



三一重能

版本号：V2.2

密 级：内部公开

共 228 页

915 平台风力发电机组 机械安装手册

编 制：史伟秋

校 对：蒙 杰

审 核：唐胜武

批 准：顾 强

三一重能股份有限公司

2025 年 5 月 25 日

版权及免责声明

版权所有 © 2025，三一重能股份有限公司。保留所有权利。

未经三一重能股份有限公司（“三一重能”）书面允许，不得擅自翻印、传播、销售或更改本文档的部分或全部内容。

本文档仅作为使用指导，除非合同约定，三一重能对于本文档的内容不作任何明示或暗示的担保。由于技术和产品不断更新，三一重能保留修订本文档的权利，如有更改，恕不另行通知。

 和 **SANY** 等三一商标为三一集团有限公司授权给三一重能使用的商标。本文档中出现的其他商标为对应权利人所有。

变更记录

版本号	日期	作者	主要更改内容
V2.2	2025-05-25	史伟秋	- 修改叶片螺柱外露长度。 - 联轴器安装内容修改为参照《风力发电机组联轴器机械安装与更换指导书》。
V2.1	2025-03-20	史伟秋	- 修改叶片与轮毂对接标准。 - 增加传动链轴承座螺栓紧固顺序。 - 增加 45t 叶片吊具参数和使用方法。 - 增加传动链水平运输吊具及安装差异。 - 删除叶根螺栓 O 型密封圈。
V2.0	2024-12-30	史伟秋	增加机舱-X 卸车和吊装吊具、传动带-X 吊具。
V1.3	2024-11-25	史伟秋	- 修改联轴器型号和力矩大小，调整联轴器安装顺序。 - 更新叶片卸车方式。 - 增加主轴轮毂连接 M42 螺栓安装方法。 - 增加轮毂裸露螺纹孔部分进行防腐处理。
V1.2	2024-10-12	史伟秋	- 增加机舱分体吊装方法。 - 修改塔筒机舱连接双头螺柱力矩。
V1.1	2024-09-20	白旭	增加扰流条安装方法。
V1.0	2024-08-20	白旭	创建文档。

目 录

1. 目的	12
2. 范围	12
3. 标志约定	12
4. 安全	12
4.1 通用说明	12
4.2 人员资质	12
4.3 作业现场安全规范	15
4.4 吊装时的安全规范	16
4.5 机组内工作时的安全规范	18
4.6 安装期间涡激振动风险控制要求	18
4.7 现场环境要求	19
4.8 个人防护设备	19
4.9 机组安全标识	19
4.10 职责	19
4.11 计量单位	19
5. 关联文档	20
6. 安装流程	22
6.1 安装流程图	22
6.2 流程说明	23
7. 工作准备	25
7.1 风机基础验收	25
7.2 平台与道路要求	25
7.3 主起重机要求	29
7.3.1 起重机配置要求	29
7.3.2 起重机设备	29
7.3.3 起重机作业要求	29
7.4 大部件吊装吊具参数	29
7.5 模拟运输	30
7.6 风机设备转运	30
7.7 风电机组设备卸货	30
7.7.1 运输工装参数	30
7.7.2 电气柜卸车	31
7.7.2.1 电气柜参数	31
7.7.2.2 电气柜卸车吊具	31
7.7.2.3 电气柜卸车过程	31
7.7.3 塔筒卸车	32
7.7.3.1 塔筒参数	32
7.7.3.2 塔筒卸车吊具	32
7.7.3.3 塔筒卸车过程	32
7.7.4 机舱卸车	33
7.7.4.1 机舱参数	33

7.7.4.2	机舱卸车吊具	33
7.7.4.3	机舱卸车过程	35
7.7.5	传动链卸车	38
7.7.5.1	传动链参数	38
7.7.5.2	传动链卸车吊具	38
7.7.5.3	传动链卸车过程	39
7.7.6	轮毂卸车	42
7.7.6.1	轮毂参数	42
7.7.6.2	轮毂卸车吊具	43
7.7.6.3	轮毂卸车过程	43
7.7.7	叶片卸车	44
7.7.7.1	叶片参数	44
7.7.7.2	叶片吊具卸车吊具	44
7.7.7.3	叶片吊具卸车过程	45
7.7.7.4	叶片吊具卸车过程	45
7.8	通讯设备	46
7.9	现场使用的设备与工具	46
7.10	工装吊具日常检查	46
7.11	其他注意事项	49
8	安装塔底平台及电气柜	50
8.1	安装流程图	50
8.2	安装准备	50
8.3	吊具清单	50
8.4	工具清单	51
8.5	物料清单	51
8.5.1	塔底平台安装物料清单	51
8.5.2	电气柜参数	51
8.5.3	电气柜紧固件清单	51
8.6	安装塔底平台	52
8.7	安装塔底电气柜	54
8.7.1	安装高压开关柜	54
8.7.2	安装塔底控制柜	55
8.7.3	安装免爬梯（选配）	55
8.7.4	安装电梯柜（选配）	55
8.8	收尾工作	56
9	安装塔筒	57
9.1	安装流程图	57
9.2	塔筒参数	57
9.3	塔筒紧固件	57
9.4	塔筒安装物料	58
9.5	塔筒螺栓力矩	58
9.6	塔筒吊具清单	58
9.7	塔筒工具清单	60
9.8	安装准备	61

9.8.1	安装前检查	61
9.8.2	清洁塔筒	61
9.8.3	工具及物料准备	61
9.9	安装第一节塔筒	61
9.9.1	安装塔筒吊具	62
9.9.2	起吊第一节塔筒	63
9.9.3	塔筒螺栓安装与紧固	65
9.9.4	拆除上法兰吊具	66
9.9.5	安装塔筒与基础接地	66
9.9.6	安装门口爬梯	67
9.9.6.1	安装常规外爬梯	67
9.9.6.2	安装带接线盒外爬梯	67
9.9.7	安装质量检查	68
9.10	安装第二节塔筒	68
9.11	安装第三节塔筒	71
9.12	安装第四节塔筒	72
9.13	安装第五节塔筒（选装）	73
9.14	机组无机舱过夜	73
9.15	收尾工作	74
10.	安装塔筒（未开孔）扰流条（选装）	75
10.1	安装次顶段塔筒（未开孔）扰流条及缆风绳	75
10.1.1	物料清单	75
10.1.2	工具清单	75
10.1.3	组装扰流条	75
10.1.4	安装扰流条	76
10.2	安装顶段塔筒（未开孔）扰流条及缆风绳	79
10.2.1	物料清单	79
10.2.2	工具清单	80
10.2.3	组装扰流条	80
10.2.4	安装扰流条	80
10.3	拆除扰流条	84
10.3.1	拆除次顶段塔筒（未开孔）扰流条	84
10.3.2	拆除顶段塔筒（未开孔）扰流条	84
10.4	整理扰流条	84
11.	安装塔筒（开孔）扰流条（选装）	85
11.1	安装次顶段塔筒（开孔）扰流条及缆风绳	85
11.1.1	物料清单	85
11.1.2	工具清单	85
11.1.3	组装扰流条	86
11.1.4	安装扰流条	86
11.2	安装顶段塔筒（开孔）扰流条及缆风绳安装	89
11.2.1	物料清单	89
11.2.2	工具清单	90
11.2.3	组装扰流条	90

11.2.4	安装扰流条	90
11.3	拆除扰流条	94
11.3.1	拆除次顶段塔筒（开孔）扰流条	94
11.3.2	拆除顶段塔筒（开孔）扰流条	94
11.4	整理扰流条	94
11.5	扰流条储存与转运	94
12.	安装机舱（整体吊装）	95
12.1	安装流程图	95
12.2	安装传动链	95
12.2.1	传动链参数	95
12.2.2	传动链吊具	95
12.2.2.1	传动链吊具清单	95
12.2.2.2	传动链吊具结构图	97
12.2.3	工具清单	99
12.2.4	物料清单	100
12.2.5	拆除机舱前顶罩	100
12.2.6	拆除机舱架横梁	101
12.2.7	水冷支架卸货	101
12.2.8	吊装传动链	102
12.2.9	安装机舱架横梁	108
12.2.10	安装机舱上罩及前罩沿	109
12.2.10.1	工具清单	109
12.2.10.2	物料清单	109
12.2.10.3	安装前罩沿	109
12.2.10.4	安装机舱上罩	110
12.2.11	安装传动链接油盘	110
12.3	安装变压器	110
12.4	安装水冷支架附件	110
12.4.1	安装气象架	110
12.4.1.1	工具及辅料清单	110
12.4.1.2	紧固件清单	111
12.4.1.3	安装气象架及底座	111
12.4.2	安装风速风向仪	111
12.4.2.1	工具及辅料清单	111
12.4.2.2	紧固件清单	112
12.4.2.3	安装机械式风速仪	112
12.4.2.4	机械式风向标安装	113
12.4.2.5	超声波安装	114
12.4.3	安装航空灯	115
12.4.3.1	工具清单	115
12.4.3.2	紧固件清单	115
12.4.3.3	安装航空灯	115
12.5	安装水冷系统	115
12.5.1	水冷系统安装流程	116
12.5.2	安装水冷支架	116

12.5.2.1	吊具清单	116
12.5.2.2	工具清单	116
12.5.2.3	物料清单	116
12.5.2.4	安装水冷支架	117
12.5.2.5	水冷支架安装收尾	117
12.5.3	安装水冷系统管路	118
12.5.3.1	工具清单	118
12.5.3.2	物料清单	118
12.5.3.3	安装水冷管路	118
12.5.4	水冷散热器气密性检查	119
12.5.4.1	气密性测试工具	119
12.5.4.2	气密性测试过程	120
12.5.5	水冷散热器防冻液加注	122
12.5.5.1	防冻液加注工具	122
12.5.5.2	防冻液加注过程	123
12.5.6	水冷系统安装点检表	124
12.6	安装舱外走线管	125
12.6.1	工具清单	125
12.6.2	物料清单	125
12.6.3	安装走线管	126
12.6.4	舱外线束布置	126
12.7	机舱附件安装收尾	126
12.8	吊装机舱	126
12.8.1	机舱参数	126
12.8.2	吊具清单	127
12.8.2.1	机舱整吊装吊具清单	127
12.8.2.2	机舱整吊装吊具结构图	127
12.8.3	工具清单	128
12.8.4	物料清单	129
12.8.5	机舱螺柱外露长度	129
12.8.6	机舱螺柱拉伸值	129
12.8.7	安装准备	129
12.8.7.1	发电机前后轴承径向压紧工装拆除	129
12.8.7.2	放置安装附件	129
12.8.8	安装吊具及缆风绳	130
12.8.8.1	安装吊具	130
12.8.8.2	安装缆风绳	132
12.8.9	拆除运输底座	132
12.8.10	机舱吊装过程	133
12.9	偏航螺栓紧固	133
12.10	机组无叶片过夜防护	134
12.11	偏航接脂盒组件安装	135
12.12	收尾工作	135
12.12.1	安装齿轮箱水冷管路	135
13.	安装机舱（分体吊装）	137

13.1	安装流程图	137
13.2	安装变压器	137
13.3	水冷支架卸货	137
13.3.1	拆除机舱前顶罩	137
13.3.2	拆除机舱架横梁	138
13.3.3	水冷支架卸货	138
13.4	安装舱外走线管	139
13.4.1	工具清单	139
13.4.2	物料清单	139
13.4.3	安装走线管	139
13.4.4	舱外线束布置	140
13.5	机舱附件安装收尾	140
13.6	吊装机舱	140
13.6.1	机舱参数	140
13.6.2	吊具清单	140
13.6.2.1	机舱分体吊装吊具清单	140
13.6.2.2	机舱分体吊装吊具结构图.....	142
13.6.3	工具清单	143
13.6.4	物料清单	143
13.6.5	机舱螺柱外露长度.....	144
13.6.6	机舱螺柱拉伸值	144
13.6.7	安装准备	144
13.6.7.1	发电机前后轴承径向压紧工装拆除	144
13.6.7.2	放置安装附件	144
13.6.8	安装吊具及缆风绳.....	144
13.6.8.1	安装吊具	144
13.6.8.2	安装缆风绳	146
13.6.9	拆除运输底座	147
13.6.10	机舱吊装过程	147
13.7	安装传动链	148
13.7.1	传动链参数	148
13.7.2	传动链吊具	148
13.7.2.1	传动链吊具清单	148
13.7.2.2	传动链吊具结构图.....	150
13.7.3	工具清单	152
13.7.4	物料清单	153
13.7.5	吊装传动链	153
13.7.6	安装机舱架横梁	159
13.7.7	安装机舱架横梁	159
13.7.8	安装机舱上罩及前罩沿	159
13.7.8.1	工具清单	159
13.7.8.2	物料清单	160
13.7.8.3	安装前罩沿	160
13.7.8.4	安装机舱上罩	160
13.7.9	安装传动链接油盘.....	161

13.8	安装水冷支架附件	161
13.8.1	安装气象架	161
13.8.1.1	工具及辅料清单	161
13.8.1.2	紧固件清单	161
13.8.1.3	安装气象架及底座	162
13.8.2	安装风速风向仪	162
13.8.2.1	工具及辅料清单	162
13.8.2.2	紧固件清单	162
13.8.2.3	安装机械式风速仪	163
13.8.2.4	机械式风向标安装	164
13.8.2.5	超声波安装	165
13.8.3	安装航空灯	166
13.8.3.1	工具清单	166
13.8.3.2	紧固件清单	166
13.8.3.3	安装航空灯	166
13.9	安装水冷系统	166
13.9.1	水冷系统安装流程	167
13.9.2	安装水冷支架	167
13.9.2.1	吊具清单	167
13.9.2.2	工具清单	167
13.9.2.3	物料清单	167
13.9.2.4	安装水冷支架	168
13.9.2.5	水冷支架安装收尾	168
13.9.3	安装水冷系统管路	169
13.9.3.1	工具清单	169
13.9.3.2	物料清单	169
13.9.3.3	安装水冷管路	169
13.9.4	水冷散热器气密性检查	170
13.9.4.1	气密性测试工具	170
13.9.4.2	气密性测试过程	171
13.9.5	水冷散热器防冻液加注	173
13.9.5.1	防冻液加注工具	173
13.9.5.2	防冻液加注过程	174
13.9.6	水冷系统安装点检表	175
13.10	偏航螺栓紧固	176
13.11	机组无叶片过夜防护	177
13.12	偏航接脂盒组件安装	178
13.13	收尾工作	178
13.13.1	安装齿轮箱水冷管路	178
14.	组装风轮	180
14.1	组装流程图	180
14.2	轮毂参数	180
14.3	轮毂吊具	180
14.4	轮毂放置	181
14.5	安装集油瓶	182

14.5.1	物料清单	182
14.6	安装导流罩	182
14.6.1	吊具清单	182
14.6.2	工具清单	182
14.6.3	物料清单	183
14.6.4	安装准备	183
14.6.5	安装导流罩	184
14.7	安装轮毂导流罩顶	185
14.7.1	吊具清单	185
14.7.2	工具清单	185
14.7.3	物料清单	185
14.7.4	安装准备	186
14.7.5	安装导流罩顶	186
14.8	安装叶片定位销	187
14.9	叶片参数	187
14.10	叶片紧固件	188
14.10.1	叶片紧固件清单	188
14.10.2	叶片螺柱外露长度	188
14.10.3	叶片螺柱拉伸值	188
14.11	叶片吊具	188
14.12	叶片安装工具	189
14.13	安装叶片	189
14.13.1	安装准备	189
14.13.2	叶片变桨	190
14.13.2.1	工具清单	190
14.13.2.2	变桨供电	190
14.13.2.3	轮毂变桨	192
14.13.3	组装叶片吊具	192
14.13.4	叶片吊装注意事项	193
14.13.5	安装第一支叶片	193
14.13.6	安装第二支叶片	196
14.13.7	安装第三支叶片	200
14.14	风轮组装收尾工作	202
15.	安装风轮	204
15.1	安装流程图	204
15.2	工具清单	204
15.3	物料清单	204
15.4	主轴螺栓力矩值	205
15.5	安装风轮吊具	205
15.5.1	吊具清单	205
15.5.2	安装吊具	206
15.6	风轮起吊	208
15.7	风轮翻转	209
15.8	风轮对接	209
15.9	风轮上张口解决方案	210

15.10	主轴螺栓安装与紧固	210
15.11	拆除风轮吊具	212
15.12	安装风轮收尾	213
15.12.1	安装轮毂吊装孔盖板	213
15.12.2	检查滑环线	213
15.12.3	主轴与轮毂结合面外露缝隙涂胶	214
15.12.4	主轴与轮毂结合面画防错位标识	214
15.12.5	主轴与衬套结合面画防错位标识	214
15.13	叶片螺栓紧固	215
15.14	吊装阶段抗涡激方案	215
16.	后续工作	217
16.1	发电机对中	217
16.2	安装联轴器	217
16.3	整机力矩验收	217
16.3.1	M20 及以下螺栓力矩检验	217
16.3.2	高强度螺栓力矩检验	218
16.3.3	锚栓拉伸力检验	218
16.4	螺栓防腐	219
16.5	检查爬梯和防坠落装置	219
16.6	机组清理	220
16.7	变桨齿圈抹脂	220
16.8	偏航齿圈抹脂	220
16.9	人员撤场	220
16.10	整机验收	221
附录 222		
A	专业术语	222
B	塔筒螺栓力矩参考表	222
C	机组力矩参考表	223
D	7.2~8.0MW 机组手动偏航电气操作方案	223
D.1	注意事项	223
D.2	机舱上电（400V 柴油发电机）	224
D.2.1	准备工作	224
D.2.2	供电	224
D.2.3	偏航控制逻辑测试	226
D.2.4	偏航控制功能测试	226
D.2.5	齿轮箱油泵电机低速控制逻辑测试	227
D.2.6	齿轮箱油泵电机低速控制功能测试	227
D.2.7	400V 盘车工装取电位置	227
E	螺栓润滑要求	228

1. 目的

手册旨在提供由三一重能股份有限公司（简称“三一重能”）生产的 915 平台风力发电机组在安装时所需要的技术资料。在本手册中，机组的安装作业是指各部件在指定场地进行组装的全过程。本手册是所有实际安装作业的基础，其中列出的条件是基本要求，所有实际的作业必须完全满足这些要求。因此，用户需要在充分理解本手册的基础上，制定更详细的安装方案。

实际安装作业存在多种不可预知的情况，本手册仅为一般情况下的说明。其中未涉及的作业情况，用户应咨询三一重能，由三一重能制定专门的安装方案。

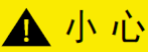
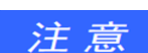
若本手册存在错误，或您有关于本手册的任何问题或意见，请与三一重能联系。

2. 范围

本文档适用于三一重能 915 平台（陆上）风力发电机组，包括 SI-220625、SI-22065、SI-22067。

3. 标志约定

如下标志可能会出现在文档中，这些标志可以使读者在阅读时得到醒目的提示。

项目	含义
 危险	危险表示处在一个危险情况，如果不加避免的话，则会导致死亡或严重伤害
 警告	警告表示处在一个危险情况，如果不加避免的话，则可能导致死亡或严重伤害
 小心	小心表示处在一个危险情况，如果不加避免的话，则可能导致轻度或中度伤害
 注意	注意表示可能导致机器受到损坏、个人财产或者环境受到损失、或者导致机器无法正常操作
说明	说明表示需要强调或突出的内容，不涉及任何人员伤害或设备损伤

4. 安全

4.1 通用说明

安全是一切工作的根本。机组的现场安装包含高空作业，为了保证风电机组的安全与正确安装，现场所有作业人员须认真阅读和遵守本技术要求内容，严禁违章操作。风电场现场管理人员须按国家相关规范对起重设备、索具、吊具及安全设施等进行必要的保护、维护与检查，如果发现任何安全隐患应及时处理。本技术要求内容仅涵盖了针对风电机组相关的安全要求，除此之外，所有的国家颁布的现行劳动保护安全条例及有关的规定、专业通用操作规程和事故应急方案等均适用于风电场安全管理。三一重能保留因改进机组而更改手册的权利。

为确保作业过程中的安全，避免出现人身伤害或设备事故，作业开始前，项目负责人及所有作业人员必须阅读《产品说明书》、《安全手册》和本章内容。必须按照本手册的操作规程和当地法规中的事故预防规程进行作业。必须严格遵守其他相关意外预防规定以及其他安全技术和医学上认可的规定。不遵守本手册操作规程，或不遵守其他上述规范或规定，可能会产生的人身伤害和设备事故。

4.2 人员资质

机组安装是具有一定风险性的作业，进入风场的作业人员，需熟知风场环境，经过培训掌握发生紧急情况时的正确逃生方法，熟知风场的确切位置与风场当地救援部门电话。只有经过授权的或培训合格的专业人员才能进入现场工作。必要时，可对作业人员进行资格审查，或者再培训，或者委托其他具备资质的人员或机构执行相关工作。为确保安全，所有作业人员必须满足如下所述基本和具

体要求，见表 4-1 所示。

- 机组安装是具有一定风险性的作业，机组安装人员必须具备相应的资质。
- 安装作业人员必须年满 18 岁，身体健康，具有登高作业证书并在有效期内。
- 特种作业人员必须持证上岗。
- 从事安装工作的所有人员必须掌握风力发电机组现场安装内容及相关技术要求。

表 4-1 作业人员必须满足的基本要求

项目	要求
视力	在正规医疗机构体检中判定为视力正常或矫正视力在 1.0 以上
听力	在正规医疗机构体检中判定为听力正常
培训	进行过作业现场安全及风力发电机组安装培训
经验	有风力发电机组安装作业经验
服装	穿工作服；禁止配戴首饰，如耳环、手镯等
防护设备	配戴个人防护用品，如安全帽、安全鞋、保护手套等；如果预计安装现场音级要超过 70dB(A)时，应戴好耳套
其他	作业前 24 小时内未饮酒或摄入含酒精类食品

所有作业人员进入现场必须穿工作服，并配戴个人防护用品，见图 4-1 所示。

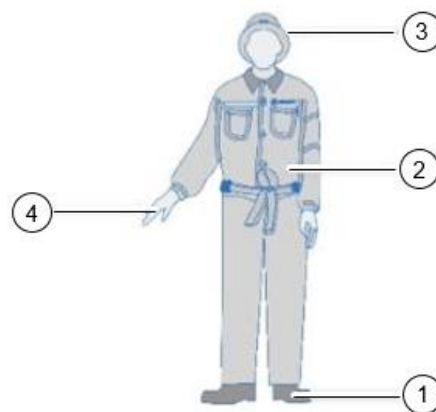


图 4-1 作业人员入场准备

- | | |
|--------|--------|
| 1. 劳保鞋 | 2. 工作服 |
| 3. 安全帽 | 4. 手套 |

1. 搬运、绑扎人员资格要求。

搬运、绑扎人员负责作业过程中对部件进行搬运、绑扎吊带和固定吊钩，除满足作业人员基本要求外，搬运、绑扎人员必须满足表 4-2 所述额外资格要求。

表 4-2 搬运、绑扎人员资格要求

项目	要求
体力	能够被证明的，具有从事搬运、绑扎大型部件作业的体力

培训	进行过风力发电机组搬运、绑扎操作培训
----	--------------------

2. 起重机操作人员资格要求。

起重机操作人员负责作业过程中操作起重机对部件进行吊装，除满足作业人员基本要求外，起重机操作人员必须满足表 4-3 所述额外资格要求。

表 4-3 起重机操作人员资格要求

项目	要求
资质	具有起重机操作资质证明
培训	进行过起重机操作培训；进行过风力发电机组吊装作业培训
经验	具有大型部件的起吊作业经验

3. 安装人员资格要求。

安装人员负责作业过程中的攀爬塔筒、进入机舱、紧固螺栓、连接线缆、检查清理工作，除满足作业人员基本要求外，安装人员必须满足表 4-4 所述额外资格要求。

表 4-4 安装人员资格要求

项目	要求
体力	能够被证明具有从事安装大型部件作业的体力，并无恐高症。
培训	进行过风力发电机组安装操作培训
能力	掌握风机紧固件的紧固方法；具有操作电动扳手、液压扳手的能力

4. 现场指挥人员资格要求。

现场指挥人员负责在安装现场指挥协调安装过程正确有序进行，并指派代表在安装过程中与起重机操作人员进行沟通，除满足作业人员基本要求外，现场指挥人员必须满足表 4-5 所述额外资格要求。

表 4-5 现场指挥人员资格要求

项目	要求
培训	进行过产品相关知识培训
经验	从事过风力发电机组安装作业现场指挥

5. 项目负责人员资格要求。

项目负责人员负责在安装作业中安排安装工序的进行，指派各类人员的工作，明确其各自的工作职责，除满足作业人员基本要求外，项目负责人员必须满足表 4-6 所述额外资格要求。

表 4-6 项目负责人员资格要求

项目	要求
培训	进行过相关的现行法律法规和事故预防规程的培训；进行过产品相关知识培训
能力	具有能够安排安装工序的能力；具有对作业人员工作进行指导的能力
经验	从事过风力发电机组安装作业项目负

6. 安全监督人员资格要求。

安全监督人员负责在安装过程中持续监测和及时制止违规操作或具有潜在危险的操作，并将现行的法律规程和事故预防规程告知作业人员，除满足作业人员基本资格要求外，安全监督人员必须满足表 4-7 所述额外资格要求。

表 4-7 安全监督人员资格要求

项目	要求
培训	进行过相关的现行法律规程和事故预防规程的培训
能力	具有能够判定危险行为的能力；具有对作业人员工作进行指导的能力

7. 专业技术人员资格要求。

专业技术人员负责在安装过程中检验作业人员的操作方法，指导相关人员作业，除满足作业人员基本要求外，专业技术人员必须满足表 4-8 所述额外资格要求。

表 4-8 专业技术人员资格要求

项目	要求
培训	进行过相关的现行法律规程和事故预防规程的培训；进行过产品相关知识培训
能力	具有能够判定技术工人操作方法是否正确的能力；具有对作业人员工作进行指导的能力

8. 技术专家资格要求。

技术专家负责对安装作业中的操作规程进行检验，撰写鉴定报告，并有权终止正在进行的作业，除满足作业人员基本资格要求外，技术专家必须满足表 4-9 所述额外资格要求。

表 4-9 专业专家资格要求

项目	要求
培训	进行过相关的现行法律规程和事故预防规程的培训；进行过产品相关知识培训
能力	具有能够检验操作规程的能力；具有对作业人员工作进行指导的能力

4.3 作业现场安全规范

1. 现场安装人员应经过专业安全培训并考核合格，外来人员进入现场必须经过专人的现场安全培训。
2. 工作人员进入现场工作必须戴安全帽。
3. 作业区域，严禁嬉戏、打闹等不安全行为。
4. 严禁在使用药物或酒精后处于意识不清楚的状态进行现场作业，感染疾病或存在身体障碍的人员不得进行现场作业。
5. 严禁任何人无证进行特种作业。
6. 严禁违反相关工艺规范及要求的作业。
7. 安装过程中，所有人员应积极配合并服从现场指挥调度。
8. 现场安全员负责监督所有人员严格按照安全规范进行操作，人员每天到场及各工序吊装前，应由安全员进行安全宣贯、检查。
9. 执行高度超过 2m 以上作业时，须使用个人安全防护装备，并随身携带通讯设备以备在紧急情况时使用。
10. 在机舱外工作时，须确保此期间无人在风电机组周围，避免坠物伤人。

11. 使用梯子作业时，应选用足够承载量的梯子，同时必须有人辅助稳固梯子。
12. 遇有大雾、大雪、雷雨天、沙尘暴或能见度不足等情况，不得进行安装、起吊作业。
13. 恶劣天气特别是雷雨天气，禁止进行任何安装作业，禁止人员进入或靠近机组，至少在雷电过去一小时后才可进入现场。
14. 安装现场噪音较大，当工作地点噪音超过 70dB(A) 时，安装人员必须戴耳套。
15. 安装现场临时用电作业时应采取可靠的安全保护措施。
16. 安装现场须有灭火器等防火设施。
17. 在安装现场进行焊接、切割、明火等容易引起火灾的作业必须得到相关单位批准后才能实施，同时确保灭火器有效并随手可及；确保易燃易爆物品远离作业周围；确保操作人员做好安全防范并预防火灾发生。
18. 安装现场安装废弃物、包装膜及垃圾应集中堆放、吊装公司负责统一回收处理，严禁随意焚烧或其它污染环境的行为。
19. 安装现场应设置警示性标牌、围栏等安全设施。
20. 安装现场应准备常用的急救医药用品。
21. 安装现场如非必要，车辆及无关人员应远离机组 300m 以外。
22. 现场设备，安装零部件、工具等仓储要求：
 - 现场设备、安装零部件、工具等仓储均应制定专人和合适的场所进行存储，做好防火、防盗、防潮、防水措施。
 - 机舱、轮毂、叶片、变流器等部件应储存在指定机位上，并置于坚实、平坦的地面上，不得倾斜放置、不得放置在容易积水的凹坑地面上，叶片存放应减少主风向受力面，并对其支架进行固定。
 - 塔基控制柜、标准件、电气元器件、电缆等零部件应指定场所进行集中存放，做好防火、防盗、防潮、防水等措施。
23. 文明施工的内容：
 - 保持现场、设备清洁，杜绝乱丢杂物，杜绝吸烟。
 - 禁止现场的不文明行为。
 - 现场人员要求明确分工，杜绝嬉戏、打闹等与工作无关的事情发生，与作业无关人员不得进入现场。
 - 施工车辆按指定的路线行驶，按指定场地停车，不得碾压草地苗木，不得破坏生态。

4.4 吊装时的安全规范

1. 风速要求

a. 通用要求

- 在风速超过 8m/s（10 分钟平均风速）的情况下，禁止锁定风轮，禁止进入轮毂。
- 在风速超过 12m/s（10 分钟平均风速）的情况下，禁止在机舱外工作。
- 在风速超过 12m/s（10 分钟平均风速）的情况下，必须关闭机舱天窗（备注：此时人员是在机舱内的）。
- 在风速超过 15m/s（10 分钟平均风速）的情况下，禁止在机舱内工作。
- 在风速超过 18m/s（10 分钟平均风速）的情况下，禁止进入塔筒平台。
- 在风速超过 25m/s（10 分钟平均风速）的情况下，禁止人员进入风场作业。

b. 运输的特殊要求

- 在风速超过 8m/s（10 分钟平均风速）的情况下，禁止叶片装车与卸车。
- 在风速超过 10m/s（10 分钟平均风速）的情况下，禁止机舱、轮毂、塔筒、电气柜装车与卸车。

c. 安装的特殊要求

- 在风速超过 8m/s（10 分钟平均风速）的情况下，禁止使用吊篮或提升机作业。

- 在风速超过 8m/s（10 分钟平均风速）的情况下，禁止进行塔上风轮组装（单叶片吊装）。
- 在风速超过 5.2m/s（10 分钟平均风速）的情况下，禁止进行地面风轮组装（风轮整体吊装）。
- 在风速超过 10m/s（10 分钟平均风速）的情况下，禁止进行塔筒的安装、禁止进行塔筒与机舱的拼接安装。

2. 天气环境要求

- 在小雨、小雪、阴天等天气状况下，建议停止作业等天气好转时继续进行作业。
- 在大雾、暴雨等能见度低于 200m 的天气及雷暴天气情况下，不得进行风电机组的安装。
- 在雷电、冰雹、强风、大雪、地震天气情况下，不得进行风电机组的安装。

3. 气温要求

- 气温 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ ，现场应避免进入受限空间作业。
- 气温 $\geq 25^{\circ}\text{C}$ ，现场项目责任人员应组织做好相应的防暑降温措施。
- 气温 $\leq 5^{\circ}\text{C}$ ，现场项目责任人员应组织好相应的御寒保暖措施，并禁止进行喷漆操作。
- 气温 $\leq -20^{\circ}\text{C}$ ，禁止进行密封胶涂抹操作。
- 气温 $\leq -25^{\circ}\text{C}$ ，禁止风力发电机组外部工作，包括且不限于吊装、螺栓连接等操作。
- 气温 $\leq -30^{\circ}\text{C}$ ，禁止风力发电机组内部工作，包括且不限于涂抹润滑脂等操作。
- 气温 $\leq -40^{\circ}\text{C}$ ，禁止风场所有作业。

4. 其他要求

- 吊装现场必须设专人指挥，指挥必须有风电机组安装工作经验，指挥的行为及作业必须符合国家及行业的相关规范。
- 起重机械操作人员在吊装过程中负有重要责任。吊装前，吊装指挥和起重机械操作人员要共同制定吊装方案，吊装指挥应向起重机械操作人员交待清楚工作任务。
- 在使用起重机等机械设备搬运、起吊物体时，首先应检查设备、起重机、吊具等是否合格，对起重机、吊具等，检查其载荷量是否在安全要求范围之内。
- 吊装前应认真检查吊具、机组设备，防止物品坠落，严禁作业过程中出现交叉作业。
- 对塔筒、机舱、叶片、轮毂、控制柜、变流柜等吊装时，需满足安装手册的要求。
- 所有吊具调整应在地面进行；在吊绳被拉紧时，不得用手直接接触起吊部位，以免挤伤。
- 在起吊过程中，发现吊具有问题，必须落钩，地面调整并确认检查合格后再起吊。
- 吊具拴挂应牢靠，吊钩应封钩，以防在起吊过程中钢丝绳、吊带滑脱；捆扎有棱角或利口的物件时，钢丝绳、吊带与物件的接触处，应做相应防护处理。
- 物件起吊时，先将物件提升离地面 10cm~20cm，经检查确认无异常现象时，方可继续提升。放置物件时，应缓慢下降，确认物件放置平稳牢靠，方可松钩，以免物件倾斜翻倒伤人。
- 在起重设备工作期间，任何人不得站在吊臂下；尤其是在重物上升或下降时要听警示铃的警示，并确保所有人员远离吊臂及起吊物下方。
- 安装人员要注意力集中，严禁将头、手伸出塔筒外或伸进叶片内，防止挤伤。
- 高空作业人员应配有通讯设备，以便工作时与地面人员通过对讲机相互联系并确保通畅。
- 当使用设有大小钩的起重机时，大小钩不得同时各自起吊物件。
- 两台起重机同时起吊一重物时，要根据起重机的起重能力进行合理的负荷分配。事前应制定详细的技术措施，并交底，必须在吊装公司负责人的统一指挥下进行。

- 在任何情况下应首先使用机械方式进行物体的搬运和起吊。
- 出机舱拆卸吊具时，要求在打开天窗前，机舱内人员必须戴好安全帽，穿好安全带，系好安全绳；安全绳要系在已固定好的主要构件上，禁止系在不可靠、有相对运动的构件上，如机舱顶部扶手或电缆等物体上，且机舱内要有 2 人以上配合工作。
- 机舱外工作结束后不许逗留，应及时回到机舱。
- 在每一吊装程序结束前，所吊装的部件、构件或节段必须完全固定好。禁止用临时绑扎代替安装螺栓。在吊装的部件、构件或节段的拼合部位的稳定得到保证后，起重机才能摘钩。
- 严禁在吊装过程中从机舱向下抛撒物品，要求吊装公司负责统一回收处理。

4.5 机组内工作时的安全规范

- 雷电天气严禁进入机组，在雨雪冰冻天气，远离风轮旋转面。
- 在机组内作业时，在塔筒门外的显著位置设立安全警示隔离牌；并将塔筒门在完全打开的情况下固定，避免意外伤人。
- 严禁在机组内吸烟。
- 机组内作业人员在没有允许的情况下，严禁打开、触碰机组电气设备，以防触电。
- 机组内工作时注意留意机组里或设备上的各警示牌，严格按照要求操作。
- 机组内工作应由两个或以上的人员来共同完成；相互之间应能随时保持联系，超出视线或听觉范围，应使用对讲机或移动电话等通讯设备来保持联系（带上电量充足的电池，出发前试用对讲机）。
- 机组未上电前，机组内无照明，要求佩带头灯，并采取必要的照明措施，确保机组内照明。
- 当需要在风轮或机舱外部工作时，人员应使用安全带和安全绳以确保安全，对使用的工具应采取有效措施防止意外坠落。作业工具应放置在安全地方，防止出现坠落等危险情况。
- 风轮锁定规范：在人进入到风轮内或在传动链周边进行作业时，必须通过风轮锁定装置对风轮进行锁定。
- 严禁在机舱上从机舱向外扔物品。
- 要求所有进入风轮工作人员须穿好安全带并将安全绳固定在机舱扶梯或安全绳吊板上；工作人员严禁停留在“吊装开口盖”（如有）上；禁止超过 2 人以上的人员同时在“吊装开口盖”（如有）范围上。
- 进入风轮人员不能超过 5 人，并在机舱里面留人，两人中的任何一个人的操作都要获得对方的确认，确认后方可操作。
- 进出风轮所有工具都要放入工具包内，不要把工具掉落或遗落在风轮内。
- 进入风轮须使用照明设备，严禁无照明进入轮毂作业。
- 进行与油品有接触的工作时须戴橡胶防护手套和护目镜，并做好油品泄漏防护措施。
- 在机舱内工作时，若叶片未处于顺桨状态，应用风轮锁紧装置将风轮锁定。
- 安装螺栓时要先用手旋进 4~5 牙，确认螺栓、螺母配合良好后再使用电动扳手紧固。
- 上下塔筒时必须养成随手关闭平台盖板的习惯，一节塔筒内严禁两人攀爬。
- 在机组内若需要盘车时，非安装人员尽可能远离旋转部件，安装人员也需防止衣服或其他物品卷入。
- 盘车或锁紧风轮时，严禁用手或其他物件插入制动盘圆孔，作业完成后需安装好高速轴防护罩。

4.6 安装期间涡激振动风险控制要求

1. 塔底电气柜与第一段塔筒须在同一天内完成吊装。严禁将电气柜裸露在塔底平台上。

2. 吊装前必须预测风速，避免 50~90m 高度吊装状态处于一阶涡激振动临界风速状态中，如预测风速超过临界风速，必须等大风过后再进行吊装。
3. 若塔筒及机舱吊装过程中需过夜，必须确保 50~90m 高度阶段没有临界及以上风速。
4. 次顶段、顶段塔筒与机舱必须在同一天内完成吊装。
5. 第三段及以上塔筒完成吊装后，如需过夜，在主起重机满足抗风能力的情况下，可将主起重机带力作为短时抗涡激手段（不超过 24h），具体操作为主起重机不松钩，提升 20t~30t 吊力，且需要现场专人监视主起重机载荷状态，直到满足机舱安装条件。
6. 机组安装期间需封堵塔底通风孔，进出塔筒，必须随手关塔筒门。

4.7 现场环境要求

作业现场对风速、温度、天气以、噪音和照明有相关的要求，详细内容请参见《安全手册》中作业环境的相关章节内容。

4.8 个人防护设备

三一重能风力发电机组配备了个人防护设备用于对作业人员进行安全防护，详细内容请参见《安全手册》中用于人身安全的设施相关章节内容。

4.9 机组安全标识

三一重能风力发电机组在不同的位置设有简洁安全标识，详细内容请参见《安全手册》中安全标识的相关章节内容。

4.10 职责

1. 吊装公司职责
 - 为安全合理得安装风机设备，吊装公司人员需按照安装手册中描述的方式进行安装，同时需遵守当地的法律法规、安全规定、环境保护规定等。
 - 吊装公司人员需要参加风机安装培训，在没有三一重能书面授权的情况下不允许添加或修改风机的控制和保护系统。
2. 建设单位职责

建设单位需对现场工作人员的安全负责，并有责任告知现有施工现行的法律法规、施工现场规定以及事故预防程序，保证现场安装人员遵守三一重能安装手册。

3. 三一重能职责

三一重能提供指导安装作业的文档、风机部件、特殊工具和安装指导，当现场工作环境不安全时，三一重能有权利让三一重能现场人员撤离。三一重能现场人员只负责相关技术指导和质量监督工作，具体的所有相关工作由安装公司完成。

4.11 计量单位

本手册使用的单位以国际公制单位为主，表 4-10 供读者由公制单位换算为其他单位时做参考。

表 4-10 单位换算参考表

参数	国际单位	其他单位	换算关系
长度	米/m	英寸/in	1m≈39.37in
	米/m	英尺/ft	1m≈3.28ft
容（体）积	立方米/m ³	美制加仑/USgal	1m ³ ≈264.17USgal
	立方米/m ³	立方码/yd ³	1m ³ ≈1.31yd ³

参数	国际单位	其他单位	换算关系
	升/L	美制夸脱/USqt	1L≈0.91USqt
质量	千克/kg	磅/lb	1kg≈2.20lb
力	牛/N	千克力/kgf	1N≈0.10kgf
	牛/N	磅力/lbf	1N≈0.22lbf
力矩	牛米/N·m	千克力米/kgf·m	1N·m≈0.10kgf·m
	牛米/N·m	磅力英尺/lbf·ft	1N·m≈0.74lbf·ft
压强	兆帕/MPa	千克力每平方厘米/kgf/cm ²	1MPa≈10.20kgf/cm ²
	兆帕/MPa	巴/bar	1MPa≈10bar
功率	千瓦/kW	马力/PS	1kW≈1.36PS
	千瓦/kW	英制马力/HP	1kW≈1.34HP
温度	摄氏度/°C	华氏度/°F	tF(°F)=1.8t(°C)+32
速度	千米每小时/km/h	英里每小时/mph	1km/h≈0.62mph
	转每分钟/min-1	转每分钟/rpm	1min-1=1rpm
流量	升每分钟/L/min	美加仑每分钟/USgpm	1L/min≈0.26USgpm
	毫升每转/ml/rev	立方厘米每转/cc/rev	1ml/rev=1cc/rev

5. 关联文档

文档名称	获取方式
《机械安装差异说明》	资料平台
《高强度紧固件安装及维护力矩规定》	资料平台
《塔筒阻尼器安装技术规范》	资料平台
《安全手册》	资料平台
《915 平台风力发电机组电气安装手册》	资料平台
《915 平台风力发电机组发电机对中手册》	资料平台
《产品说明书》	资料平台
《30° 变桨作业指导书》	资料平台

文档名称	获取方式
《变桨轴承开齿面润滑作业指导书》	资料平台
《偏航轴承开齿面润滑作业指导书》	资料平台
《风力发电机组联轴器机械安装与更换指导书》	资料平台

6. 安装流程

风力发电机组由基础、塔底组件（塔底控制柜、高压开关柜等）、塔筒、机舱、风轮（轮毂、叶片）等主要部件组成（从下向上依次为基础、塔筒、机舱、风轮）。其中，塔筒、机舱、轮毂、叶片单独发运，按合同约定运输公司将风机部件运输至货场或机位。

风机机械安装必须分部件、逐一由下而上进行有序的安装。主要包含塔底平台及电气柜安装、塔筒安装、机舱安装、轮毂安装、叶片安装等。

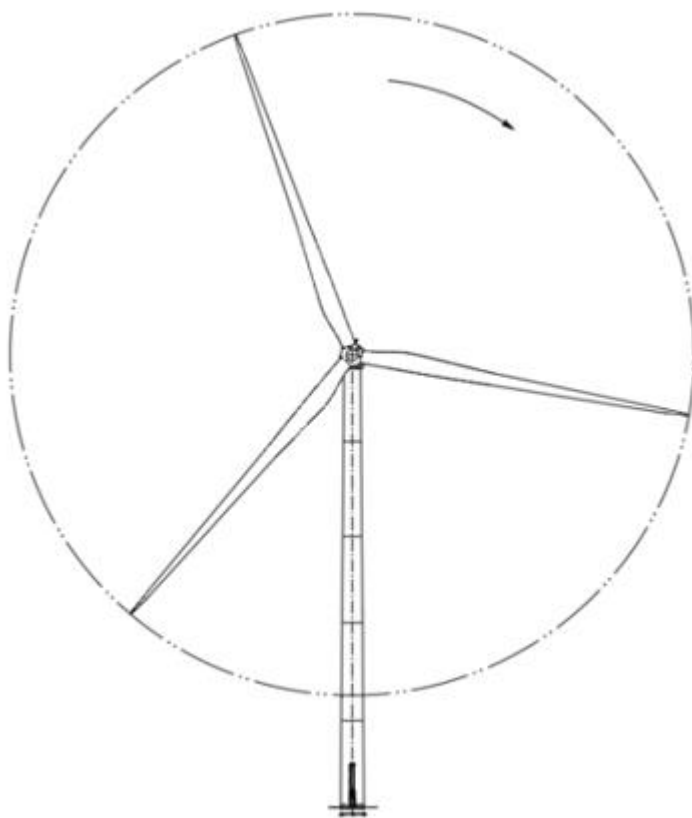


图 6-1 915平台风力发电机组总图

6.1 安装流程图

说明

- 安装步骤的先后按建议实施，实际安装次序可以根据安装地的气候条件，各种因素及后勤条件进行改变。在不利气候条件下是否可以安装由现场负责人决定。

机械安装流程如图 6-2 所示。

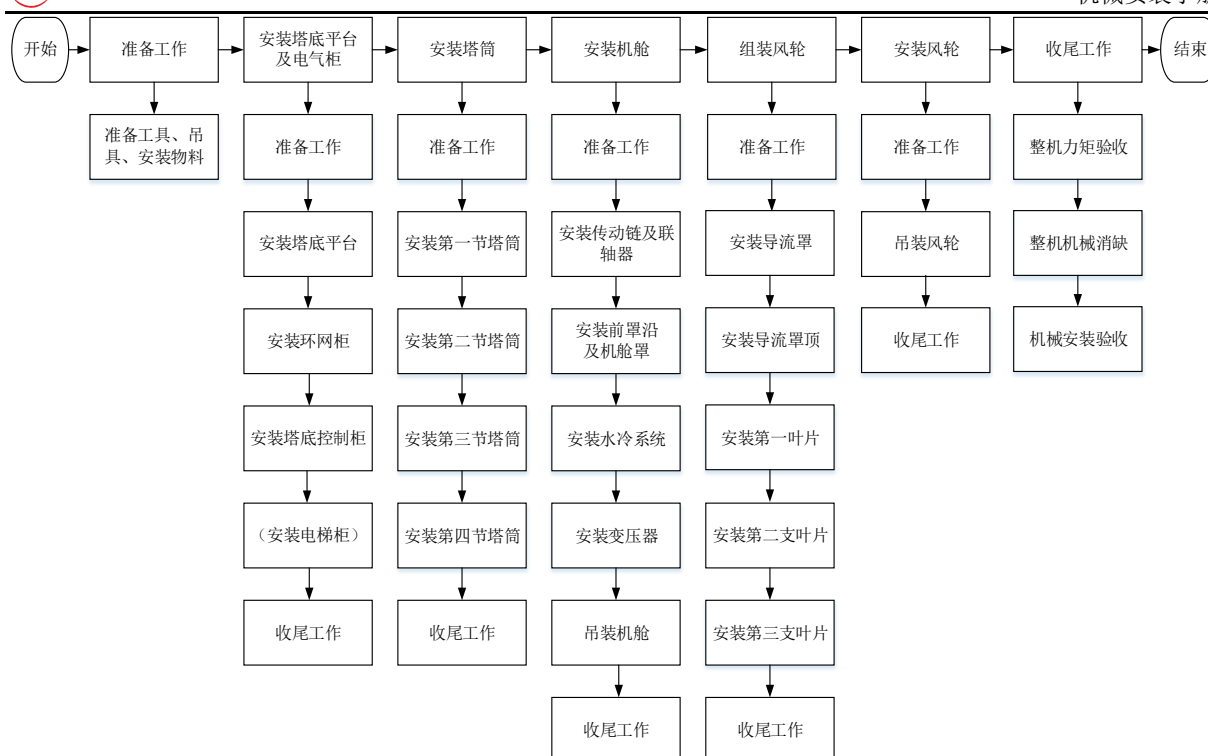


图 6-2 安装流程图

6.2 流程说明

说明

现场资料获取方式：

- 三一重能现场服务经理需从三一重能资料平台项目对应文件夹自行下载。
- 建设单位 / EPC / 安装公司需在现场安全与安装技术交底时，从三一重能现场服务经理获取。

机械安装流程说明如表 6-1 所示。

表 6-1 安装流程说明

序号	步骤	说明	耗时	需查阅的其他手册
1	安装前准备	道路勘察与修整、设备卸车、基础验收、安装平台压实、起重机站位、现场使用的吊具、工具准备等。	-	《安全手册》 《915平台风力发电机组产品说明书》
2	安装塔底平台和电气柜	吊装塔底平台、塔底平台高度调节与固定、拆除电气柜外包装、吊装电气柜至预定位置、安装连接螺栓并按要求紧固。	2.5h	《机械安装差异说明》 《915平台风力发电机组电气安装手册》
3	安装塔筒	拆除塔筒运输工装、安装塔筒吊具、第一节塔筒翻身、拆除下法兰吊具、吊装第一节塔筒、上法兰打胶、螺栓润滑、安装与紧固螺栓。二、三、四节塔筒安装参照第一节塔筒。	10h	《机械安装差异说明》 《高强度紧固件安装及维护力矩规定》
4	安装机舱	安装传动链、安装前罩沿及机舱罩、安装变压器、安装舱外水冷系统、安装机舱顶	6h	《915平台风力发电机组电气安装手册》

序号	步骤	说明	耗时	需查阅的其他手册
		部走线管、吊装机舱、螺栓30%和70%力矩紧固、拆除吊具。		
5	组装风轮	摆放轮毂、安装导流罩及导流罩顶、安装第一支叶片装、安第二支叶片、安装第三支叶片、叶片螺栓30%和70%力矩紧固。	12h	《高强度紧固件安装及维护力矩规定》 《风场叶片双头螺栓安装通用操作规程（SOP）》
6	安装风轮	安装风轮吊具、吊装风轮、主轴螺栓30%和70%力矩紧固、拆除吊具。	4h	《高强度紧固件安装及维护力矩规定》
7	收尾工作	力矩验收、机组消缺、变桨和偏航齿面抹脂、发电机对中等。	-	《915平台发电机对中手册》 《高强度紧固件安装及维护力矩规定》 《变桨轴承开齿面润滑作业指导书》

说 明

- 每一个工序实施时间受前期准备是否充分、大型设备性能好坏、工器具性能好坏、施工人员技能及技术熟练程度等因素影响较大，具体以实际为准。

7. 工作准备

7.1 风机基础验收

本手册中所描述的风力发电机组安装程序的前提是基础(含基础环)已经构建完成并检验合格，不涉及基础建设的内容。风机安装前需建设单位准备下列资料，见表 7-1。

表 7-1 需建设单位准备的资料

序号	资料名称	备注
1	基础设计图纸（含锚栓外露长度）	核查锚栓外露长度是否满足设计要求
2	混凝土养护及检测报告	核查目前混凝土是否满足机组安装要求
3	基础水平度检测报告	核查基础法兰是否满足水平设计要求
4	基础接地电阻检测报告	核查基础接地是否满足设计要求

项目负责人与技术人员必须对基础进行以下查验工作：

1. 检查基础混凝土浇筑验收的验收资料，查看基础是否符合施工图纸的规定。
2. 检查设计单位和设备制造厂的有关设计图纸、说明书、设备出厂检验资料、合格证，以及设备到货明细表等资料。
3. 检查基础用于安装的基准点，校测基础上法兰标高及平面度。基础水平度采用检验合格的水平仪进行测量，测量时必须有监理人员在场，在监理人员的监督下，要求基础倾斜度即法兰水平度偏差控制在 2mm 范围内。
4. 检查锚栓光杆部分表面不得有裂纹、结疤、折叠及夹杂，锚栓螺纹部分表面缺陷应符合 GB/T5779.1 的规定。螺母的表面缺陷应符合 GB/T5779.2 的规定。垫圈表面不允许有裂纹、毛刺、浮锈和影响使用的凹痕、划伤。锚板表面不得有气泡、结疤、裂纹、折叠、夹杂、压入氧化铁皮等，锚板不得有分层。基础浇筑后需控制在 2mm 范围内，用水平仪至少测量法兰上均布 8 点位置。锚栓露出上锚板的高度差要求控制在 2mm 范围内。查看基础水平度检测报告是否满足要求，并存电子档案。
5. 风机安装前确保基础混凝土强度要求达到设计值的 75%（二次灌浆强度要求达到设计值的 80%）。风机运行前确保基础混凝土（含二次灌浆）强度要求达到设计值的 100%。风机运行前确保基础混凝土强度要求达到设计值的 100%。风机基础回填优先利用基槽中挖出的优质土或采用级配良好的土壤，不含壤土、树根、有机杂质及其它杂质，含水量应符合压实要求，回填土须分层碾压密实，分层铺填厚度 300mm，回填干密度 $\geq 1.7t/m^3$ ，压实度 ≥ 0.94 。
6. 为安装、调整和固定用的埋件已按要求预埋好，螺栓的安装应按厂家提供的风机安装作业标准执行。
7. 地基应有良好的接地装置，其接地电阻 $\leq 4\Omega$ 。查看基础接地电阻检测报告是否满足要求，并存电子档案。
8. 安排人员检查清理基础表面及螺栓有无杂质，如发现有，及时用钢丝刷、砂纸将基环杂质清理干净。
9. 现场须经监理、建设单位验收签字后转安装工序。

7.2 平台与道路要求

项目负责人在施工前规划一个能容纳 4 节塔筒、1 个机舱、1 个变桨系统总成等一套风力发电机组的部件安装平台，并满足两台起重机的站位和组装风轮的要求。因转运设备较重，可能对风机道路路面造成损坏，对此应安排专人对风机道路进行巡逻，发现道路路面遭到损坏，影响设备转运及其他作业时，应立即组织人员及自卸汽车、挖掘机、推土机、压路机及相关施工设备对路面进行修整及硬化处理。防止因其造成工作人员生命及车辆的行驶的安全，专业人员还必须对道路的转弯半径、道路坡度及道路坚实度有个明确的了解，并及时和专业监理工程师/质量工程师和司机及时沟通，如果不能达到运输要求，应及时通知项目部，安排人员对特殊地段进行修整，确保风机设备运输的安全。塔筒摆放区域地面倾斜不超过 6°，最高点与最低点高度差不超过 378mm，承载力不低于 15t/m²。

为了保证主起重机机进行吊装作业时的安全，对主起重机机站位点的平台应进行碾压和平整，并达

说明

所有吊装平台尺寸仅供参考，具体以安装公司实地规划为准。

1. 戈壁及平原风场。
风机周围无障碍物，建议场地尺寸不小于 65m×54m，地面应平整、无沟壑，便于叶片组对和吊车的移动，场地内无障碍物影响机组安装。

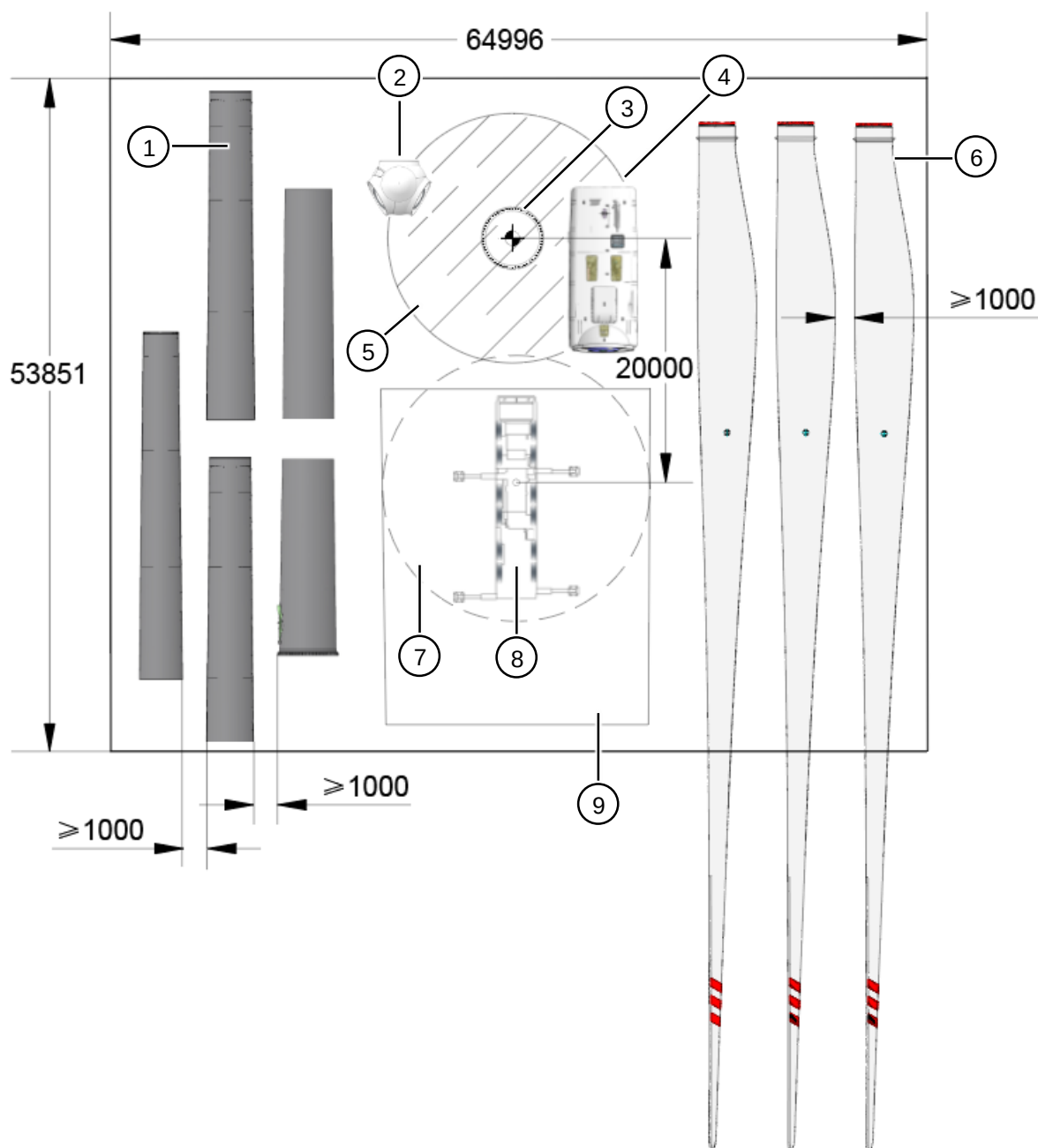


图 7-1 风机安装平台示意图（包含风机部件存放）

1. 塔筒 2. 轮毂 3. 基础

- | | | |
|-------------|---------|-------------|
| 4. 机舱 | 5. 地基回填 | 6. 叶片 |
| 7. 主起重机作业半径 | 8. 主起重机 | 9. 主起重机作业平台 |

2. 丘陵风场。

风机周围场地可满足满足塔筒存放，无法满足叶片存放，建议场地尺寸不小于 $46\text{m} \times 54\text{m}$ 。

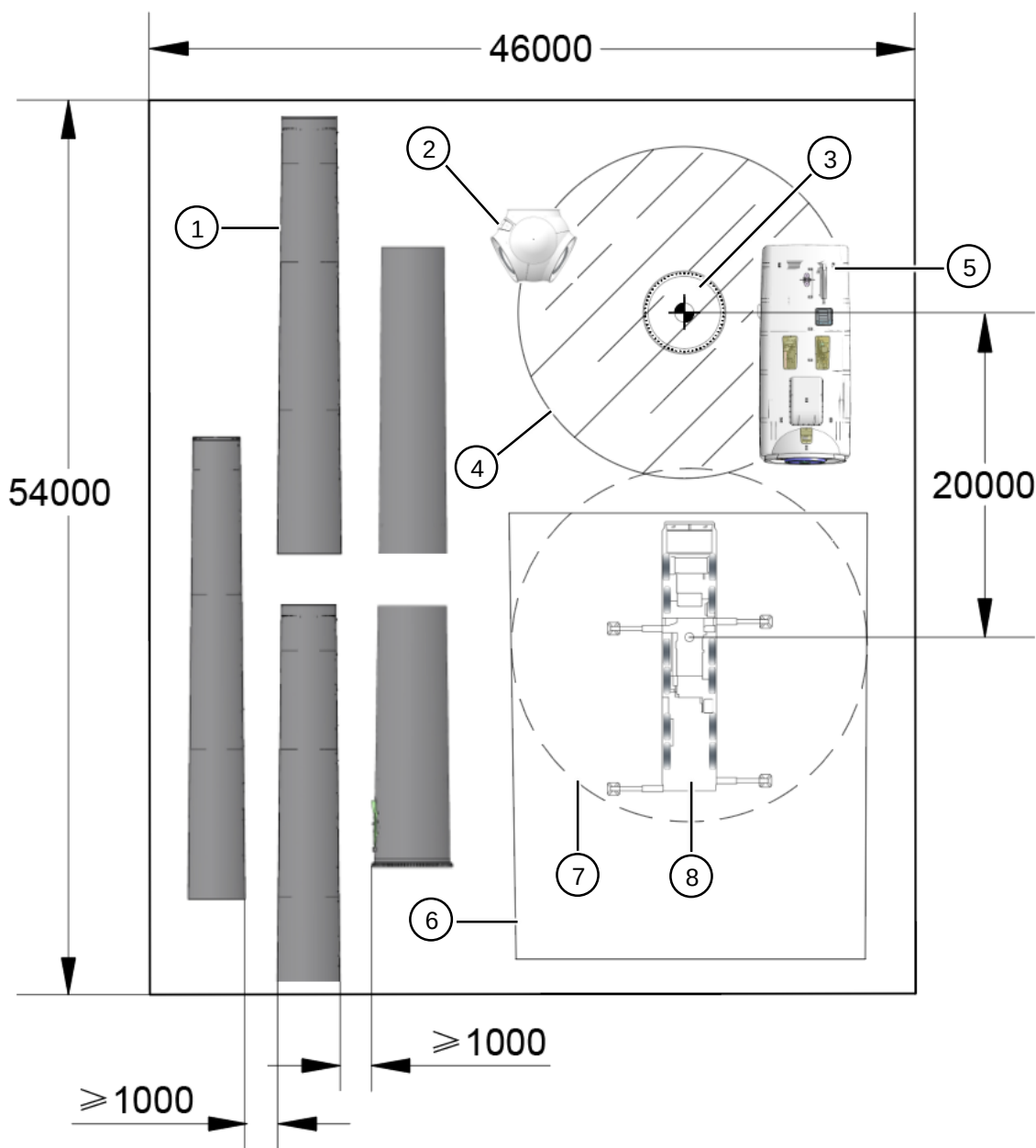


图 7-2 风机安装平台示意图（包含风机部件存放）

- | | | |
|-------------|---------|-------------|
| 1. 塔筒 | 2. 轮毂 | 3. 基础 |
| 4. 地基回填 | 5. 机舱 | 6. 主起重机作业平台 |
| 7. 主起重机作业半径 | 8. 主起重机 | |

3. 山地风场。

场地无摆放条件，塔筒和叶片可在板车上起吊，建议场地尺寸不小于 $36\text{m} \times 45\text{m}$ 。

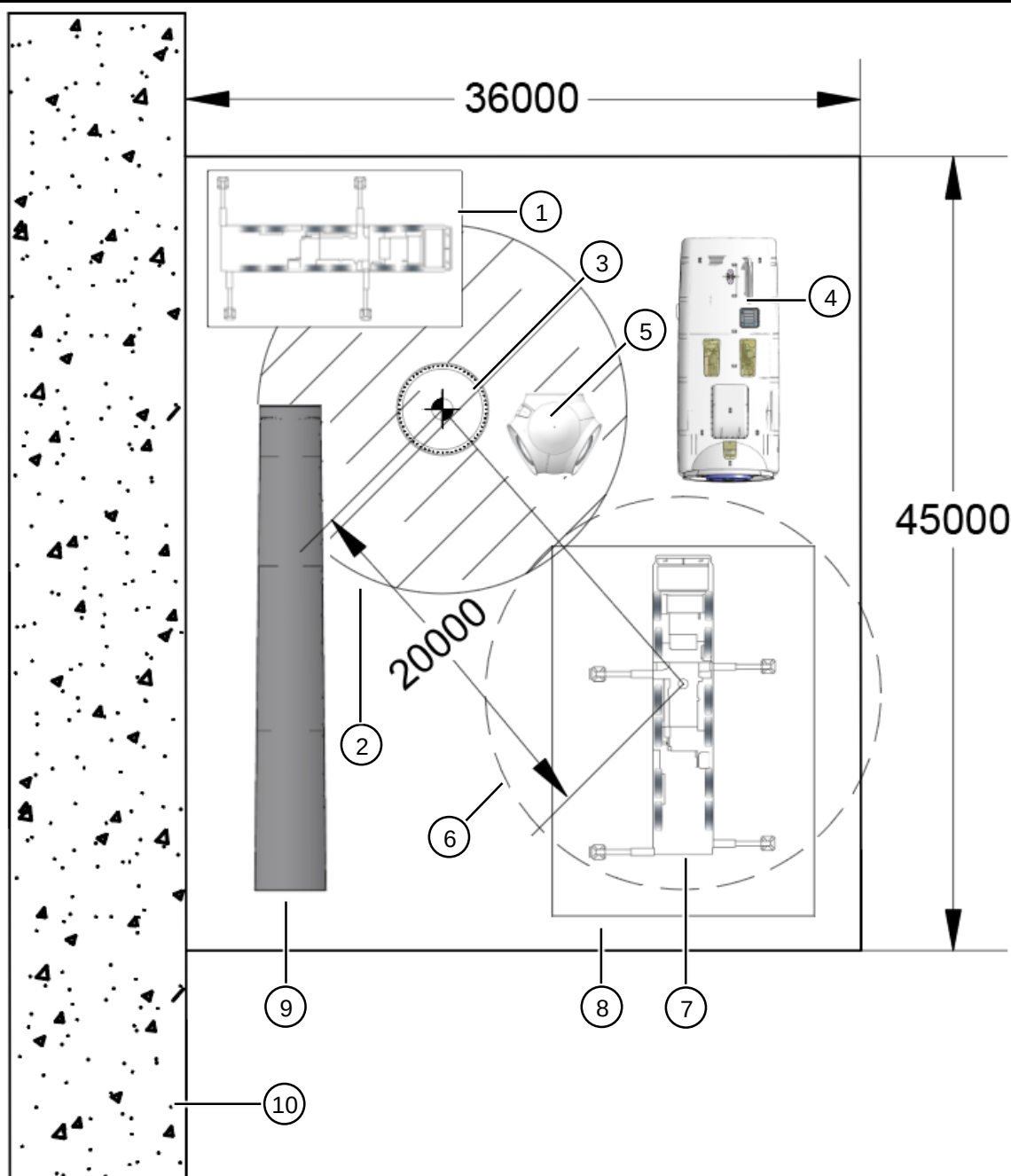


图 7-3 风机安装平台示意图

- | | | |
|---------|-------------|-------------|
| 1. 副起重机 | 2. 地基回填 | 3. 基础 |
| 4. 机舱 | 5. 轮毂 | 6. 主起重机作业半径 |
| 7. 主起重机 | 8. 主起重机作业平台 | 9. 塔筒 |
| 10. 道路 | | |

