools and tackles used in assembly and erection of tower with seating- type four-rocker holding pole	112
	Explanation of words in this standard	121
	List of quoted standards	122
	Addition: Explanation of provisions	123



1 总 则

1.0.1 为规范 110kV~750kV 架空输电线路铁塔组立施工工艺，提高安装工艺质量，实现施工工艺的标准化、规范化，使施工安全处于可控状态，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于 110kV~750kV 架空输电线路新建、改建工程一般铁塔组立施工。

1.0.3 110kV~750kV 架空输电线路铁塔组立施工，除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 基 本 规 定

2.0.1 铁塔施工图设计应便于施工、运行和检修。

2.0.2 铁塔组立施工前，应针对塔型特点及施工条件进行铁塔组立施工技术设计，制定相应的施工方案和编制作业指导书。

2.0.3 铁塔组立施工技术设计时，应在计及风荷载的影响下对所用机具受力状况进行分析、计算，并应以受力最大值作为选择工器具的依据。

2.0.4 铁塔设计时应根据本标准推荐的组塔方法对铁塔构件做强度校验，施工图交底应予以说明。

2.0.5 铁塔组立常用的方法有以下几种：

- 1 内悬浮外拉线抱杆分解组塔；
- 2 内悬浮内拉线抱杆分解组塔；
- 3 倒落式抱杆整体组塔；
- 4 内悬浮双摇臂抱杆分解组塔；
- 5 座地双摇臂抱杆分解组塔；
- 6 座地四摇臂抱杆分解组塔；
- 7 座地双平臂抱杆分解组塔；
- 8 流动式起重机分解组塔。

2.0.6 组塔施工用抱杆的设计、制造、使用应符合《电力建设安全工作规程 第2部分 电力线路》DL 5009.2、《输电线路施工机具设计、试验基本要求》DL/T 875 和《架空输电线路施工抱杆通用技术条件及试验方法》DL/T 319 的规定。

2.0.7 其他起重机具的设计、制造和使用应符合《电力建设安全工作规程 第2部分 电力线路》DL 5009.2 和《输电线路施工机具设计、试验基本要求》DL/T 875 的规定。

2.0.8 铁塔设计，应符合下列要求：

1 塔身及横担的分段应为稳定结构，单件重量及长度应符合施工技术设计要求。

2 应在铁塔的适当位置设置施工及安全设施用板或孔，并应设置安全附件。其施工用板或孔及安全附件应符合组塔工艺要求。

2.0.9 铁塔组立方法的选择及施工场地布置应符合环境保护与水土保持要求，并应符合《建设工程施工现场环境与卫生标准》JGJ 146 的规定。

2.0.10 组塔施工前铁塔基础应经中间检查验收合格。

2.0.11 铁塔施工质量应符合《110kV~750kV 架空输电线路施工及验收规范》GB 50233 的规定及设计要求。

3 施 工 准 备

3.0.1 施工前应熟悉铁塔的设计文件及其结构特点，并应进行现场调查。

3.0.2 施工前应进行铁塔图纸会检。

3.0.3 施工前应依据施工方案、作业指导书进行施工技术交底，交底应包括安全、质量、技术等内容。

3.0.4 施工前应按作业指导书要求进行场地平整及基础检查。

3.0.5 施工机具进入现场前，应对其进行检验或试验，合格后方可投入使用。计量器具应在检定有效期内。

3.0.6 应根据安全文明施工的要求和铁塔结构，配备相应的安全设施和安全用具。

3.0.7 包括拉线、金具等在内的塔材运至施工现场后，应对其进行规格核对、数量清点及外观检查。

4 内悬浮外拉线抱杆分解组塔

4.1 一般规定

4.1.1 内悬浮外拉线抱杆适用于有条件设置落地外拉线的一般地形铁塔的吊装，吊装时抱杆宜适度向吊件侧倾斜，最大倾角不应超过抱杆许用工况最大倾角，宜为 $0^{\circ} \sim 10^{\circ}$ 。

4.1.2 应通过锚固于铁塔四根主材上的承托绳承托固定抱杆底部，承托绳的悬挂点宜设置在有大水平材的塔架断面处，当无大水平材时应验算塔架强度，强度不够时应采取补强措施。两对侧承托绳间夹角不应大于 90° 。

4.1.3 抱杆顶部设置的外拉线应采用地锚固定，并应通过调节装置收紧或放松。

4.1.4 构件起吊过程中，保持吊件与铁塔间距不应小于 100mm。

4.1.5 抱杆在各种工况下，其受压所产生的挠度变形及应力应符合抱杆设计要求。

4.1.6 应进行的施工计算，主要包括下列内容：

- 1 施工过程中吊件的强度验算。
- 2 铁塔的强度和稳定验算。
- 3 主要起吊工器具的受力计算。
- 4 抱杆及拉线的受力计算。
- 5 地锚的受力计算。

4.2 现场布置

4.2.1 内悬浮外拉线抱杆分解组塔的现场平面布置应包括进场运输道路、作业场地、材料和机具场地、施工辅助道路、起吊设备动力

平台、地锚设置等,如图 4.2.1 所示。场地平面布置应符合下列规定:

- 1 进场运输道路应满足塔材运输或搬运要求。
- 2 作业场地应平整,面积应满足塔材地面组装等作业要求。
- 3 动力牵引平台及材料、机具堆放场地应平整,并应满足施工作业要求。

4 抱杆外拉线及动力地锚、控制绳地锚的设置应满足施工作业要求。

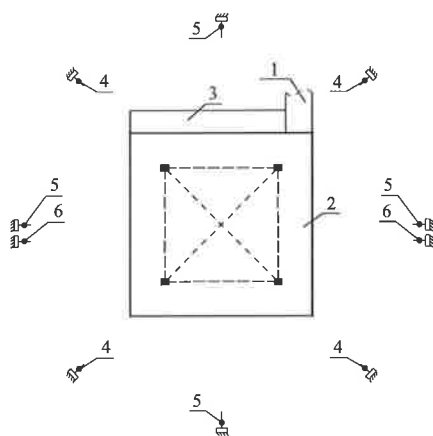


图 4.2.1 内悬浮外拉线抱杆分解组塔现场平面布置示意图

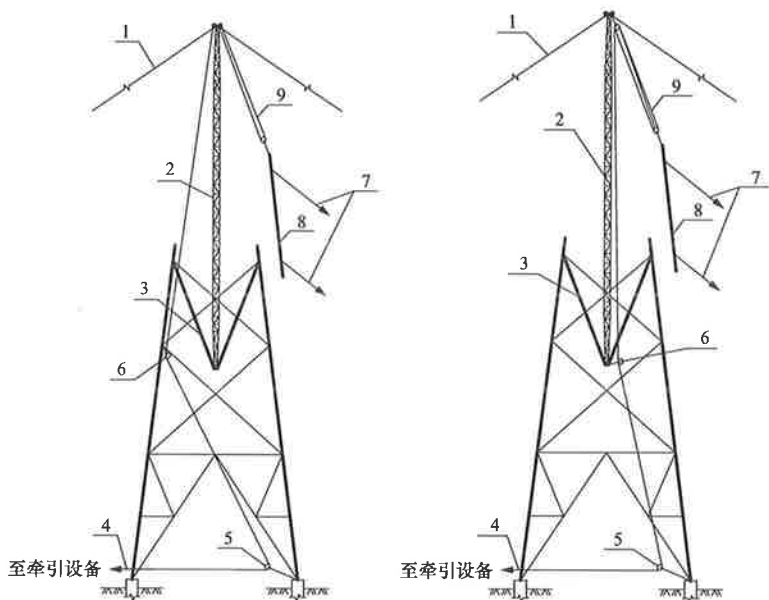
1—进场运输道路; 2—作业场地; 3—材料和机具场地;

4—抱杆外拉线地锚; 5—控制绳地锚; 6—动力地锚

4.2.2 抱杆外拉线地锚宜位于与基础中心线夹角为 45° 的延长线上,离基础中心的距离不应小于塔高的 1.2 倍。当场地不能满足要求时,应验算各部受力并应采取特殊的安全措施。

4.2.3 牵引系统应放置在主要吊装面的侧面,当塔全高大于 40m 时,牵引装置及地锚与铁塔基础中心的距离不应小于 40m,当塔全高小于或等于 40m 时,牵引装置及地锚与铁塔基础中心的距离不应小于铁塔全高的 1.2 倍。

4.2.4 内悬浮外拉线抱杆分解组塔吊装现场布置如图 4.2.4 所示。



(a) 牵引绳穿过朝天滑车吊装布置 (b) 牵引绳穿过抱杆顶边滑车吊装布置

图 4.2.4 内悬浮外拉线抱杆分解组塔现场吊装布置示意图

1—外拉线；2—抱杆；3—承托绳；4—牵引绳；5—地面转向滑车；

6—转向滑车；7—控制绳；8—吊件；9—起吊滑车组

4.2.5 承托绳应固定在铁塔主材节点的上方，承托绳应等长，并宜安装在铁塔施工孔上。当铁塔无施工孔时，承托绳与主材连接处宜设置专门夹具，且夹具的握着力应满足承托绳的承载能力。

4.2.6 抱杆作业高度和作业半径应满足构件起吊和就位要求。

4.2.7 抱杆外拉线与水平面夹角应满足抱杆强度和稳定要求，且不宜大于 45° 。

4.3 工 艺 流 程

4.3.1 内悬浮外拉线抱杆分解组塔工艺流程如图 4.3.1 所示。

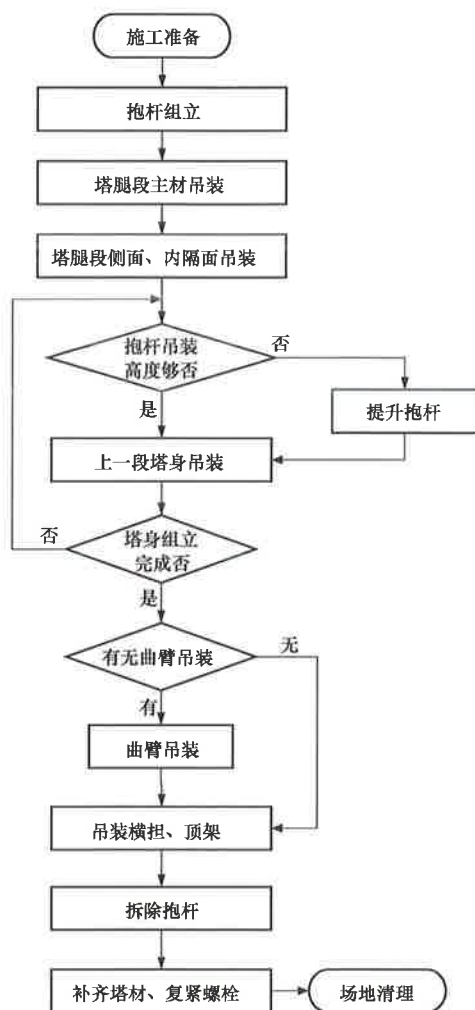


图 4.3.1 内悬浮外拉线抱杆分解组塔工艺流程图

4.4 主要工艺

4.4.1 抱杆组立，应符合下列规定：

1 地形条件许可时,可采用倒落式人字抱杆或流动式起重机将抱杆整体组立。

2 地形条件不许可时,应先利用倒落式人字抱杆整体组立抱杆上段,再利用抱杆上段将铁塔组立到一定高度,然后采用倒装提升方式,在抱杆下部接装抱杆其余各段,直至全部组装完成。

4.4.2 塔腿吊装,应符合下列规定:

1 根据塔腿重量、根开、主材长度和场地条件等,可采用流动式起重机或抱杆组立塔腿段。

2 当铁塔与基础连接方式采用地脚螺栓时,在组立塔腿前,应先安装塔脚板,并应安装地脚螺帽。

3 地形条件许可时,宜采用流动式起重机组立塔腿段。

4 地形条件不许可时,应先采用人字抱杆组立抱杆,再利用组立抱杆单根吊装塔腿主材或采用人字抱杆扳立主材。吊装塔腿主材时,应选择方便主材起吊和就位的吊点位置。

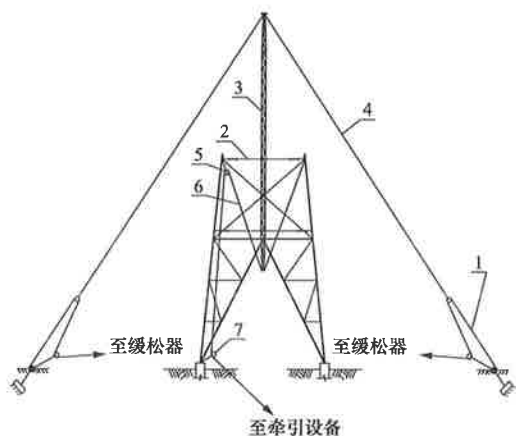
5 单根主材组立完成后,应立即打好临时拉线,并应随即紧固地脚螺栓或主材与插入式角钢间的连接螺栓。在铁塔四个面辅材未安装完毕之前,不得拆除临时拉线。

6 应在主材吊装完毕后,吊装侧面构件。侧面构件可采用整体或分解吊装方式吊装。分解吊装时,应先吊装水平材,后吊装斜材。水平材吊装过程中,应采用调整临时拉线等方式调整就位尺寸。

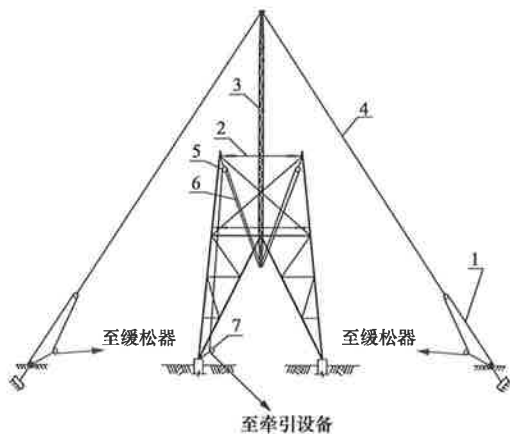
7 侧面构件吊装完毕后,应以不妨碍后续施工为原则,吊装内隔面构件及斜腹材;当有碍后续施工时,则内隔面构件及斜腹材应在整基塔吊装完毕后吊装。

4.4.3 提升抱杆,应符合下列规定:

1 铁塔组立到一定高度,塔材全部装齐且紧固螺栓后方可提升抱杆。当抱杆重量较轻时,可采用单滑车方式提升抱杆,如图 4.4.3 (a) 所示;当抱杆重量较重时,可采用滑车组方式提升抱杆,如图 4.4.3 (b) 所示。



(a) 单滑车方式提升抱杆布置示意图



(b) 滑车组方式提升抱杆布置示意图

图 4.4.3 双滑车方式提升抱杆布置示意图

1—外拉线调节滑车组；2—腰环；3—抱杆；4—外拉线；
5—提升滑车组；6—提升绳；7—地面转向滑车

2 宜设置两道腰环提升抱杆，且间距不得小于 5m，腰环中心点应在同一铅垂线上且应位于铁塔中心。抱杆高出已组塔体的

高度应满足待吊段顺利就位的要求。抱杆外拉线未受力前，不应松腰环。

3 抱杆提升过程中，应随抱杆的提升同步缓慢放松外拉线，并使抱杆始终保持竖直状态。

4 抱杆提升到预定高度后，应随即设置承托绳。

5 承托绳设置完毕后，应随即收紧抱杆外拉线，外拉线受力后，腰环应呈松弛状态。应在收紧抱杆外拉线的同时，调整抱杆的倾斜角度，应使其顶端定滑车位于被吊构件就位后的结构重心的垂直上方。

4.4.4 塔身吊装，应符合下列规定：

1 塔身应按稳定结构吊装。可采用成片吊装方式吊装。当吊装重量较大的段别时，应先吊装主材，再吊装侧面构件。不得多段别连片吊装。

2 采用成片吊装方式时，吊点绳绑扎点应在吊件重心以上的主材节点处，当绑扎点在重心附近时，应采取防止吊件倾覆的措施。

3 采用“V”形吊点绳时，应由2根等长的钢丝绳通过卸扣连接，两吊点绳之间的夹角不得大于 120° 。

4 当塔片结构尺寸、重量较大时，应采取相应的补强措施，如图4.4.4所示。

4.4.5 酒杯型铁塔曲臂吊装，应符合下列规定：

1 应根据抱杆的承载能力、曲臂结构分段及场地等条件来确定采取整体或分段吊装的方式进行铁塔曲臂的吊装。分段吊装时，应先吊装下曲臂，后吊装上曲臂。

2 采用整体吊装时，曲臂吊点绳宜用倒“V”形，并应绑扎在曲臂的K节点处或构件重心上方 $1\text{m}\sim 2\text{m}$ 处，如图4.4.5所示。

3 分段吊装时，K节点宜与下曲臂一起吊装。“V”形吊点绳应绑扎在下曲臂或上曲臂重心上方 $1\text{m}\sim 2\text{m}$ 处。

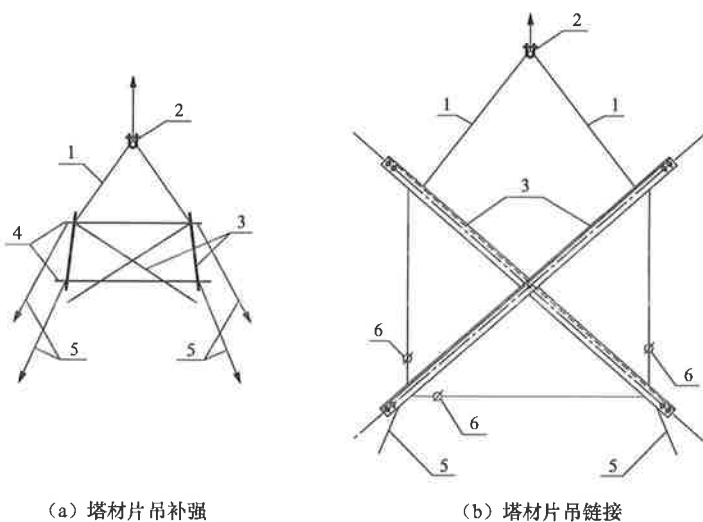


图 4.4.4 塔片吊装补强示意图

1—吊点绳；2—卸扣；3—待组装塔材；4—补强木；5—控制绳；6—调节装置

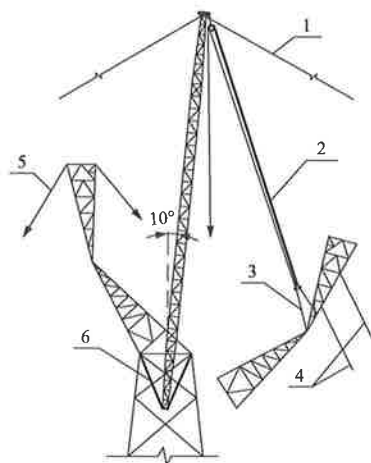


图 4.4.5 酒杯型铁塔曲臂整体吊装示意图

1—外拉线；2—起吊滑车组；3—吊点绳；4—控制绳；5—临时拉线；6—承托绳

4 一侧上曲臂吊装完毕后,应随即在横线路方向设置临时落地拉线,临时落地拉线绑扎点宜设置在上曲臂顶部节点处。

5 两侧曲臂安装好且紧固螺栓后,应在曲臂上口顺线路前后两侧加装绳索与调节装置并收紧,测量两侧上曲臂上口螺栓孔间的距离,其应与横担相应螺栓孔距离相一致。

4.4.6 猫头型、紧凑型铁塔曲臂吊装,应符合下列规定:

1 应根据抱杆的承载能力、曲臂结构分段及场地等条件来确定采取整体或分段吊装的方式进行铁塔曲臂的吊装。宜采用分段吊装下曲臂,整体吊装中、上曲臂,如图 4.4.6 所示。

2 采用整体吊装中、上曲臂时,曲臂吊点绳宜用倒“V”形吊点绳起吊,吊点应绑扎在构件重心上方 1m~2m 处,如图 4.4.6 (b) 所示。

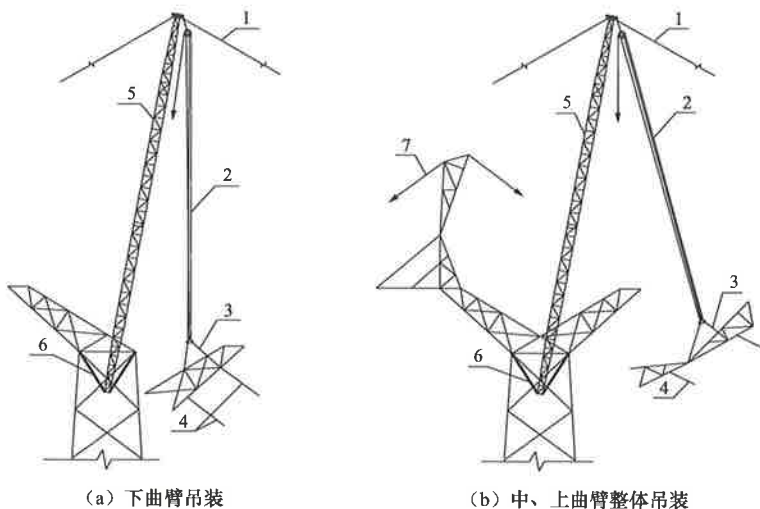


图 4.4.6 猫头型铁塔曲臂分段吊装示意图

1—外拉线; 2—起吊滑车组; 3—吊点绳; 4—控制绳; 5—抱杆; 6—承托绳; 7—临时拉线

3 分段吊装中、上曲臂时,K 节点宜与中曲臂一起吊装。“V”形吊点绳应绑扎在中曲臂或上曲臂重心上方 1m~2m 处。

4 导线边横担宜采取分段吊装,当不能满足要求时可与中、上曲臂整体吊装。

5 一侧上曲臂吊装完毕后,应随即在横线路方向设置临时落地拉线,临时落地拉线绑扎点宜设置在上曲臂顶部节点处。

6 两侧曲臂安装好且紧固螺栓后,应在曲臂上口顺线路前后两侧加装绳索与调节装置并收紧,测量两侧上曲臂上口螺栓孔间的距离,其应与横担相应螺栓孔距离相一致。

4.4.7 酒杯型铁塔横担吊装,应符合下列规定:

1 应根据抱杆承载能力、横担重量、横担结构分段等条件,确定采用整体吊装或分段分片吊装方式。当整个横担重量较大时,中横担宜采用前后两片分片吊装,边横担和地线支架宜采用组合件整体吊装,如图 4.4.7 (a)、图 4.4.7 (b) 所示;当整个横担及地线支架重量较轻时,宜采用整体吊装,如图 4.4.7 (c) 所示。

2 分片吊装时,应先吊装中横担前后两片,吊装后暂不应进行封铁,接着抱杆向边横担侧倾斜,整体吊装边横担与地线支架的组合件,组合件吊装完毕后降落抱杆并应立即安装中横担上平面、下平面的交叉铁。

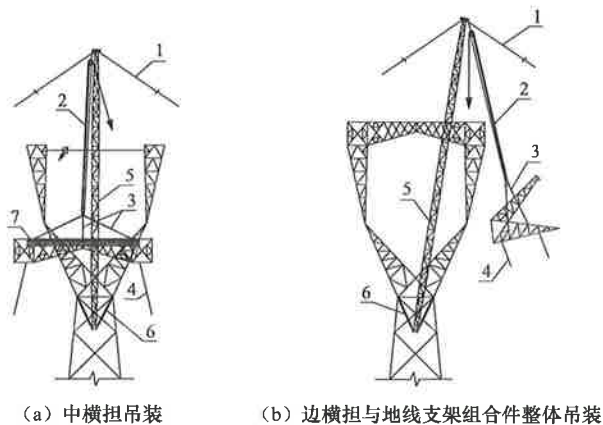
3 当中横担分片吊装重量过大时,可适当减少侧面交叉铁的数量;当边横担和地线支架组合件整体吊装重量过大时,可先整体吊装地线横担,再整体或分片吊装边导线支架。

4 分片吊装中横担时,应对塔片进行补强,宜采用三点吊装的方式进行吊装。三点吊装时,起吊绳长度应经过计算,三根吊绳受力应合理。

5 整体吊装横担及地线支架时,当吊装重量过大时,可适当减少交叉铁数量。

6 吊装中横担时,应根据铁塔结构严格控制抱杆高出中横担上平面高度,其高度应满足吊装要求;当抱杆高出高度不能使横担顺利就位时,应采取特殊吊装方案。曲臂 K 节点位置需作为抱杆撑托绳的锚固点时,应对铁塔进行强度验算。当中横担两端都

进入上曲臂上平口后，应先低后高、对孔就位。



(c) 整体吊装横担及地线支架

图 4.4.7 酒杯型铁塔横担吊装示意图

1—外拉线；2—起吊滑车组；3—吊点绳；4—控制绳；5—抱杆；6—承托绳；7—补强木

7 中横担与上曲臂上平口对孔，应先对一侧，再对另一侧，不得强行对孔。

4.4.8 猫头型、紧凑型铁塔中横担吊装，应符合下列规定：

1 应根据抱杆承载能力、横担重量、横担结构分段等条件确

定采用分片或整体吊装方式。宜采用分片吊装。如图 4.4.8 所示。

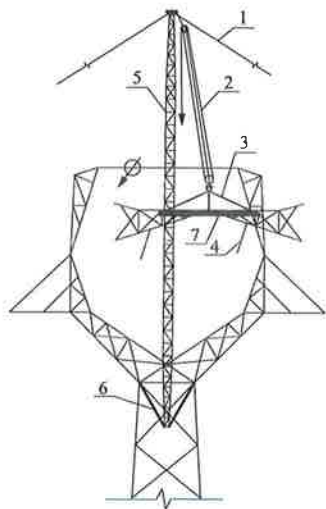


图 4.4.8 猫头型铁塔横担吊装示意图

1—外拉线；2—起吊滑车组；3—吊点绳；4—控制绳；5—抱杆；6—承托绳；7—补强木

2 当中横担分片吊装重量过大时，可适当减少侧面交叉铁数量。

3 分片吊装中横担时，应对塔片进行补强，宜采用三点吊装方式进行吊装。三点吊装时，起吊绳长度应经过计算，三根吊绳受力应合理。

4 吊装中横担时，应根据铁塔结构严格控制抱杆高出中横担上平面高度，其高度应满足吊装要求；当抱杆高出高度不能使横担顺利就位时，应采取特殊吊装方案。

5 当中横担两端都进入上曲臂上平口后，应先低后高、对孔就位。

6 中横担与上曲臂上平口对孔，应先对一侧，再对另一侧，不得强行对孔。

4.4.9 鼓型塔及干字型塔横担吊装，应符合下列规定：

1 应根据抱杆承载能力、横担重量和塔位场地条件确定采用整体吊装或分片吊装。

2 鼓型塔或干字型塔，应先吊装上导线横担或地线横担。

3 上导线横担或地线横担吊装完成后，可对其采取补强措施，并可作为吊装的支撑，吊装下层横担。如图 4.4.9 所示。

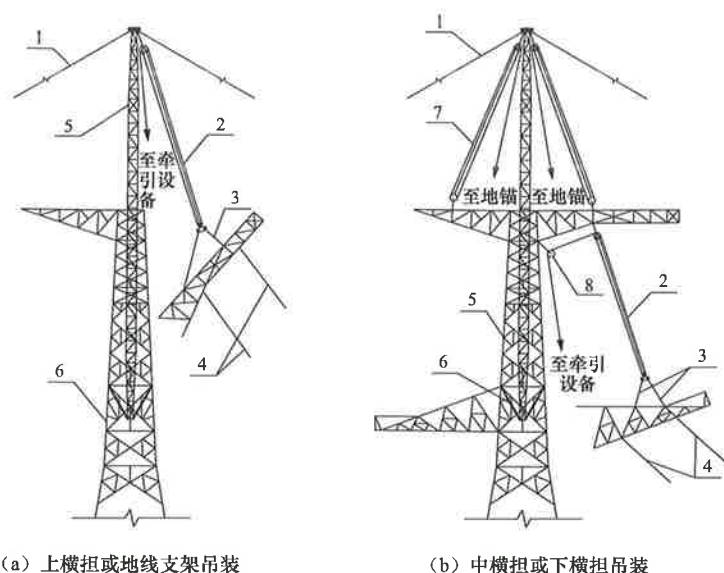


图 4.4.9 鼓型塔及干字型塔横担吊装示意图

1—外拉线；2—起吊滑车组；3—吊点绳；4—控制绳；5—抱杆；

6—承托绳；7—平衡滑车组；8—转向滑车

4 鼓型塔下层导线横担吊装时，可对临近上层横担采取补强措施，并可作为吊装支撑，吊装下层导线横担。

5 宜整体吊装横担，当横担较重时，应采用分片或分段吊装。

6 宜将吊点绳绑扎在横担重心偏外的位置；起吊时，横担外端应略上翘，就位时应先连接上平面两主材螺栓，后连接下平面两主材螺栓。

7 吊装鼓型塔下层横担时,上层横担上下平面阻碍起吊的交叉材应暂时不装,并应预留吊装空间。

8 当采用分片吊装时,应对塔片进行补强措施。

9 当采用旋转就位法整体吊装方式进行横担就位时,应对旋转处的螺栓、构件进行受力验算。

4.4.10 抱杆拆除,应符合下列规定:

1 铁塔组立完毕后,即可拆除抱杆。

2 应收紧抱杆提升系统,使承托绳呈松弛状态后拆除,再将抱杆顶部降到低于铁塔顶面以下,装好铁塔顶部水平材。

3 应在铁塔顶面的两对角主材上挂“V”形吊点绳,利用起吊滑车组将抱杆下降至地面,逐段拆除,拉出塔外,运出现场。“V”形吊点绳位置应选在铁塔主材的节点处。

4 拆除时应采取防止抱杆旋转、摆动的措施。

4.5 主要受力计算

4.5.1 内悬浮外拉线抱杆分解组塔的施工计算应包括主要工器具的受力计算。主要工器具应包括抱杆、抱杆外拉线、包括起吊滑车组、吊点绳、牵引绳等在内的起吊绳、承托绳和控制绳等。工器具受力计算应先将全塔各次的吊重及相应的抱杆倾角、控制绳及拉线对地夹角进行组合,受力分析应考虑 45°吊装塔腿时计算各工器具受力,并应取其最大值作为选择相应工器具的依据。

4.5.2 内悬浮外拉线抱杆分解组塔主要工器具受力计算应按附录 A 执行。

5 内悬浮内拉线抱杆分解组塔

5.1 一般规定

5.1.1 内悬浮内拉线抱杆适用于场地狭窄、有条件设置内拉线的一般塔型的吊装，不适用于酒杯型、猫头型、紧凑型铁塔组立。

5.1.2 内悬浮内拉线抱杆两内拉线平面与抱杆的夹角不应小于 15° 。

5.1.3 抱杆底部通过锚固于铁塔四根主材上的承托绳承托固定，承托绳的悬挂点应设置在有大水平材的塔架断面处，当无大水平材时，应验算塔架强度，强度不满足要求时应采取补强措施。两对角承托绳间夹角不应大于 90° 。

5.1.4 抱杆顶部设置的内拉线下端应锚固在已组立塔体上端的主材节点处的施工孔上，并应通过调节装置控制内拉线长度。当铁塔无施工孔时，承托绳与主材连接处宜设置专门夹具。

5.1.5 构件起吊过程中，保持吊件与铁塔间距不应小于100mm。

5.1.6 抱杆在各种工况下，其受压所产生的挠度变形及应力应符合抱杆设计要求。

5.1.7 各电压等级输电线路铁塔组立时，选取抱杆断面应经过施工计算。

5.1.8 应进行的施工计算，主要包括下列内容：

- 1 施工过程中吊件的强度验算。
- 2 铁塔的强度和稳定验算。
- 3 主要起吊工器具的受力计算。
- 4 抱杆及拉线的受力计算。

5.2 现场布置

5.2.1 内悬浮内拉线抱杆分解组塔的现场平面布置如图 5.2.1 所示，应包括进场运输道路、作业场地、材料和机具场地、施工辅助道路、起吊设备动力平台和地锚设置等。场地平面布置应符合下列要求：

- 1 进场运输道路应满足塔材运输或搬运要求。
- 2 作业场地应平整，大小应满足塔材地面组装等作业要求。
- 3 动力牵引平台、材料和机具堆放的场地应平整，并应满足施工作业要求。
- 4 动力地锚及控制绳地锚的设置应满足施工作业要求。

5.2.2 牵引系统应放置在主要吊装面的侧面，当塔全高大于 40m 时，牵引装置及地锚与铁塔基础中心的距离不应小于 40m，当塔全高小于或等于 40m 时，牵引装置及地锚与铁塔基础中心的距离不应小于塔全高的 1.2 倍。

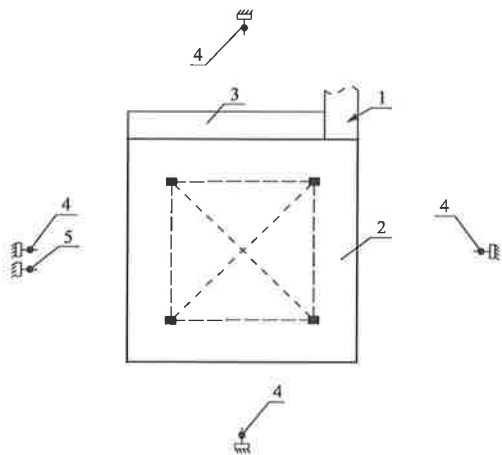


图 5.2.1 内悬浮内拉线抱杆分解组塔现场平面布置示意图

1—进场运输道路；2—作业场地；3—材料和机具场地；4—控制绳地锚；5—动力地锚

5.2.3 内悬浮内拉线抱杆分解组塔现场布置如图 5.2.3 所示。

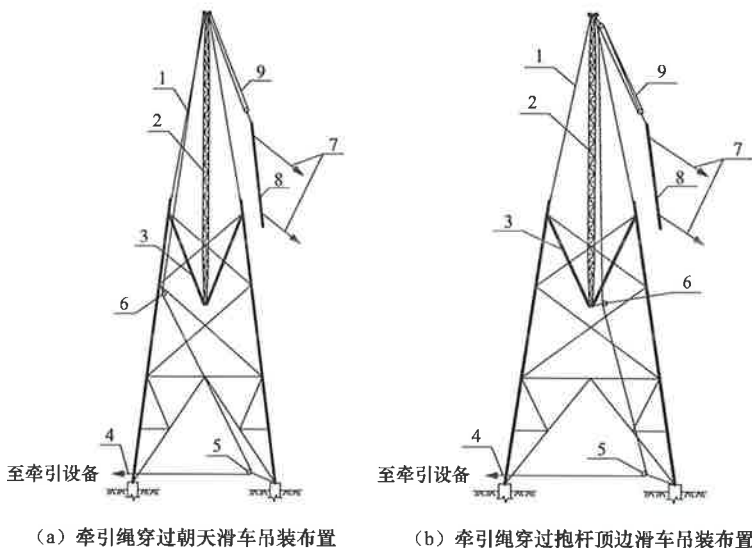


图 5.2.3 内悬浮内拉线抱杆分解组塔

1—内拉线；2—抱杆；3—承托绳；4—牵引绳；5—地面转向滑车；
6—转向滑车；7—控制绳；8—吊件；9—起吊滑车组

5.2.4 承托绳应固定在铁塔主材的节点上，且承托绳应等长，并应安装在塔材上的施工孔上。

5.2.5 抱杆作业高度和作业半径应满足构件起吊和就位要求。

5.2.6 抱杆内拉线与水平面夹角应满足抱杆稳定性要求。

5.3 工 艺 流 程

5.3.1 内悬浮外拉线抱杆分解组塔工艺流程应按本导则第 4.3.1 条执行。

5.4 主 要 工 艺

5.4.1 抱杆组立应按本导则第 4.4.1 条执行。

5.4.2 塔腿吊装应按本导则第 4.4.2 条执行。

5.4.3 抱杆提升前，应按照施工计算确定的绳索长度安装抱杆内拉线，其余应按本导则第 4.4.3 条执行。

5.4.4 塔身吊装应按本导则第 4.4.4 条执行。

5.4.5 横担吊装，应根据所确定的吊装方案进行主要工器具的受力计算及构件的强度验算，对于无法满足吊装要求的，应增加抱杆反向落地拉线。其余应按本导则第 4.4.9 条执行。

5.4.6 抱杆拆除，应按本导则第 4.4.10 条执行。

5.5 主要受力计算

5.5.1 内悬浮内拉线抱杆分解组塔的施工计算应包括主要工器具的受力计算。

5.5.2 主要工器具应包括抱杆、抱杆内拉线、包括起吊滑车组、吊点绳、牵引绳等在内的起吊绳、承托绳和控制绳等。

5.5.3 工器具受力计算应先将全塔各次的吊重及相应的抱杆倾角、内拉线与抱杆夹角、控制绳对地夹角进行组合，受力分析应考虑 45°吊装塔腿时计算各工器具受力，并应取其最大值作为选择相应工器具的依据。

5.5.4 内悬浮内拉线抱杆分解组塔主要工器具受力计算应按附录 B 执行。

6 倒落式抱杆整体组塔

6.1 一般规定

6.1.1 倒落式抱杆整体组塔适用于平地或丘陵地区的 110kV~750kV 输电线路拉线塔或 110kV~330kV 自立式铁塔。在山区特殊地形铁塔，采取一定措施后亦可使用。

6.1.2 本导则以使用“人”字型倒落式抱杆为主，对较小、较轻的独腿拉线塔也可使用 I 型倒落式抱杆。

6.1.3 施工时应根据塔型、重心高度、塔重合理选择抱杆规格。

6.2 现场布置

6.2.1 拉线门型塔整体组立现场布置如图 6.2.1 所示。

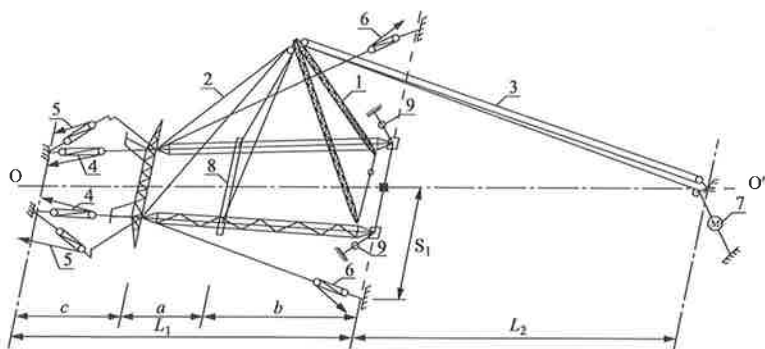


图 6.2.1 门型拉线塔整立布置示意图

1—人字抱杆；2—吊点绳；3—总牵引滑车组；4—根部制动绳；5—后方拉线；

6—两侧向拉线；7—绞磨；8—补强木；9—根部固定绳

6.2.2 拉线猫头塔整体组立现场布置如图 6.2.2 所示。

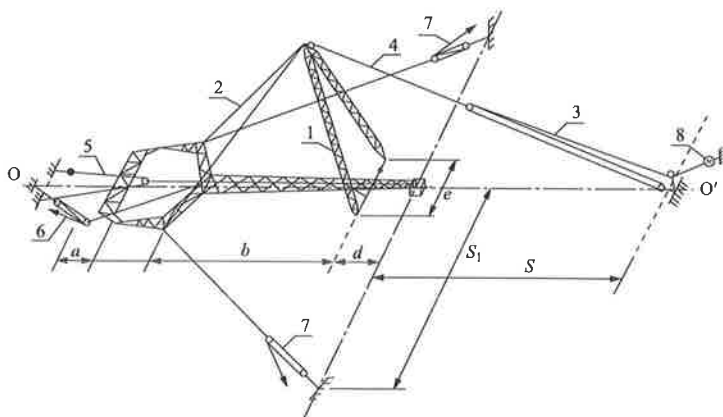


图 6.2.2 拉线猫头塔整体组立现场布置示意图

1—人字抱杆；2—吊点绳；3—总牵引滑车组；4—总牵引绳；5—制动绳；
6—后方拉线；7—两侧向拉线；8—绞磨

6.2.3 拉线 V 型塔整体组立现场布置如图 6.2.3 所示。

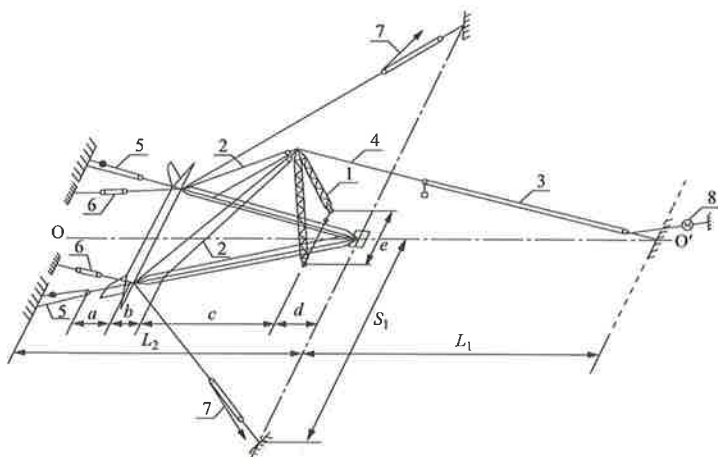


图 6.2.3 拉线 V 型塔整立布置示意图

1—人字抱杆；2—吊点绳；3—总牵引滑车组；4—总牵引绳；5—制动绳；
6—后方拉线；7—两侧向拉线；8—绞磨

6.2.4 自立型铁塔整体组立现场布置如图 6.2.4 所示。

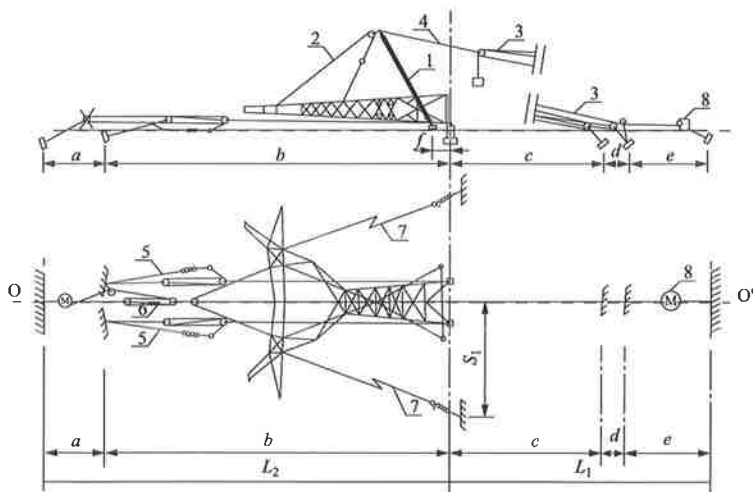


图 6.2.4 自立型铁塔整体组立现场布置示意图

- 1—人字抱杆；2—吊点绳；3—总牵引滑车组（双牵引滑车组方式）；
4—总牵引绳；5—制动绳；6—后方拉线；7—两侧向拉线；8—绞磨

6.2.5 吊点绳系统：当铁塔全高为 20m~50m 时，可采用单吊点或双吊点固定；当铁塔全高在 50m 以上时，应采用多吊点。钢丝绳与铁塔构件绑点位置应选在节点上，绑扎处应垫软物、道木或使用夹具。

6.2.6 牵引系统由总牵引钢丝绳和滑车组及导向滑车组成。滑车组的动滑轮经总牵引绳和抱杆自动脱帽环相连。牵引滑车组的定滑车和导向滑车均应通过总牵引绳地锚加以固定。牵引绳与地面夹角不应大于 30° ，并应保证牵引绳地锚、抱杆中心线、铁塔中心和制动系统中心在同一垂直面上。整体起立时宜采用单套牵引装置，当总牵引力较大时，也可采用双套牵引装置。为防止滑车组钢丝绳受力后发生扭绞，应在动滑车上加一重物。

6.2.7 牵引装置宜布置在铁塔中心线上。当受地形限制需要转向

布置时, 偏出角不宜超过 90° 。

6.2.8 人字抱杆的布置, 应符合下列规定:

1 应按施工设计的要求布置人字抱杆座落位置, 抱杆距塔位中心宜超前 $3\text{m}\sim 4\text{m}$ 。两根抱杆应等长, 两抱杆根部连线应与铁塔中心线垂直, 并应对称布置。

2 应采用一根控制绳穿过脱帽环, 在离抱杆顶部 0.5m 处绑住抱杆, 应将控制绳另一端经地面地锚或铁塔基础上的特制环, 并利用人力控制抱杆失效后的下落速度。

3 可用辅助抱杆整体起立人字抱杆。辅助抱杆长度宜取人字抱杆长度的 $1/2$ 。人字抱杆起立时应采取防止根部滑移的制动措施。

4 在坚硬土质或冻土地带整体组立铁塔时, 人字抱杆根部应设置防滑移措施。在农田等松软地带, 人字抱杆根部应采取防沉陷措施。当人字抱杆根部制动绳设置于铁塔上时, 当铁塔塔头离地、抱杆受力稳定后, 应及时拆除该制动绳。

6.2.9 铁塔制动系统布置、安装, 应符合下列规定:

1 制动地锚布置的对称线应与牵引地锚、人字抱杆顶端和铁塔中心线的反方向保持在同一铅锤面上 (即四点一线), 如图 6.2.1~图 6.2.4 所示。

2 制动钢绳在铁塔根部固定时, 固定部位应在铁塔根部的正下方。

3 制动钢绳的控制端连接制动系统的动滑车, 在整体起立前应预先收紧制动系统。

4 为使起立过程中铁塔能顺利就位, 在地面组装铁塔时, 可预先将铁塔根部抬高至基础顶端 $200\text{mm}\sim 300\text{mm}$ 。地面应保持平整和垫上枕木, 并应保证就位时铁塔能够滑动到基础上。

6.2.10 临时拉线的安装, 应符合下列规定:

1 临时拉线地锚布置应以铁塔起立方向为轴线, 并应以基础为中心呈十字方向展开, 距离铁塔基础中心不应小于 1.2 倍铁塔高度。

2 拉线的上端应绑牢在铁塔头部的节点处, 起立过程中的

调整应听从统一指挥。

3 将临时拉线通过手扳葫芦或机动绞磨固定在地锚上，起立过程中应能收、放调整。

6.2.11 永久拉线的安装，应符合下列规定：

1 应按照设计的组装图将拉线组装好，拉线上端应在铁塔上直接组装，其余部分应理顺摆齐。

2 铁塔组立调正完毕后应及时制作永久拉线。永久拉线全部固定后，方可拆除临时拉线。

3 永久拉线的线夹为压接型时，截取钢绞线时应施加一定的预张力。

4 压接型线夹制作时，应符合《输变电工程架空导线及地线液压压接工艺规程》DL/T 5285 的相关规定。

6.3 工 艺 流 程

6.3.1 铁塔整体组立施工工艺流程如图 6.3.1 所示。



图 6.3.1 铁塔整体组立施工工艺流程图

6.4 主要工艺

6.4.1 地面组装，应符合下列规定：

1 铁塔地面组装前应对组装现场及准备情况进行全面检查，并应在符合基本规定后方可进行。

2 应按施工作业指导书的现场布置要求，用经纬仪进行测量定位并放线。

3 塔腿及塔身组装时，宜先按分片组装好，而后再用起吊工器具组装成一体，再将各段连接成整体。

4 由于塔头部分的断面较小、构件质量较轻，组装时可不用起重设备，但应按铁塔设计分段，逐段组装成型，逐段与塔身连接。并应安装拉线金具、整体起立专用吊点联板。

5 自立塔地面组装后宜在塔脚板与基础顶面间设置铰链。

6.4.2 吊点的选择，应符合下列规定：

1 应根据铁塔的重心高度、起吊的总重量以及抱杆的长度等参数合理选择吊点。

2 选择吊点前，应将随铁塔一起组立的永久拉线、临时拉线和铁塔的补强材料等附着物全部计算在起吊重量内，并按其结构分布，计算出重心。

3 吊点数量的选择和布置应保证起立过程中铁塔构件不变形。吊点选择不宜过低，并应避免抱杆不能正常脱帽和制动系统受力过大。

6.4.3 抱杆起立，应符合下列规定：

1 抱杆的初始角与失效角的控制应经施工计算确定。

2 抱杆初始角可控制在与地面铁塔的夹角 $60^{\circ} \sim 70^{\circ}$ 之间。抱杆的失效角可控制在铁塔起立至 $60^{\circ} \sim 70^{\circ}$ 。

6.4.4 整体起立，应符合下列规定：

1 起立前，应对平面布置及各个系统绳套绑扎等进行全面、细致的检查。

2 起立时,指挥人员应站在能看到或指挥到现场的各个部位的合适位置。副指挥应站在牵引地锚中心线附近观察牵引地锚受力和牵引地锚、抱杆顶、铁塔头部中心是否三点一线,并应及时通知指挥人员进行调整。

3 各部位工作人员应听从指挥信号,铁塔起立过程中,非工作人员不得进入塔全高 1.2 倍以内的范围内,施工人员不得在正起立的铁塔和牵引系统的下方逗留。

4 铁塔顶部吊离地面 500mm 时,应停止牵引,并应对铁塔及组立的各个系统再次进行检查,应重点检查各个地锚、钢丝绳连接的受力情况和各个吊点的受力是否正常,铁塔是否有可能因受力出现弯曲。当有异常时,应将铁塔放回地面垫实,经妥善处理后再组立。

5 组立过程中,两侧临时拉线应进行必要的调整,使其松紧合适,并应根据需要适当地放松制动钢绳,使铁塔能平稳起立和就位。

6 在抱杆失效前,即铁塔起立至 $50^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 时,应使铁塔根部正确就位,放松制动时,应尽可能缓慢并减少放松次数。

7 抱杆失效脱帽时,应停止牵引,并应调整抱杆头部的控制绳,使其慢慢落到地面。

8 抱杆失效脱帽时,应将后侧临时拉线穿入地锚进行控制,超过 70° 时,后侧临时拉线应受力并随时做好制动的准备。

9 当铁塔立至 80° 时,应停止牵引,利用牵引索具自重所产生的水平分力,使铁塔立至垂直位置。

10 铁塔接近垂直位置时,可将前侧临时拉线或永久拉线带上,解除牵引系统,现场指挥应根据铁塔正、侧面的观测人员通知,指挥施工人员用临时拉线将塔调正。

6.4.5 铁塔组立、调整完成后,应随即制作永久拉线和紧固基础定位螺栓。拉线和紧固工作完成后,人员方可上铁塔拆除补强件、牵引、固定钢绳和临时拉线等,进行下基铁塔的组立转场

工作。

6.4.6 带拉线的转角塔起立后，在安装永久拉线的时候，应在内角侧设置半永久性拉线，并应在架线结束后拆除该拉线。

6.5 主要受力计算

6.5.1 倒落式抱杆整体组塔主要工器具包括人字抱杆、铁塔拉线、牵引绳（滑车组）、吊点绳、制动绳等。工器具受力计算应包括铁塔重心高度、抱杆布置参数、随立杆角变化的各个角的函数关系、人字抱杆失效角的判定、主要索具的受力计算等。

6.5.2 倒落式抱杆整体组塔主要工器具受力计算应按附录 C 执行。

7 内悬浮双摇臂抱杆分解组塔

7.1 一般规定

7.1.1 内悬浮双摇臂抱杆适用于各种地形条件的 500kV 及以上输电线路自立式铁塔组立，不适用于酒杯型、猫头型铁塔组立。

7.1.2 抱杆宜使用内拉线，拉线应设置于主抱杆的回转装置下方。

7.1.3 抱杆变幅摇臂宜配置保险绳，变幅动力设备宜布置于回转装置之下的杆身内部。

7.1.4 宜采用双侧平衡的吊装方式，当采用不平衡吊装方式时，不平衡力矩不得超过其设计允许值。

7.1.5 在提升抱杆及构件吊装过程中，应保持抱杆正直，腰环设置不应少于两道。

7.1.6 内悬浮双摇臂抱杆分解组塔施工应进行施工计算，主要施工计算应包括下列内容：

- 1 施工过程中构件和塔体的强度验算。
- 2 抱杆腰环、内拉线、提升和承托锚固点等设置后塔体的强度和稳定验算。
- 3 抱杆等主要工器具的受力计算。

7.2 现场布置

7.2.1 内悬浮双摇臂抱杆分解组塔现场平面布置应如图 7.2.1 所示，应包括进场运输道路、作业场地、材料和机具场地、施工辅助道路、起吊设备动力平台、指挥控制室、地锚设置等。现场平面布置应符合下列要求：

- 1 进场运输道路应满足塔材运输或搬运要求。
- 2 作业场地应平整，大小应满足塔材地面组装等作业要求。
- 3 动力平台、材料和机具场地应平整，并应满足施工作业要求。
- 4 施工辅助道路应满足动力设备进场和起吊牵引绳布置等要求。
- 5 提升总地锚、动力地锚及其他辅助地锚设置应满足施工作业要求。

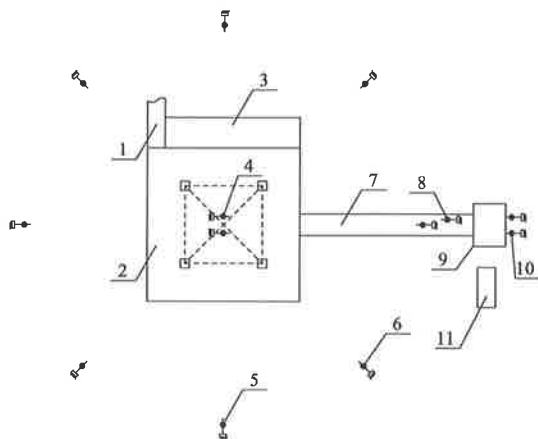


图 7.2.1 内悬浮双摇臂抱杆分解组塔现场平面布置示意图

- 1—进场运输道路；2—作业场地；3—材料和机具场地；4—转向地锚；
5—控制绳地锚；6—临时拉线地锚；7—施工辅助道路；
8—提升总地锚；9—起吊设备动力平台；
10—动力地锚；11—指挥控制室

- 7.2.2 内悬浮双摇臂抱杆分解组塔吊装布置应如图 7.2.2 所示。
- 7.2.3 抱杆作业高度和作业半径应满足构件起吊和就位要求。
- 7.2.4 抱杆拉线与水平面夹角应满足抱杆强度和稳定性要求，其