7.3 主起重机要求

7.3.1 起重机配置要求

说 明

- 1000t 履带起重机（主吊）和 130t 汽车起重机（风轮吊装溜尾副吊）是三一重能的建议，起重机规格型号（工况）具体要根据项目机组各大部件参数、轮毂中心高度及吊具参数为依据进行严格复核与选择，确保现场安全吊装。
- 两台起重机同时起吊一重物时，要根据起重机的起重能力进行合理的负荷分配（吊重质量不得超过两台起重机所允许起重量总和的 75%，每一台起重机的负荷量不宜超过其安全负荷量的 80%）。
- 设备与吊臂之间的安全距离应大于 500mm，起重机械作业环境应满足 GB26859 要求。

针对 915 平台风力发电机组，三一重能建议选用 1000t 履带式和 130t 汽车起重机进行吊装，如 100 米轮毂中心高度机组建议选用 1000t 及以上履带式起重机进行吊装。

7.3.2 起重机设备

表 7-2 起重机设备

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	主起重机	1000t	1	台	机舱卸车
2	副起重机	350t	1	台	机舱卸车
3	副起重机	160t	1	台	轮毂、塔筒、叶片及附件卸车
4	副起重机	130t	1	台	

7.3.3 起重机作业要求

起重机作业过程中，必须注意以下事项：

- 起重机起重臂下禁止站人。
- 起重机起重臂回转半径范围内为危险区域，此区域内禁止停留。
- 起重机起吊工作时，禁止快速制动，以避免由于重物摆动、惯性冲击而使起重机倾翻、机构损坏。
- 禁止起吊重物时行驶或快速回转。
- 起重机吊装开始前，必须确保吊装操作的无关人员都已离开起重机工作危险区域。

7.4 大部件吊装吊具参数

表 7-3 大部件吊装吊具参数

序号	吊具名称	吊具自重	吊高（吊装时距离轮毂中心高度）
1	塔筒吊具	3.0 t	5 m
2	机舱吊具	1.0 t	5 m
3	传动链吊具	1.0 t	5 m

序号	吊具名称	吊具自重	吊高（吊装时距离轮毂中心高度）
4	轮毂吊具	0.6 t	3 m（地面工况）
5	叶片吊具	3.5 t	15m（地面工况）

7.5 模拟运输

运输车辆人员必须持证上岗，必须保证 2 台运输车辆时刻在现场，性能均在 440 马力以上，能运输所有风机设备及配件，鉴于风机设备的特殊性，以及山路的坡度、转弯处、天气的影响，在运送风机设备前，特要求大型平板运输车进行模拟运行，以保证设备完好运输至吊装现场，设备完好率 100%，在试运行前，安排专门人员协同驾驶员对即将运输的道路转弯处、坡度、风机位进行熟悉。试运行期间，所有司机以及指挥人员、观察人员必须配备良好的无线通话设备，安排一轻型车辆作为指引，通过无线通话设备与后方运输司机将前方道路（尤其是高边坡以及转弯处）情况及时汇报，并要求一辆装载机随时待命，以防紧急情况时，及时牵引。

7.6 风机设备转运

风机设备由风机厂家发货，在有监理工程师/质量工程师在场的情况下使用 350t 汽车起重机、70t 汽车起重机将设备卸于货场，根据施工工期的安排，有条不紊的将风机设备转运于指定机位，方便进行下一道工序。转运车辆采用大型平板车，转运时需将设备绑扎牢固，以免在转运过程中发生倾斜甚至滑落转运车辆的事故。风机转运时，装载机随时待命，若发生雨后路滑、转运车辆自身动力及道路坡度问题而无法前行时，采用装载机对转运车辆拖曳的形式保证风机设备转运的顺利进行。设备在堆放场转运一直到设备卸车于机位过程中，应严格按照转运要求，仔细小心，杜绝因操作不当而导致设备损坏的现象发生。

7.7 风电机组设备卸货

⚠ 危险

人员死亡或重度伤害的风险。

风速超过吊装风速要求，主起重机稳定性差且设备姿态无法控制，容易与周边设备产生撞击或掉落击伤作业人员。

- 严格按照风速要求作业，风速超过 10m/s 时，严禁进行电气柜、塔筒、轮毂、机舱吊装作业。
- 风速超过 8m/s 时，严禁进行叶片吊装作业。

7.7.1 运输工装参数

表 7-4 运输工装参数

序号	名称	吊具自重
1	塔筒运输工装	3.0 t (一套)
2	机舱运输工装	2.5 t
3	传动链运输工装	3.5 t
4	轮毂运输工装	1.2 t

序号	名称	吊具自重
5	叶片运输工装	3.0 t(一套)

7.7.2 电气柜卸车

7.7.2.1 电气柜参数

表 7-5 电气柜参数

序号	名称	规格（长×宽×高）/mm	重量/t
1	高压开关柜 GMU-40.5DV(选配)	950×990×2300	0.8t
2	高压开关柜 GMU-40.5DCV(选配)	1400×990×2300	1.2t
3	高压开关柜 DQS-40.5Dn+V(选配)	1030×990×2400	0.6t
4	高压开关柜 DQS-40.5Dn+C+V(选配)	1030×970×2400	1t
5	塔底控制柜	800×600×2000	0.22t

7.7.2.2 电气柜卸车吊具

表 7-6 吊具清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	起重用短环链	2t×3m	1	个	吊装塔底平台、塔底控制柜

7.7.2.3 电气柜卸车过程

1. 查验电气柜装箱清单及合格证是否正确齐备，跟随电气柜发货的组件是否齐备，根据机组随机零部件清单进行检查。
2. 吊带安装在柜体上标记的吊点位置，并与吊钩可靠连接。理顺条带，确保各部件正确受力。

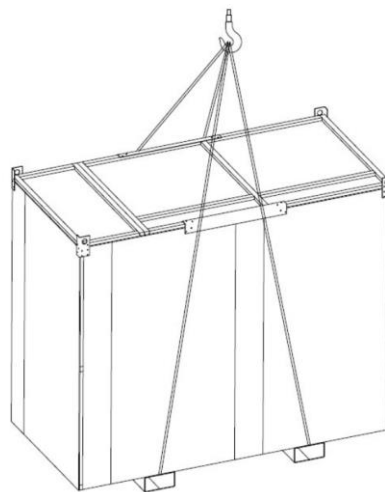


图 7-4 电气柜卸车

3. 缓缓起吊柜体至摆放位置。电控柜在摆放时，大面应平行主风向。同一台机位卸车时，须确保各个柜体成套，能满足单台机组安装。
4. 检查柜体包装完好无损，如有损坏采取措施，避免雨水进入柜体。若到货当日不安装，必须进行固定，避免倾翻，并用防雨布对电控柜进行防护。

7.7.3 塔筒卸车

7.7.3.1 塔筒参数

说明

由于各项目塔筒不同，具体尺寸、重量、塔筒段数不一列举，以《机械安装差异说明》为准。

表 7-7 塔筒参数

类型	名称	尺寸（下/上法兰外径×长度，mm）	重量/t
100 米-4 节塔筒 （100m 为轮毂 中心高度）	第一节塔筒	φ4961/φ4647×16020	82.4
	第二节塔筒	φ4647/φ4647×23520	82.2
	第三节塔筒	φ4647/φ4300×28560	70.7
	第四节塔筒	φ4300/φ3375×29000	50.0

7.7.3.2 塔筒卸车吊具

表 7-8 塔筒吊具清单（单段塔筒重量≤90t）

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	RH01 型吊带	40t×3m	2	根	主吊提升吊具 （40t×3m 吊带对折使用）
2	滑车	60t（含 2 个 55t 卸扣）	2	个	
3	钢丝绳	φ56×12m	2	根	
4	T8 卸扣	35t	4	个	
5	塔筒吊座	35t	4	个	
6	RH01 型吊带	30t×5m	2	根	辅吊溜尾吊具
7	塔筒吊座	35t	2	个	
8	T8 卸扣	35t	2	个	

表 7-9 塔筒吊具清单（单段塔筒重量≤115t）

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	RH01 型吊带	40t×4m	2	根	主吊提升吊具 （40t×4m 吊带对折使用）
2	滑车	70t（含 2 个 85t 卸扣）	2	个	
3	钢丝绳	φ60×12m	2	根	
4	T8 卸扣	50t	4	个	
5	塔筒吊座	50t	4	个	
6	RH01 型吊带	40t×5m	2	根	辅吊溜尾吊具
7	塔筒吊座	50t	2	个	
8	T8 卸扣	50t	2	个	

7.7.3.3 塔筒卸车过程

1. 检验跟随塔筒发货的组件是否齐备，根据机组随机零部件清单进行检查。
2. 在即将放置塔筒的位置分别距离塔筒上下法兰约 1.5m 处放置沙袋，支撑围堰。

3. 塔筒卸车。
方案一：在塔筒外侧距离法兰面 1-2m 处安装塔筒宽度大于等于 300mm 扁平吊带（吊带需建设单位或施工单位自备，吊带载荷需根据塔筒重量而定）。



图 7-5 塔筒卸车（方案一）

方案二：在塔筒上法兰安装滑轮组（三一重能提供），在下法兰安装溜尾吊具（三一重能提供）。理顺条带，确保各部件正确受力。



图 7-6 塔筒卸车（方案二）

4. 拆除塔筒与运输车辆的连接。
5. 塔筒起吊前应试吊，确保平稳起吊。
6. 松钩、拆卸吊具并妥善存放。
7. 恢复外包装。

7.7.4 机舱卸车

7.7.4.1 机舱参数

表 7-10 机舱参数

序号	名称	规格	重量	备注
1	机舱（不含传动链和变压器）	14838×4900×3872mm	58t	-
2	机舱-X（不含传动链和变压器）	14838×4900×3872mm	61t	-
3	机舱-X（不含变压器）	14838×4900×3872mm	132t	-

7.7.4.2 机舱卸车吊具

表 7-11 常规机舱吊带式卸车吊具清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	双环眼吊带	20t×3.75m	2	根	前吊点用
2	环形吊带	30t×3.9m	2	根	后吊点用
3	弓形卸扣	35t	2	个	前吊点用
4	弓形卸扣	55t	2	个	后吊点用
5	前吊座	-	2	个	-
6	螺栓	M64×160	8	个	前吊座固定

序号	名称	规格	数量	单位	备注
7	垫圈	64	8	个	前吊座固定
8	吊带保护套	200×1m	4	个	-

表 7-12 常规机舱吊梁式卸车吊具清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	吊梁	95t	1	个	-
2	环形吊带	80t×3.33m	1	根	前吊点用
3	环形吊带	40t×2.5m	2	根	前吊点用
4	弓形卸扣	35t	4	个	前吊点用
5	环形吊带	80t×3.8m	1	根	后吊点用
6	环形吊带	50t×2.85m	2	根	后吊点用
7	弓形卸扣	55t	4	个	后吊点用
8	前吊座	-	2	个	-
9	后吊座	-	2	个	-
10	螺栓	M64×160	8	个	前吊座固定
11	垫圈	64	8	个	前吊座固定
12	螺栓	M30×130	8	个	后吊座固定
13	垫圈	30	16	个	后吊座固定
14	螺母	M30	8	个	后吊座固定
15	吊带保护套	150×1m	2	个	-

表 7-13 机舱-X（不含传动链）卸车吊具清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	高强双环眼吊带	15t×3.83m	2	根	前吊点用
2	吊带保护套	90t×1m	2	个	
3	弓形卸扣	S6 级 BX35t	2	个	
4	高强环形吊带	50t×3.9m	2	根	后吊点用
5	吊带保护套	120t×1m	2	个	
6	弓形卸扣	T8 级 BX 85t	2	个	

表 7-14 机舱-X（含传动链）卸车吊具清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	高强双环眼吊带	40t×3m	2	根	前吊点用
2	吊带保护套	100t×1m	2	个	
3	弓形卸扣	T8 级 BX120t	2	个	
4	高强双环眼吊带	20t×4.22m	2	根	后吊点用
5	吊带保护套	100t×1m	2	个	
6	弓形卸扣	S6 级 BX 55t	2	个	

7.7.4.3 机舱卸车过程

1. 查验装箱清单及合格证是否正确齐备，机舱和机舱罩完好，螺栓孔完好无锈蚀无杂物。跟随机舱发货的组件齐备，根据机组随机零部件清单进行检查。
2. 起重机就位。
运输车停靠在吊车吊臂作业半径范围内。
3. 打开四个吊装孔盖，放置于可靠位置，并保存好紧固件。
4. 安装机舱卸车吊具（吊带式）。

说明

吊具安装之前务必检查吊具，确保吊具无缺陷，破损。

a. 常规机舱卸车吊具（吊带式）

- ① 将 20t×3.75m 双环眼吊带的一端连接到主起重机吊钩上，吊带的另一端通过 35t 卸扣与机舱前吊座连接。
- ② 将 30t×3.9m 环形吊带的一端连接到主起重机吊钩上，吊带的另一端通过 55t 卸扣与机舱后吊座连接。
- ③ 理顺吊带，确保各部件正确受力。
- ④ 检查吊带，确保与设备无干涉。

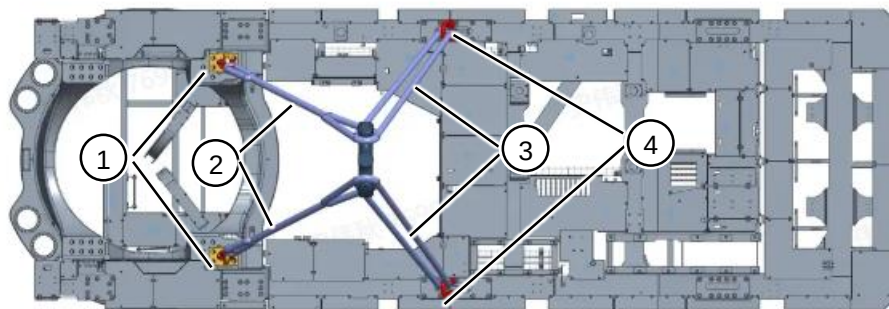


图 7-7 安装机舱吊具（吊带式）

- | | | |
|-------------|-----------------|----------------|
| 1. 弓形卸扣 35t | 2. 吊带 20t×3.75m | 3. 吊带 30t×3.9m |
| 4. 弓形卸扣 55t | | |

b. 安装常规机舱卸车吊具（吊梁式）。

- ① 将 80t×3.33m 环形吊带的一端连接到主起重机吊钩上，吊带的另一端通过销轴与机舱吊梁前吊耳连接。
- ② 将 80t×3.8m 环形吊带的一端连接到主起重机吊钩上，吊带的另一端通过销轴扣与机舱吊梁后吊耳连接。
- ③ 将 40t×2.5m 环形吊带的一端通过 35t 卸扣连接到机舱吊梁前下吊耳，吊带的另一端通过 35t 卸扣与机舱前吊座连接。
- ④ 将 50t×2.85m 环形吊带的一端通过 55t 卸扣连接到机舱吊梁后下吊耳，吊带的另一端通过 55t 卸扣与机舱后吊座连接。
- ⑤ 理顺吊带，确保各部件正确受力。
- ⑥ 检查吊带，确保与设备无干涉。

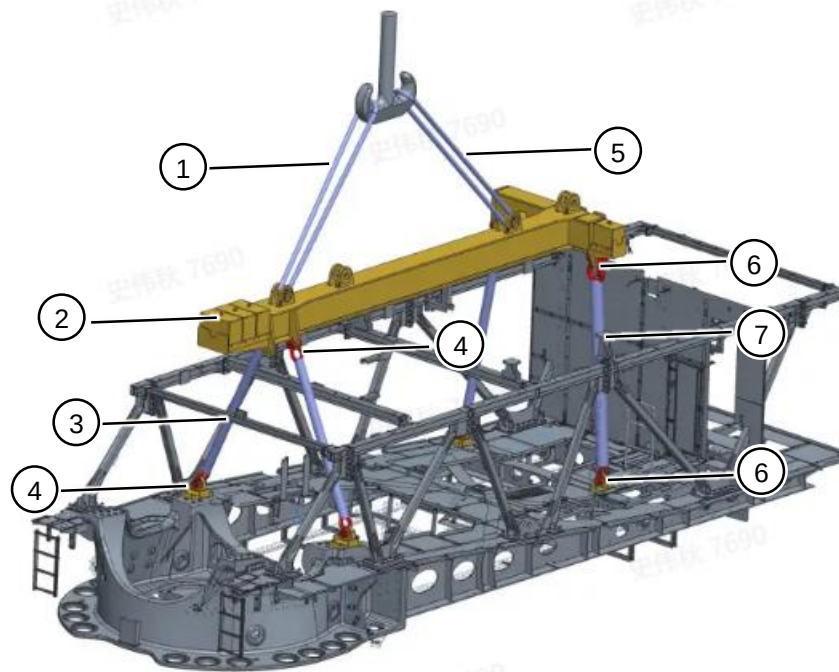


图 7-8 安装机舱吊具（吊梁式）

- | | | |
|-----------------|----------------|----------------|
| 1. 吊带 80t×3.33m | 2. 配重块 | 3. 吊带 40t×2.5m |
| 4. 弓形卸扣 35t | 5. 吊带 80t×3.8m | 6. 弓形卸扣 55t |
| 7. 吊带 50t×2.85m | | |

c. 安装机舱-X（不含传动链）卸车吊具

- ① 将 15t×3.83m 高强双环眼吊带的大环眼端连接到主起重机吊钩上，吊带的另一端通过 S6 级 35t 卸扣与机舱前吊座连接。
- ② 将 50t×3.9m 高强圆形吊带的一端连接到主起重机吊钩上，吊带的另一端通过 T8 级 85t 卸扣与机舱后吊座连接。
- ③ 理顺吊带，确保各部件正确受力。
- ④ 检查吊带，确保与设备无干涉。

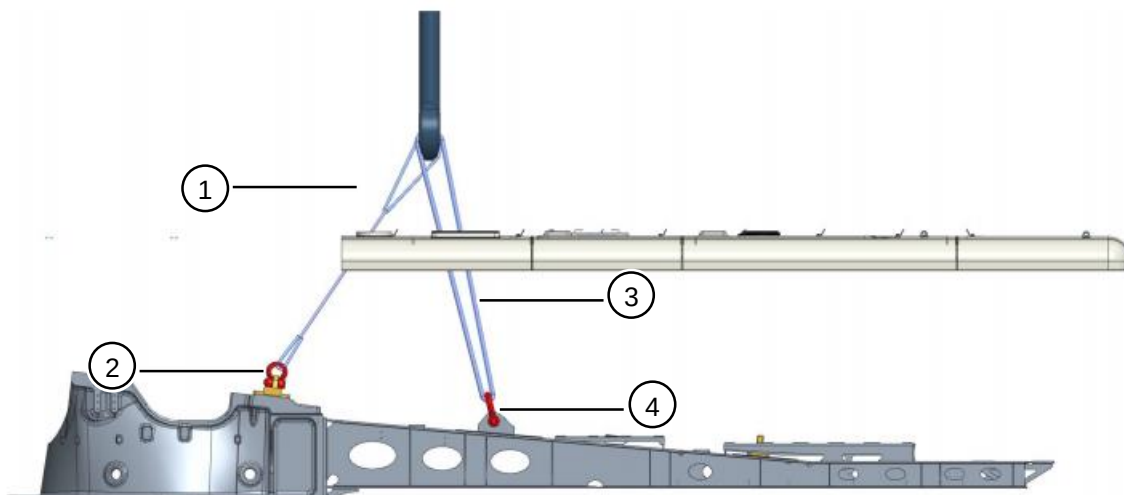


图 7-9 机舱-X（不含传动链）卸车吊具

- | | |
|-----------------|----------------|
| 1. 吊带 15t×3.83m | 2. S6 级 35t 卸扣 |
| 3. 吊带 50t×3.9m | 4. T8 级 85t 卸扣 |

d. 安装机舱-X（含传动链）卸车吊具

- ① 将 40t×3m 高强圆形吊带（对折使用）穿过与轴承座连接的 T8 级 120t 卸扣，吊带两端连接到主起重机吊钩上。
- ② 将 20t×4.22m 高强双环眼吊带的一端连接到主起重机吊钩上，吊带的另一端通过 S6 级 55t 卸扣与机舱后吊座连接。
- ③ 理顺吊带，确保各部件正确受力。
- ④ 检查吊带，确保与设备无干涉。

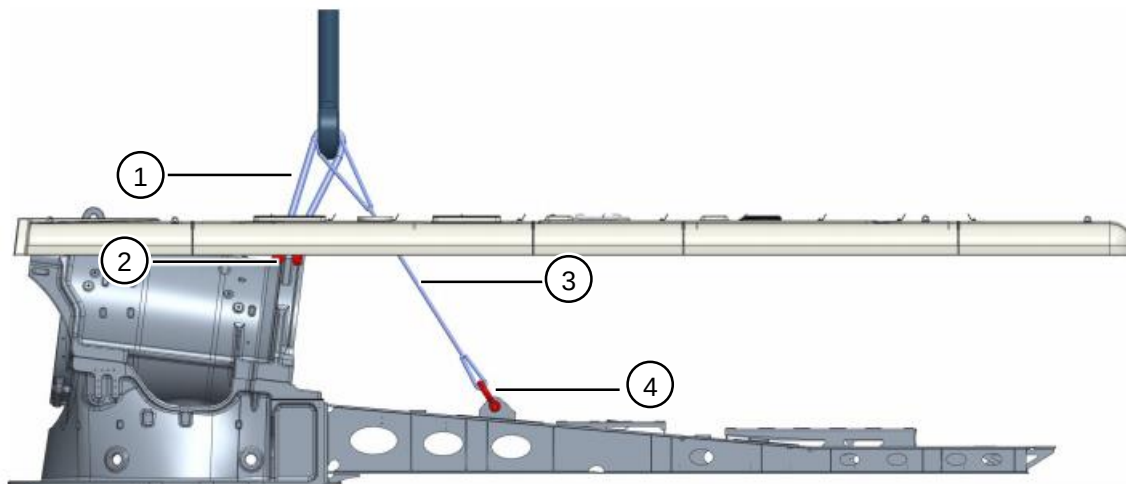


图 7-10 机舱-X（含传动链）卸车吊具

- | | |
|-----------------|-----------------|
| 1. 40t×3m 吊带 | 2. T8 级 120t 卸扣 |
| 3. 20t×4.22m 吊带 | 4. S6 级 55t 卸扣 |

5. 机舱卸车。

说明

- 机舱卸货前应进行试吊。起吊机舱至平板车上方 1m~2m 左右时停止起吊，开走运输车辆。将机舱连同运输支架和随机附件一起卸下至摆放区域。
 - 卸货时吊车缓慢提升和缓慢下落。
 - 机舱摆放时应保证运输支架平稳且机舱口应背对主风向。
6. 机舱存放。
- 松钩、拆卸吊具并妥善存放。安装吊装孔盖。立即恢复外包装。
 - 对破损部位及时修补，确保包装密封完好。

7.7.5 传动链卸车

7.7.5.1 传动链参数

表 7-15 传动链参数

序号	名称	规格	重量	备注
1	传动链	7111×3340×3458mm	86t	含运输工装 4t
2	传动链-X	6831×3340×3397mm	78t	含运输工装 4t

7.7.5.2 传动链卸车吊具

表 7-16 常规传动链卸车吊具清单（吊带式吊具）

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	吊带	20t×6.6m	1	根	对折使用
2	吊带	40t×3.1m	2	根	-
3	弓形卸扣	55t	3	个	-

表 7-17 传动链-X（南高齿）7° 卸车吊具清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	吊带	20t×6.44m	1	根	对折使用
2	吊带	40t×3.1m	2	根	-
3	弓形卸扣	T8级85t	3	个	-
4	吊带保护套	75t×1m	2	个	20t吊带使用
5	吊带保护套	100t×1m	2	个	40t吊带使用

表 7-18 传动链-X（德力佳）7° 卸车吊具清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	吊带	25t×6.3m	1	根	对折使用
2	吊带	40t×3.1m	2	根	-
3	弓形卸扣	85t	3	个	-
4	吊带保护套	75t×1m	2	个	25t吊带使用
5	吊带保护套	100t×1m	2	个	40t吊带使用

表 7-19 传动链水平卸车吊具清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	吊带	25t×7.26m	1	根	对折使用
2	吊带	40t×3.1m	2	根	-
3	弓形卸扣	85t	3	个	-
4	吊带保护套	75t×1m	2	个	25t吊带使用
5	吊带保护套	100t×1m	2	个	40t吊带使用

7.7.5.3 传动链卸车过程

1. 查验运输文档是否正确齐备，跟随传动链发货的组件齐备，根据机组随机零部件清单进行检查。
2. 起重机就位。
运输车停靠在吊车吊臂作业半径范围内。
3. 安装传动链吊具

说明

吊具安装之前务必检查吊具，确保吊具无缺陷，破损。

a. 安装常规传动链吊具（吊带式）。

- ① 将 55t 卸扣与传动链前吊耳连接，将 20t×6.6m 环形吊带的一端穿过 55t 卸扣，对折后挂在主起重机吊钩上。
- ① 将 40t×3.1m 环形吊带的一端连接到主起重机吊钩上，吊带的另一端通过 55t 卸扣与传动链后轴承吊座吊耳连接。
- ② 理顺吊带，确保各部件正确受力。
- ③ 检查吊带，确保与设备无干涉。

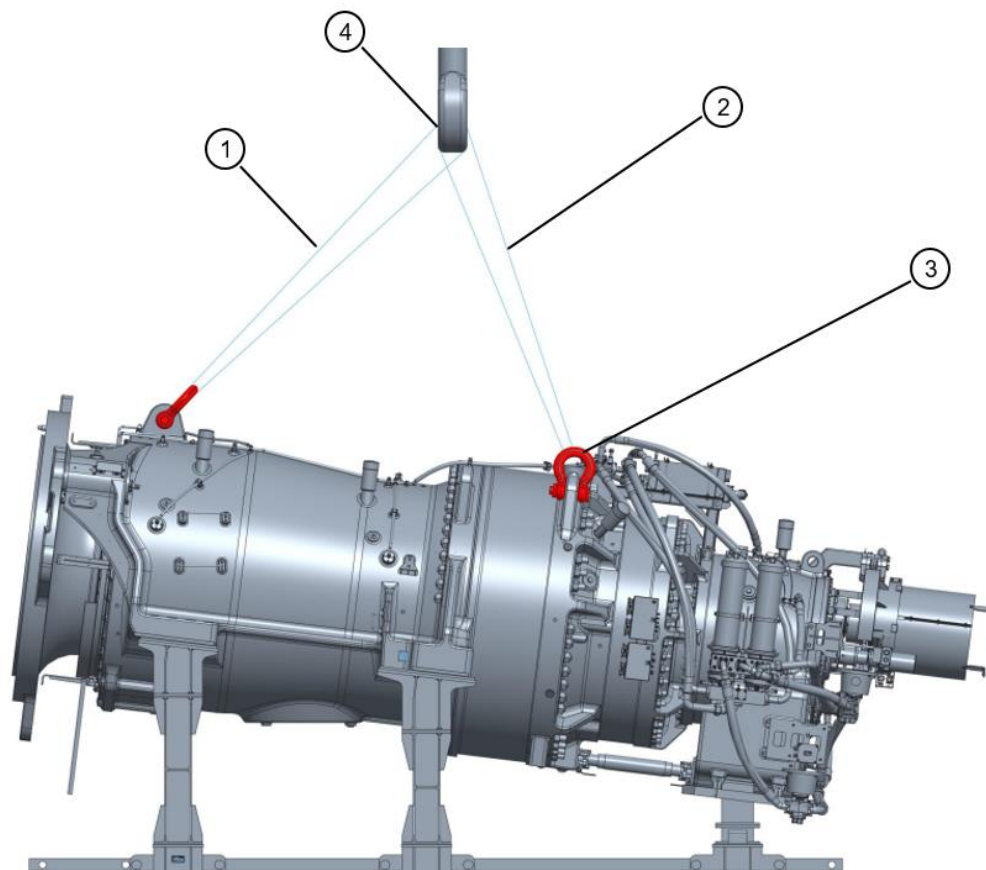


图 7-11 安装传动链吊具（吊带卸扣式）

1. 吊带20t×6.6m 2. 吊带40t×3.1m 3. 55t卸扣 4. 吊带保护套

b. 安装传动链-X（南高齿）7° 卸车吊具。

- ① 将 T8 级 85t 卸扣与传动链前吊耳连接，将 20t×6.44m 高强环形吊带的一端穿过 85t 卸扣，对折后挂在主起重机吊钩上。
- ② 将 40t×3.1m 环形吊带的一端连接到主起重机吊钩上，吊带的另一端通过 T8 级 85t 卸扣与传动链后轴承吊座吊耳连接。
- ③ 理顺吊带，确保各部件正确受力。
- ④ 检查吊带，确保与设备无干涉。

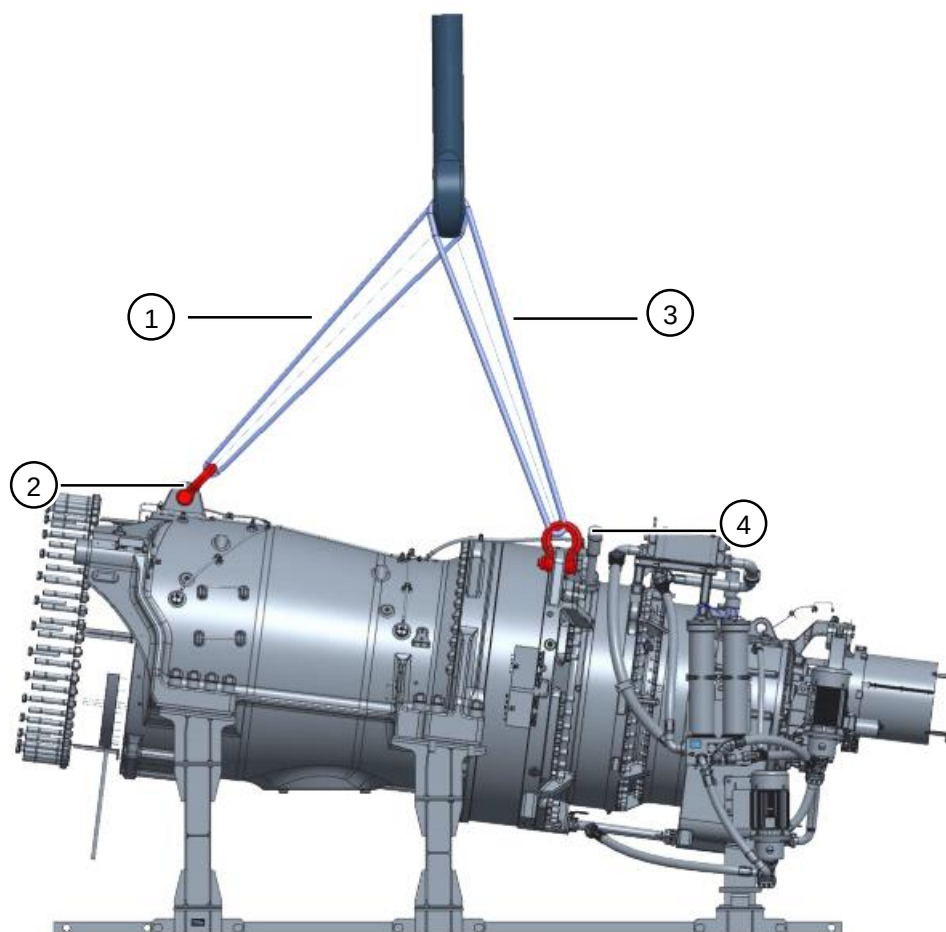


图 7-12 安装传动链-X（南高齿）卸车吊具

1. 20t×6.44m 吊带

2. T8 级 85t 卸扣

3. 40t×3.1m 吊带

4. T8 级 85t 卸扣

c. 安装传动链-X（德力佳）7° 卸车吊具。

- ① 将 T8 级 85t 卸扣与传动链前吊耳连接，将 25t×6.3m 高强环形吊带的一端穿过 85t 卸扣，对折后挂在主起重机吊钩上。
- ② 将 40t×3.1m 环形吊带的一端连接到主起重机吊钩上，吊带的另一端通过 T8 级 85t 卸扣与传动链后轴承吊座吊耳连接。
- ③ 理顺吊带，确保各部件正确受力。
- ④ 检查吊带，确保与设备无干涉。

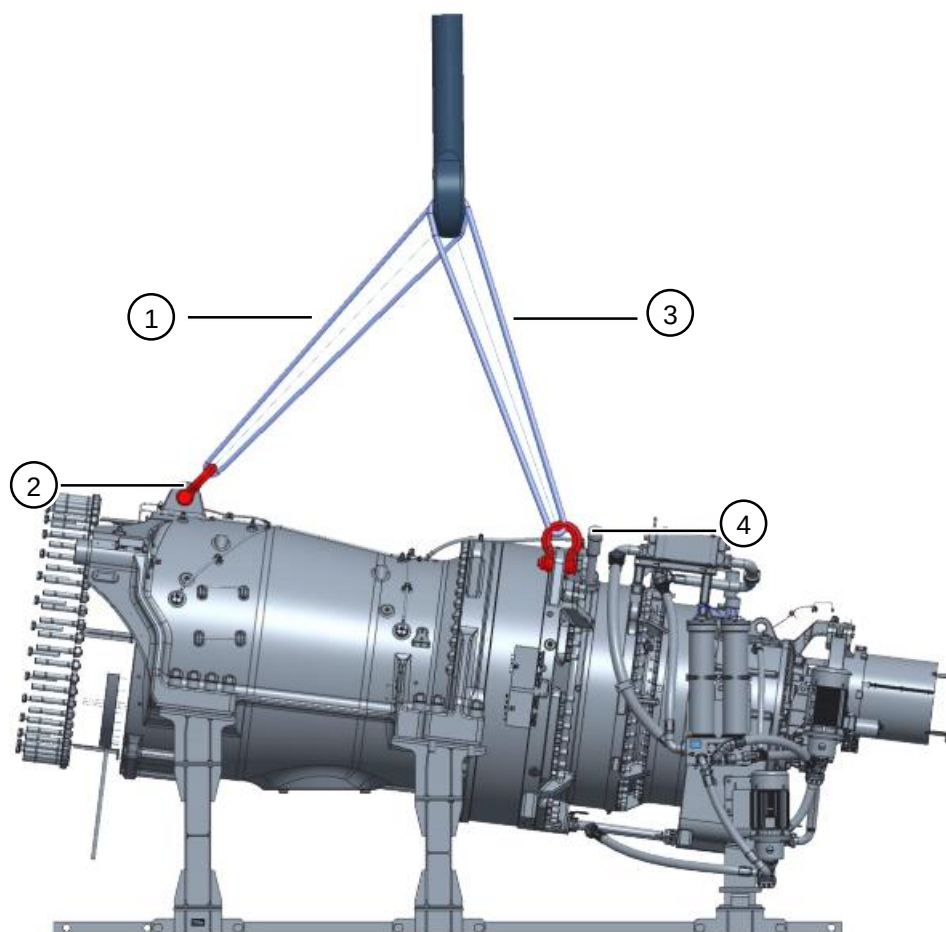


图 7-13 安装传动链-X（德力佳）卸车吊具

1. 25t×6.3m 吊带
3. 40t×3.1m 吊带

2. T8 级 85t 卸扣
4. T8 级 85t 卸扣

- d. 安装传动链水平卸车吊具。
- 将 85t 卸扣与传动链前吊耳连接，将吊带 25t×7.26m 环形吊带的一端穿过 85t 卸扣，对折后挂在主起重机吊钩上。
 - 将 40t×3.1m 环形吊带的一端连接到主起重机吊钩上，吊带的另一端通过 85t 卸扣与传动链后轴承吊座吊耳连接。
 - 理顺吊带，确保各部件正确受力。
 - 检查吊带，确保与设备无干涉。

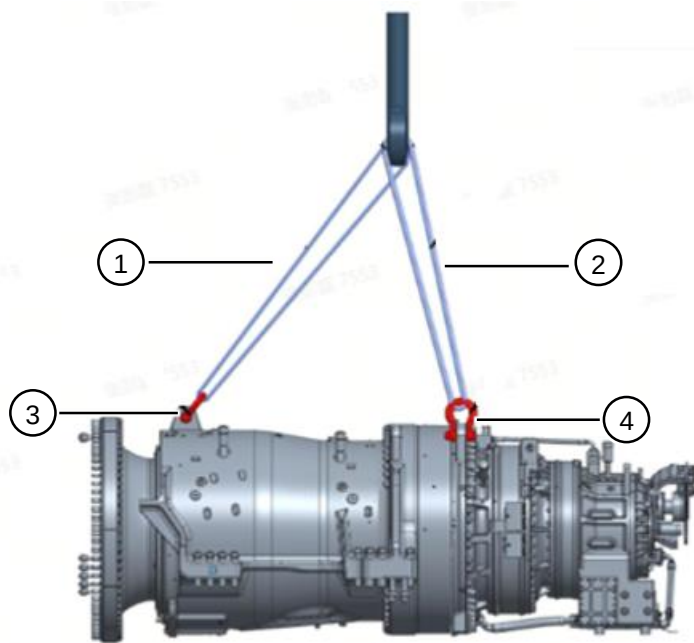


图 7-14 安装传动链水平卸车吊具

1. 吊带 25t×7.26m
2. 吊带 40t×3.1m
3. 85t 卸扣
4. 图 85t 卸扣
4. 拆除传动链运输支架与运输车辆的连接。
5. 传动链卸货。

说 明

- 若现场不满足传动链安装条件，须将传动链连同运输支架一起卸下至摆放区域。传动链应平稳摆放在机舱附近，利于后续的吊装。
- 传动链卸货前需进行试吊。起吊传动链至平板车上方 1m~2m 左右停止起吊，开走运输车辆。

6. 传动链存放。
 - 拆卸吊具并妥善存放。立即恢复传动链外包装。
 - 对破损部位及时修补，确保包装密封完好。
 - 每隔两天现场巡查一次，若发现外包装破损，及时用防雨篷布包裹绑扎，确保其密封性完好。待现场满足传动链安装条件（机舱、传动链及弹性支撑等安装物料均已到货）时，尽快完成传动链的安装。

7.7.6 轮毂卸车

7.7.6.1 轮毂参数

表 7-20 轮毂参数

序号	名称	变桨轴承厚度 (mm)	规格 (长×宽×高m)	重量
1	旧轮毂总成	305	5.81×4.49×4.06	43t
2	新轮毂总成	355	5.96×4.91×4.70	49t

7.7.6.2 轮毂卸车吊具

表 7-21 轮毂吊具清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	R01型环形吊带	30t×6m	1	条	吊带对折使用
2	吊具体	55t	1	个	成套发货，配套使用
3	BX卸扣	55t	1	个	

7.7.6.3 轮毂卸车过程

1. 查验装箱清单及合格证是否正确齐备，轮毂和导流罩完好，螺栓孔完好无锈蚀无杂物。跟随轮毂发货的组件齐备，根据机组随机零部件清单进行检查。
2. 起重机就位。
运输车停靠在吊车吊臂作业半径范围内。
3. 组装轮毂吊具。
将 30t×6m 吊带的一端穿过 55t 大卸扣，与另外一端一起挂在起重机的吊钩上。

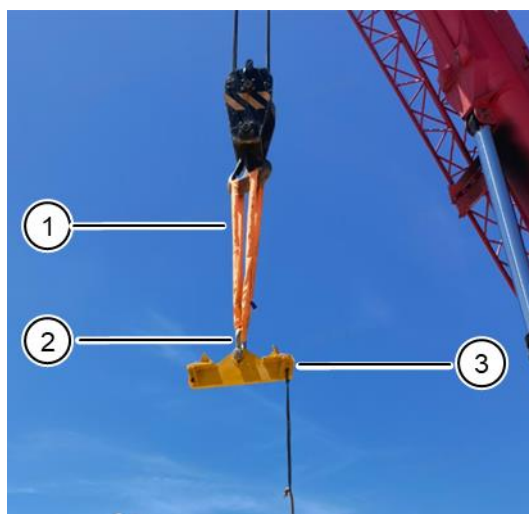


图 7-15 组装轮毂吊具

1. 30t×6m 吊带
2. 55t 卸扣
3. 吊具体

4. 安装吊具。
 - a. 拆除轮毂外包装，露出吊点位置。
 - b. 将吊具体全部斜着穿入轮毂内，缓慢将吊具体调整成水平姿态。
 - c. 理顺吊带，确保各部件正确受力。
 - d. 检查吊带，确保与设备无干涉。
5. 拆除轮毂运输支架与运输车辆连接。

6. 轮毂卸车。
- 轮毂卸货前进行试吊。起吊轮毂至平板车上方 1m-2m 左右时停止起吊，开走运输车辆。
 - 将轮毂连同运输支架和随机附件一起卸下至摆放区域。轮毂平稳摆放在预先定制的区域，方便风轮组队，利于后续吊装。



图 7-16 轮毂卸货

说 明

- 卸货时吊车缓慢提升和缓慢下落。
- 吊具安装及拆卸过程保持缓慢、平稳。

7. 轮毂存放。
- 拆卸吊具并妥善存放。立即恢复轮毂外包装。对破损部位及时修补，确保包装密封完好。

7.7.7 叶片卸车

7.7.7.1 叶片参数

表 7-22 叶片参数

序号	型号	规格（长×宽×高 m）	重量（t）	备注
1	SY107	107×5.165（最大弦长）×3.72（预弯）	30.8	溜尾点 60m

7.7.7.2 叶片吊具卸车吊具

表 7-23 叶片卸车吊具清单（45t）

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	吊梁A	8m	1	个	用12个M36×120的螺栓将2根8m的吊梁连接，组成一根16m吊梁
2	吊梁B	8m	1	个	
3	螺栓	M36×120-10.9级	12	个	
4	螺母	M36	12	个	
5	垫圈	36	12	个	
6	副梁	/	2	个	通过4个销轴组件将副梁与主梁固定，组成工字梁
7	销轴组件	/	4	个	
8	R01型吊装带	30t×15.55m	2	条	用两个35t卸扣分别将两根30t×15.55m吊带与16m吊梁上吊耳连接
9	卸扣	35t	2	个	
10	扁平吊装带	15t×22m	1	条	将15t×22m吊带一侧与手拉葫芦固定，吊带和手拉葫芦另一侧通过17t卸扣与副梁连接。
11	卸扣	17t	2	个	
12	手拉葫芦	15t×6m	1	个	将15t×19m吊带一侧与手拉葫芦固定，吊带和手拉葫芦另一侧通过17t卸扣与副梁连接。
13	扁平吊装带	15t×19m	1	条	
14	卸扣	17t	2	个	
15	手拉葫芦	15t×6m	1	个	吊装公司方自备
16	聚苯乙烯块	1.2 m×0.6 m×0.6m	2	个	

序号	名称	规格	数量	单位	备注
		密度22kg/m ³			

7.7.7.3 叶片吊具卸车过程

7.7.7.4 叶片吊具卸车过程

说明

- 严禁吊带直接绑扎后进行卸车。
- 吊带宽度不小于 300mm。
- 吊带必须安装叶片加强区域。

1. 查验装箱清单及合格证是否正确齐备，叶片外表面完好，螺栓孔完好无锈蚀无杂物。跟随叶片发货的组件齐备，根据机组随机零部件清单进行检查。
2. 起重机就位。
运输车停靠在吊车吊臂作业半径范围内。
3. 安装叶片吊具。
 - a. 若叶片在堆场或在机位（主吊不满足吊装条件）的情况下，叶根位置不需拆工装，通过吊带兜叶片吊装；叶尖位置不拆工装，通过吊装工装，带叶片吊装卸车。按照图 7-17 采用双车抬吊的方式卸车。

说明

吊具安装之前务必检查吊具，确保吊具无缺陷，破损。



图 7-17 安装叶片吊具（双车）

- b. 若叶片在机位（主吊满足吊装条件）的情况下，按照图 7-18 采用单车抬吊的方式卸车。吊梁有单梁和工字梁两种。

说明

- 在叶片吊点位置安装叶片护垫，吊带受力时确保叶片前缘、后缘均不与吊带直接接触。
- 45t 叶片吊具使用时，先将吊具中心对准叶片重心，然后调平葫芦，叶根叶尖接触吊带且吊梁水平后，起吊吊梁；若起吊后吊梁倾斜，根据倾斜角度调整葫芦长度，直至吊梁水平。

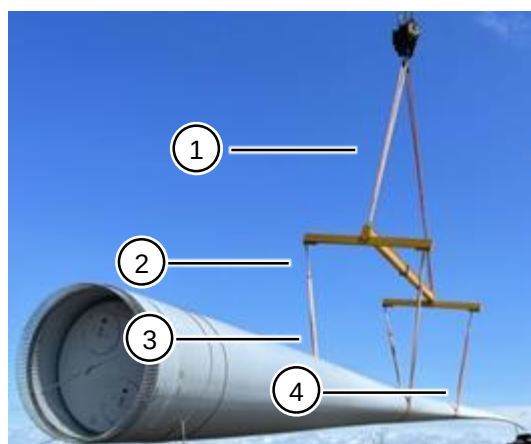


图 7-18 安装 45t 叶片吊具（单车）

1. 30t×15.55m 吊带 2. 手拉葫芦
3. 15t×22m 扁平吊 4. 15t×19m 扁平吊带

- 拆除叶片支架与运输车辆的连接。
用吊车缓慢平稳起吊叶片至平板车上方1m~2m左右时停止起吊，开走运输车辆。叶片应平稳摆放在预先定制的区域。
- 叶片存放。
拆卸吊具并妥善存放。叶片卸货完成后，应将三支叶片固定在一起，并对前、后支架进行地锚连接。叶片放置应顺应主风向。

7.8 通讯设备

转运平板车司机以及现场指挥人员在转运风机设备的过程中必须配备良好的通讯设备，以便在转运过程中与建设单位、监理、质保、项目部保持良好的通讯联系及数据联系，遇到问题时，可第一时间到达事故现场并解决问题，防止因路面损坏或因其他原因导致转运停滞，确保风机设备转运的全过程中做到通讯流畅。

7.9 现场使用的设备与工具

在安装作业之前，应将所有设备、工具提前准备完毕，以保证安装作业能够持续进行，减少中断的次数和时间。安装人员必须确保所用工具已进行校准，各校准/检查数据表应在三一重能索取时予以提供。所有测量和测试设备必须有校准证书，对用于测量压力、作用力或阻力、距离的所有新旧工具，如千分表、电气、机械、液压扭矩扳手、激光校准工具、万用表、电气验证测试设备和电气压接等工具，还需要第三方校准验证证书。

7.10 工装吊具日常检查

表 7-24 吊梁体（含机舱吊梁、叶片吊梁、风轮吊具、塔筒吊板、机舱吊座）日常检查要求

序号	日常检查要求
1	目视检查梁体无变形、无裂纹、无焊缝开焊。
2	目视检查吊梁配套的索具（吊带、钢丝绳、吊链）、端配件的选用规格，装配位置正确无误。

3	目视检查吊梁配套的索具（吊带、钢丝绳、吊链）外观无损伤、损坏；不能存在变形、打结。
4	目视检查，吊梁配备的端配件（卸扣、吊钩、吊座）无变形，开裂。
5	目视检查吊梁与索具等连接正常可靠。卸扣成套完整，插锁销；销轴卡板无损坏、固定螺栓无变形裂纹。
6	探伤检查：A类吊具：梁体焊缝100%全检，吊耳焊缝100%全检。

表 7-25 吊装带（吊带）日常检查

序号	日常检查要求
1	在使用中应根据作业及使用情况，对吊带进行检查，在使用完以后也应考虑进行检查。
2	外部磨损：由于摩擦引起的外部磨损造成绳纱断裂，或受硬物切割造成的绳纱断裂。
3	内部损伤：因重复受载时扭曲或坚硬杂物嵌入绳索造成内部损伤。
4	发霉：自棕绳久置在潮湿、不透风的场所发霉变黑。

表 7-26 吊装带（吊带）保护套日常检查

序号	日常检查要求
1	在使用中应根据作业及使用情况，对吊带进行检查，在使用完以后也应考虑进行检查。
2	外部磨损：由于摩擦引起的外部磨损造成绳纱断裂，或受硬物切割造成的绳纱断裂。
3	内部损伤：因重复受载时扭曲或坚硬杂物嵌入绳索造成内部损伤。
4	发霉：自棕绳久置在潮湿、不透风的场所发霉变黑。

表 7-27 钢丝绳（索具）日常检查

序号	日常检查要求
1	断丝情况：断丝根数及断线分布状况和程度。
2	磨损程度：测量各磨损部位钢丝绳直径。
3	腐蚀程度：是否生锈，腐蚀，老化变硬情况。
4	涂油状态：油脂是否适量，油脂上是否有附着杂物。

序号	日常检查要求
5	变形及其他异常现象：扭结痕迹、压扁、损伤、松股或松捻的程度及位置。
6	环眼连结部位的紧固状况：钢丝绳错动和套管是否发生变形、磨损、腐蚀及裂纹。

表 7-28 吊链日常检查

序号	日常检查要求
1	裂纹等表面缺陷。
2	磨损情况。
3	腐蚀情况。
4	变形等其他异常现象。
5	测量多肢链式吊索的最长肢和最短肢的长度差。

表 7-29 花篮螺丝日常检查

序号	日常检查要求
1	裂纹等表面缺陷。
2	螺纹及外体磨损情况。
3	腐蚀情况，特别是螺纹。
4	变形等其他异常现象。

表 7-30 卸扣、吊钩、吊环日常检查

序号	日常检查要求
1	裂纹等表面缺陷。
2	磨损情况。
3	腐蚀情况。
4	变形等其他异常现象。

表 7-31 环链电动葫芦日常检查

序号	日常检查要求
----	--------

1	环链电动葫芦是否受潮。
2	检查螺钉、插销、螺母是否松动。
3	链条、吊钩、齿轮、轴承、连接杆等裂纹、磨损、腐蚀、变形情况。
4	制动器零件磨损情况。
5	制动有无下滑。
6	限位开关动作正确性。
7	接触器触头磨损和烧毛情况。
8	检查电线及电缆绝缘破损情况。

表 7-32 工装日常检查

序号	日常检查要求
1	裂纹等表面缺陷。
2	磨损情况。
3	腐蚀情况。
4	变形等其他异常现象。

7.11 其他注意事项

1. 检查现场安全标识是否完好。
2. 准备柴油发电机、稳压器、电源线、及现场照明灯。
3. 检查现场的急救箱是否完好。
4. 清理安装现场,清理出大型车辆通道, 足够风机吊装的施工场地。
5. 安装用的大、小吊车已按要求落实到位, 各种吊索具、护套及设备厂配套专用吊具都已进场。对吊索具、护套、绳索指派专人进行详细外观检查, 项目经理作好记录。使用的吊索具、护套、绳索在每台风机安装前均需进行检查, 如有损坏, 严禁使用。
6. 所有吊索具、护套、绳索要做到专项专用, 不得用于其他用途。
7. 检查所有部件的状态。如果完好, 则开展安装作业。如果受到损坏, 必须立即报告项目负责人, 由项目负责人根据实际情况做出决定。
8. 在项目经理指挥下, 执行详细的安装作业计划。明确工作岗位, 责任到人。明确安装作业顺序, 技术要求、安全要求, 明确各工序使用的安装设备、工具、吊具及辅助材料等。并按照当地政府有关规定办理相关手续。
9. 每日了解详细 72 小时之内天气预报, 确认安装当日气象条件适宜。准备好防雨布, 以防止天气变化引起的强降雨对风机设备的损坏。
10. 提前详细察看各风机的安装现场, 并按各风机作业工地布置图, 将各风机卸货至现场, 并采取加固措施。
11. 仓库专人管理, 对材料设备做领用记录。

8. 安装塔底平台及电气柜

注意

设备损坏的风险。

电气柜裸露时受风面较大，仅靠地脚螺栓固定，可靠性较差，受风力影响容易倾倒。

- 确保当日可以完成第一节塔筒安装的情况下，才可以进行电气柜的安装，严禁将塔底电气柜裸露在塔底平台上。

8.1 安装流程图

塔底平台及电气柜安装主要包括准备工作、塔底平台、高压开关柜、塔底控制柜、电梯柜安装、收尾工作 6 部分，安装时间大约 2.5 小时，安装流程如图 8-1 所示。

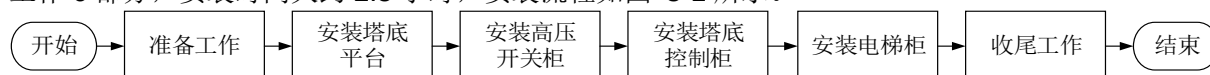


图 8-1 塔底平台及电气柜安装流程图

8.2 安装准备

说明

- 确保基础接地系统与本项目的图纸一致。
- 确保基础法兰平面的水平精度在 2mm 以内（否则不允许吊装塔筒）。
- 确保基础接地的方式符合设计图纸要求。
- 确保基础环接地电阻 $\leq 4\Omega$ （否则不允许吊装塔筒）。

安装塔底平台及电气柜之前，须进行以下准备工作：

- 检查基础浇灌质量，是否有裂缝。
- 检查锚栓露出部分有无损伤变形，打开螺纹保护套，检查螺纹是否完好，清除锚栓上的混凝土等杂质。
- 用扫帚或者压缩空气机清理风机基础环，确保无沙土、无污染、无积水。
- 检查塔底平台、塔底控制柜、高压开关柜、电梯柜外观是否变形、损坏。

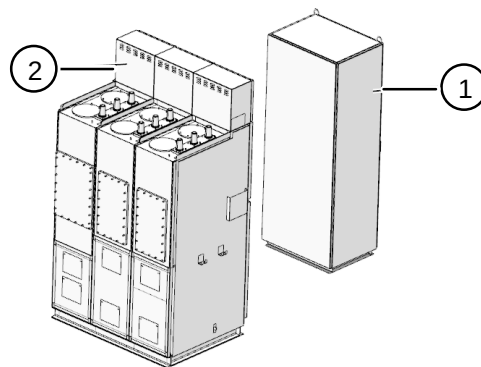


图 8-2 电气柜外观图

1.塔底控制柜

2.高压开关柜

8.3 吊具清单

塔底平台及电气柜安装吊具，见表 8-1 所示。

表 8-1 塔底平台与电气柜安装吊具清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	四腿标准吊钩索具	2t×3m	1	个	吊装塔底平台、塔底控制柜

8.4 工具清单

塔底平台及电气柜安装工具，见表 8-2 所示。

表 8-2 塔底平台与电气柜安装工具清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	开口扳手	S46	2	个	紧固 4 个支腿上的螺母，固定支腿
2	卷尺	5m	1	个	测量塔筒内围板及塔底平台高度
3	开口扳手	S18/S19	2	个	紧固电气柜与接地线安装螺栓
4	套筒	套筒 1/2"-S18/S19	2	个	
5	力矩扳手	25-100N·m 力矩扳手	1	个	

8.5 物料清单

8.5.1 塔底平台安装物料清单

塔底平台安装物料，见表 8-3 所示。

表 8-3 塔底平台安装物料清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	六角螺母	M30	12	个	高度调节底座安装，供应商提供
2	平垫	Φ 30-200HV	8	个	
3	螺杆底座	M30×250	4	个	
4	软铜带	70mm ² ，长度 1000mm	2	个	平台立柱与扁铁接防雷地连。塔筒厂提供紧固件及软铜带，具体规格以到货为准。
5	螺栓	M12×20	2	个	
6	螺栓	M12×30	2	个	
7	平垫圈	12-300HV	4	个	
8	弹簧垫圈	12	4	个	
9	螺母	M12	2	个	

8.5.2 电气柜参数

电气柜规格参数，见表 8-4 所示。

表 8-4 电气柜参数

序号	名称	规格（长×宽×高）/mm	重量/t
1	高压开关柜 GMU-40.5DV(选配)	950×990×2300	0.8t
2	高压开关柜 GMU-40.5DCV(选配)	1400×990×2300	1.2t
3	高压开关柜 DQS-40.5Dn+V(选配)	1030×990×2400	0.6t
4	高压开关柜 DQS-40.5Dn+C+V(选配)	1030×970×2400	1t
5	塔底控制柜	800×600×2000	0.22t

8.5.3 电气柜紧固件清单

电气柜安装紧固件，见表 8-5 所示。

表 8-5 电气柜紧固件清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	螺栓	M12×50 GB5783	8	个	高压开关柜安装紧固件(选配)
2	螺母	M12GB6170	8	个	
3	平垫圈	12GB97.1	8	个	

序号	名称	规格	数量	单位	备注
4	平垫圈	12GB96.1	8	个	
5	弹性垫圈	12GB93	8	个	
6	螺栓	M12×50 GB5783	12	个	高压开关柜安装紧固件 (选配)
7	螺母	M12GB6170	12	个	
8	平垫圈	12GB97.1	12	个	
9	平垫圈	12GB96.1	12	个	
10	弹性垫圈	12GB93	12	个	
11	螺栓	M12×50 GB5783	4	个	塔底控制柜安装紧固件
12	螺母	M12GB6170	4	个	
13	平垫圈	12GB97.1	4	个	
14	平垫圈	12GB96.1	4	个	
15	弹性垫圈	12GB93	4	个	

8.6 安装塔底平台

说明

- 目前机组攀爬装置主要有免爬器和电梯两种配置，具体以客户合同约定为准。
- 安装前需检查吊索具是否完好，吊具表面不允许有破损、裂痕。

1. 确定塔底平台安装方位。

- 根据基础上塔筒门的标识(塔筒门的标识提前由建设单位确定)，确定塔底平台的安装方位。
- 按照图示做出基础的十字中心线，并按图示尺寸画一个 2575×2521（仅供参考，具体以实际风场数据为准）的长方形。

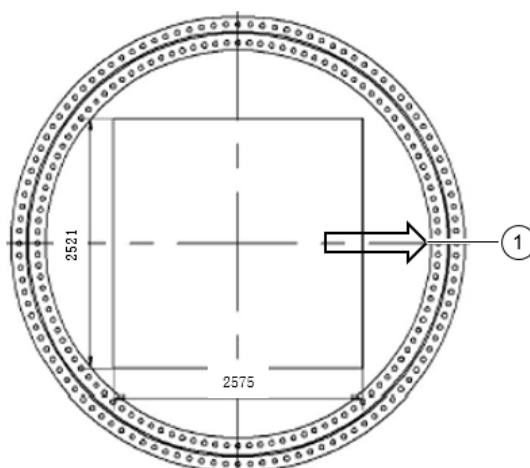


图 8-3 塔底平台安装位置规划

1.塔筒门方向

2. 用四腿吊链钩住塔底平台四角吊环螺钉，起吊塔底平台至安装位置。

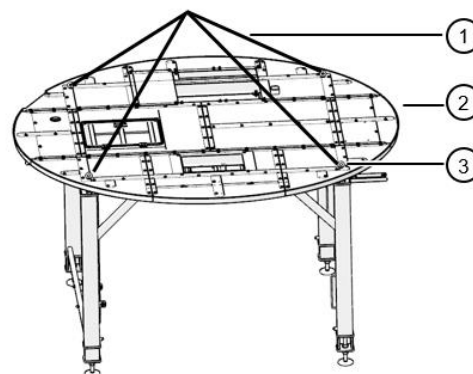


图 8-4 塔底平台吊具安装

- 2t×3m 起重用短环链
- 塔筒门方向
- 吊环螺钉

3. 当塔底平台接近基础时，安装人员进行引导，根据塔筒门方向，确保塔底平台安装方向和位置正确，且四个支腿的调节螺栓组件在 2575×2521mm 的长方形区域内。

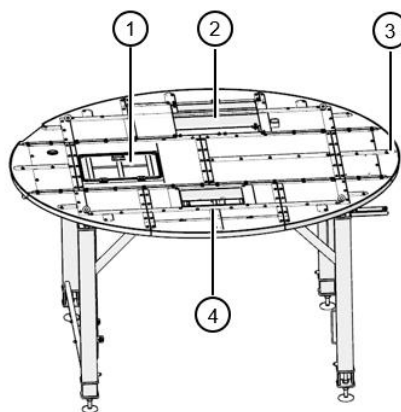


图 8-5 塔筒门方向及电气柜位置

- | | |
|---------|-------------|
| 1.人孔盖板 | 2.高压开关柜安装位置 |
| 3.塔筒门方向 | 4.控制柜安装位置 |

4. 塔底平台高度调整。
 - a. 测量第一节塔筒内围板到下法兰面及塔底平台上表面到基础法兰上表面之间的距离 h 。
 - b. 通过调节每一条支腿上、下端三个 M30 螺母的位置来调整塔底平台高度，确保第一节塔筒内围与塔底平台无缝贴合。

说明

塔底平台上表面到基础法兰上表面的距离为 2140mm，由于制造误差及运输形变，实际以现场测量为准。

5. 微调支腿螺母位置，确保塔底平台保持水平，将支腿上下两侧螺母紧固。

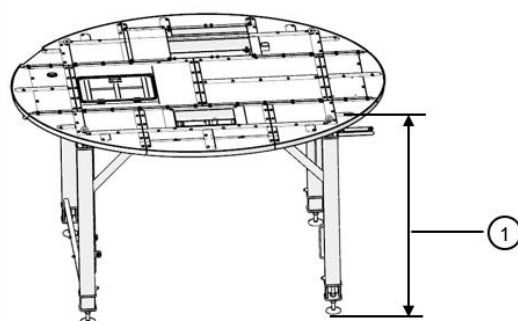


图 8-6 塔底平台高度测量

- 1.塔底平台高度 h

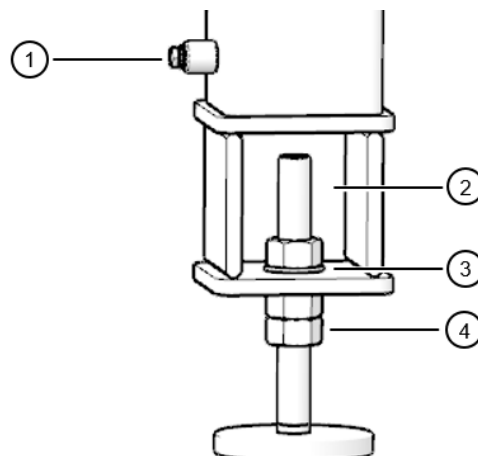


图 8-7 塔底平台支腿调节机构

- | | |
|---------|-----------|
| 1.防雷接线柱 | 2.螺杆底座 |
| 3.垫圈 30 | 4. M30 螺母 |

6. 按图示位置，用 2 根接地软铜带连接塔底平台和基础接地环。

说明

- 塔底平台放置完成后应立即完成完成平台支腿与基础接地扁铁之间防雷接地线安装。
- 软铜带及紧固件规格以现场到货为准，参照《915 平台风力发电机组电气安装手册》安装。
- 若接地扁铁无孔则根据螺栓进行配孔。