塔身侧挂点应设置在塔身节点处，并宜采用滑车组等方式控制内拉线长度。

7.2.5 承托绳可采用滑车组或装配式定长绳索，两对角承托绳间的夹角不应大于 90° ，其塔身侧挂点应设置在塔身节点处。

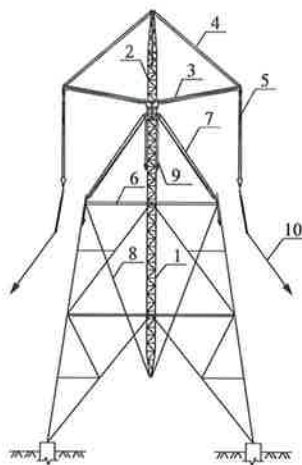


图 7.2.2 内悬浮双摇臂抱杆分解组塔吊装布置示意图

1—杆身；2—桅杆；3—摇臂；4—变幅滑车组；5—起吊滑车组；

6—腰环；7—抱杆拉线；8—承托绳；

9—起吊牵引绳；10—控制绳

7.2.6 抱杆腰环间距应满足杆身稳定性要求，且腰环应设置在塔身节点处。

7.2.7 起吊动力设备、指挥控制室宜按顺线路方向布置，与铁塔中心的距离不应小于塔全高的 $1/2$ 且不应小于 40m 。

7.3 工 艺 流 程

7.3.1 内悬浮双摇臂抱杆分解组塔工艺流程见图 7.3.1。

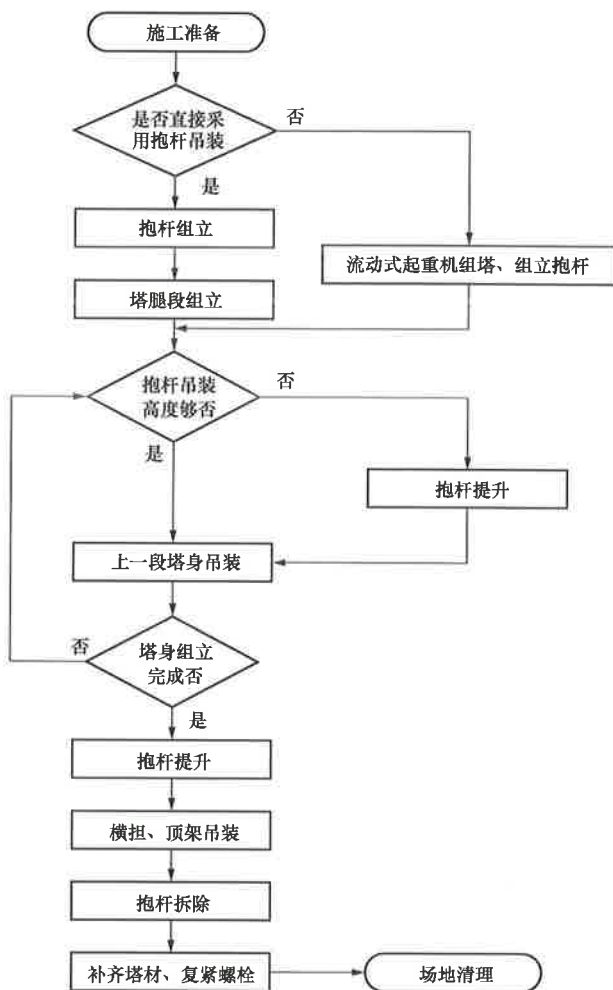


图 7.3.1 内悬浮双摇臂抱杆分解组塔工艺流程图

7.4 主要工艺

7.4.1 抱杆组立，应符合下列规定：

1 地形条件许可时,可采用流动式起重机组立或倒落式人字抱杆整体组立。

2 地形条件受限时,可先利用小型倒落式人字抱杆整体组立或采用散装方式组立抱杆上半部分,再利用已组立的抱杆上半部分将铁塔组立到一定高度,然后采用倒装提升方式,在抱杆下部接装抱杆其余各段,直至全部组装完成。

3 抱杆组立过程中,应根据其性能要求及时设置腰环、拉线,并应保持抱杆杆身正直。

4 抱杆安装完成后,应对起吊、变幅、回转各系统及安全装置进行调试及参数设置,并应在使用前进行试吊。

7.4.2 塔腿吊装,应符合下列规定:

1 吊件摆放及组装位置的平面布置如图 7.4.2-1 所示,两侧吊件应按抱杆中心对称布置,吊件偏角不宜超过 5° 。

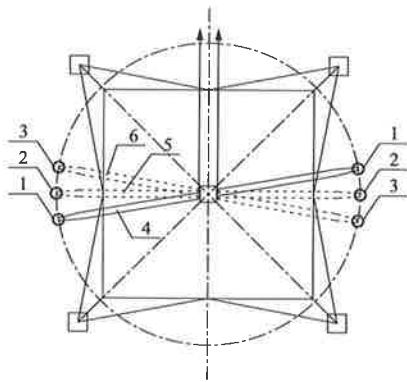


图 7.4.2-1 内悬浮双摇臂抱杆分解组塔吊件平面布置示意图

1—吊件位置 1; 2—吊件位置 2; 3—吊件位置 3; 4—对应吊件 1 摇臂位置;

5—对应吊件 2 摇臂位置; 6—对应吊件 3 摇臂位置

2 塔脚板及主材吊装时,应先对角对称同步吊装塔腿的塔脚板,再吊装主材。主材吊装时,应采取设置外拉线等防内倾措施,如图 7.4.2-2 所示。

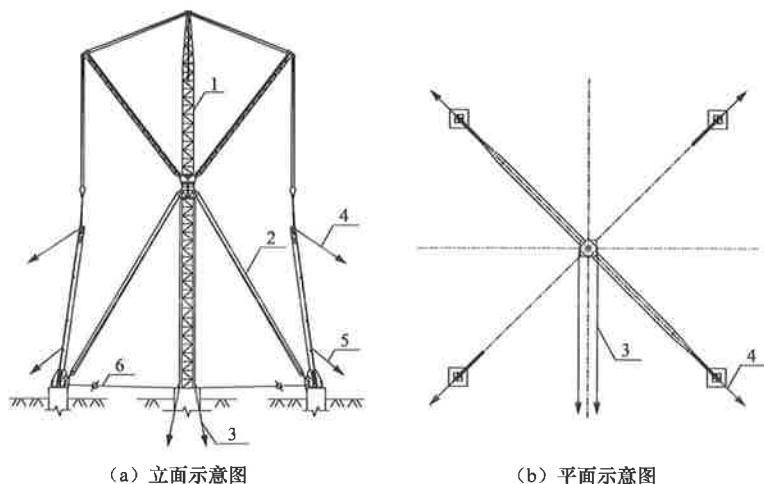


图 7.4.2-2 内悬浮双摇臂抱杆分解组塔主材吊装示意图

1—抱杆；2—抱杆拉线；3—起吊牵引绳；4—外拉线；5—控制绳；6—锚固绳

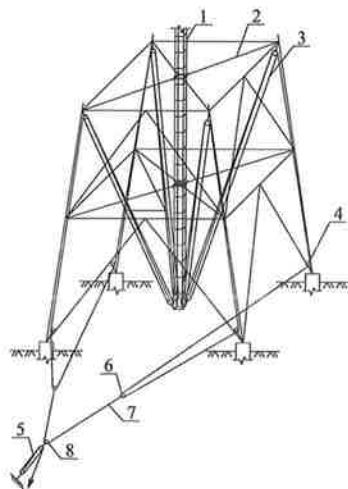
3 主材吊装完毕后，应对称同步吊装侧面构件。可采用整体或分解吊装方式吊装侧面构件。分解吊装时，应先吊装水平材，后吊装斜材。水平材吊装过程中，应采用设置外拉线等方式调整就位尺寸。水平材就位后，应采取预拱措施。

4 侧面构件吊装完毕后，应对称同步吊装内隔面构件。可采用整体或分解吊装方式吊装内隔面构件。分解吊装时，内隔面水平材应采取预拱措施。内隔面水平材就位过程，应采用设置外拉线等方式调整就位尺寸。

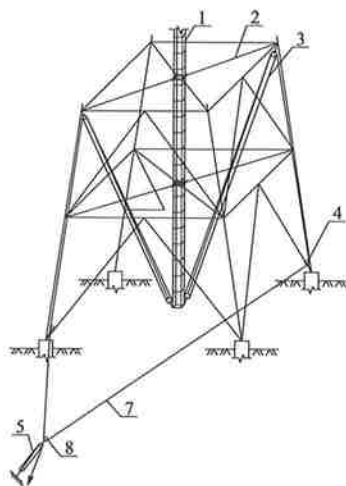
5 对结构尺寸、重量较小的塔腿段，地形条件允许时，可采用成片吊装方式吊装。

7.4.3 抱杆提升，应符合下列规定：

1 应利用已组立好的塔体作为支撑架，采用滑车组牵引法提升抱杆。提升滑车组的定滑车应根据铁塔组立高度移至相应高度的塔身节点上，提升滑车组牵引绳可采用“四变二变一”或“对角二变一”组合方式与地面牵引滑车组相连，如图 7.4.3 所示。



(a) 抱杆利用塔体作为支撑架提升的“四变二变一”组合



(b) 抱杆利用塔体作为支撑架提升的“对角二变一”组合

图 7.4.3 滑车组牵引法提升抱杆示意图

1—抱杆；2—腰环；3—提升滑车组；4—转向滑车；5—牵引滑车组；

6—一级平衡滑车；7—平衡绳；8—二级平衡滑车

2 抱杆提升前,应合理设置腰环数量及间距,腰环不应少于两道,然后将内拉线转移至已组立的塔身上部节点并呈松弛固定。

3 抱杆提升过程中,应同步松出内拉线,并应保持抱杆正直。

4 抱杆提升完毕后,应布置承托绳、腰环,并应收紧拉线 and 保持抱杆正直。

7.4.4 塔身吊装,应符合下列规定:

1 应按每个稳定结构分段吊装塔身。应先对角对称同步吊装主材,后对称同步吊装侧面构件等。对塔身上部结构尺寸较小、重量较轻的段别,可采用分片吊装方式吊装。

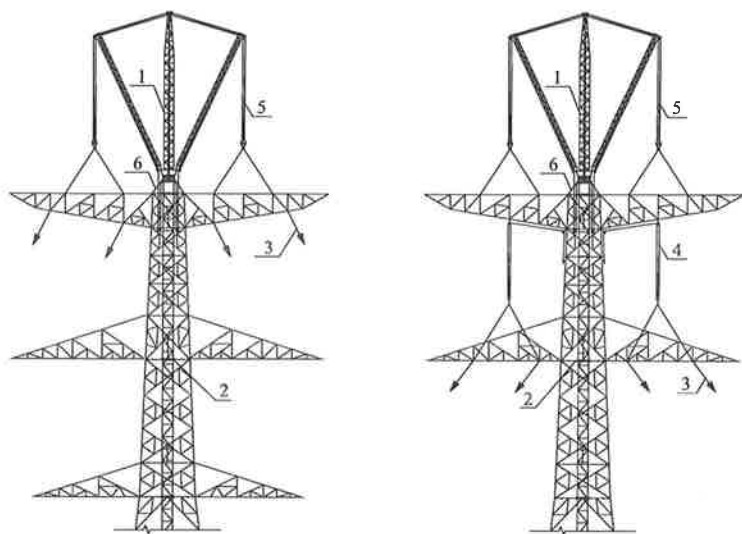
2 单侧吊装时,反侧摇臂的起吊滑车组应锚固于地面或塔脚,并应起到平衡拉线的作用。吊装过程中,应及时调整平衡侧起吊滑车组锚固力和保持抱杆正直。

3 塔身吊装时,应根据实际情况,采取设置外拉线等防内倾措施和就位尺寸调整措施。对结构尺寸较大的分片吊装塔片,吊装时应采取必要的补强措施。

7.4.5 横担及顶架吊装,应符合下列规定:

1 对羊字型、干字型塔,可采用整体、分段、分片或相互结合的方式吊装,宜采取由下往上的吊装顺序,即先吊装下层横担,再吊装上层横担或顶架,如图 7.4.5 (a) 所示。吊装上层横担或顶架时,应组装在顺线路方向上,当吊件高度超过下层横担后再旋转至横线路方向;吊装横担时,吊点绳宜绑扎在吊件重心偏外的位置;起吊时,横担外端应略上翘,就位时应先连接上平面两主材螺栓,后连接下平面两主材螺栓。

2 抱杆起吊幅度、起吊重量受限时,可采取由上往下的吊装顺序,即先吊装上层横担或顶架,后吊装下层横担。可采用抱杆吊装上层横担或顶架,在上层横担或顶架布置起吊滑车组的方式吊装下层横担,如图 7.4.5 (b) 所示。



(a) 由下往上双侧吊装横担（顶架） (b) 利用上层横担（顶架）双侧吊装下层横担

图 7.4.5 十字型塔横担及顶架吊装示意图

1—抱杆；2—腰环；3—控制绳；4—横担起吊滑车组；

5—抱杆起吊滑车组；6—抱杆内拉线

3 采用旋转法整体吊装方式时，应对旋转处的螺栓、构件受力进行验算。

7.4.6 抱杆拆除时，应先将两摇臂收拢并与桅杆绑扎固定，然后按提升逆程序将抱杆下降至满足拆除要求的高度后，采用在塔身顶部挂设滑车组的方式将抱杆降至地面。

7.5 主要工器具受力计算

7.5.1 内悬浮双摇臂抱杆分解组塔主要工器具应包括抱杆、抱杆拉线、起吊滑车组、吊点绳在内的起吊绳、变幅绳、控制绳、腰环和承托绳等。

7.5.2 工器具受力计算应包括工作情况下全塔各次吊重及相应抱杆拉线夹角、控制绳对地夹角的组合和大风情况下抱杆摇臂位于

DL / T 5342 — 2018

不同方位时各工况的计算，并应取其受力最大值作为选择相应工器具的依据。

7.5.3 内悬浮双摇臂抱杆分解组塔主要工器具受力计算应按附录 D 执行。

8 座地双摇臂抱杆分解组塔

8.1 一般规定

8.1.1 座地双摇臂抱杆适用于各种地形条件的 500kV 及以上输电线路自立式铁塔组立。

8.1.2 抱杆宜使用内拉线,拉线宜设置于主抱杆的回转装置下方。

8.1.3 抱杆变幅摇臂宜配置保险绳,变幅动力设备宜布置于回转装置之下的杆身内部。

8.1.4 抱杆应设置于铁塔中心位置,抱杆基础应满足吊装性能要求。

8.1.5 宜采用双侧平衡的吊装方式,采用不平衡吊装方式时,不平衡力矩不得超过其设计允许值。

8.1.6 在提升及构件吊装过程中,抱杆应保持正直,顶端偏移不应超过其设计允许值。

8.1.7 座地双摇臂抱杆分解组塔施工,应进行施工计算,主要施工计算应包括下列内容:

- 1 施工过程中构件和塔体的强度验算。
- 2 抱杆腰环、内拉线、提升锚固点等设置后塔体的强度和稳定验算。
- 3 抱杆等主要机具的受力计算。
- 4 抱杆配套基础的设计计算。

8.2 现场布置

8.2.1 座地双摇臂抱杆分解组塔的现场平面布置如图 8.2.1 所示,应包括进场运输道路、作业场地、材料和机具场地、抱杆基础、

施工辅助道路、起吊设备动力平台、指挥控制室、地锚设置等。
现场平面布置应符合下列要求：

- 1 进场运输道路应满足塔材运输或搬运要求。
- 2 作业场地应平整，大小应满足塔材地面组装等作业要求。
- 3 动力平台、材料和机具场地应平整，并满足施工作业要求。
- 4 施工辅助道路应满足动力设备进场和起吊牵引绳布置等要求。
- 5 提升总地锚、动力地锚及其他辅助地锚设置应满足施工作业要求。

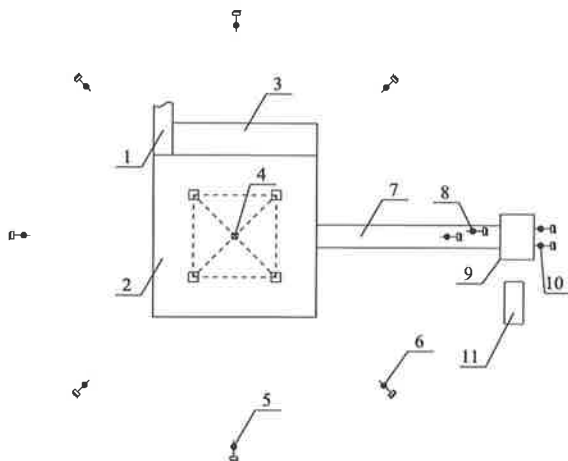


图 8.2.1 座地双摇臂抱杆分解组塔现场平面布置示意图

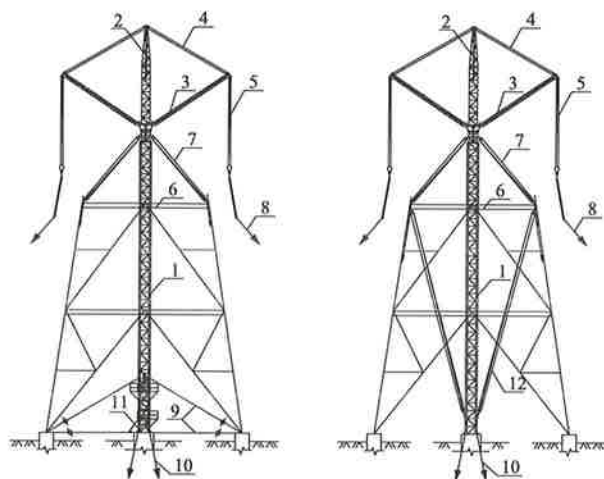
1—进场运输道路；2—作业场地；3—材料和机具场地；4—抱杆基础；

5—控制绳地锚；6—临时拉线地锚；7—施工辅助道路；

8—提升总地锚；9—起吊设备动力平台；

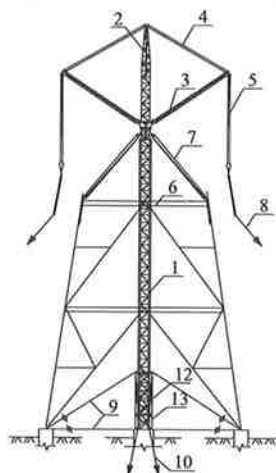
10—动力地锚；11—指挥控制室

8.2.2 座地双摇臂抱杆分解组塔吊装布置如图 8.2.2 所示。



(a) 抱杆利用液压提升
套架提升的吊装布置

(b) 抱杆利用塔体提升
的吊装布置



(c) 抱杆利用提升架提升的吊装布置

图 8.2.2 座地双摇臂抱杆分解组塔吊装布置示意图

1—杆身；2—桅杆；3—摇臂；4—变幅滑车组；5—起吊滑车组；6—腰环；

7—抱杆拉线；8—控制绳；9—锚固绳；10—起吊牵引绳；

11—液压提升套架；12—提升滑车组；13—提升架

8.2.3 抱杆作业高度和作业半径应满足构件起吊和就位要求。

8.2.4 抱杆拉线与水平面夹角应满足抱杆强度和稳定性要求，其塔身侧挂点应设置在塔身节点处，并宜采用滑车组等方式控制内拉线长度。

8.2.5 抱杆腰环间距应满足杆身稳定性要求，且腰环应设置在塔身节点处。

8.2.6 起吊动力设备、指挥控制室宜按顺线路方向布置，与铁塔基础中心的距离不应小于塔全高的 $1/2$ 且不应小于 40m。

8.3 工 艺 流 程

8.3.1 座地双摇臂抱杆分解组塔工艺流程如图 8.3.1 所示。

8.4 主 要 工 艺

8.4.1 抱杆组立应符合下列规定：

1 地形条件许可时，可采用流动式起重机组立或倒落式人字抱杆整体组立。

2 地形条件受限时，可先利用小型倒落式人字抱杆整体组立或采用散装方式组立抱杆上半部分，再利用已组立的抱杆上半部分将铁塔组立到一定高度，然后采用倒装提升方式，在抱杆下部接装抱杆其余各段，直至全部组装完成。

3 利用液压提升套架或提升架提升抱杆时，液压提升套架或提升架应结合抱杆组立同步安装。

4 抱杆组立过程中，应根据其性能要求及时设置腰环、拉线，并应保持抱杆杆身正直。

5 抱杆安装完成后，应对起吊、变幅、回转各系统及安全装置进行调试及参数设置，并应在使用前进行试吊。

8.4.2 塔腿吊装应按本导则第 7.4.2 条的方法进行。

8.4.3 抱杆提升应符合下列规定：

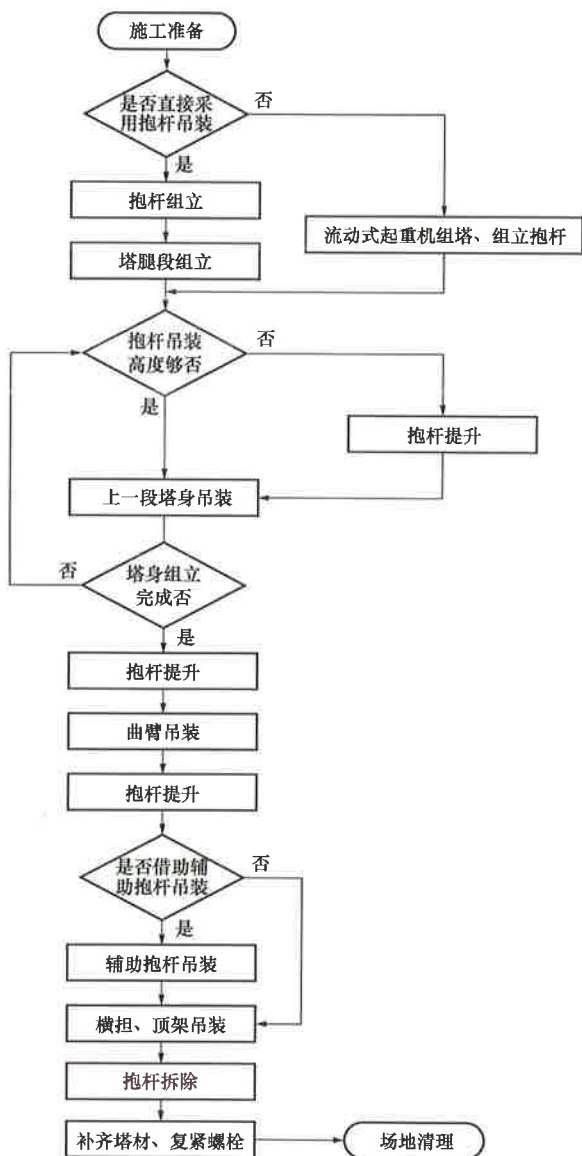


图 8.3.1 座地双摇臂抱杆分解组塔工艺流程图

1 采用滑车组牵引法倒装提升方式时,可在塔身某一合适高度节点处或提升架顶部挂设四套提升滑车组,提升滑车组牵引绳从定滑车引出,再通过地面转向滑车引至地面后进行“四变二变一”或“四变一”组合,最终与地面牵引滑车组相连。采用“四变一”方式时,四套提升滑车组的尾绳应设置测力和调节装置。如图 8.4.3-1 所示。

2 采用地面液压提升套架倒装提升方式时,加装标准节的操作应在地面进行,如图 8.4.3-2 所示。

3 抱杆提升过程中,应根据其性能要求,合理设置腰环数量及间距。采用地面液压提升套架进行抱杆首次提升时可设置一道腰环,其余情况抱杆首次提升时,其腰环数量均不得少于两道。腰环设置过程中,应保持杆身正直。

4 抱杆提升完毕后,应及时设置抱杆拉线。

5 采用顶块和提升滚轮形式的腰环,抱杆提升前应先进调进滚轮、退出顶块,保证滚轮与杆身之间留有合适间隙,提升完毕后应至少保证最上部两道腰环顶块顶紧杆身。

8.4.4 塔身吊装应按本导则第 7.4.4 条的方法进行。

8.4.5 曲臂吊装应符合下列规定:

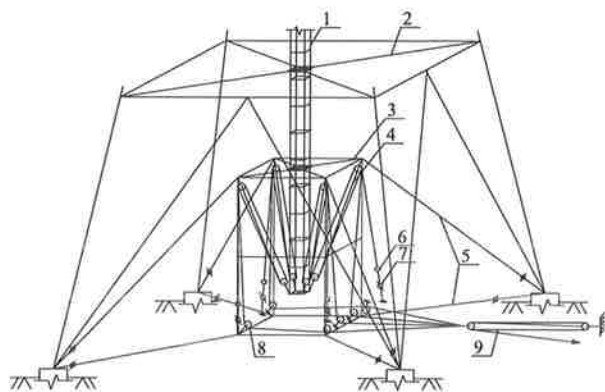
1 可采用分段、分片或相结合的方式对称同步吊装曲臂。

2 曲臂吊装过程中,抱杆应设置落地拉线。上曲臂吊装后应设置落地拉线及两上曲臂间的水平拉线,如图 8.4.5 所示。

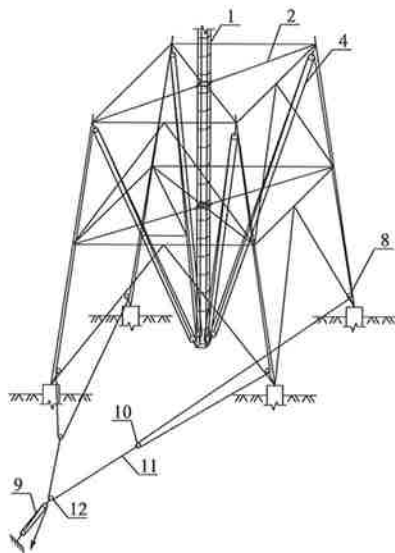
8.4.6 横担及顶架吊装应符合下列规定:

1 酒杯型塔,可采用分段、分片或相结合的方式对称同步吊装,并应符合下列规定:

1) 应先吊装中横担,后吊装边横担及顶架。中横担就位时,应通过落地拉线及两上曲臂间的水平拉线调整就位尺寸,满足就位要求;边横担起吊时,横担外端应略上翘,就位时应先连接上平面两主材螺栓,后连接下平面两主材螺栓。如图 8.4.6-1 所示。



(a) 抱杆利用提升架提升的“四变一”组合



(b) 抱杆利用塔体作为支撑架提升的“四变二变一”组合

图 8.4.3-1 滑车组牵引法倒装提升抱杆示意图

1—抱杆；2—腰环；3—提升架；4—提升滑车组；5—提升架锚固绳；

6—拉力传感器；7—调节装置；8—转向滑车；9—牵引滑车组；

10—一级平衡滑车；11—平衡钢丝绳；12—二级平衡滑车

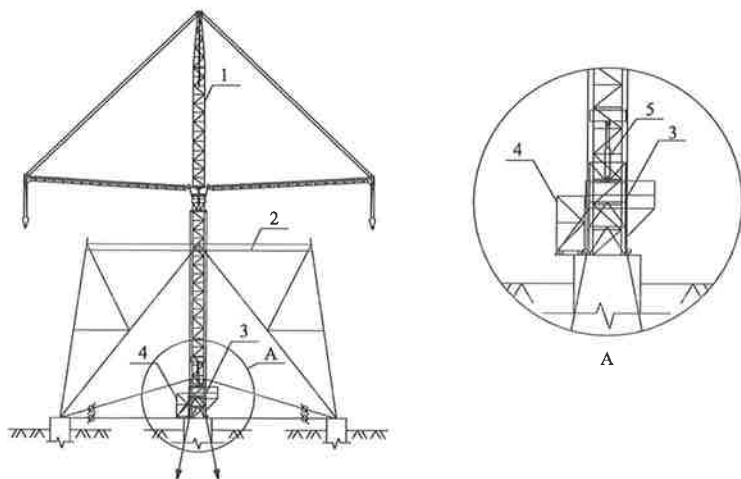


图 8.4.3-2 地面液压提升套架倒装提升抱杆示意图

1—抱杆；2—腰环；3—地面液压提升套架；

4—待加装标准节；5—顶升油缸

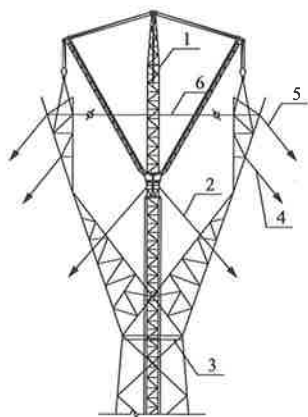
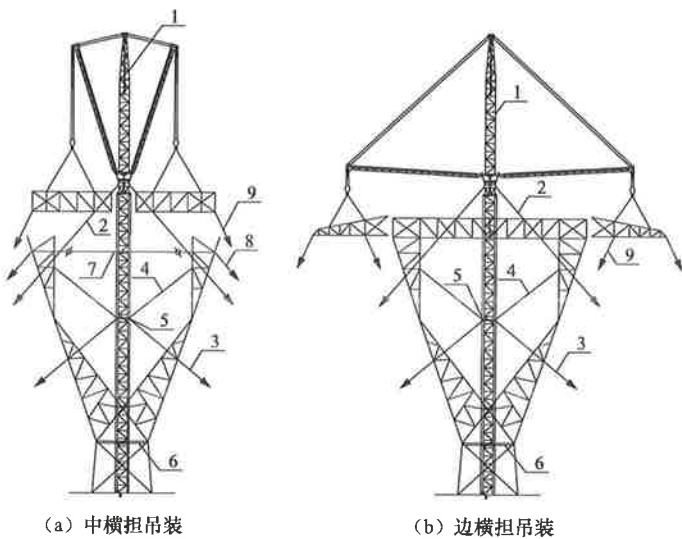


图 8.4.5 曲臂吊装示意图

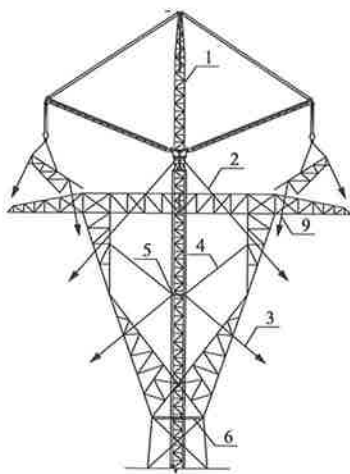
1—抱杆；2—抱杆拉线；3—腰环；4—控制绳；

5—落地拉线；6—水平拉线



(a) 中横担吊装

(b) 边横担吊装



(c) 顶架吊装

图 8.4.6-1 酒杯型塔横担及顶架吊装示意图

1—抱杆；2—抱杆拉线；3—腰环落地拉线；4—腰环防沉拉线；5—腰环；
6—腰环绳；7—水平拉线；8—落地拉线；9—控制绳

- 2) 横担及顶架吊装过程中, 抱杆应设置落地拉线, 并应根据抱杆稳定性要求, 在上下曲臂间设置交叉形式等满足抱杆提升、吊装要求的腰环, 如图 8.4.6-2 所示。

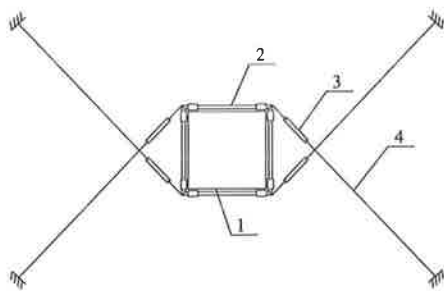


图 8.4.6-2 交叉形式腰环设置示意图

1—抱杆杆身；2—腰环；3—调节装置；4—腰环绳

2 对羊字型、干字型塔, 横担及顶架吊装应按本导则第 7.4.5 条的方法进行。

8.4.7 抱杆拆除时, 应先将两摇臂收拢并与桅杆固定, 然后按提升逆程序将杆身从底部逐节拆除, 待抱杆降到一定高度后, 可采用流动式起重机或在塔身挂设滑车组的方式将其剩余部分拆除。

8.5 主要器具受力计算

8.5.1 座地双摇臂抱杆分解组塔主要器具应包括抱杆、抱杆拉线、起吊绳（起吊滑车组、吊点绳）、变幅绳、控制绳和腰环等。

8.5.2 工器具受力计算应包括工作情况下全塔各次吊重及相应抱杆拉线夹角、控制绳对地夹角的组合和大风情况下抱杆摇臂位于不同方位时各工况的计算, 并应取其受力最大值作为选择相应工器具的依据。

8.5.3 座地双摇臂抱杆分解组塔主要器具受力计算应按附录 E 执行。

9 座地四摇臂抱杆分解组塔

9.1 一般规定

9.1.1 座地四摇臂抱杆适用于各种地形条件的 500kV 及以上输电线路自立式铁塔组立。

9.1.2 抱杆应设置于铁塔中心，抱杆基础应满足吊装性能要求。

9.1.3 应采用单侧起吊、对侧平衡的吊装方式，且应利用另外两侧摇臂稳定抱杆。并应合理布置摇臂方位、吊件摆放及组装位置，吊件偏角不宜超过 5° 。

9.1.4 抱杆变幅摇臂宜配置保险绳，变幅动力设备宜布置于地面动力平台。

9.1.5 抱杆在吊装过程中，不得进行回转作业，不同方位吊装应重新布置摇臂。

9.1.6 抱杆在提升过程中，应保持抱杆正直。

9.1.7 抱杆一侧摇臂起吊时，其他三侧摇臂起吊滑车组应锚固于地面。起吊前，抱杆顶部应向起吊反侧预偏 100mm~300mm。吊装过程中，应及时调整平衡侧起吊滑车组锚固力和保持抱杆正直。

9.1.8 座地四摇臂抱杆分解组塔施工应进行施工计算，主要施工计算应包括下列内容：

- 1 施工过程中构件和塔体的强度验算。
- 2 设置抱杆腰环和提升点等后塔体的强度和稳定验算。
- 3 抱杆等主要机具的受力计算。
- 4 抱杆配套基础的设计计算。

9.2 现场布置

9.2.1 座地四摇臂抱杆分解组塔的现场平面布置如图 9.2.1 所示，应包括进场运输道路、作业场地、材料和机具场地、抱杆基础、施工辅助道路、起吊（变幅）设备动力平台、指挥控制室和地锚设置等。现场平面布置应符合下列要求：

- 1 进场运输道路应满足塔材运输或搬运要求。
- 2 作业场地应平整，大小应满足塔材地面组装等作业要求。
- 3 动力平台、材料和机具场地应平整，并满足施工作业要求。
- 4 施工辅助道路应满足动力设备进场和起吊及变幅牵引绳布置等要求。
- 5 提升总地锚、动力地锚及其他辅助地锚设置应满足施工作业要求。

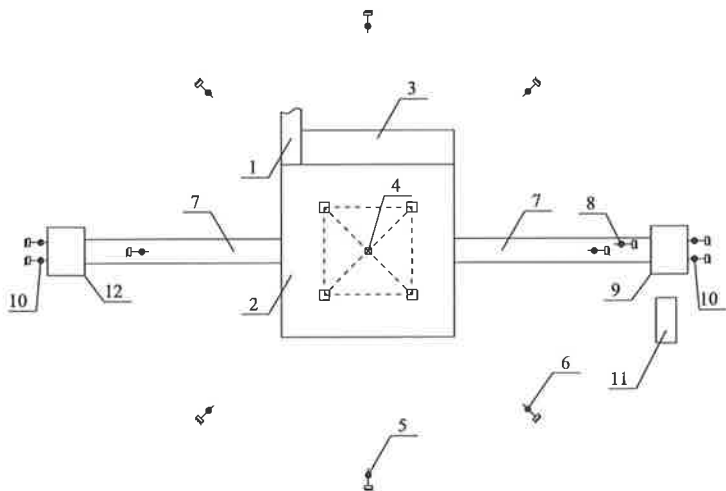


图 9.2.1 座地四摇臂抱杆分解组塔现场平面布置示意图

- 1—进场运输道路；2—作业场地；3—材料和机具场地；4—抱杆基础；5—控制绳地锚；
6—临时拉线地锚；7—施工辅助道路；8—提升总地锚；9—起吊设备动力平台；
10—动力地锚；11—指挥控制室；12—变幅设备动力平台

9.2.2 座地四摇臂抱杆分解组塔吊装布置如图 9.2.2 所示。

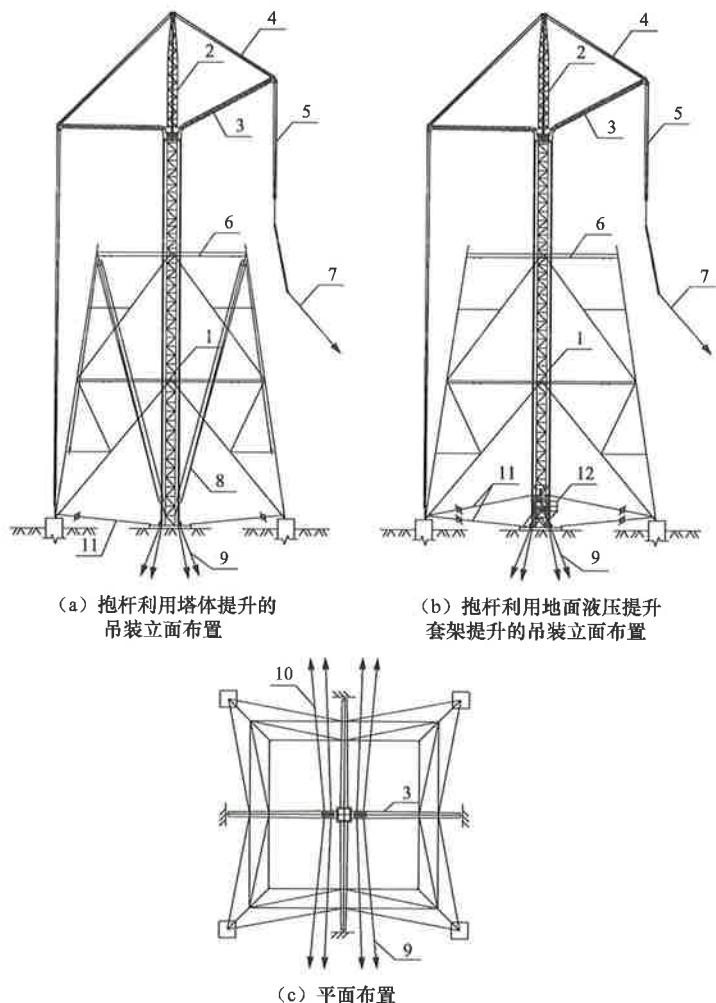


图 9.2.2 座地四摇臂抱杆分解组塔吊装布置示意图

1—杆身；2—桅杆；3—摇臂；4—变幅滑车组；5—起吊滑车组；6—腰环；7—控制绳；
8—提升滑车组；9—起吊牵引绳；10—变幅牵引绳；11—锚固绳；12—地面液压提升套架

9.2.3 抱杆作业高度和作业半径应满足构件起吊和就位要求。

9.2.4 抱杆腰环间距应满足杆身稳定性要求，且腰环应设置在塔身节点处。

9.2.5 起吊及变幅动力设备、指挥控制室宜按顺线路方向布置，与铁塔中心的距离不应小于塔全高的 1/2 且不应小于 40m。

9.3 工 艺 流 程

9.3.1 座地四摇臂抱杆分解组塔工艺流程如图 8.3.1 所示。

9.4 主 要 工 艺

9.4.1 抱杆组立应按本导则第 8.4.1 条的方法进行。

9.4.2 塔腿吊装应符合下列规定：

1 应依次吊装四个塔腿的塔脚板、主材及侧面构件等。主材吊装时，应采取设置外拉线等防内倾措施，如图 9.4.2 所示。吊装侧面和内隔面构件时，应采取设置外拉线等调整措施。

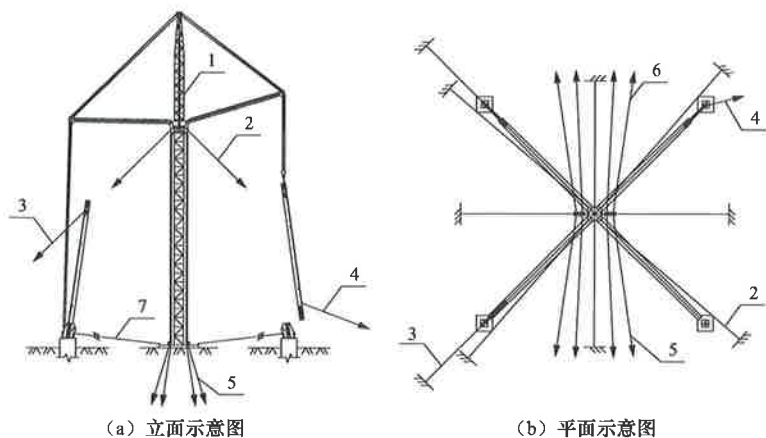


图 9.4.2 座地四摇臂抱杆分解组塔主材吊装示意图

1—抱杆；2—抱杆拉线；3—外拉线；4—控制绳；5—起吊牵引绳；

6—变幅牵引绳；7—锚固绳

2 对结构尺寸较小、重量较轻的塔腿段，地形条件允许时，可采用分片吊装方式吊装。

9.4.3 抱杆提升应符合下列规定：

1 当利用已组立好的塔体作为支撑架提升抱杆时，应采用滑车组牵引法倒装方式提升。

2 提升滑车组的定滑车应始终布置在铁塔某一合适高度的塔身节点上。

3 提升滑车组牵引绳可采用“四变二变一”或“四变一”组合方式与地面牵引滑车组相连，采用“四变一”组合方式时，四套提升滑车组尾绳应设置测力和调节装置，保证四根牵引钢丝绳受力均匀。

4 加装标准节的操作应在地面进行。

5 当采用地面液压提升套架提升抱杆时，应利用液压油缸系统，采用下顶升倒装方式提升，如图 9.4.3 所示。

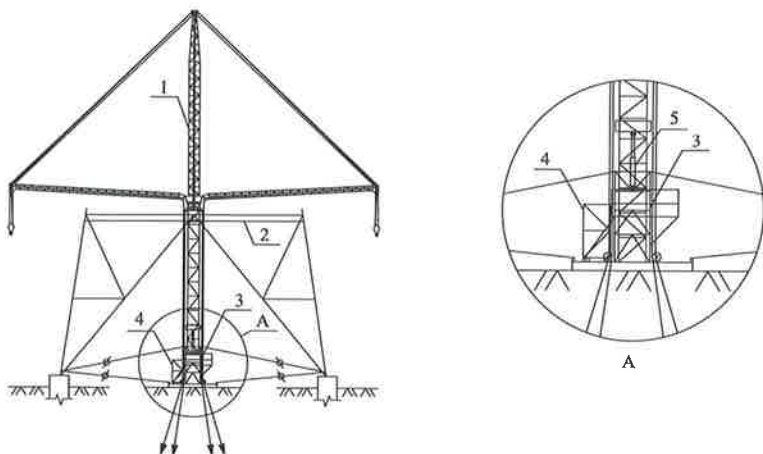


图 9.4.3 地面液压提升套架倒装提升抱杆示意图

1—抱杆；2—腰环；3 地面液压提升套架；4—待加装标准节；5—顶升油缸

6 抱杆提升过程中，应根据其性能要求，合理设置腰环数量及间距。

7 采用地面液压提升套架进行抱杆首次提升时可设置一道腰环,当利用已组立好的塔体作为支撑架进行抱杆首次提升时,其腰环数量不得少于两道,且腰环设置过程中,应保持杆身正直。

9.4.4 塔身吊装应符合下列规定:

1 应按每个稳定结构分段吊装塔身,并应先吊装主材,后吊装侧面构件等。对塔身结构尺寸较小、重量较轻的段别,可采用分片吊装方式吊装。

2 塔身吊装时,应根据实际情况,采取设置外拉线等防内倾措施和就位调整措施。

9.4.5 曲臂吊装应符合下列规定:

1 可采用分段、分片或相结合的方式吊装曲臂。上曲臂吊装后应设置落地拉线及两上曲臂间的水平拉线,其中一侧上曲臂吊装后应先设置过渡落地拉线,待水平拉线安装后拆除。如图 9.4.5 所示。

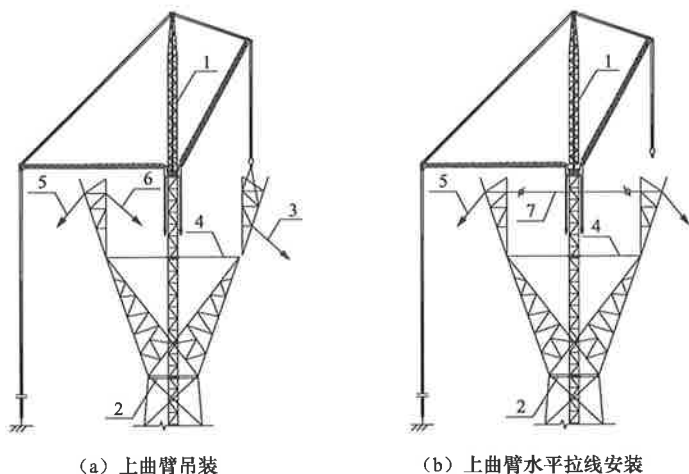


图 9.4.5 曲臂吊装示意图

1—抱杆; 2—腰环; 3—控制绳; 4—交叉形式腰环; 5—落地拉线;

6—过渡落地拉线; 7—水平拉线

2 曲臂吊装过程中,应根据抱杆稳定性要求,在上下曲臂间设置交叉形式等满足抱杆提升、吊装要求的腰环。

9.4.6 横担及顶架吊装应符合下列规定:

1 对于酒杯型塔,可采用分段、分片或相结合的方式吊装,并应符合下列规定:

- 1) 采用分片吊装方式时,应将中横担、边横担及顶架组装成片,并应采取横担补强措施和防摇臂合臂措施,分前后两片分别吊装,就位时应通过落地拉线及两上曲臂间的水平拉线调整就位尺寸和满足就位要求,如图 9.4.6-1 所示。

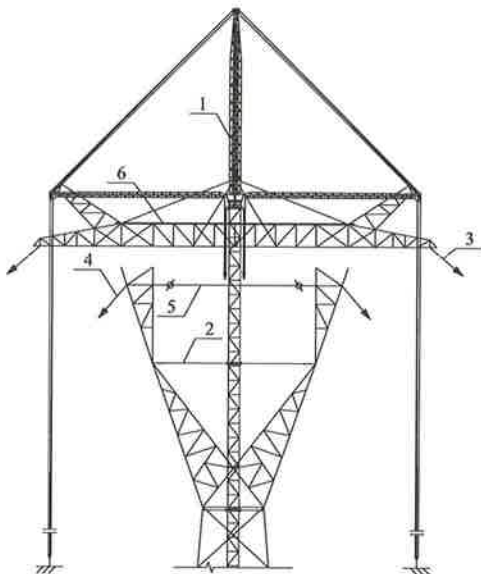


图 9.4.6-1 酒杯型塔横担及顶架前后分片吊装示意图

1—抱杆; 2—腰环; 3—控制绳; 4—落地拉线; 5—水平拉线; 6—横担补强

- 2) 抱杆起吊重量受限时,可先分前后两片分片吊装中横担,后分段吊装边横担及顶架,可采用在地线顶

架布置起吊滑车组的方式吊装边横担，如图 9.4.6-2 (a)、(b) 所示。

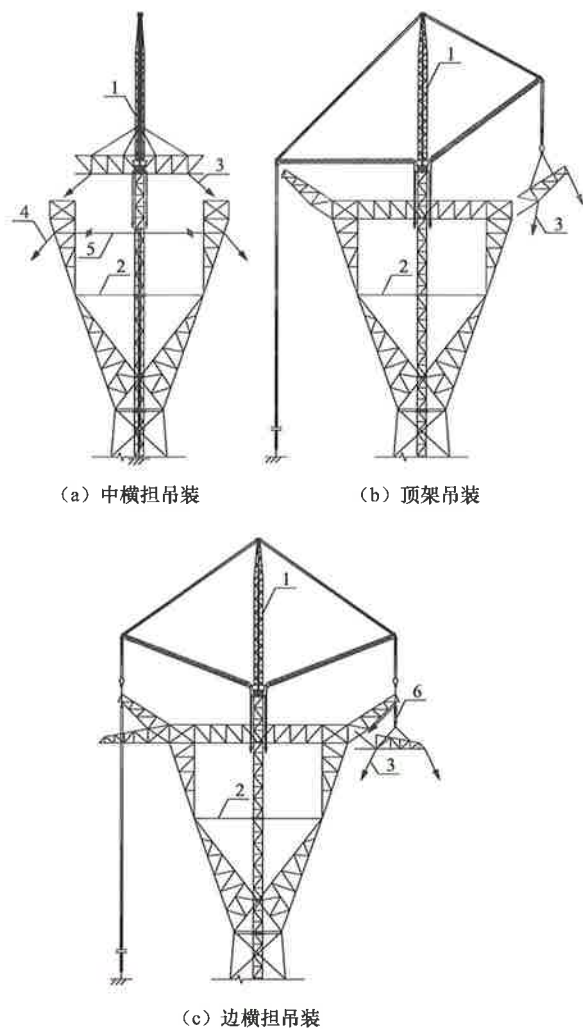


图 9.4.6-2 酒杯型塔横担及顶架分片分段吊装示意图

1—抱杆；2—腰环；3—控制绳；4—落地拉线；5—水平拉线；6—边横担起吊滑车组

3) 横担及顶架吊装过程中, 应根据抱杆稳定性要求, 在上下曲臂间设置落地形式、交叉形式等满足抱杆提升、吊装要求的腰环。

2 对于羊字型、干字型塔, 可采用整体、分段、分片或相互结合的方式吊装, 宜采取由上往下的吊装顺序, 即先吊装上层横担或顶架, 后吊装下层横担。可采用抱杆吊装上层横担或顶架, 还可采用在上层横担或顶架布置起吊滑车组的方式吊装下层横担, 如图 9.4.6-3 所示。

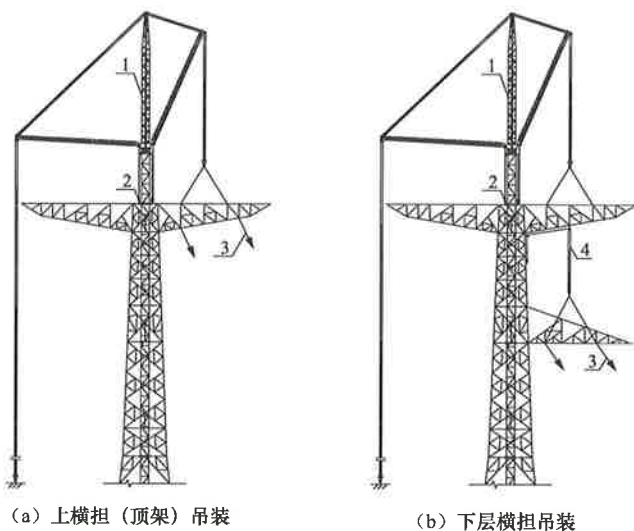


图 9.4.6-3 羊字型、干字型塔横担及顶架吊装示意图

1—抱杆; 2—腰环; 3—控制绳; 4—横担起吊滑车组

9.4.7 抱杆拆除时, 应先将四摇臂收拢并与桅杆固定, 然后按提升逆程序将杆身从底部逐节拆除, 待抱杆降到一定高度后, 可采用流动式起重机或在塔身挂设滑车组的方式将其剩余部分拆除。

9.5 主要工器具受力计算

9.5.1 座地四摇臂抱杆分解组塔主要工器具应包括抱杆、包括起吊滑车组、吊点绳在内的起吊绳、变幅绳、控制绳和腰环等。

9.5.2 工器具受力计算应包括工作情况下全塔各次吊重及相应抱杆拉线夹角、控制绳对地夹角的组合和大风情况下抱杆摇臂位于不同方位时各工况的计算，并应取其受力最大值作为选择相应工器具的依据。

9.5.3 座地四摇臂抱杆分解组塔主要工器具受力计算应按附录 F 执行。

10 座地双平臂抱杆分解组塔

10.1 一般规定

10.1.1 座地双平臂抱杆适用于 500kV 及以上架空输电线路自立式铁塔分解组立。

10.1.2 座地双平臂抱杆适用于运输条件较好的一般塔型组立，不宜用于塔窗高度超过抱杆自由高度的酒杯型、猫头型铁塔及不满足抱杆下降尺寸要求的铁塔。

10.1.3 抱杆安装后应按规定程序进行试验及验收，试验及验收合格后，方可投入使用。

10.1.4 抱杆应设置于铁塔中心位置。

10.1.5 抱杆基础地耐力应满足抱杆使用要求。

10.1.6 抱杆吊装时不平衡力矩不得超过其设计允许值，宜采用双侧平衡吊装方式。

10.1.7 抱杆杆身段宜采用标准节，腰环应设置于塔体节点位置，腰环间距应满足杆身稳定性要求，其结构形式还应满足抱杆防扭要求。

10.1.8 座地双平臂抱杆分解组塔施工应进行施工计算，主要施工计算应包括下列内容：

- 1 施工过程中吊件的强度验算。
- 2 抱杆腰环、提升点等设置后塔体的强度和稳定验算。
- 3 抱杆等主要机具的受力计算。
- 4 抱杆配套基础的设计计算。

10.2 现场布置

10.2.1 座地双平臂抱杆分解组塔现场布置如图 10.2.1 所示。应

包括进场运输道路、作业场地、材料和机具场地、施工辅助道路、起吊设备动力平台、指挥控制室、地锚设置等。场地平面布置应符合下列要求：

- 1 进场运输道路应满足塔材运输或搬运要求。
- 2 作业场地应平整，大小应满足塔材地面组装等作业要求。
- 3 动力牵引平台、材料和机具场地应平整，并应满足施工作业要求。
- 4 施工辅助道路应满足动力设备进场和起吊牵引绳布置等要求。
- 5 动力地锚及其控制绳地锚设置应满足施工作业要求。

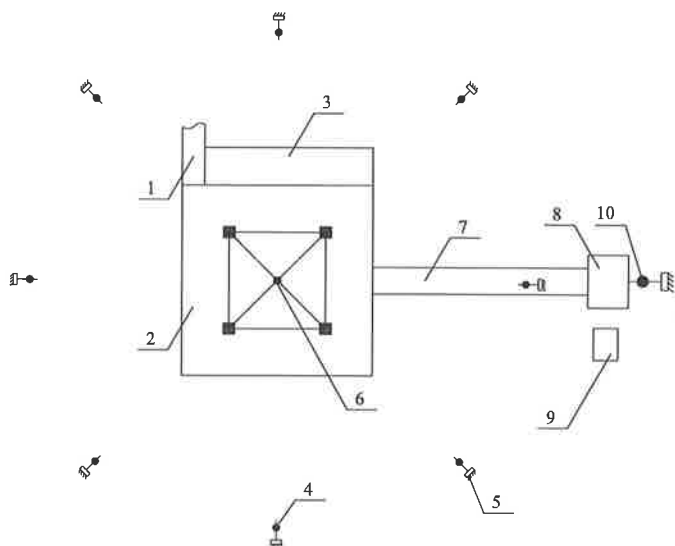


图 10.2.1 座地双平臂抱杆组塔现场布置示意图

- 1—进场运输道路；2—作业场地；3—材料和机具场地；4—控制绳地锚；
5—主材 45°拉线地锚；6—抱杆基础；7—施工辅助道路；
8—起吊设备动力平台；9—指挥控制室；10—动力地锚