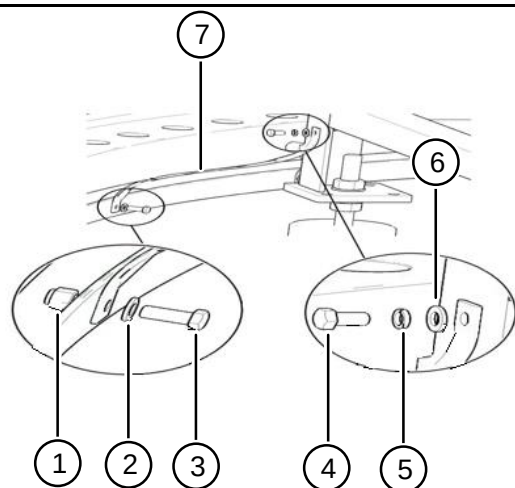


图 8-8 塔底平台接地

- | | |
|--------------|-----------------|
| 1.M12 螺母 | 2. 平垫圈 12-300HV |
| 3. M12×30 螺栓 | 4. M12×25 螺栓 |
| 5.弹簧垫圈 12 | 6.平垫圈 12-300HV |
| 7.1000mm 软铜带 | |

7. 拆除塔底平台四角吊环螺钉，以免影响电气柜安装。电气柜与塔底平台支架连接紧固件为平台自带件，需先拆除后安装。

8.7 安装塔底电气柜

8.7.1 安装高压开关柜

1. 拆除电气柜体外包装。

说明

- 柜体与木箱连接角铁拆除后，将原螺栓安装至角铁安装孔位置。
- 拆除木箱时注意不要损伤柜体。柜体防雨布暂不去除，但需要露出起吊位置。
- 塔底柜须安装在塔底平台上。

2. 安装高压开关柜。
- a. 使用四腿吊链起吊高压开关柜至安装位置。
 - b. 用 8 个或 12 个 M12×50 螺栓紧固，力矩值 $65 \pm 3\text{N}\cdot\text{m}$ 。
 - c. 对于高压开关控制柜安装孔漏出的地方用盖板封住，并用 M12×50 螺栓紧固，力矩值 $65 \pm 3\text{N}\cdot\text{m}$ 。

说明

- 柜门（控制面板）朝向平台中间。
- 螺栓从下向上穿。安装不便时，可调整方向。
- 螺栓应涂抹螺纹锁固胶，自锁螺母除外。
- 螺栓紧固完毕应刷冷喷锌防腐，画防松标识线。

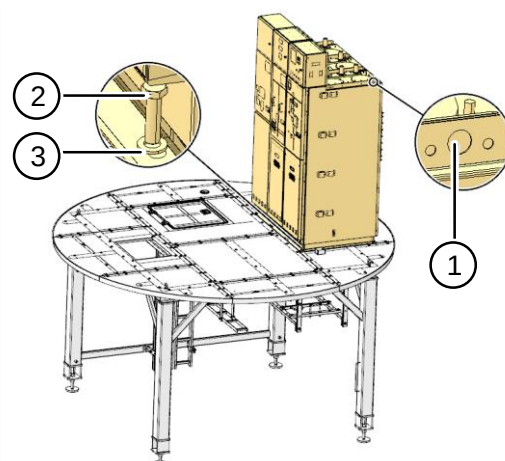


图 8-9 安装高压开关柜

- | | |
|-----------|--------------|
| 1.高压开关柜吊耳 | 2. M12×45 螺栓 |
| 3.垫圈 12 | |

3. 安装质量检查。
项目负责人须对安装结果进行验收，确保验收通过后方可进行后续工作。

8.7.2 安装塔底控制柜

1. 拆除电气柜体外包装。

说明

- 柜体与木箱连接角铁拆除后，将原螺栓安装至角铁安装孔位置。
- 拆除木箱时注意不要损伤柜体。柜体防雨布暂不去除，但需要露出起吊位置。
- 塔底柜须安装在塔底平台上。

2. 安装塔底控制柜。
 - a. 使用四腿吊链起吊塔底控制柜至安装位置（吊耳在塔底控制柜顶部四个角位置）。
 - b. 用 4 个 M12×50 螺栓紧固，力矩值 $65 \pm 3\text{N}\cdot\text{m}$ 。

说明

- 柜门（控制面板）朝向平台中间。
- 螺栓从下向上穿。安装不便时，可调整方向。
- 螺栓应涂抹螺纹锁固胶，自锁螺母除外。
- 螺栓紧固完毕应刷冷喷锌防腐，画防松标识线。

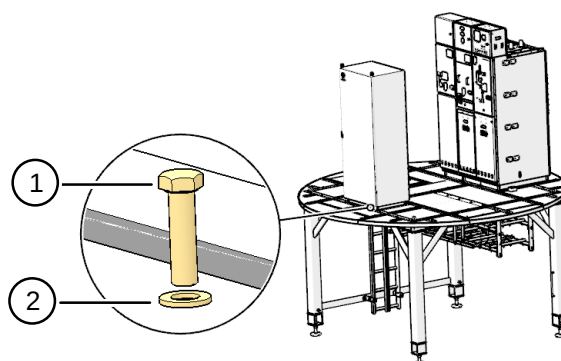


图 8-10 安装塔底控制柜
1. M12×45 螺栓 2. 垫圈 12

3. 安装质量检查。
项目负责人须对安装结果进行验收，确保验收通过后方可进行后续工作。

8.7.3 安装免爬梯（选配）

说明

免爬器为外购件，根据现场吊装进度，提前预约厂家进场安装与调试。

8.7.4 安装电梯柜（选配）

说明

电梯为外购件，根据现场吊装进度，提前预约厂家进场安装与调试。

在塔底电气柜吊装完成之后,将电梯柜吊装至电梯围栏中,放置时注意电梯门的方向。

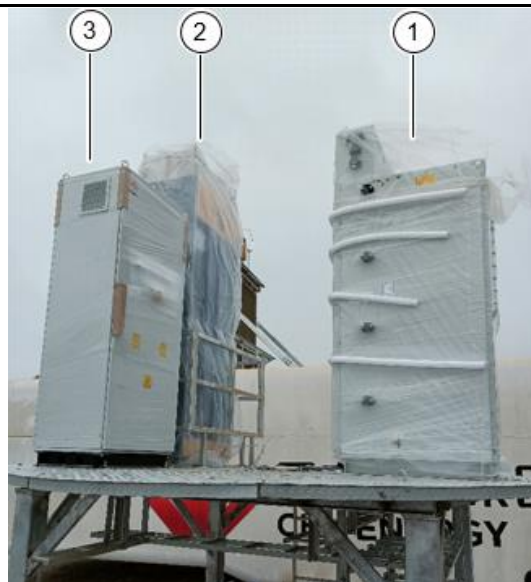


图 8-11 安装电梯柜

- 1. 高压开关柜
- 2. 电梯柜
- 3. 塔底控制柜

8.8 收尾工作

1. 检查电气柜安装位置是否正确。
2. 检查电气柜安装螺栓、螺母、垫圈是否有缺失。
3. 检查力矩线是否符合规范。
4. 检查塔底平台与基础环防雷接地线是否安装。
5. 检查塔底平台支腿调整机构螺母、垫圈是否缺失与紧固。
6. 收拾与清点吊具。
7. 准备塔筒安装吊具、工具、安装物料等。

9. 安装塔筒

⚠ 危险

人员死亡或重度伤害的风险。

风速超过吊装风速要求，主起重机稳定性差且塔筒姿态无法控制，容易与周边设备产生撞击或掉落击伤作业人员。

- 严格按照风速要求作业，风速超过 10m/s 时，严禁进行塔筒吊装作业。

塔筒安装主要包括准备工作、安装第一节塔筒、安装第二节塔筒、安装第三节塔筒、安装第四节及以上塔筒、收尾工作 6 部分，安装时间大约 10 小时。

9.1 安装流程图

塔筒安装流程如图 9-1 所示：

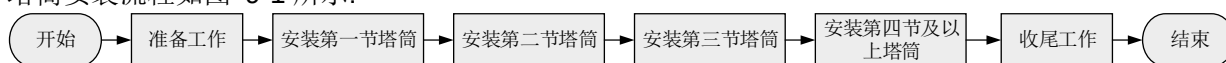


图 9-1 塔筒安装流程图

9.2 塔筒参数

说明

由于各项目塔筒不同，具体尺寸、重量、塔筒段数不一列举，以《机械安装差异说明》为准。

塔筒规格参数以现场《机械安装差异说明》为准，表 9-1 为某一现场参数，仅供参考。

表 9-1 塔筒参数

类型	名称	尺寸（下/上法兰外径×长度，mm）	重量/t
100米-4节塔筒 （100m为轮毂中心高度）	第一节塔筒	φ 4961/ φ 4647×16020	82.4
	第二节塔筒	φ 4647/ φ 4647×23520	82.2
	第三节塔筒	φ 4647/ φ 4300×28560	70.7
	第四节塔筒	φ 4300/ φ 3375×29000	50.0

9.3 塔筒紧固件

说明

- 由于各项目塔筒不同，具体紧固件不一列举，以《机械安装差异说明》为准。
- 塔筒螺栓紧固件请参照该项目的《高强度紧固件安装及维护力矩规定》。

表 9-2 塔筒紧固件清单

序号	名称	代号	规格	数量	单位	备注
1	螺母	GB/T6170	M42-10 级	224	个	一节塔筒与锚栓基础之间
2	垫圈	GB/T97.1	42-300HV	224	个	
3	螺栓	GB/T5782	M64×390-10.9 级	106	个	一二节塔筒之间
4	螺母	GB/T6170	M64-10 级	106	个	
5	垫圈	GB/T97.1	64-300HV	212	个	
6	螺栓	GB/T5782	M56×310-10.9 级	112	个	二三节塔筒之间
7	螺母	GB/T6170	M56-10 级	112	个	
8	垫圈	GB/T97.1	56-300HV	224	个	

序号	名称	代号	规格	数量	单位	备注
9	螺栓	GB/T5782	M42×240-10.9 级	120	个	三四节塔筒之间
10	螺母	GB/T6170	M42-10 级	120	个	
11	垫圈	GB/T97.1	42-300HV	240	个	
12	双头螺柱	GB/T5782	M39×615-10.9 级	148	个	四塔筒上法兰
13	垫圈	GB/T97.1	39-300HV	148	个	
14	螺母	GB/T6170	M39-10 级	148	个	

9.4 塔筒安装物料

表 9-3 塔筒安装物料

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	密封胶	1921	18	pc	实际用量 根据现场 情况进行 调整
2	润滑剂	1769N	2	kg	
3	清洗剂	1755EF	2	pc	
4	导电膏	DDG-A	1	pc	

9.5 塔筒螺栓力矩

塔筒螺栓力矩以现场《风力发电机组高强度紧固件安装及维护力矩规定》为准，表 9-4 为某一现场参数，仅供参考。

表 9-4 塔筒螺栓力矩

序号	规格	等级	扭矩法 (Nm)
1	M16	10.9	210
2	M20	10.9	410
3	M22	10.9	560
4	M24	10.9	750
5	M27	10.9	990
6	M30	10.9	1340
7	M33	10.9	1830
8	M36	10.9	2200
9	M39	10.9	2900
10	M42	10.9	3600
11	M45	10.9	4500
12	M48	10.9	5100
13	M52	10.9	6600
14	M56	10.9	8100
15	M64	10.9	12200
16	M72	10.9	14900

9.6 塔筒吊具清单

说 明

- 由于各项目塔筒规格不同，具体吊具不一列举，以《机械安装差异说明》为准。
- 机型不同、各段塔筒重量不尽相同，吊装塔筒前务必核实吊具荷载是否符合所吊部件重量。
- 若塔筒基础锚栓规格为 M36，塔筒吊具使用规格为 D39 的调整套。

塔筒吊具以现场《机械安装差异说明》为准，表 9-5 和表 9-6 为某一现场吊具清单，仅供参考。

表 9-5 塔筒吊具清单（单段塔筒重量≤90t）

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	环形吊带	40t×3m	2	根	主吊提升吊具
2	滑车	60t（含2个55t卸扣）	2	个	
3	钢丝绳	φ56×12m	2	根	
4	卸扣	35t	4	个	
5	塔筒吊板	-	4	个	
6	环形吊带	30t×5m/40t×5m	2	根	辅吊溜尾吊具
7	塔筒吊板	-	2	个	
8	卸扣	35t	2	个	
9	螺栓	M36×430	8	个	四节塔筒上法兰
10	调整套	内径39	8	个	
11	螺栓	M42×265	4	个	四节塔筒下法兰
12	调整套	内径44	4	个	
13	螺栓	M42×265	8	个	三节塔筒上法兰
14	调整套	内径44	8	个	
15	螺栓	M56×310	4	个	三节塔筒下法兰
16	调整套	内径59	4	个	
17	螺栓	M56×310	8	个	二节塔筒上法兰
18	调整套	内径59	8	个	
19	螺栓	M64×380	4	个	二节塔筒下法兰
20	螺栓	M64×380	8	个	一节塔筒上法兰
21	螺栓	M42×290	4	个	一节塔筒下法兰
22	调整套	内径44	4	个	
23	螺母	M36	24	个	-
24	螺母	M42	24	个	-
25	螺母	M56	24	个	-
26	螺母	M64	24	个	-
27	垫圈	36	24	个	-
28	垫圈	42	24	个	-
29	垫圈	56	24	个	-
30	垫圈	64	24	个	-

表 9-6 塔筒吊具清单（单段塔筒重量≤115t）

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	环形吊带	40t×4m	2	根	主吊提升吊具
2	滑车	70t（含2个85t卸扣）	2	个	
3	钢丝绳	φ60×12m	2	根	
4	卸扣	50t	4	个	
5	塔筒吊板	-	4	个	
6	环形吊带	40t×5m	2	根	辅吊溜尾吊具
7	塔筒吊板	-	2	个	
8	卸扣	50t	2	个	
9	螺栓	M36×430	8	个	四节塔筒上法兰
10	调整套	内径39	8	个	
11	螺栓	M42×265	4	个	四节塔筒下法兰

序号	名称	规格	数量	单位	备注
12	调整套	内径44	4	个	
13	螺栓	M42×265	8	个	三节塔筒上法兰
14	调整套	内径44	8	个	
15	螺栓	M56×310	4	个	三节塔筒下法兰
16	调整套	内径59	4	个	
17	螺栓	M56×310	8	个	二节塔筒上法兰
18	调整套	内径59	8	个	
19	螺栓	M64×380	4	个	二节塔筒下法兰
20	螺栓	M64×380	8	个	一节塔筒上法兰
21	螺栓	M42×290	4	个	一节塔筒下法兰
22	调整套	内径44	4	个	
23	螺母	M36	24	个	-
24	螺母	M42	24	个	-
25	螺母	M56	24	个	-
26	螺母	M64	24	个	-
27	垫圈	36	24	个	-
28	垫圈	42	24	个	-
29	垫圈	56	24	个	-
30	垫圈	64	24	个	-

9.7 塔筒工具清单

说明

现场使用的所有液压扳手泵、拉伸器泵、液压扳手、液压拉伸器等力矩工具必须在有效期内，并检验合格。

塔筒安装之前需准备的工具，见表 9-7。

表 9-7 塔筒安装工具清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	开口扳手	S55	2	个	M36 螺栓紧固
2	1 寸套筒	S55	2	个	
3	开口扳手	S60	2	个	M39 螺栓紧固
4	1 寸套筒	S60	2	个	
5	开口扳手	S65	2	个	M42 螺栓紧固
6	1.5 寸套筒	S65	2	个	
7	开口扳手	S70	2	个	B42 或 M45 螺栓紧固
8	1.5 寸套筒	S70	2	个	
9	开口扳手	S75	2	个	M48 螺栓紧固
10	1.5 寸套筒	S75	2	个	
11	开口扳手	S85	2	个	M56 螺栓紧固
12	1.5 寸套筒	S85	2	个	
13	开口扳手	S95	2	个	M64 螺栓紧固
14	2.5 寸套筒	S95	2	个	
15	开口扳手	S110	2	个	M72 螺栓紧固
16	2.5 寸套筒	S110	2	个	
17	液压力矩扳手	3 型	2	个	M36 及以下螺栓紧固
18	液压力矩扳手	5 型	2	个	M48 及以下螺栓紧固
19	液压力矩扳手	10 型	2	个	M56 及以下螺栓紧固

序号	名称	规格	数量	单位	备注
20	液压力矩扳手	15 型	2	个	M72 及以下螺栓紧固
21	液压扳手泵	-	8	个	与液压扳手配套使用
22	液压拉伸器	M39	4	个	塔筒与机舱连接螺栓紧固
23	液压拉伸器	M36	4	个	锚栓力矩紧固
24	液压拉伸器	M39	4	个	锚栓力矩紧固
25	液压拉伸器	M42	4	个	锚栓力矩紧固
26	液压拉伸器	M48	4	个	锚栓力矩紧固
27	液压拉伸器泵	-	4	个	与液压拉伸器配套使用
28	呼啸电动扳手	1000N•m	2	个	高强度螺栓预紧
29	导向销	-	1	套	塔筒厂根据实际项目孔径配备

9.8 安装准备

设备的存储和安装要遵守存储和安装规范，任何部件的损坏都会影响设备的稳定或者载荷能力，最终造成事故，如果发现任何损坏应及时通知到三一重能和建设单位。

9.8.1 安装前检查

所有的部件在安装之前要进行目测检查，检查可视的损坏、变形和裂缝。

- 检查塔筒表面有无凹陷、焊接破坏、漆面损坏等。
- 检查塔筒内部、外部和法兰上的外露金属，有无锈蚀、毛边和凸点。
- 检查爬梯、顶平台、电缆夹板（桥架）的所有连接螺栓，确认没有松动。
- 检查爬梯的滑轨螺栓连接，确认连接可靠。
- 检查爬梯有无损坏，固定支架是否有力矩标识。
- 检查所有的盖板、荷叶、锁定装置、安全栏杆、照明灯支架、插座、电缆桥架有无损坏。
- 检查吊具是否有严重锈蚀、磨损、断裂、拼接等现象。

9.8.2 清洁塔筒

1. 使用半圆锉和砂纸除去法兰表面的凸点，使用砂纸除去锈蚀，然后对打磨过的表面作喷锌处理。
2. 用肥皂水清洗塔筒外部，用专用清洗剂清洗上下法兰。
3. 塔筒内部清洁：去除塔筒吊装过程中任何存在短期或长期坠落可能的物体。
4. 塔筒外部清洁：去除任何会导致塔筒全生命周期内防腐涂层破坏的物料或者污染物，并去除任何运行时可能会离开沉积位置的泥土或者其他物料。
5. 安排塔筒厂家按照防腐规范修补塔筒表面损坏的防腐涂层（油漆）。

9.8.3 工具及物料准备

1. 安装底端塔筒所需的液压工具，电动冲击扳手预先放置在基础平台内。
2. 在底端塔筒吊运至基础前，需要将待使用的塔筒螺栓（包括螺母和垫圈）清点准备好。

9.9 安装第一节塔筒

说明

安装第一节塔筒之前需核查塔底平台电梯护栏是否与其干涉，若干涉，将干涉部分拆除，拆除零部件要妥善保管，待第一节塔筒安装完成后进行安装。

9.9.1 安装塔筒吊具

1. 安装塔筒吊座。
 - a. 拆除塔筒法兰支撑架及其它固定装置。
 - b. 清洗塔筒法兰面，去除凸点及油污。
 - c. 将塔筒吊具吊至法兰面，每一个吊座通过 2 组螺栓（双螺母）与塔筒法兰连接固定。

说明

- 塔筒法兰螺栓孔为 $\phi 39 \sim \phi 60$ 时，按图 9-2 所示，将塔筒吊座安装在塔筒法兰上。
- 塔筒法兰螺栓孔为 $\phi 68$ 时，按照图 9-2 所示安装吊座，但是需要取消调整套 2。
- 塔筒法兰螺栓孔为 $\phi 78$ 时，按图 9-3 所示，将塔筒吊座安装在塔筒法兰上。
- 螺栓力矩值 $1000\text{N}\cdot\text{m}$ ，不润滑，力矩从螺栓头部施加。

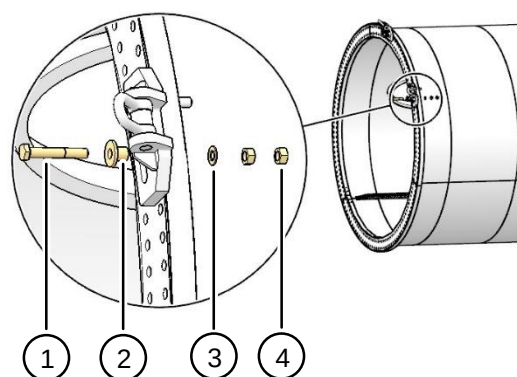


图 9-2 安装塔筒吊座

- | | |
|-------|--------|
| 1. 螺栓 | 2. 调整套 |
| 3. 垫圈 | 4. 螺母 |

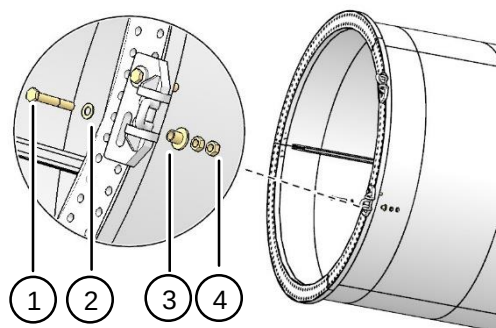


图 9-3 安装塔筒吊座

- | | |
|--------|-------|
| 1. 螺栓 | 2. 垫圈 |
| 3. 调整套 | 4. 螺母 |

2. 安装塔筒上法兰吊具。
参照步骤 1，在塔筒上法兰间隔 90 度位置，均布安装 4 个塔筒吊座。
3. 安装塔筒下法兰吊具。
参照步骤 1，在塔筒下法兰轴线两侧位置安装 2 个塔筒吊座（建议两个吊座之间孔数为 10-15 个）。

9.9.2 起吊第一节塔筒

注意

设备损伤的风险。

塔筒翻身所需空间较大，容易与周边设备发生撞击。

- 起吊、翻身过程中应避免塔筒与起重机臂架相撞。

说明

安装第一节塔筒之前需核查塔底平台电梯护栏是否与其干涉，若干涉，将干涉部分拆除，拆除零部件要妥善保管，待第一节塔筒安装完成后进行安装。

1. 法兰面涂胶。

- a. 在锚栓基础法兰按照“日”字型涂抹密封胶。即在基础法兰面内圈、外圈、两圈安装孔之间各涂一圈密封胶，再沿基础径向方向（每两个螺栓之间）涂密封胶。密封胶距离螺栓孔边缘 20mm，宽度不低于 10mm，高度不低于 5mm，且连续无断点。

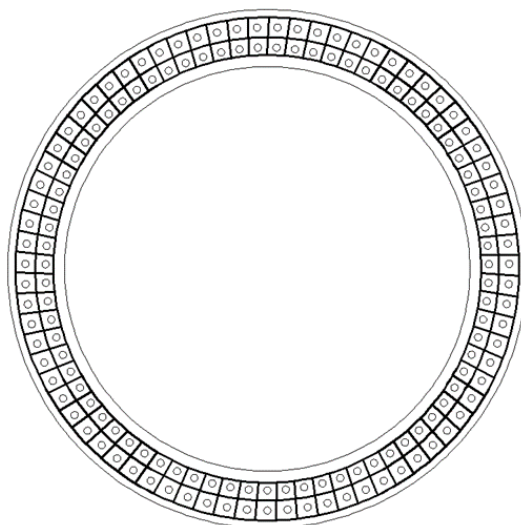


图 9-4 基础涂密封胶

说明

密封胶位置靠近锚栓孔，防止塔筒安装后密封胶在对接处外侧。

- b. 在基础上锚板对接间隙涂抹密封胶。宽度不低于 20mm，高度不低于 5mm，且连续无断点。



图 9-5 基础上锚板间隙涂密封胶

2. 塔筒清洁及修补。

主副两台起重机同时起吊缓缓提升塔筒至离地面适当高度时，清洗塔筒表面污染，油漆如有破损情况需进行补漆。

3. 塔筒翻身。

主起重机吊钩缓慢上升，副起重机吊钩保持塔筒最低点距离地面约 1m 的高度，将塔筒提升至竖直状态。



图 9-6 塔筒翻身

4. 拆除下法兰吊具。

在地面放置呈正三角分布的三块枕木，当第一节塔筒吊至接近垂直位置时，缓缓降低塔筒位置，稳固放置于三块枕木上，卸掉第一节塔筒下法兰的吊具。



图 9-7 拆除下法兰吊具

5. 安装下法兰缆风绳。

在下法兰螺栓孔间隔 120 度分别安装 3 根缆风绳。

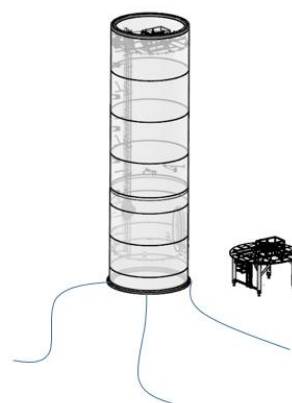


图 9-8 安装下法兰缆风绳

6. 塔筒与基础对接。

- a. 主起重机单独起吊第一节塔筒，根据锚栓基础上塔筒门方向的标记，确保塔筒方位正确，缓慢下放塔筒。
- b. 塔筒接近基础法兰处时解除缆风绳。安装人员扶住塔筒，对齐螺栓孔。
- c. 下放塔筒，使所有锚栓都穿过法兰孔，与基础法兰贴合。塔筒在安装时必须调整垂直，保持起重机 50% 负载。



图 9-9 塔筒门标识

说明

必须缓慢而小心的下放第一节塔筒，避免塔筒与高压开关柜、塔底控制柜或电梯柜发生碰撞。



图 9-10 塔筒与基础对接

9.9.3 塔筒螺栓安装与紧固

说明

- 螺栓、螺母与被连接零件之间都必须使用高强度垫圈。
- 螺母处垫圈倒角朝向螺母。螺母有等级标识一侧应外露，保证承压面与垫圈接触。
- 终拧拉伸力、终拧力矩以项目《高强度紧固件安装及维护力矩规定》为准。

1. 塔筒就位之后手动将所有垫圈及螺母安装在锚栓上。
2. 用 1000N·m 的电动扳手或用液压拉伸器按终拧拉伸力的 30% 进行第一次拉伸力紧固。

说明

- 第一次拧紧完成后，紧固件的支撑面和垫圈、被联接零部件紧密贴合，没有贴合的应拆卸检查、更换新的高强度紧固件重新安装。
- 紧固顺序为十字对角。

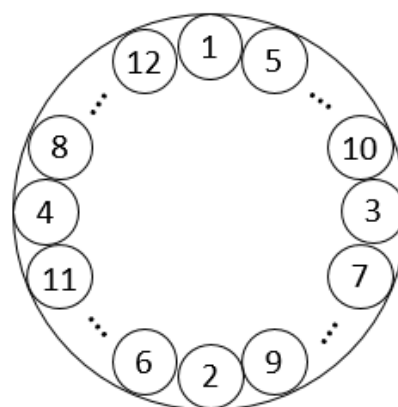


图 9-11 螺栓紧固顺序

3. 用液压拉伸器按终拧拉伸力的 70%进行第二次拉伸力紧固，紧固顺序为十字对角。

说明

塔筒制作时要求法兰内倾，螺栓 100%力矩紧固后不存在间隙。如果存在 0.5mm 以上的间隙，需及时告知三一重能研究院并评估出具方案，即采用专用垫片进行缝隙调整，并重新按照 100%力矩紧固整圈螺栓，间隙消除后用密封胶封堵法兰内侧结合面，间隙未消除前不得进行后续工作。

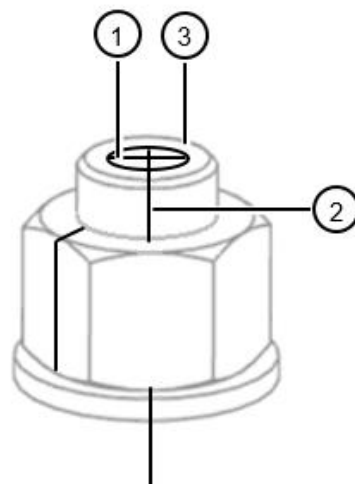


图 9-12 力矩标识线

1.30%力矩标识线 2.70%力矩标识线
3.100%力矩标识线

4. 待机舱安装完成后，用液压拉伸器按终拧拉伸力的 100%进行第三次拉伸力紧固。

说明

- 紧固顺序为十字对角。
- 每个螺栓紧固后用油漆笔或其他附着力强、不易褪色的笔在高压紧固件端头（螺栓、螺母）、垫圈、被联接零件三者上标记符号“|”，与“—”形成“十”。

9.9.4 拆除上法兰吊具

注意

设备损伤的风险。

塔筒矗立在风中，受风力影响，若不按要求防护，可能造成锚栓损伤或塔筒倾倒。

- 第一节塔筒安装完毕后，如遇大风不能及时安装第二节塔筒，必须将锚栓全部拉伸至终拧拉伸力的 70%，主吊施加 20t 提升力，以避免受到恶劣天气的影响。

说明

- 待整圈所螺栓紧固到 70%终拧拉伸力，才可以进行下一节塔筒的安装。
- 拆除吊具时，人员必须做好防坠落保护。
- 拆除的部件需妥善保管，防止坠落。

拆除第一节塔筒上法兰的吊具，将其吊至地面第二节塔筒附近，为吊装第二节塔筒做准备。

9.9.5 安装塔筒与基础接地

将塔筒防雷接线柱和接地扁钢表面铁锈等脏污处理干净或使用锉刀磨光表面，涂抹导电膏，安装防雷接地线，按要求紧固螺栓，并画防松标识线。

说明

机械安装手册只包括塔筒与基础之间以及塔筒段之间接地电缆的安装，其他部件的接地参见《915 平台风力发电机组电气安装手册》。

9.9.6 安装门口爬梯

为了施工人员进出塔筒方便，在不影响风轮组装的前提下，建议第一节塔筒安装完成后安装门口爬梯。

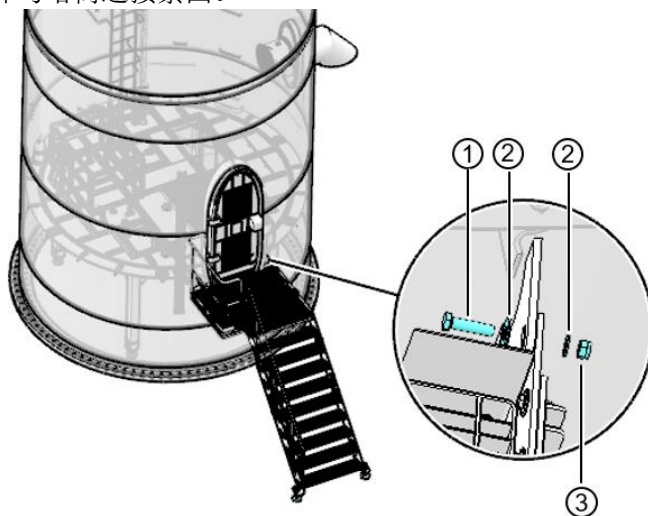
9.9.6.1 安装常规外爬梯

门外爬梯安装物料，见表 9-8 所示。

表 9-8 门梯安装物料清单

序号	名称	规格	数量	单位
1	螺栓	M16×60GB5783	4	个
2	螺母	M16GB6184	4	个
3	垫圈	16GB97.1	4	个
4	垫圈	16GB96.1	4	个
5	润滑剂	1769N	0.1	Kg

1. 用吊带穿过外爬梯的 4 个吊环后，吊装到相应安装位置，螺纹部位涂润滑剂，用 4 组不锈钢螺栓 M16×60 及其紧固件将外爬梯主体与塔筒连接紧固。
2. 调节 2 个支座使外爬梯上平台处于水平位置，并检查塔筒门定位插销是否正常，拧紧支座螺母，力矩值 200 N·m。
3. 紧固 M16×60 螺栓，并画防松标识。



说明

- M16×60 8.8 螺栓力矩 160±8N·m。
- M16×60 10.9 螺栓力矩 210±10N·m。

图 9-13 安装常规外爬梯安装

1. M16×60 螺栓
2. 垫圈 16
3. M16 螺母

9.9.6.2 安装带接线盒外爬梯

门外爬梯安装物料，见表 9-9 所示。

表 9-9 门外爬梯安装物料清单

序号	名称	规格	数量	单位
1	螺栓	M16×60GB5783	4	个
2	螺母	M16GB6184	4	个

序号	名称	规格	数量	单位
3	垫圈	16GB97.1	4	个
4	垫圈	16GB96.1	4	个
5	润滑剂	1769N	0.1	Kg

1. 用吊带穿过外爬梯的 4 个吊环后，吊装到相应安装位置，螺纹部位涂润滑剂，用 4 组不锈钢螺栓 M16×60 及其紧固件将外爬梯主体与塔筒连接紧固。
2. 调节 2 个支座使外爬梯上平台处于水平位置，并检查塔筒门定位插销是否正常，拧紧支座螺母，力矩值 200 N·m。
3. 紧固 M16×60 螺栓，并画防松标识。

说明

- M16×60 8.8 螺栓力矩 160±8N·m。
- M16×60 10.9 螺栓力矩 210±10N·m。

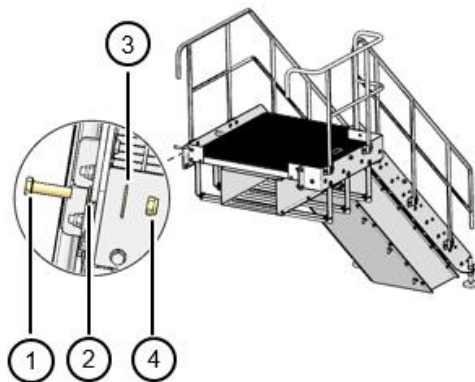


图 9-14 安装带接线盒外爬梯

1. M16×60 螺栓组件 2. 垫圈 16GB97.1
3. 垫圈 16GB96.1 4. M16 螺母

4. 检查电缆通道是否在门过线孔中间。

9.9.7 安装质量检查

1. 检查涂漆表面是否被损坏。
2. 检查第一节塔筒上下法兰是否损坏或产生局部变形。如果塔筒受到损坏，只有在塔筒修复并且项目负责人允许的情况下，才能开展后续工作。此时必须锁住塔筒门，并用防水帆布盖住第一节塔筒上法兰，避免受到恶劣天气的影响。
3. 检测塔筒上法兰的 16 个点的水平度并记录，确保水平度偏差不大于 2mm。

9.10 安装第二节塔筒

注意

设备损伤的风险。

塔筒矗立在风中，受风力影响，若不按要求防护，可能造成螺栓损伤或塔筒倾倒。

- 第二节塔筒安装完毕后，如遇大风不能及时安装第三节塔筒，必须将全部螺栓力矩紧固到 70%，主吊施加 20t 提升力，以避免受到恶劣天气的影响。

说明

- 吊装每节塔筒时将此节与上一节的连接紧固件、每层安装物料和工具用可靠的包装及绑扎放置到塔筒上端平台，并做好防护，避免吊装翻转过程中物料坠落。
- 第二节塔筒就位之前，确保第一节塔筒上法兰密封胶已涂抹。
- 第二节塔筒就位之前，确保第二节与第一节塔筒连接螺栓及螺母润滑剂已涂抹。

1. 安装吊具。
第二节塔筒吊具安装参照第一节塔筒安装进行。
2. 密封胶涂抹。
在前一段已安装塔筒的顶法兰按“◎”字型涂两圈密封胶。

说明

密封胶需靠近螺栓孔边缘涂抹，且连续不间断。

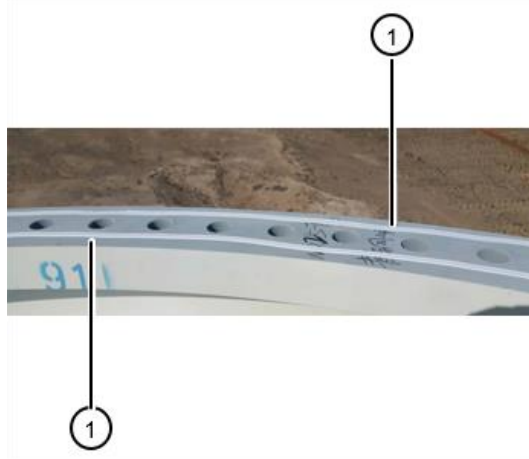


图 9-15 顶法兰密封胶涂抹
1. “◎”字型密封胶

3. 润滑剂涂抹。
所有螺栓在拧紧前都要在外螺纹表面涂抹螺栓润滑剂，螺杆螺纹处（螺栓头部留出 2 个螺距不涂抹）、螺杆与垫圈配合处不需涂抹螺栓润滑剂，螺母与垫圈配合处需涂抹螺栓润滑剂。

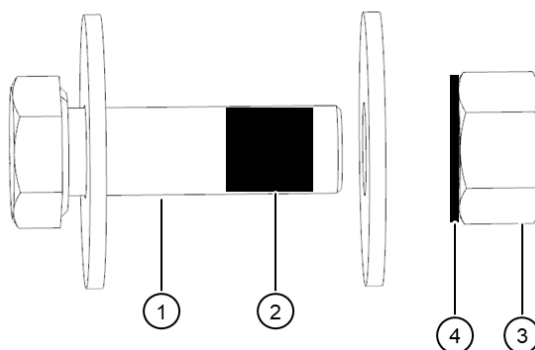


图 9-16 塔筒螺栓润滑

- | | |
|------|-----------|
| 1.螺栓 | 2.螺栓螺纹润滑 |
| 3.螺母 | 4.螺母结合面润滑 |

4. 吊装第二节塔筒。
将第二节塔筒吊装至第一节塔筒正上方。
5. 安装连接螺栓。
当间距为 20mm-30mm 时，先用 3 个定位销成 120°角从上向下穿过定位，然后从下向上装上螺栓及其配套垫圈和螺母。然后将 3 个定位销取出，装上螺栓。最后缓慢下放塔筒至与法兰面贴合。

说明

紧固件安装时螺栓从下向上穿入，螺栓处垫圈倒角朝向螺栓，螺母处垫圈倒角朝向螺母。螺母有强度等级标识一侧应外露，保证承压面与垫圈接触。

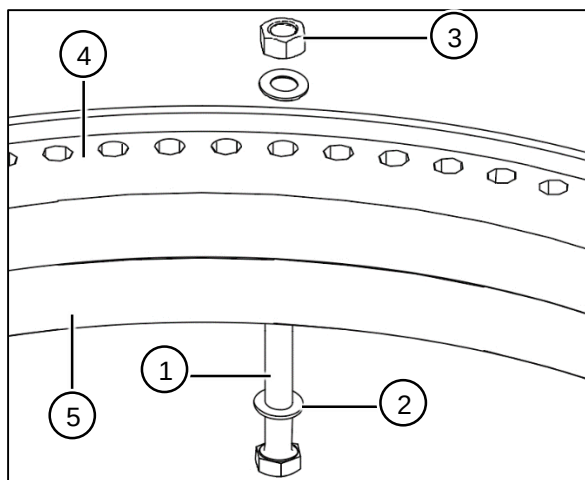


图 9-17 塔筒螺栓安装方式

- | | |
|------|-------|
| 1.螺栓 | 2.垫圈 |
| 3.螺母 | 4.下法兰 |

5.上法兰

6. 连接螺栓第一次预紧。
用 $1000\text{N}\cdot\text{m}$ 的电动扳或用液压扳手以终拧力矩的 30% 按十字对角顺序紧固圆周上所有螺栓，每个螺栓紧固后用油漆笔或其他附着力强、不易褪色的笔在螺栓头上标记符号“—”。
7. 连接螺栓第二次预紧。
用液压力矩扳手按终拧力矩的 70% 进行第二次力矩紧固。

说 明

- 每个螺栓紧固后用油漆笔或其他附着力强、不易褪色的笔在高压紧固件端头（螺栓、螺母）、垫圈、被联接零件三者上标记符号“|”，与“—”形成“十”。紧固顺序为十字对角。
- 待整圈所螺栓紧固到 70% 终拧力矩，才可以拆除吊具。
- 待机舱安装完成后，完成第三次 100% 终拧力矩紧固。

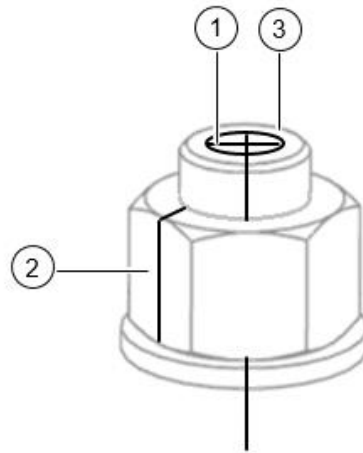


图 9-18 力矩标识线

1.30%力矩标识线 2.70%力矩标识线
3.100%力矩标识线

8. 连接爬梯防跌落系统（F 型）。
 - a. 将导轨连接件完全插入下段导轨，上下两段导轨对齐后向上提起导轨连接件，调整导轨连接件位置，确保其位于两节导轨对接的接缝处且对接后间距不大于 2mm ，安装并紧固 4 个 M8 内六角螺栓，力矩 $25 \pm 1\text{N}\cdot\text{m}$ ，并画防松标识线。
 - b. 使用 2 个 M16 双头螺柱、2 个 M16 自锁螺母、2 个 M16 垫圈连接两段塔筒之间的爬梯，力矩 $160 \pm 8\text{N}\cdot\text{m}$ ，并画防松标识线。

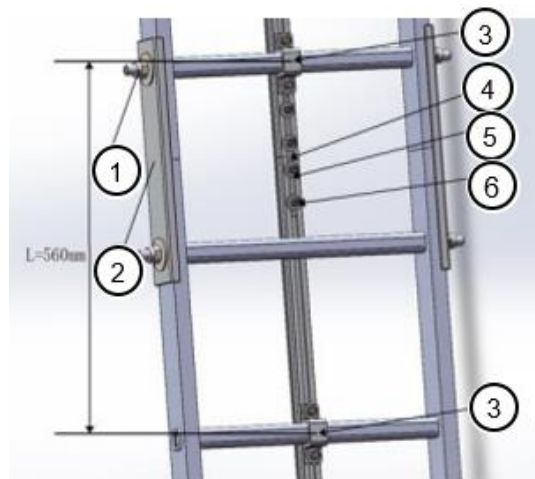


图 9-19 安装 F 型爬梯导轨

- | | |
|-------------|-------------|
| 1. M16 双头螺柱 | 2. 外连接板 |
| 3. 压板 | 4. 导轨连接件 |
| 5. 垫圈 8 | 6. M8 内六角螺栓 |

9. 连接爬梯防跌落系统（R5 型）。

- a. 上下两段塔筒的爬梯及导轨对齐后且间距不大于 2mm，用 2 个 M10×30 方颈螺栓将导轨连接件安装到两节导轨对接的连接处，力矩 $35 \pm 1 \text{N} \cdot \text{m}$ ，并画防松标识线。
- b. 使用 2 个 M16 双头螺柱、2 个 M16 自锁螺母、2 个 M16 垫圈连接两段塔筒之间的爬梯，力矩 $160 \pm 8 \text{N} \cdot \text{m}$ ，并画防松标识线。



图 9-20 安装 R5 型爬梯导轨

1. M16 双头螺柱 2. 外连接板
3. M10×30 方颈螺栓 4. 内连接板
5. 压板

10. 防雷接地线安装。

将塔筒防雷接线柱表面铁锈等脏污处理干净或使用锉刀磨光表面，涂抹导电膏，安装防雷接地线，按要求紧固螺栓，并画防松标识线。



图 9-21 安装塔筒间防雷接地线

11. 安装质量检验。

经现场项目经理、监理、建设单位检验合格后，方可以进行下一节塔筒的安装。

9.11 安装第三节塔筒

注意

设备损伤的风险。

塔筒矗立在风中，受风力影响，若不按要求防护，可能造成螺栓损伤或塔筒倾倒。

- 第二节塔筒安装完毕后，以下情况严禁安装第三节塔筒：
 - 预计风速将在接下来的几个小时内增加，不满足安装要求，严禁安装第三节塔筒。
 - 因各种原因不能确保第三节和第四节塔筒安装完毕后立即安装机舱。
 - 塔筒在没有机舱的情况下不允许单独矗立在大风（ $\geq 10 \text{m/s}$ ）中。
 - 因特殊原因不能确保当天安装机舱时，当前吊装的最高两节塔筒之间的连接螺栓必须紧固终拧力矩的 70%，同时主起重机施加 20t 提升力，直到再次开始吊装下一节塔筒为止。

说明

- 确保此节与上一节的连接紧固件、每层安装物料和工具用可靠的包装及绑扎放置到塔筒上端平台，并做好防护。
- 第三节塔筒就位之前，确保第二节塔筒上法兰密封胶已涂抹。
- 第三节塔筒就位之前，确保第三节与第二节塔筒连接螺栓及螺母润滑剂已涂抹。
- 紧固件安装时螺栓从下向上穿入，螺栓处垫圈倒角朝向螺栓，螺母处垫圈倒角朝向螺母。

1. 第三节塔筒绑扎与安装参照第二节塔筒安装进行。
2. 第三节塔筒起吊前在上法兰间隔 90 度安装两根缆风绳，一根与风向平行，一根与风向垂直，待第四节塔筒下法兰接近第三节塔筒上法兰时，拆除缆风绳。
3. 待机舱安装完成后，用液压拉伸器或拉力矩扳手从上向下按终拧拉伸力或力矩的 100% 进行第三次拉伸力或力矩紧固。每个螺栓紧固后用油漆笔或其他附着力强、不易褪色的笔在螺栓头上标记符号“○”，与“十”形成“⊕”。紧固顺序为十字对角。

9.12 安装第四节塔筒

注意

设备损伤的风险。

塔筒矗立在风中，受风力影响，若不按要求防护，可能造成螺栓损伤或塔筒倾倒。

- 第三节塔筒安装完毕后，以下情况严禁安装第四节塔筒：
 - 预计风速将在接下来的几个小时内增加，不满足安装要求，严禁安装第四节塔筒。
 - 因各种原因不能确保第四节和第五节塔筒安装完毕后立即安装机舱。
 - 塔筒在没有机舱的情况下不允许单独矗立在大风（ $\geq 10\text{m/s}$ ）中。
 - 因特殊原因不能确保当天安装机舱时，当前吊装的最高两节塔筒之间的连接螺栓必须紧固终拧力矩的 70%，同时主起重机施加 20t 提升力，直到再次开始吊装下一节塔筒为止。

说明

- 确保此节与上一节的连接紧固件、每层安装物料和工具用可靠的包装及绑扎放置到塔筒上端平台，并做好防护。
- 第四节塔筒就位之前，确保第三节塔筒上法兰密封胶已涂抹。
- 第四节塔筒就位之前，确保第四节与第三节塔筒连接螺栓及螺母润滑剂已涂抹。
- 紧固件安装时螺栓从下向上穿入，螺栓处垫圈倒角朝向螺栓，螺母处垫圈倒角朝向螺母。

1. 第四节塔筒绑扎与安装参照第三节塔筒安装进行。
2. 第四节塔筒起吊前在上法兰间隔 90 度安装两根缆风绳，一根与风向平行，一根与风向垂直，待第五节塔筒下法兰接近第四节塔筒上法兰时，拆除缆风绳。
3. 待机舱安装完成后，用液压拉伸器或拉力矩扳手从上向下按终拧拉伸力或力矩的 100% 进行第三次拉伸力或力矩紧固。每个螺栓紧固后用油漆笔或其他附着力强、不易褪色的笔在螺栓头上标记符号“○”，与“十”形成“⊕”。紧固顺序为十字对角。

9.13 安装第五节塔筒（选装）

注意

设备损伤的风险。

塔筒矗立在风中，受风力影响，若不按要求防护，可能造成螺栓损伤或塔筒倾倒。

- 第四节塔筒安装完毕后，以下情况严禁安装第五节塔筒：
 - 预计风速将在接下来的几个小时内增加，不满足安装要求，严禁安装第五节塔筒。
 - 因各种原因不能确保第五节塔筒安装完毕后立即安装机舱。
 - 因特殊原因不能确保当天安装机舱时，当前吊装的最高两节塔筒之间的连接螺栓必须紧固终拧力矩的 70%，同时主起重机施加 20t 提升力，直到再次开始吊装为止。

说明

- 若机组塔筒总数为五节，第五节塔筒与机舱必须在同一天吊装，否则不允许吊装第五节塔筒。
- 确保此节与上一节的连接紧固件、每层安装物料和工具用可靠的包装及绑扎放置到塔筒上端平台，并做好防护。
- 第五节塔筒就位之前，确保第四节塔筒上法兰密封胶已涂抹。
- 第五节塔筒就位之前，确保第五节与第四节塔筒连接螺栓及螺母润滑剂已涂抹。
- 紧固件安装时螺栓从下向上穿入，螺栓处垫圈倒角朝向螺栓，螺母处垫圈倒角朝向螺母。

1. 第五节塔筒绑扎与安装参照第二节塔筒安装进行。
2. 第五节塔筒起吊前，在上法兰间隔 90 度位置安装两根缆风绳，一根与风向平行，一根与风向垂直。待机舱偏航法兰接近第五节塔筒上法兰时，拆除第五节塔筒上法兰缆风绳。
3. 待机舱安装完成后，用液压拉伸器或拉力矩扳手从上向下按终拧拉伸力或力矩的 100% 进行第三次拉伸力或力矩紧固。每个螺栓紧固后用油漆笔或其他附着力强、不易褪色的笔在螺栓头上标记符号“○”，与“十”形成“⊕”。紧固顺序为十字对角。

9.14 机组无机舱过夜

说明

若三节及以上塔筒吊装完成，0.5~1 小时内无法继续作业，必须安装塔筒吊具，使用起重机带力抗风，起重机带力不低于 20t。

1. 塔筒安装以后，若安装作业暂停，需在塔筒上法兰安装防雨篷布。
2. 使用保鲜膜对塔筒内电气件及控制柜进行包裹式防护。
3. 安装缆风绳。

在塔筒上法兰间隔 90 度位置参照图 9-22 安装 2 根缆风绳。一根与主风向平行固定，另一根与主风向垂直固定。

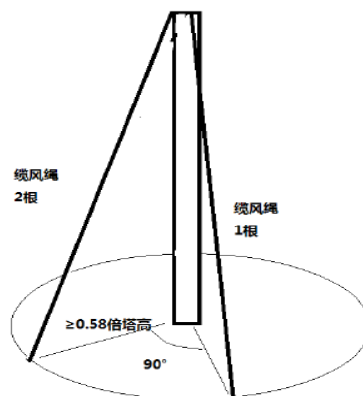


图 9-22 塔筒抗涡激

9.15 收尾工作

1. 若塔筒配置为电梯，塔筒吊装完，在电梯安装之前需要将平台上面的力矩维护（电梯通道）盖板拆除。
2. 塔筒吊装完后，将电梯护栏延长杆调节距离塔筒内壁或者法兰内壁 0-10mm 左右，防止电梯电缆、钢丝绳晃动窜入或人员坠落。
3. 检查安装螺栓、螺母、垫圈是否有缺失。
4. 检查警示标识牌是否有缺失。
5. 检查力矩线是否符合规范。
6. 检查每两节塔筒之间爬梯安装是否满足防坠器使用或免爬器安装要求。
7. 检查每两节塔筒之间防雷接地线安装是否满足要求（接线柱端面是否打磨，是否涂抹导电膏，螺栓是否紧固，并画防松标示线）。
8. 检查塔筒法兰处防腐是否被破坏，如破坏，刷涂水性涂料防腐。
9. 清理作业平台大片垃圾及残留油污等。

10. 安装塔筒（未开孔）扰流条（选装）

10.1 安装次顶段塔筒（未开孔）扰流条及缆风绳

说明

扰流条通过次顶段塔筒顶端和塔筒底端的收紧带安装固定。

10.1.1 物料清单

表 10-1 物料清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	尼龙绳	$\phi 6 \times 145\text{m}$	3	根	辅助拆除扰流条
2	扰流块	$300 \times 300 \times 500\text{mm}$	150	个	-
3	弹簧扣	-	150	个	连接扰流块
4	收紧带	10t	2	个	扰流条安装固定

10.1.2 工具清单

表 10-2 工具清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	活动扳手	8英寸	1	个	扰流条中间连接件紧固
2	壁纸刀	18mm	1	个	扰流绑扎带拆除

10.1.3 组装扰流条

扰流块单个发运，现场安装前需要用 1 个弹簧扣将两个扰流块首尾相连，每根扰流条由 50 个（具体数量可根据实际情况进行加减）扰流块组成，每节塔筒需要安装 3 根扰流条。

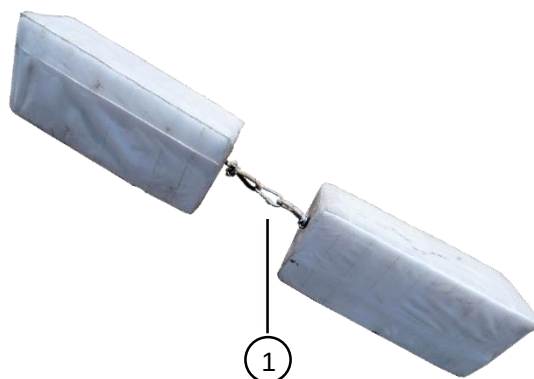


图 10-1 组装扰流条

1. 弹簧扣

10.1.4 安装扰流条

1. 安装收紧带。

在次顶段塔筒距离上法兰约 120mm 位置安装 1 个 10t 收紧带，在离次顶段塔筒底部法兰约 1000mm 位置安装 1 个 10t 收紧带。

说明

收紧带通过自带的魔术贴安装与固定。

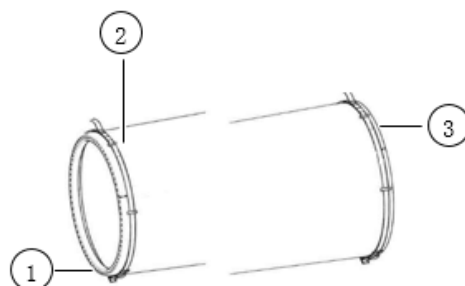


图 10-2 收紧带安装位置

1. 塔筒上法兰
2. 10t 收紧带
3. 塔筒下法兰

2. 通过操作收紧器将收紧带收紧安装固定。

说明

- 收紧带通过自带的魔术贴安装与固定。
- 收紧器下面需垫上缓冲物保护塔筒。
- 收紧带不宜收过紧，收紧带边缘可以扒开 1cm 左右。
- 收紧带安装时确认好吊环方向，上端收紧带吊环朝下，下端收紧带吊环朝上。

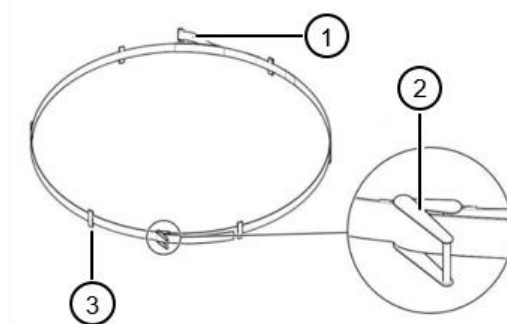


图 10-3 安装与固定收紧带

1. 魔术贴(收紧带自带)
2. 收紧器
3. 收紧带吊环

3. 检查与确认弹簧锁扣状态及姿态，安装扰流条拆除用防脱组件及尼龙绳。

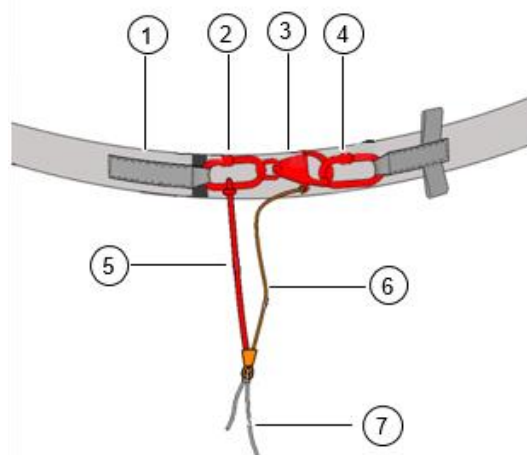


图 10-4 安装防脱组件及尼龙绳

说明

- 防脱组件由两个 D 形环和 1 个弹簧锁扣组成。
- 松紧绳的一端必须挂在 D 形环 1 上，1.75m 尼龙绳系在弹簧扣的下端。
- 弹簧锁扣的拉开触点必须朝下，不能装反。
- 弹簧锁扣的固定端和魔术贴端部的 D 型环 1 相连，不能装反。
- 收紧带收紧之后，才可安装防脱组件及尼龙绳。
- 防脱组件及尼龙绳安装完成后，需进行地面试拉测试，确保能正常脱开。

1. 魔术贴
3. 弹簧锁扣
5. 1m 松紧绳
7. 145m 尼龙绳

2. D 形环 1
4. D 形环 2
6. 1.75m 尼龙绳

4. 使用吊车将塔筒吊离地面约 1m 位置，将 3 根扰流条间隔 120 度安装在收紧带的吊环上。

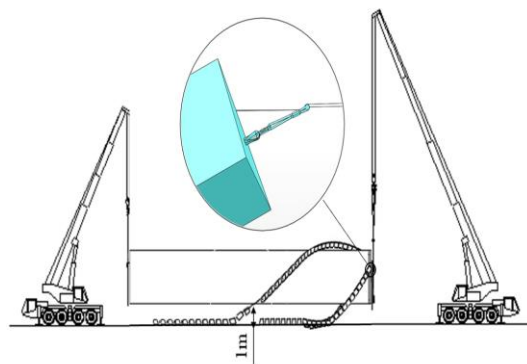


图 10-5 塔筒上端扰流条固定

5. 在塔筒顶法兰安装 3 根缆风绳。

说明

两根绳子垂直于风向，第三根缆风绳平行于风向。

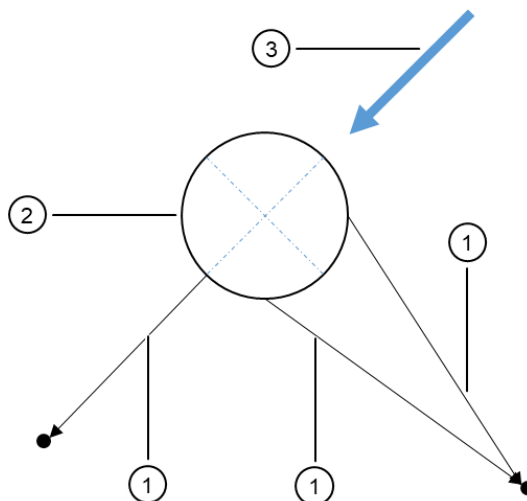


图 10-6 安装塔筒缆风绳

1. 缆风绳
2. 塔筒
3. 风向

6. 塔筒竖直后，3 组人分别拉住 3 根扰流条的末端，将扰流条拉向背离塔筒方向，并处于拉直状态，3 组人同时拉着扰流条围绕塔筒旋转 1.5 圈。

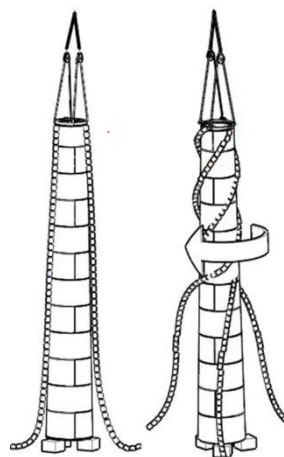


图 10-7 扰流条安装过程

7. 将扰流条末端与塔筒下端收紧带吊环连接固定。
8. 将次顶段塔筒缓缓吊至安装位置。

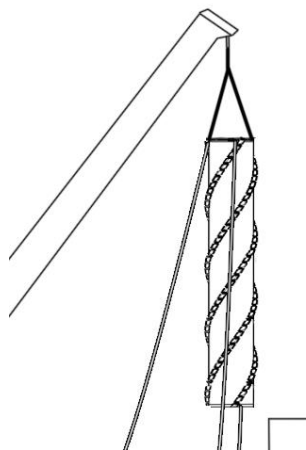


图 10-8 次顶段塔筒吊装

9. 次顶段塔筒吊装完成后，拉紧三根缆风绳并进行打地锚固定。

说明

- 两根绳子垂直于风向，第三根缆风绳平行于风向。
- 锚点距离塔筒底部的水平距离 ≥ 0.58 倍塔筒高度，若场地不满足可根据场地限制进行调整。
- 顶段塔筒与次顶段塔筒对接面间距为10~500mm时，拆除缆风绳。

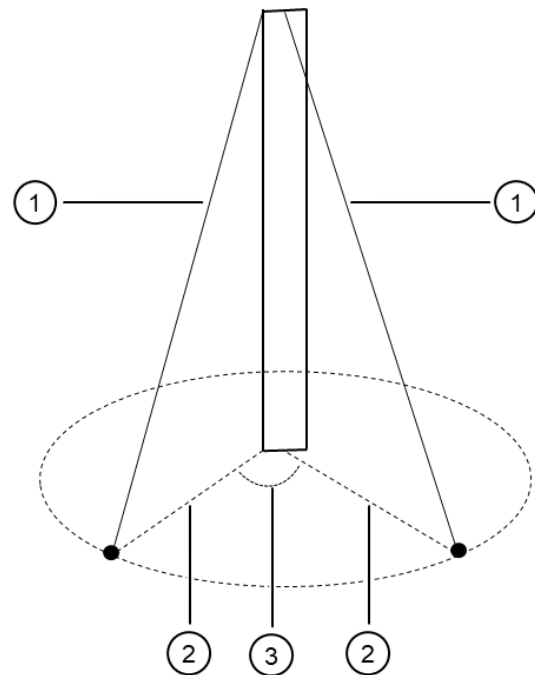


图 10-9 塔筒缆风绳固定

1. 缆风绳
2. 锚点至塔筒底部的水平距离
3. 缆风绳夹角

10.2 安装顶段塔筒（未开孔）扰流条及缆风绳

说明

扰流条通过次顶段塔筒顶端和塔筒底端的收紧带安装固定。

10.2.1 物料清单

表 10-3 物料清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	尼龙绳	$\phi 6 \times 145\text{m}$	3	根	辅助拆除扰流条
2	扰流块	$300 \times 300 \times 500\text{mm}$	150	个	-
3	弹簧扣	-	150	个	连接扰流块
4	收紧带	10t	2	个	扰流条安装固定

10.2.2 工具清单

表 10-4 工具清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	活动扳手	8英寸	1	个	扰流条中间连接件紧固
2	壁纸刀	18mm	1	个	扰流绑扎带拆除

10.2.3 组装扰流条

扰流块单个发运，现场安装前需要用 1 个弹簧扣将两个扰流块首位相连，每根扰流条由 50 个（具体数量可根据实际情况进行加减）扰流块组成，每节塔筒需要安装 3 根扰流条。

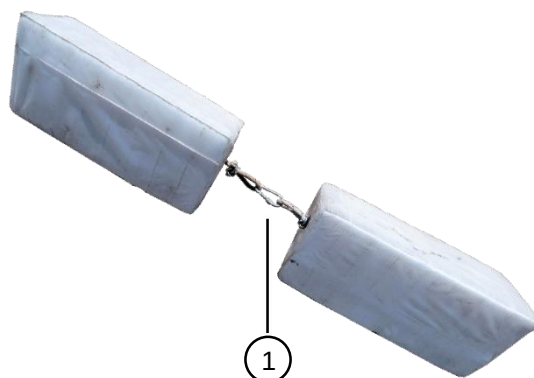


图 10-10 组装扰流条

1. 弹簧扣

10.2.4 安装扰流条

1. 安装收紧带。
在顶段塔筒距离上法兰约 250mm 位置安装 1 个 10t 收紧带，在离次顶段塔筒底部法兰约 1000mm 位置安装 1 个 10t 收紧带。

说明

收紧带通过自带的魔术贴安装与固定。

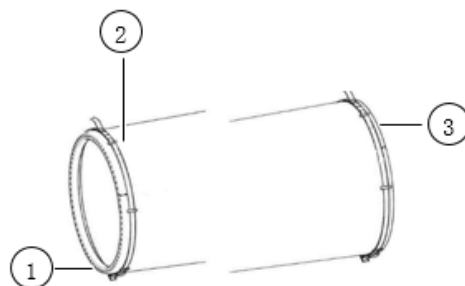


图 10-11 收紧带安装位置

1. 塔筒上法兰
2. 10t 收紧带
3. 塔筒下法兰

2. 通过操作收紧器将收紧带收紧安装固定。

说明

- 收紧带通过自带的魔术贴安装与固定。
- 收紧器下面需垫上缓冲物保护塔筒。
- 收紧带不宜收过紧，收紧带边缘可以扒开 1cm 左右。
- 收紧带安装时确认好吊环方向，上端收紧带吊环朝下，下端收紧带吊环朝上。

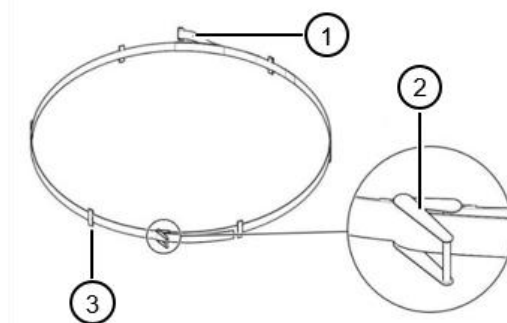


图 10-12 安装与固定收紧带

1. 魔术贴（收紧带自 2. 收紧器
带）

3. 收紧带吊环

3. 检查与确认弹簧锁扣状态及姿态，安装扰流条拆除用防脱组件及尼龙绳。

说明

- 防脱组件由两个 D 形环和 1 个弹簧锁扣组成。
- 松紧绳的一端必须挂在 D 形环 1 上，1.75m 尼龙绳系在弹簧扣的下端。
- 弹簧锁扣的拉开触点必须朝下，不能装反。
- 弹簧锁扣的固定端和魔术贴端部的 D 型环 1 相连，不能装反。
- 收紧带收紧之后，才可安装防脱组件及尼龙绳。
- 防脱组件及尼龙绳安装完成后，需进行地面试拉测试，确保能正常脱开。

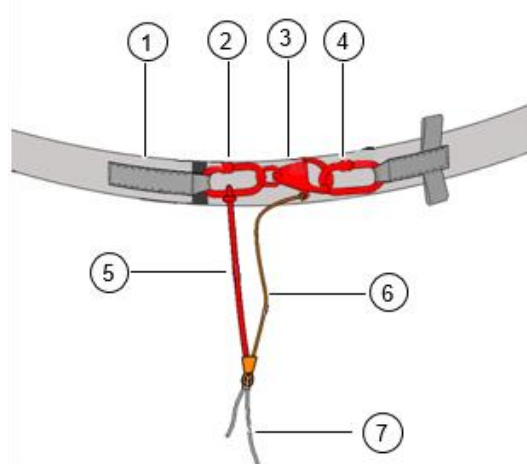


图 10-13 安装防脱组件及尼龙绳

1. 魔术贴 2. D 形环 1
3. 弹簧锁扣 4. D 形环 2
5. 1m 松紧绳 6. 1.75m 尼龙绳
7. 145m 尼龙绳

4. 使用吊车将塔筒吊离地面约 1m 位置，将 3 根扰流条间隔 120 度安装在收紧带的吊环上。

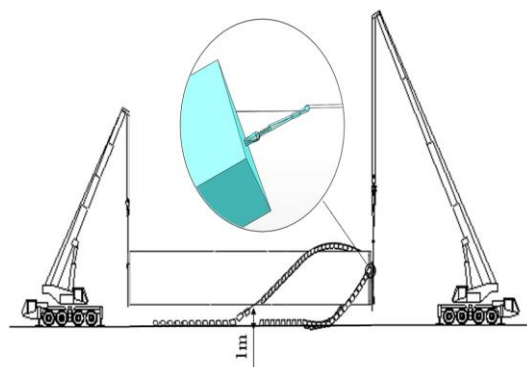


图 10-14 塔筒上端扰流条固定

5. 在塔筒顶法兰安装 3 根缆风绳。

说明

两根绳子垂直于风向，第三根缆风绳平行于风向。

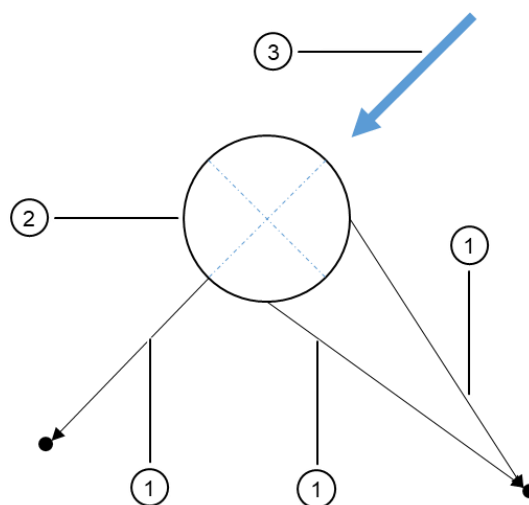


图 10-15 安装塔筒缆风绳

1. 缆风绳
2. 塔筒
3. 风向

6. 塔筒竖直后，3 组人分别拉住 3 根扰流条的末端，将扰流条拉向背离塔筒方向，并处于拉直状态，3 组人同时拉着扰流条围绕塔筒旋转 1.5 圈。

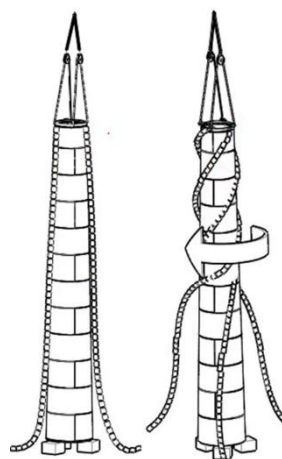


图 10-16 扰流条安装过程

7. 将扰流条末端与塔筒下端收紧带吊环连接固定。

8. 将顶段塔筒缓缓吊至安装位置。

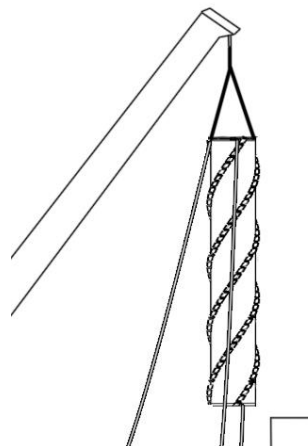


图 10-17 顶段塔筒吊装

9. 顶段塔筒吊装完成后，拉紧 3 根缆风绳并进行打地锚固定。

说明

- 两根绳子垂直于风向，第三根缆风绳平行于风向。
- 锚点距离塔筒底部的水平距离 ≥ 0.58 倍塔筒高度，若场地不满足可根据场地限制进行调整。
- 顶段塔筒与次顶段塔筒对接面间距为 10~500mm 时，拆除缆风绳。

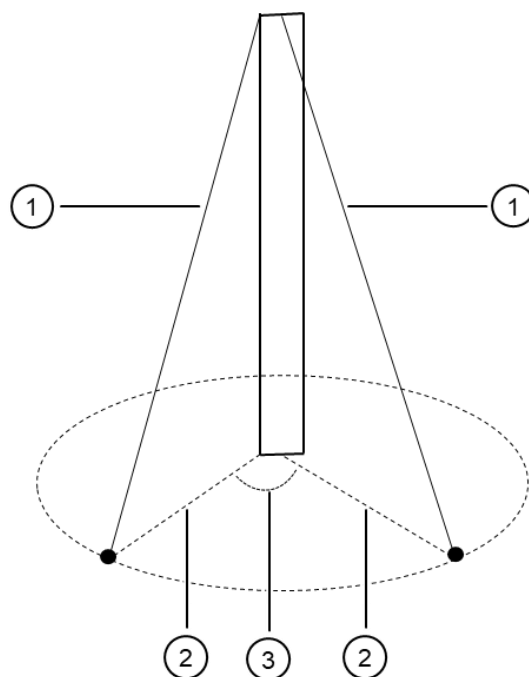


图 10-18 塔筒缆风绳固定

- | | |
|----------|-----------------|
| 1. 缆风绳 | 2. 锚点至塔筒底部的水平距离 |
| 3. 缆风绳夹角 | |

10.3 拆除扰流条

注意

人员受伤的风险。

扰流条从塔筒安装位置直接落地容易砸中现场人员。

- 扰流条拆除时现场人员要避开降落区域。
 - 若发现扰流条不能通过尼龙绳拆除，优先使用大吊车上吊篮拆除。
-

说明

扰流条拆除时，务必遵循从下向上原则，即首先拆次顶段塔筒扰流条，然后在拆顶段塔筒扰流条。

10.3.1 拆除次顶段塔筒（未开孔）扰流条

整机安装完成，且机组执行抗涡激措施后，首先拆开次顶段塔筒底部弹簧锁扣连接，然后拆开次顶段塔筒顶端弹簧锁扣连接，将扰流条降落至地面。

10.3.2 拆除顶段塔筒（未开孔）扰流条

整机安装完成，机组执行抗涡激措施，且次顶段塔筒扰流条拆除后，首先拆开顶段塔筒底部弹簧锁扣连接，然后拆开顶段塔筒顶端弹簧锁扣连接，将扰流条降落至地面。

10.4 整理扰流条

扰流条为现场吊装辅助工装，每使用完一次必须进行地面整理与妥善保管，供下台风机安装继续使用，下次使用之前必须对扰流条状态进行检查确认。

11. 安装塔筒（开孔）扰流条（选装）

11.1 安装次顶段塔筒（开孔）扰流条及缆风绳

说明

扰流条通过次顶段塔筒顶端和塔筒底端的预留安装孔固定。

11.1.1 物料清单

表 11-1 物料清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	尼龙绳	$\phi 6 \times 145\text{m}$	3	根	辅助拆除扰流条
2	扰流块	$300 \times 300 \times 500$	150	个	-
3	弹簧扣	-	150	个	连接扰流块
4	堵头	-	15	个	塔筒安装孔封堵
5	密封胶	1921	1	个	塔筒安装孔封堵

11.1.2 工具清单

表 11-2 工具清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	老虎钳	8英寸	1	个	堵头拆除
2	活动扳手	8英寸	1	个	扰流条中间连接见紧固
3	螺丝刀	$6 \times 100\text{mm}$	1	个	堵头拆除
4	胶枪	400mm	1	个	塔筒安装孔封堵

11.1.3 组装扰流条

扰流块单个发运，现场安装前需要用 1 个弹簧扣将两个扰流块首位相连，每根扰流条由 50 个（具体数量可根据实际情况进行加减）扰流块组成，每节塔筒需要安装 3 根扰流条。

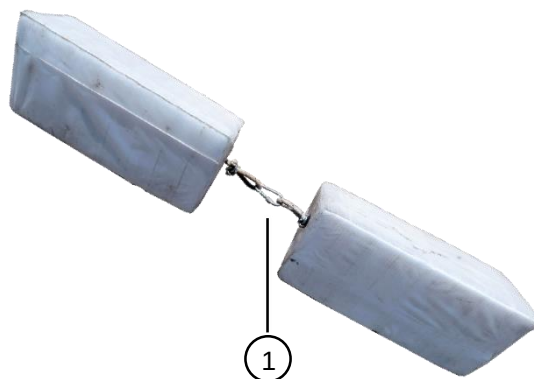


图 11-1 组装扰流条

1. 弹簧扣

11.1.4 安装扰流条

1. 将塔筒上端和下端靠近法兰位置六处通孔的堵头拆除，并妥善保管，待扰流条拆除后再复装。

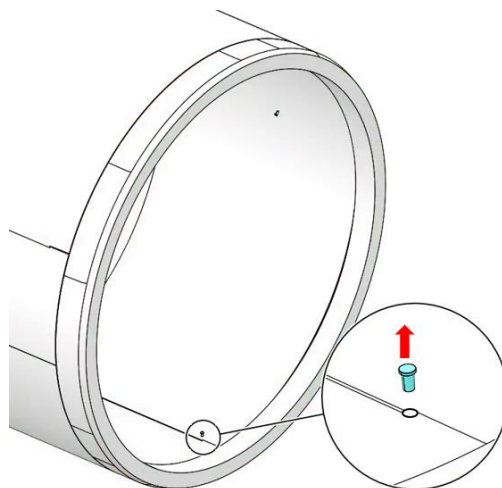


图 11-2 拆除安装孔堵头

2. 将 $\phi 6 \times 145\text{m}$ 的尼龙绳放置在塔筒顶平台上，绳子一端从塔筒上端孔穿出与已经组装好的扰流条一端连接。



图 11-3 扰流条与尼龙绳连接

3. 使用弹簧扣及 $\Phi 6 \times 145\text{m}$ 的尼龙绳将扰流条固定。



图 11-4 塔筒上端扰流条固定（内部）

4. 按照步骤 1~3 将其余 2 根扰流条按安装。

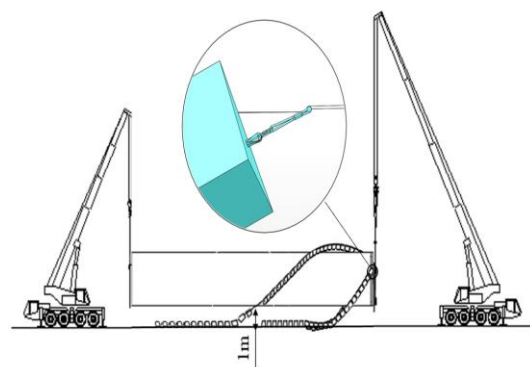


图 11-5 筒上端扰流条固定（外部）

5. 在塔筒顶法兰安装 3 根缆风绳。

说明

两根绳子垂直于风向，第三根缆风绳平行于风向。

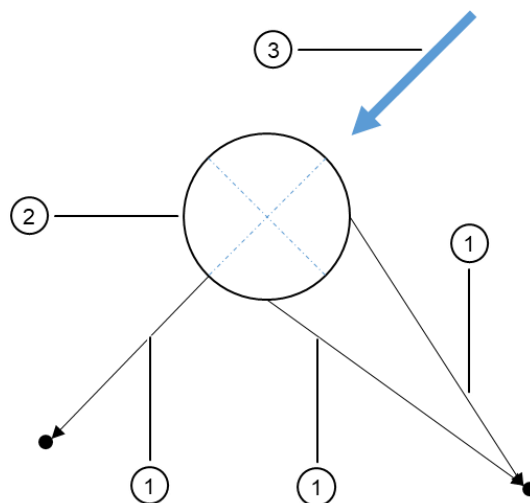


图 11-6 安装塔筒缆风绳

1. 缆风绳
2. 塔筒
3. 风向

6. 塔筒竖直后，3 组人分别拉住 3 根扰流条的末端，将扰流条拉向背离塔筒方向，并处于拉直状态，3 组人同时拉着扰流条围绕塔筒旋转 1.5 圈。

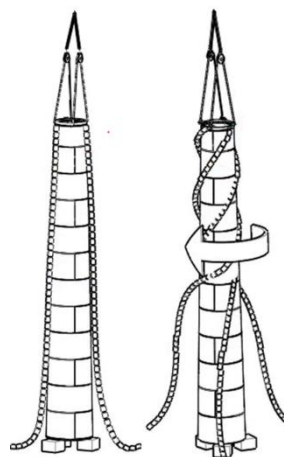


图 11-7 扰流条安装过程

7. 将扰流条末端与塔筒下法兰弹簧扣连接固定。



图 11-8 塔筒下端扰流条固定

8. 将次顶段塔筒缓缓吊至安装位置。

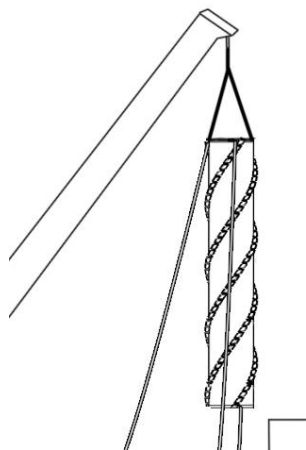


图 11-9 吊装次顶段塔筒

9. 次顶段塔筒吊装完成后，拉紧三根缆风绳并进行打地锚固定。

说明

- 两根绳子垂直于风向，第三根缆风绳平行于风向。
- 锚点距离塔筒底部的水平距离 ≥ 0.58 倍塔筒高度，若场地不满足可根据场地限制进行调整。
- 顶段塔筒与次顶段塔筒对接面间距为10~500mm时，拆除缆风绳。

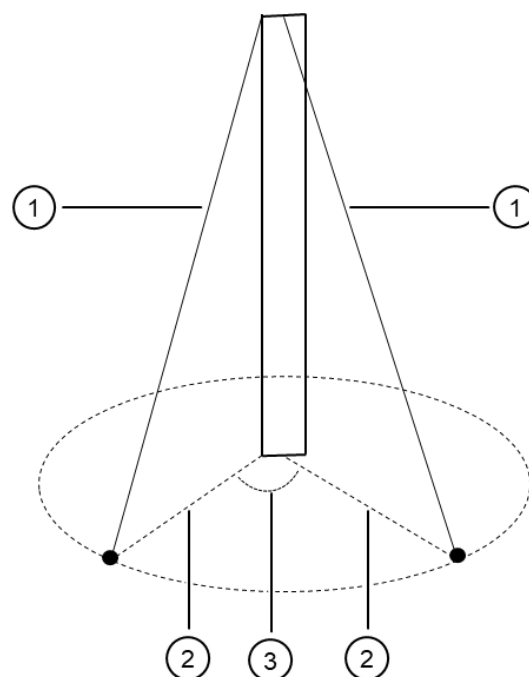


图 11-10 塔筒缆风绳固定

1. 缆风绳 2. 锚点至塔筒底部的水平距离
3. 缆风绳夹角

11.2 安装顶段塔筒（开孔）扰流条及缆风绳安装

说明

扰流条通过顶段塔筒顶端和塔筒底端的预留安装孔固定。

11.2.1 物料清单

表 11-3 物料清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	尼龙绳	$\phi 6 \times 145\text{m}$	3	根	辅助拆除扰流条
2	扰流块（带弹簧扣）	$300 \times 300 \times 500$	150	个	-
3	堵头	-	15	个	塔筒安装孔封堵
4	密封胶	1921	1	个	塔筒安装孔封堵

11.2.2 工具清单

表 11-4 工具清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	老虎钳	8英寸	1	个	堵头拆除
2	活动扳手	8英寸	1	个	扰流条中间连接见紧固
3	螺丝刀	6×100mm	1	个	堵头拆除
4	胶枪	400mm	1	个	塔筒安装孔封堵

11.2.3 组装扰流条

扰流块单个发运，现场安装前需要用 1 个弹簧扣将两个扰流块首尾相连，每根扰流条由 50 个（具体数量可根据实际情况进行加减）扰流块组成，每节塔筒需要安装 3 根扰流条。

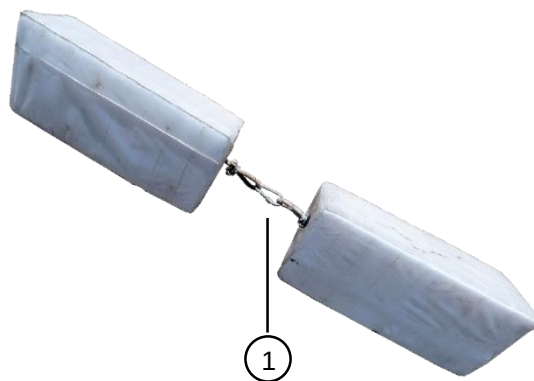


图 11-11 组装扰流条

1. 弹簧扣

11.2.4 安装扰流条

1. 将塔筒上端和下端靠近法兰位置六处通孔的堵头拆除，并妥善保管，待扰流条拆除后再复装。

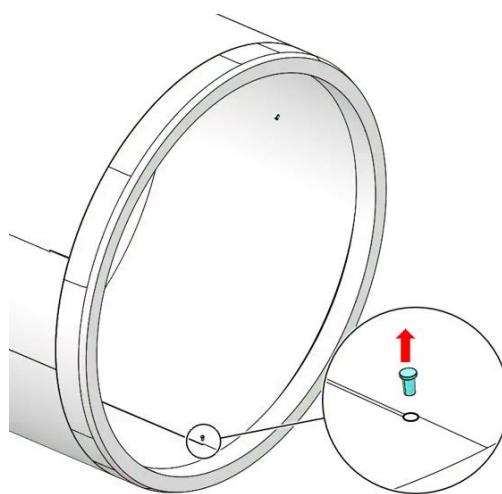


图 11-12 拆除安装孔堵头

2. 将 $\phi 6 \times 145\text{m}$ 的尼龙绳放置在塔筒顶平台上, 绳子一端从塔筒上端孔穿出与已经组装好的扰流条一端连接。



图 11-13 扰流条与尼龙绳连接

3. 使用弹簧扣及 $\phi 6 \times 145\text{m}$ 的尼龙绳将扰流条固定。



图 11-14 塔筒上端扰流条固定（内部）

4. 按照步骤 1~3 将其余 2 根扰流条按安装。

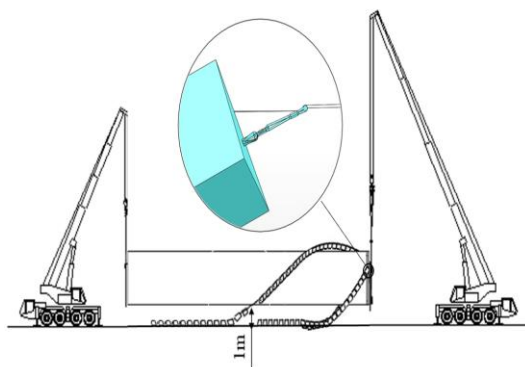


图 11-15 筒上端扰流条固定（外部）

5. 在塔筒顶法兰安装 3 根缆风绳。

说 明

两根绳子垂直于风向，第三根缆风绳平行于风向。

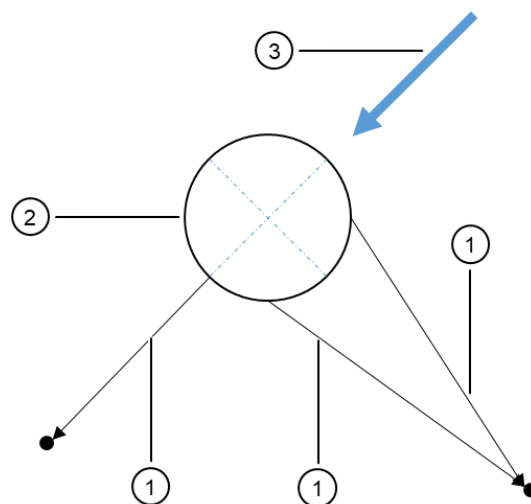


图 11-16 安装缆风绳

1. 缆风绳
2. 塔筒
3. 风向

6. 塔筒竖直后，3 组人分别拉住 3 根扰流条的末端，将扰流条拉向背离塔筒方向，并处于拉直状态，3 组人同时拉着扰流条围绕塔筒旋转 1.5 圈。

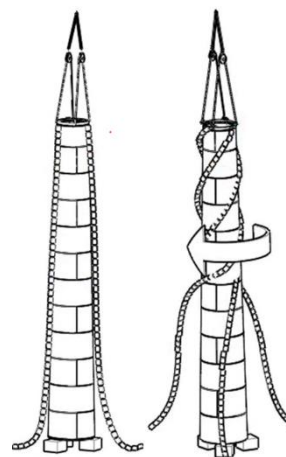


图 11-17 扰流条安装过程

7. 将扰流条末端与塔筒下法兰弹簧扣连接固定。



图 11-18 塔筒下端扰流条固定

8. 将顶段塔筒缓缓吊至安装位置。

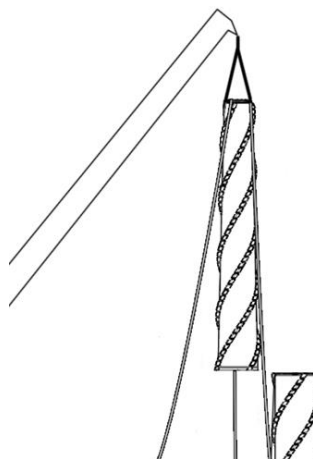


图 11-19 吊装顶段塔筒

9. 顶段塔筒吊装完成后,拉紧三根缆风绳并通过打地锚固定。

说明

- 两根绳子垂直于风向,第三根缆风绳平行于风向。
- 锚点距离塔筒底部的水平距离 ≥ 0.58 倍塔筒高度,若场地不满足可根据场地限制进行调整。
- 机舱与顶段塔筒对接面间距为10~500mm时,拆除缆风绳。

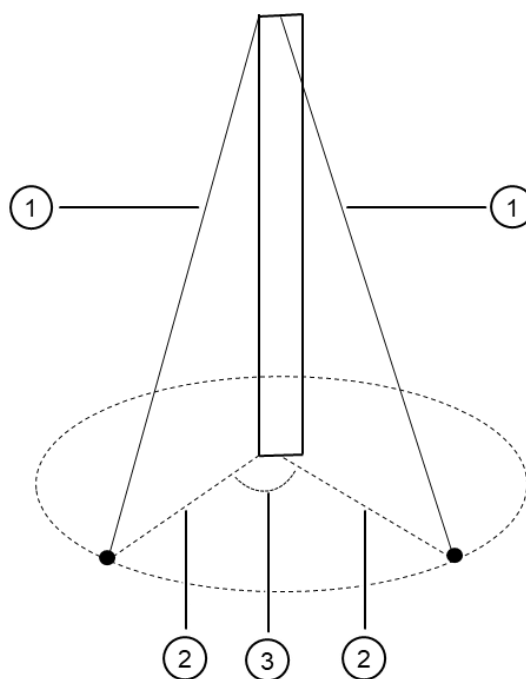


图 11-20 塔筒缆风绳固定

- | | |
|----------|-----------------|
| 1. 缆风绳 | 2. 锚点至塔筒底部的水平距离 |
| 3. 缆风绳夹角 | |

11.3 拆除扰流条

注意

设备损坏的风险。

扰流条从塔筒安装位置直接落地容易摔坏。

- 通过 $\phi 6 \times 145\text{m}$ 的尼龙绳缓慢将扰流条降落至地面。

说明

扰流条拆除时，务必遵循从下向上原则，即首先拆次项段塔筒扰流条，然后在拆项段塔筒扰流条。

11.3.1 拆除次项段塔筒（开孔）扰流条

1. 下放扰流条。

整机安装完成，且机组执行抗涡激措施后，首先拆开次项段塔筒底部扰流条连接，然后拆开次项段塔筒顶端扰流条连接，通过 $\phi 6 \times 145\text{m}$ 的尼龙绳缓慢将扰流条降落至地面。

2. 封堵塔筒安装孔。

在塔筒上下段安装孔安装堵头，并用密封胶覆盖式密封。

11.3.2 拆除项段塔筒（开孔）扰流条

1. 下放扰流条。

整机安装完成，机组执行抗涡激措施，且次项段塔筒扰流条拆除后，首先拆开项段塔筒底部扰流条连接，然后拆开项段塔筒顶端扰流条连接，通过 $\phi 6 \times 145\text{m}$ 的尼龙绳缓慢将扰流条降落至地面。

2. 封堵塔筒安装孔。

在塔筒上下段安装孔安装堵头，并用密封胶覆盖式密封。

11.4 整理扰流条

扰流条为现场吊装辅助工装，每使用完一次必须进行地面整理与妥善保管，供下台风机安装继续使用，下次使用之前必须对扰流条状态进行检查确认。

11.5 扰流条储存与转运

1. 扰流条长时间裸露在外面，可能因天气等原因导致变质、损坏。扰流条存储要避免阳光直射，应储存于常温干燥库中，如长时间存放，应置于棚库内或防雨篷布包裹，并保持空气流通，以防温度升高。若物料存储不当造成物料变质、损坏、丢失，由吊装公司负责。
2. 扰流条转运之前必须进行整理，严禁野蛮拖拉硬拽，严禁野蛮装卸。

12. 安装机舱（整体吊装）

⚠ 危险

人员死亡或重度伤害的风险。

风速超过吊装风速要求，主起重机稳定性差且机舱姿态无法控制，容易与周边设备产生撞击或掉落击伤作业人员。

- 严格按照风速要求作业，风速超过 10m/s 时，严禁进行机舱吊装作业。

12.1 安装流程图

机舱安装主要包括准备工作、安装前罩沿、安装变压器、安装水冷系统（含舱外气象附件）、吊装机舱、收尾工作 6 部分，安装时间大约 8 小时（若并行作业，时间可缩短至 4 小时）。机舱安装流程如图 12-1 所示：

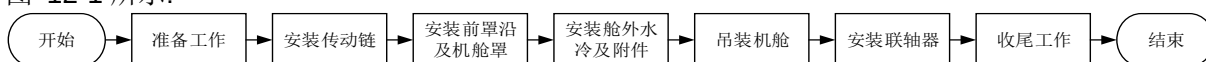


图 12-1 机舱安装流程图

12.2 安装传动链

12.2.1 传动链参数

表 12-1 传动链参数

序号	名称	规格	重量	备注
1	传动链	7111×3340×3458mm	86t	含运输工装 4t
2	传动链-X	6831×3340×3397mm	78t	含运输工装 4t

12.2.2 传动链吊具

12.2.2.1 传动链吊具清单

表 12-2 常规传动链安装吊具清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	吊带	20t×6.6m	1	根	对折使用
2	吊带	40t×3.1m	2	根	对折使用
3	弓形卸扣	55t	3	个	-
4	涤纶绳	φ 20×260m 3股	4	根	吊装缆风
5	定位销	传动链安装定位销	2	个	辅助传动链对接

表 12-3 传动链-X（南高齿）吊具清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	吊带	20t×6.44m	1	根	对折使用
2	吊带	40t×3.1m	2	根	-
3	弓形卸扣	T8级85t	3	个	-

序号	名称	规格	数量	单位	备注
4	吊带保护套	75t×1m	2	个	20t吊带使用
5	吊带保护套	100t×1m	2	个	40t吊带使用
6	涤纶绳	φ 20×260m 3股	4	根	吊装缆风
7	定位销	传动链安装定位销	2	个	辅助传动链对接

表 12-4 传动链-X（德力佳）吊具清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	吊带	25t×6.3m	1	根	对折使用
2	吊带	40t×3.1m	2	根	-
3	弓形卸扣	85t	3	个	-
4	吊带保护套	75t×1m	2	个	25t吊带使用
5	吊带保护套	100t×1m	2	个	40t吊带使用
6	涤纶绳	φ 20×260m 3股	4	根	吊装缆风
7	定位销	传动链安装定位销	2	个	辅助传动链对接

12.2.2.2 传动链吊具结构图

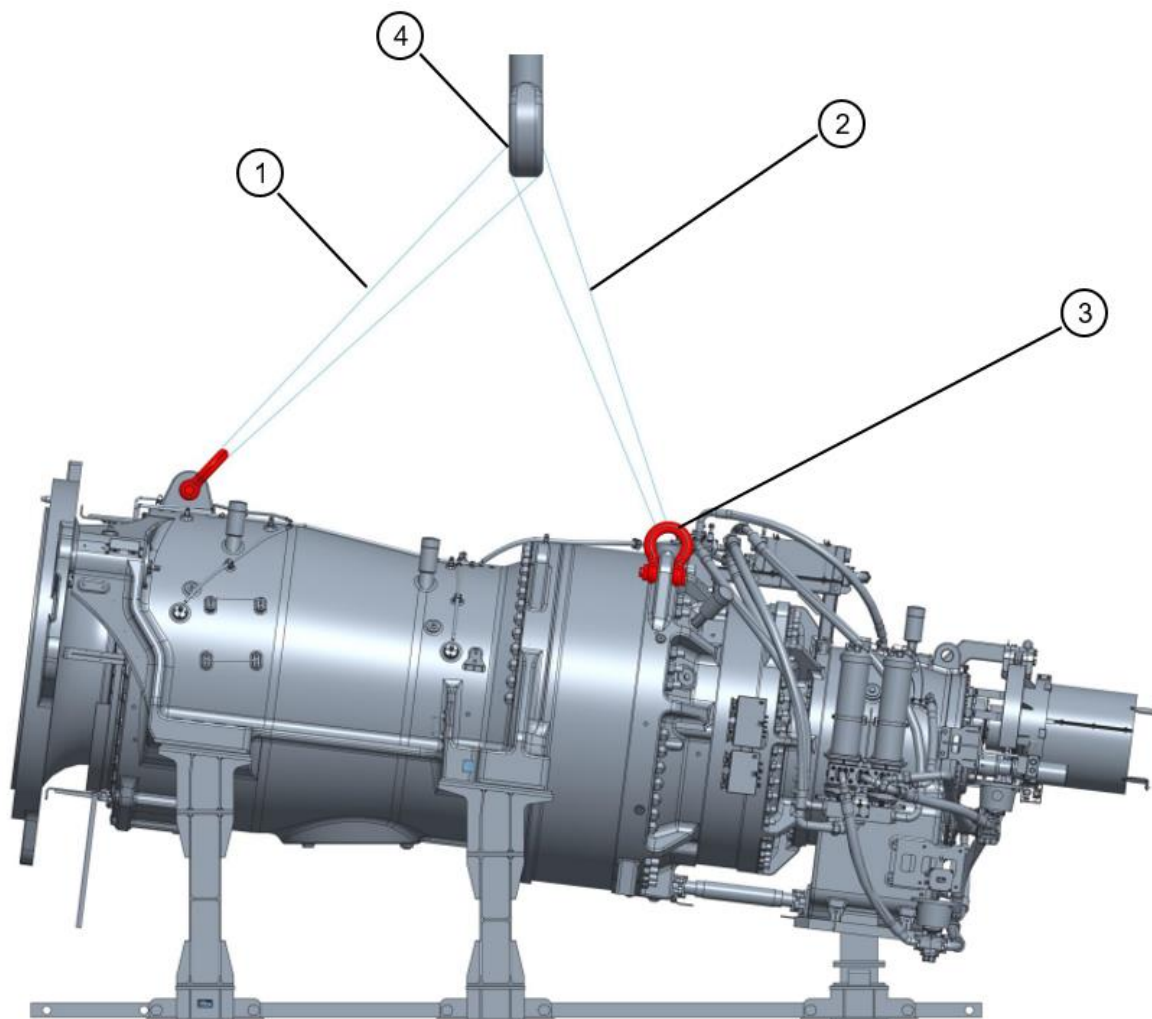


图 12-2 吊带式常规传动链吊具结构图

1. 吊带 20t×6.6m 2. 吊带 40t×3.1m 3. 55t 卸扣 4. 吊带保护套

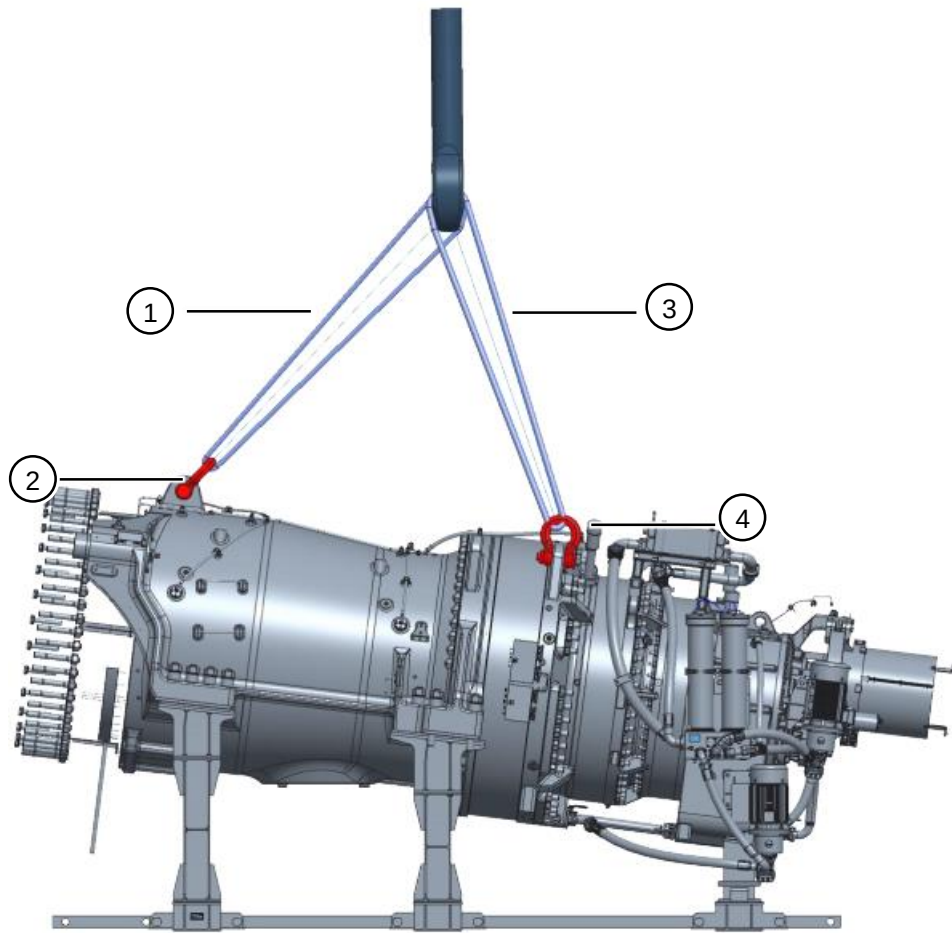


图 12-3 安装传动链-X（南高齿）吊具

- 1. 20t×6.44m 吊带
- 3. 40t×3.1m 吊带

- 2. T8 级 85t 卸扣
- 4. T8 级 85t 卸扣

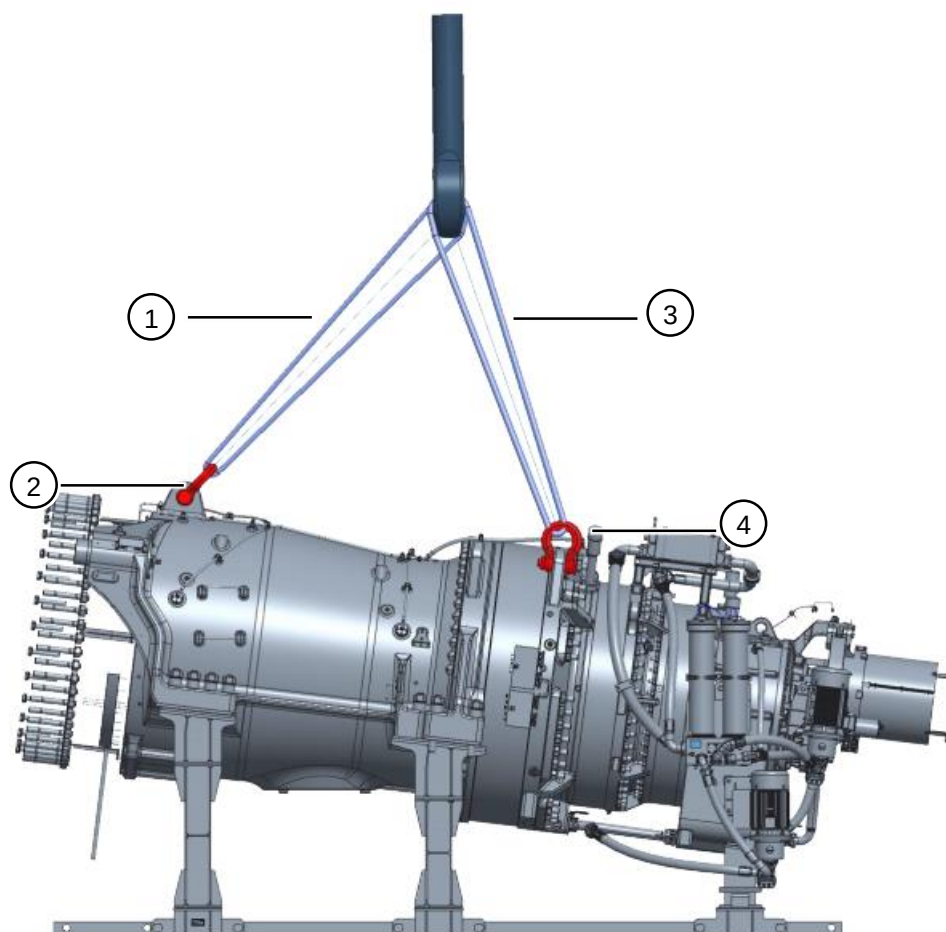


图 12-4 安装传动链-X（德力佳）吊具

1. 25t×6.3m 吊带

2. T8 级 85t 卸扣

3. 40t×3.1m 吊带

4. T8 级 85t 卸扣

12.2.3 工具清单

表 12-5 工具清单

序号	名称及规格	数量	用途
1	十/十五型液压力矩扳手	2	传动链轴承座与机舱底架 M64 连接螺栓紧固
2	套筒 S95-2.5 寸	2	传动链与机舱底架 M64 连接螺栓预紧
3	呼啸电动扳手-1000N.m	2	
4	套筒 S24-3/4	2	机舱架前端横梁与机舱架纵梁 M16 连接螺栓预紧
5	开口扳手-S24	2	
6	力矩扳手 200-1000Nm-3/4 英寸	1	机舱架前端横梁与机舱架纵梁 M16 连接螺栓紧固
7	套筒 S18-1/2	2	机舱罩之间 M12 连接螺栓预紧
8	开口扳手-S18	2	
9	套筒 S19-1/2	2	
10	开口扳手-S19	2	
11	电动扳手-100N.m	1	机舱罩之间 M12 连接螺栓紧固
12	25-100N.m 力矩扳手	1	

序号	名称及规格	数量	用途
13	油漆记号笔	2	防松线标记

12.2.4 物料清单

表 12-6 传动链安装物料清单

序号	名称及规格	数量	单位	备注
1	双头螺柱M64×435	16	个	前轴承座与机舱底架连接螺栓
2	垫圈64	16	个	
3	垫圈64-h70mm	16	个	
4	螺母M64	16	个	
5	双头螺柱M64×435	4	个	后下轴承座与机舱底架连接螺栓
6	垫圈64	4	个	
7	垫圈64-h70mm	4	个	
8	螺母M64	4	个	
9	双头螺柱M64×485	14	个	后轴承座与机舱底架连接螺栓
10	垫圈64	14	个	
11	垫圈64-h70mm	14	个	
12	螺母M64	14	个	

12.2.5 拆除机舱前顶罩

1. 安装四腿吊带。

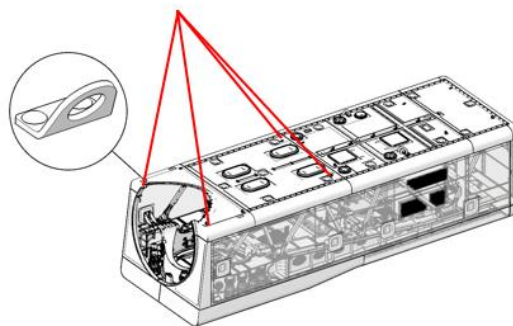


图 12-5 安装机舱前端罩吊具

2. 拆除机舱前端罩与机舱罩左右罩体以及中端罩体 M12×50 连接螺栓。

说明

- 螺栓力矩值 65N.m。
- 连接螺栓要妥善保存，并放置在机舱内。

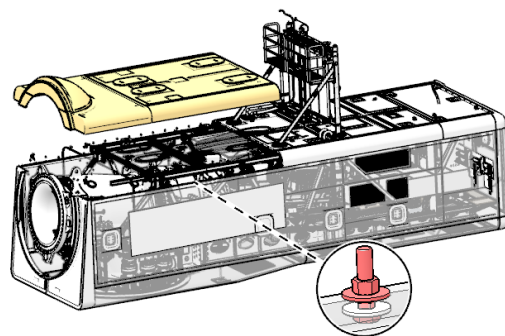


图 12-6 拆除机舱前端罩

12.2.6 拆除机舱架横梁

1. 拆除机舱第一支撑横梁。

说明

- 螺栓力矩值 210N.m。
- 连接螺栓要妥善保存，并放置在机舱内。

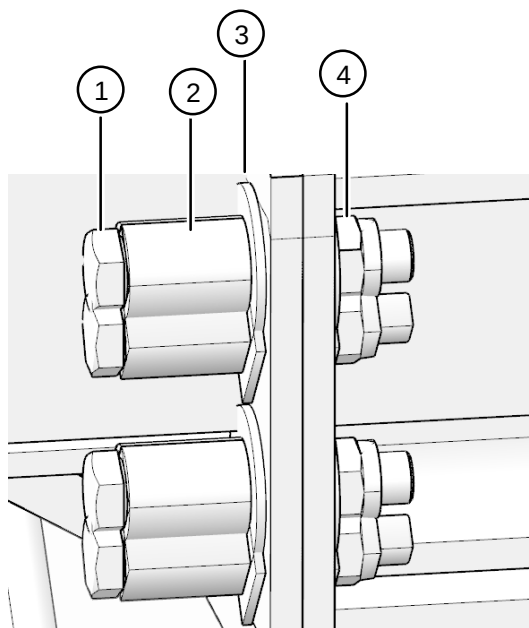


图 12-7 拆除机舱架前端横梁

- | | |
|--------------|-------------|
| 1. 螺栓 M16×90 | 2. 垫圈 16-38 |
| 3. 垫圈 16 | 4. M16 螺母 |

2. 参照步骤 1 拆除机舱第二支撑横梁。

12.2.7 水冷支架卸货

说明

水冷散热片质软易损，吊具安装与吊离过程要谨慎，防止磕伤损坏。

1. 拆除运输工装与机舱底架连接螺栓。
2. 拆除运输工装与机舱底架连接绑带。

3. 使用四腿吊链将水冷支架吊至机舱外安全宽阔区域。

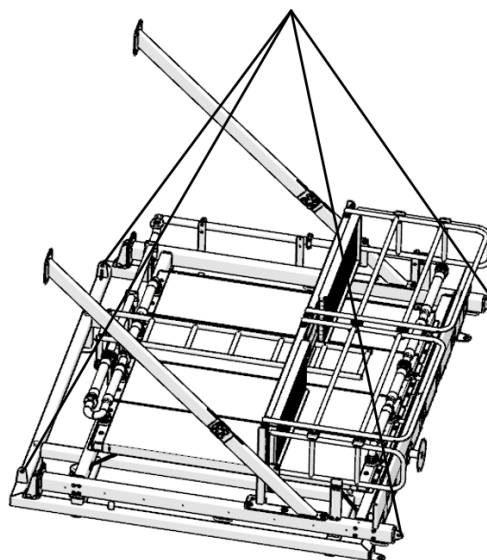


图 12-8 水冷支架卸货

12.2.8 吊装传动链

1. 安装传动链吊具。

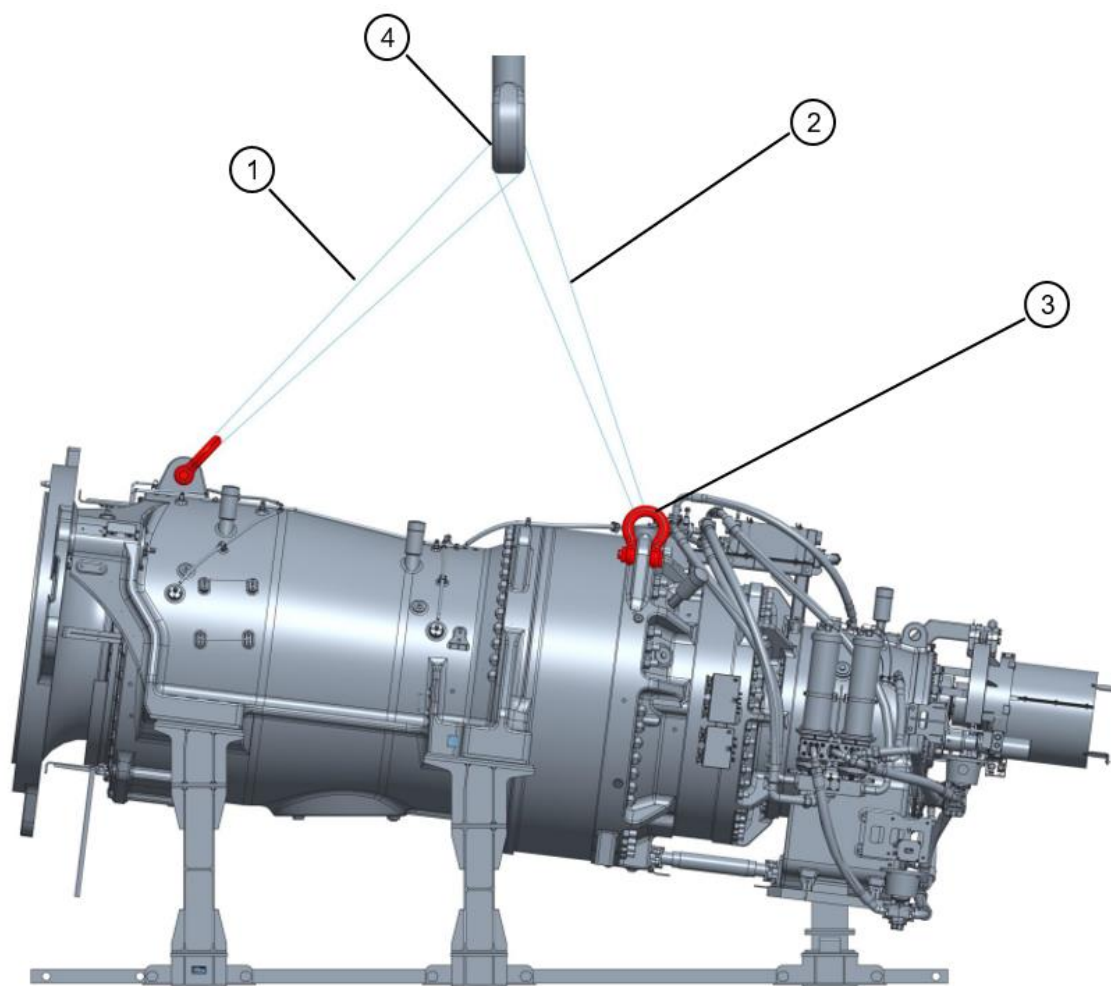


图 12-9 安装常规传动链吊具

1. 吊带 20t×6.6m

2. 吊带 40t×3.1m

3. 55t 卸扣

4. 吊带保护套

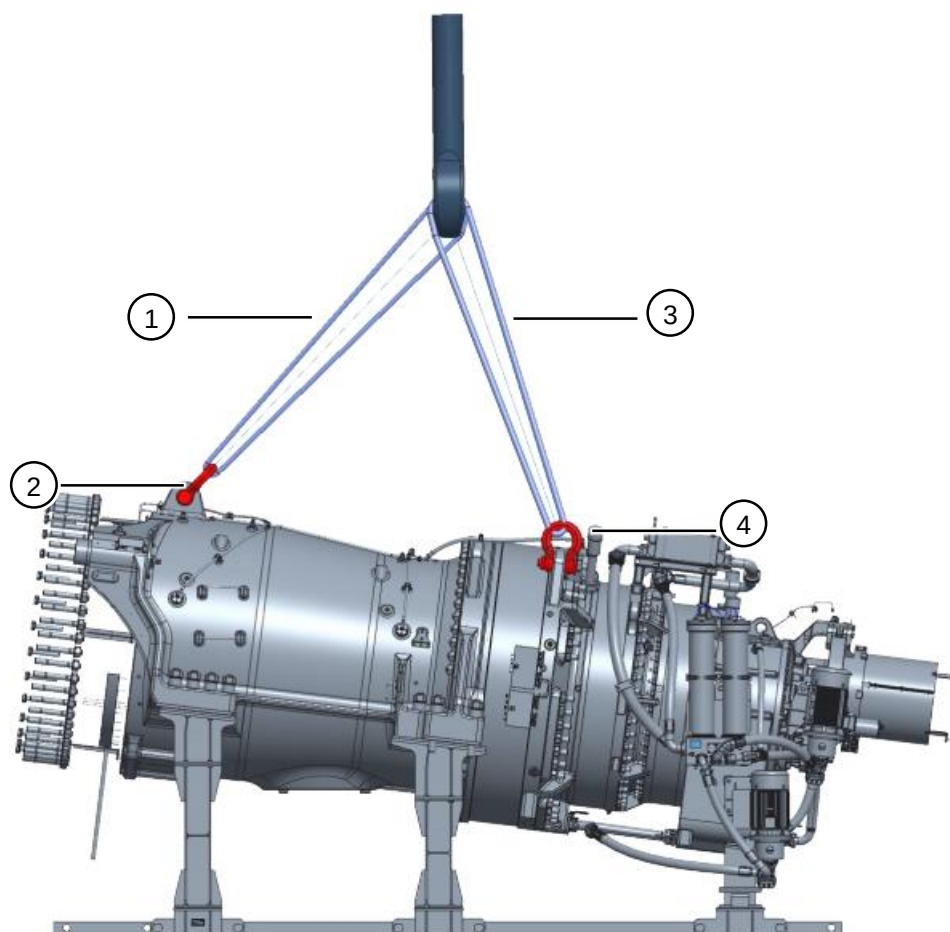


图 12-10 安装传动链-X（南高齿）吊具

1. 20t×6.44m 吊带

2. T8 级 85t 卸扣

3. 40t×3.1m 吊带

4. T8 级 85t 卸扣

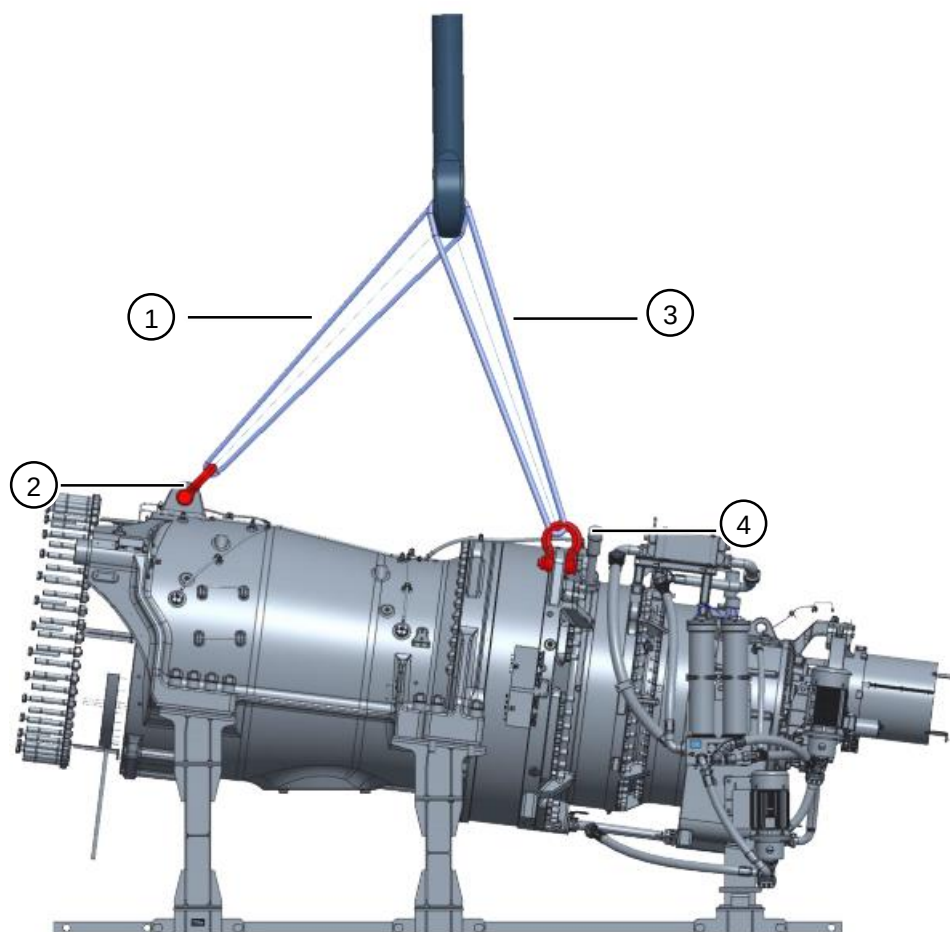


图 12-11 安装传动链-X（德力佳）吊具

- | | |
|----------------|----------------|
| 1. 25t×6.3m 吊带 | 2. T8 级 85t 卸扣 |
| 3. 40t×3.1m 吊带 | 4. T8 级 85t 卸扣 |
2. 拆卸传动链运输支撑。
拆卸传动链与运输支架连接螺栓并妥善堆放在一起。
 3. 清理法兰面。
拆除传动链与机舱连接法兰孔的封堵帽，清洗机舱底架与轴承座、齿轮箱支撑底座配合面、螺纹孔，保证无铁锈、毛刺、油污等，用螺栓试装，若螺栓旋入不畅，螺纹孔需攻丝。

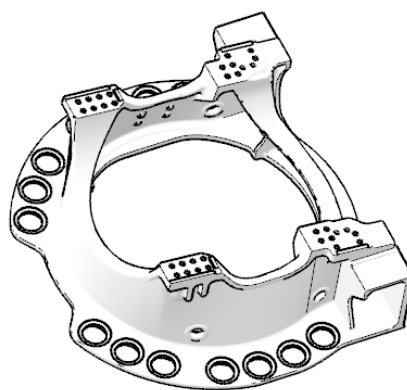


图 12-12 清理法兰面

4. 安装定位销工装。
在机舱底架的主轴安装面上对角安装 2 个传动链定位销工装。
5. 提升传动链。
缓慢起吊传动链至对接高度。缆风绳的操作人员控制住传动链的转动。

6. 确定传动链安装位置。
将传动链主轴法兰与机舱底座法兰面调整对齐，指挥吊车将传动链逐渐缓慢放至机舱底架上。

说 明

- 传动链下落过程保持缓慢、平稳，防止磕碰损坏传动链。传动链放至时注意弹性支撑位置，避免磕碰损坏弹性支撑。
7. 手动安装主轴与机舱底架连接螺栓。
- a. 双头螺柱（无内六角孔端）拧入机架螺纹孔内，螺纹露出端和螺母需涂抹润滑剂。垫片安装时，先安装加高垫片，再安装普通垫片。
 - b. 传动链与机舱底架两法兰螺栓孔对齐后，前轴承穿入 16 个 M64×435 双头螺柱，后轴承位置穿入 14 个 M64×485 双头螺柱，外露长度 149mm（螺栓端面至轴承座上表面法兰距离），双头螺柱安装过程中将 2 个定位销拆除。主轴与机舱底架连接时，确保主轴下面 4 个 M64×435 双头螺柱从下向上安装紧固到位，外露长度 149mm。使用液压扭矩扳手最终紧固。
 - c. 螺栓紧固顺序按图 12-14 所示。

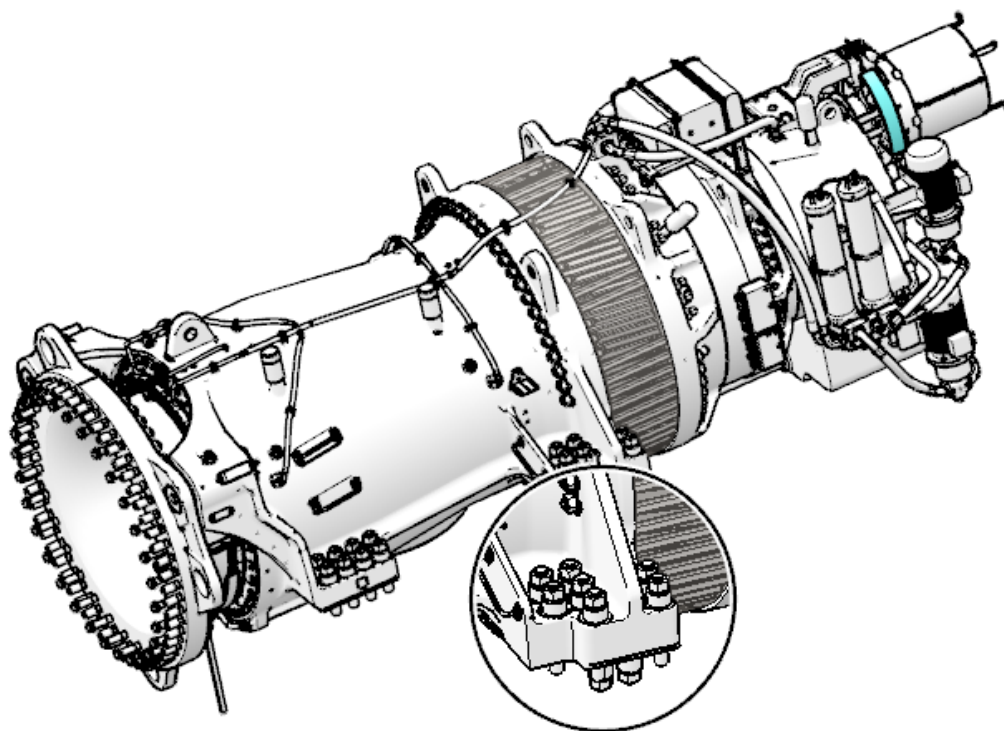


图 12-13 主轴与机舱底架连接螺栓

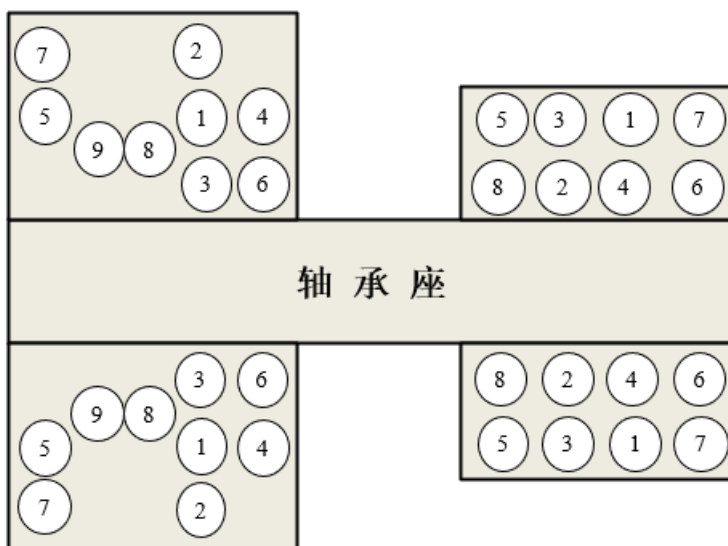


图 12-14 轴承座螺栓紧固顺序

说 明

- 如果螺栓不能正常拧入，应使用 M64 丝锥进行攻丝处理，严禁使用电动工具强行拧入。

8. 电动预紧主轴与机舱底架连接螺栓。

说 明

- 需使用两个电动工具同时紧固主轴两侧连接螺栓。做好标记，力矩值 1000N.m。

9. 紧固主轴与机舱底架连接螺栓。

说 明

- 用两个液压扳手，同时紧固主轴两侧连接螺栓。
- 紧固顺序为从中心呈螺旋形向外依次紧固。
- 终拧力矩 12200nm，螺栓力矩分两次紧固，分别是 70%、100%。每次紧固完做好标记，防止遗漏。

10. 拆卸传动链吊具。

说 明

- 所有螺栓完成电动紧固后,吊车方可松钩。剩余螺栓 70%、100%力矩紧固连续不间断。吊具拆卸时，不要丢失卸扣、螺栓。吊具拆卸后，目测检查吊具是否损伤。

11. 更换端直通接头（传动链水平运输执行）

在传动链安装至机舱并静置不小于半小时后，更换油管与轴承座间的端直通接头，左右各一个，由工装接头更换为产品接头（绑扎在油管上）。端直通接头力矩：115±20N.m；油管螺母力矩：100±20N.m（工具：开口力矩扳手，开口头 41）。

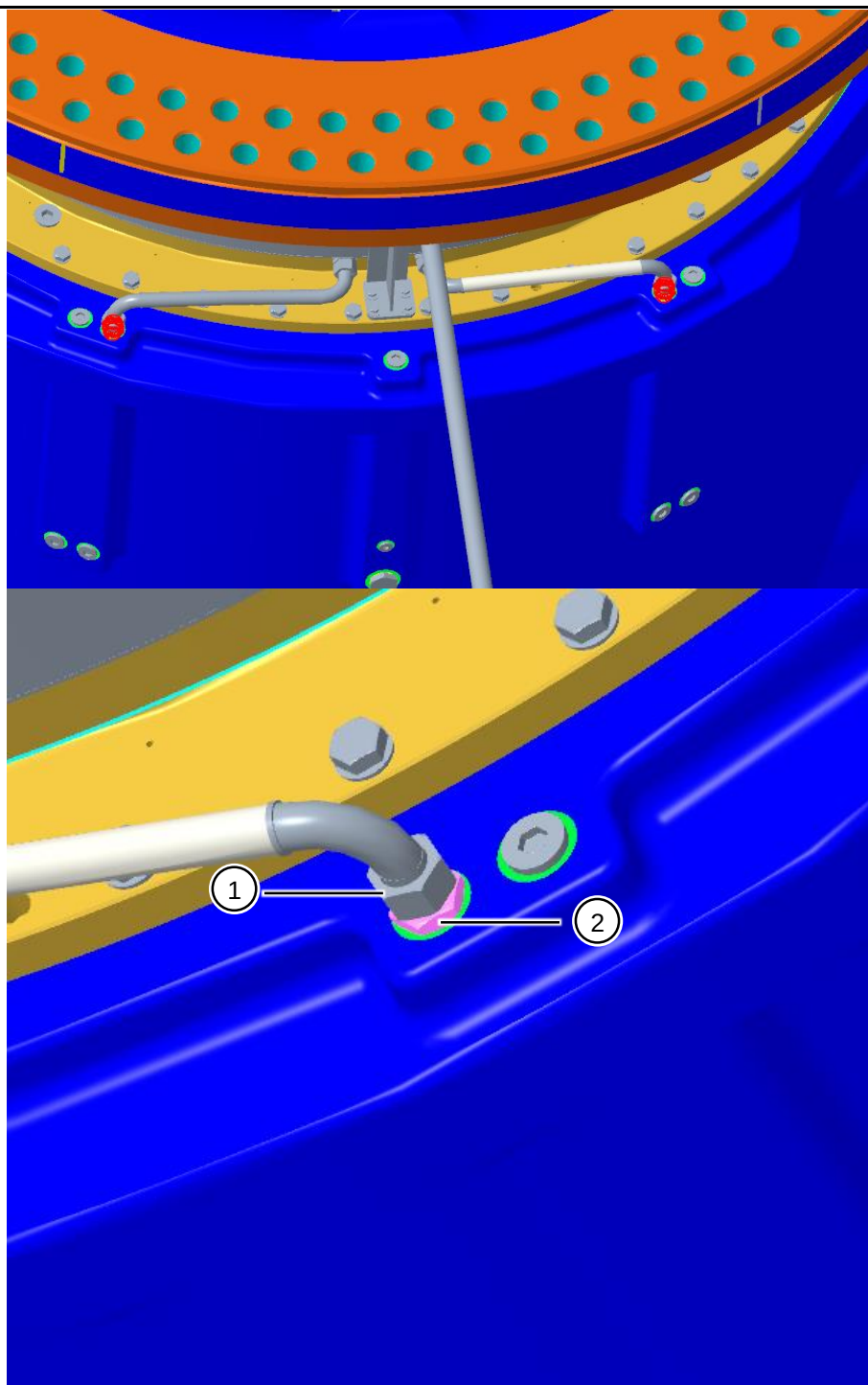


图 12-15 更换端直通过接头

1. 油管螺母

2. 端直通过接头

12. 螺栓喷锌划线及自检。

说 明

- 冷喷锌喷剂出口与传动链紧固螺栓喷涂距离保持在 150-200mm 之间, 往复 3 次喷涂。用绿色油漆笔在螺栓头部画松动标识, 标记延伸到垫圈以及工件表面。

12.2.9 安装机舱架横梁

安装机舱第一、第二支撑横梁，紧固力矩 $210 \pm 10\text{N}$ 。

安装完成后，对各部件检查，确保无干涉及压迫情况。

说明

- 第一遍拧紧力矩 50%，第二遍拧紧力矩 100%。
- 分几圈均匀拧紧所有的锁紧小螺钉，直到所有螺钉的拧紧到 100% 力矩，并用绿色油漆笔在螺栓头部画松动标识。