10.2.2 座地双平臂抱杆分解组塔吊装布置如图 10.2.2 所示。

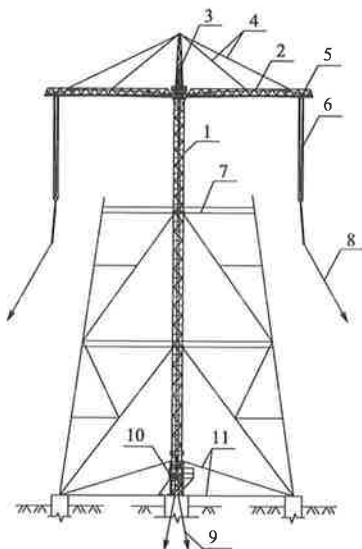


图 10.2.2 座地双平臂抱杆分解组塔吊装布置示意图

- 1—标准节；2—起重臂；3—塔帽；4—拉杆或拉索；5—变幅小车；6—起吊滑车组；
7—腰环；8—控制绳；9—起吊牵引绳；10—地面液压提升套架；11—锚固线

10.2.3 座地双平臂抱杆作业高度和作业半径应满足构件垂直起吊和就位要求，并应水平覆盖整个吊装范围，且应采用两侧平衡起吊方式。

10.2.4 抱杆锚固底板铺装的地质条件应符合施工设计要求；套架基础底板、锚固拉线应安装在铁塔塔腿或主材上的施工板或孔上。

10.2.5 抱杆安装基本段及以下几节应在回转支承下支座上设置临时拉线，抱杆临时外拉线应设置在铁塔底段施工孔上或埋设的地锚上，地锚应位于与基础中心线夹角为 45° 的延长线上，离基础中心的距离不应小于抱杆提升架安装高度的 1.2 倍。当设置在铁塔基础上时，应验算各部受力，并应在浇筑铁塔基础时预埋受力结构件。

10.2.6 抱杆动力设备可设在塔身构件副吊侧及非横担整体吊装侧，与铁塔中心的距离不应小于塔全高的 $1/2$ 且不应小于 40m。

10.3 工 艺 流 程

10.3.1 座地双平臂抱杆分解组塔工艺流程如图 10.3.1 所示。

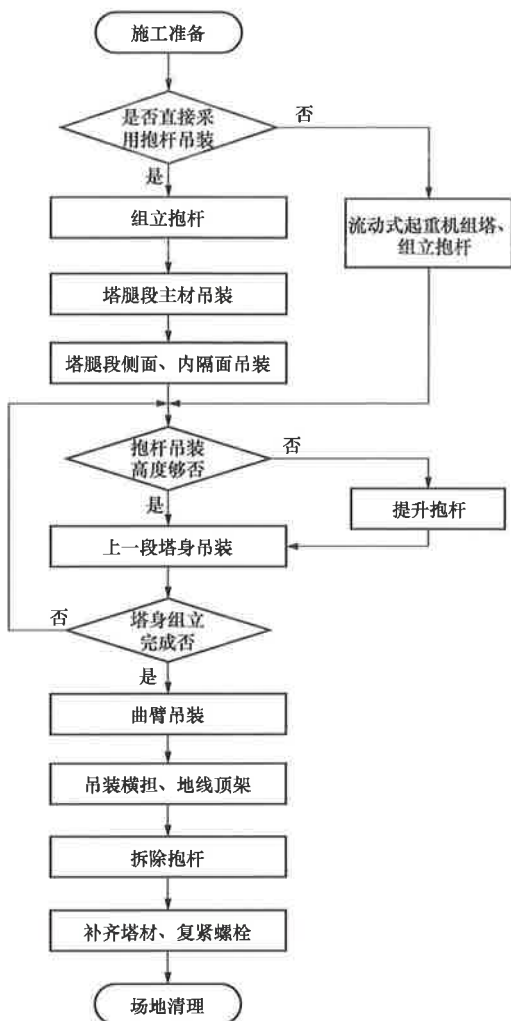


图 10.3.1 座地双平臂抱杆分解组塔工艺流程图

10.4 主要工艺

10.4.1 抱杆组立应符合下列规定：

- 1 现场道路及地形条件允许，宜采用流动式起重机组立抱杆。
- 2 地形条件受限时可采用散装方式组立抱杆基本段，并应利用液压提升套架提升抱杆杆身标准节，液压提升套架应结合抱杆组立同步安装。
- 3 抱杆组立前，应对抱杆采用的装配式基础铺平拼装，并应以标准节的引进方向选择基础底板安装方向，将抱杆底架装在拼好的基础底板上；抱杆底架与铁塔基础预埋件应通过锚固线固定，当通过塔腿固定时，抱杆安装前应预先安装塔腿。
- 4 抱杆组立过程中，应根据其组装要求及时设置临时拉线，并应保持抱杆正直。如图 10.4.1 所示。

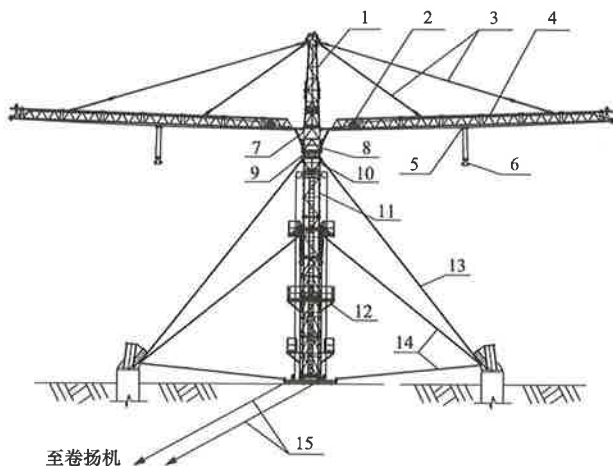


图 10.4.1 座地双平臂抱杆基本段组装示意图

- 1—抱杆顶节；2—变幅机构；3—拉索；4—吊臂；5—载重小车；6—吊钩；
7—回转杆身；8—上支座；9—回转支承；10—下支座；11—标准节；
12—套架；13—抱杆临时拉线；14—套架锚固线；15—起吊绳

5 抱杆基本段及电气部分安装完成后,应对小车变幅限制器、回转限制器、起重量限制器、力矩限制器、力矩差控制器和变频器等装置进行调试和参数设置。

6 对于抱杆设备,应在调试完成后使用前进行试吊,并应经验收合格后方可投入使用。

10.4.2 塔腿吊装,应符合下列规定:

1 现场道路及地形条件允许,宜采用流动式起重机组立塔腿段。

2 采用抱杆吊装塔腿段,吊件摆放应满足抱杆垂直起吊要求,两侧吊件应按抱杆中心对称布置。

3 组立塔腿时,抱杆应设置临时落地拉线。

4 根据塔腿重量、根开、主材长度、场地条件等,可以采用单根或分片吊装安装塔腿。

5 塔腿组立时应选择合理的吊点位置,当强度不满足时,应在吊点处采取补强措施。

6 单根主材或塔片组立完成后,应随即安装并紧固好地脚螺栓或接头包角钢螺栓并应打好临时拉线。在铁塔四个面辅材未安装完毕之前,不得拆除临时拉线。

10.4.3 抱杆提升应符合下列规定:

1 每吊完一段塔体后,应将四侧辅助材料全部补装齐全,并应紧固螺栓后再提升抱杆。

2 利用液压提升套架提升安装抱杆时,加装标准节应在地面进行。如图 10.4.3 所示。

3 采用液压提升套架提升时,抱杆提升前应先调进腰环滚轮、退出顶块,并应保证滚轮与杆身间留有合适间隙,提升完毕后应至少保证最上部两道腰环顶块顶紧杆身。

4 抱杆提升过程中,应根据其性能要求,合理布置腰环数量及间距。

5 抱杆升高后,应用经纬仪在顺线路及横线路两个方向

上监测抱杆的竖直状态，应在抱杆调直后再收紧并固定各层腰环。

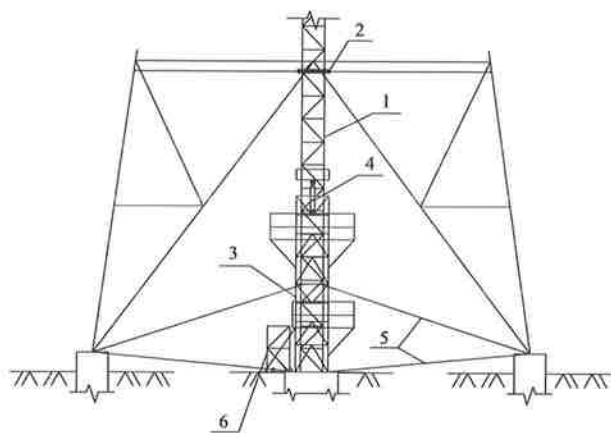


图 10.4.3 座地双平臂抱杆提升布置示意图

1—抱杆标准节；2—腰环；3—地面液压提升套架；4—顶升油缸；

5—锚固绳；6—待装标准节

10.4.4 塔身吊装，应符合下列规定：

1 根据抱杆承载能力和塔位场地条件，可以采用单侧吊装或双侧平衡吊装。

2 单侧吊装时，对侧臂应吊适当配重，起到平衡作用。起吊过程中抱杆应保持竖直。

3 双侧平衡吊装时，抱杆应调直，双侧塔片应对称布置且重量宜相等。起吊时应避免吊臂承受侧向力，保持起吊点与抱杆处于同一铅垂面。

4 两侧平衡吊装中，应使吊件同步离地、同步提升、同步就位，抱杆不得承受不平衡弯矩。

5 铁塔塔片宜组装在吊点的垂直正下方。

6 两侧塔片安装就位后，应将吊臂旋转到另两侧，起吊塔体另两侧面的斜材和水平材。塔体斜材及水平材安装完毕且螺栓

紧固后方可松解起吊索具。

7 对于较宽的塔片，在吊装时应采取必要的补强措施。

10.4.5 曲臂吊装应符合下列规定：

1 根据抱杆的承载能力及场地条件确定采用上、下曲臂整体吊装或分体吊装，宜采用两侧曲臂平衡吊装方案。

2 曲臂吊装过程中，应根据抱杆强度、稳定性要求，在上下曲臂间设置满足抱杆提升、吊装要求的腰环或落地形式固定腰环，如图 10.4.5 所示。

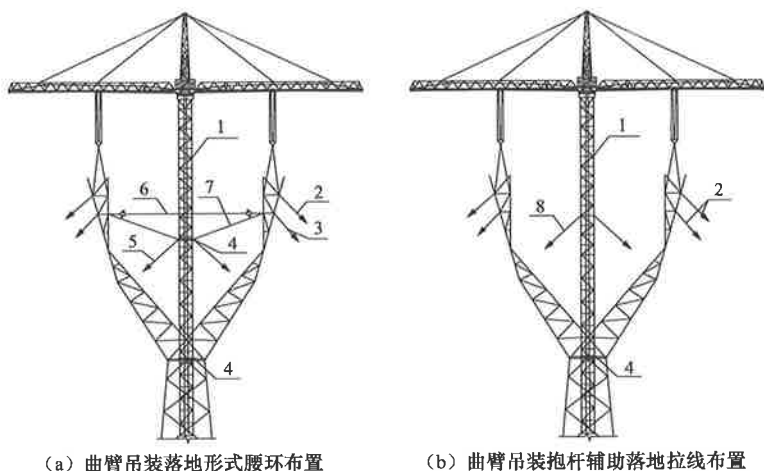


图 10.4.5 曲臂平衡吊装示意图

1—抱杆；2—控制绳；3—落地拉线；4—腰环；5—腰环落地拉线；

6—水平拉线；7—防坠拉线；8—抱杆辅助外拉线

3 曲臂吊点绳宜用倒“V”形，吊点绳应绑扎在曲臂的 K 节点处或构件重心上方 1m~2m 处。

4 曲臂吊装完成后，应打好临时拉线。

5 两侧曲臂吊装完成且紧固螺栓后，应在曲臂上口前后侧加调节装置并应调节收紧。

10.4.6 横担及顶架吊装应符合下列规定：

1 酒杯型、猫头型铁塔的吊装，应根据抱杆承载能力、横担重量、横担结构分段和塔位场地条件，采用横担整体吊装、分段、分片或相互组合的方式对称同步吊装。

- 1) 应首先吊装中横担，当中横担接近就位高度时，应缓慢松出控制绳，使横担下平面缓慢进入上曲臂平口上方。当两端都进入上曲臂上口后，应先低后高和对孔就位。应通过落地拉线及两曲臂间的水平拉线调整两侧曲臂间水平距离并应满足就位要求。
- 2) 应利用抱杆先吊装边横担，再吊装顶架横担。如图 10.4.6-1 所示。

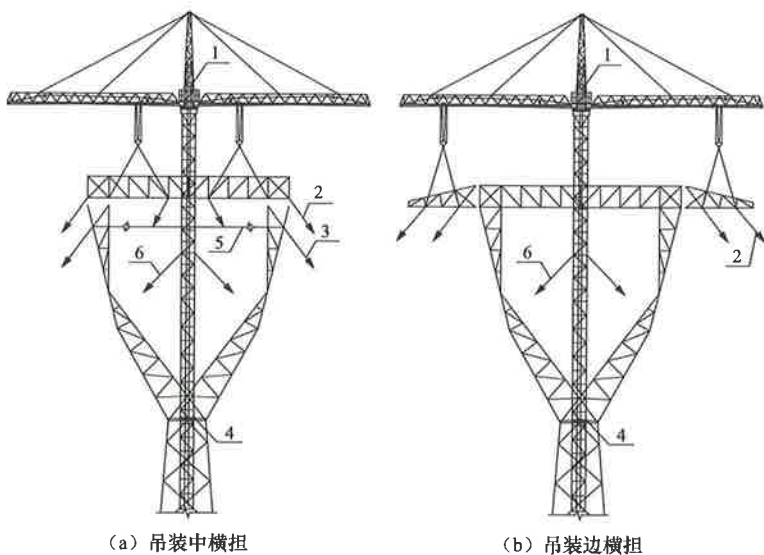
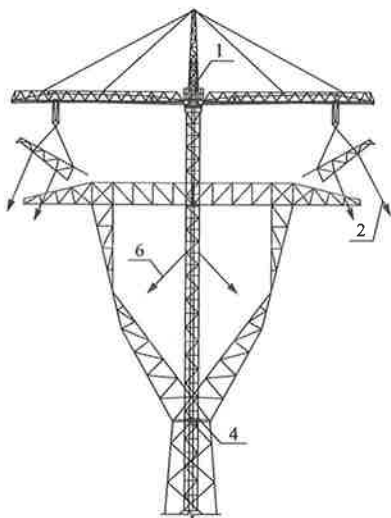


图 10.4.6-1 横担平衡吊装示意图

1—抱杆；2—控制绳；3—落地拉线；4—腰环；

5—水平拉线；6—抱杆辅助外拉线



(c) 吊装顶架横担

图 10.4.6-1 横担平衡吊装示意图 (续)

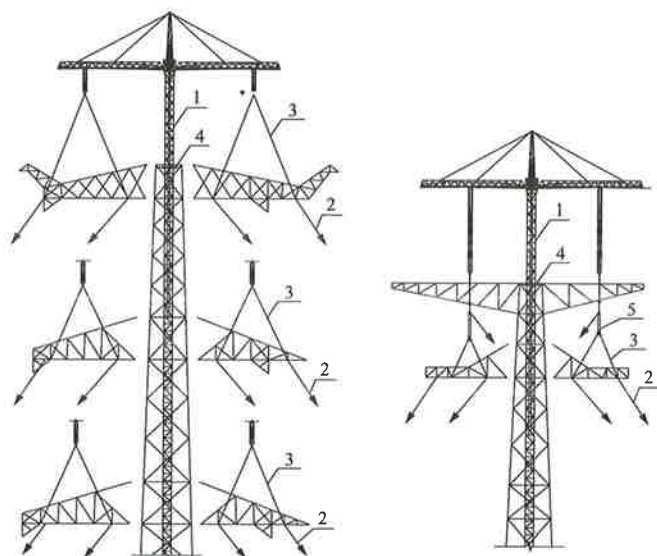
1—抱杆；2—控制绳；3—落地拉线；4—腰环；
5—水平拉线；6—抱杆辅助外拉线

2 对于羊字型、干字型铁塔的吊装，应根据抱杆承载能力、横担重量、横担结构分段和塔位场地条件，采用横担整体吊装、分段、分片或相互组合的方式对称同步吊装。吊装横担如图 10.4.6-2 所示。

10.4.7 抱杆拆除，应符合下列规定：

1 杆身采用标准节的抱杆，应先将两吊臂收拢并与桅杆固定，然后按提升逆程序将标准节从底部逐节拆除。

2 抱杆降到一定高度后，可采用流动式起重机或在塔身上挂滑车组的方式将剩余部分拆除。



(a) 抱杆由下向上吊装横担

(b) 抱杆由上向下吊装横担

图 10.4.6-2 吊装横担示意图

1—抱杆；2—控制绳；3—起吊绳；4—腰环；5—起吊滑车组

11 流动式起重机分解组塔

11.1 一般规定

- 11.1.1 流动式起重机主要指汽车式起重机和履带式起重机。
- 11.1.2 流动式起重机适用于地形、运输条件较好的塔位，可采用分解组立或整体组立的方式。
- 11.1.3 流动式起重机吊装塔材时，应留有施工裕度，吊重不宜超过相应幅度额定负荷的 90%。
- 11.1.4 在铁塔组立施工前，应勘察进场道路、作业现场实际地形，确定道路修筑、场地地基处理方案，并应满足流动式起重机和运输车的行走、爬坡等要求。
- 11.1.5 吊装作业前，应规划好作业区域和塔材、螺栓、工器具存放场地及起重机的站位位置。
- 11.1.6 流动式起重机的使用应符合《汽车起重机和轮胎起重机安全规程》JB 8716 的规定。

11.2 起重机选择

- 11.2.1 应根据铁塔参数和地形条件情况，选配适合不同吨位的起重机。小吨位起重机可吊装铁塔腿部、塔身；大吨位起重机可吊装地线支架、导线横担及上、下曲臂；可采用两台起重机流水作业。
- 11.2.2 应根据工作半径、吊装高度、吊件重量和吊装位置等因素选择和配置流动式起重机，并应保证各工况下吊件与起重臂、起重臂与塔身的安全距离。
- 11.2.3 流动式起重机分解组塔施工，应进行施工计算，主要施工计算应包括下列内容：

- 1 施工过程中吊件的强度验算。
- 2 主要起吊工具的受力计算。
- 3 流动式起重机作业工况的选择计算。
- 4 流动式起重机的通过性验算及行走、转弯和吊装等各种工况下的场地地耐力验算。

11.3 现 场 布 置

11.3.1 流动式起重机分解组塔，应选择铁塔正面外侧的中心位置，车体应布置在预留出的撤出通道方向。现场平面布置如图 11.3.1 所示。

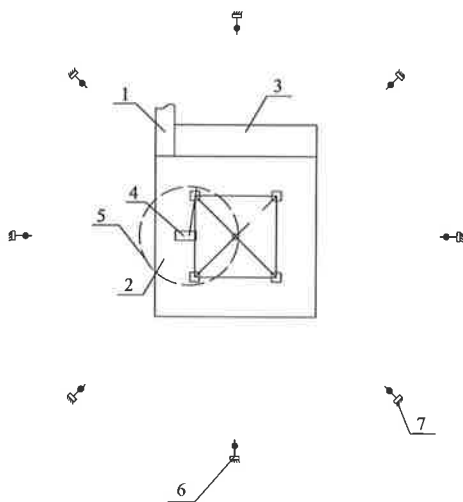


图 11.3.1 流动式起重机分解组塔现场布置示意图

1—进场运输道路；2—作业场地；3—材料和机具场地；4—流动式起重机；

5—起重机工作半径；6—侧面拉线地锚；7—主材 45°拉线地锚

11.3.2 作业场地应平整，地耐力和坡度等均应满足流动式起重机行走、转弯和站位吊装等作业要求。

11.3.3 材料和机具场地应平整，并应满足施工作业要求。

11.4 工 艺 流 程

11.4.1 流动式起重机分解组立铁塔工艺流程如图 11.4.1 所示。

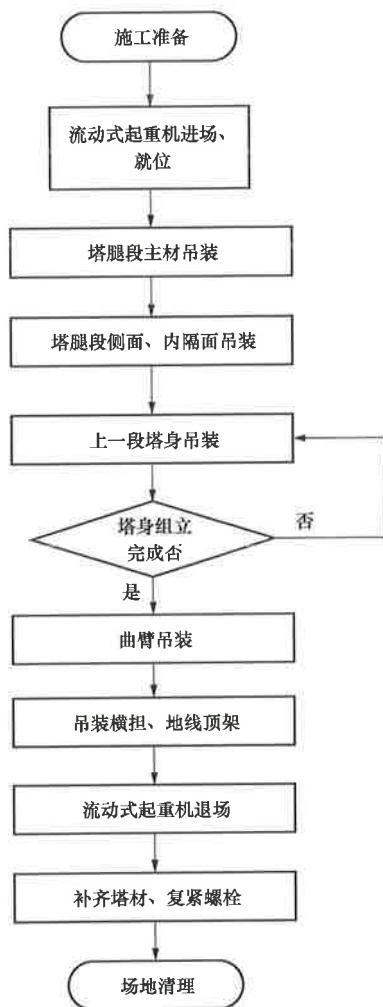


图 11.4.1 流动式起重机分解组塔工艺流程图

11.5 主 要 工 艺

11.5.1 塔腿吊装，应符合下列规定：

1 宜分片吊装塔腿段，根据塔片参数可选用两吊点或四点吊，如图 11.5.1 所示。

2 吊装塔片时应采取补强措施。

3 每一吊装段的塔片安装后，应在塔片上部安装反向拉线，应防止塔片变形、弯折和方便后期就位。

4 吊钩拆除前应安装临时拉线，临时拉线拆除前两侧塔片中间连铁应安装完毕。

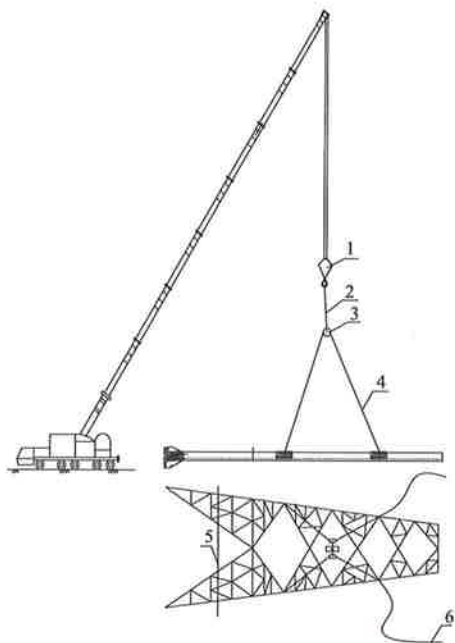


图 11.5.1 塔腿段四吊点吊装示意图

1—吊钩；2—起吊绳；3—平衡滑车；4—吊点绳；5—补强木；6—控制绳

11.5.2 宜分片吊装塔身，如图 11.5.2 所示。

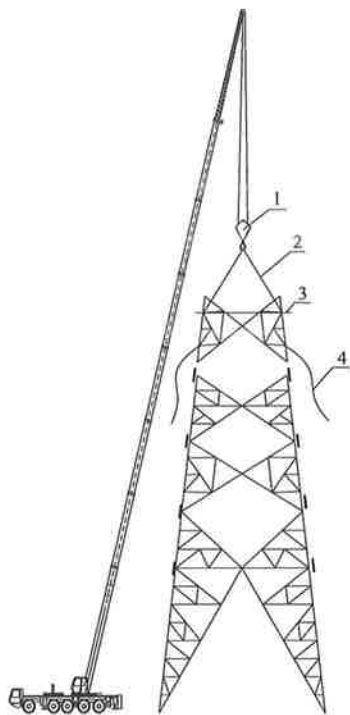


图 11.5.2 塔身段吊装示意图

1—吊钩；2—吊点绳；3—补强木；4—控制绳

11.5.3 曲臂吊装，应符合下列规定：

- 1 宜整体吊装曲臂，如图 11.5.3 所示。
- 2 上下曲臂就位后，应及时装设两侧上曲臂的连接控制绳。
- 3 起重机出臂应有适当余量，并应防止塔件碰撞吊臂。

11.5.4 横担及顶架吊装，应符合下列规定：

- 1 宜整体吊装横担及顶架，如图 11.5.4 (a) 所示。
- 2 酒杯型塔横担整体重量较大时，应先整体吊装中横担，再分别吊装两边横担及地线支架，如图 11.5.4 (b)、图 11.5.4 (c)、

图 11.5.4 (d) 所示。

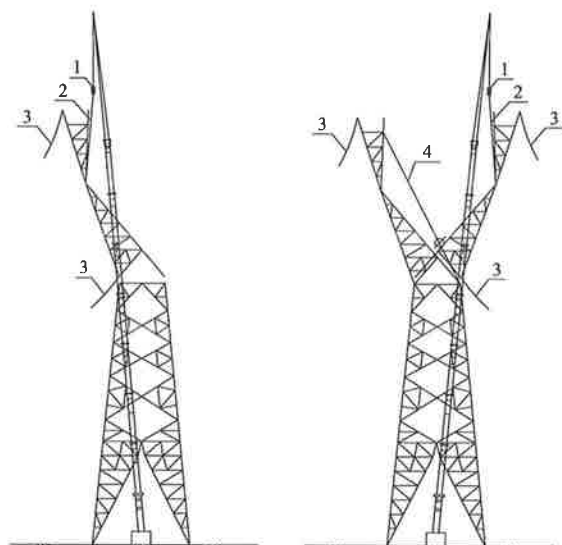


图 11.5.3 曲臂吊装示意图

1—吊钩；2—吊点绳；3—控制绳；4—拉线

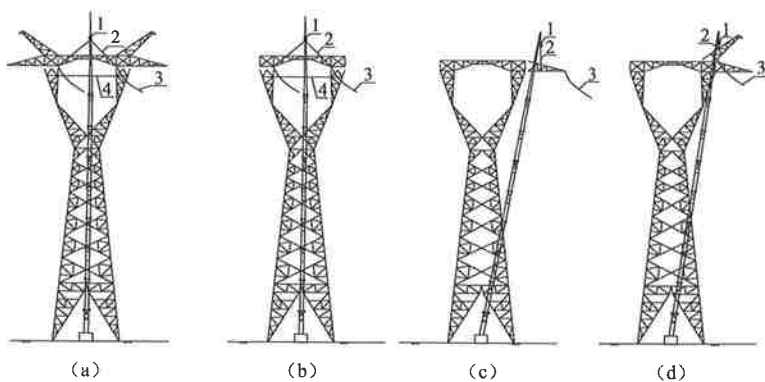


图 11.5.4 横担及顶架吊装示意图

1—吊钩；2—吊点绳；3—控制绳；4—连接控制绳

DL / T 5342 — 2018

- 3 干字型塔，应先吊装导线横担，再吊装地线横担及跳线支架。
- 4 羊字型铁塔横担，应按先下后上顺序吊装。
- 5 起重机出臂应有适当余量，并应防止塔件碰撞吊臂。

12 质 量 要 求

110kV~750kV 架空输电线路铁塔施工质量应符合《110kV~750kV 架空输电线路施工及验收规范》GB 50233 的规定。

13 安 全 措 施

13.0.1 铁塔组立应符合《电力建设安全工作规程 第2部分 电力线路》DL 5009.2的规定。

13.0.2 不得使用木抱杆组立 220kV 及以上电压等级线路铁塔。

13.0.3 不宜采用无拉线小抱杆组立铁塔。

13.0.4 抱杆的技术参数应满足现场吊装的要求,不得超重起吊。

13.0.5 吊装各种构件时,应对吊点绑扎处和塔片根部的强度进行验算,强度不够时应予以补强。采用钢丝绳绑扎构件时,应采取措施防止损伤钢丝绳和构件。

13.0.6 吊装用绳应使用钢丝绳或专用吊带,不得使用麻绳、尼龙绳等。

13.0.7 落地拉线及吊件控制绳对地夹角不应大于 45° ,当夹角超过 45° 时应进行验算,并应采取相应的措施。

13.0.8 应使用缓松器放松和链条葫芦收紧抱杆拉线和吊件控制绳。控制绳松紧过程中,当绳索行程量较长或力量较大时,可采用动力机械对控制绳进行调节。

13.0.9 应根据土质条件和使用经验选用直埋钢板地锚、螺旋地钻、铁桩等地锚设置。当采用地钻或铁桩时,每处应不少于两只。在起吊过程中,抱杆拉线地锚应有专人负责。宜选取典型地质条件进行地锚拉力试验。

13.0.10 当吊件离地 100mm~200mm 时,应暂停起吊,并应由现场指挥检查各部位受力情况。检查无误后,慢慢放松控制绳,吊件与塔身距离不应小于 100mm。在提升吊件的过程中,现场指挥应站在有利于准确观测吊件状态且安全的位置,并应密切关注吊件与塔身的距离,指挥吊件提升及控制绳的松出。当吊件到达

就位高度时，应停止牵引，并应缓慢、平稳地松出控制绳，使低处主材先就位，随后高处主材就位。

13.0.11 使用流动式起重机，应保证垂直起吊和使用起吊臂控制方向、位置。

13.0.12 高空作业人员应系好全方位防冲击安全带。

13.0.13 应加强在铁塔组立过程中对机具设备的检查，并应符合《施工现场机械设备检查技术规程》JGJ 160 的规定。

13.0.14 进场施工前应进行用电负荷计算，现场施工临时用电应符合《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46 和《建设工程施工现场供用电安全规范》GB 50194 的规定。

13.0.15 抱杆所有构件都应有良好的电气接地措施。遇有雷雨，人员不得在塔身附近走动。

14 环境保护与水土保持要求

14.0.1 铁塔组立施工应从设计、设备、施工和建设管理等方面采取有效措施,全面落实法律法规中环境保护与水土保持等方面的要求和认真履行各级职责,倡导建设资源节约型和环境友好型的绿色和谐工程。在施工过程中应保护生态环境,减少水土流失,加强能源资源节约和生态环境保护,增强可持续发展能力。

14.0.2 应按经审批的环保设计及文件进行施工,并结合塔位地形地貌等情况,合理规划临时用地,尽量减少临时用地,不宜破坏原有的地形、地貌。施工现场应符合现行行业标准《建设工程施工现场环境与卫生标准》JGJ 146 的规定。

14.0.3 机械设备应铺垫隔离和防止漏油污染环境;塔位在泥沼、水塘等特殊地域内时,应搭设牢固的作业平台。

14.0.4 应集中存放机械设备、油料桶及含油钢索等,并应做好地面防渗和防漏油措施。

14.0.5 距离居民区及其他环境敏感区较近的组塔施工,应严格控制人为噪声,并应采取措施控制施工中的噪声与振动,最大限度地减少噪声扰民。

14.0.6 施工过程中产生的生活垃圾、建筑垃圾应分开收集;生活垃圾应采用垃圾桶收集,并应集中堆放,堆放处地面应做防渗处理并采取围护措施;建筑垃圾应及时清运出施工场地。施工现场不得焚烧建筑垃圾和各类废弃物。

14.0.7 应合理规划、设计施工便道,机械和车辆应固定行车路线;施工场地应使用围栏划定施工区域,施工人员不得超出施工区域随意活动。

14.0.8 对因施工而破坏的植被、造成的裸土,应采取有效措施进

行植被恢复和防止水土流失。

14.0.9 不应在动物的繁殖季节进行大噪声的施工；对施工期发现的珍稀保护动物，应采取妥善措施进行保护，不得杀害和伤害珍稀保护动物。对受伤的珍稀动物应及时联系野生动物保护部门及时救治。

附录 A 内悬浮外拉线抱杆分解组塔 主要工器具受力计算

A.0.1 内悬浮外拉线抱杆组塔受力分析见图 A.0.1。主要工器具计算包括抱杆、抱杆拉线、起吊绳、牵引绳、承托绳和控制绳等。

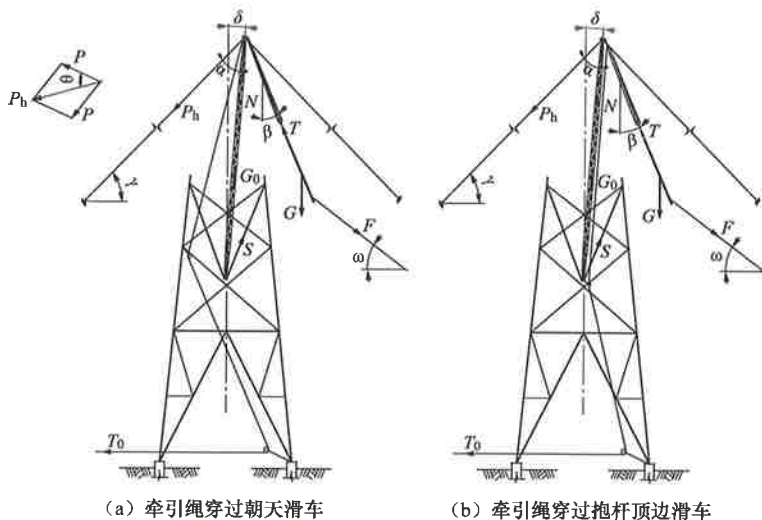


图 A.0.1 内悬浮外拉线抱杆组塔受力分析图

A.0.2 分片或分段吊装时，绑扎吊件处的控制绳应采用左右各一根绳索，两根绳索对地的夹角宜为 $30^\circ \sim 45^\circ$ ，以保证塔片平稳提升。单根控制绳静张力按公式 (A.0.2) 计算：

$$F_d = \frac{F}{2 \cos \frac{\omega'}{2}} = \frac{\sin \beta}{2 \cos \frac{\omega'}{2} \cos(\omega + \beta)} G \quad (\text{A.0.2})$$

式中: F_d ——单根控制绳的静张力 (kN);

F ——控制绳的静张力合力 (kN), 其表达式为 $F = \frac{\sin \beta}{\cos(\omega + \beta)} G$;

ω' ——两控制绳间夹角 ($^\circ$);

β ——起吊滑车组轴线与铅垂线间的夹角 ($^\circ$);

ω ——控制绳对地夹角 ($^\circ$);

G ——被吊构件的重力 (kN)。

A.0.3 如图 A.0.1 (a)、(b) 所示, 起吊绳 (起吊滑车组、吊点绳) 的合力按公式 (A.0.3) 计算:

$$T = \frac{\cos \omega}{\cos(\omega + \beta)} G \quad (\text{A.0.3})$$

式中: T ——起吊绳 (起吊滑车组、吊点绳) 的合力 (kN)。

A.0.4 牵引绳的静张力按公式 (A.0.4) 计算:

$$T_0 = T - \frac{1 - \eta}{\eta(1 - \eta^n)} \quad (\text{A.0.4})$$

式中: T_0 ——牵引绳的静张力 (kN);

n ——起吊滑车组钢丝绳的工作绳数;

η ——滑车效率, $\eta=0.96$ 。

A.0.5 抱杆的受力计算应符合下列规定:

1 牵引绳穿过朝天滑车及转向滑车后引至地面时, 抱杆受力分析如图 A.0.5 所示。抱杆受力按公式 (A.0.5-1) 计算:

$$N = \frac{\cos \omega \sin(\beta + \delta + \alpha)}{\cos(\omega + \beta) \sin \alpha} G + \frac{\sin(\alpha + \delta - \eta)}{\sin \alpha} T_0 \quad (\text{A.0.5-1})$$

$$\alpha = 90^\circ - (\delta + \gamma) \quad (\text{A.0.5-2})$$

式中: N ——抱杆的综合计算轴向压力 (kN);

γ ——抱杆拉线合力线对地夹角 ($^\circ$);

δ ——抱杆轴线与铅垂线间的夹角 (抱杆倾斜角) ($^\circ$);

η ——牵引绳与铅垂线间的夹角 ($^\circ$);

α ——主要受力拉线的合力与抱杆轴线的夹角(°)。

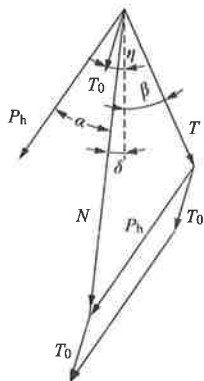


图 A.0.5-1 抱杆受力分析图(一)

2 抱杆倾斜角一般为 $0^\circ \sim 10^\circ$ 。在起吊构件的重力作用下,只考虑两根主要拉线受力。两根主要拉线合力按公式(A.0.5-3)计算:

$$P_h = \frac{\cos \omega \sin(\beta + \delta)}{\cos(\omega + \beta) \sin \alpha} G + \frac{\sin(\delta - \eta)}{\sin \alpha} T_0 \quad (\text{A.0.5-3})$$

式中: P_h ——主要受力拉线的合力(kN)。

3 当抱杆向受力侧倾斜,牵引绳穿过抱杆顶边滑车后垂直引至地面时,抱杆受力分析如图 A.0.5-2所示。抱杆受力按公式(A.0.5-4)计算:

$$N = \frac{\cos \omega \sin(\beta + \delta + \alpha)}{\cos(\omega + \beta) \sin \alpha} G + \frac{\sin(\alpha + \delta)}{\sin \alpha} T_0 \quad (\text{A.0.5-4})$$

式中: N ——抱杆的综合计算轴向压力(kN);

δ ——抱杆轴线与铅垂线间的夹角(抱杆倾斜角)(°);

α ——主要受力拉线的合力与抱杆轴线的夹角(°)。

4 抱杆倾斜角一般为 $0^\circ \sim 10^\circ$ 。在起吊构件的重力作用下,只考虑两根主要拉线受力。两根主要拉线合力按公式(A.0.5-5)计算:

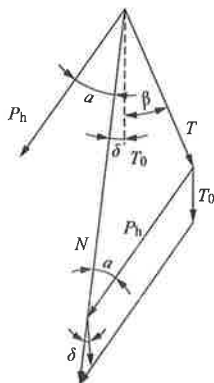


图 A.0.5-2 抱杆受力分析图 (二)

$$P_h = \frac{\cos \omega \sin(\beta + \delta)}{\cos(\omega + \beta) \sin \alpha} G + \frac{\sin \delta}{\sin \alpha} T_0 \quad (\text{A.0.5-5})$$

A.0.6 抱杆外拉线的静张力计算应符合下列规定:

1 当抱杆拉线沿基础对角方向布置, 吊装塔片时, 考虑两根主要外拉线受力。由于布置上的误差, 两根拉线考虑 1.3 的不平衡系数, 主要受力单根拉线的静张力按公式 (A.0.6-1) 计算:

$$P = \frac{1.3}{2 \cos \theta} P_h \quad (\text{A.0.6-1})$$

式中: P ——主要受力拉线的静张力 (kN);

θ ——受力侧拉线与其合力线间的夹角 ($^{\circ}$)。

2 当抱杆拉线沿基础对角方向布置, 吊装单根主材时, 考虑单根拉线受力。其静张力按公式 (A.0.6-2) 计算:

$$P = P_h \quad (\text{A.0.6-2})$$

式中: P ——单根受力拉线的静张力, kN。

A.0.7 承托绳的受力既要承担抱杆的外荷载, 又要承担抱杆及拉线等附件的重力。承托绳的静张力计算应符合下列规定:

1 当抱杆处于竖直状态时, 考虑 1.2 的不平衡系数, 单根承托绳的静张力按公式 (A.0.7-1) 计算:

$$S_{10} = \frac{1.2S_1}{2\cos\phi_1} = \frac{1.2(N+G_0)\sin\phi}{2\cos\phi_1\sin(2\phi)} \quad (\text{A.0.7-1})$$

式中：\$S_{10}\$——抱杆处于竖直状态时，考虑 1.2 的不平衡系数，单根承托绳的静张力（kN）；

\$S_1\$——两条承托绳的合力（kN），其表达式为：\$S_1 = \frac{(N+G_0)\sin\phi}{\sin(2\phi)}\$；

\$N\$——抱杆的综合计算轴向压力（kN）；

\$G_0\$——抱杆及拉线等附件的重力（kN）；

\$\phi\$——两承托绳合力线与抱杆轴线间的夹角（°）；

\$\phi_1\$——单根承托绳与同侧承托绳合力线间的夹角（°）。

2 当抱杆向受力侧倾斜时，受力侧承托绳合力较受力反侧为大，两根承托绳考虑 1.5 的不平衡系数，主要受力单根承托绳的静张力按公式（A.0.7-2）计算：

$$S_{20} = \frac{1.5S_2}{2\cos\phi_1} = \frac{1.5(N+G_0)\sin(\phi+\delta)}{2\cos\phi_1\sin(2\phi)} \quad (\text{A.0.7-2})$$

式中：\$S_{20}\$——抱杆向受力侧倾斜时，受力侧单根承托绳的静张力（kN）；

\$S_2\$——抱杆向受力侧倾斜时，受力侧承托绳的合力（kN），

其表达式为：\$S_2 = \frac{(N+G_0)\sin(\phi+\delta)}{\sin(2\phi)}\$；

\$\phi\$——受力侧两承托绳合力线与抱杆轴线间的夹角（°）。

附录 B

内悬浮内拉线抱杆分解组塔主要工器具受力计算

B.0.1 内悬浮内拉线抱杆组塔受力分析如图 B.0.1 所示。主要工器具计算包括抱杆、抱杆内拉线部分,对于起吊绳、牵引绳、承托绳和控制绳等计算参见附录 A 部分。

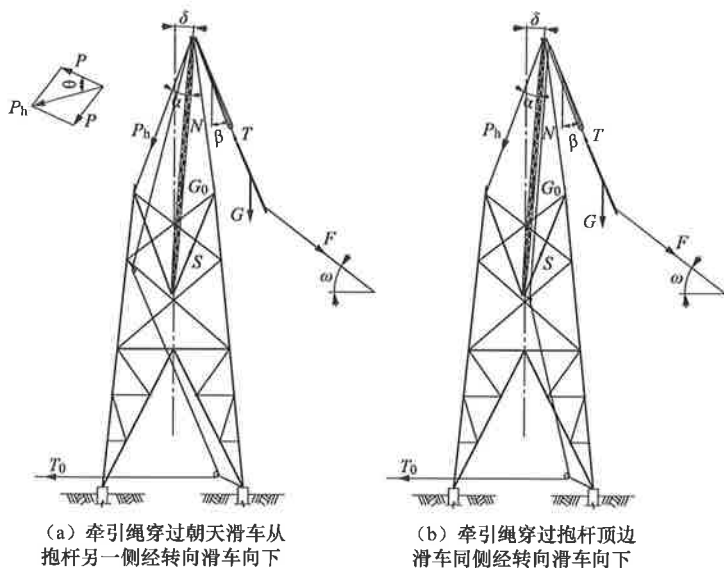


图 B.0.1 内拉线悬浮抱杆组塔受力分析图

B.0.2 抱杆的轴向静压力随抱杆位置及起吊滑车组的牵引绳串连方式的不同而有不同的计算,公式中各符号含义同附录 A 第 A.0.5 条。抱杆受力计算应符合下列要求:

- 1 当抱杆处于竖直状态,牵引绳穿过朝天滑车及转向滑车

后引至地面时，抱杆受力分析如图 B.0.2-1 所示（不计滑车摩擦系数影响）。抱杆受力按公式（B.0.2-1）计算：

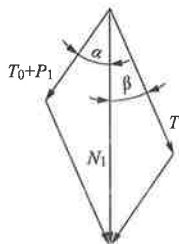


图 B.0.2-1 抱杆受力分析图（一）

$$N_1 = \frac{\cos \omega \sin(\alpha + \beta)}{\cos(\omega + \beta) \sin \alpha} G \quad (\text{B.0.2-1})$$

式中： N_1 ——抱杆竖直状态，牵引绳穿过朝天滑车及转向滑车后引至地面时抱杆轴向压力（kN）。

2 当抱杆向受力侧倾斜，牵引绳穿过朝天滑车及转向滑车后引至地面时，抱杆受力分析如图 B.0.2-2 所示。抱杆受力按公式（B.0.2-2）计算：

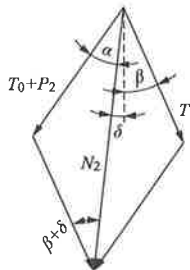


图 B.0.2-2 抱杆受力分析图（二）

$$N_2 = \frac{\cos \omega \sin(\alpha + \beta + \delta)}{\cos(\omega + \beta) \sin \alpha} G \quad (\text{B.0.2-2})$$

式中： N_2 ——抱杆向受力侧倾斜，牵引绳穿过朝天滑车及转向滑车后引至地面时抱杆轴向压力（kN）。

3 当抱杆处于竖直状态, 牵引绳穿过抱杆顶边滑车后垂直引至地面时, 抱杆受力分析如图 B.0.2-3 所示。抱杆受力可按公式 (B.0.2-3) 计算:

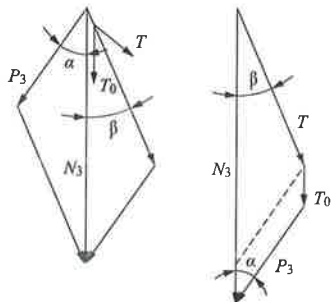


图 B.0.2-3 抱杆受力分析图 (三)

$$N_3 = \frac{\cos \omega \sin(\alpha + \beta)}{\cos(\omega + \beta) \sin \alpha} G + T_0 \quad (\text{B.0.2-3})$$

式中: N_3 ——抱杆处于竖直状态, 牵引绳穿过抱杆顶边滑车后垂直引至地面时抱杆轴向压力 (kN)。

4 当抱杆向受力侧倾斜, 牵引绳穿过抱杆顶边滑车后垂直引至地面时, 抱杆受力分析如图 B.0.2-4 所示。抱杆受力可按公式 (B.0.2-4) 计算:

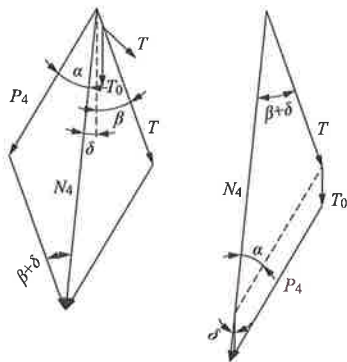


图 B.0.2-4 抱杆受力分析图 (四)

$$N_4 = \frac{\cos \omega \sin(\alpha + \beta + \delta)}{\cos(\omega + \beta) \sin \alpha} G \quad (\text{B.0.2-4})$$

式中：\$N_4\$——抱杆向受力侧倾斜，牵引绳穿过抱杆顶边滑车后垂直引至地面时抱杆轴向压力（kN）。

B.0.3 内悬浮抱杆的内拉线有 4 根，且对称布置，在起吊构件时，仅有 2 根为受力拉线。受力拉线的合力针对不同情况有不同的计算公式，分别如下：

1 当抱杆处于竖直状态，牵引绳穿过朝天滑车及转向滑车后引至地面时，如图 B.0.2-1 所示。起吊反侧抱杆内拉线合力按公式（B.0.3-1）计算：

$$P_1 = \frac{\cos \omega \sin \beta}{\cos(\omega + \beta) \sin \alpha} G - T_0 \quad (\text{B.0.3-1})$$

式中：\$P_1\$——抱杆竖直状态，牵引绳穿过朝天滑车及转向滑车后引至地面时起吊反侧抱杆内拉线的合力（kN）。

2 当抱杆向受力侧倾斜，牵引绳穿过朝天滑车及转向滑车后引至地面时，如图 B.0.2-2 所示。起吊反侧抱杆内拉线合力按公式（B.0.3-2）计算：

$$P_2 = \frac{\cos \omega \sin(\beta + \delta)}{\cos(\omega + \beta) \sin \alpha} G - T_0 \quad (\text{B.0.3-2})$$

式中：\$P_2\$——抱杆向受力侧倾斜，牵引绳穿过朝天滑车及转向滑车后引至地面时起吊反侧抱杆内拉线合力（kN）。

3 当抱杆处于竖直状态，牵引绳穿过抱杆顶边滑车后垂直引至地面时，如图 B.0.2-3 所示。起吊反侧抱杆内拉线合力按公式（B.0.3-3）计算：

$$P_3 = \frac{\cos \omega \sin \beta}{\cos(\omega + \beta) \sin \alpha} G \quad (\text{B.0.3-3})$$

式中：\$P_3\$——抱杆处于倾斜状态，牵引绳穿过抱杆顶边滑车后垂直引至地面时起吊反侧抱杆内拉线合力（kN）。

4 当抱杆向受力侧倾斜，起吊绳穿过抱杆顶边滑车后垂直

引至地面时，如图 B.0.2-4 所示。起吊反侧抱杆内拉线合力按公式 (B.0.3-4) 计算：

$$P_4 = \frac{\cos \omega \sin(\beta + \delta)}{\cos(\omega + \beta) \sin \alpha} G + \frac{\sin \delta}{\sin \alpha} T_0 \quad (\text{B.0.3-4})$$

式中：\$P_4\$——抱杆向受力侧倾斜，起吊绳穿过抱杆顶边滑车后竖直引至地面时起吊反侧抱杆内拉线合力 (kN)。

附录 C

倒落式抱杆整体组塔的施工计算

C.0.1 应按照下列规定确定荷重条件:

1 铁塔的自身荷重以铁塔安装图为依据。铁塔塔型单线图中同时配置有铁塔各段的材料汇总表,使用前应复核汇总表上的质量与构件分段图上的材料表是否相符。

2 应调查铁塔加工图中钢材以大带小后的实际质量。当无资料查明时,可按设计图的铁塔质量乘以材料增重系数,增重系数一般取值 1.1。

3 螺栓垫圈等材料也应分别计算在各段的质量内。

4 直线塔整立中,当施工布置将绝缘子串挂上时,应将此质量计及总质量中。

5 对于铁塔自重分布不是完全均匀一致的情况,为简化计算,作如下假定:

1) 对于等断面、主材规格相同的拉线塔的主柱,应按均布荷重计算,荷重平均分配在主柱轴线上。

2) 对于变截面塔材,每个桁架平面之辅助材均为对称布置,塔段结构的重心、其轮廓面积形心视为重合,计算各塔段的投影面积,形心高度,即为各个塔段重心的高度。

C.0.2 铁塔重心高度的计算应按照下列规定:

以图 C.0.2 所示的铁塔为例,计算铁塔中心高度时,假定每段的重量集中于塔面形心,其形心对塔脚支点 O 的高度为每段塔的重心高度,如图所示,根据平面力系的合力对于其平面上任意一点的力矩等于各分力对同一点的力矩代数和的关系,得出公式 (C.0.2):

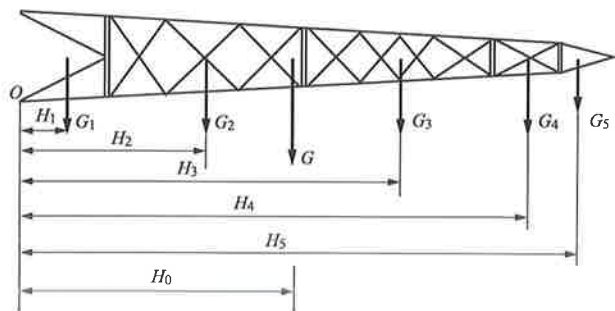


图 C.0.2 铁塔重心高度计算示意图

$$H_0 = \frac{G_1 H_1 + G_2 H_2 + G_3 H_3 + G_4 H_4 + G_5 H_5}{G} \quad (\text{C.0.2})$$

式中:

G ——铁塔总重量 (kN);

H_0 ——铁塔重心至支点 O 的距离 (简称重心高度) (m);

G_1 、 G_2 、 \dots 、 G_5 ——各塔段的重量 (kN);

H_1 、 H_2 、 \dots 、 H_5 ——各塔段的重心高度 (m)。

C.0.3 铁塔整立的布置参数确定应按照下列规定:

1 抱杆布置的参数应通过正交实验法进行计算分析,抱杆的有效高度 (h)、初始角 (α_0)、抱杆座落点至塔根支点间距离 (a) 及总牵引地锚位置 (s) 等四个布置参数推荐值为:

$$h=0.9\sim 1.1H_0; \alpha=0.25\sim 0.35H_0; s=2.5H_0; \alpha_0=70^\circ$$

式中: H_0 ——铁塔重心高度。

2 铁塔吊点钢绳的合力点高度 H_h 一般取值为 $1.2H_0\sim 1.4H_0$ 。吊点数目及位置应根据经验和塔身强度验算确定。一般的经验值是:呼称高小于 20m 的拉线塔吊一点,大于 20m 的拉线塔吊两点;呼称高小于 25m 的自立式塔吊一点,大于 25m 的自立式塔吊两点。一般情况下,上吊点应在横担与塔身的连接点处,下吊点应在塔身的某主材节点处。具体位置由施工设计规定。

C.0.4 索具受力计算的基本原则应按照下列规定:

1 索具受力计算时,均略去了塔身宽度的影响,取铁塔结构中心线代替铁塔塔体,使计算得以简化。

2 对于单柱塔及双柱塔,其索具(例如吊点绳)受力计算方法不完全相同,基本公式由单柱塔结构推导得来。

3 当吊点绳与塔身连接为单个吊点时,在铁塔起吊过程中,吊点位置始终保持不变,可通过三角形的边角关系推导出立塔过程中各个角随铁塔起立角而变化的函数关系,由此计算各部位索具受力及判定抱杆失效角。

4 当吊点绳与塔身连接为两个或三个吊点时,可用立塔起始状态的合力代替多吊点作为起重索具计算的基础,使计算简化。

C.0.5 单吊点整立铁塔的施工计算。

单吊点整立铁塔受力分析如图 C.0.5-1 所示。

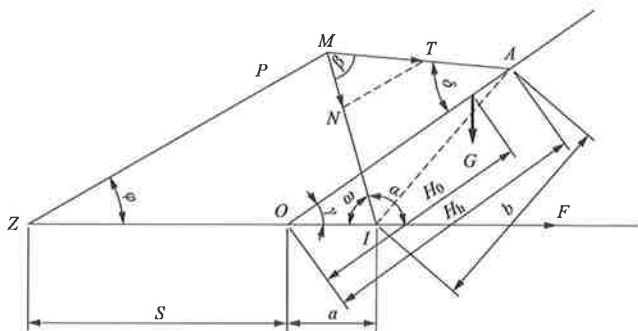


图 C.0.5-1 单吊点整立铁塔受力分析图

图 C.0.5-1 中,点 O 为塔脚铰链支点; OA 为铁塔; MI 为抱杆,其顶点为 M ,其根部为 I ,距铁塔根支点 O 的距离为 a ; MA 为吊点绳,点 A 为吊点绳与铁塔身的绑扎点; MZ 为总牵引绳,点 Z 为总牵引地锚出土点; OF 为制动绳。

1 随立杆角变化的各个角的函数关系

1) 吊点绳在竖直平面内的投影长度。设吊点绳 MA 在竖直平面内的投影长度为 l (即铁塔起立角为 0° 状态),单

吊点布置时, l 为定量, 其值应按公式 (C.0.5-1) 计算:

$$l = \sqrt{(H_h - a - h \cos \alpha_0)^2 + (h \sin \alpha_0)^2} \quad (\text{C.0.5-1})$$

式中: H_h ——吊点 A 至铁塔根支点 O 之间的距离 (m);

a ——抱杆后移距 (m);

h ——抱杆的有效高度, 即 MI (m);