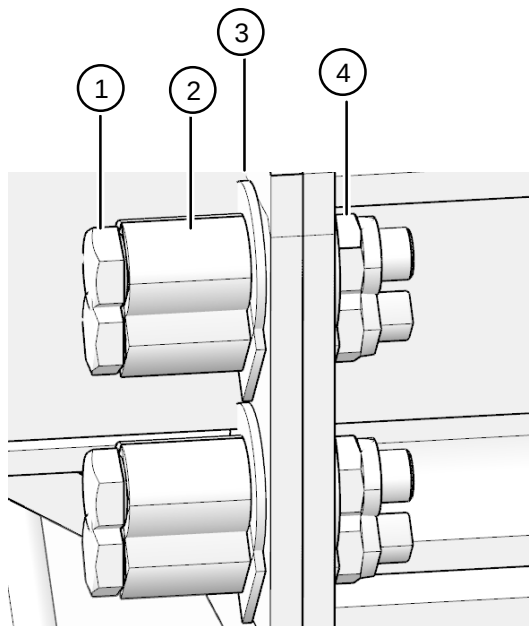


图 12-16 拆除机舱架前端横梁

- | | |
|--------------|-------------|
| 1. 螺栓 M16×90 | 2. 垫圈 16-38 |
| 3. 垫圈 16 | 4. M16 螺母 |

12.2.10 安装机舱上罩及前罩沿

12.2.10.1 工具清单

表 12-7 机舱上罩及前罩沿安装工具清单

序号	名称及规格	数量	用途
1	25-100N.m力矩扳手	1	紧固机舱前罩沿M12安装螺栓
2	套筒1/2"-S18	2	
3	开口扳手-S18	2	
4	套筒1/2"-S19	2	
5	开口扳手-S19	2	
6	电动扳手	1	
7	油漆记号笔	2	防松线标记
8	胶枪	1	机舱前罩沿与机舱罩连接处缝隙涂胶密封

12.2.10.2 物料清单

表 12-8 机舱上罩及前罩沿安装物料清单

序号	名称及规格	数量	备注
1	螺栓M12×50	17	前罩沿所有紧固件随机舱发运，放置于发电机尾部底下
2	垫圈12	34	
3	螺母M12	17	
4	密封胶	3	机舱前罩沿与机舱罩连接处缝隙涂胶密封
5	螺纹锁固胶	1	螺母防松

12.2.10.3 安装前罩沿

1. 拆除机舱前罩沿防雨运输工装（玻璃钢盖板）与机舱罩所有连接螺栓，将其移至宽阔地带。清洁前罩沿主体及安装面。
2. 绑扎前罩沿并吊装至安装位置，与机舱上罩螺栓孔对齐。

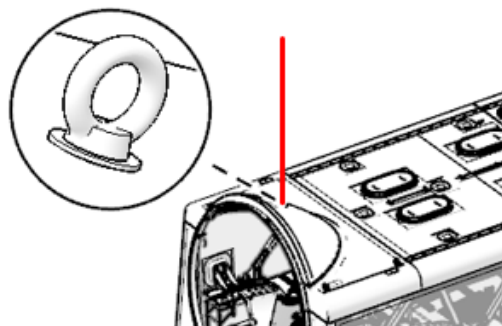


图 12-17 安装吊具

3. 用 17 个 M12×50 螺栓、34 个大垫圈和 17 个锁紧螺母将前罩沿与机舱上罩体法兰连接，将法兰连接缝隙使用密封胶进行填充，需保证间隙全部被填充。紧固所有安装螺栓，力矩值 $65 \pm 3 \text{ N} \cdot \text{m}$ ，并做防松标记。
4. 用密封胶封堵前罩沿与机舱罩连接处所有外部缝隙以及两侧法兰内部缝隙。前沿罩和防雨圈罩体间的缝隙使用密封胶糊住并抹平，保证罩体间缝隙全部被填充。机舱外前沿罩和防雨圈连接缝隙也需要密封胶进行密封处理。

12.2.10.4 安装机舱上罩

1. 绑扎机舱上罩并吊装至安装位置，与机舱下罩螺栓孔对齐。
2. 用 M12×50 连接螺栓将机舱上罩与机舱罩左右罩体以及后罩体连接安装。力矩值 $65\pm 3\text{Nm}$ ，在螺栓结合面处做防松标记。
3. 密封胶涂抹。
在机舱上罩与左罩体、右罩体以及后罩体之间缝隙涂密封胶。确保密封性良好。

12.2.11 安装传动链油盘

1. 传动链安装到机舱前，提前将接油盘组件放置到齿轮箱下方位置。
2. 传动链安装完成后，使用下边 4 套标件，将接油盘组件安装到齿轮箱下方，螺栓涂抹螺纹锁固胶，拧紧力矩 65nm。

表 12-9 接油盘组件螺栓

序号	物料名称	数量
1	螺栓 M12x25 GB/T 5782-2000	4
2	弹簧垫圈 12 GB 93-87	4
3	垫圈 12 GB/T 97.1-2002	4

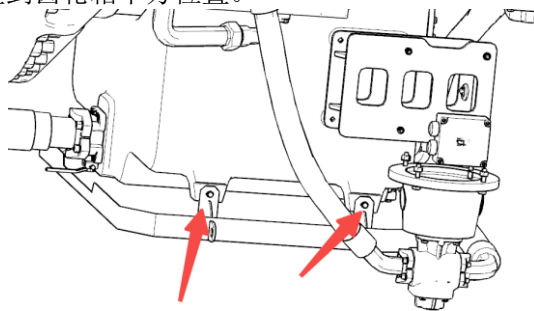


图 12-18 偏航接脂盒安装位置

12.3 安装变压器

说明

若出厂未安装，现场安装按照《915 平台风力发电机组变压器机械安装指导书》执行。

12.4 安装水冷支架附件

水冷支架安装之前，需在地面完成气象架（含底座）、避雷针、风速风向标、超声波、航空灯等零部件的安装，确保所有气象件安装完成后，方可吊装。

12.4.1 安装气象架

12.4.1.1 工具及辅料清单

表 12-10 气象架安装工具及辅料清单

序号	名称	数量	单位	备注
1	25-100N·m力矩扳手	1	个	M8与M12螺栓力矩紧固
2	套筒1/2"-S13	2	个	M8螺栓紧固
3	开口扳手-S13	2	个	M8螺栓紧固
4	套筒1/2"-S18	2	个	M12螺栓紧固
5	开口扳手-S18	2	个	M12螺栓紧固
6	密封胶	-	个	外露螺栓防腐，连接缝隙防水
7	螺纹锁固胶	-	个	螺母防松

12.4.1.2 紧固件清单

表 12-11 气象架安装紧固件清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	螺栓	GB5783 M12×35	12	个	气象支架安装，每个支架4个
2	垫圈	GB97.1 12	24	个	
3	螺母	GB6184 M12	12	个	
4	螺栓	GB5783 M8×25	12	个	风速、风向、超声波底座安装，每个底座4个
5	垫圈	GB97.1 8	24	个	
6	螺母	GB6184 M8	12	个	

12.4.1.3 安装气象架及底座

说 明

- 将安装平台及安装底座打磨，并在安装平台表面涂抹导电膏。
- 螺栓应涂抹螺纹锁固胶，自锁螺母除外。
- 所有外露安装螺栓必须涂抹密封胶。

1. 用 12 个 M12×35 螺栓，12 个 M12 螺母，24 个 12 垫圈将 3 个气象架安装到上横梁焊接上，见图 12-19 所示，力矩值 $65\pm 3\text{N}\cdot\text{m}$ ，并画防松标识线。
2. 用 12 个 M8×25 螺栓，12 个 M8 螺母，24 个 8 垫圈将 3 个底座安装到气象架上，确保底座上“|”平行于机舱轴线，见图 12-19 所示，力矩值 $25\pm 1\text{N}\cdot\text{m}$ ，并画防松标识线。

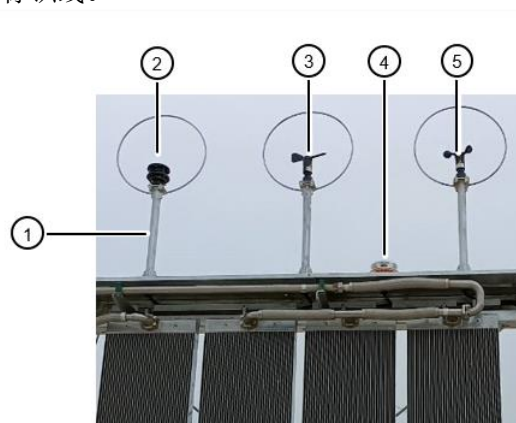


图 12-19 气象件安装位置

- | | |
|----------|-------|
| 1.气象架 | 2.超声波 |
| 3.机械式风向标 | 4.航空灯 |
| 5.机械式风速仪 | |

12.4.2 安装风速风向仪

12.4.2.1 工具及辅料清单

风速风向仪及超声波安装工具及辅料，见表 12-12。

表 12-12 风速风向仪及超声波安装工具及辅料清单

序号	名称	数量	单位	备注
1	13mm开口扳手	2	个	紧固M8风速风向仪安装螺栓
2	36mm开口扳手	1	个	紧固M24风速风向仪底座螺栓
3	风速风向仪锁紧螺母专用套筒S36-1/2寸	1	个	

序号	名称	数量	单位	备注
4	鹰嘴钳	1	个	紧固风速风向仪接线插头锁紧螺母
5	密封胶	1	个	外露螺栓防腐, 连接缝隙防水
6	螺纹锁固胶	1	个	螺母防松
7	绝缘胶带	1	个	线束防护

12.4.2.2 紧固件清单

表 12-13 风速风向仪及超声波安装紧固件清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	螺栓	M8×20 GB5783	9	个	风速、风向、超声波紧固件随产品包装

12.4.2.3 安装机械式风速仪

1. 风速仪紧固。
使用 36mm 开口扳手和 S36 薄壁套筒将其紧固。



图 12-20 紧固风速仪

2. 风速仪画防松标标线。
固定牢固后, 用油漆笔画防松标识。



图 12-21 风速仪防松标记

3. 风速仪插头接线。
用绝缘胶带包裹插头与线束过渡处, 然后将插头插接在对应设备的插座上。使用鹰嘴钳拧紧, 并画防松标识线。

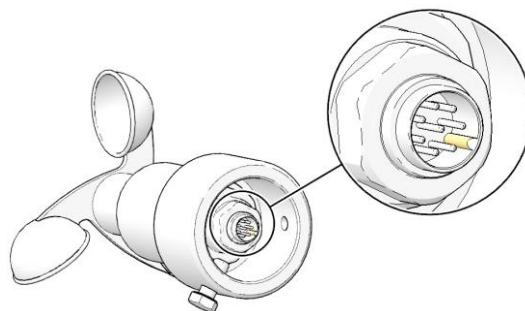


图 12-22 风速仪接线

4. 风速仪安装。
用 3 个 M8×20 螺栓将风速仪安装在对应气象支架底座上，见图 12-23 所示。

说明

- 力矩值 $18 \pm 2 \text{ N} \cdot \text{m}$ ，紧固后在底座与气象架安装支座上画防松标识线。
- 紧固机械式风速仪之前，确保对应线束均已安装，并将机舱内部线束盘圈绑扎。



图 12-23 安装风速仪

12.4.2.4 机械式风向标安装

1. 风向标紧固。
使用 36mm 开口扳手和 S36 薄壁套筒将其紧固。



图 12-24 风向标紧固

2. 风向标画防松标识线。
固定牢固后，用油漆笔画防松标识线。

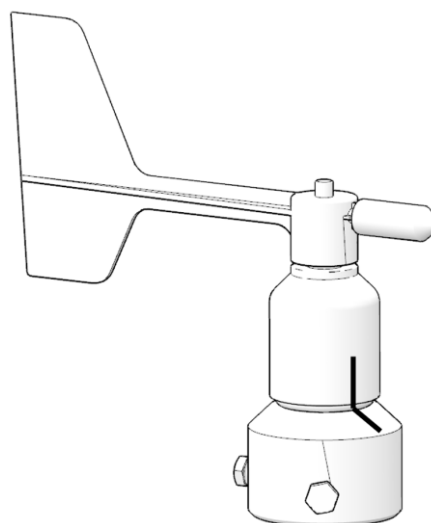


图 12-25 风向标防松标记

3. 风向标插头接线。
 - a. 用绝缘胶带包裹插头与线束过渡处,然后将插头插接在对应设备的插座上。
 - b. 使用鹰嘴钳拧紧,并画防松标识线。

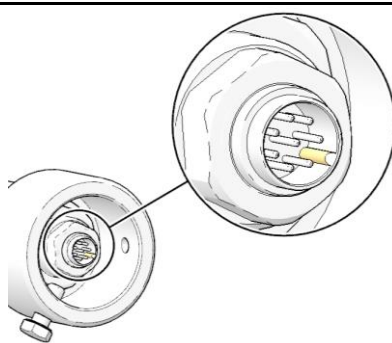


图 12-26 风向标接线

4. 风向标安装。
 - a. 用 3 个 M8×20 螺栓将风向标安装在对应气象支架底座上,见图 12-27 所示,力矩值 $18 \pm 2 \text{N} \cdot \text{m}$ 。
 - b. 紧固后在底座与气象架安装支座上画防松标识线。

说明

- 风向标N标指向机尾,与安装底座上竖线“|”对齐。
- 紧固机械式风向标之前,确保所有线束均已安装,并将机舱内部线束盘圈绑扎。



图 12-27 安装风向标

12.4.2.5 超声波安装

说明

- N 标指向机尾,与安装底座上竖线“|”对齐。
- 紧固超声波之前,确保所有螺栓均已按要求紧固,所有线束均已安装,并将机舱内部线束盘圈绑扎。

1. 组装超声波。
 - a. 用绝缘胶带包裹插头与线束过渡处,然后将插头插接在对应设备的插座上。
 - b. 使用鹰嘴钳拧紧,并画防松标识线。
2. 固定超声波。
 - a. 用 3 个 M8×20 螺栓将超声波安装在对应气象支架底座上,见图 12-28 所示,力矩值 $18 \pm 2 \text{N} \cdot \text{m}$ 。
 - b. 紧固后在底座与气象架安装支座上,并画防松标识线。

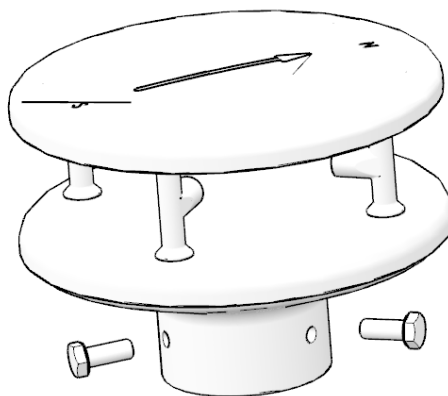


图 12-28 安装超声波

12.4.3 安装航空灯

12.4.3.1 工具清单

表 12-14 航空灯安装工具清单

序号	名称	数量	单位	备注
1	16mm开口扳手	2	个	紧固M10航空灯安装螺栓
2	密封胶	1	个	外露螺栓防腐，连接缝隙防水
3	螺纹锁固胶TS1242	1	个	螺母防松
4	绝缘胶带	1	个	线束防护

12.4.3.2 紧固件清单

表 12-15 航空灯安装紧固件清单

序号	名称	数量	单位	备注
1	螺栓M10×35	4	个	安装紧固件供应商提供，随产品。
2	垫圈10	8	个	
3	螺母M10	4	个	

12.4.3.3 安装航空灯

1. 组装航空灯。
 - a. 用绝缘胶带包裹插头与线束过渡处，然后将插头插接在对应设备的插座上。
 - b. 使用鹰嘴钳拧紧，并画防松标识线。
2. 固定航空灯。
用 4 个 M10×35 螺栓，4 个 M10 螺母，8 个垫圈 10，将航空警示灯紧固在灯座上，见图 12-29 所示，力矩值 $35\pm 3\text{N}\cdot\text{m}$ ，并画防松标识线。

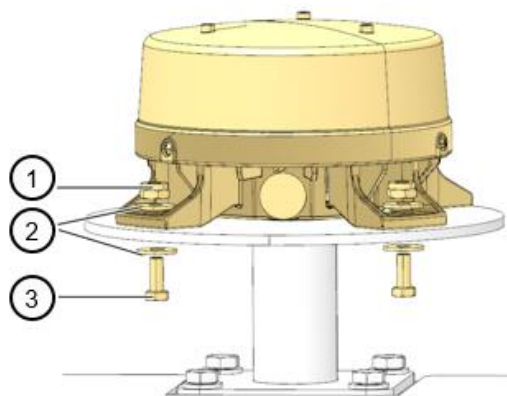


图 12-29 安装航空灯

1. 螺母 M10
2. 垫圈 10
3. 螺栓 M10×35

12.5 安装水冷系统

说明

水冷系统安装与测试参照《915 平台风力发电机组水冷系统专用手册》执行。

12.5.1 水冷系统安装流程

水冷系统安装是指在机舱吊装前，在地面进行的水冷系统安装、气密性测试及注液等工作，安装过程如图 12-30 所示：

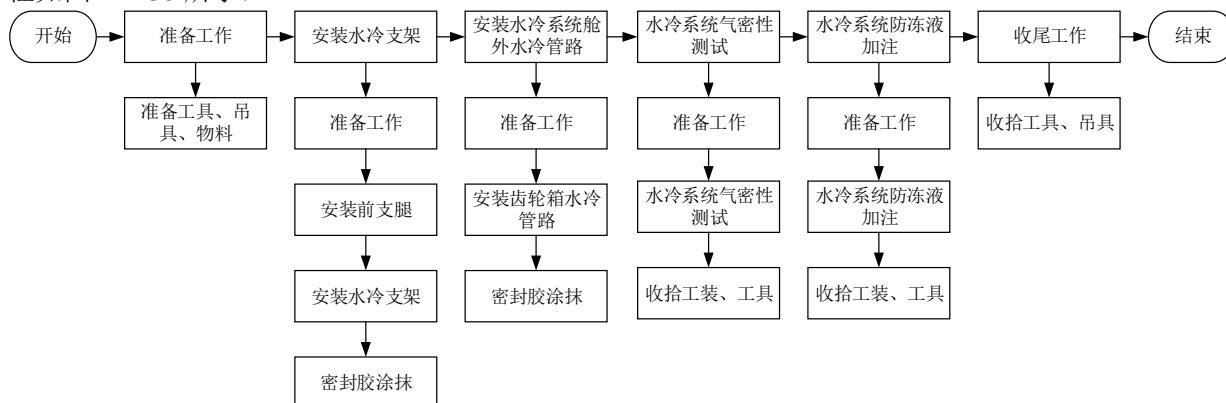


图 12-30 水冷系统安装流程图

12.5.2 安装水冷支架

12.5.2.1 吊具清单

吊具清单如表 12-16 所示。

表 12-16 吊具清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	起重用短环链	2T×3m	1	条	散热片质软易坏，吊装须谨慎

12.5.2.2 工具清单

工具清单如表 12-17 所示

表 12-17 工具清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	扭矩扳手	100~500N·m	2	个	M16螺栓力矩紧固
2	开口扳手	S24	2	个	M16螺栓紧固
3	套筒	S24	2	个	M16螺栓紧固

12.5.2.3 物料清单

水冷支架安装紧固件清单如表 12-18 所示。

表 12-18 水冷支架安装紧固件清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	螺栓	M16×40 GB/T5782	16	个	支脚与机舱罩连接螺栓
2	双叠垫圈	16	16	个	

12.5.2.4 安装水冷支架

说明

- 水冷支架安装前，核实水冷支架序列号，要求必须与主机序列号保持一致。
- 水冷支架吊装前及吊装后要对散热片进行仔细检查，确保其完好性。如果散热器翅片出现轻微变形，使用镊子进行修复。如果变形严重须停止吊装，并及时与现场服务工程师进行沟通。
- 散热器表面严禁放置扳手、管路等任何物品，防止磕伤、划伤。
- 散热器表面严禁放置润滑剂、堵盖、螺栓垫圈等，放置污染、堵塞散热片，影响散热效果。
- 水冷支架前、后脚与机舱罩的法兰外侧（支脚与机舱罩间隙）及连接螺栓紧固后均需涂密封胶。
- 确认水冷支架与机舱连接的所有螺栓紧固完毕后，方可拆除水冷支架吊具。

1. 安装检查。

对散热器表面（整体、局部）进行检查，是否存在污染、磕碰、损伤，并拍照记录。

工具：无。

2. 吊装水冷支架。

使用起重用短环链将水冷支架吊至机舱顶部预安装位置，将下横梁焊接支脚螺栓孔与机舱上罩螺栓孔对齐。

吊具：起重用短环链。

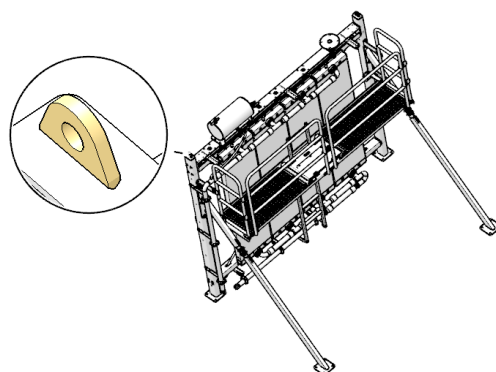


图 12-31 吊装水冷支架

说明

水冷支架安装时注意方向，避免装错。

3. 固定水冷支架。

用 16 个 M16×40 螺栓、16 个垫圈将水冷支架四个支脚与机舱罩连接，力矩值 $210 \pm 10 \text{ N} \cdot \text{m}$ ，紧固完成后画防松标识线。

工具：扭矩扳手 100~500N·m、套筒 S24、开口扳手 S24、记号笔。

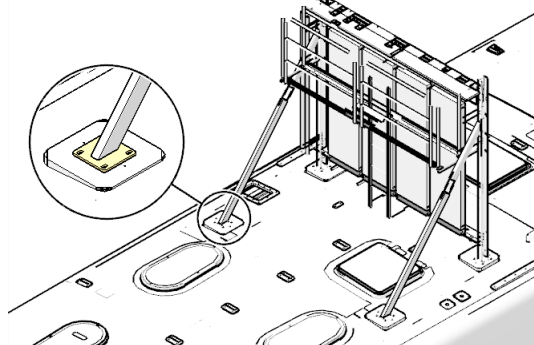


图 12-32 固定水冷支架

4. 涂抹密封胶。

a. 水冷支架所有外漏螺栓及支脚与机舱罩连接缝隙处全部均匀涂抹密封胶。

b. 水冷支架（陆上机型）所有线缆安装完成后，两侧立柱上未使用的 M8、M5 螺纹孔用密封胶密封。

工具：密封胶。

12.5.2.5 水冷支架安装收尾

1. 收拾与清点工具。

2. 清理机舱底内部及顶部垃圾。

12.5.3 安装水冷系统管路

12.5.3.1 工具清单

水冷散热器舱外管路安装工具清单如表 12-19 所示。

表 12-19 水冷散热器舱外管路安装工具清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	扭矩扳手	25~100N.m	1	个	螺栓力矩紧固
2	扭矩扳手	100~500N.m	1	个	
3	六角套筒	18(1/2)	2	个	水冷管路与机舱转接板连接与紧固
4	六角套筒	24(1/2)	2	个	
5	内六角扳手	整套	2	套	-
6	记号笔	-	1	个	画防松标识线

12.5.3.2 物料清单

水冷散热器舱外管路安装物料及紧固件清单如表 12-20 所示。

表 12-20 水冷散热器舱外管路安装物料及紧固件清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	金属波纹管总成	915-CLX-B5	1	个	齿轮箱水冷管路连接：M12×40螺栓为堵盖安装螺栓，舱外对开法兰紧固时要复用此螺栓，请勿丢失。
2	金属波纹管总成	915-CLX-B6	1	个	
3	对开法兰	FL-32	2	个	
4	O形圈	56×3.55 GB3452	2	个	
5	螺栓	M12×40	8	个	
6	弹簧垫圈	12	8	个	
7	垫圈	12	8	个	不锈钢螺栓润滑
8	螺栓润滑剂	-	1	个	
9	密封胶	-	1	个	外露螺栓防腐

12.5.3.3 安装水冷管路

1. 拆除水冷管路堵头和堵盖。

逐一拆除水冷管路金属堵头与机舱顶部转接板处金属堵盖，从里向外依次安装金属波纹管总成。

说 明

- 水冷管路金属堵头拆卸和金属波纹管总成安装时，用大扳手卡住管路端六角螺母，防止受力管路变形损坏。
- 机舱顶部转接板处金属堵盖拆除和机舱顶部转接板处金属堵盖安装时，防止紧固件等其他杂物掉入。
- 检查水冷管接口螺纹是否损坏。
- 检查金属波纹管内是否有尘土、杂质、铁屑等，若有，必须清理。
- 检查 O 型密封圈安装槽是否有杂质、铁屑，密封圈是否损坏。

2. 安装金属波纹管总成。

a. 安装金属波纹管总成。

- ① 将金属波纹管总成的一端通过重型卡箍 DN50 安装在水冷散热器相应位置，管接头进行紧固力矩（嘉诺卡箍螺栓紧固力矩是 35N.m，力瑞卡箍螺栓紧固力矩是 15 N.m），紧固完成后画防松标识线。

工具：S18mm 套筒、S14mm 开口头及 25~100N·m 扭矩扳手、记号笔。

- ② 将金属波纹管总成的另一端通过 1 副对开法兰 FL-32 及 4 个不锈钢 M12×40 螺栓、4 个 12GB93 垫圈和 4 个 12GB97.1 垫圈固定在机舱过壁法兰上，紧固力矩为 55±3N·m，紧固完成后画防松标识线。

工具：S18 套筒、25~100N·m 扭矩扳手、S18 开口扳手、记号笔。

c. 重复以上操作，安装另外三个金属波纹管总成。

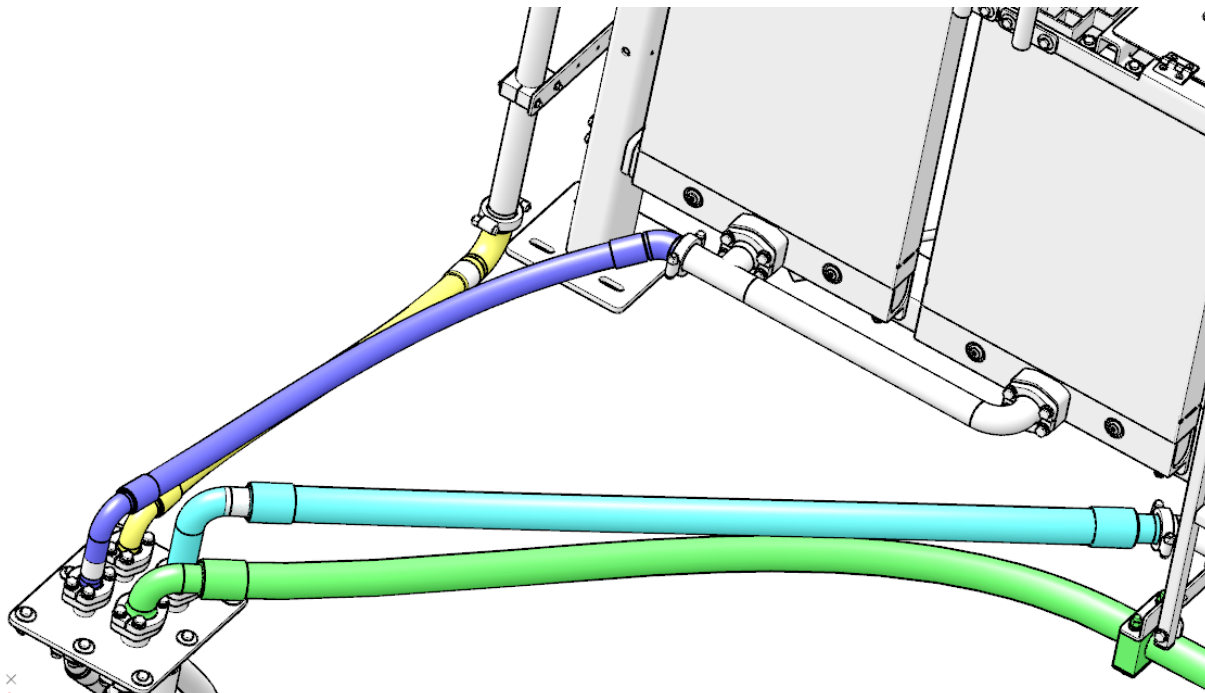


图 12-33 安装齿轮箱系统管路

3. 外露螺栓防腐。

用密封胶覆盖式涂抹机舱罩顶部转接板与机舱罩顶部连接螺栓。

12.5.4 水冷散热器气密性检查

12.5.4.1 气密性测试工具

水冷系统装配过程中规范的操作是保证系统密封性的关键，为了验证装配结果的可靠性，需要在装配完成后对系统进行气密性测试，也称保压测试。水冷系统气密性测试工具及物料如表 12-21 所示。

表 12-21 水冷系统气密性测试工具及物料

序号	名称	图示	数量	单位
1	风场集成工具气密工具（成套）		1	个

序号	名称	图示	数量	单位
2	气密工装中段		1	个
3	数显压力表		1	个
4	检漏剂		1	瓶
5	电源	-	1	个

12.5.4.2 气密性测试过程

1. 确定机舱外转接板处法兰安装正确，已打力矩（确认标有力矩线在一条直线上）。
2. 关闭各个自动排气阀。
泵站1个，外冷散热器总成4个。



图 12-34 自动排气阀

3. 关闭高位水箱进水球阀。
将高位水箱小胶管的进水球阀关闭（阀柄与阀体呈90°状态）。

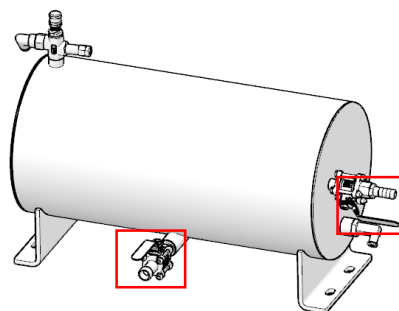


图 12-35 高位水箱

4. 安装气密性测试装置。
将快速接头与水冷系统的一个充排水阀连接。打开上述充排水阀，补气管连接压力表，打开压力表处阀门。



图 12-36 安装气密性测试装置

5. 气密性测试过程。
 - 长按压力表电源键，开启压力表，按UNIT键将数值单位调成bar。
 - 开启气泵，观察压力表。
 - 待系统压力达到5.0~5.2bar，关闭压力表处阀门，关闭气泵。



图 12-37 气密性测试过程

6. 记录数据。
 - a. 稳定2-3min至压力表读数波动不大。
 - b. 记录系统压力值和环境温度值。
7. 判断气密性测试结果。
 - a. 若保持15min压力下降 $<0.02\text{bar}$ ，则气密性测试通过。
 - b. 若15min内压力表压力下降 $>0.02\text{bar}$ ，使用检漏剂对机舱转接板处接口进行检漏（重点对在风场装配的接口检查），如有气泡出现，则认为该处存在漏点，需要进行检查、泄压、拆卸、重新装配，若O型圈出现损伤，则需进行更换装配完成后重复步骤4-6。直至系统无泄漏，填写记录表格。

8. 系统排气。

- a. 关闭充排水阀，拆下数显压力表工装。
- b. 缓慢打开充/排水阀，将系统内的气体排出。
- c. 若喷出的气体中带有水气，需要用水桶和抹布进行遮挡，直至系统内气体排完。



图 12-38 关闭注液口

9. 打开自动排气阀。

齿轮箱水冷系统4个。

10. 打开高位水箱进水球阀。

将高位水箱小胶管上面的球阀打开，阀杆与阀体呈平行状态。

气密性测试过程的数据按表 12-22 记录。

表 12-22 气密性测试记录表

序号	系统	时间T/min	压力/bar	温度/℃	备注
1	齿轮箱系统	T > 15			拍照记录
		T > 15			

12.5.5 水冷散热器防冻液加注

12.5.5.1 防冻液加注工具

防冻液加注工具及物料如表 12-23 所示。

表 12-23 防冻液加注工具及物料

序号	名称	图示	数量	单位
1	防冻液加注集成装置		1	个
2	气密工装中段		1	个

序号	名称	图示	数量	单位
3	冷却液		2	桶
4	抹布	-	若干	块
5	电源	-	1	1

12.5.5.2 防冻液加注过程

- 逐一检查各排气阀处开启状态，如有关闭逆时针拧松即可。
- 打开高位水箱上出水球阀，与水管呈平行状态。
- 准备 2 桶冷却液（400L），注液工装（包含注液泵）。
- 注液前，将注液工装进水口管路与冷却液桶相连，保证管路进水口端位于液面下，避免空气吸入。
- 把补液工装出水口放置于冷却液桶内，启动水泵，待注液泵出水口排出为液体且无空气残留后，关闭注液泵，注液工装出口管路与充排水阀连接。
- 打开充排水阀，开启注液泵开始注液。



图 12-39 安装补液工装

- 当一桶冷却液注完后，更换另一桶冷却液。再依次开启充排水阀、注液泵。

说明

注液过程中，注意保持桶内冷却液液面高于注液工装进水口端部，保证有足够冷却液进入泵内避免吸入空气，否则关闭注液泵和充排水阀，对集液罐进行加液或更换为另一桶储液量较多的集液罐。

- 当有冷却液漏出，立即停止补液，关闭出水球阀。补液完成。

说明

注液过程中时刻观察高位水箱出水球阀是否有冷却液漏出。

9. 将上电调试用的补液小桶通过补液泵装满冷却液。平稳在机舱内部角落，为上电调试对水冷系统补液做准备。



图 12-40 备用防冻液

10. 收拾工装工具。

记录注液排气的时间、压力和注液量，按表 12-24 记录。

表 12-24 注液排气操作记录表

系统	开始注液时间	结束注液时间	系统压力/bar	总注液量/L
齿轮箱系统				

12.5.6 水冷系统安装点检表

机舱吊装前，需将此点检表打印，并在水冷系统安装过程中逐项检查并填写记录，如表 12-25 所示。

表 12-25 水冷系统安装点检表

水冷系统安装点检					
项目名称：			机位号：		
序号	阶段	检查项目	合格标准	检查方法	结果记录
1	准备工作检查	水冷支架外观检查	a. 散热片翅片无损伤、磕碰（标准见附录） b. 表面无污渍、泥土 c. 支架完好、无变形 d. 波纹管内无杂质、尘土	目测	拍照记录 合格□ 不合格□
2		工具吊具清点	齐套无缺失	目测	合格□ 不合格□
3		物料清点	安装物料种类、数量齐全	目测	合格□ 不合格□
4	水冷支架安装	水冷支架安装	螺栓齐全无缺失	目测	合格□ 不合格□
5			防松标识线清晰无缺失	目测	合格□ 不合格□
6			支脚与机舱罩连接螺栓力矩值达到 $160\pm 8\text{N}\cdot\text{m}$ 平台支撑与机舱罩连接螺栓力矩值达到 $25\pm 1\text{N}\cdot\text{m}$	力矩扳手20%抽检	拍照记录 合格□ 不合格□
7		密封胶涂抹	1) 所有外漏螺栓涂抹密封胶 2) 支脚与机舱罩连接缝隙全部涂抹密封胶	目测	合格□ 不合格□
8	安装水冷管路	齿轮箱水冷系统水冷管路	波纹管安装位置正确	目测	合格□ 不合格□
9			管接头接口外螺纹涂抹润滑剂	目测	合格□ 不合格□

水冷系统安装点检					
项目名称:			机位号:		
序号	阶段	检查项目	合格标准	检查方法	结果记录
10			管接头及对开法兰螺栓防松标识线清晰无缺失	目测	合格□ 不合格□
11			管接头紧固力矩 $250\text{N}\cdot\text{m}\pm 12\text{N}\cdot\text{m}$	力矩扳手20%抽检	拍照记录 合格□ 不合格□
12		机舱过壁法兰	螺栓齐全无缺失	目测	合格□ 不合格□
13			防松标识线清晰无缺失	目测	合格□ 不合格□
14			对开法兰螺栓力矩 $55\pm 3\text{N}\cdot\text{m}$	力矩扳手20%抽检	拍照记录 合格□ 不合格□
15		密封胶涂抹	1) 所有外漏螺栓涂抹密封胶 2) 过壁法兰与机舱连接缝隙均匀涂抹密封胶	目测	合格□ 不合格□
16	气密性测试	排气阀	各自动排气阀处于关闭状态	目测	合格□ 不合格□
17		气密性	齿轮箱水冷系统气密性保持15min压力下降 $<0.02\text{bar}$	目测	合格□ 不合格□
18	水冷系统防冻液加注	排气阀	各自动排气阀处于开启状态	目测	合格□ 不合格□
19		水冷系统压力	齿轮箱水冷系统压力达到 0.5bar	目测	合格□ 不合格□

12.6 安装舱外走线管

12.6.1 工具清单

表 12-26 走线管安装工具清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	扭矩扳手	25-100N·m	2	个	M10螺栓力矩紧固
2	开口扳手	S16	2	个	M10螺栓紧固
3	套筒	S16	2	个	M10螺栓紧固

12.6.2 物料清单

表 12-27 走线管安装物料清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	走线管	-	2	个	水冷之间安装附件及防雷接地线走线管 走线管与机舱罩连接
2	螺栓	M10×20	8	个	
3	垫圈	10	8	个	
4	弹簧垫圈	10	8	个	

12.6.3 安装走线管

1. 清理走线管安装位置，并用锉刀将走线管安装底座毛刺清理。
2. 用 4 个 M10×20 螺栓、4 个垫圈、4 个弹簧垫圈将走线管安装并紧固。力矩值 $35\pm 3\text{N}\cdot\text{m}$ 。
3. 外露螺栓及底座与机舱罩缝隙涂抹密封胶。

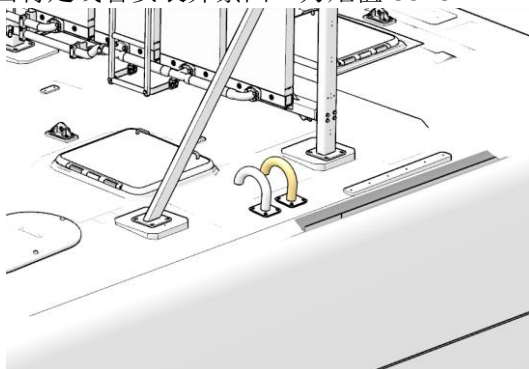


图 12-41 安装机舱顶部走线管

12.6.4 舱外线束布置

1. 紧固风速仪、风向标、超声波之前，确保所有线束均已安装，并参照《915 平台风力发电机组电气安装手册》将线束固定，引入机舱内部。
2. 防雷接地线安装参照《915 平台风力发电机组电气安装手册》将线束固定，引入机舱内部。

12.7 机舱附件安装收尾

1. 按照工具清单清点工具，并将其放入对应工具箱。
2. 将多余工具、紧固件、密封胶、二硫化钼等物料放回物料收纳箱。
3. 检查并清理机舱顶部，确保无工具、无紧固件、无杂物。

12.8 吊装机舱

说 明

舱安装之前确保所有塔筒（含锚栓）力矩紧固到 70% 终拧力矩。

12.8.1 机舱参数

机舱参数，见表 12-28。

表 12-28 机舱参数

序号	名称	规格	重量	备注
1	常规机舱（含传动链、箱变）	14838×4900×3872	155t	-
2	机舱-X（含传动链、箱变）	14838×4900×3872	141t	-

12.8.2 吊具清单

12.8.2.1 机舱整吊装吊具清单

表 12-29 常规机舱整体吊装吊具清单

序号	名称	规格	数量	单位	吊点位置	备注
1	卸扣	55t-S6级	2	个	前吊点	-
2	吊带	60t×2300mm	2	根		对折使用
3	吊带	50t×4400mm	2	根	后吊点	对折使用
4	卸扣	85t-S6级	2	个		-
5	涤纶绳	Φ 20×260m 3股	4	根	-	吊装缆风

表 12-30 机舱-X整体吊装吊具清单

序号	名称	规格	数量	单位	吊点位置	备注
1	卸扣	85t-S6级	2	个	前吊点	-
2	高强双环眼吊带	60t×2.82m	2	根		对折使用
3	高强双环眼吊带	60t×5m	2	根	后吊点	对折使用
4	卸扣	85t-T8级	2	个		-
5	涤纶绳	Φ 20×260m 3股	4	根	-	吊装缆风

12.8.2.2 机舱整吊装吊具结构图

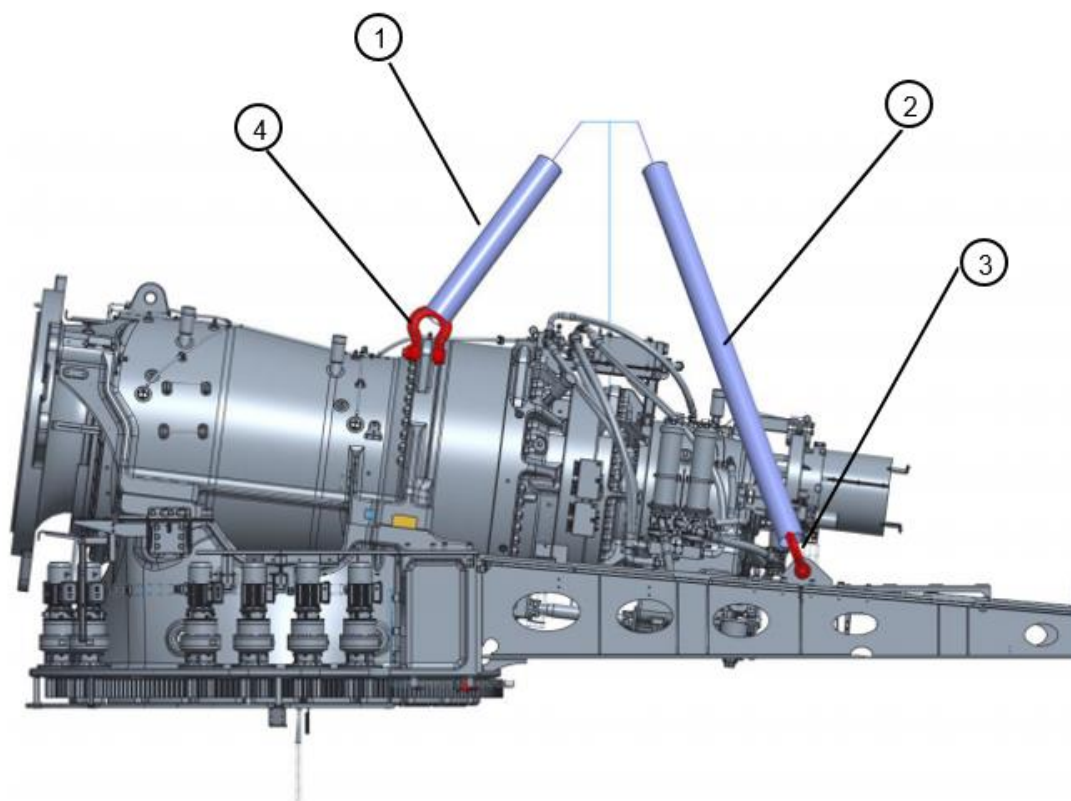


图 12-42 常规机舱整体吊具

1. 吊带60t×2.82m 2. 吊带60t×5m 3. T8级85t卸扣 4. S6级85t卸扣

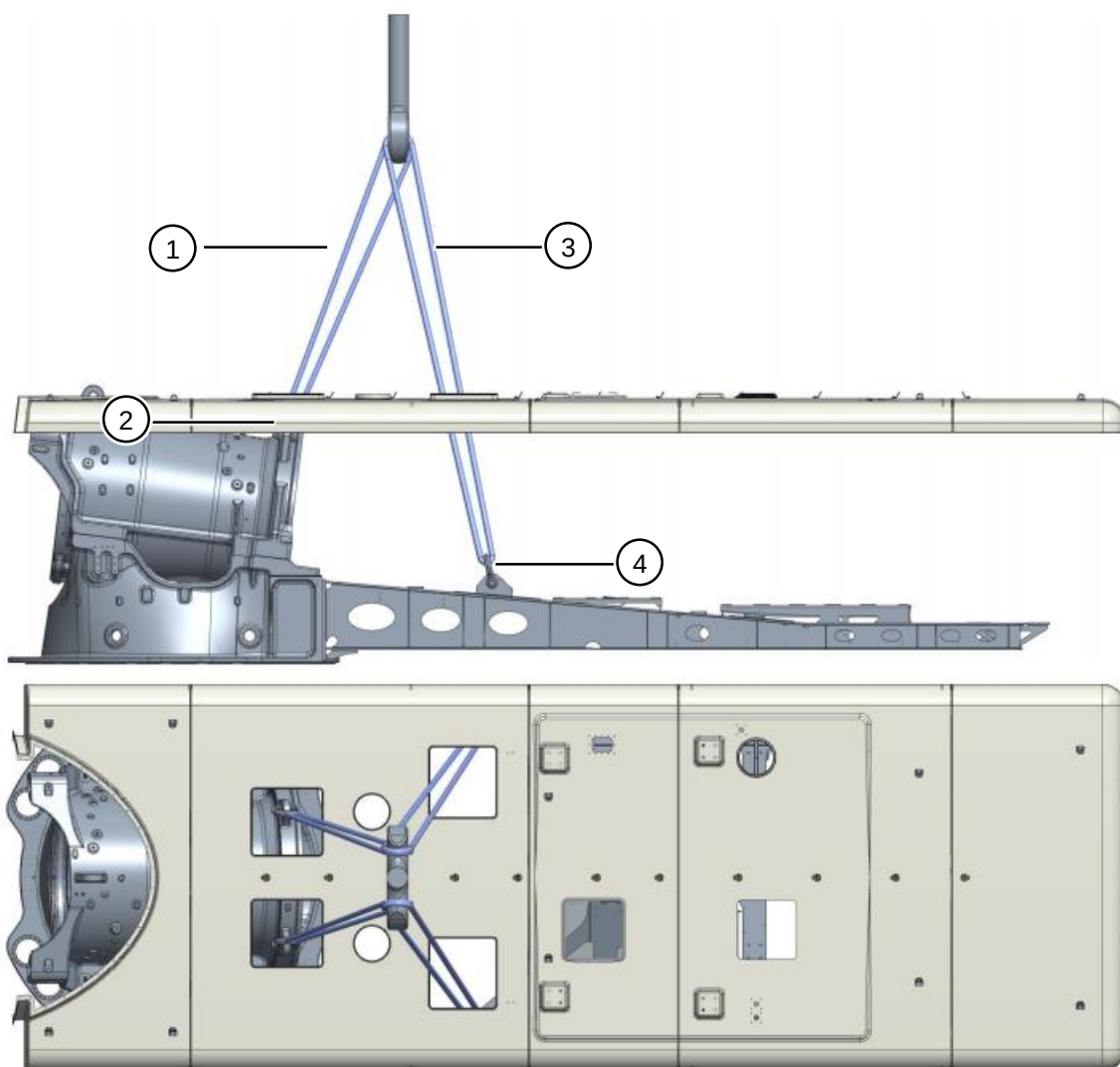


图 12-43 机舱-X 整体吊具

- | | |
|-----------------|----------------|
| 1. 50t×3.9m 吊带 | 2. T8 级 85t 卸扣 |
| 3. 60t×5.83m 吊带 | 4. T8 级 85t 卸扣 |

12.8.3 工具清单

机舱安装工具，见表 12-31。

表 12-31 工具清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	开口扳手	S24	1	个	发电机轴承径向压紧工装拆除
2	开口扳手	S16	1	个	
3	开口扳手	S17	1	个	
4	米尺	5m	2	个	双头螺柱外露长度测量
5	内六角扳手	12mm	2	个	双头螺柱安装
6	小电动扳手（含12mm转接头）	-	1	个	
7	力矩扳手	三型	1	个	机舱前吊座工装螺栓紧固
8	套筒	S55-1.5寸	1	个	

序号	名称	规格	数量	单位	备注
9	活动扳手	-	1	个	机舱尾部支撑拆除
10	M39液压拉伸器		2	个	机舱与塔筒连接螺栓紧固螺栓拉伸

12.8.4 物料清单

机舱安装物料，见表 12-32。

表 12-32 机舱紧固件清单

序号	名称	规格	数量	单位
1	双头螺柱	M39x615	148	个
2	螺母 M39	GB6170	148	个
3	垫片 39	GB/T1231 300HV	148	个

12.8.5 机舱螺柱外露长度

机舱双头螺柱端面与法兰面距离，见表 12-33 所示。

表 12-33 机舱双头螺柱外露长度L值

序号	规格	螺栓伸出法兰端面长度（mm）
1	M39x615	482±1 mm

12.8.6 机舱螺柱拉伸值

表 12-34 机舱双头螺柱拉伸值

序号	名称	规格	数量	终拧拉伸值
1	双头螺柱	M39x615	148	810 KN

12.8.7 安装准备

12.8.7.1 发电机前后轴承径向压紧工装拆除

说 明

发电机输入端与输出端均已安装径向压紧工装，确保机舱起吊前全部拆除。均为公司资产，服务公司现场项目经理负责回收。

1. 用 S24 开口扳手将 M16 螺母拆松，将 M16 螺栓拆除。
2. 将压紧弧形垫块及铜片拆下，并将发电机轴承径向压紧工装所有零部件妥善保管。

12.8.7.2 放置安装附件

将中压电缆配件、12G0.75 安全链线缆、400V 电源线缆、光纤（主控、视频或振动）、逃生装置及主轴连接螺栓等放置机舱内。

12.8.8 安装吊具及缆风绳

12.8.8.1 安装吊具

⚠ 危险

人员死亡或重度伤害的风险。

若选用其他吊点，可能会引起重心偏移或载荷超限，容易损坏设备或掉落击伤作业人员。

- 必须按照要求选择相应吊点，禁止选用要求以外的吊点。

1. 打开机舱罩顶部四个吊装孔孔盖，将拆卸的四个盖板放置于机舱内，确保其不损坏，不丢失。
2. 安装机舱吊具。
 - a. 安装常规机舱吊具。
 - ① 将 $60\text{t} \times 2.82\text{m}$ 吊带的一端连接到主起重机吊钩上，并在吊带的另一端安装 S6 级 85t 卸扣。
 - ② 将 $60\text{t} \times 5\text{m}$ 吊带的一端连接到主起重机吊钩上，并在吊带的另一端安装 T8 级 85 卸扣。
 - ③ 确保机舱同一侧的吊具挂在主起重机吊钩的同一侧。将吊具吊至机舱顶上，调整好吊具方向，四根索具缓缓落入。
 - ④ 通过 2 个 S6 级 85t 卸扣与传动链后轴承座吊耳连接，连接完成后插入开口销锁死，确保吊具安装牢固可靠。
 - ⑤ 通过 2 个 T8 级 85 卸扣与机舱后吊座连接，连接完成后插入开口销锁死，确保吊具安装牢固可靠。

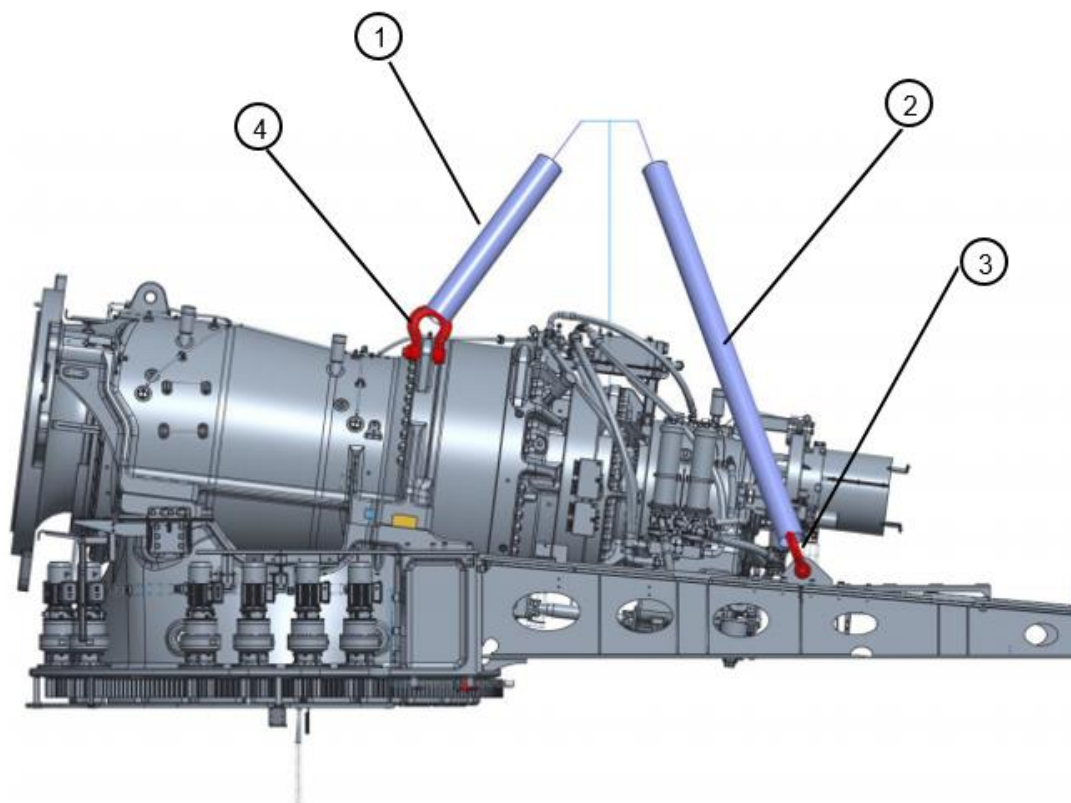


图 12-44 安装机舱吊具

1. 吊带 $60\text{t} \times 2.82\text{m}$ 2. 吊带 $60\text{t} \times 5\text{m}$ 3. T8级85t卸扣 4. S6级85t卸扣

- b. 安装机舱-X 吊具。

- ① 将 $50\text{t} \times 3.9\text{m}$ 吊带的一端连接到主起重机吊钩上，并在吊带的另一端安装 T8 级 85t 卸扣。
- ② 将 $60\text{t} \times 5.83\text{m}$ 吊带的一端连接到主起重机吊钩上，并在吊带的另一端安装 T8 级 85 卸扣。

- ③ 确保机舱同一侧的吊具挂在主起重机吊钩的同一侧。将吊具吊至机舱顶上，调整好吊具方向，四根索具缓缓落入。
- ④ 通过 2 个 S6 级 85t 卸扣与传动链后轴承座吊耳连接，连接完成后插入开口销锁死，确保吊具安装牢固可靠。
- ⑤ 通过 2 个 T8 级 85 卸扣与机舱后吊座连接，连接完成后插入开口销锁死，确保吊具安装牢固可靠。

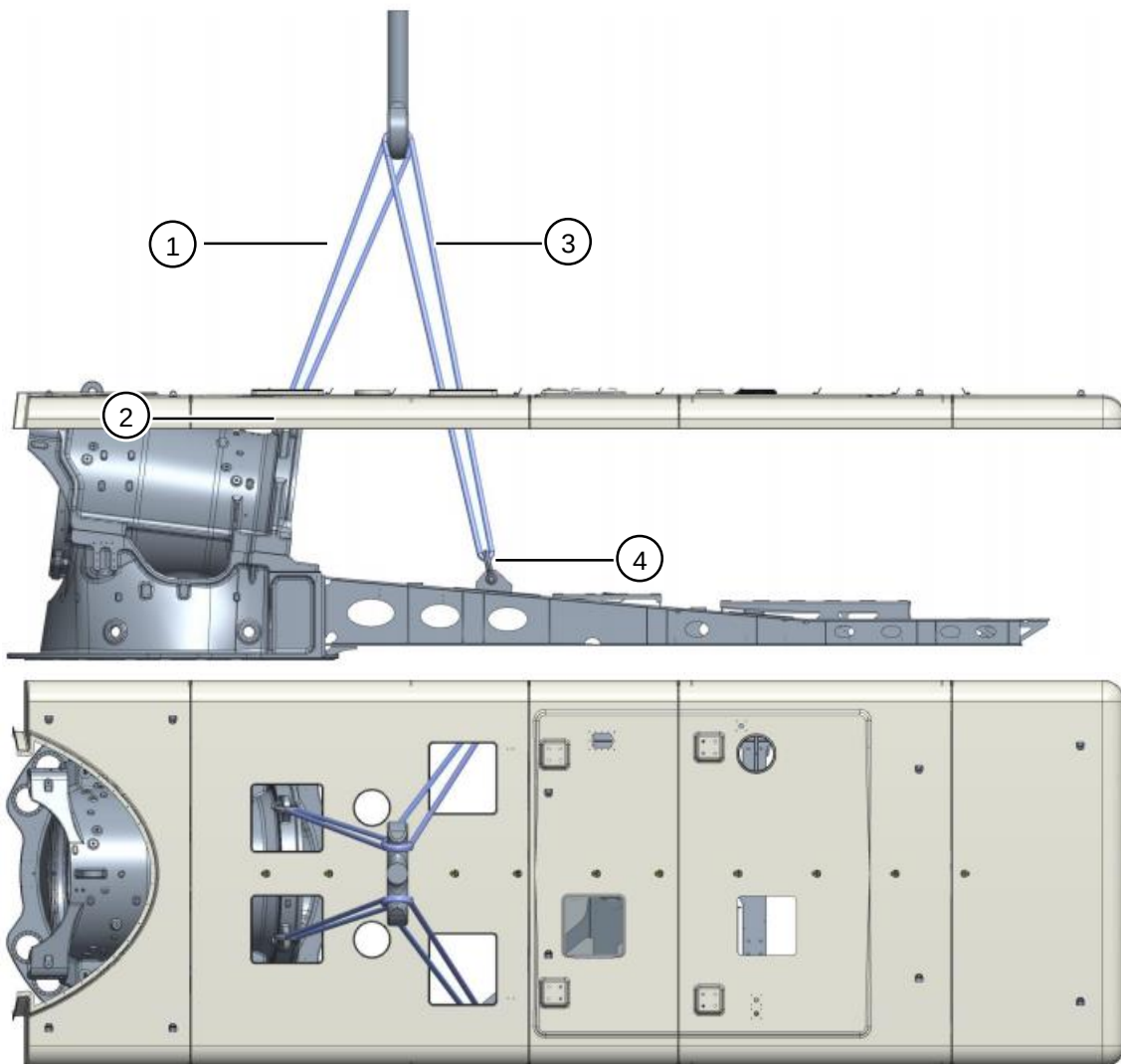


图 12-45 机舱-X 整体吊具

- | | |
|-----------------|----------------|
| 1. 50t×3.9m 吊带 | 2. T8 级 85t 卸扣 |
| 3. 60t×5.83m 吊带 | 4. T8 级 85t 卸扣 |

12.8.8.2 安装缆风绳

1. 安装机头位置缆风绳。

说明

在机舱头部系一根缆风绳。缆风绳从主轴螺栓安装孔穿入机舱，绑在轴承座吊点上。缆风绳与主轴螺栓安装孔接触部位垫胶皮防护，防止磨损缆风绳。

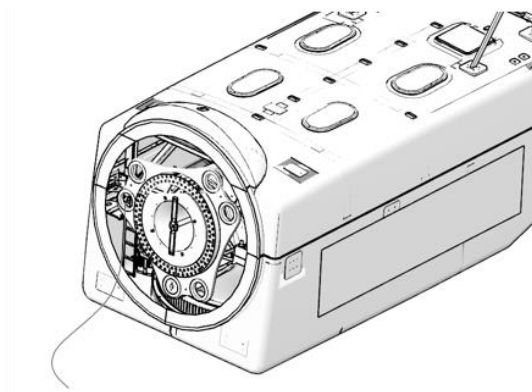


图 12-46 安装机头位置缆风绳

2. 安装机尾位置缆风绳。

说明

在机舱尾部系挂一根缆风绳。打开机舱尾部吊物孔盖板，在机舱后底架的立柱上系一根缆风绳，确保缆风绳受力不伤及线缆。

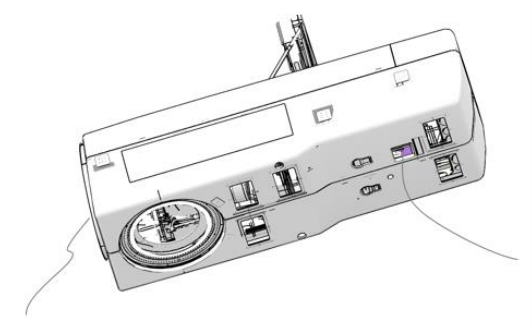


图 12-47 安装机尾位置缆风绳

12.8.9 拆除运输底座

说明

机舱运输底座（含安装螺栓）、尾部支承、后底架固定装置（含安装螺栓）均为公司资产，回收利用。

1. 在拆除主机运输底座前先进进行试吊。起吊主机至 1 米高度后观察基座底面水平度，如倾斜太多则放下主机后重新调节前后索具至合适长度。

说明

- 吊装前务必检查处于锁紧状态，不处于锁紧状态严禁吊装。
- 当把手处于松开状态工装不脱落时，须排查原因，必要时将压杆和压板松动后，整体拆卸。
- 任何时候人员不得站在工装下方。

2. 拆除机舱前运输底座安装螺栓。
拆除左右两侧各 8 组（16 个 M39×220）固定螺栓。
3. 拆除机舱尾部运输支撑。
拆除尾部支撑与机舱底架 8 个 M16×50 连接螺栓（4 个/端）、8 个平垫圈、8 个弹性垫圈，缓慢起吊机舱，防止磕坏机舱罩。
4. 安装尾部运输支撑盖板。
用 18 个 M12×30 螺钉、18 个平垫圈将尾部运输支撑盖板安装。

12.8.10 机舱吊装过程

说明

- 确保机舱罩外表面无明显划伤、开裂及破损。
- 确保机舱罩顶部、侧面密封胶无明显缺失及开裂。
- 确保主轴前端面法兰表面无异物及油污残留。
- 确保主轴前端面法兰表面无毛刺或磕碰等造成的凸起，如有存在需使用锉刀砂纸打磨平整，然后使用喷锌防腐。
- 确保变压器室机舱底部散热格栅罩衣拆除。
- 确保齿轮箱空气滤芯外包装（保鲜膜和胶带）全部拆除。
- 检查确认主轴端面上的滑环线表面无明显破损，且绑扎牢固，无松动。
- 检查确认吊带无破损、卸扣无裂痕等。
- 检查确认缆风绳无磨损，断裂，拼接。
- 检查齿轮箱液位是否在液位线中间值以上，如不满足要求在运行调试前按要求补油至位线中间值以上。
- 机舱起吊后应呈水平状态。若前高后低，需在前面加卸扣进行调整，直至水平为止。若前低后高，需在后面加卸扣进行调整，直至水平为止。