α_0 ——抱杆初始角 ($^\circ$)。

- 2) 计算 \overline{AI} 线段长度。为寻求各个角随立杆角变化的函数关系, 应作一条辅助线, 连接 AI 。设 AI 为 b , 在 $\triangle OAI$ 中, 由余弦定理得出公式 (C.0.5-2):

$$b = \sqrt{H_h^2 + a^2 - 2H_h a \cos \gamma} \quad (\text{C.0.5-2})$$

- 3) 计算抱杆与地面间的塔根方向夹角 $\angle ZIM$ 。设 $\angle ZIM$ 为 ω , 则:

$$\omega = \angle OIA - \angle MIA$$

式中: $\angle OIA$ 及 $\angle MIA$ 可分别利用 $\triangle OAI$ 及 $\triangle MAI$ 的边角关系求解, 代入后得:

$$\omega = \arccos \frac{b^2 + a^2 - H_h^2}{2ba} - \arccos \frac{b^2 + h^2 - l^2}{2bh} \quad (\text{C.0.5-3})$$

当 $\gamma=0^\circ$ 时, $\omega=180-\alpha$ 。

- 4) 计算抱杆与地面间塔头夹角为 $\alpha=180^\circ-\omega$ 。

- 5) 计算抱杆顶 M 至总牵引地锚 Z 点间的距离。设 MZ 为 u , 在 $\triangle ZMI$ 中, 利用余弦定理可得出公式 (C.0.5-4):

$$u = \sqrt{(s+a)^2 + h^2 - 2h(s+a) \cos \omega} \quad (\text{C.0.5-4})$$

式中: s ——总牵引地锚出土点 Z 与铁塔根支点 O 间的水平距离 (m)。

- 6) 计算总牵引绳对地夹角 φ , 在 $\triangle ZMI$ 中, 由正弦定理得出:

$$\varphi = \arcsin \frac{h \sin \omega}{u} \quad (\text{C.0.5-5})$$

- 7) 计算吊点绳与抱杆轴线间的夹角 $\angle AMI$ 为 β , 在 $\triangle MAI$ 中, 由余弦定理得出:

$$\beta = \arccos \frac{l^2 + h^2 - b^2}{2lh} \quad (\text{C.0.5-6})$$

- 8) 计算吊点绳与铁塔轴线间的夹角 $\angle MAO$, 设 $\angle MAO$ 为 δ , 则:

$$\delta = \gamma + \omega - \beta \quad (\text{C.0.5-7})$$

2 抱杆失效角的判定

设抱杆失效时的铁塔起立角为 γ_k , 则抱杆失效状态时为:

$$\gamma_k \geq \varphi + \delta \quad (\text{C.0.5-8})$$

3 主要索具的受力计算

- 1) 吊点绳的静张力 T 。按静力平衡原理, $\Sigma M_0 = 0$, 则:

$$T = \frac{GH_0 \cos \gamma}{H_h \sin \delta} \quad (\text{C.0.5-9})$$

- 2) 抱杆的静压力 N 。在力三角形 $\triangle AMI$ 中, 由正弦定理得出公式 (C.0.5-10):

$$N = \frac{\sin(\delta + \varphi - \gamma)}{\sin(\alpha - \varphi)} T \quad (\text{C.0.5-10})$$

由计算实践可知, 该力在铁塔起立角为 0° 时出现最大值。

- 3) 总牵引的静张力 P 。在力三角形 $\triangle AMI$ 中, 由正弦定理得出公式 (C.0.5-11):

$$P = \frac{\sin \beta}{\sin(\alpha - \varphi)} T \quad (\text{C.0.5-11})$$

由计算实践知, 在绝大多数情况下, P 的最大值出现在铁塔起立角 γ 为 0° 状态, 此时取值为 P_0 ; 当 $a/H_0 > 0.4$ 时, P 的最大值将出现在立杆角 γ 状态, 其值为 P_m 。

- 4) 制动绳的静张力 F 。对于铁塔根置于地面的铁塔, 制动绳张力为 F_1 。

如图 C.0.5-2 所示, 以铁塔身为 X 轴, 按静力学原理, $\Sigma X=0$, 则:

$$F_1 = T \cos(\delta - \gamma) \quad (\text{C.0.5-12})$$

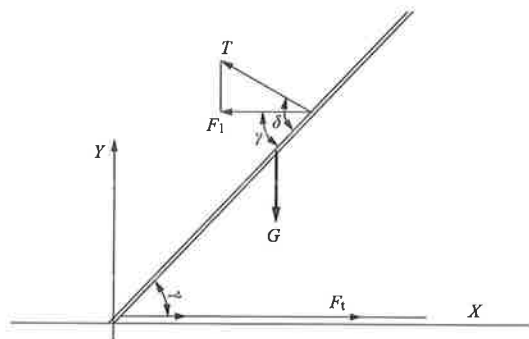


图 C.0.5-2 制动绳受力简图

附录 D

内悬浮双摇臂抱杆分解组塔主要工器具受力计算

D.0.1 本计算取抱杆受到平行于摇臂方向风载荷作用，且吊件偏角沿摇臂方向的工作工况为计算工况，如图 D.0.1 所示。

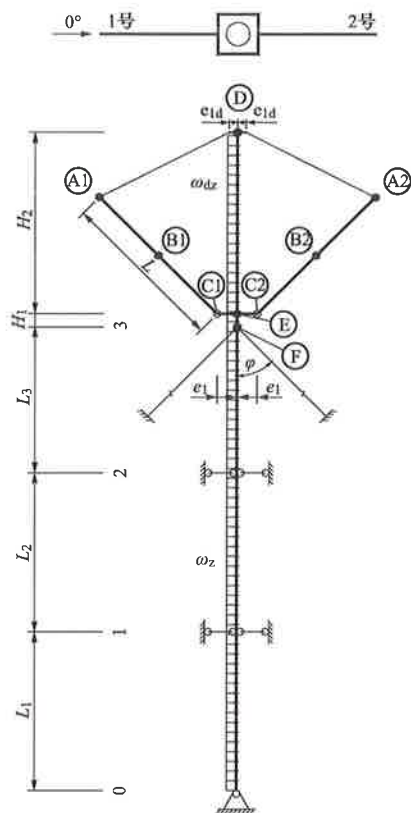


图 D.0.1 内悬浮摇臂抱杆分解组塔受力计算示意图

D.0.2 抱杆摇臂受力分析如图 D.0.2 所示。抱杆迎风侧 1#摇臂受力可按下列方法计算：

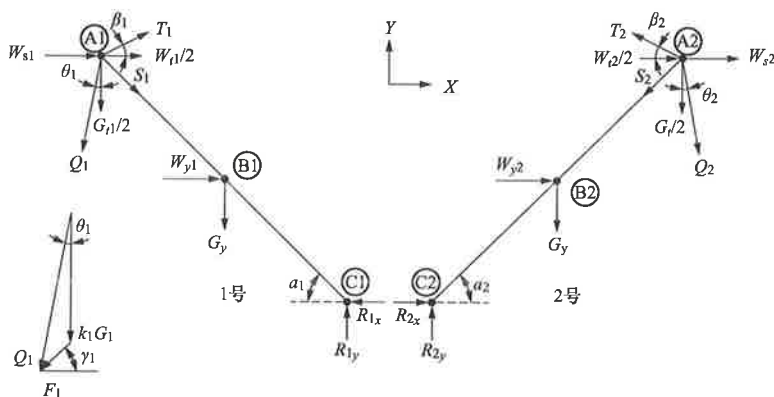


图 D.0.2 抱杆摇臂受力分析图

1 起吊绳（起吊滑车组、吊点绳）合力可按公式（D.0.2-1）计算：

$$Q_1 = \frac{\cos \gamma_1}{\cos(\theta_1 + \gamma_1)} k_1 G_1 \quad (\text{D.0.2-1})$$

式中：\$Q_1\$——起吊绳合力（kN）；

\$G_1\$——起升载荷，包括吊件重量、吊具重量、50%的起升高度起升钢丝绳重量（kN）；

\$\theta_1\$——起吊滑车组轴线与铅垂线间的夹角（°）；

\$\gamma_1\$——控制绳对地夹角（°）；

\$k_1\$——起升载荷动载系数。

2 控制绳受力可按公式（D.0.2-2）计算：

$$F_1 = \frac{\sin \theta_1}{\cos(\theta_1 + \gamma_1)} k_1 G_1 \quad (\text{D.0.2-2})$$

式中：\$F_1\$——控制绳拉力（kN）。

3 起吊滑车组牵引绳张力可按公式（D.0.2-3）计算：

$$S_1 = \frac{Q_1}{m\eta_1^n} \quad (\text{D.0.2-3})$$

式中: S_1 ——起吊滑车组牵引绳张力 (kN);

n ——起吊滑车组钢丝绳的工作绳数;

η_1 ——起吊滑车组滑车效率。

4 变幅滑车组受力可按下列公式计算:

$$T_1 = \frac{Q_1 \cos(\alpha_1 - \theta_1) + k_2(G_t + G_y) \cos \alpha_1 / 2 - (W_{s1} + W_{t1} / 2 + W_{y1} / 2) \sin \alpha_1}{\sin(\alpha_1 + \beta_1)} \quad (\text{D.0.2-4})$$

$$T_{1x} = T_1 \cos \beta_1 \quad (\text{D.0.2-5})$$

$$T_{1y} = T_1 \sin \beta_1 \quad (\text{D.0.2-6})$$

式中: T_1 ——变幅滑车组合力 (kN);

T_{1x} 、 T_{1y} ——变幅滑车组合力在 X 方向 (水平方向)、 Y 方向 (垂直方向) 的分力 (kN);

W_{s1} ——摇臂顶承受的风载, 吊件离地时, $W_{s1}=50\%$ 起吊滑车组风载;

吊件离地后, W_{s1} =吊件风载+起吊滑车组风载+控制绳风载 (kN);

W_{t1} ——变幅滑车组风载 (kN);

W_{y1} ——摇臂正面风载 (kN);

G_y ——摇臂自重 (kN);

G_t ——变幅滑车组重量 (kN);

α_1 ——摇臂与地面夹角 ($^\circ$);

β_1 ——变幅滑车组与地面夹角 ($^\circ$);

k_2 ——摇臂、变幅滑车组、桅杆、回转体、杆身动载系数。

5 变幅滑车组牵引绳张力可按公式 (D.0.2-7) 计算:

$$S_{1t} = \frac{T_1}{m\eta_2^m} \quad (\text{D.0.2-7})$$

式中: S_{1t} ——变幅滑车组牵引绳张力 (kN);

m ——变幅滑车组钢丝绳的工作绳数;

η_2 ——变幅滑车组滑车效率。

6 摇臂根部支反力可按下列公式计算:

$$R_{1x} = W_{s1} + W_{y1} + W_{t1} / 2 + S_1 \cos \alpha_1 + T_{1x} - Q_1 \sin \theta_1 \quad (\text{D.0.2-8})$$

$$R_{1y} = k_2 G_y + k_2 G_t / 2 + S_1 \sin \alpha_1 + Q_1 \cos \theta_1 - T_{1y} \quad (\text{D.0.2-9})$$

式中: R_{1x} 、 R_{1y} ——摇臂根部在 X 方向 (水平方向)、 Y 方向 (垂直方向) 的支反力 (kN)。

7 摇臂顶部 A1 点轴向压力可按公式 (D.0.2-10) 计算:

$$N_{A1} = T_1 \cos(\alpha_1 + \beta_1) + k_2 G_t \sin \alpha_1 / 2 + Q_1 \sin(\alpha_1 - \theta_1) + W_{s1} \cos \alpha_1 + W_{t1} \cos \alpha_1 / 2 + S_1 \quad (\text{D.0.2-10})$$

式中: N_{A1} ——摇臂顶部轴向压力 (kN)。

8 摇臂中部 B1 点受力可按下列公式计算:

$$N_{B1} = N_{A1} + k_2 G_y \sin \alpha_1 / 2 + W_{y1} \cos \alpha_1 / 2 \quad (\text{D.0.2-11})$$

$$M_{B1} = (k_2 G_y \cos \alpha_1 - W_{y1} \sin \alpha_1) L / 8 \quad (\text{D.0.2-12})$$

式中: N_{B1} ——摇臂中部轴向压力 (kN);

M_{B1} ——摇臂中部正面弯矩 (kN · m);

L ——摇臂长度 (m)。

9 摇臂端部 C1 点受力可按下列公式计算:

$$N_{C1} = R_{1x} \cos \alpha_1 + R_{1y} \sin \alpha_1 \quad (\text{D.0.2-13})$$

$$M_{C1} = 0 \quad (\text{D.0.2-14})$$

式中: N_{C1} ——摇臂根部轴向压力 (kN);

M_{C1} ——摇臂根部正面弯矩 (kN · m)。

D.0.3 抱杆背风侧 2 号摇臂受力可按本标准第 D.0.2 条类似方法计算。

D.0.4 抱杆上部 (桅杆及回转体) 受力分析如图 D.0.4 所示。抱

杆上部受力可按下列方法计算：

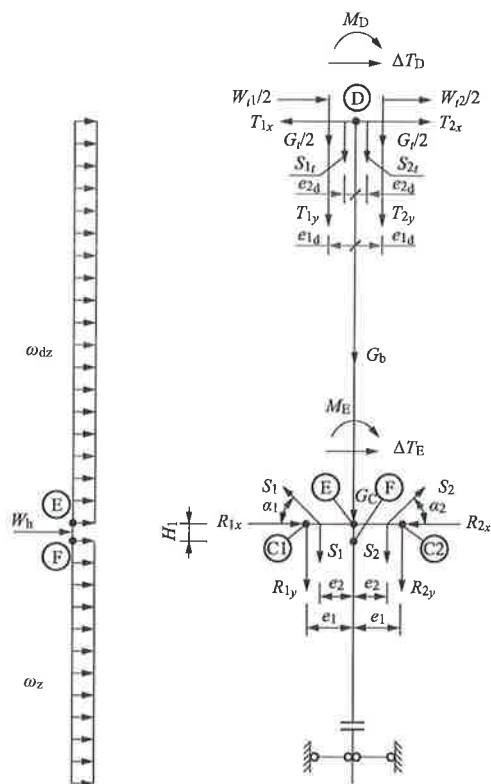


图 D.0.4 抱杆上部受力分析图

1 桅杆顶部 D 点受力可按下列公式计算：

$$\Delta T_D = T_{2x} - T_{1x} + W_{t1}/2 + W_{t2}/2 \quad (\text{D.0.4-1})$$

$$M_D = (T_{2y} - T_{1y})e_{1d} + (S_{2t} - S_{1t})e_{2d} \quad (\text{D.0.4-2})$$

$$N_D = T_{1y} + T_{2y} + S_{1t} + S_{2t} + k_2 G_t \quad (\text{D.0.4-3})$$

式中： ΔT_D ——桅杆顶部 X 方向水平力 (kN)；

N_D ——桅杆顶部轴向压力 (kN)；

M_D ——桅杆顶部正面弯矩 (kN·m);

T_{1x} 、 T_{2x} ——1号、2号变幅滑车组对桅杆在 X 方向(水平方向)的作用力 (kN);

T_{1y} 、 T_{2y} ——1号、2号变幅滑车组对桅杆在 Y 方向(垂直方向)的作用力 (kN);

S_{1t} 、 S_{2t} ——1号、2号变幅滑车组牵引绳张力 (kN);

W_{t1} 、 W_{t2} ——1号、2号变幅滑车组风载 (kN);

e_{1d} ——变幅滑车组在桅杆上的挂点至抱杆中心线距离 (m);

e_{2d} ——变幅滑车组牵引绳转向滑车中心至抱杆中心线距离 (m)。

2 桅杆底部 E 点受力可按下列公式计算:

$$\Delta T_E = \Delta T_D + \omega_{dz} H_2 \quad (D.0.4-4)$$

$$M_E = M_D + \Delta T_D H_2 + \omega_{dz} H_2^2 / 2 \quad (D.0.4-5)$$

$$N_E = N_D + k_2 G_b \quad (D.0.4-6)$$

式中: ΔT_E ——桅杆底部 X 方向水平力 (kN);

N_E ——桅杆底部轴向压力 (kN);

M_E ——桅杆底部正面弯矩 (kN·m);

G_b ——桅杆自重 (kN);

ω_{dz} ——桅杆均布风线载 (kN/m);

H_2 ——桅杆高度 (m)。

3 回转体 F 点 (内拉线点) 受力可按下列公式计算:

$$\Delta T_F = R_{1x} - R_{2x} + \Delta T_E - S_1 \cos \alpha_1 + S_2 \cos \alpha_2 + W_h \quad (D.0.4-7)$$

$$M_F = M_E + (R_{2y} - R_{1y})e_1 + [S_2(1 - \sin \alpha_2) - S_1(1 - \sin \alpha_1)]e_2 + (\Delta T_F - W_h)H_1 + W_h H_1 / 2 \quad (D.0.4-8)$$

$$N_F = N_E + R_{1y} + R_{2y} + S_1(1 - \sin \alpha_1) + S_2(1 - \sin \alpha_2) + k_2 G_c \quad (D.0.4-9)$$

式中: ΔT_F ——回转体 X 方向水平力 (kN);

N_F ——回转体轴向压力 (kN);

M_F ——回转体正面弯矩 (kN · m);

R_{1x} 、 R_{2x} ——1号、2号摇臂对回转体在 X 方向 (水平方向) 的作用力 (kN);

R_{1y} 、 R_{2y} ——1号、2号摇臂对回转体在 Y 方向 (垂直方向) 的作用力 (kN);

S_1 、 S_2 ——1号、2号起吊滑车组牵引绳张力 (kN);

G_c ——回转体自重 (kN);

W_h ——回转体风载 (kN);

α_1 、 α_2 ——1号、2号摇臂与地面夹角 ($^\circ$);

e_1 ——摇臂根部铰接点至抱杆中心线距离 (m);

e_2 ——起吊滑车组牵引绳转向滑车中心至抱杆中心线距离 (m);

H_1 ——回转体内拉线点至摇臂根部铰接点高度 (m)。

D.0.5 抱杆杆身受力可按下列方法计算:

1 抱杆杆身通过腰环与铁塔相连, 为多支点超静定杆件, 可按下列三弯矩方程计算抱杆各支点的约束反力、弯矩及剪力:

$$M_{n-1} \frac{L_n}{I_n} + 2M_n \left(\frac{L_n}{I_n} + \frac{L_{n+1}}{I_{n+1}} \right) + M_{n+1} \frac{L_{n+1}}{I_{n+1}} = -\frac{6B^\phi}{I_n} - \frac{6A^\phi}{I_{n+1}} \quad (\text{D.0.5-1})$$

$$B^\phi = \omega_z L_n^3 / 24 \quad (\text{D.0.5-2})$$

$$A^\phi = \omega_z L_{n+1}^3 / 24 \quad (\text{D.0.5-3})$$

式中: M_{n-1} 、 M_n 、 M_{n+1} ——抱杆杆身支点弯矩 (kN · m);

L_n 、 L_{n+1} ——抱杆杆身支点间距离 (m);

I_n 、 I_{n+1} —— n 、 $n+1$ 段抱杆杆身截面惯性矩, 当抱杆杆身各部分截面、结构基本相同时, 可以消去 (m^4);

B^ϕ 、 A^ϕ ——抱杆杆身支点虚反力 (kN · m^2);

ω_z ——抱杆杆身均布风线载 (kN/m)。

抱杆杆身各支点的约束反力、弯矩及剪力如图 D.0.5 所示。

2 抱杆杆身各支点弯矩可按下列公式计算：

$$M_0 = 0 \quad (\text{D.0.5-4})$$

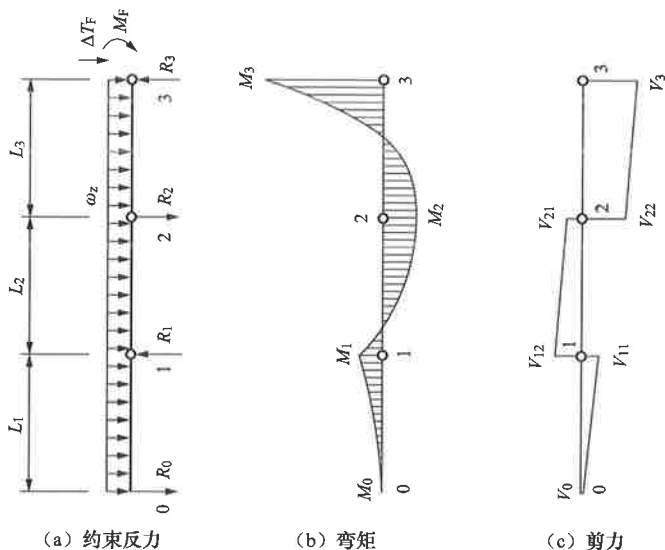


图 D.0.5 抱杆杆身各支点约束反力、弯矩及剪力图

$$M_3 = -M_F \quad (\text{D.0.5-5})$$

$$M_2 = \frac{2\omega_z(L_1 + L_2)(L_2^3 + L_3^3) + 8(L_1 + L_2)L_3M_3 - \omega_z(L_1^3 + L_2^3)L_2}{4L_2^2 - 16(L_1 + L_2)(L_2 + L_3)} \quad (\text{D.0.5-6})$$

$$M_1 = -\frac{4L_2M_2 + \omega_z(L_1^3 + L_2^3)}{8(L_1 + L_2)} \quad (\text{D.0.5-7})$$

式中： M_0 、 M_1 、 M_2 、 M_3 ——抱杆杆身各支点弯矩 ($\text{kN} \cdot \text{m}$)；

L_1 、 L_2 、 L_3 ——抱杆杆身各支点间距离 (m)。

3 抱杆杆身各支点约束反力可按下列公式计算：

$$R_0 = \frac{\omega_z L_1}{2} + \frac{M_1}{L_1} \quad (\text{D.0.5-8})$$

$$R_1 = \frac{\omega_z}{2}(L_1 + L_2) - \frac{M_1}{L_1} + \frac{M_2 - M_1}{L_2} \quad (\text{D.0.5-9})$$

$$R_2 = \frac{\omega_z}{2}(L_2 + L_3) + \frac{M_1 - M_2}{L_2} + \frac{M_3 - M_2}{L_3} \quad (\text{D.0.5-10})$$

$$R_3 = \frac{\omega_z L_3}{2} + \frac{M_2 - M_3}{L_3} + \Delta T_F \quad (\text{D.0.5-11})$$

式中: R_0 、 R_1 、 R_2 、 R_3 ——抱杆杆身各支点约束反力 (kN)。

4 抱杆杆身各支点剪力可按下列公式计算:

$$V_0 = R_0 \quad (\text{D.0.5-12})$$

$$V_{11} = V_0 - \omega_z L_1 \quad (\text{D.0.5-13})$$

$$V_{12} = V_{11} + R_1 \quad (\text{D.0.5-14})$$

$$V_{21} = V_{12} - \omega_z L_2 \quad (\text{D.0.5-15})$$

$$V_{22} = V_{21} + R_2 \quad (\text{D.0.5-16})$$

$$V_3 = V_{22} - \omega_z L_3 \quad (\text{D.0.5-17})$$

式中: V_0 、 V_{11} 、 V_{12} 、 V_{21} 、 V_{22} 、 V_3 ——抱杆杆身各支点剪力 (kN)。

D.0.6 抱杆采用四组内拉线形式时, 内拉线受力可按下列方法计算:

1 受力侧两根内拉线合力可按公式 (D.0.6-1) 计算:

$$P = \frac{R_3}{\sin \varphi} \quad (\text{D.0.6-1})$$

式中: P ——受力侧两根内拉线合力 (kN);

φ ——受力侧两根内拉线合力线与抱杆轴线间的夹角 ($^{\circ}$)。

2 受力侧单根内拉线拉力可按公式 (D.0.6-2) 计算:

$$P^* = \frac{R_3}{2 \sin \varphi \cos \delta} \quad (\text{D.0.6-2})$$

式中: P^* ——受力侧单根内拉线拉力 (kN);

δ ——受力侧单根内拉线与两根内拉线合力线间的夹角 ($^{\circ}$)。

D.0.7 抱杆承托绳受力可按下列方法计算：

1 同侧两根承托绳合力可按下列公式计算：

$$S = \frac{(N_F + k_2 G_Z + 2P^* \sin \xi) \sin \varphi}{\sin 2\varphi} \quad (\text{D.0.7-1})$$

式中：\$S\$——同侧两根承托绳合力（kN）；

\$N_F\$——抱杆回转体轴向压力（kN）；

\$G_Z\$——抱杆回转体以下部分自重（kN）；

\$P^*\$——受力侧单根内拉线拉力（kN）；

\$\varphi\$——同侧两根承托绳合力线与抱杆轴线间的夹角（°）；

\$\xi\$——单根内拉线与抱杆轴线间的夹角（°）；

\$k_2\$——摇臂、变幅滑车组、桅杆、回转体、杆身动载系数。

2 单根承托绳受力可按公式（D.0.7-2）计算：

$$S^* = \frac{S}{2 \cos \tau} \quad (\text{D.0.7-2})$$

式中：\$S^*\$——单根承托绳受力（kN）；

\$\tau\$——单根承托绳与同侧两根承托绳合力线间的夹角（°）。

- E.0.2** 抱杆摇臂受力可按本导则第 D.0.2、D.0.3 条的方法计算。
- E.0.3** 抱杆上部（桅杆及回转体）受力可按本导则第 D.0.4 条的方法计算。
- E.0.4** 抱杆杆身受力可按本导则第 D.0.5 条的方法计算。
- E.0.5** 抱杆内拉线受力可按本导则第 D.0.6 条的方法计算。

附录 F

座地四摇臂抱杆分解组塔主要工器具受力计算

F.0.1 本计算取抱杆受到平行于起吊侧摇臂方向风载荷作用，且吊件偏角沿摇臂方向的工作工况为计算工况，如图 F.0.1 所示。其中，1 号摇臂为起吊侧摇臂，2 号摇臂为平衡侧摇臂，3 号和 4 号摇臂为稳定侧摇臂。

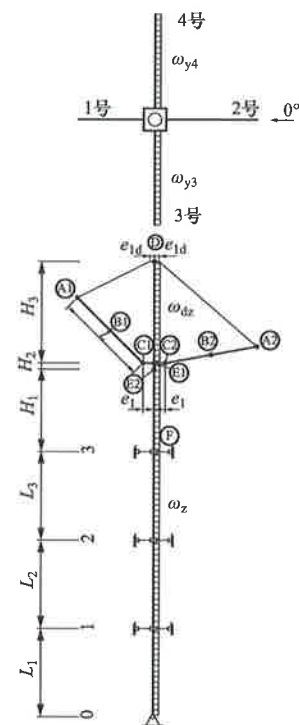
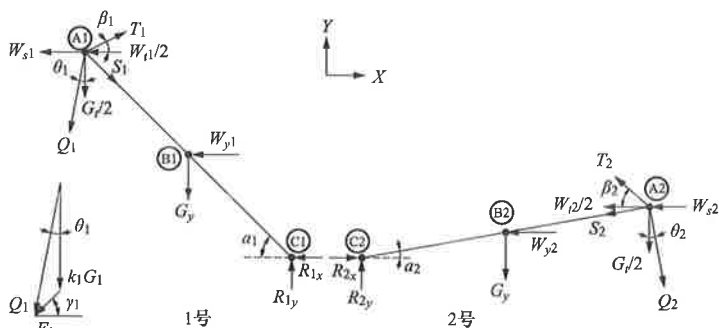
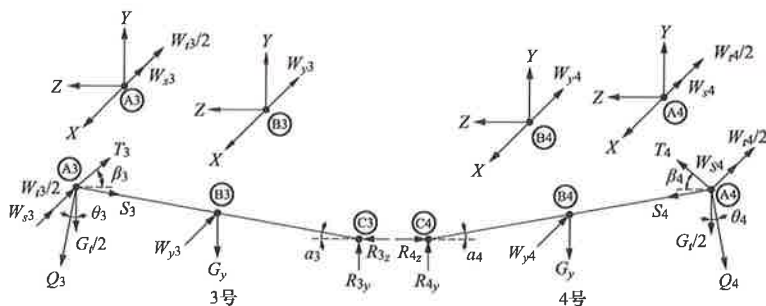