1. 缓缓吊起机舱，使其与运输底座分离。
2. 检查偏航齿圈与塔筒接触面是否有损伤，确保无油污、无异物。

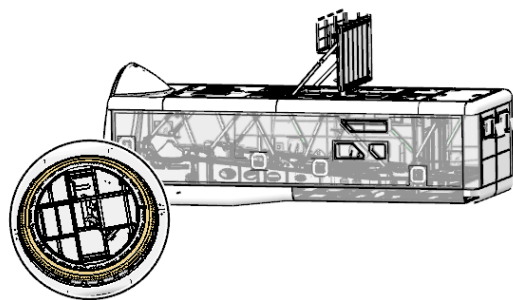


图 12-48 检查偏航齿圈

3. 安装塔筒与偏航轴承连接的双头螺柱，外露长度 $482 \pm 1\text{mm}$ （双头螺柱外露端面至偏航轴承盘法兰面的距离）。

说明

M39 双头螺柱不含内六角的一端拧入偏航轴承，螺纹部分严禁涂抹锁固剂。

4. 将机舱吊至顶段塔筒上方时，利用缆风绳控制机舱，调整机舱朝向，根据主起重机站位和风轮吊装姿态确定好机舱位置（严禁主起重机大臂与机舱中心正对，建议主起重机大臂左侧对准机舱中心）。
5. 安装机舱导向销。
6. 待机舱接近顶段塔筒上法兰时，将机舱底部偏航齿圈对角位置 2 个双头螺柱拆下，安装 2 根定位销。
7. 缓缓下放机舱，在定位销的帮助下，使机舱法兰与塔筒法兰对齐并接触。
8. 拆除定位销，手动将 2 个双头螺柱安装。
9. 安装所有螺母和垫圈。螺母处垫圈倒角朝向螺母。螺母带有钢印一端超外。

12.9 偏航螺栓紧固

说明

终拧力矩以项目《高强度紧固件安装及维护力矩规定》为准。

1. 第一次拉伸力紧固。
用 $1000\text{N}\cdot\text{m}$ 的电动扳手或用液压拉伸器按 30%终拧拉伸力进行紧固。

说明

- 每个螺栓紧固后用油漆笔或其他附着力强、不易褪色的笔在在螺栓头上标记符号“—”。
- 紧固顺序为十字对角。

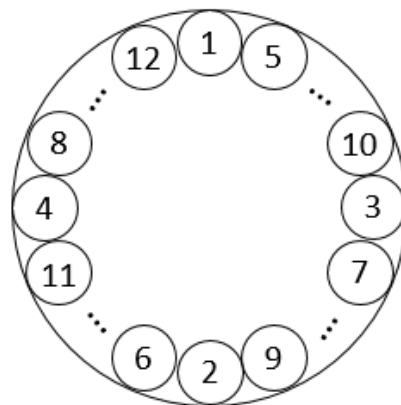


图 12-49 螺栓紧固顺序

2. 第二次拉伸力紧固。
使用拉伸器按 70%终拧预紧力进行紧固。

说明

- 每个螺栓紧固后用油漆笔或其他附着力强、不易褪色的笔在在螺栓头上标记符号“l”，与“—”形成“十”。
- 紧固顺序为十字对角。

3. 第三次拉伸力紧固。
用拉伸器按 100%终拧预紧力进行紧固。

说明

- 每个螺栓紧固后用油漆笔或其他附着力强、不易褪色的笔在在螺栓头上标记符号“○”，与“十”形成“⊕”。
- 紧固顺序为十字对角。

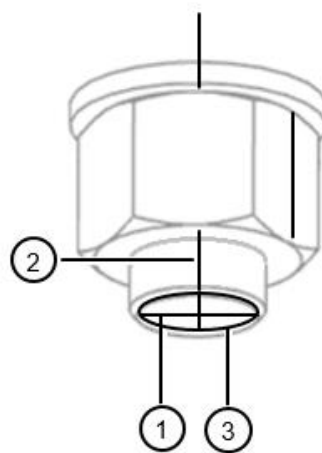


图 12-50 力矩标识线

1.30%力矩标识线 2.70%力矩标识线
3.100%力矩标识线

12.10 机组无叶片过夜防护

说明

若机舱安装完成后，24~48 小时内无法进行后续作业，必须安装机舱吊具，使用起重机带力抗涡，起重机带力不低于 70t。

1. 手动偏航使机尾面向主风向, 封堵机舱及塔底进风口 (进线孔及塔筒门)。
2. 参照图 12-51 在机舱尾部安装一根缆风绳。
3. 在机舱头部左右各安装一根缆风绳, 确保缆风绳受力不伤及机舱罩。

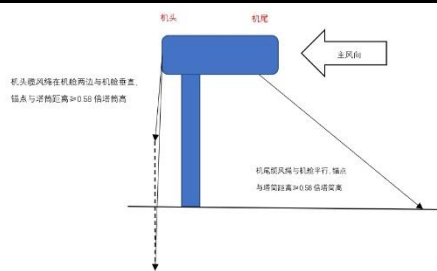


图 12-51 机舱抗涡激

12.11 偏航接脂盒组件安装

1. 将提前放置的 12 块偏航接脂板在机舱底部沿塔筒一圈布置。必要时可偏航操作。
2. 机舱完成吊装后, 每块接脂板使用 3 件 M10×20 螺栓+垫片, 连接到顶塔筒外壁对应螺纹孔上。每块接脂板之间使用 2 件 M10×35 螺栓, 4 件垫片, 2 件螺母连接起来。防尘毛刷安装在接脂盒外侧立板上。

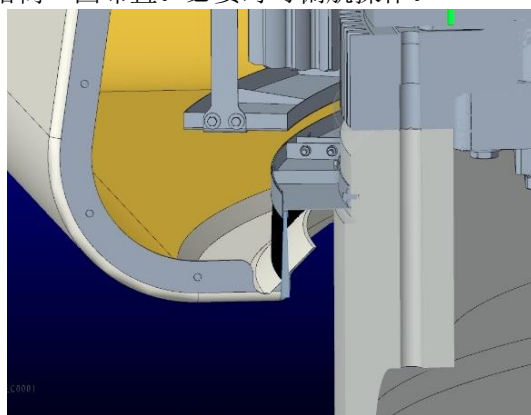


图 12-52 偏航接脂盒安装位置

12.12 收尾工作

说明

- 机舱安装完毕后, 必须从上向下将所有高强度螺栓 (偏航、塔筒及锚栓) 的拉伸力或力矩打至 100% 终拧拉伸力或力矩。
- 如遇大风不能及时安装风轮, 关闭塔底所有通风口, 并使用外置发电机 (吊装公司或建设单位自备) 将机舱偏航至当前主风向。

1. 待塔筒顶法兰与机舱连接的所有双头螺柱紧固到 70% 终拧要求, 将吊具拆除。
2. 安装 4 个吊装孔盖板, 每个盖板使用 4 组紧固件。
3. 使用毛刷和抹布除去灰尘、颗粒, 在盖板内侧缝隙和内侧缝隙处涂抹密封胶。
4. 清理整个机舱。
5. 关闭机舱天窗、机舱尾部吊物孔盖板以及机头处进轮毂便捷口盖板。
6. 检查机舱吊点处防腐是否被破坏, 如破坏刷涂水性涂料防腐。
7. 检查安全逃生装置是否缺失, 扎紧逃生包口并将其放置于变压器室隔离板左侧与机舱罩形成的角落里。

12.12.1 安装齿轮箱水冷管路

说明

机舱内水管安装过程中要调整好管路姿态, 确保安装之后与油管间距 $\geq 30\text{mm}$ 。

1. 安装齿轮箱水箱端管路。

使用 1 组重型卡箍 DN50 连接 CLX-B-4 和出水口上的 CLX-B-3。使用 1 组重型卡箍 DN50 连接 CLX-B-2 和进水口上的 CLX-B-3。卡箍螺栓螺纹连接处涂抹润滑剂。卡箍螺栓注意螺栓方向相反，M10 螺栓力矩 $15\pm 1\text{Nm}$ 。

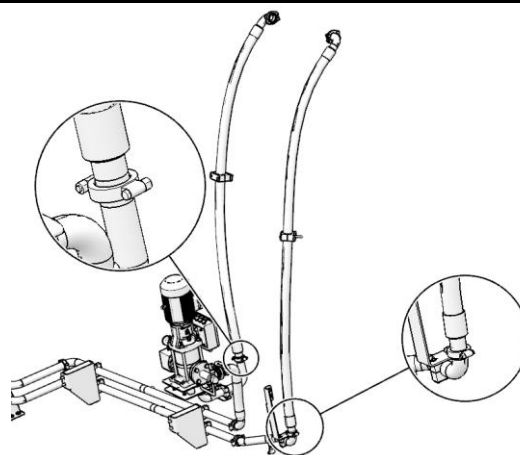


图 12-53 安装齿轮箱水箱端管路

2. 详细连接点如图 12-53 所示。

说 明

管夹螺栓暂不紧固，所有管路调整完成后，拧紧即可。

在安装单根水冷管路时，才可拆除水冷管路的防护堵头。未装配的管路需确保有堵头密封。

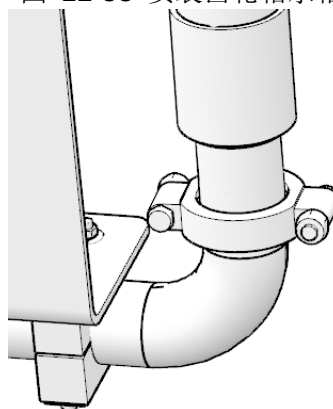


图 12-54 卡箍示意

13. 安装机舱（分体吊装）

⚠ 危险

人员死亡或重度伤害的风险。

风速超过吊装风速要求，主起重机稳定性差且机舱姿态无法控制，容易与周边设备产生撞击或掉落击伤作业人员。

- 严格按照风速要求作业，风速超过 10m/s 时，严禁进行机舱吊装作业。

13.1 安装流程图

机舱安装主要包括准备工作、安装前罩沿、安装变压器、安装水冷系统（含舱外气象附件）、吊装机舱、收尾工作 6 部分，安装时间大约 8 小时（若并行作业，时间可缩短至 4 小时）。机舱安装流程如图 13-1 所示：

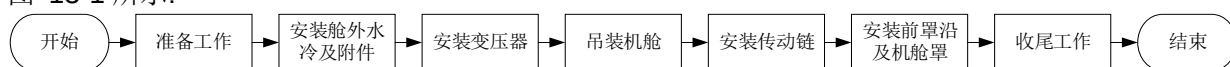


图 13-1 机舱安装流程图

13.2 安装变压器

说明

若出厂未安装，现场安装按照《915 平台风力发电机组变压器机械安装指导书》执行。

13.3 水冷支架卸货

13.3.1 拆除机舱前顶罩

1. 安装四腿吊带。

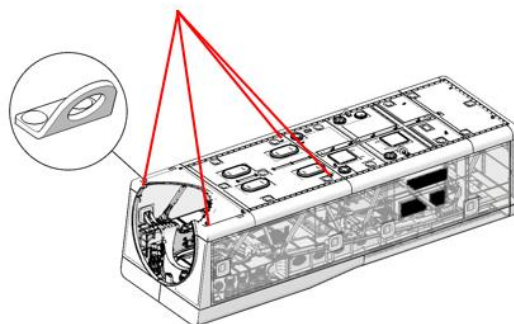


图 13-2 安装机舱前端罩吊具

2. 拆除机舱前端罩与机舱罩左右罩体以及中端罩体 M12×50 连接螺栓。

说明

- 螺栓力矩值 65N.m。
- 连接螺栓要妥善保存，并放置在机舱内。

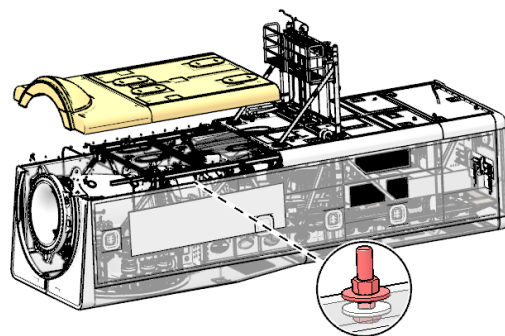


图 13-3 拆除机舱前端罩

13.3.2 拆除机舱架横梁

1. 拆除机舱第一支撑横梁。

说明

- 螺栓力矩值 210N.m。
- 连接螺栓要妥善保存，并放置在机舱内。

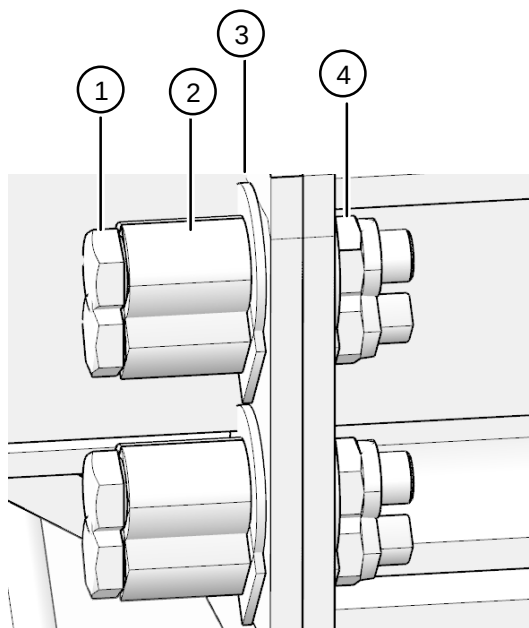


图 13-4 拆除机舱架前端横梁

1. 螺栓 M16×90 2. 垫圈 16-38
3. 垫圈 16 4. M16 螺母

2. 参照步骤 1 拆除机舱第二支撑横梁。

13.3.3 水冷支架卸货

说明

水冷散热片质软易损，吊具安装与吊离过程要谨慎，防止磕伤损坏。

1. 拆除运输工装与机舱底架连接螺栓。
2. 拆除运输工装与机舱底架连接绑带。

3. 使用四腿吊链将水冷支架吊至机舱外安全宽阔区域。

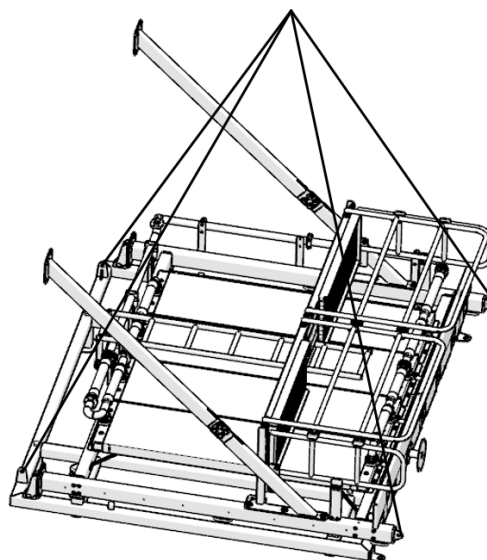


图 13-5 水冷支架卸货

13.4 安装舱外走线管

13.4.1 工具清单

表 13-1 走线管安装工具清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	扭矩扳手	25-100N·m	2	个	M10螺栓力矩紧固
2	开口扳手	S16	2	个	M10螺栓紧固
3	套筒	S16	2	个	M10螺栓紧固

13.4.2 物料清单

表 13-2 走线管安装物料清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	走线管	-	2	个	水冷之间安装附件及防雷接地线走线管
2	螺栓	M10×20	8	个	走线管与机舱罩连接
3	垫圈	10	8	个	
4	弹簧垫圈	10	8	个	

13.4.3 安装走线管

1. 清理走线管安装位置，并用锉刀将走线管安装底座毛刺清理。
2. 用 4 个 M10×20 螺栓、4 个垫圈、4 个弹簧垫圈将走线管安装并紧固。力矩值 $35\pm 3\text{N}\cdot\text{m}$ 。

- 外露螺栓及底座与机舱罩缝隙涂抹密封胶。

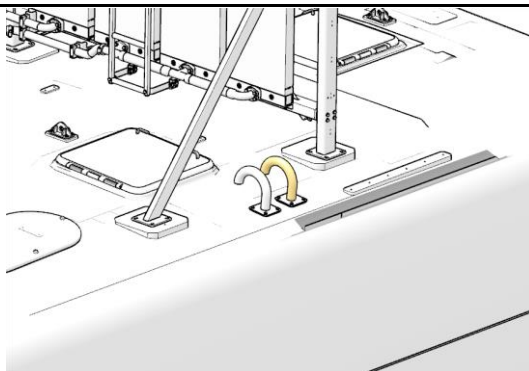


图 13-6 安装机舱顶部走线管

13.4.4 舱外线束布置

- 紧固风速仪、风向标、超声波之前，确保所有线束均已安装，并参照《915 平台风力发电机组电气安装手册》将线束固定，引入机舱内部。
- 防雷接地线安装参照《915 平台风力发电机组电气安装手册》将线束固定，引入机舱内部。

13.5 机舱附件安装收尾

- 按照工具清单清点工具，并将其放入对应工具箱。
- 将多余工具、紧固件、密封胶、二硫化钼等物料放回物料收纳箱。
- 检查并清理机舱顶部，确保无工具、无紧固件、无杂物。

13.6 吊装机舱

说 明

舱安装之前确保所有塔筒（含锚栓）力矩紧固到 70%终拧力矩。

13.6.1 机舱参数

机舱参数，见表 13-3。

表 13-3 机舱参数

序号	名称	规格	重量	备注
1	机舱（不含传动链）	14838×4900×3872	70t	-
2	机舱（不含传动链和箱变）	14838×4900×3872	57t	-

13.6.2 吊具清单

13.6.2.1 机舱分体吊装吊具清单

表 13-4 常规机舱分体吊装吊具清单

序号	名称	规格	数量	单位	吊点位置	备注
1	梁体	95t	1	个	-	不装配重块
2	圆吊带	80t×3.3m	1	根	前吊点	高强环形
3	卸扣	35t-S6级	4	个		-
4	吊带	40t×2.5m	2	根		-

序号	名称	规格	数量	单位	吊点位置	备注
5	前吊座	-	2	个	后吊点	螺栓紧固力矩 1000Nm
6	圆吊带	80t×3.9m	1	根		高强环形
7	卸扣	55t-S6级	4	个		-
8	吊带	50t×2.85m	2	根		
9	后吊座	-	2	个		螺栓紧固力矩 1000Nm

表 13-5 机舱-X分体吊装吊具清单

序号	名称	规格	数量	单位	吊点位置	备注
1	梁体	95t	1	个	-	前侧不装配重块
2	圆吊带	80t×3.8m	1	根	前吊点	高强环形
3	卸扣	35t-S6级	4	个		-
4	吊带	35t×2.5m	2	根		-
5	前吊座	-	2	个		螺栓紧固力矩 1000Nm
6	圆吊带	80t×4m	1	根	后吊点	高强环形
7	卸扣	55t-S6级	4	个		-
8	吊带	50t×2.85m	2	根		
9	后吊座	-	2	个		螺栓紧固力矩 1000Nm

13.6.2.2 机舱分体吊装吊具结构图

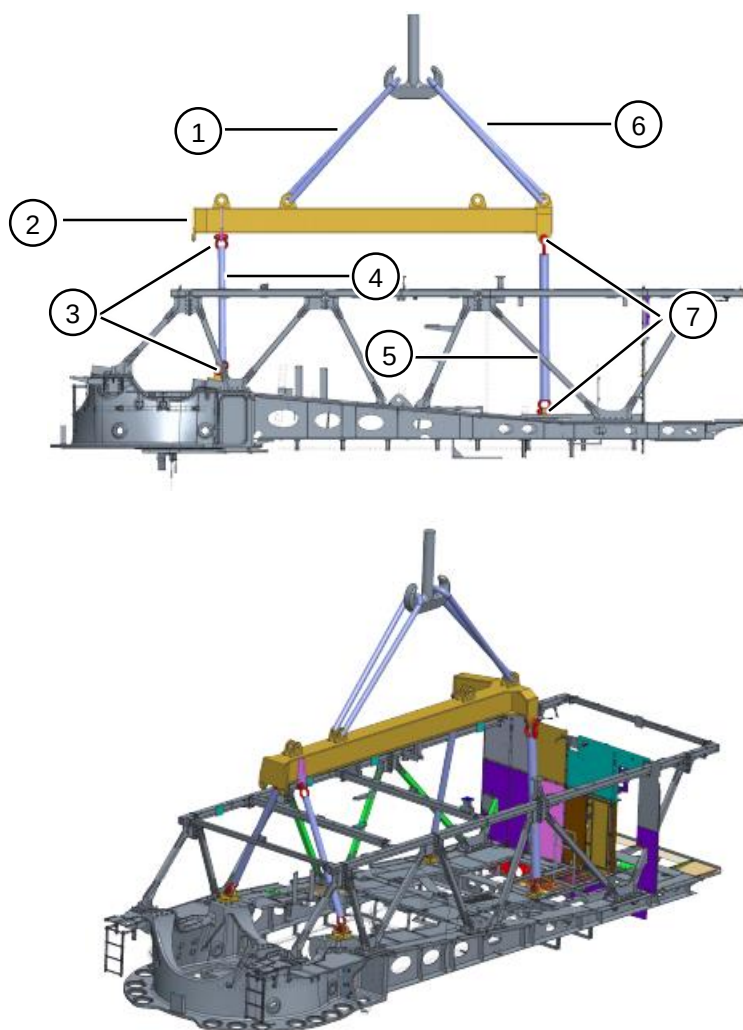


图 13-7 常规机舱分体吊具

- | | | | |
|----------------|----------------|-------------|---------------|
| 1. 吊带80t×3.33m | 2. 梁体 | 3. S6级35t卸扣 | 4. 吊带40t×2.5m |
| 5. 吊带50t×2.85m | 6. 吊带80t×3.39m | 7. S6级55t卸扣 | |

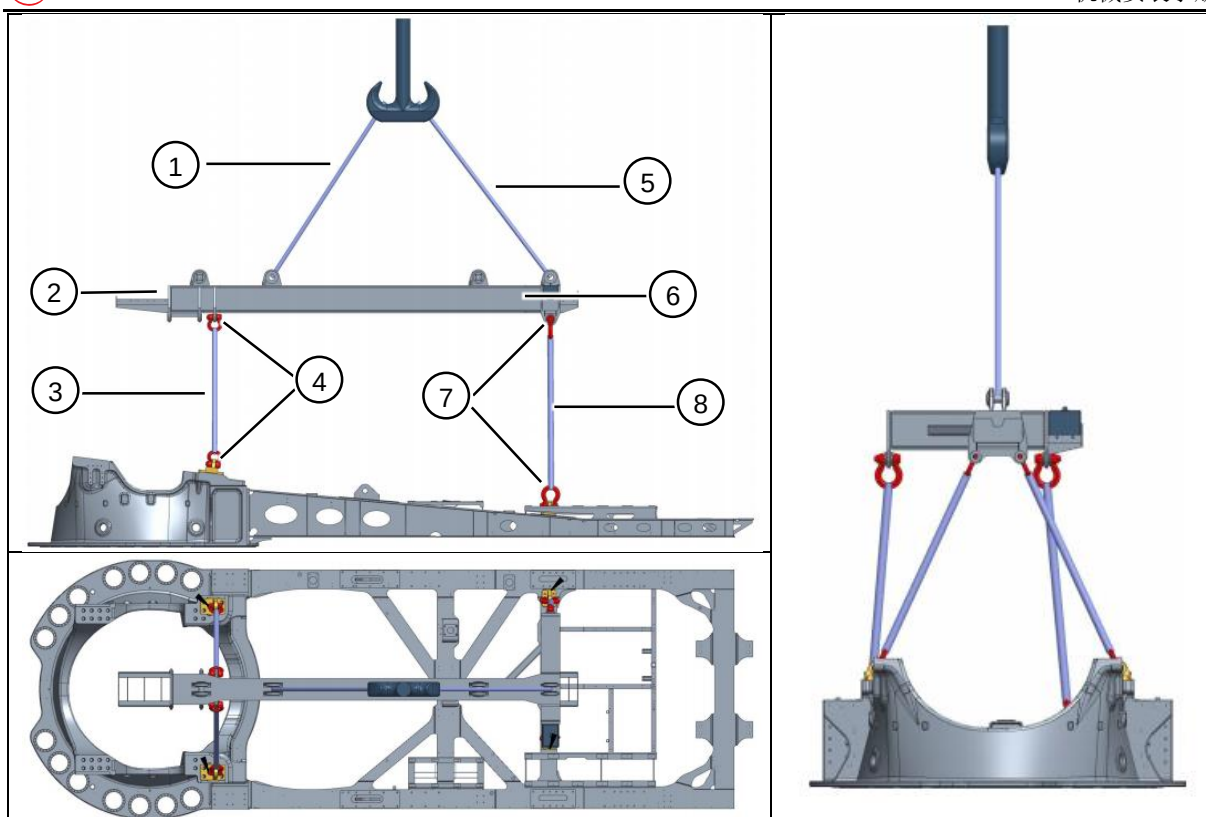


图 13-8 机舱-X 分体吊具

1. 吊带80t×3.8m 2. 不加配重块 3. 吊带35t×2.5m 4. S6级35t卸扣
5. 吊带80t×4m 6. 梁体 7. S6级55t卸扣 8. 吊带40t×2.8m

13.6.3 工具清单

机舱安装工具，见表 13-6。

表 13-6 工具清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	开口扳手	S24	1	个	发电机轴承径向压紧工装拆除
2	开口扳手	S16	1	个	
3	开口扳手	S17	1	个	
4	米尺	5m	2	个	双头螺柱外露长度测量
5	内六角扳手	12mm	2	个	双头螺柱安装
6	小电动扳手（含12mm转接头）	-	1	个	
7	力矩扳手	三型	1	个	机舱前吊座工装螺栓紧固
8	套筒	S55-1.5寸	1	个	
9	活动扳手	-	1	个	机舱尾部支撑拆除
10	M39液压拉伸器		2	个	机舱与塔筒连接螺栓紧固螺栓拉伸

13.6.4 物料清单

机舱安装物料，见表 13-7。

表 13-7 机舱紧固件清单

序号	名称	规格	数量	单位
1	双头螺柱	M39x615	148	个
2	螺母 M39	GB6170	148	个
3	垫片 39	GB/T1231 300HV	148	个

13.6.5 机舱螺柱外露长度

机舱双头螺柱端面与法兰面距离，见表 13-8 所示。

表 13-8 机舱双头螺柱外露长度L值

序号	规格	螺栓伸出法兰端面长度（mm）
1	M39x615	482±1 mm

13.6.6 机舱螺柱拉伸值

表 13-9 机舱双头螺柱拉伸值

序号	名称	规格	数量	终拧拉伸值
1	双头螺柱	M39x615	148	810 KN

13.6.7 安装准备

13.6.7.1 发电机前后轴承径向压紧工装拆除

说 明

发电机输入端与输出端均已安装径向压紧工装，确保机舱起吊前全部拆除。均为公司资产，服务公司现场项目经理负责回收。

1. 用 S24 开口扳手将 M16 螺母拆松，将 M16 螺栓拆除。
2. 将压紧弧形垫块及铜片拆下，并将发电机轴承径向压紧工装所有零部件妥善保管。

13.6.7.2 放置安装附件

将中压电缆配件、12G0.75 安全链线缆、400V 电源线缆、光纤（主控、视频或振动）、逃生装置及主轴连接螺栓等放置机舱内。

13.6.8 安装吊具及缆风绳

13.6.8.1 安装吊具

⚠ 危险

人员死亡或重度伤害的风险。

若选用其他吊点，可能会引起重心偏移或载荷超限，容易损坏设备或掉落击伤作业人员。

- 必须按照要求选择相应吊点，禁止选用要求以外的吊点。

1. 打开机舱罩顶部四个吊装孔孔盖，将拆卸的四个盖板放置于机舱内，确保其不损坏，不丢失。
2. 组装机舱吊具，并将吊带挂在主起重机吊钩上，确保机舱同一侧的吊具挂在主起重机吊钩的

同一侧。

3. 安装机舱吊具。

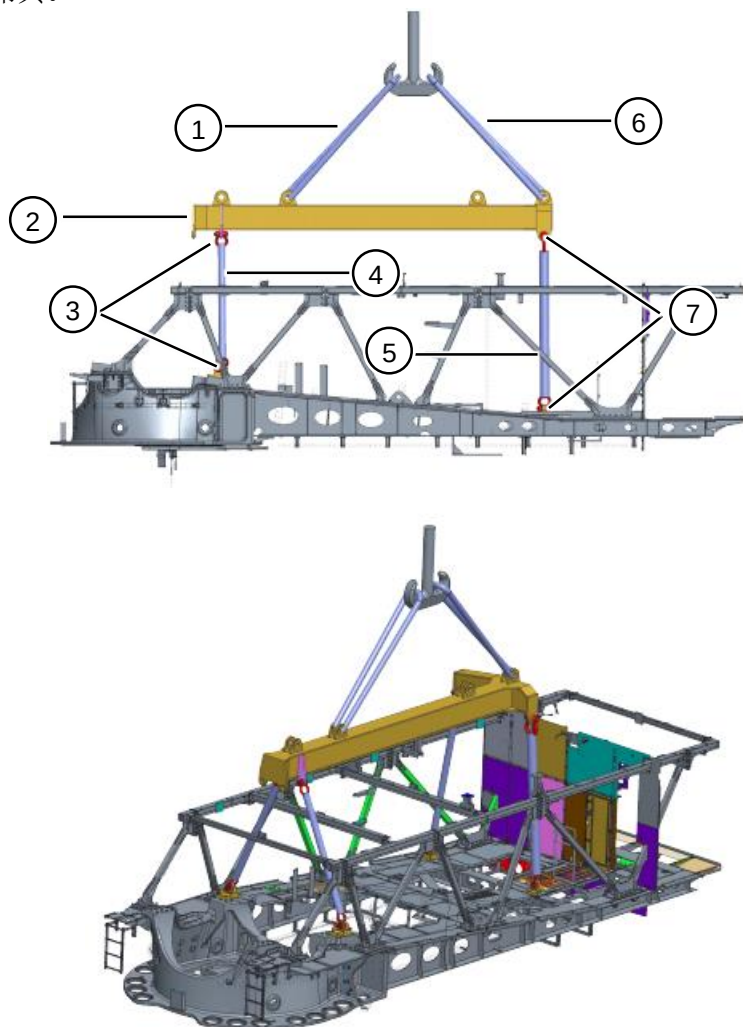


图 13-9 常规机舱分体吊具

- | | | | |
|----------------|----------------|-------------|---------------|
| 1. 吊带80t×3.33m | 2. 梁体 | 3. S6级35t卸扣 | 4. 吊带40t×2.5m |
| 5. 吊带50t×2.85m | 6. 吊带80t×3.39m | 7. S6级55t卸扣 | |

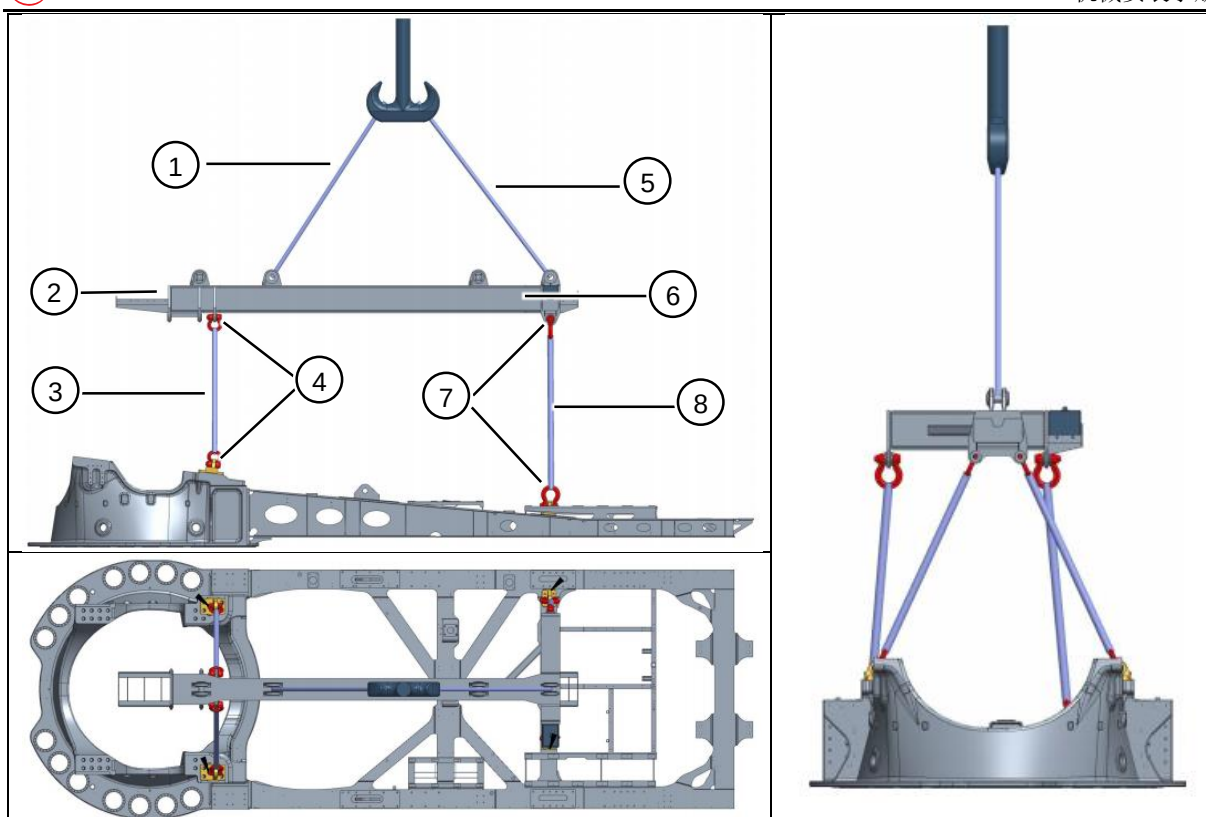


图 13-10 机舱-X 分体吊具

1. 吊带80t×3.8m

2. 不加配重块

3. 吊带35t×2.5m

4. S6级35t卸扣

5. 吊带80t×4m

6. 梁体

7. S6级55t卸扣

8. 吊带40t×2.8m

13.6.8.2 安装缆风绳

1. 安装机头位置缆风绳。

说明

在机舱头部系一根缆风绳。缆风绳从主轴螺栓安装孔穿入机舱，绑在轴承座吊点上。缆风绳与主轴螺栓安装孔接触部位垫胶皮防护，防止磨损缆风绳。

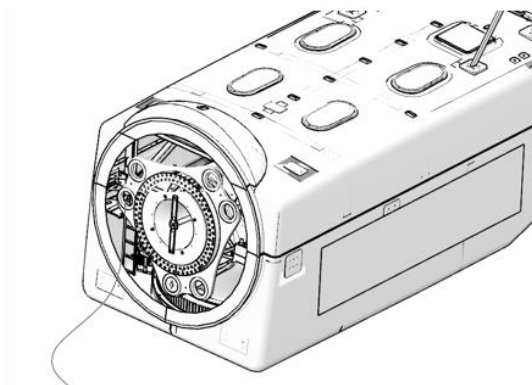


图 13-11 安装机头位置缆风绳

2. 安装机尾位置缆风绳。

说明

在机舱尾部系挂一根缆风绳。打开机舱尾部吊物孔盖板，在机舱后底架的立柱上系一根缆风绳，确保缆风绳受力不伤及线缆。

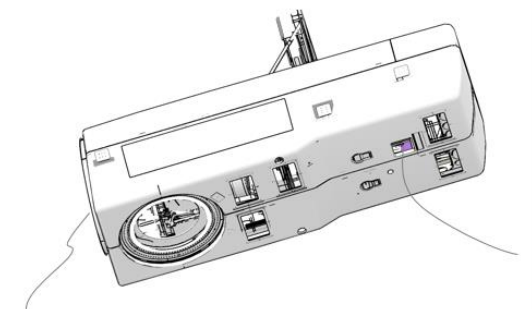


图 13-12 安装机尾位置缆风绳

13.6.9 拆除运输底座

说明

机舱运输底座（含安装螺栓）、尾部支承、后底架固定装置（含安装螺栓）均为公司资产，回收利用。

1. 在拆除主机运输底座前先进行试吊。起吊主机至 1 米高度后观察基座底面水平度，如倾斜太多则放下主机后重新调节前后索具至合适长度。

说明

- 吊装前务必检查处于锁紧状态，不处于锁紧状态严禁吊装。
 - 当把手处于松开状态工装不脱落时，须排查原因，必要时将压杆和压板松动后，整体拆卸。
 - 任何时候人员不得站在工装下方。
2. 拆除机舱前运输底座安装螺栓。
拆除左右两侧各 8 组（16 个 M39×220）固定螺栓。
 3. 拆除机舱尾部运输支撑。
拆除尾部支撑与机舱底架 8 个 M16×50 连接螺栓（4 个/端）、8 个平垫圈、8 个弹性垫圈，缓慢起吊机舱，防止磕坏机舱罩。
 4. 安装尾部运输支撑盖板。
用 18 个 M12×30 螺钉、18 个平垫圈将尾部运输支撑盖板安装。

13.6.10 机舱吊装过程

说明

- 确保机舱罩外表面无明显划伤、开裂及破损。
- 确保机舱罩顶部、侧面密封胶无明显缺失及开裂。
- 确保主轴前端面法兰表面无异物及油污残留。
- 确保主轴前端面法兰表面无毛刺或磕碰等造成的凸起，如有存在需使用锉刀砂纸打磨平整，然后使用喷锌防腐。
- 确保变压器室机舱底部散热格栅罩衣拆除。
- 确保齿轮箱空气滤芯外包装（保鲜膜和胶带）全部拆除。
- 检查确认主轴端面上的滑环线表面无明显破损，且绑扎牢固，无松动。
- 检查确认吊带无破损、卸扣无裂痕等。
- 检查确认缆风绳无磨损，断裂，拼接。
- 检查齿轮箱液位是否在液位线中间值以上，如不满足要求在运行调试前按要求补油至位线中间值以上。
- 机舱起吊后应呈水平状态。若前高后低，需在前面加卸扣进行调整，直至水平为止。若前低后高，需在后面加卸扣进行调整，直至水平为止。

1. 缓缓吊起机舱，使其与运输底座分离。

- 检查偏航齿圈与塔筒接触面是否有损伤，确保无油污、无异物。

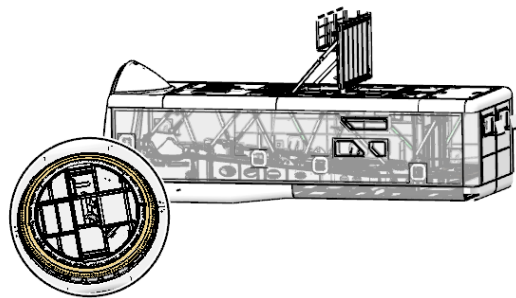


图 13-13 检查偏航齿圈

- 安装塔筒与偏航轴承连接的双头螺柱，外露长度 $482 \pm 1\text{mm}$ （双头螺柱外漏端面至偏航轴承盘法兰面的距离）。

说明

M39 双头螺柱不含内六角的一端拧入偏航轴承，螺纹部分严禁涂抹锁固剂。

- 将机舱吊至顶段塔筒上方时，利用缆风绳控制机舱，调整机舱朝向，根据主起重机站位和风轮吊装姿态确定好机舱位置（严禁主起重机大臂与机舱中心正对，建议主起重机大臂左侧对准机舱中心）。
- 装机舱导向销。
- 待机舱接近顶段塔筒上法兰时，将机舱底部偏航齿圈对角位置 2 个双头螺柱拆下，安装 2 根定位销。
- 缓缓下放机舱，在定位销的帮助下，使机舱法兰与塔筒法兰对齐并接触。
- 拆除定位销，手动将 2 个双头螺柱安装。
- 安装所有螺母和垫圈。螺母处垫圈倒角朝向螺母。螺母带有钢印一端超外。

13.7 安装传动链

13.7.1 传动链参数

表 13-10 传动链参数

序号	名称	规格	重量	备注
1	传动链	7111×3340×3458mm	86t	含运输工装 4t
2	传动链-X	6831×3340×3397mm	78t	含运输工装 4t

13.7.2 传动链吊具

13.7.2.1 传动链吊具清单

表 13-11 常规传动链安装吊具清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	吊带	20t×6.6m	1	根	对折使用
2	吊带	40t×3.1m	2	根	对折使用
3	弓形卸扣	55t	3	个	-
4	涤纶绳	φ 20×260m 3股	4	根	吊装缆风
5	定位销	传动链安装定位销	2	个	辅助传动

序号	名称	规格	数量	单位	备注
					链对接

表 13-12 传动链-X（南高齿）吊具清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	吊带	20t×6.44m	1	根	对折使用
2	吊带	40t×3.1m	2	根	-
3	弓形卸扣	T8级85t	3	个	-
4	吊带保护套	75t×1m	2	个	20t吊带使用
5	吊带保护套	100t×1m	2	个	40t吊带使用
6	涤纶绳	φ 20×260m 3股	4	根	吊装缆风
7	定位销	传动链安装定位销	2	个	辅助传动链对接

表 13-13 传动链-X（德力佳）吊具清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	吊带	25t×6.3m	1	根	对折使用
2	吊带	40t×3.1m	2	根	-
3	弓形卸扣	85t	3	个	-
4	吊带保护套	75t×1m	2	个	25t吊带使用
5	吊带保护套	100t×1m	2	个	40t吊带使用
6	涤纶绳	φ 20×260m 3股	4	根	吊装缆风
7	定位销	传动链安装定位销	2	个	辅助传动链对接

13.7.2.2 传动链吊具结构图

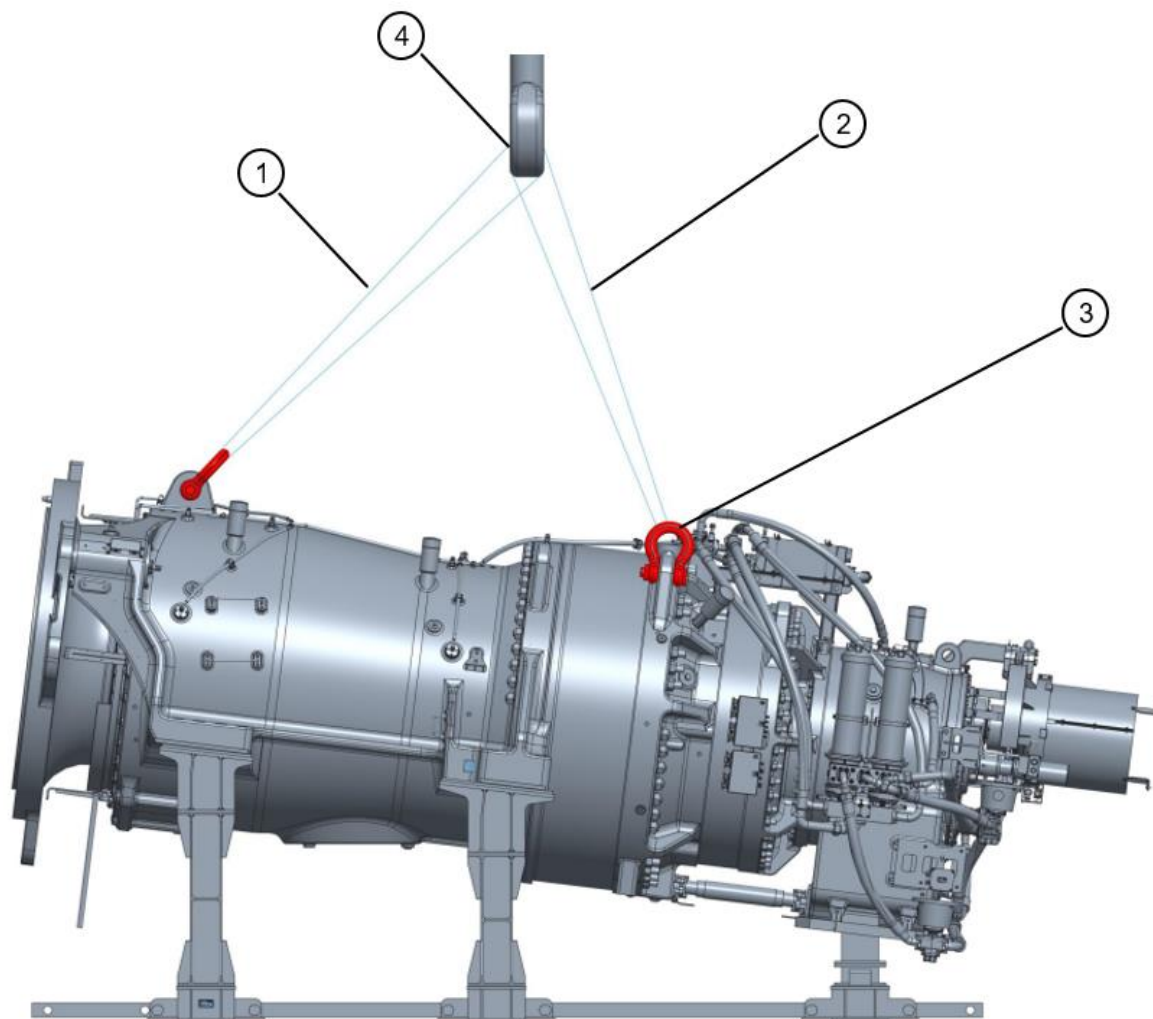


图 13-14 吊带式常规传动链吊具结构图

1. 吊带 20t×6.6m 2. 吊带 40t×3.1m 3. 55t 卸扣 4. 吊带保护套

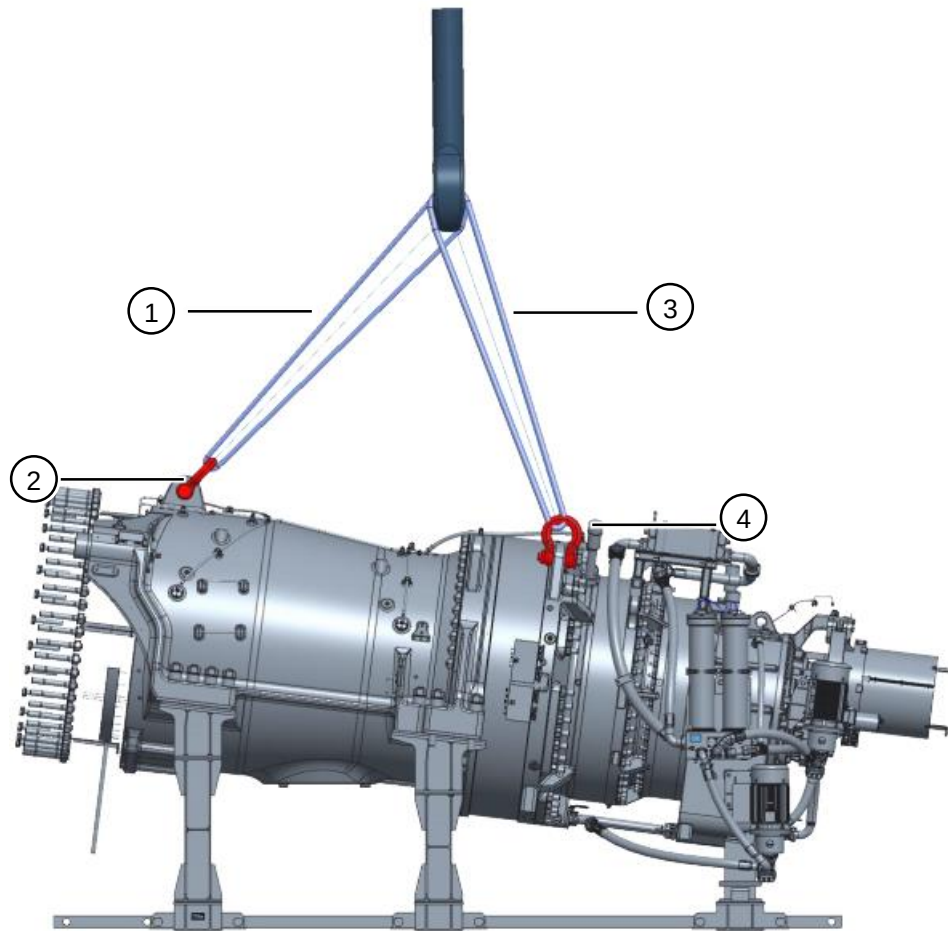


图 13-15 安装传动链-X（南高齿）卸车吊具

- 1. 20t×6.44m 吊带
- 3. 40t×3.1m 吊带

- 2. T8 级 85t 卸扣
- 4. T8 级 85t 卸扣

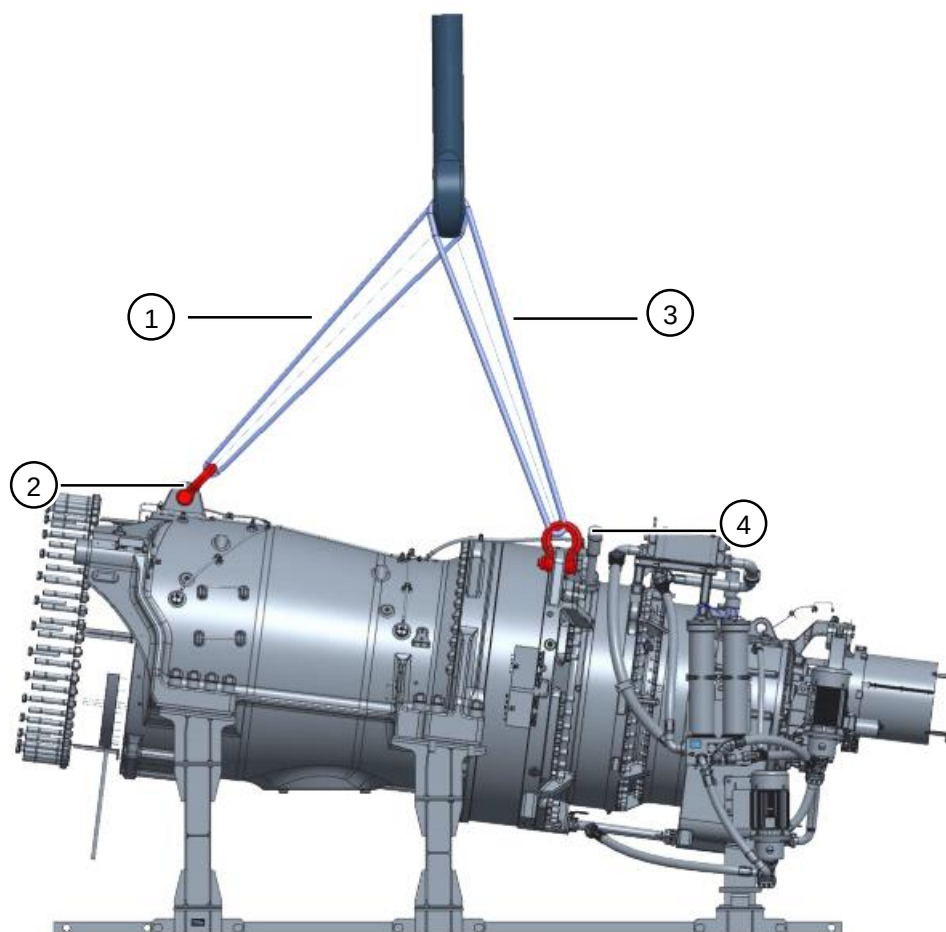


图 13-16 安装传动链-X（德力佳）卸车吊具

1. 25t×6.3m 吊带

2. T8 级 85t 卸扣

3. 40t×3.1m 吊带

4. T8 级 85t 卸扣

13.7.3 工具清单

表 13-14 工具清单

序号	名称及规格	数量	用途
1	十五型液压力矩扳手	2	传动链轴承座与机舱底架 M64 连接螺栓紧固
2	套筒 S95-2.5 寸	2	传动链与机舱底架 M64 连接螺栓预紧
3	呼啸电动扳手-1000N.m	2	
4	套筒 S24-3/4	2	机舱架前端横梁与机舱架纵梁 M16 连接螺栓预紧
5	开口扳手-S24	2	
6	力矩扳手 200-1000Nm-3/4 英寸	1	机舱架前端横梁与机舱架纵梁 M16 连接螺栓紧固
7	套筒 S18-1/2	2	机舱罩之间 M12 连接螺栓预紧
8	开口扳手-S18	2	
9	套筒 S19-1/2	2	
10	开口扳手-S19	2	
11	电动扳手-100N.m	1	机舱罩之间 M12 连接螺栓紧固
12	25-100N.m 力矩扳手	1	

序号	名称及规格	数量	用途
13	油漆记号笔	2	防松线标记

13.7.4 物料清单

表 13-15 集成式传动链安装物料清单

序号	名称及规格	数量	单位	备注
1	双头螺柱M64×435	16	个	前轴承座与机舱底架连接螺栓
2	垫圈64	16	个	
3	垫圈64-h70mm	16	个	
4	螺母M64	16	个	
5	双头螺柱M64×435	4	个	后下轴承座与机舱底架连接螺栓
6	垫圈64	4	个	
7	垫圈64-h70mm	4	个	
8	螺母M64	4	个	
9	双头螺柱M64×485	14	个	后轴承座与机舱底架连接螺栓
10	垫圈64	14	个	
11	垫圈64-h70mm	14	个	
12	螺母M64	14	个	

13.7.5 吊装传动链

1. 安装传动链吊具。

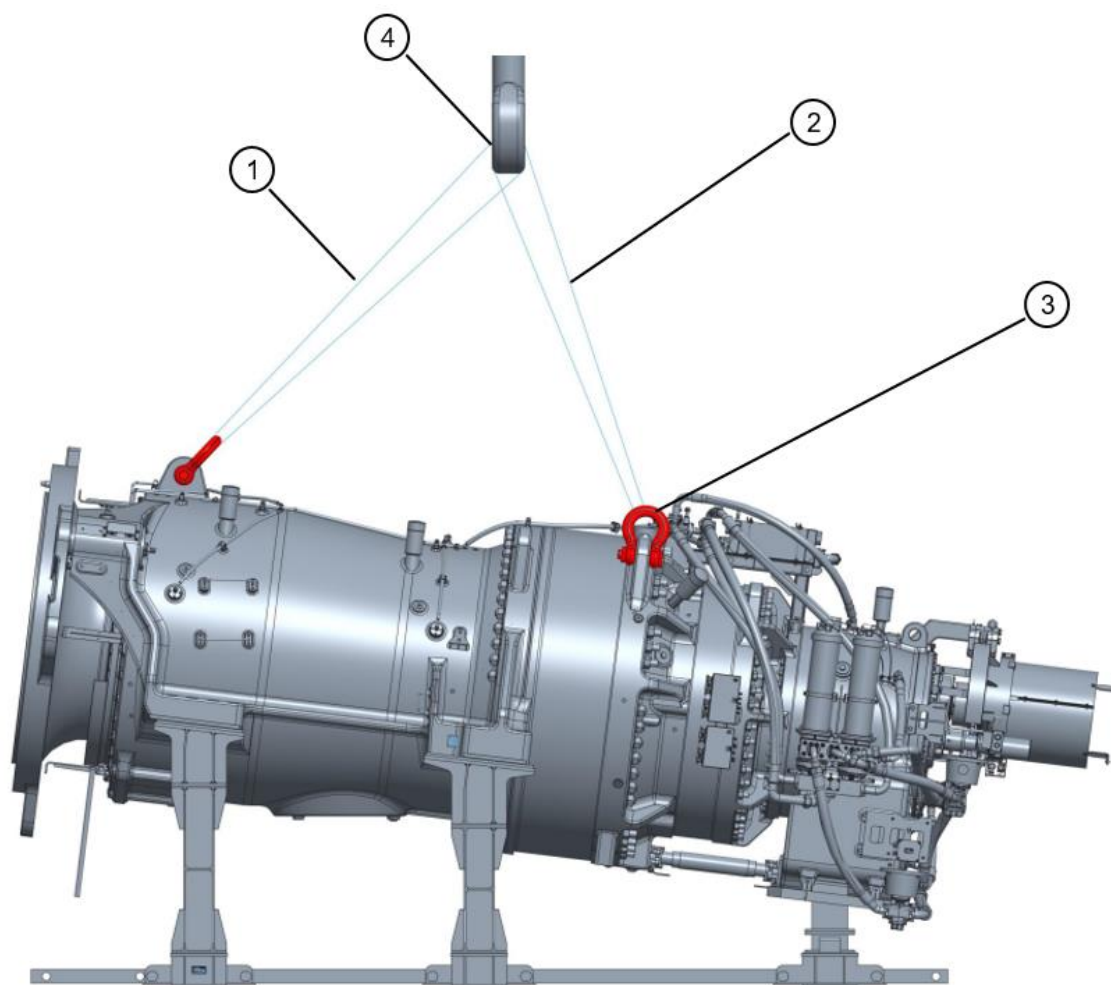


图 13-17 安装常规传动链吊具

1. 吊带 20t×6.6m

2. 吊带 40t×3.1m

3. 55t 卸扣

4. 吊带保护套

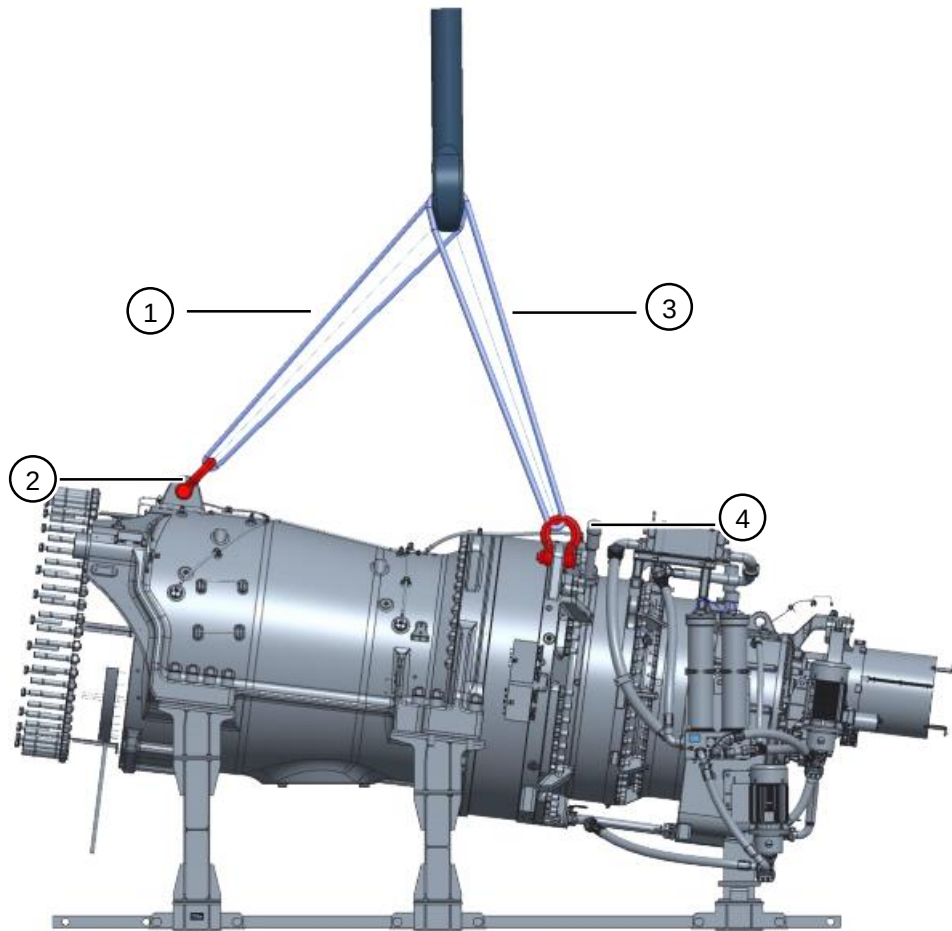


图 13-18 安装传动链-X（南高齿）吊具

- 1. 20t×6.44m 吊带
- 3. 40t×3.1m 吊带

- 2. T8 级 85t 卸扣
- 4. T8 级 85t 卸扣

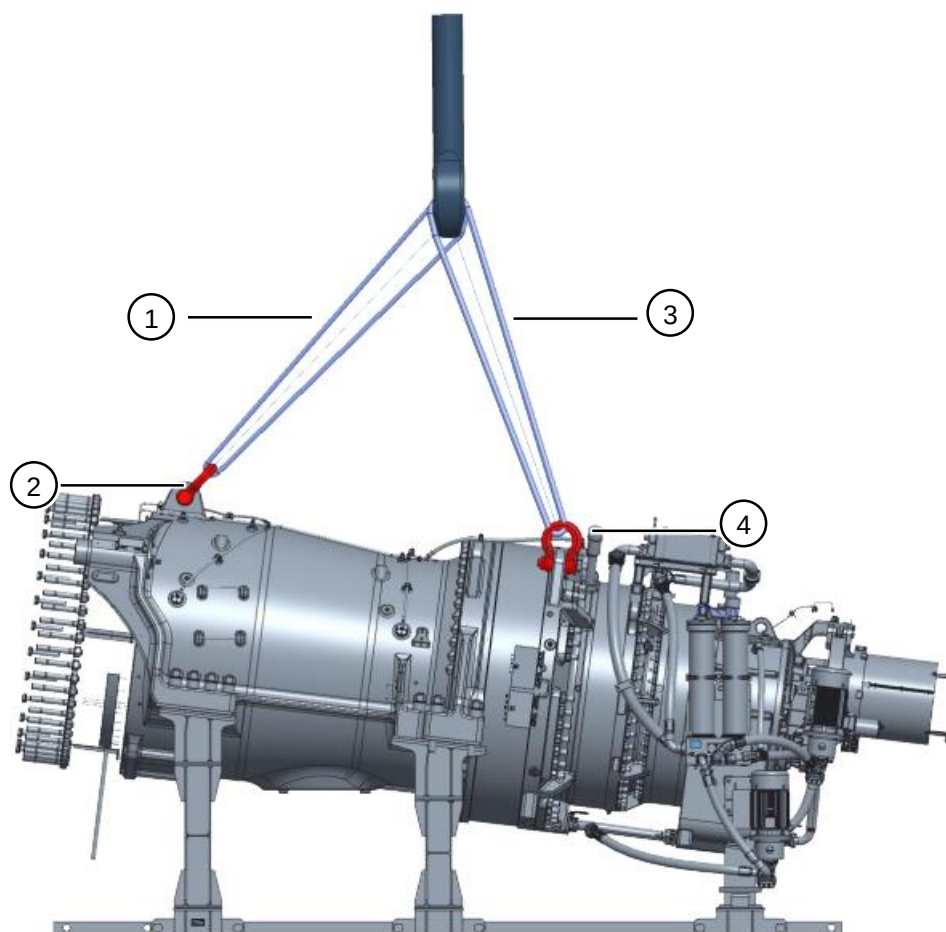


图 13-19 安装传动链-X（德力佳）吊具

- | | |
|----------------|----------------|
| 1. 25t×6.3m 吊带 | 2. T8 级 85t 卸扣 |
| 3. 40t×3.1m 吊带 | 4. T8 级 85t 卸扣 |
2. 拆卸传动链运输支撑。
拆卸传动链与运输支架连接螺栓并妥善堆放在一起。
 3. 清理法兰面。
拆除传动链与机舱连接法兰孔的封堵帽，清洗机舱底架与轴承座、齿轮箱支撑底座配合面、螺纹孔，保证无铁锈、毛刺、油污等，用螺栓试装，若螺栓旋入不畅，螺纹孔需攻丝。

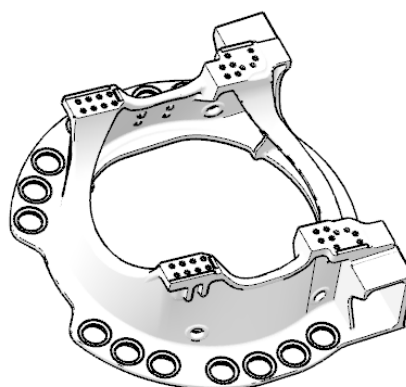


图 13-20 清理法兰面

4. 安装定位销工装。
在机舱底架的主轴安装面上对角安装 2 个传动链定位销工装。
5. 提升传动链。
缓慢起吊传动链至对接高度。缆风绳的操作人员控制住传动链的转动。

6. 确定传动链安装位置。
将传动链主轴法兰与机舱底座法兰面调整对齐，指挥吊车将传动链逐渐缓慢放至机舱底架上。

说 明

传动链下落过程保持缓慢、平稳，防止磕碰损坏传动链。传动链放至时注意弹性支撑位置，避免磕碰损坏弹性支撑。

7. 手动安装主轴与机舱底架连接螺栓。
- 双头螺柱（无内六角孔端）拧入机架螺纹孔内，螺纹露出端和螺母需涂抹润滑剂。垫片安装时，先安装加高垫片，再安装普通垫片。
 - 传动链与机舱底架两法兰螺栓孔对齐后，前轴承穿入 16 个 M64×435 双头螺柱，后轴承位置穿入 14 个 M64×485 双头螺柱，外露长度 149mm（螺栓端面至轴承座上表面法兰距离），双头螺柱安装过程中将 2 个定位销拆除。主轴与机舱底架连接时，确保主轴下面 4 个 M64×435 双头螺柱从下向上安装紧固到位，外露长度 149mm。使用液压扭矩扳手最终紧固。
 - 螺栓紧固顺序按图 13-22 所示。

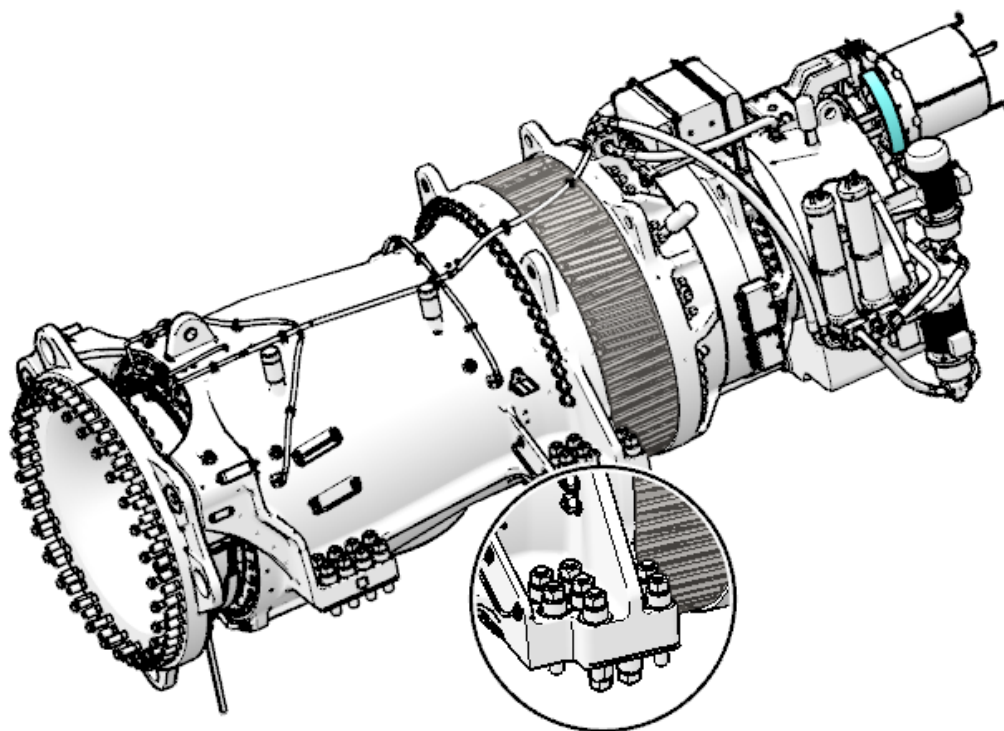


图 13-21 主轴与机舱底架连接螺栓

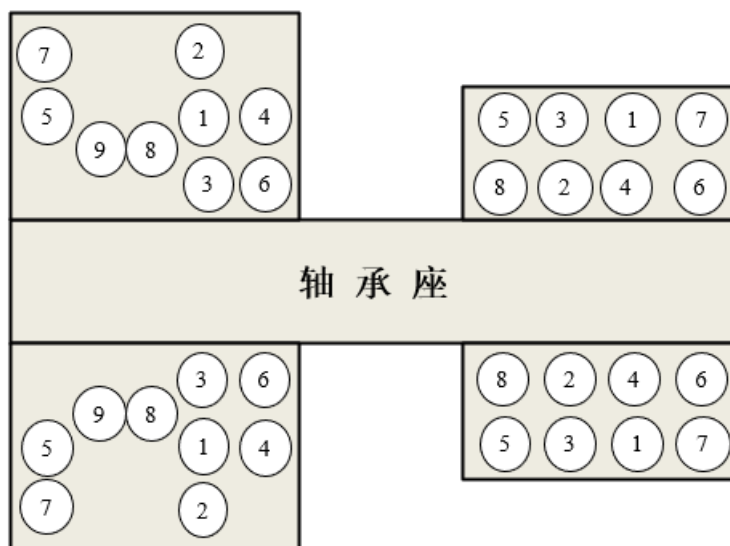


图 13-22 轴承座螺栓紧固顺序

说明

如果螺栓不能正常拧入，应使用 M64 丝锥进行攻丝处理，严禁使用电动工具强行拧入。

8. 电动预紧主轴与机舱底架连接螺栓。

说明

需使用两个电动工具同时紧固主轴两侧连接螺栓。做好标记，力矩值 1000N.m。

9. 紧固主轴与机舱底架连接螺栓。

说明

- 用两个液压扳手，同时紧固主轴两侧连接螺栓。
- 紧固顺序为从中心呈螺旋形向外依次紧固。
- 终拧力矩 12200nm，螺栓力矩分两次紧固，分别是 70%、100%。每次紧固完做好标记，防止遗漏。

10. 拆卸传动链吊具。

说明

所有螺栓完成电动紧固后,吊车方可松钩。剩余螺栓 70%、100%力矩紧固连续不间断。吊具拆卸时，不要丢失卸扣、螺栓。吊具拆卸后，目测检查吊具是否损伤。

11. 螺栓喷锌划线及自检。

说明

冷喷锌喷剂出口与传动链紧固螺栓喷涂距离保持在 150-200mm 之间，往复 3 次喷涂。用绿色油漆笔在螺栓头部画松动标识，标记延伸到垫圈以及工件表面。

13.7.6 安装机舱架横梁

安装机舱第一、第二支撑横梁，紧固力矩 $210 \pm 10\text{N}$ 。

安装完成后，对各部件检查，确保无干涉及压迫情况。

说明

- 第一遍拧紧力矩 50%，第二遍拧紧力矩 100%。
- 分几圈均匀拧紧所有的锁紧小螺钉，直到所有螺钉的拧紧到 100% 力矩，并用绿色油漆笔在螺栓头部画松动标识。

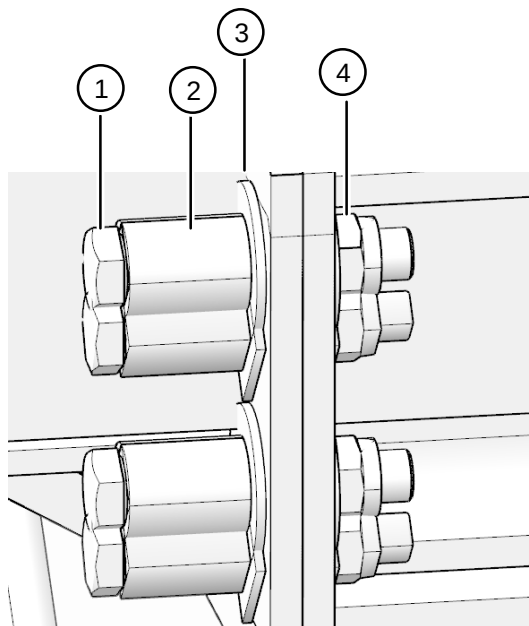


图 13-23 拆除机舱架前端横梁

- | | |
|--------------|-------------|
| 1. 螺栓 M16×90 | 2. 垫圈 16-38 |
| 3. 垫圈 16 | 4. M16 螺母 |

13.7.7 安装机舱架横梁

安装机舱第一、第二支撑横梁，紧固力矩 $210 \pm 10\text{N}$ 。

安装完成后，对各部件检查，确保无干涉及压迫情况。

说明

- 第一遍拧紧力矩 50%，第二遍拧紧力矩 100%。
- 分几圈均匀拧紧所有的锁紧小螺钉，直到所有螺钉的拧紧到 100% 力矩，并用绿色油漆笔在螺栓头部画松动标识。

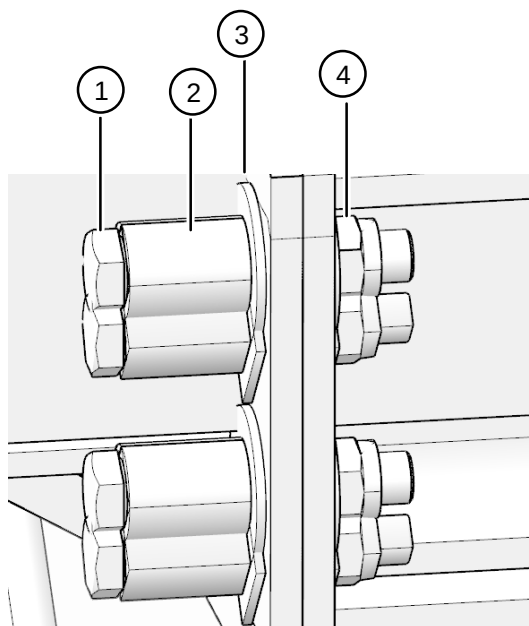


图 13-24 拆除机舱架前端横梁

- | | |
|--------------|-------------|
| 1. 螺栓 M16×90 | 2. 垫圈 16-38 |
| 3. 垫圈 16 | 4. M16 螺母 |

13.7.8 安装机舱上罩及前罩沿

13.7.8.1 工具清单

表 13-16 机舱上罩及前罩沿安装工具清单

序号	名称及规格	数量	用途
1	25-100N.m力矩扳手	1	紧固机舱前罩沿M12安装螺栓
2	套筒1/2"-S18	2	
3	开口扳手-S18	2	
4	套筒1/2"-S19	2	
5	开口扳手-S19	2	
6	电动扳手	1	
7	油漆记号笔	2	防松线标记
8	胶枪	1	机舱前罩沿与机舱罩连接处缝隙涂胶密封

13.7.8.2 物料清单

表 13-17 机舱上罩及前罩沿安装物料清单

序号	名称及规格	数量	备注
1	螺栓M12×50	17	前罩沿所有紧固件随机舱发运，放置于发电机尾部底下
2	垫圈12	34	
3	螺母M12	17	
4	密封胶	3	机舱前罩沿与机舱罩连接处缝隙涂胶密封
5	螺纹锁固胶	1	螺母防松

13.7.8.3 安装前罩沿

1. 拆除机舱前罩沿防雨运输工装（玻璃钢盖板）与机舱罩所有连接螺栓，将其移至宽阔地带。清洁前罩沿主体及安装面。
2. 绑扎前罩沿并吊装至安装位置，与机舱上罩螺栓孔对齐。

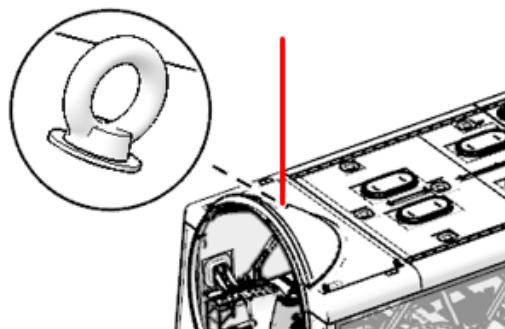


图 13-25 安装吊具

3. 用 17 个 M12×50 螺栓、34 个大垫圈和 17 个锁紧螺母将前罩沿与机舱上罩体法兰连接，将法兰连接缝隙使用密封胶进行填充，需保证间隙全部被填充。紧固所有安装螺栓，力矩值 $65 \pm 3 \text{ N} \cdot \text{m}$ ，并做防松标记。
4. 用密封胶封堵前罩沿与机舱罩连接处所有外部缝隙以及两侧法兰内部缝隙。前沿罩和防雨圈罩体间的缝隙使用密封胶糊住并抹平，保证罩体间缝隙全部被填充。机舱外前沿罩和防雨圈连接缝隙也需要密封胶进行密封处理。

13.7.8.4 安装机舱上罩

1. 绑扎机舱上罩并吊装至安装位置，与机舱下罩螺栓孔对齐。
2. 用 M12×50 连接螺栓将机舱上罩与机舱罩左右罩体以及后罩体连接安装。力矩值 $65 \pm 3 \text{ Nm}$ ，在螺栓结合面处做防松标记。

3. 密封胶涂抹。
在机舱上罩与左罩体、右罩体以及后罩体之间缝隙涂密封胶。确保密封性良好。

13.7.9 安装传动链接油盘

1. 传动链安装到机舱前，提前将接油盘组件放置到齿轮箱下方位置。
2. 传动链安装完成后，使用下边 4 套标件，将接油盘组件安装到齿轮箱下方，螺栓涂抹螺纹锁固胶，拧紧力矩 65N.m。

表 13-18 接油盘组件螺栓

序号	物料名称	数量
1	螺栓 M12x25 GB/T 5782-2000	4
2	弹簧垫圈 12 GB 93-87	4
3	垫圈 12 GB/T 97.1-2002	4

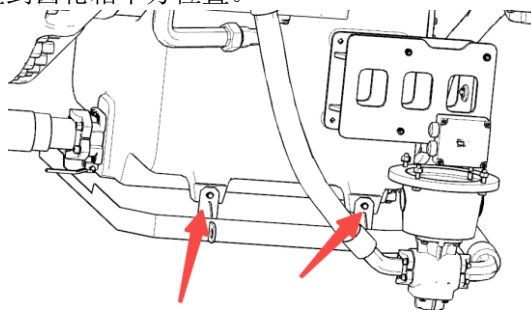


图 13-26 偏航接脂盒安装位置

13.8 安装水冷支架附件

水冷支架安装之前，需在地面完成气象架（含底座）、避雷针、风速风向标、超声波、航空灯等零部件的安装，确保所有气象件安装完成后，方可吊装。

13.8.1 安装气象架

13.8.1.1 工具及辅料清单

表 13-19 气象架安装工具及辅料清单

序号	名称	数量	单位	备注
1	25-100N·m力矩扳手	1	个	M8与M12螺栓力矩紧固
2	套筒1/2"-S13	2	个	M8螺栓紧固
3	开口扳手-S13	2	个	M8螺栓紧固
4	套筒1/2"-S18	2	个	M12螺栓紧固
5	开口扳手-S18	2	个	M12螺栓紧固
6	密封胶	-	个	外露螺栓防腐，连接缝隙防水
7	螺纹锁固胶	-	个	螺母防松

13.8.1.2 紧固件清单

表 13-20 气象架安装紧固件清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	螺栓	GB5783 M12×35	12	个	气象支架安装，每个支架4个
2	垫圈	GB97.1 12	24	个	
3	螺母	GB6184 M12	12	个	
4	螺栓	GB5783 M8×25	12	个	风速、风向、超声波底座安装，每个底座4个
5	垫圈	GB97.1 8	24	个	

序号	名称	规格	数量	单位	备注
6	螺母	GB6184 M8	12	个	

13.8.1.3 安装气象架及底座

说明

- 将安装平台及安装底座打磨，并在安装平台表面涂抹导电膏。
- 螺栓应涂抹螺纹锁固胶，自锁螺母除外。
- 所有外露安装螺栓必须涂抹密封胶。

1. 用 12 个 M12×35 螺栓，12 个 M12 螺母，24 个 12 垫圈将 3 个气象架安装到上横梁焊接上，见图 13-27 所示，力矩值 $65\pm 3\text{N}\cdot\text{m}$ ，并画防松标识线。
2. 用 12 个 M8×25 螺栓，12 个 M8 螺母，24 个 8 垫圈将 3 个底座安装到气象架上，确保底座上“|”平行于机舱轴线，见图 13-27 所示，力矩值 $25\pm 1\text{N}\cdot\text{m}$ ，并画防松标识线。

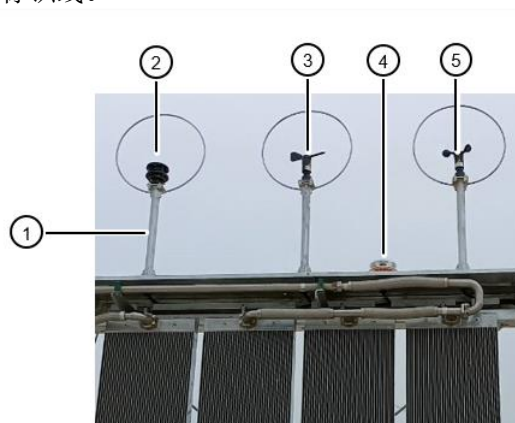


图 13-27 气象件安装位置

- | | |
|----------|-------|
| 1.气象架 | 2.超声波 |
| 3.机械式风向标 | 4.航空灯 |
| 5.机械式风速仪 | |

13.8.2 安装风速风向仪

13.8.2.1 工具及辅料清单

风速风向仪及超声波安装工具及辅料，见表 13-21。

表 13-21 风速风向仪及超声波安装工具及辅料清单

序号	名称	数量	单位	备注
1	13mm开口扳手	2	个	紧固M8风速风向仪安装螺栓
2	36mm开口扳手	1	个	紧固M24风速风向仪底座螺栓
3	风速风向仪锁紧螺母专用套筒S36-1/2寸	1	个	
4	鹰嘴钳	1	个	紧固风速风向仪接线插头锁紧螺母
5	密封胶	1	个	外露螺栓防腐，连接缝隙防水
6	螺纹锁固胶	1	个	螺母防松
7	绝缘胶带	1	个	线束防护

13.8.2.2 紧固件清单

表 13-22 风速风向仪及超声波安装紧固件清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	螺栓	M8×20 GB5783	9	个	风速、风向、超声波紧固件随产品包装

13.8.2.3 安装机械式风速仪

1. 风速仪紧固。
使用 36mm 开口扳手和 S36 薄壁套筒将其紧固。



图 13-28 紧固风速仪

2. 风速仪画防松标标线。
固定牢固后，用油漆笔画防松标识。

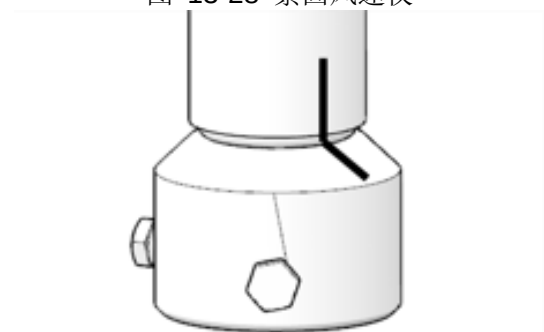


图 13-29 风速仪防松标记

3. 风速仪插头接线。
用绝缘胶带包裹插头与线束过渡处，然后将插头插接在对应设备的插座上。使用鹰嘴钳拧紧，并画防松标识线。

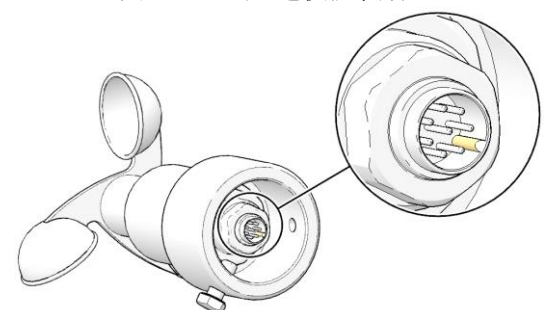


图 13-30 风速仪接线

4. 风速仪安装。
用 3 个 M8×20 螺栓将风速仪安装在对应气象支架底座上，见图 13-27 所示。

说明

- 力矩值 $18 \pm 2 \text{ N} \cdot \text{m}$ ，紧固后在底座与气象架安装支座上画防松标识线。
- 紧固机械式风速仪之前，确保对应线束均已安装，并将机舱内部线束盘圈绑扎。



图 13-31 安装风速仪

13.8.2.4 机械式风向标安装

1. 风向标紧固。
使用 36mm 开口扳手和 S36 薄壁套筒将其紧固。



图 13-32 风向标紧固

2. 风向标画防松标识线。
固定牢固后，用油漆笔画防松标识线。

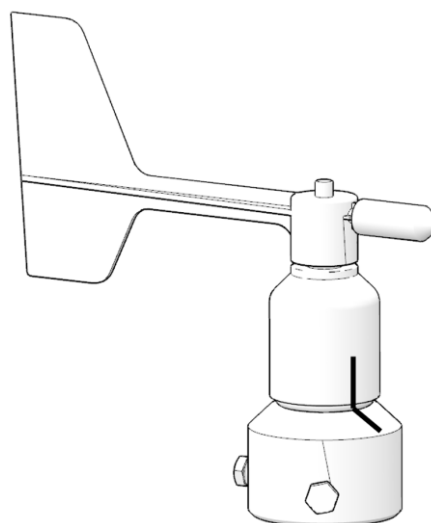


图 13-33 风向标防松标记

3. 风向标插头接线。
 - a. 用绝缘胶带包裹插头与线束过渡处,然后将插头插接在对应设备的插座上。
 - b. 使用鹰嘴钳拧紧,并画防松标识线。

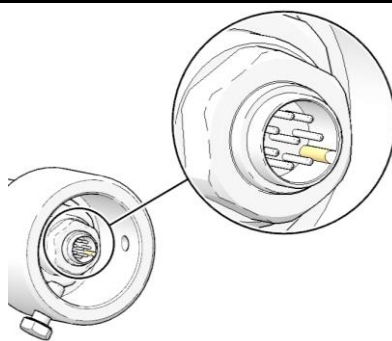


图 13-34 风向标接线

4. 风向标安装。
 - a. 用 3 个 M8×20 螺栓将风向标安装在对应气象支架底座上,见图 13-27 所示,力矩值 $18 \pm 2 \text{N} \cdot \text{m}$ 。
 - b. 紧固后在底座与气象架安装支座上画防松标识线。

说明

- 风向标N标指向机尾,与安装底座上竖线“|”对齐。
- 紧固机械式风向标之前,确保所有线束均已安装,并将机舱内部线束盘圈绑扎。



图 13-35 安装风向标

13.8.2.5 超声波安装

说明

- N 标指向机尾,与安装底座上竖线“|”对齐。
- 紧固超声波之前,确保所有螺栓均已按要求紧固,所有线束均已安装,并将机舱内部线束盘圈绑扎。

1. 组装超声波。
 - a. 用绝缘胶带包裹插头与线束过渡处,然后将插头插接在对应设备的插座上。
 - b. 使用鹰嘴钳拧紧,并画防松标识线。
2. 固定超声波。
 - a. 用 3 个 M8×20 螺栓将超声波安装在对应气象支架底座上,见图 13-27 所示,力矩值 $18 \pm 2 \text{N} \cdot \text{m}$ 。
 - b. 紧固后在底座与气象架安装支座上,并画防松标识线。

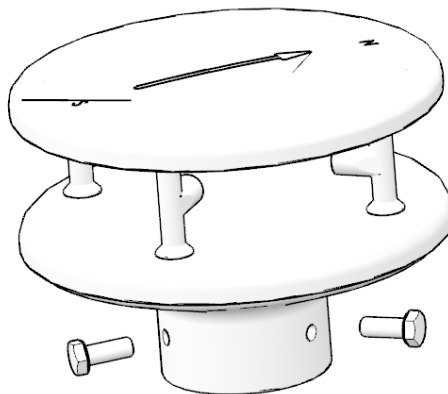


图 13-36 安装超声波

13.8.3 安装航空灯

13.8.3.1 工具清单

表 13-23 航空灯安装工具清单

序号	名称	数量	单位	备注
1	16mm开口扳手	2	个	紧固M10航空灯安装螺栓
2	密封胶	1	个	外露螺栓防腐，连接缝隙防水
3	螺纹锁固胶TS1242	1	个	螺母防松
4	绝缘胶带	1	个	线束防护

13.8.3.2 紧固件清单

表 13-24 航空灯安装紧固件清单

序号	名称	数量	单位	备注
1	螺栓M10×35	4	个	安装紧固件供应商提供，随产品。
2	垫圈10	8	个	
3	螺母M10	4	个	

13.8.3.3 安装航空灯

1. 组装航空灯。
 - a. 用绝缘胶带包裹插头与线束过渡处，然后将插头插接在对应设备的插座上。
 - b. 使用鹰嘴钳拧紧，并画防松标识线。
2. 固定航空灯。
用 4 个 M10×35 螺栓，4 个 M10 螺母，8 个垫圈 10，将航空警示灯紧固在灯座上，见图 13-27 所示，力矩值 $35\pm 3\text{N}\cdot\text{m}$ ，并画防松标识线。

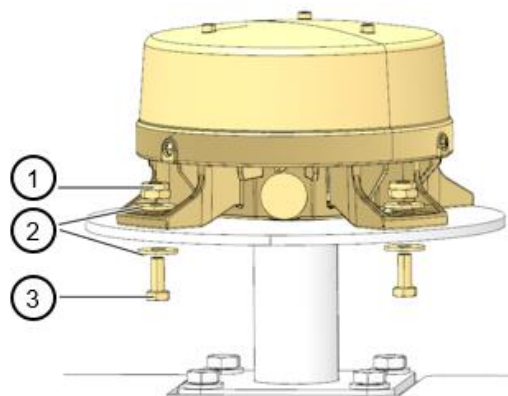


图 13-37 安装航空灯

1. 螺母 M10
2. 垫圈 10
3. 螺栓 M10×35

13.9 安装水冷系统

说明

水冷系统安装与测试参照《915 平台风力发电机组水冷系统专用手册》执行。

13.9.1 水冷系统安装流程

水冷系统安装是指在机舱吊装前，在地面进行的水冷系统安装、气密性测试及注液等工作，安装过程如图 13-38 所示：

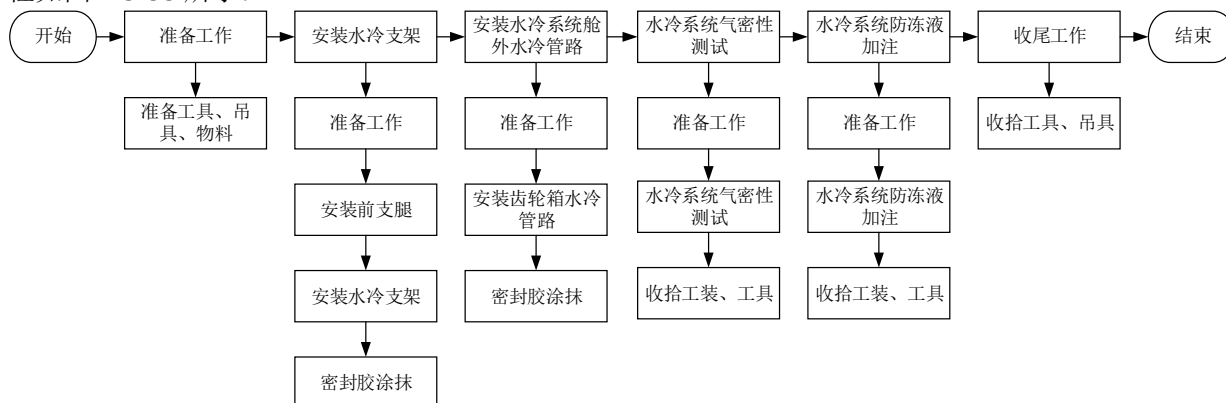


图 13-38 水冷系统安装流程图

13.9.2 安装水冷支架

13.9.2.1 吊具清单

吊具清单如表 13-25 所示。

表 13-25 吊具清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	起重用短环链	2T×3m	1	条	散热片质软易坏，吊装须谨慎

13.9.2.2 工具清单

工具清单如表 13-26 所示

表 13-26 工具清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	扭矩扳手	100~500N·m	2	个	M16螺栓力矩紧固
2	开口扳手	S24	2	个	M16螺栓紧固
3	套筒	S24	2	个	M16螺栓紧固

13.9.2.3 物料清单

水冷支架安装紧固件清单如表 13-27 所示。

表 13-27 水冷支架安装紧固件清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	螺栓	M16×40 GB/T5782	16	个	支脚与机舱罩连接螺栓
2	双叠垫圈	16	16	个	

13.9.2.4 安装水冷支架

说明

- 水冷支架安装前，核实水冷支架序列号，要求必须与主机序列号保持一致。
- 水冷支架吊装前及吊装后要对散热片进行仔细检查，确保其完好性。如果散热器翅片出现轻微变形，使用镊子进行修复。如果变形严重须停止吊装，并及时与现场服务工程师进行沟通。
- 散热器表面严禁放置扳手、管路等任何物品，防止磕伤、划伤。
- 散热器表面严禁放置润滑剂、堵盖、螺栓垫圈等，放置污染、堵塞散热片，影响散热效果。
- 水冷支架前、后脚与机舱罩的法兰外侧（支脚与机舱罩间隙）及连接螺栓紧固后均需涂密封胶。
- 确认水冷支架与机舱连接的所有螺栓紧固完毕后，方可拆除水冷支架吊具。

1. 安装检查。

对散热器表面（整体、局部）进行检查，是否存在污染、磕碰、损伤，并拍照记录。

工具：无。

2. 吊装水冷支架。

使用起重用短环链将水冷支架吊至机舱顶部预安装位置，将下横梁焊接支脚螺栓孔与机舱上罩螺栓孔对齐。

吊具：起重用短环链。

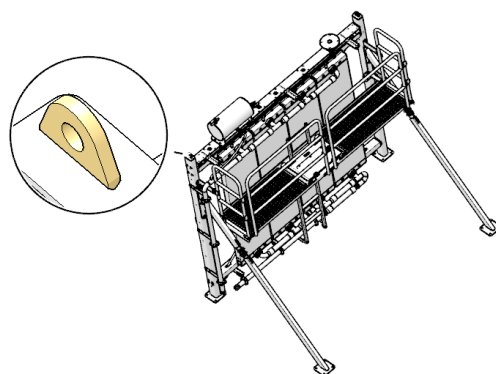


图 13-39 吊装水冷支架

说明

水冷支架安装时注意方向，避免装错。

3. 固定水冷支架。

用 16 个 M16×40 螺栓、16 个垫圈将水冷支架四个支脚与机舱罩连接，力矩值 $210 \pm 10 \text{ N} \cdot \text{m}$ ，紧固完成后画防松标识线。

工具：扭矩扳手 $100 \sim 500 \text{ N} \cdot \text{m}$ 、套筒 S24、开口扳手 S24、记号笔。

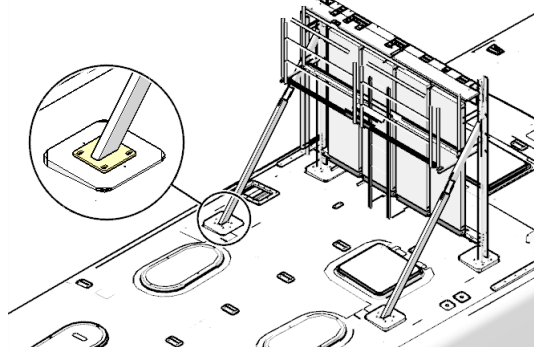


图 13-40 固定水冷支架

4. 涂抹密封胶。

a. 水冷支架所有外漏螺栓及支脚与机舱罩连接缝隙处全部均匀涂抹密封胶。

b. 水冷支架（陆上机型）所有线缆安装完成后，两侧立柱上未使用的 M8、M5 螺纹孔用密封胶密封。

工具：密封胶。

13.9.2.5 水冷支架安装收尾

1. 收拾与清点工具。

2. 清理机舱底内部及顶部垃圾。

13.9.3 安装水冷系统管路

13.9.3.1 工具清单

水冷散热器舱外管路安装工具清单如表 13-28 所示。

表 13-28 水冷散热器舱外管路安装工具清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	扭矩扳手	25~100N.m	1	个	螺栓力矩紧固
2	扭矩扳手	100~500N.m	1	个	
3	六角套筒	18(1/2)	2	个	水冷管路与机舱转接板连接与紧固
4	六角套筒	24(1/2)	2	个	
5	内六角扳手	整套	2	套	-
6	记号笔	-	1	个	画防松标识线

13.9.3.2 物料清单

水冷散热器舱外管路安装物料及紧固件清单如表 13-29 所示。

表 13-29 水冷散热器舱外管路安装物料及紧固件清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	金属波纹管总成	915-CLX-B5	1	个	齿轮箱水冷管路连接：M12×40螺栓为堵盖安装螺栓，舱外对开法兰紧固时要复用此螺栓，请勿丢失。
2	金属波纹管总成	915-CLX-B6	1	个	
3	对开法兰	FL-32	2	个	
4	O形圈	56×3.55 GB3452	2	个	
5	螺栓	M12×40	8	个	
6	弹簧垫圈	12	8	个	
7	垫圈	12	8	个	不锈钢螺栓润滑
8	螺栓润滑剂	-	1	个	
9	密封胶	-	1	个	外露螺栓防腐

13.9.3.3 安装水冷管路

1. 拆除水冷管路堵头和堵盖。

逐一拆除水冷管路金属堵头与机舱顶部转接板处金属堵盖，从里向外依次安装金属波纹管总成。

说 明

- 水冷管路金属堵头拆卸和金属波纹管总成安装时，用大扳手卡住管路端六角螺母，防止受力管路变形损坏。
- 机舱顶部转接板处金属堵盖拆除和机舱顶部转接板处金属堵盖安装时，防止紧固件等其他杂物掉入。
- 检查水冷管接口螺纹是否损坏。
- 检查金属波纹管内是否有尘土、杂质、铁屑等，若有，必须清理。
- 检查 O 型密封圈安装槽是否有杂质、铁屑，密封圈是否损坏。

2. 安装金属波纹管总成。

a. 安装金属波纹管总成。

- ① 将金属波纹管总成的一端通过重型卡箍 DN50 安装在水冷散热器相应位置，管接头进行紧固力矩（嘉诺卡箍螺栓紧固力矩是 35N.m，力瑞卡箍螺栓紧固力矩是 15 N.m），紧固完成后画防松标识线。

工具：S18mm 套筒、S14mm 开口头及 25~100N·m 扭矩扳手、记号笔。

- ② 将金属波纹管总成的另一端通过 1 副对开法兰 FL-32 及 4 个不锈钢 M12×40 螺栓、4 个 12GB93 垫圈和 4 个 12GB97.1 垫圈固定在机舱过壁法兰上，紧固力矩为 55±3N·m，紧固完成后画防松标识线。

工具：S18 套筒、25~100N·m 扭矩扳手、S18 开口扳手、记号笔。

b. 重复以上操作，安装另外三个金属波纹管总成。

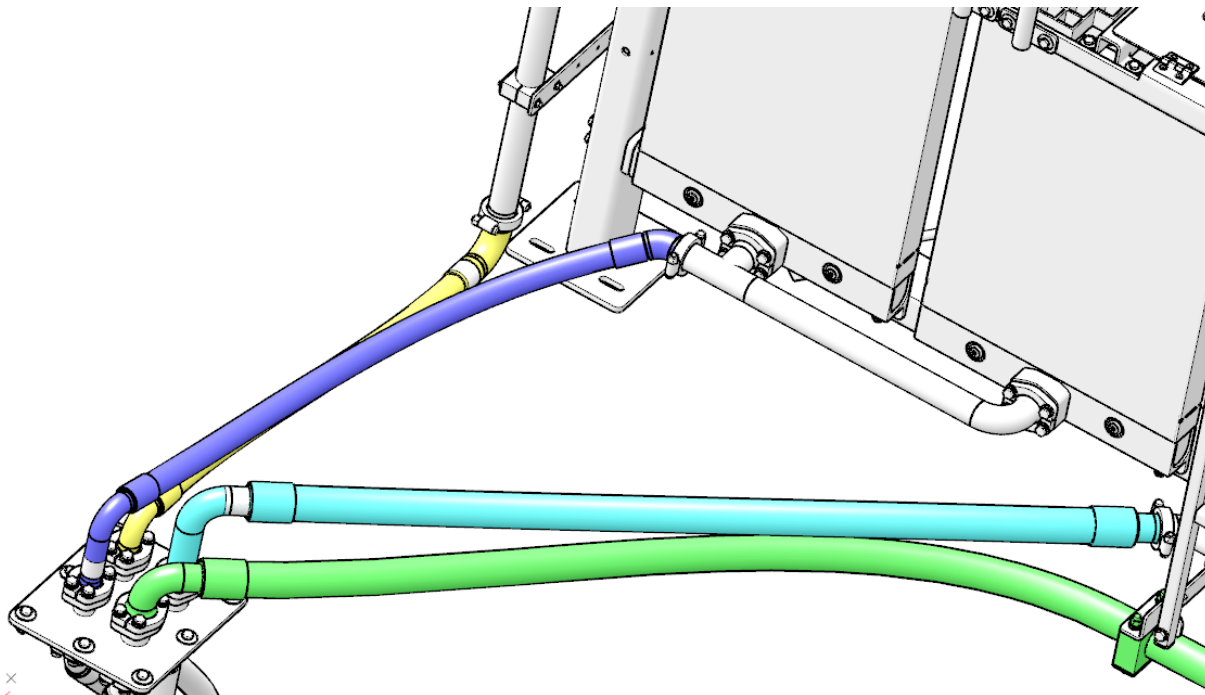


图 13-41 安装齿轮箱系统管路

3. 外露螺栓防腐。

用密封胶覆盖式涂抹机舱罩顶部转接板与机舱罩顶部连接螺栓。

13.9.4 水冷散热器气密性检查

13.9.4.1 气密性测试工具

水冷系统装配过程中规范的操作是保证系统密封性的关键，为了验证装配结果的可靠性，需要在装配完成后对系统进行气密性测试，也称保压测试。水冷系统气密性测试工具及物料如表 13-30 所示。

表 13-30 水冷系统气密性测试工具及物料

序号	名称	图示	数量	单位
1	风场集成工具气密工具（成套）		1	个

序号	名称	图示	数量	单位
2	气密工装中段		1	个
3	数显压力表		1	个
4	检漏剂		1	瓶
5	电源	-	1	个

13.9.4.2 气密性测试过程

1. 确定机舱外转接板处法兰安装正确，已打力矩（确认标有力矩线在一条直线上）。
2. 关闭各个自动排气阀。
泵站1个，外冷散热器总成4个。



图 13-42 自动排气阀

3. 关闭高位水箱进水球阀。
将高位水箱小胶管的进水球阀关闭（阀柄与阀体呈90°状态）。

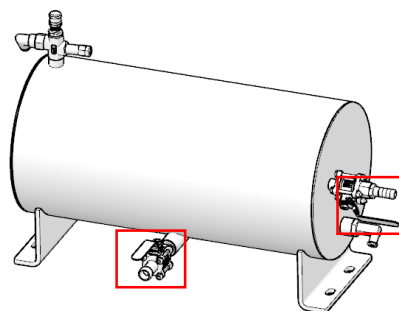


图 13-43 高位水箱

4. 安装气密性测试装置。
将快速接头与水冷系统的一个充排水阀连接。打开上述充排水阀，补气管连接压力表，打开压力表处阀门。



图 13-44 安装气密性测试装置

5. 气密性测试过程。
 - 长按压力表电源键，开启压力表，按UNIT键将数值单位调成bar。
 - 开启气泵，观察压力表。
 - 待系统压力达到5.0~5.2bar，关闭压力表处阀门，关闭气泵。



图 13-45 气密性测试过程

6. 记录数据。
 - a. 稳定2-3min至压力表读数波动不大。
 - b. 记录系统压力值和环境温度值。
7. 判断气密性测试结果。
 - a. 若保持15min压力下降 $<0.02\text{bar}$ ，则气密性测试通过。
 - b. 若15min内压力表压力下降 $>0.02\text{bar}$ ，使用检漏剂对机舱转接板处接口进行检漏（重点对在风场装配的接口检查），如有气泡出现，则认为该处存在漏点，需要进行检查、泄压、拆卸、重新装配，若O型圈出现损伤，则需进行更换装配完成后重复步骤4-6。直至系统无泄漏，填写记录表格。

8. 系统排气。
 - a. 关闭充排水阀，拆下数显压力表工装。
 - b. 缓慢打开充/排水阀，将系统内的气体排出。
 - c. 若喷出的气体中带有水气，需要用水桶和抹布进行遮挡，直至系统内气体排完。



图 13-46 关闭注液口

9. 打开自动排气阀。
齿轮箱水冷系统4个。
10. 打开高位水箱进水球阀。
将高位水箱小胶管上面的球阀打开，阀杆与阀体呈平行状态。

气密性测试过程的数据按表 13-31 记录。

表 13-31 气密性测试记录表

序号	系统	时间T/min	压力/bar	温度/℃	备注
1	齿轮箱系统	T > 15			拍照记录
		T > 15			

13.9.5 水冷散热器防冻液加注

13.9.5.1 防冻液加注工具

防冻液加注工具及物料如表 13-32 所示。

表 13-32 防冻液加注工具及物料

序号	名称	图示	数量	单位
1	防冻液加注集成装置		1	个

序号	名称	图示	数量	单位
2	气密工装中段		1	个
3	冷却液		2	桶
4	抹布	-	若干	块
5	电源	-	1	1

13.9.5.2 防冻液加注过程

1. 逐一检查各排气阀处开启状态，如有关闭逆时针拧松即可。
2. 打开高位水箱上出水球阀，与水管呈平行状态。
3. 准备 2 桶冷却液（400L），注液工装（包含注液泵）。
4. 注液前，将注液工装进水口管路与冷却液桶相连，保证管路进水口端位于液面下，避免空气吸入。
5. 把补液工装出水口放置于冷却液桶内，启动水泵，待注液泵出水口排出为液体且无空气残留后，关闭注液泵，注液工装出口管路与充排水阀连接。
6. 打开充排水阀，开启注液泵开始注液。



图 13-47 安装补液工装

7. 当一桶冷却液注完后，更换另一桶冷却液。再依次开启充排水阀、注液泵。

说 明

注液过程中，注意保持桶内冷却液液面高于注液工装进水口端部，保证有足够冷却液进入泵内避免吸入空气，否则关闭注液泵和充排水阀，对集液罐进行加液或更换为另一桶储液量较多的集液罐。

8. 当有冷却液漏出，立即停止补液，关闭出水球阀。补液完成。

说明

注液过程中时刻观察高位水箱出水球阀是否有冷却液漏出。

9. 将上电调试用的补液小桶通过补液泵装满冷却液。平稳在机舱内部角落，为上电调试对水冷系统补液做准备。



图 13-48 备用防冻液

10. 收拾工装工具。

记录注液排气的时间、压力和注液量，按表 13-33 记录。

表 13-33 注液排气操作记录表

系统	开始注液时间	结束注液时间	系统压力/bar	总注液量/L
齿轮箱系统				

13.9.6 水冷系统安装点检表

机舱吊装前，需将此点检表打印，并在水冷系统安装过程中逐项检查并填写记录，如表 13-34 所示。

表 13-34 水冷系统安装点检表

水冷系统安装点检					
项目名称：			机位号：		
序号	阶段	检查项目	合格标准	检查方法	结果记录
1	准备工作检查	水冷支架外观检查	a. 散热片翅片无损伤、磕碰 b. 表面无污渍、泥土 c. 支架完好、无变形 d. 波纹管内无杂质、尘土	目测	拍照记录 合格□ 不合格□
2		工具吊具清点	齐套无缺失	目测	合格□ 不合格□
3		物料清点	安装物料种类、数量齐全	目测	合格□ 不合格□
4	水冷支架安装	水冷支架安装	螺栓齐全无缺失	目测	合格□ 不合格□
5			防松标识线清晰无缺失	目测	合格□ 不合格□
6			支脚与机舱罩连接螺栓力矩值达到 $160\pm 8\text{N}\cdot\text{m}$ 平台支撑与机舱罩连接螺栓力矩值达到 $25\pm 1\text{N}\cdot\text{m}$	力矩扳手20%抽检	拍照记录 合格□ 不合格□
7		密封胶涂抹	a. 所有外漏螺栓涂抹密封胶 b. 支脚与机舱罩连接缝隙全	目测	合格□ 不合格□

水冷系统安装点检					
项目名称:			机位号:		
序号	阶段	检查项目	合格标准	检查方法	结果记录
			部涂抹密封胶		
8	安装水冷管路	齿轮箱水冷系统水冷管路	波纹管安装位置正确	目测	合格□ 不合格□
9			管接头接口外螺纹涂抹润滑剂	目测	合格□ 不合格□
10			管接头及对开法兰螺栓防松标识线清晰无缺失	目测	合格□ 不合格□
11			管接头紧固力矩 $250\text{N}\cdot\text{m}\pm 12\text{N}\cdot\text{m}$	力矩扳手20%抽检	拍照记录 合格□ 不合格□
12		机舱过壁法兰	螺栓齐全无缺失	目测	合格□ 不合格□
13			防松标识线清晰无缺失	目测	合格□ 不合格□
14			对开法兰螺栓力矩 $55\pm 3\text{N}\cdot\text{m}$	力矩扳手20%抽检	拍照记录 合格□ 不合格□
15		密封胶涂抹	a. 所有外漏螺栓涂抹密封胶 b. 过壁法兰与机舱连接缝隙均匀涂抹密封胶	目测	合格□ 不合格□
16	气密性测试	排气阀	各自动排气阀处于关闭状态	目测	合格□ 不合格□
17		气密性	齿轮箱水冷系统气密性保持15min压力下降 $<0.02\text{bar}$	目测	合格□ 不合格□
18	水冷系统防冻液加注	排气阀	各自动排气阀处于开启状态	目测	合格□ 不合格□
19		水冷系统压力	齿轮箱水冷系统压力达到 0.5bar	目测	合格□ 不合格□

13.10 偏航螺栓紧固

说明

终拧力矩以项目《高强度紧固件安装及维护力矩规定》为准。

1. 第一次拉伸力紧固。
用 1000N·m 的电动扳手或用液压拉伸器按 30%终拧拉伸力进行紧固。

说明

- 每个螺栓紧固后用油漆笔或其他附着力强、不易褪色的笔在在螺栓头上标记符号“—”。
- 紧固顺序为十字对角。

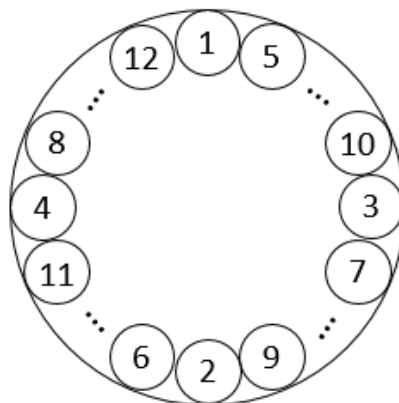


图 13-49 螺栓紧固顺序

2. 第二次拉伸力紧固。
使用拉伸器按 70%终拧预紧力进行紧固。

说明

- 每个螺栓紧固后用油漆笔或其他附着力强、不易褪色的笔在在螺栓头上标记符号“l”，与“—”形成“十”。
- 紧固顺序为十字对角。

3. 第三次拉伸力紧固。
用拉伸器按 100%终拧预紧力进行紧固。

说明

- 每个螺栓紧固后用油漆笔或其他附着力强、不易褪色的笔在在螺栓头上标记符号“O”，与“十”形成“⊕”。
- 紧固顺序为十字对角。

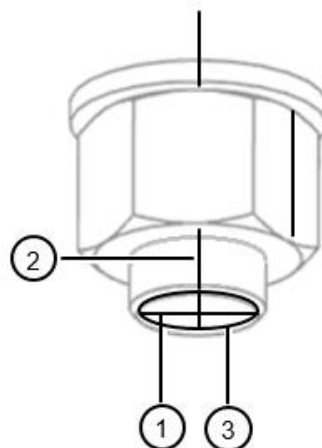


图 13-50 力矩标识线

1.30%力矩标识线 2.70%力矩标识线
3.100%力矩标识线

13.11 机组无叶片过夜防护

说明

若机舱安装完成后，24~48 小时内无法进行后续作业，必须安装机舱吊具，使用起重机带力抗涡，起重机带力不低于 70t。

1. 手动偏航使机尾面向主风向, 封堵机舱及塔底进风口 (进线孔及塔筒门)。
2. 参照图 13-51 在机舱尾部安装一根缆风绳。
3. 在机舱头部左右各安装一根缆风绳, 确保缆风绳受力不伤及机舱罩。

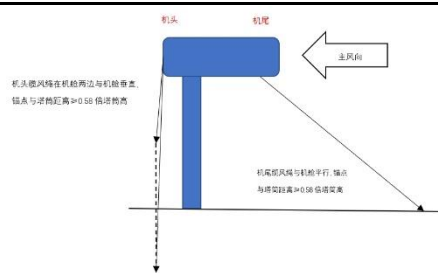


图 13-51 机舱抗涡激

13.12 偏航接脂盒组件安装

1. 将提前放置的 12 块偏航接脂板在机舱底部沿塔筒一圈布置。必要时可偏航操作。
2. 机舱完成吊装后, 每块接脂板使用 3 件 M10×20 螺栓+垫片, 连接到顶塔筒外壁对应螺纹孔上。每块接脂板之间使用 2 件 M10×35 螺栓, 4 件垫片, 2 件螺母连接起来。防尘毛刷安装在接脂盒外侧立板上。

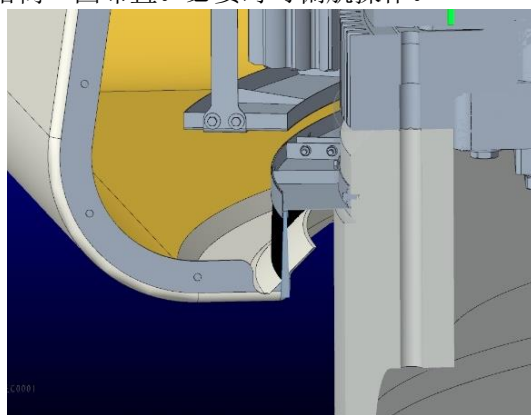


图 13-52 偏航接脂盒安装位置

13.13 收尾工作

说明

- 机舱安装完毕后, 必须从上向下将所有高强度螺栓 (偏航、塔筒及锚栓) 的拉伸力或力矩打至 100% 终拧拉伸力或力矩。
- 如遇大风不能及时安装风轮, 关闭塔底所有通风口, 并使用外置发电机 (吊装公司或建设单位自备) 将机舱偏航至当前主风向。

1. 待塔筒顶法兰与机舱连接的所有双头螺柱紧固到 70% 终拧要求, 将吊具拆除。
2. 安装 4 个吊装孔盖板, 每个盖板使用 4 组紧固件。
3. 使用毛刷和抹布除去灰尘、颗粒, 在盖板内侧缝隙和内侧缝隙处涂抹密封胶。
4. 清理整个机舱。
5. 关闭机舱天窗、机舱尾部吊物孔盖板以及机头处进轮毂便捷口盖板。
6. 检查机舱吊点处防腐是否被破坏, 如破坏刷涂水性涂料防腐。
7. 检查安全逃生装置是否缺失, 扎紧逃生包口并将其放置于变压器室隔离板左侧与机舱罩形成的角落里。

13.13.1 安装齿轮箱水冷管路

说明

机舱内水管安装过程中要调整好管路姿态, 确保安装之后与油管间距≥30mm。

1. 安装齿轮箱水箱端管路。

使用 1 组重型卡箍 DN50 连接 CLX-B-4 和出水口上的 CLX-B-3。使用 1 组重型卡箍 DN50 连接 CLX-B-2 和进水口上的 CLX-B-3。卡箍螺栓螺纹连接处涂抹润滑剂。卡箍螺栓注意螺栓方向相反，M10 螺栓力矩 $15\pm 1\text{Nm}$ 。

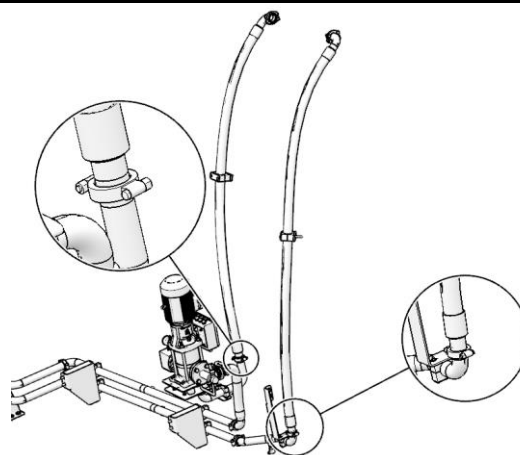


图 13-53 安装齿轮箱水箱端管路

2. 详细连接点如图 13-54 所示。

说 明

管夹螺栓暂不紧固，所有管路调整完成后，拧紧即可。

在安装单根水冷管路时，才可拆除水冷管路的防护堵头。未装配的管路需确保有堵头密封。

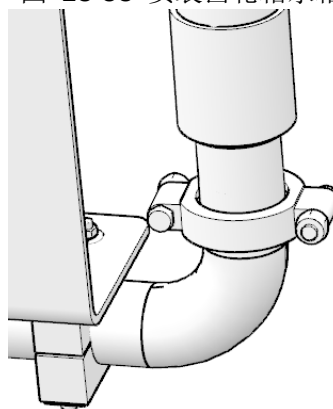


图 13-54 卡箍示意

14. 组装风轮

危险

人员死亡或重度伤害的风险。

风速超过吊装风速要求，主起重机稳定性差且叶片姿态无法控制，容易损坏设备或掉落击伤作业人员。

严格按照风速要求作业。

风轮组装主要包括准备工作、安装导流罩或导流罩顶、安装第一支叶片、安装第二支叶片、第三支叶片、拉伸力紧固、收尾工作 7 部分，安装时间大约 8 小时。

14.1 组装流程图

风轮组装流程如图 14-1 所示：

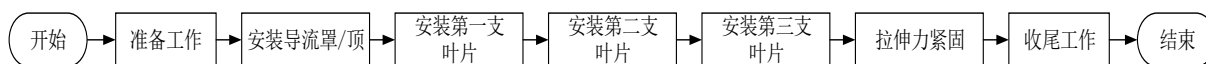


图 14-1 风轮组装流程图

14.2 轮毂参数

表 14-1 轮毂参数

序号	名称	变桨轴承厚度（mm）	规格（长×宽×高m）	重量
1	915D轮毂总成	305	5.81×4.49×4.06	43t
2	915P轮毂总成	355	5.96×4.91×4.70	49t

14.3 轮毂吊具

新轮毂吊具可以吊装旧轮毂。

表 14-2 旧轮毂吊具清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	环形吊带	30t×5m 30t×6m	1	个	吊带对折使用
2	扁担梁	48t	1	个	成套发货，配套使用
3	卸扣	55t	1	个	

表 14-3 新轮毂吊具清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	环形吊带	30t×6m	1	个	吊带对折使用
2	扁担梁	55t	1	个	成套发货，配套使用
3	卸扣	55t	1	个	

14.4 轮毂放置

说明

- 轮毂 A 面（导流罩吊装孔对面）为溜尾叶片安装面。
- 轮毂吊具安装或拆卸时，建议提前使用手拉葫芦调整好吊具姿态，确保吊具可以落入轮毂内部。当吊具缓慢进入轮毂时，需要 3-4 名工作人员控制好吊具姿态，确保吊具与变桨电机或轮毂本体不产生干涉与撞击。待吊具完全进入轮毂后，再次调整吊具至水平，缓慢起吊吊具，使吊具安装面与轮毂平稳接触。

1. 安装轮毂吊具。

- 将 55t 卸扣与扁担梁吊耳连接，然后将 30t×5m /30t×6m 吊带对折穿过 55t 卸扣，挂在主起重机吊钩两侧。
- 将扁担梁吊装至轮毂吊装孔正上方，调整扁担梁姿态，确保扁担梁落入轮毂内部不与变桨电机及控制线束产生干涉。

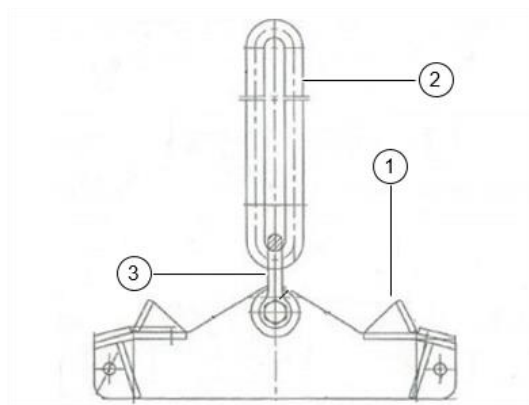


图 14-2 轮毂吊具

- 扁担吊梁
- 吊带（30t×5m /30t×6m）
- 卸扣（55t）

2. 摆放轮毂。

- 需将基座垫高（轮毂罩底部距离地面 $\geq 1500\text{mm}$ ）以确保叶片 360 度变桨和人员进出。
- 场地要求叶片延伸方向不能有障碍物。
- 场地大小需要满足风轮组装的条件。
- 轮毂放置位置需满足现场吊装风轮需要。
- 必需在轮毂运输底座下垫上路基板，确保轮毂摆放平台在同一水平面上。

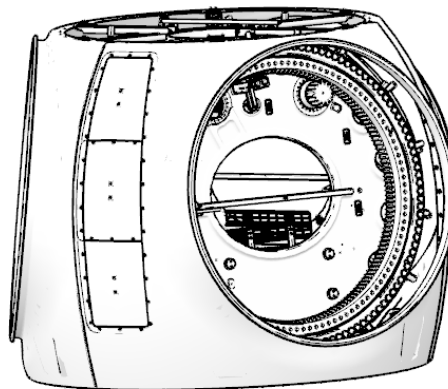


图 14-3 摆放轮毂

3. 固定轮毂底座。
4. 轮毂位置确定好之后，必须对轮毂底座进行绑扎固定，防止受力产生倾翻或滑动事故。
5. 拆除轮毂吊具。

14.5 安装集油瓶

14.5.1 物料清单

序号	名称	数量	单位	备注
1	集油瓶	若干	个	确保每面回转支承 16 个集油瓶

1. 根据随机物料清单将集油瓶安装在回转支承外圈顶部的接头，具体数量以实际为准。

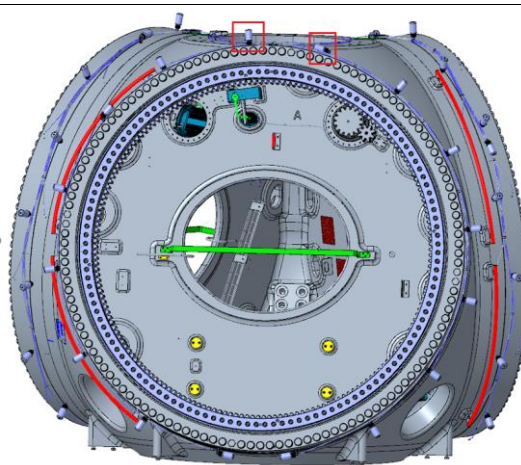


图 14-4 集油瓶安装位置

14.6 安装导流罩

14.6.1 吊具清单

表 14-4 吊具清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	扁平吊带	2t×2m	1	条	-

14.6.2 工具清单

表 14-5 工具清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	开口扳手	S18/19	2	个	
2	套筒	S18/S19	2	个	

序号	名称	规格	数量	单位	备注
3	开口扳手	S24	2	个	导流罩、导流罩后支架及导流罩顶安装及力矩紧固
4	套筒	S24	2	个	
5	套筒	S30	2	个	
6	力矩扳手	40-200N•m	1	个	
7	记号笔	油漆	2	个	防松线标记
8	胶枪	-	1	个	外露缝隙涂抹

14.6.3 物料清单

表 14-6 导流罩安装紧固件清单

序号	名称	代号	规格	数量	单位	使用位置
1	螺栓	GB/T5783	M12×45	38	个	轮毂 A 面与 C 面、A 面与 B 面导流罩连接，每一侧各 19 个安装螺栓
2	螺母	GB/T6184	M12	38	个	
3	垫圈	GB/T96.1	12	76	个	
4	螺栓	GB/T5783	M16×90	4	个	前支架与导流罩安装螺栓
5	垫圈	-	M16-35	4	个	
6	螺母	GB/T6184	M16	4	个	
7	垫圈	GB/T96.1	16	8	个	
8	螺栓	GB/T5783	M20×100	12	个	后支架与导流罩安装螺栓
9	垫圈	M20-40	20	12	个	
10	垫圈	GB/T96.1	20	16	个	
11	螺母	GB/T6170	M20	4	个	
12	密封胶	1921	400ml	3	个	罩体缝隙密封

14.6.4 安装准备

1. 清洁导流罩内外表面及安装面，检查表面无缺陷。

2. 检查导流罩安装表面密封胶垫是否缺失。
3. 按照物料清单和工具清单准备物料和工具。

14.6.5 安装导流罩

说明

螺栓应涂抹螺纹锁固胶，自锁螺母除外。

1. 安装后支架安装座。
用 4 组螺栓 M20×100 GB5782（螺栓螺纹表面及螺栓头与垫圈结合面均需涂抹润滑剂）自内向外穿过垫圈 M20-40、垫圈 20 GB96.1、后支架安装座和导流罩，暂不紧固。

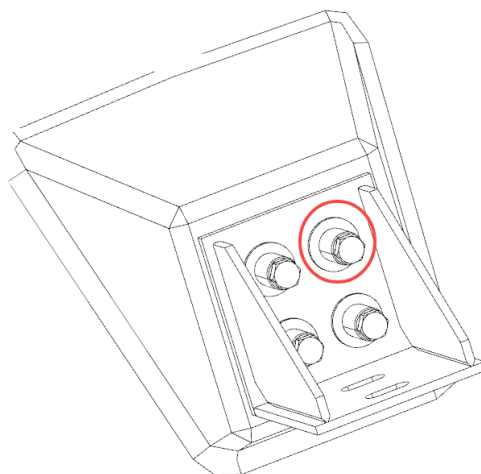


图 14-5 安装后支架安装座

2. 安装 A 导流罩。
a. 连接前支架与导流罩: 将 1 个上垫块置于导流罩上方，用 2 组螺栓 M16×90 GB5783（螺栓螺纹表面及螺母与垫圈结合面均需涂抹润滑剂）自上向下依次穿过垫圈 16 GB96.1、上垫块、导流罩、前支架、垫圈 16 GB96.1 和垫圈 M16-35，手动旋入螺母 M16 GB6184，初步连接导流罩与前支架。

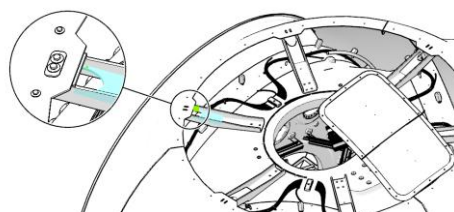


图 14-6 连接前支架与导流罩

3. 连接后支架与安装座。
用 2 组螺栓 M20×100 GB5782（螺栓螺纹表面及螺母与垫圈结合面均需涂抹润滑剂）自下向上穿过垫圈 20 GB96.1、后支架、安装座、垫圈 20 GB96.1、垫圈 M20-40 与螺母 M20 GB6184 配合，连接后支架与安装座。

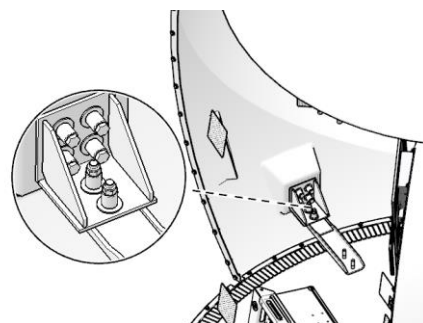


图 14-7 安装后支架安装座及后支架

4. 导流罩安装螺栓紧固。
M16 螺栓拧紧力矩为 $210 \pm 10.5 \text{ N} \cdot \text{m}$ ，M20 螺栓分两次拧紧，第一次拧紧力矩 $210 \pm 10 \text{ N} \cdot \text{m}$ ，第二次拧紧力矩 $420 \pm 21 \text{ N} \cdot \text{m}$ ，并画防松标识线。
5. 连接导流罩。
将螺栓 M12×45 GB5783 和垫圈 12 GB96.1 组件由导流罩瓣连接法兰左边穿入，在右边安装垫圈 12 GB96.1 和螺母 M12 GB6184 组件，连接相邻两面的导流罩瓣，力矩值 $65 \pm 3 \text{ N} \cdot \text{m}$ ，并画防松标识线。
6. 用密封胶涂抹导流罩与导流罩缝隙，确保密封胶涂抹无断点，光滑平顺。
7. 检查导流罩表面，如有损伤由工作人员进行修复。

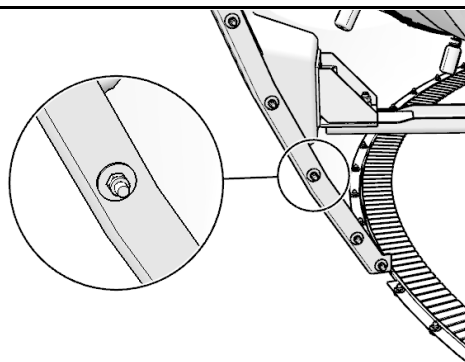


图 14-8 瓣体之间连接

14.7 安装轮毂导流罩顶

14.7.1 吊具清单

表 14-7 吊具清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	四腿标准吊钩索具	2t×3m/2t×5m	1	个	-

14.7.2 工具清单

表 7-7 工具清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	开口扳手	S18/19	2	个	导流罩、导流罩后支架及导流罩顶安装及力矩紧固
2	套筒	S18/S19	2	个	
3	力矩扳手	40-200N·m	1	个	
4	记号笔	油漆	2	个	力矩防松标记
5	胶枪	-	1	个	连接缝隙涂抹

14.7.3 物料清单

表 7-8 导流罩顶安装紧固件清单

序号	名称	代号	规格	数量	单位	备注
1	螺栓	GB/T5783	M12×45	36	个	导流罩顶安装 无前支架处使用 螺栓 M12×55
2	螺母	GB/T6184	M12	36	个	
3	垫圈	GB/T96.1	12	72	个	