图 F.0.1 抱杆计算工况示意图

F.0.2 抱杆摇臂受力分析如图 F.0.2 所示。抱杆起吊侧 1 号摇臂受力可按下列方法计算：



(a) 抱杆起吊侧、平衡侧摇臂受力分析



(b) 抱杆稳定侧摇臂受力分析

图 F.0.2 抱杆摇臂受力分析图

1 起吊绳（起吊滑车组、吊点绳）合力可按公式 (F.0.2-1) 计算：

$$Q_1 = \frac{\cos \gamma_1}{\cos(\theta_1 + \gamma_1)} k_1 G_1 \quad (\text{F.0.2-1})$$

式中： Q_1 ——起吊绳合力（kN）；

G_1 ——起升载荷，包括吊件重量、吊具重量、50%的起升高度起升钢丝绳重量（kN）；

θ_1 ——起吊滑车组轴线与铅垂线间的夹角 (°);

γ_1 ——控制绳对地夹角 (°);

k_1 ——起升载荷动载系数。

2 控制绳受力可按公式 (F.0.2-2) 计算:

$$F_1 = \frac{\sin \theta_1}{\cos(\theta_1 + \gamma_1)} k_1 G_1 \quad (\text{F.0.2-2})$$

式中: F_1 ——控制绳拉力 (kN)。

3 起吊滑车组牵引绳张力可按公式 (F.0.2-3) 计算:

$$S_1 = \frac{Q_1}{n\eta_1^n} \quad (\text{F.0.2-3})$$

式中: S_1 ——起吊滑车组牵引绳张力 (kN);

n ——起吊滑车组钢丝绳的工作绳数;

η_1 ——起吊滑车组滑车效率。

4 变幅滑车组受力可按下列公式计算:

$$T_1 = \frac{Q_1 \cos(\alpha_1 - \theta_1) + k_2(G_t + G_y) \cos \alpha_1 / 2 + (W_{s1} + W_{t1} / 2 + W_{y1} / 2) \sin \alpha_1}{\sin(\alpha_1 + \beta_1)} \quad (\text{F.0.2-4})$$

$$T_{1x} = T_1 \cos \beta_1 \quad (\text{F.0.2-5})$$

$$T_{1y} = T_1 \sin \beta_1 \quad (\text{F.0.2-6})$$

式中: T_1 ——变幅滑车组合力 (kN);

T_{1x} 、 T_{1y} ——变幅滑车组合力在 X 方向 (水平方向)、 Y 方向 (垂直方向) 的分力 (kN);

W_{s1} ——摇臂顶承受的风载, 吊件离地时, $W_{s1}=50\%$ 起吊滑车组风载; 吊件离地后, W_{s1} =吊件风载+起吊滑车组风载+控制绳风载 (kN);

W_{t1} ——变幅滑车组风载 (kN);

W_{y1} ——摇臂正面风载 (kN);

G_y ——摇臂自重 (kN);

G_t ——变幅滑车组重量 (kN);

α_1 ——摇臂与地面夹角 ($^\circ$);

β_1 ——变幅滑车组与地面夹角 ($^\circ$);

k_2 ——摇臂、变幅滑车组、桅杆、回转体、杆身动载系数。

5 变幅滑车组牵引绳张力可按公式 (F.0.2-7) 计算:

$$S_{1r} = \frac{T_1}{m\eta_2^m} \quad (\text{F.0.2-7})$$

式中: S_{1r} ——变幅滑车组牵引绳张力 (kN);

m ——变幅滑车组钢丝绳的工作绳数;

η_2 ——变幅滑车组滑车效率。

6 摇臂根部支反力可按下列公式计算:

$$R_{1x} = T_{1x} - S_1 \cos \alpha_1 - W_{s1} - W_{y1} - W_{t1} / 2 - Q_1 \sin \theta_1 \quad (\text{F.0.2-8})$$

$$R_{1y} = k_2 G_y + k_2 G_t / 2 - S_1 \sin \alpha_1 + Q_1 \cos \theta_1 - T_{1y} \quad (\text{F.0.2-9})$$

式中: R_{1x} 、 R_{1y} ——摇臂根部在 X 方向 (水平方向)、 Y 方向 (垂直方向) 的支反力 (kN)。

7 摇臂顶部 A1 点轴向压力可按公式 F.0.2-10 计算:

$$N_{A1} = T_1 \cos(\alpha_1 + \beta_1) + k_2 G_t \sin \alpha_1 / 2 + Q_1 \sin(\alpha_1 - \theta_1) + S_1 - W_{s1} \cos \alpha_1 - W_{t1} \cos \alpha_1 / 2 \quad (\text{F.0.2-10})$$

式中: N_{A1} ——摇臂顶部轴向压力 (kN)。

8 摇臂中部 B1 点受力可按下列公式计算:

$$N_{B1} = N_{A1} + k_2 G_y \sin \alpha_1 / 2 - W_{y1} \cos \alpha_1 / 2 \quad (\text{F.0.2-11})$$

$$M_{B1} = (k_2 G_y \cos \alpha_1 + W_{y1} \sin \alpha_1) L / 8 \quad (\text{F.0.2-12})$$

式中: N_{B1} ——摇臂中部轴向压力 (kN);

M_{B1} ——摇臂中部正面弯矩 (kN · m);

L ——摇臂长度 (m)。

9 摇臂端部 C1 点受力可按下列公式计算:

$$N_{C1} = R_{1x} \cos \alpha_1 + R_{1y} \sin \alpha_1 \quad (\text{F.0.2-13})$$

$$M_{C1} = 0 \quad (\text{F.0.2-14})$$

式中: N_{C1} ——摇臂端部轴向压力 (kN);

M_{C1} —— 摇臂端部正面弯矩 (kN·m)。

F.0.3 抱杆平衡侧 2 号摇臂及稳定侧 3 号、4 号摇臂受力可按下列方法计算:

1 平衡侧 2 号摇臂受力计算时, 宜取 $\alpha_2 = \alpha_1 = 0^\circ$ 、 $Q_2 = (1.3 \sim 1.4) Q_1$ 。

2 稳定侧 3 号、4 号摇臂受力计算时, 宜取 $\alpha_3 = \alpha_4$ 、 $Q_3 = Q_4 = 10\text{kN}$ 。

3 平衡侧 2 号摇臂及稳定侧 3 号、4 号摇臂受力可按本导则第 F.0.2 条类似方法计算。

F.0.4 抱杆上部 (桅杆、回转体及第一道腰环附着以上部分杆身) 受力分析如图 F.0.4 所示。抱杆上部受力可按下列方法计算:

1 桅杆顶部 D 点受力可按下列公式计算:

$$\Delta T_D = T_{1x} - T_{2x} + (W_{t1} + W_{t2} + W_{t3} + W_{t4})/2 \quad (\text{F.0.4-1})$$

$$M_D = (T_{1y} - T_{2y})e_{1d} + (S_{1t} - S_{2t})e_{2d} \quad (\text{F.0.4-2})$$

$$N_D = T_{1y} + T_{2y} + T_{3y} + T_{4y} + S_{1t} + S_{2t} + S_{3t} + S_{4t} + 2k_2 G_t \quad (\text{F.0.4-3})$$

式中: ΔT_D —— 桅杆顶部 X 方向水平力 (kN);

N_D —— 桅杆顶部轴向压力 (kN);

M_D —— 桅杆顶部正面弯矩 (kN·m);

T_{1x} 、 T_{2x} —— 1 号、2 号摇臂变幅滑车组对桅杆在 X 方向 (水平方向) 的作用力 (kN);

T_{1y} 、 T_{2y} 、 T_{3y} 、 T_{4y} —— 1 号、2 号、3 号、4 号摇臂变幅滑车组对桅杆在 Y 方向 (垂直方向) 的作用力 (kN);

S_{1t} 、 S_{2t} 、 S_{3t} 、 S_{4t} —— 1 号、2 号、3 号、4 号摇臂变幅滑车组牵引绳张力 (kN);

W_{t1} 、 W_{t2} 、 W_{t3} 、 W_{t4} —— 1 号、2 号、3 号、4 号摇臂变幅滑车组风载 (kN);

e_{1d} —— 变幅滑车组在桅杆上的挂点至抱杆中心线距离 (m);

e_{2d} —— 变幅滑车组牵引绳转向滑车中心至抱杆中心线距离 (m)。

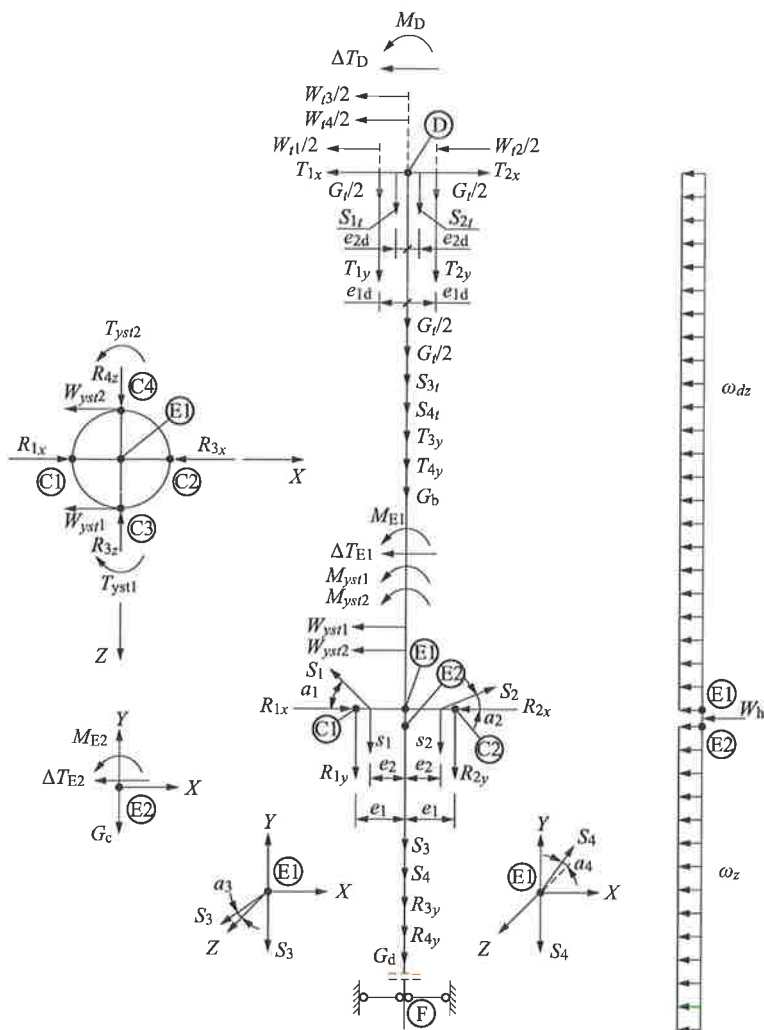


图 F.0.4 抱杆上部受力分析图

2 桅杆底部 E1 点受力可按下列公式计算:

$$\Delta T_{E1} = \Delta T_D + \omega_{dz} H_3 \quad (\text{F.0.4-4})$$

$$M_{E1} = M_D + \Delta T_D H_3 + \omega_{dz} H_3^2 / 2 \quad (\text{F.0.4-5})$$

$$N_{E1} = N_D + k_2 G_b \quad (\text{F.0.4-6})$$

式中: ΔT_{E1} ——桅杆底部 X 方向水平力 (kN);

N_{E1} ——桅杆底部轴向压力 (kN);

M_{E1} ——桅杆底部正面弯矩 (kN · m);

G_b ——桅杆自重 (kN);

ω_{dz} ——桅杆均布风线载 (kN/m);

H_3 ——桅杆高度 (m)。

3 稳定侧 3 号摇臂风载对回转体的作用力可按下列公式计算:

$$W_{ysf1} = W_{y3} + W_{s3} + W_{t3} / 2 \quad (\text{F.0.4-7})$$

$$M_{ysf1} = (W_{y3} / 2 + W_{s3} + W_{t3} / 2)(L \sin \alpha_3 + H_2) \quad (\text{F.0.4-8})$$

$$T_{ysf1} = (W_{y3} / 2 + W_{s3} + W_{t3} / 2)L \cos \alpha_3 + (W_{y3} + W_{s3} + W_{t3} / 2)e_1 \quad (\text{F.0.4-9})$$

稳定侧 4 号摇臂风载对回转体的作用力可按下列公式计算:

$$W_{ysf2} = W_{y4} + W_{s4} + W_{t4} / 2 \quad (\text{F.0.4-10})$$

$$M_{ysf2} = (W_{y4} / 2 + W_{s4} + W_{t4} / 2)(L \sin \alpha_4 + H_2) \quad (\text{F.0.4-11})$$

$$T_{ysf2} = (W_{y4} / 2 + W_{s4} + W_{t4} / 2)L \cos \alpha_4 + (W_{y4} + W_{s4} + W_{t4} / 2)e_1 \quad (\text{F.0.4-12})$$

式中: W_{ysf1} 、 W_{ysf2} ——3 号、4 号摇臂风载对回转体在 X 方向 (水平方向) 的作用力 (kN);

M_{ysf1} 、 M_{ysf2} ——3 号、4 号摇臂风载对回转体作用的弯矩 (kN · m);

T_{ysf1} 、 T_{ysf2} ——3 号、4 号摇臂风载对回转体作用的扭矩 (kN · m);

W_{s3} 、 W_{s4} ——3 号、4 号摇臂顶承受的风载, 取 50%起

吊滑车组风载 (kN);

W_{t3} 、 W_{t4} —— 3 号、4 号变幅滑车组风载 (kN);

W_{y3} 、 W_{y4} —— 3 号、4 号摇臂侧面风载 (kN);

α_3 、 α_4 —— 3 号、4 号摇臂与地面夹角 ($^{\circ}$);

e_1 —— 摇臂根部铰接点至抱杆中心线距离 (m);

H_2 —— 回转体底部至摇臂根部铰接点高度 (m)。

4 回转体 E2 点 (回转体底部) 受力可按下列公式计算:

$$\Delta T_{E2} = R_{2x} - R_{1x} + \Delta T_{E1} + S_1 \cos \alpha_1 - S_2 \cos \alpha_2 + W_{yst1} + W_{yst2} + W_h \quad (\text{F.0.4-13})$$

$$M_{E2} = M_{E1} + (R_{1y} - R_{2y})e_1 + [S_1(1 - \sin \alpha_1) - S_2(1 - \sin \alpha_2)]e_2 \\ + M_{yst1} + M_{yst2} + (\Delta T_{E2} - W_{yst1} - W_{yst2} - W_h)H_2 + W_h H_2 / 2 \quad (\text{F.0.4-14})$$

$$N_{E2} = N_{E1} + R_{1y} + R_{2y} + R_{3y} + R_{4y} + \sum_{i=1}^4 S_i(1 - \sin \alpha_i) + k_2 G_c \quad (\text{F.0.4-15})$$

$$T_{E2} = T_{yst2} - T_{yst1} + (W_{yst2} - W_{yst1})e_1 \quad (\text{F.0.4-16})$$

式中:

ΔT_{E2} —— 回转体 X 方向水平力 (kN);

N_{E2} —— 回转体轴向压力 (kN);

M_{E2} —— 回转体正面弯矩 (kN · m);

T_{E2} —— 回转体扭矩 (kN · m);

R_{1x} 、 R_{2x} —— 1 号、2 号摇臂对回转体在 X 方向 (水平方向) 的作用力 (kN);

R_{1y} 、 R_{2y} 、 R_{3y} 、 R_{4y} —— 1 号、2 号、3 号、4 号摇臂对回转体在 Y 方向 (垂直方向) 的作用力 (kN);

G_c —— 回转体自重 (kN);

W_h —— 回转体风载 (kN);

S_i ($i=1 \sim 4$) —— 1 号、2 号、3 号、4 号起吊滑车组牵引绳张力 (kN);

α_i ($i=1\sim 4$) ——1号、2号、3号、4号摇臂与地面夹角 ($^{\circ}$);

e_2 ——起吊滑车组牵引绳转向滑车中心至抱杆中心线距离 (m)。

5 杆身第一道腰环附着 F 点受力可按下列公式计算:

$$\Delta T_F = \Delta T_{E2} + \omega_z H_1 \quad (\text{F.0.4-17})$$

$$M_F = M_{E2} + \Delta T_{E2} H_1 + \omega_z H_1^2 / 2 \quad (\text{F.0.4-18})$$

$$N_F = N_{E2} + k_2 G_d \quad (\text{F.0.4-19})$$

$$T_F = T_{E2} \quad (\text{F.0.4-20})$$

式中: ΔT_F ——杆身第一道腰环附着点 X 方向水平力 (kN);

N_F ——杆身第一道腰环附着点轴向压力 (kN);

M_F ——杆身第一道腰环附着点正面弯矩 (kN · m);

T_F ——杆身第一道腰环附着点扭矩 (kN · m);

G_d ——第一道腰环附着点至回转体高度内的杆身自重(kN);

ω_z ——杆身均布风线载 (kN/m);

H_1 ——杆身第一道腰环附着点至回转体的高度 (m)。

F.0.5 抱杆杆身 (第一道腰环及以下部分杆身) 受力可按本导则第 D.0.5 条类似方法计算。

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待,对要求严格程度不同的词说明如下:

1) 表示很严格,非这样做不可的:

正面词采用“必须”,反面词采用“严禁”;

2) 表示严格,在正确情况下均应这样做的:

正面词采用“应”,反面词采用“不应”或“不得”;

3) 表示允许稍有选择,在条件许可时首先应这样做的:

正面词采用“宜”,反面词采用“不宜”;

4) 表示有选择,在一定条件下可以这样做的,采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准、规范执行的写法为“应符合……规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《建设工程施工现场供用电安全规范》GB 50194
- 《110kV~750kV 架空输电线路施工及验收规范》GB 50233
- 《架空输电线路施工抱杆通用技术条件及试验方法》DL/T 319
- 《电力建设安全工作规程 第2部分：电力线路》DL 5009.2
- 《输电线路施工机具设计、试验基本要求》DL/T 875
- 《输变电工程架空导线及地线液压压接工艺规程》DL/T 5285
- 《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ 46
- 《建设工程施工现场环境与卫生标准》JGJ 146
- 《施工现场机械设备检查技术规程》JGJ 160
- 《汽车起重机和轮胎起重机 安全规程》JB 8716

DL / T 5342 — 2018

中华人民共和国电力行业标准

**110kV~750kV 架空输电线路铁塔
组立施工工艺导则**

DL / T 5342 — 2018

代替 DL / T 5342 — 2006

条 文 说 明

修 订 说 明

本标准是根据 2015 年能源领域行业标准制修订计划(国能科技〔2015〕283 号)的要求编制完成的。

为了方便广大设计、生产、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本标准时能更正确理解和执行条文规定,编写组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明,对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是,本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力,仅供使用者作为理解和把握标准规定的参考。

目 次

1 总则	126
3 施工准备	127
4 内悬浮外拉线抱杆分解组塔	128
5 内悬浮内拉线抱杆分解组塔	129
6 倒落式抱杆整体组塔	130
7 内悬浮双摇臂抱杆分解组塔	131
8 座地双摇臂抱杆分解组塔	132
9 座地四摇臂抱杆分解组塔	134
10 座地双平臂抱杆分解组塔	135
11 流动式起重机分解组塔	136

1 总 则

1.0.2 本标准不适用于 110kV~750kV 钢管杆和钢管塔、大跨越工程的组立施工。

3 施 工 准 备

3.0.2 铁塔图纸会检内容应包括检查满足施工、运行、检修要求的符合性。

4 内悬浮外拉线抱杆分解组塔

4.1.7 内悬浮外拉线分解组塔时，应依据铁塔结构、受力的合理性以及吊装施工条件，初步选择抱杆腰环、承托绳锚固点、吊件提升点，再依据该状态下吊装的最大工况，计算各类设置点的受力情况。各设置点受力情况汇总后由设计方验算铁塔结构强度及稳定性。若设置点受力超出铁塔结构的承载力，应重新设置或采取降低设置点受力的措施，并再次由设计方进行演算，直至设置点受力满足该点强度承载力、铁塔稳定性及吊装要求。外拉线设置后，应依据外拉线最大受力工况下，演算铁塔结构的稳定性。

5 内悬浮内拉线抱杆分解组塔

5.1.8 内悬浮内拉线分解组塔时，应依据铁塔结构、受力的合理性以及吊装施工条件，初步选择抱杆腰环、承托绳锚固点、内拉线锚固点、吊件提升点，再依据该状态下吊装的最大工况，计算各类设置点的受力情况。各设置点受力情况汇总后由设计方验算铁塔结构强度及稳定性。若设置点受力超出铁塔结构的承载力，应重新设置或采取降低设置点受力的措施，并再次由设计方进行演算，直至设置点受力满足该点强度承载力、铁塔稳定性及吊装要求。

5.5.4 附录 B 给出抱杆、抱杆内拉线受力计算部分，其余同本标准附录 A 内悬浮外拉线抱杆分解组塔主要受力计算。

6 倒落式抱杆整体组塔

6.1.2 本标准主要以使用人字型倒落式抱杆为主，对较小、较轻的独腿拉线塔也可使用 I 型倒落式抱杆，I 型倒落式抱杆即为独腿抱杆。I 型倒落式抱杆使用时应在倒落方向的两边设置拉线，以保证抱杆的有效性。

6.3.1-4 当待整立的铁塔不是很重时，牵引系统可按图 6.3.1～图 6.3.3 所示设置单牵引滑车组；当待整立的铁塔较重时牵引滑车组可按图 6.3.4 所示设置双牵引滑车组。当待整立的铁塔不是很重时，牵引系统可按图 6.3.1 所示将牵引滑车组直接挂在人字抱杆上；当待整立的铁塔较高时，牵引系统可按图 6.3.3 所示在人字抱杆与牵引滑车组间接一总牵引绳以减少滑车组长度。

7 内悬浮双摇臂抱杆分解组塔

7.1.1、7.1.2 内悬浮双摇臂抱杆吊装时，一般情况下设置内拉线。而当吊装酒杯型塔塔头时，根据其塔头结构形式，需设置落地拉线等外拉线方式，综合考虑施工现场地形条件、抱杆强度和稳定性要求，同时抱杆又为内悬浮形式，为保证施工安全，本导则规定该抱杆不适用于酒杯型、猫头型塔组立。

7.2.4~7.2.6 抱杆拉线、承托绳和腰环塔身侧挂点设置于塔身节点处，主要是考虑塔身结构的稳定性。

7.2.7 起吊动力设备、指挥控制室，在条件许可的情况下，尽量按顺线路方向布置，这样可以避免横担、顶架组装及起吊过程中与起吊牵引绳发生干扰；同时综合考虑施工现场条件限制和保证施工安全等因素，规定了起吊动力设备、指挥控制室与铁塔中心的距离不应小于塔全高的 $1/2$ 且不应小于 40m。

7.4.3 本条提出了内悬浮双摇臂抱杆提升滑车组牵引绳采用“四变二变一”和“对角二变一”两种组合方式，说明了内悬浮双摇臂抱杆提升除采用四组提升滑车组外，在满足受力要求的前提下抱杆也可采用对角布置的两组提升滑车组提升。

7.5.3

1 附录 D 选取抱杆受到平行于摇臂方向风载荷作用，且吊件偏角沿摇臂方向的工作工况为计算工况作为计算示例进行计算，其他工况可按本附录类似的计算方法进行计算。

2 内悬浮双摇臂抱杆杆身受力计算时，取回转体底部（内拉线点）作为杆身的上部支点、各杆身中间腰环附着点作为中间支点、抱杆承托点作为杆身的下部支点进行计算。

8 座地双摇臂抱杆分解组塔

8.1.4 考虑转角塔铁塔基础有预高，座地抱杆若布置在基础中心，在铁塔上部倾斜的情况下抱杆与铁塔会相互碰撞，故将座地抱杆布置在铁塔中心。铁塔中心是指横担以上部分塔身结构中心。

8.2.2 本条将座地双摇臂抱杆分解组塔吊装布置归纳为三种情形，主要是按抱杆提升方式进行分类的，具体施工时可根据抱杆提升方式并结合现场实际情况进行布置。

8.2.6 起吊动力设备、指挥控制室，在条件许可的情况下，尽量按顺线路方向布置，这样可以避免横担、顶架组装及起吊过程中与起吊牵引绳发生干扰；同时，综合考虑施工现场条件限制和保证施工安全等因素，规定了起吊动力设备、指挥控制室与铁塔中心的距离不应小于塔全高的 $1/2$ 且不应小于 40m。

8.4.3 本条将座地双摇臂抱杆提升方法归纳为滑车组牵引法倒装提升和地面液压提升套架倒装提升两大类，其中滑车组牵引法倒装提升方式，根据支撑架方式的不同又分为两种形式，具体施工时可根据实际情况进行选择。

8.4.6 由于酒杯型塔整个塔头尺寸较大，落地两摇臂抱杆吊装横担、顶架时，如在上下曲臂间设置常规形式腰环，其顺线路方向效果较差，影响抱杆稳定性，因此本导则推荐采用交叉腰环。

8.5.2

1 附录 E 选取抱杆受到平行于摇臂方向风载荷作用，且吊件偏角沿摇臂方向的工作工况为计算工况作为计算示例进行计

算，其他工况可按本附录类似的计算方法进行计算。

2 座地双摇臂抱杆杆身受力计算时，取回转体底部（内拉线点）作为杆身的上部支点、各杆身中间腰环附着点作为中间支点、抱杆座地点作为杆身的下部支点进行计算。

9 座地四摇臂抱杆分解组塔

9.1.2 考虑转角塔铁塔基础有预高，座地抱杆若布置在基础中心，在铁塔上部倾斜的情况下抱杆与铁塔会相互碰撞，故将座地抱杆布置在铁塔中心。铁塔中心是指横担以上部分塔身结构中心。

9.1.2、9.1.3 座地四摇臂抱杆采用单侧起吊、对侧平衡的吊装方式，且利用另外两侧摇臂稳定抱杆，因此抱杆不使用落地拉线。

9.2.2 本条将座地四摇臂抱杆分解组塔吊装布置归纳为两种情形，主要是按抱杆提升方式进行分类的，具体施工时，可根据抱杆提升方式并结合现场实际情况进行布置。

9.4.3 本条将座地四摇臂抱杆提升方法归纳为滑车组牵引法倒装提升和地面液压提升套架倒装提升两大类。

9.5.3

1 附录 F 选取抱杆受到平行于起吊侧摇臂方向风载荷作用，且吊件偏角沿摇臂方向的工作工况为计算工况作为计算示例进行计算，其他工况可按本附录类似的计算方法进行计算。

2 座地四摇臂抱杆杆身受力计算时，取杆身第一道腰环附着点作为杆身的上部支点、各杆身中间腰环附着点作为中间支点、杆身座地点作为杆身的下部支点进行计算。

10 座地双平臂抱杆分解组塔

10.1.2 当铁塔塔身顶部截面小于座地双平臂抱杆旋转机构最小尺寸时，即为不满足抱杆下降尺寸。

10.1.4 考虑转角塔铁塔基础有预高，座地抱杆若布置在基础中心，在铁塔上部倾斜的情况下抱杆与铁塔会相互碰撞，故将座地抱杆布置在铁塔中心。铁塔中心是指横担以上部分塔身结构中心。