14.7.4 安装准备

1. 清洁导流罩顶内外表面及安装法兰面，检查表面有无缺陷。
2. 检查导流罩顶安装法兰面胶垫是否缺失。
3. 按照物料清单和工具清单准备物料和工具。

14.7.5 安装导流罩顶

1. 用副起重机将导流罩顶吊装至轮毂上方，调整导流罩顶姿态，确保顶部两吊环对准导流罩吊装孔。

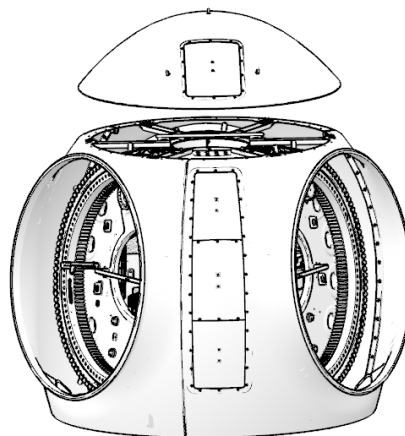


图 14-9 导流罩顶起吊

2. 用 36 个 M12×45 螺栓将导流罩、导流罩前支架及导流罩顶连接。

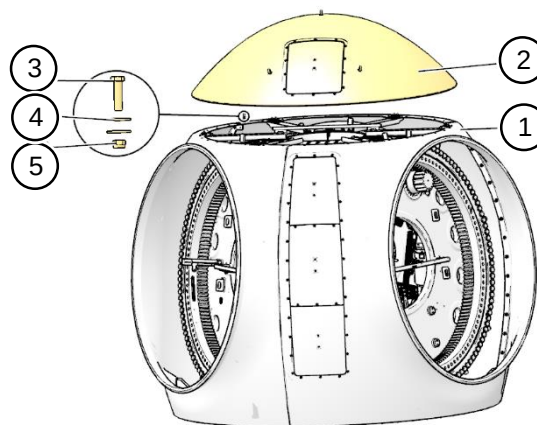


图 14-10 导流罩顶安装

- | | |
|--------------|---------|
| 1. 导流罩 | 2. 导流罩顶 |
| 3. M12×55 螺栓 | 4. 垫圈 |
| 5. M12 螺母 | |

3. 按规定力矩紧固并画防松标记线，力矩 $65 \pm 3 \text{ N}\cdot\text{m}$ 。

4. 用密封胶涂抹导流罩顶与导流罩缝隙，确保密封胶涂抹光滑平顺。

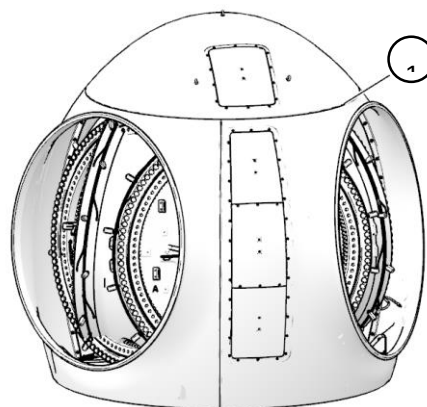


图 14-11 密封导流罩顶间隙

1. 导流罩顶与导流罩外部缝隙

5. 检查导流罩表面，如有损伤由工作人员进行修复。同时项目负责人须对导流罩及导流罩顶安装结果进行验收，确保验收通过后才进行后续工作。

14.8 安装叶片定位销

在轮毂零刻度线及 180 度位置附近预留螺栓孔各安装一个叶片定位销。

说明

叶片定位销处于切换阶段，不是所有轮毂都预留了定位销安装孔及配备定位销，具体以现场到货为准。

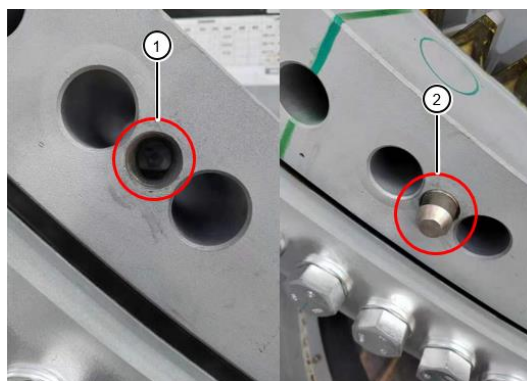


图 14-12 安装叶片定位销

1. 定位销安装孔
2. 叶片定位销

14.9 叶片参数

表 14-8 叶片参数

序号	叶片型号	机型	规格（长×宽×高/m）	重量/t	第四补强点至叶根距离/m
1	SY1070A	SI-220625 SI-22067 SI-22065	107×5×5	31	53

14.10 叶片紧固件

14.10.1 叶片紧固件清单

表 14-9 叶片紧固件清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	六角螺母	M36-10 GB6170	384	个	每支叶片 128 个
2	平垫圈	36-300HV GB/T97.1	384	个	每支叶片 128 个
3	双头螺柱	M36×735	384	个	每支叶片 128 根

14.10.2 叶片螺柱外露长度

叶片双头螺柱端面与法兰面距离，见表 14-10 所示。

表 14-10 叶片双头螺柱外露长度 L 值

序号	变桨轴承厚度 (mm)	叶根螺栓长度 (mm)	螺栓伸出法兰端面长度 (mm)
1	305	755	370±1
2	355	825	415±1

14.10.3 叶片螺柱拉伸值

表 14-11 叶片双头螺柱拉伸值

序号	名称	规格	数量	终拧力矩值
1	双头螺柱	M36×755/825	384	470 KN

14.11 叶片吊具

表 14-12 叶片卸车吊具清单 (45t)

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	吊梁A	8m	1	个	用12个M36×120的螺栓将2根8m的吊梁连接，组成一根16m吊梁
2	吊梁B	8m	1	个	
3	螺栓	M36×120-10.9级	12	个	
4	螺母	M36	12	个	
5	垫圈	36	12	个	
6	副梁	/	2	个	通过4个销轴组件将副梁与主梁固定，组成工字梁
7	销轴组件	/	4	个	
8	R01型吊装带	30t×15.55m	2	条	用两个35t卸扣分别将两根30t×15.55m吊带与16m吊梁上吊耳连接
9	卸扣	35t	2	个	
10	扁平吊装带	15t×22m	1	条	

序号	名称	规格	数量	单位	备注
11	卸扣	17t	2	个	手拉葫芦固定，吊带和手拉葫芦另一侧通过17t卸扣与副梁连接。
12	手拉葫芦	15t×6m	1	个	
13	扁平吊装带	15t×19m	1	条	将15t×19m吊带一侧与手拉葫芦固定，吊带和手拉葫芦另一侧通过17t卸扣与副梁连接。
14	卸扣	17t	2	个	
15	手拉葫芦	15t×6m	1	个	
16	聚苯乙烯块	1.2 m×0.6 m×0.6m 密度22kg/m ³	2	个	吊装公司方自备

14.12 叶片安装工具

表 14-13 叶片安装工具及物料清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	中空液压扳手	二型	2	套	中空扳手厚度不超过 32mm，叶片螺栓预紧
2	叶片拉伸器	M36	2	个	叶片螺栓紧固
3	开口扳手	S55	2	个	叶片连接螺栓预紧
4	胶枪	-	1	个	叶片螺栓安装
5	密封胶	-	1	个	
6	内六角扳手	S12	2	个	
7	螺纹锁固胶	-	1	个	
8	电动扳手	-	1	个	

14.13 安装叶片

14.13.1 安装准备

1. 检查叶片并在清单中做好记录。
2. 查看叶片供应商的记录表，确保三支叶片套号，规格型号相同。
3. 检查叶片外观，观察是否有损伤。
4. 如有必要，使用清水、拖把，或按照叶片厂要求对叶片表面进行清洁。
5. 检查确认叶片法兰部位有零度标尺，安装正确且牢固。
6. 检查叶片法兰与轮毂变桨轴承接触面是否有损伤，确保无油污、无异物
7. 检查叶片法兰是否错位。

14.13.2 叶片变桨

14.13.2.1 工具清单

说 明

- 400V 柴油发电机（功率 50KW）吊装公司方自备。
- 稳压器（额定输出电压 380V）吊装公司方自备。
- 5G10 电源线吊装公司方自备。

叶片变桨工具，见表 7-15 所示。

表 7-15 变桨工具清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	400V 柴油发电机	50KW	1	个	● 变桨系统供电 ● 若风轮安装时，需进行机舱偏航，则发电机功率需大于等于 100KW
2	稳压器	380V	1	个	
3	电源线	5G10	塔筒高度+20m	个	
4	重载插头	-	1	个	
5	内六角扳手	全套	1	个	限位挡块调整
6	十字螺丝刀（小）	-	1	个	重载插头接线
7	剪线钳	-	1	个	电源线剪裁
8	万用表	-	1	个	电压测量

14.13.2.2 变桨供电

说 明

变桨电源线须首先接入稳压器，然后再从稳压器引出，接上变桨重载插头，最后电压检验合格后再插到 AOX1 端子上。

1. 重载插头接线。
 - a. 使用 2.5mm 内六角扳手松开插头内部的接线顶丝。
 - b. 将 5G10 电缆的线芯剥开 15mm，从插头后边插入线芯，然后从前面拧紧插头内部的内六角螺钉顶丝，用手拉拽线芯，确保接线牢固可靠。
 - c. 将重载插头的插芯与插头外壳连接好。

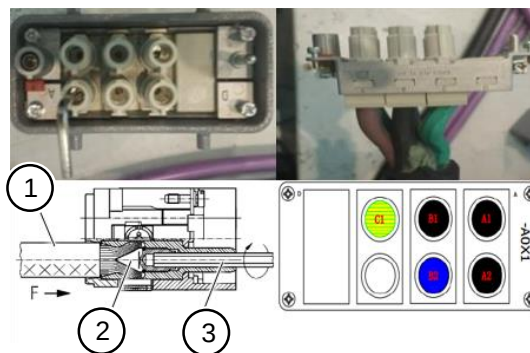


图 14-13 重载插头接线

说明

A1/A2/B1/B2/C1 分别对应电源的 L1/L2/L3/N/PE，不能接错。

1. 电缆线芯
2. 顶丝
3. 2.5mm 内六角扳手

2. 测量重载头电源端子电压

- a. 测量重载 A1、A2、B1 端子相间电压，线电压值为 $400 \pm 5\% \text{VAC}$ ，三相的线电压差值小于 15V。
- b. 测量重载 A1 与 B2、C1，A2 与 B2、C1，B1 与 B2、C1 端子相电压，相电压值为 $230 \pm 5\% \text{VAC}$ 。

3. 变桨系统供电。

- a. 将 A 变桨控制柜所有开关断开。
- b. 将 12X1 端子的 2 和 3 连接短接片取下，插入到 1 和 2 位置，将其短接。



图 14-14 12X1 端子

- c. 重载头电源端子电压测量合格后，将重载插头插入 A0X1 端子。
- d. 闭合 A 变桨控制柜 A0Q1 开关，发现异常立即切断。
- e. 闭合 A 变桨控制柜所有开关。



图 14-15 变桨系统供电（A0X1）

14.13.2.3 轮毂变桨

说 明

- 三只叶片的变桨调桨操作相同，以下详细介绍单个叶片的操作过程。
- 变桨控制柜出厂时每个轴的 12X1 的 2 和 3 是短接的，功能是变桨处于“自动”状态。确认控制柜内的 12X1 的 1 和 2 处于短接状态，手动旋钮 A12S1 处于手动模式。

将 A12S1 旋钮旋转至手动模式，手动操作调桨旋钮 A12S2 调桨即可。



图 14-16 变桨操作旋钮

14.13.3 组装叶片吊具

说 明

叶片吊具为散件，使用之前需进行组装。

1. 用 12 个 M36×120 的螺栓将 2 根 8m 的吊梁连接，组成一根 16m 吊梁。
2. 通过 4 个销轴组件将副梁与主梁固定，组成工字梁。
3. 用两个 35t 卸扣分别将两根 30t×15.55m 吊带与 16m 吊梁上吊耳连接。
4. 将 15t×22m 吊带一侧与手拉葫芦固定，吊带和手拉葫芦另一侧通过 17t 卸扣与副梁连接。
5. 将 15t×19m 吊带一侧与手拉葫芦固定，吊带和手拉葫芦另一侧通过 17t 卸扣与副梁连接。

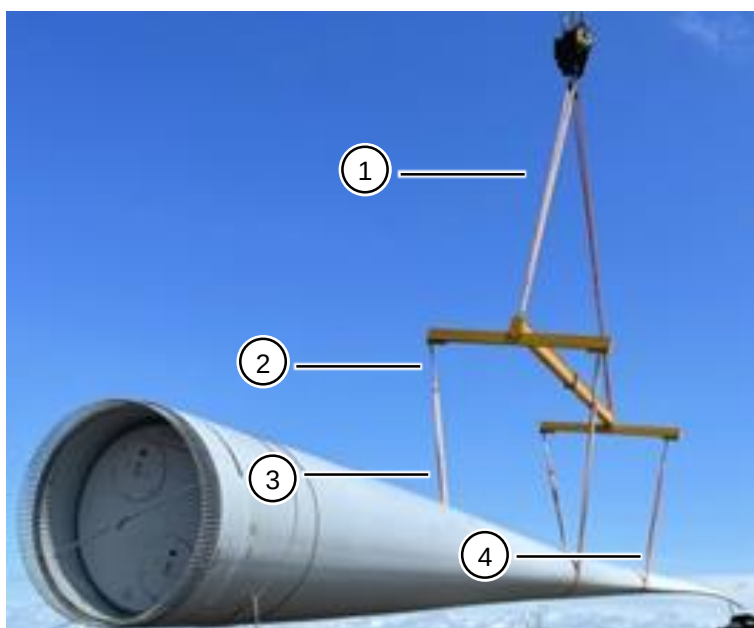


图 14-17 安装 45t 叶片吊具

- | | |
|------------------|-----------------|
| 1. 30t×15.55m 吊带 | 2. 手拉葫芦 |
| 3. 15t×22m 扁平吊带 | 4. 15t×19m 扁平吊带 |

14.13.4 叶片吊装注意事项

1. 叶片吊带绑扎位置必须严格按照叶片吊点指示位置执行，如图 14-18 所示。



图 14-18 叶片吊点位置标识

2. 为了保证叶片与轮毂对接时的姿态，吊带可以在吊点位置左右微调，但 600mm 宽扁吊带不允许超过两箭头之间区域（叶片吊点的加强区域）。
3. 没有横向箭头标识线的叶片，一般情况下，吊点的加强区域在吊点竖向箭头标识线位置左右各 0.5m 范围内。

14.13.5 安装第一支叶片

注意

设备损坏的风险。

若不按要求作业与防护，容易造成设备损坏。

- 叶片于轮毂依次组对时需注意整个风轮系统的平衡度，如有不平稳的现象及时用吊车调整，防止倾翻。
- 组队完成的叶片需及时做好支撑。第一支、第二支叶片对接完成后，均须用副起重机兜住，三支叶片对接完成后，方可松开副起重机。
- 严禁吊带兜住叶片变桨紧固力矩。
- 为避免突然阵风吹动风轮在水平面旋转，使叶片和塔筒相撞而造成损坏，在叶片螺栓打力矩过程中，必须时刻让风轮保持对拉状态，预测最近叶片与塔筒的撞击点，然后在塔筒表面绑扎泡沫防止碰撞。

1. 安装叶尖保护套，并在叶片护套上系两根缆风绳。

说明

- 叶尖护套只需安装在 2 支叶片上，无需安装在溜尾叶片上。
- 缠绕式叶尖护套安装完成后，避开锯齿尾缘区域。
- 叶片后缘朝上时，缆风绳拉紧的方向要使护套的魔术贴为收紧状态。
- 风轮安装完成后，非缠绕式叶尖护套通过盘车调整风轮姿态拆除。缠绕式叶尖护套通过变桨调整叶片姿态拆除。



图 14-19 安装叶尖护套（不带降噪齿叶片）

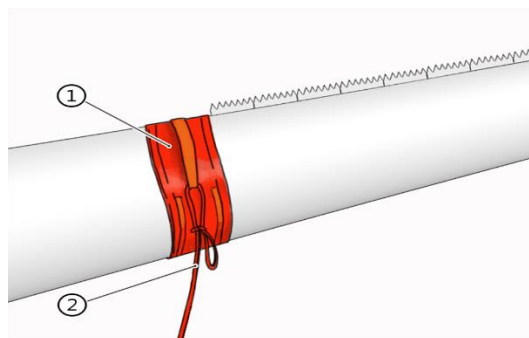


图 14-20 安装叶尖护套（带降噪齿叶片）

1. 缠绕式叶尖护套 2. 缆风绳

2. 将叶片根部以及尾部运输支架处的紧固件拆除。
3. 拆掉红色标识的叶片工装螺栓，安装新的双头螺柱。
4. 检查所有叶片双头螺柱露出法兰面长度 L 值。叶片双头螺柱外露长度 L 值见表 14-10。
5. 安装叶片吊具，将叶片吊带缓缓提起（使用叶片第二和第三加强点），防止叶片发生翻转。

说明

先将吊具中心对准叶片重心，然后调平葫芦，叶根叶尖接触吊带且吊梁水平后，起吊吊梁；若起吊后吊梁倾斜，根据倾斜角度调整葫芦长度，直至吊梁水平。

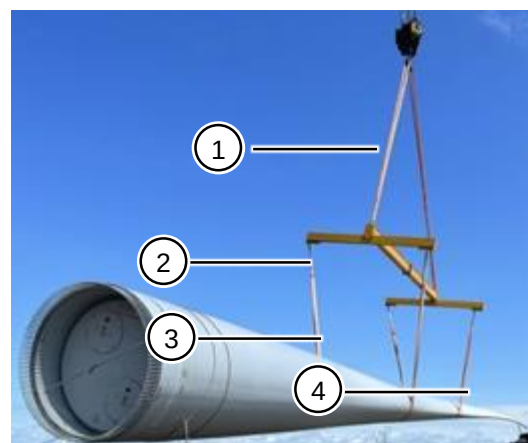


图 14-21 安装 45t 叶片吊具（单车）

1. 30t×15.55m 吊带 2. 手拉葫芦
3. 15t×22m 扁平吊带 4. 15t×19m 扁平吊带

6. 起吊叶片至轮毂变桨轴承法兰面，对轮毂进行变桨操作，使叶片零位线所对螺栓（距离叶片零刻度线最近的一个螺栓）与轮毂绿色零位线所对螺栓孔（距离轮毂零刻度线最近的一个螺栓孔）对齐，并将轮毂上的定位销与叶片法兰定位销孔对齐。

说 明

- 轮毂有两条零刻度线（绿线和红色）。
 - 叶片零刻度线（红线）在叶片根部名牌（叶片前缘）位置处。
-



图 14-22 叶片与轮毂对接

7. 安装所有可安装的螺母、垫圈。

说 明

- 随叶片运输的所有工装螺栓、螺母及垫圈到风场后废弃，严禁当产品螺栓使用，绝不允许安装到新产品上。
 - 同一台风轮上，轮毂与叶片连接的所有紧固件，必须批次统一。
-

8. 预紧叶片螺栓。

首先使用二型液压中空扳手均布将可紧固的螺母（数量不低于 60 个）紧固到 1500N.m，然后采用开口扳手将剩余螺栓紧固。

说 明

- 终拧拉伸力以项目《高强度紧固件安装及维护力矩规定》为准。
 - 使用中空扳手紧固叶片螺栓时，螺纹部位需涂抹润滑剂，涂抹位置距离外露端面 50mm，涂抹长度 40~45mm，螺母与垫圈结合面均匀涂抹润滑剂。
 - 三支叶片组队须在同一天完成，且所有叶片螺栓力矩紧固到 1500N.m。
-

9. 安装叶片运输护垫。

根据叶片后缘（刀锋）与吊带接触位置，在叶片吊带上安装叶片运输护垫。



图 14-23 安装叶片护垫

10. 在叶片叶尖第三或四加强位置安装一根宽度大于等于 300mm 的扁平吊带，并使用副起重机将叶片兜住，此时有辅吊兜住的叶片严禁变桨。

说 明

- 根据叶片后缘（刀锋）与吊带接触位置，调整叶片运输护垫姿态，吊带受力时确保叶片后缘不与吊带直接接触。
- 若现场扁平吊带长度不够，可与机舱吊带组合使用，但是与叶片接触的必须是扁平吊带。



图 14-24 安装第一支叶片

11. 拆除叶片吊具。

14.13.6 安装第二支叶片

注 意

设备损坏的风险。

若不按要求作业与防护，容易造成设备损坏。

- 叶片于轮毂依次组对时需注意整个风轮系统的平衡度，如有不平稳的现象及时用吊车调整，防止倾翻。
- 组队完成的叶片需及时做好支撑。第一支、第二支叶片对接完成后，均须用副起重机兜住，三支叶片对接完成后，方可松开副起重机。
- 严禁吊带兜住叶片变桨紧固力矩。
- 为避免突然阵风吹动风轮在水平面旋转，使叶片和塔筒相撞而造成损坏，在叶片螺栓打力矩过程中，必须时刻让风轮保持对拉状态，预测最近叶片与塔筒的撞击点，然后在塔筒表面绑扎泡沫防止碰撞。

1. 安装叶尖保护套，并在叶片护套上系两根缆风绳。

说明

- 叶尖护套只需安装在 2 支叶片上，无需安装在溜尾叶片上。
- 缠绕式叶尖护套安装完成后，避开锯齿尾缘区域。
- 叶片后缘朝上时，缆风绳拉紧的方向要使护套的魔术贴为收紧状态。
- 风轮安装完成后，非缠绕式叶尖护套通过盘车调整风轮姿态拆除。缠绕式叶尖护套通过变桨调整叶片姿态拆除。



图 14-25 安装叶尖护套（不带降噪齿叶片）

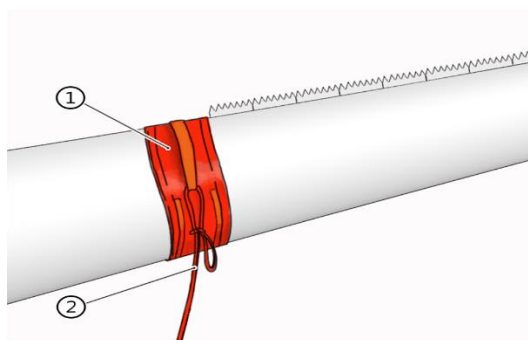


图 14-26 安装叶尖护套（带降噪齿叶片）

1. 缠绕式叶尖护套 2. 缆风绳

2. 将叶片根部以及尾部运输支架处的紧固件拆除。
3. 拆掉红色标识的叶片工装螺栓，安装新的双头螺柱。
4. 检查所有叶片双头螺柱露出法兰面长度 L 值。叶片双头螺柱外露长度 L 值见表 14-10。
5. 安装叶片吊具，将叶片吊带缓缓提起（使用叶片第二和第三加强点），防止叶片发生翻转。

说明

先将吊具中心对准叶片重心，然后调平葫芦，叶根叶尖接触吊带且吊梁水平后，起吊吊梁；若起吊后吊梁倾斜，根据倾斜角度调整葫芦长度，直至吊梁水平。

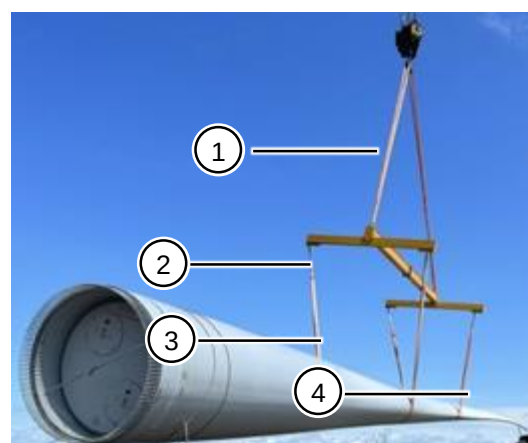


图 14-27 安装 45t 叶片吊具（单车）

1. 30t×15.55m 吊带 2. 手拉葫芦
3. 15t×22m 扁平吊带 4. 15t×19m 扁平吊带

6. 起吊叶片至轮毂变桨轴承法兰面，对轮毂进行变桨操作，使叶片零位线所对螺栓（距离叶片零刻度线最近的一个螺栓）与轮毂绿色零位线所对螺栓孔（距离轮毂零刻度线最近的一个螺栓孔）对齐，并将轮毂上的定位销与叶片法兰定位销孔对齐。

说 明

- 轮毂有两条零刻度线（绿线和红色）。
 - 叶片零刻度线（红线）在叶片根部名牌（叶片前缘）位置处。
-



图 14-28 叶片与轮毂对接

7. 安装所有可安装的螺母、垫圈。

说 明

- 随叶片运输的所有工装螺栓、螺母及垫圈到风场后废弃，严禁当产品螺栓使用，绝不允许安装到新产品上。
 - 同一台风轮上，轮毂与叶片连接的所有紧固件，必须批次统一。
-

8. 预紧叶片螺栓。

首先使用二型液压中空扳手均布将可紧固的螺母（数量不低于 60 个）紧固到 1500N.m，然后采用开口扳手将剩余螺栓紧固。

说 明

- 终拧拉伸力以项目《高强度紧固件安装及维护力矩规定》为准。
 - 使用中空扳手紧固叶片螺栓时，螺纹部位需涂抹润滑剂，涂抹位置距离外露端面 50mm，涂抹长度 40~45mm，螺母与垫圈结合面均匀涂抹润滑剂。
 - 三支叶片组队须在同一天完成，且所有叶片螺栓力矩紧固到 1500N.m。
-

9. 根据叶片后缘（刀锋）与吊带接触位置，在叶片吊带上安装叶片运输护垫。



图 14-29 安装叶片护垫

10. 在叶片叶尖第三或四加强位置安装一根宽度大于等于 300mm 的扁平吊带，并使用副起重机将叶片兜住，此时有辅吊兜住的叶片严禁变桨。

说 明

- 根据叶片后缘（刀锋）与吊带接触位置，在叶片吊带上安装叶片运输护垫，吊带受力时确保叶片后缘不与吊带直接接触。
 - 若现场扁平吊带长度不够，可与机舱吊带组合使用，但是与叶片接触的必须是扁平吊带。
-



图 14-30 安装第二支叶片

11. 拆除叶片吊具。

14.13.7 安装第三支叶片

注意

设备损坏的风险。

若不按要求作业与防护，容易造成设备损坏。

- 叶片于轮毂依次组对时需注意整个风轮系统的平衡度，如有不平稳的现象及时用吊车调整，防止倾翻。
- 组队完成的叶片需及时做好支撑。第一支、第二支叶片对接完成后，均须用副起重机兜住，三支叶片对接完成后，方可松开副起重机。
- 严禁吊带兜住叶片变桨紧固力矩。
- 为避免突然阵风吹动风轮在水平面旋转，使叶片和塔筒相撞而造成损坏，在叶片螺栓打力矩过程中，必须时刻让风轮保持对拉状态，预测最近叶片与塔筒的撞击点，然后在塔筒表面绑扎泡沫防止碰撞。

1. 安装叶尖护套，并在叶片护套上系两根缆风绳。

说明

- 叶尖护套只需安装在 2 支叶片上，无需安装在溜尾叶片上。
- 缠绕式叶尖护套安装完成后，避开锯齿尾缘区域。
- 叶片后缘朝上时，缆风绳拉紧的方向要使护套的魔术贴为收紧状态。
- 风轮安装完成后，非缠绕式叶尖护套通过盘车调整风轮姿态拆除。缠绕式叶尖护套通过变桨调整叶片姿态拆除。



图 14-31 安装叶尖护套（不带降噪齿叶片）

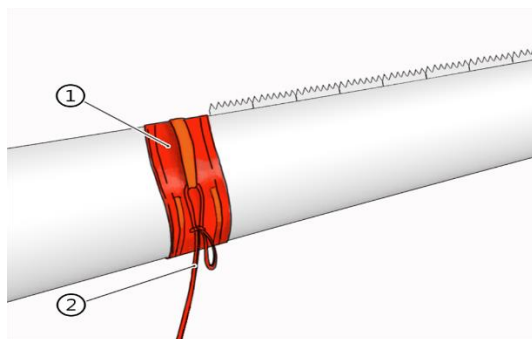


图 14-32 安装叶尖护套（带降噪齿叶片）

1. 缠绕式叶尖护套 2. 缆风绳

2. 将叶片根部以及尾部运输支架处的紧固件拆除。
3. 拆掉红色标识的叶片工装螺栓，安装新的双头螺柱。
4. 检查所有叶片双头螺柱露出法兰面长度 L 值。叶片双头螺柱外露长度 L 值见表 14-10。

5. 安装叶片吊具，将叶片吊带缓缓提起（使用叶片第二和第三加强点），防止叶片发生翻转。

说明

先将吊具中心对准叶片重心，然后调平葫芦，叶根叶尖接触吊带且吊梁水平后，起吊吊梁；若起吊后吊梁倾斜，根据倾斜角度调整葫芦长度，直至吊梁水平。

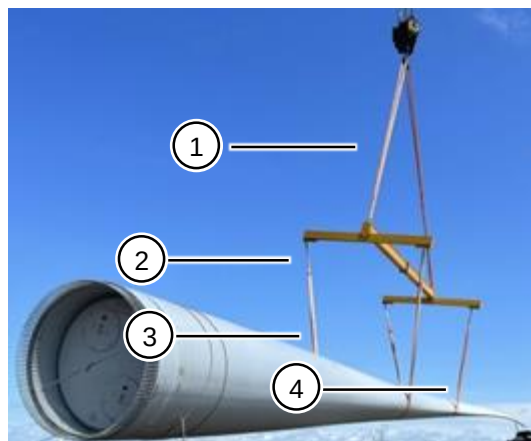


图 14-33 安装 45t 叶片吊具（单车）

1. 30t×15.55m 吊带 2. 手拉葫芦
3. 15t×22m 扁平吊 4. 15t×19m 扁平吊带

6. 起吊叶片至轮毂变桨轴承法兰面，对轮毂进行变桨操作，使叶片零位线所对螺栓（距离叶片零刻度线最近的一个螺栓）与轮毂绿色零位线所对螺栓孔（距离轮毂零刻度线最近的一个螺栓孔）对齐，并将轮毂上的定位销与叶片法兰定位销孔对齐。

说明

- 轮毂有两条零刻度线（绿线和红色）。
- 叶片零刻度线（红线）在叶片根部名牌（叶片前缘）位置处。



图 14-34 叶片与轮毂对接

7. 安装所有可安装的螺母、垫圈。

说明

- 随叶片运输的所有工装螺栓、螺母及垫圈到风场后废弃，严禁当产品螺栓使用，绝不允许安装到新产品上。
- 同一台风轮上，轮毂与叶片连接的所有紧固件，必须批次统一。

8. 使用二型液压中空扳手均布将可紧固的螺母（数量不低于 60 个）紧固到 1500N.m，然后后采用开口扳手将剩余螺栓紧固，并做好辅助支撑，此时有辅吊兜住的叶片严禁变桨。

说 明

- 终拧拉伸力以项目《高强度紧固件安装及维护力矩规定》为准。
 - 使用中空扳手紧固叶片螺栓时，螺纹部位需涂抹润滑剂，涂抹位置距离外露端面 50mm，涂抹长度 40~45mm，螺母与垫圈结合面均匀涂抹润滑剂。
 - 三支叶片组队须在同一天完成，且所有叶片螺栓力矩紧固到 1500N.m。
-



图 14-35 安装第三支叶片

9. 拆除叶片吊具。

14.14 风轮组装收尾工作

说 明

- 风轮组装完成后，若遇大风天气，应变桨使 3 支叶片水平，在叶片吊带上安装叶片运输护垫，吊车用 3 根宽度大于等于 300mm 的扁平吊带兜住 3 个叶片（第四加强位置吊车施加大约 2t 的吊力），必要时用锚杆固定。
 - 风轮组装完成后，因天气、环境等因素不满足现场吊装，但是满足叶片螺栓紧固条件时，在地面可将叶片螺栓全部提前拉升至 100%终拧拉伸力。
-

1. 对叶片进行变桨，将未安装的螺母依次手动安装。
2. 使用液压中空扳手将所有双头螺柱力矩紧固到 1500N.m。
3. 连接叶片防雷导线（若为螺栓连接方式，螺栓需紧固到位，并做防松标识）。
4. 安装雷电记录卡，并用扎带交叉绑扎牢固。

5. 叶片法兰与变桨轴承外部缝隙涂胶。
- a. 清理叶片法兰与变桨轴承外部缝隙尘土。
 - b. 沿着叶根圆周方向,用密封胶封堵叶片法兰与变桨轴承外部缝隙,确保密封胶涂抹无间断,光滑平顺。严禁将密封胶涂到变桨轴承密封圈上。



图 7-38 叶片法兰与变桨轴承外部缝隙涂胶

6. 清理轮毂及叶片卫生。

15. 安装风轮

⚠ 危险

人员死亡或重度伤害的风险。

风速超过吊装风速要求，主起重机稳定性差且风轮姿态无法控制，容易损坏设备或掉落击伤作业人员。

- 严格按照风速要求作业。

说明

- 风轮安装之前确保所有塔筒（含偏航和锚栓）力矩紧固到 100%终拧力矩。
- 风轮安装之前确保所有叶片螺栓力矩紧固到 70%终拧力矩（1500Nm）。

风轮安装主要包括准备工作、安装风轮吊具、起吊风轮、翻转风轮、对接风轮、力矩紧固、拆除吊具、收尾工作 8 部分，安装时间大约 4 小时。

15.1 安装流程图

风轮安装流程如图 15-1 所示：



图 15-1 风轮安装流程图

15.2 工具清单

风轮安装工具，见表 15-1 所示。

表 15-1 工具清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	液压力矩扳手	8 或 10 型力矩扳手	1	个	风轮专用吊具安装与拆卸
2	套筒	S80-1.5 寸	1	个	
3	开口扳手	S85	1	个	拆除轮毂与运输工装 M56 连接螺栓
4	套筒	自制 S85-2.5 寸套筒含加长杆	1	个	
5	呼啸电动扳手	1000N.m	1	个	主轴螺栓预紧
6	套筒	S85-2.5 寸	1	个	
7	液压拉伸器	M56	1	个	主轴螺栓力矩紧固
8	记号笔	油性	5	支	力矩线标记

15.3 物料清单

风轮安装物料，见表 15-2 所示。

表 15-2 物料清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	螺栓	M42×240	30	个	机舱侧穿向轮毂
2	垫圈	42	30	个	
3	螺柱	M56×390	60	个	轮毂侧穿向机舱
4	垫圈	56	60	个	
5	螺母	M56	60	个	
6	钼基润滑剂	-	1	个	螺栓螺纹润滑
7	密封胶	-	2	管	吊装孔盖密封

15.4 主轴螺栓力矩值

轮毂与主轴连接螺栓力矩值，见表 15-3 所示。

表 15-3 主轴螺栓力矩值

序号	名称	规格	数量	第一次预紧力	第二次预紧力	第三次预紧力
1	螺栓	M42×240	30	1080N▪m	2520N▪m	3600N▪m
2	螺柱	M56×390	60	2550N▪m	5950N▪m	8500N▪m

15.5 安装风轮吊具

15.5.1 吊具清单

风轮安装吊具清单见表 15-4 所示。

表 15-4 吊具清单

序号	名称	规格	数量	单位	备注
1	风轮专用吊具	155t	1	个	风轮安装专用吊具
2	环形吊带	85t×6m	1	条	对折使用
3	卸扣	160t	1	个	与 80t×6m 配套使用
4	螺栓	M52×280-10.9	18	个	每吊装 4 台后须更换新螺栓
5	垫圈	52	36	个	
6	螺母	M52	18	个	
7	环形吊带	6t×5m	1	条	吊具安装与拆卸

序号	名称	规格	数量	单位	备注
8	卸扣	12t	1	个	
9	扁平吊带	30t×16m	2	条	风轮组装备用和溜尾吊带
10	溜尾护板	溜尾护板 1000×264	1	个	风轮起吊溜尾护具
11	叶尖护套	叶尖护套 1500×700 2t	2	个	叶片缆风绳绑扎
12	涤纶绳	Φ 20×200m 3 股	4	根	缆风绳
13	风轮导向销	915 风轮安装定位销组件	3	个	风轮对接导向

15.5.2 安装吊具

说明

- 检查吊具螺栓、卸扣、销轴、主体有无裂缝及吊带有无破损，若有损伤，禁止使用。
- 确保吊具安装面干燥，无杂物。
- 确保所有安装销轴的位置均有开口销。
- 风轮专用吊具工装螺栓每使用一次（吊装一台风轮），必须做一次贯穿线防松标记。第一次做“红色”标记，第二次做“黑色”标记，第三次做“绿色”标记，第四次做“蓝色”标记。
- 风轮专用吊具专用安装螺栓，每吊装 4 台风轮须更换一次。若未满四次吊装，螺栓有损坏，必须更换整套螺栓。
- 叶片 A 为溜尾叶片。
- 确保溜尾吊具安装在叶片第四加强位置，不能超出加强区域。
- 确保溜尾吊具捆绑牢固。

1. 调整叶片姿态。

手动变桨调整叶片角度，使 A、B、C 三支叶片前缘全部朝向地面，变桨完成后锁紧变桨柜门。

2. 拆除吊具安装孔盖板。

- 使用壁纸刀将吊具安装孔上、下盖板（黄色盖板）与导流罩连接处密封胶以及紧固件上内外包裹的密封胶割开。
- 使用两个 S13 开口扳手将所有安装螺栓拆除，将吊具安装孔上、下盖板取下放在安全位置，避免压坏。并将紧固件保存，待风轮安装完成后将其复原。

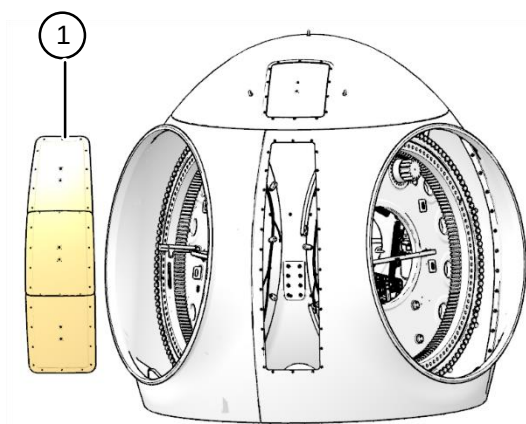


图 15-2 拆除吊装孔盖板

1. 吊装孔盖板

3. 螺栓副润滑。

所有工装螺栓在拧紧前都要在外螺纹表面涂抹螺栓润滑剂（连接螺栓头部留出 2 个螺距不涂抹）、螺母与垫圈配合处均需涂抹螺栓润滑剂。

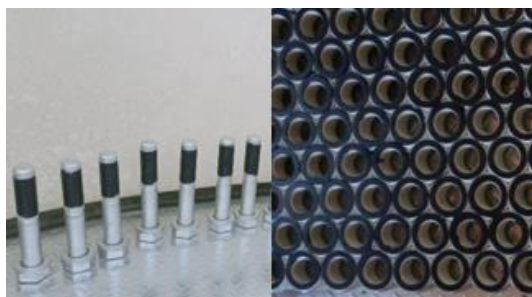


图 15-3 工装螺栓副润滑

4. 安装吊具主体。

- a. 用一个 160t 卸扣将上吊臂吊耳与一根 85t×6m 吊带连接,使用起重机将风轮专用吊具调至轮毂腹板预留孔安装位置。
- b. 用 10 颗 M52×280 螺栓、10 个螺母 (M52)、20 个垫圈 (M52) 将上吊座安装在轮毂预留凸台位置。
- c. 用 8 颗 M52×280 螺栓、8 个垫圈 (M52) 将下吊座安装在轮毂预留凸台位置。

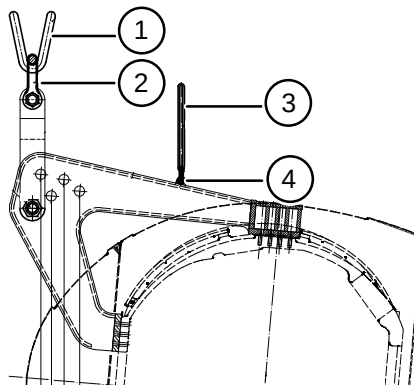


图 15-4 安装吊具主体

说明

- M52×280 螺栓力矩值 5830N·m, 并做相应防松标记。
- 风轮吊具吊点位置: 915D 轮毂采用 H 吊点, 915P 轮毂采用 G 吊点。

- | | |
|---------------|------------|
| 1. 80t×6m 吊带 | 2. 150t 卸扣 |
| 3. 5t×5m 环形吊带 | 4. 12t 卸扣 |

5. 调整与确认吊装点位。

- a. 用一个 150t 卸扣将上吊臂吊耳与一根 80t×6m 吊带连接,使用起重机将上吊臂吊装至吊具主体对应孔安装位置,根据机型选择对应吊装孔,完成吊装点位切换。
- b. 将连接销轴穿入安装孔,用大活动扳手将销轴上锁紧螺母紧固,并在销轴上安装开口销。

6. 安装溜尾吊具。

使用 30t×16m 扁平吊带从一端穿过另一端形成环套在叶尖第四加强位置,在叶片锐边与吊带接触处安装叶片护板,系上拉绳,副起重机提升,将扁平吊带收紧。



图 15-5 安装溜尾吊具

7. 安装风轮缆风绳。

在另外两支叶片（除溜尾叶片）的叶尖位置各安装一个叶尖保护套，在叶尖保护套上各绑扎一根长约 200m 的牵引绳，用于牵引风轮，辅助对接。

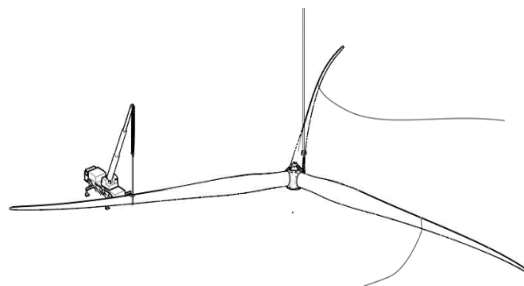


图 15-6 安装风轮缆风绳

15.6 风轮起吊

说明

- 确保吊具螺栓、卸扣、销轴、主体有无裂缝及吊带无破损，所有螺母都紧固，所有开口销均已安装。
- 溜尾吊车在抬吊过程中避免溜尾钩倾斜受力。
- 风轮吊装过程中缆风绳操作人员需集中精力，听从指挥指令。
- 如现场安装队操作人员不足，可以使用锚点，但是需对缆风绳操作人员进行培训，避免吊装过程释放缆风绳不及时造成吊具变形或缆风绳断裂。
- 不同风速下，如缆风绳操作人员充足，不建议使用锚点，建议拉缆风绳的人数如下：
 - 风速 $< 5\text{m/s}$ ，单侧 8 人
 - $5\text{m/s} \leq \text{风速} < 7\text{m/s}$ ，单侧 10 人
 - $7\text{m/s} \leq \text{风速} < 8\text{m/s}$ ，单侧 15 人
- 风轮翻身过程中，可以借助锚点控制缆风绳松紧状态，禁止使用锚点固定死缆风绳。
- 整个吊装过程禁止将缆风绳绑死在地面固定物体上。

1. 清理轮毂内杂物、工具等，拆除变桨控制的连接电缆。
2. 拆除 6 个 M56×120 轮毂运输工装螺栓。
3. 主起重机与副起重机同时起吊，将风轮水平提升至一定高度提住。



图 15-7 起吊风轮

4. 使用清洁剂清洗风轮—主轴之间的接触面（轮毂法兰面）上的防锈油，清洁螺纹孔，并检查螺纹是否有损伤。

5. 安装双头螺柱及定位销。

- a. 在外圈安装 58 个 M56×390 双头螺柱，外露长度 $255 \pm 1\text{mm}$ 。
- b. 在轮毂法兰面零刻度线位置左右各安装 1 个定位销，待风轮与主轴连接螺栓 70% 力矩完成后，拆除定位销，安装其余 2 个双头螺柱。



图 15-8 安装双头螺柱及定位销

15.7 风轮翻转

1. 继续提升风轮，然后通过主起重机与副起重机不同程度的提升，使风轮慢慢翻转。

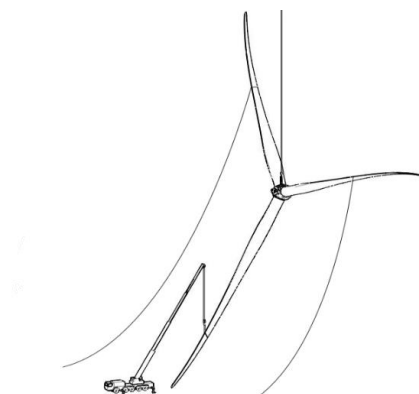


图 15-9 翻转风轮

2. 风轮达到竖直时，与主轴完成对接后向下拉缆绳将溜尾吊具拆除。

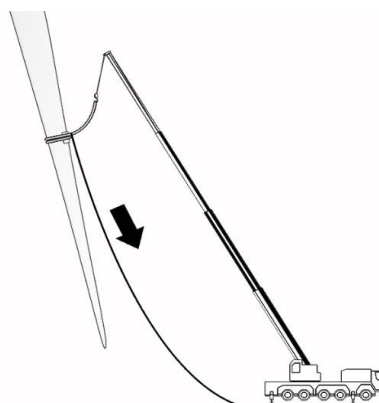


图 15-10 拆除溜尾吊具

15.8 风轮对接

说明

- 风轮对接期间起重机操作员与指导人员需密切沟通。
- 对接前，通过盘车，使刹车孔盘的孔中心必须在正下方对准机械锁锁销。
- 当风速达到 5m/s 及以上时请勿使用盘车工装进行手动盘车。
- 盘车工装安装前确保风机摩擦盘制动器锁死。盘车过程必须两人操作，一人负责盘车，一人

负责随时制动风机摩擦盘，工装机加面和齿轮面每 3 个月涂油保养。

- 使用叶尖护套处的 2 根缆风绳调整风轮的方向。
 - 盘车后，必须保证高速液压刹车抱死。
 - 对接前，确认滑环线绑扎牢固，无松动。对接过程中，避免磕碰到主轴端面上捆扎好的滑环线。
1. 缓缓吊起风轮，使轮毂与机舱主轴安装面对齐。
 2. 在风轮对接机舱之前，通过盘车使距离主轴零刻度线最近的螺孔与距离轮毂法兰面零刻度线最近的螺纹孔对齐，确保变桨电源及通讯线束满足安装要求。
 3. 将风轮缓慢靠近机舱并与机舱对接。

说 明

风轮对接时，在机舱中负责对接风轮的作业人员必须穿戴安全带，安全带可靠固定在机舱上罩的安全挂点。

15.9 风轮上张口解决方案

说 明

- 副起重机位置及拉拽叶片时需注意方向及空间，避免溜尾叶片与主起重机大臂等设备发生撞击。
- 副起重机需求：建议实际载荷不小于 130t，主臂长度也满足安装高度要求。

使用副起重机在风轮溜尾叶片第四加强点位置，缓慢起杆拽拉叶片，调整风轮姿态，减小上张口角度，顺利完成风轮与主轴对接。



图 15-11 副起重机拉拽溜尾叶片

15.10 主轴螺栓安装与紧固

说 明

- 螺栓与被连接零件之间都必须使用高强度垫圈。
- 螺母处垫圈倒角朝向螺母。螺母有等级标识一侧应外露，保证承压面与垫圈接触。
- 安装过程中螺栓必须顺利穿入，不得有卡滞，任何时候都严禁使用外力强制穿入连接螺栓（如使用大锤砸入），以避免螺栓安装完成后承受剪切力导致发生断裂。若螺栓穿入安装孔时，有困难的应拆卸检查，查找原因并解决后再继续安装，不得强行穿入。
- 终拧力矩以项目《高强度紧固件安装及维护力矩规定》为准。
- 第一次拧紧完成后，紧固件的支撑面和垫圈、被联接零部件紧密贴合，没有贴合的应拆卸检查、更换新的高强度紧固件重新安装。

1. 在轮毂零刻度线与机舱主轴零刻度线对齐情况下，确保轮毂法兰面螺栓与主轴法兰面法兰孔对齐之后，从轮毂内侧往主轴方向安装 30 个 M42×240 螺栓，手动将所有螺母及垫圈安装。
2. 用 1000N·m 的电动扳手或液压扳手按终拧力矩的 30%进行第一次力矩紧固。

说明

- 每个螺栓紧固后用油漆笔或其他附着力强、不易褪色的笔在在螺栓头上标记符号“—”。
- 紧固顺序为十字对角。

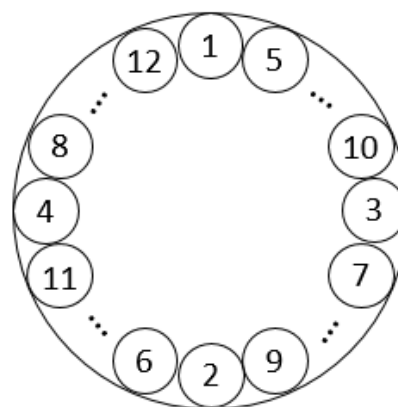


图 15-12 螺栓紧固顺序

3. 用液压力矩扳手按终拧力矩的 70%进行第二次力矩紧固。70%力矩紧固完成后拆除定位销，安装剩余 2 个螺栓。

说明

- 每个螺栓紧固后用油漆笔或其他附着力强、不易褪色的笔在在螺栓头上标记符号“|”，与“—”形成“十”。
- 紧固顺序为十字对角。

4. 待风轮吊具拆除后，手动盘车，用液压力矩扳手按终拧力矩的 100%进行第三次力矩紧固。

说明

- 每个螺栓紧固后用油漆笔或其他附着力强、不易褪色的笔在在螺栓头上标记符号“○”，与“十”形成“⊕”。
- 紧固顺序为十字对角。

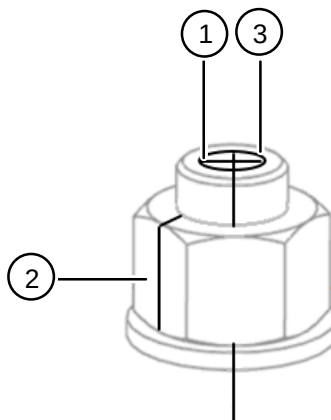


图 15-13 力矩标识线

- 1.30%力矩标识线 2.70%力矩标识线
3.100%力矩标识线

5. 螺栓 100%紧固后，将裸露的螺纹孔进行喷锡防腐处理。



图 15-14 螺纹孔裸露部分

15.11 拆除风轮吊具

注意

设备损坏的风险。

风轮安装完成后溜尾叶片与主起重机大臂距离很近，稍有不慎容易损伤叶片。

- 确保地面指挥与高空指挥协调好，防止吊具拆除时，主起重机大臂（爬杆）与溜尾叶片产生撞击。

说明

- 风轮与机舱上半圈连接螺栓紧固到 70%终拧力矩，下半圈螺栓中位置方便的紧固到 70%终拧力矩，其余的手动拧紧之后，在确保安全的情况下，拆除风轮点单吊具。
- 确保地面指挥与高空指挥协调好，防止吊具拆除时，主起重机大臂（爬杆）与溜尾叶片产生撞击。
- 吊具拆卸过程中要防止工作人员和安装螺栓掉落。

1. 80t×6m 吊带保持挂在主起重机吊钩上。
2. 用一个 12t 卸扣将吊具主体吊耳与一根 5t×5m 吊带连接，并将 5t×5m 吊带另一端也挂在主起重机吊钩上。

3. 用 5 型液压扳手将 18 颗工装螺栓拆除，主起重机缓慢起钩将吊具整体吊离轮毂安装面，并将所有拆卸的工装螺栓原安装到吊具上、下吊座上。

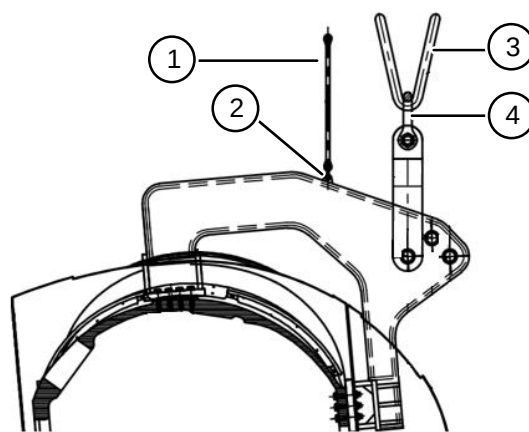


图 15-15 拆除风轮吊具

- | | |
|--------------|------------|
| 1. 5t×5m 吊带 | 2. 12t 卸扣 |
| 3. 80t×6m 吊带 | 4. 150t 卸扣 |

15.12 安装风轮收尾

15.12.1 安装轮毂吊装孔盖板

1. 若现场风轮安装使用风轮专用吊具，用 30 个 M8×35 螺栓将吊装孔上、中、下盖板安装，力矩值 $25 \pm 1 \text{ N} \cdot \text{m}$ ，并画放松标记线。
2. 用密封胶将外露螺栓及吊装孔盖板与导流对接处缝隙涂抹。

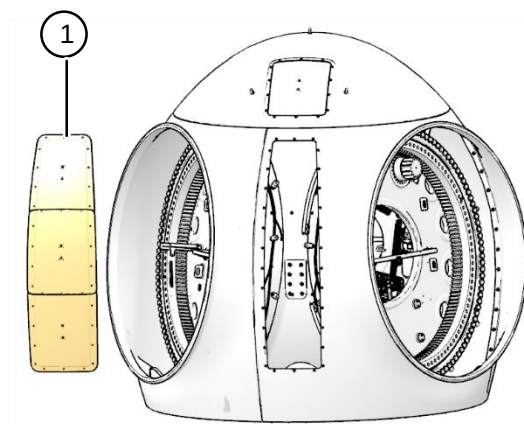


图 15-16 安装吊装孔盖板

1. 吊装孔盖板

15.12.2 检查滑环线

风轮安装完成后，锁死风轮，安装公司人员进入轮毂进行滑环线检查，滑环线要求绑扎牢固，表面无明显损伤，并拍照留档。

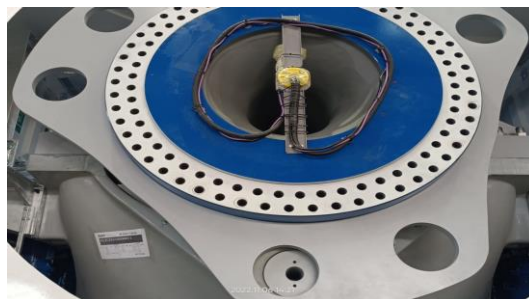


图 15-17 检查滑环线

15.12.3 主轴与轮毂结合面外露缝隙涂胶

风轮安装完成且主轴螺栓力矩紧固到 100%后，锁死风轮，在主轴与轮毂结合面外露缝隙（外圈）涂胶，确保密封胶无断点，光滑平顺。

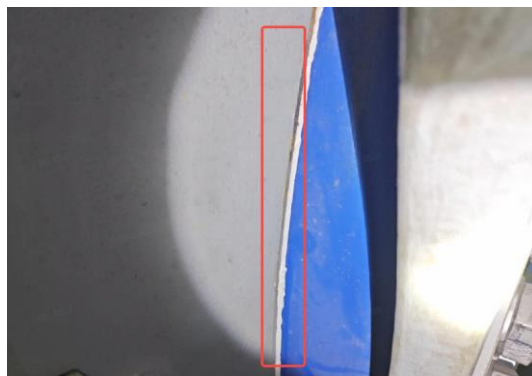


图 15-18 主轴与轮毂结合面外露缝隙密封

15.12.4 主轴与轮毂结合面画防错位标识

风轮安装完成且主轴螺栓力矩紧固到 100%后，在主轴与轮毂结合面垂直位置画 1 个防错位标识，标识必须笔直清晰，且延伸到 2 个零件表面，并在标识两端记录时间。

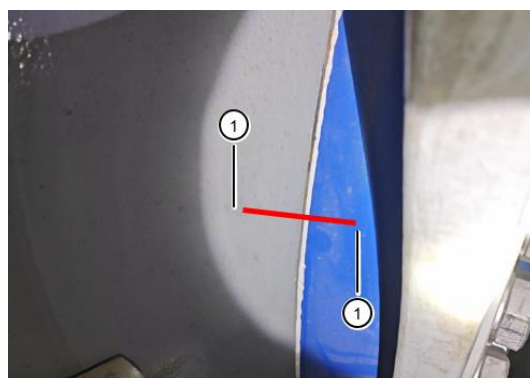


图 15-19 主轴与轮毂结合面防错位标识

1. 记录时间位置

15.12.5 主轴与衬套结合面画防错位标识

风轮安装完成且主轴螺栓力矩紧固到 100%后，在主轴与衬套结合面垂直位置画 1 个防错位标识，标识必须笔直清晰，且延伸到 2 个零件表面，并在标识两端记录时间。

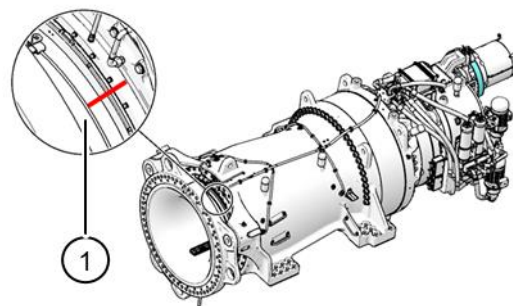


图 15-20 主轴与衬套结合面防错位标识

1. 记录时间位置

15.13 叶片螺栓紧固

说明

终拧拉伸力以项目《高强度紧固件安装及维护力矩规定》为准。

- 待风轮与主轴螺栓紧固到 100%终拧力矩，锁死风轮，用 M36 拉伸器按终拧拉伸力的 100% 进行第一、第二次拉伸力紧固。紧固顺序为十字对角。

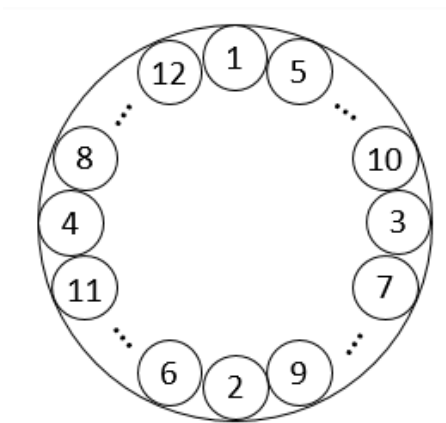


图 15-21 螺栓紧固顺序

- 每个螺栓紧固后用油漆笔或其他附着力强、不易褪色的笔在螺栓头上标记符号“○”，与“十”形成“⊕”。

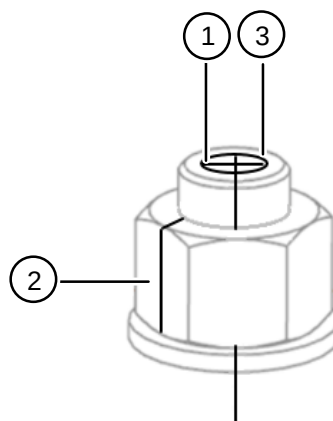


图 15-22 力矩标识线

- 第一次力矩标识
- 第二次力矩标识
- 第三次力矩标识

15.14 吊装阶段抗涡激方案

说明

- 在风机运行之前，只要风机没有工作人员，三个桨叶的位置必须为 2 个桨叶处于限位触发的位置，必须有一支叶片处于 30 度角位置。
- 叶片 30 度角位置变桨严格按照《30 度变桨指导说明书执行》。

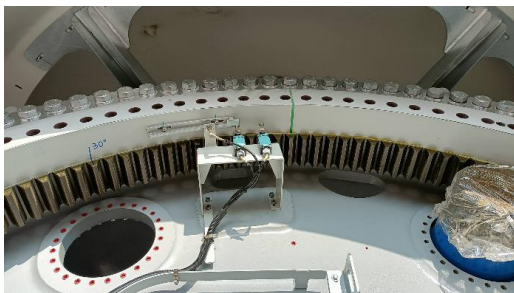


图 15-23 变桨回转支承 30 度位置



图 15-24 叶片变桨至 30 度位置状态

16. 后续工作

16.1 发电机对中

发电机对中参照《915平台风力发电机组发电机对中手册》进行。

16.2 安装联轴器

联轴器安装请参照《风力发电机组联轴器机械安装与更换指导书》进行。

16.3 整机力矩验收

说 明

- 力矩验收为终检项目，须安装公司、业主、监理和三一重能一起进行检验。

16.3.1 M20及以下螺栓力矩检验

说 明

- 力矩及拉伸力检验之前须检查标识线，有一根贯穿错位线，标识线检查无误后，进行力矩检验。

1. 拧紧力矩检验偏差范围为 $\pm 5\%$ 。
2. 力矩检验数量范围（力矩法）：不低于 20%。
3. 力矩及拉伸力检验方法：

以安装力矩的100%对螺栓（20%）朝拧紧方向施力，情况如下：

- a. 若螺栓（螺母）转动且转动角度小于 10° （鉴别的方法是一字线相对移动的距离小于螺母侧边长度的 $1/6$ ），认为合格。
- b. 若螺栓（螺母）转动角度大于 10° （鉴别的方法是一字线相对移动的距离小于螺母侧边长度的 $1/6$ ），需重新安装力矩或拉伸力的 100%对螺栓进行紧固。
- c. 若螺栓（螺母）不转动，增加到安装力矩或拉伸力的 105%对螺栓（抽检 5%，不低于 3 个）朝拧紧方向施力，螺栓（螺母）转动为合格；若螺栓（螺母）不转动，增加到安装力矩及拉伸力的 110%朝拧紧方向施力，螺栓（螺母）转动为合格，螺栓（螺母）不转动为超力矩及拉伸力，需要更换整套螺栓组件。

16.3.2 高强度螺栓力矩检验

说明

- 高强度螺栓和叶片双头螺柱严格按照三一重能提供的力矩值（拉伸值）和检验标准执行，具体按照《高强度紧固件安装及维护力矩规定》执行。
- 力矩及拉伸力检验之前须检查标识线，有一根贯穿错位线，标识线检查无误后，进行力矩检验。

1. 力矩及拉伸力检验时可以使用与安装过程相同型号的拧紧工具，但是不得使用同一个（或同一套）拧紧工具，检验工具的力矩精度不得低于安装工具精度。
2. 高强度螺栓紧固 4h 后 24h 内完成力矩及拉伸力检验。
3. 拧紧力矩及拉伸力值检验偏差范围为 $\pm 5\%$ 。
4. 力矩及拉伸力检验范围：

- a. 主轴-轮毂连接螺栓（力矩法）：100%全检。
- b. 塔筒-机舱连接螺栓（拉伸法）：100%全检。
- c. 叶片-轮毂连接螺栓（拉伸法）：100%全检。
- d. 塔筒-塔筒连接螺栓（力矩法）：100%全检。

5. 力矩及拉伸力检验方法：

以安装力矩或拉伸力的100%对螺栓（全检）朝拧紧方向施力，情况如下：

- a. 若螺栓（螺母）转动且转动角度小于 10° （鉴别的方法是一字线相对移动的距离小于螺母侧边长度的 $1/6$ ），认为合格。
 - b. 若螺栓（螺母）转动角度大于 10° （鉴别的方法是一字线相对移动的距离小于螺母侧边长度的 $1/6$ ），需重新按照安装力矩或拉伸力的 100%对螺栓进行紧固。
 - c. 若螺栓（螺母）不转动，增加到安装力矩或拉伸力的 105%对螺栓朝拧紧方向施力，螺栓（螺母）转动为合格；若螺栓（螺母）不转动，增加到安装力矩及拉伸力的 110%朝拧紧方向施力，螺栓（螺母）转动为合格，螺栓（螺母）不转动为超力矩及拉伸力，需要更换整套螺栓组件。
6. 使用黑色记号笔在力矩作业信息的右侧记录力矩检验完成的信息，包括检验力矩值/拉伸力值（单位 Nm/kN，非 PSI 值）、检验人员姓名及检验日期。

16.3.3 锚栓拉伸力检验

说明

- 从三一重能购买和三一重能提供的锚栓，严格按照三一重能提供的拉伸值和检验标准执行，非三一重能提供请自行联系锚栓厂家提供拉伸值和检验标准。

1. 拉伸力检验时可以使用与安装过程相同型号的拧紧工具，但是不得使用同一个（或同一套）拧紧工具，检验工具的拉伸力精度不得低于安装工具精度。
2. 锚栓安装拉伸力（超张拉）紧固完成 24h 后进行拉伸力检验。
3. 拉伸力检验值偏差范围为 $\pm 5\%$ 。
4. 拉伸力检验范围（拉伸法）：100%全检。
5. 拉伸力检验方法：
以设计拉伸力的 100%对螺栓（全检）朝拧紧方向施力，情况如下：

- a. 若螺母转动，认为不合格。需重新按照安装拉伸力的 100%对螺栓进行紧固。
 - b. 若螺母不转动，增加到安装拉伸力的 105%朝拧紧方向施力，螺母转动为合格；若螺母不转动，增加到安装拉伸力的 110%施拧，螺母转动为合格。螺母不转动为超过规定拉伸力，需要第一时间通知业主和三一重能。
6. 使用黑色记号笔在力矩作业信息的右侧记录力矩检验完成的信息，包括检验力矩值/拉伸力值（单位 Nm/kN，非 PSI 值）、检验人员姓名及检验日期。

16.4 螺栓防腐

说明

- 力矩及拉伸力检测完毕后，用冷喷锌喷涂螺栓表面（锚栓除外），干固后再重新画防松标识线。

1. 基础锚栓。
 - a. 采用刷涂的方法在螺栓、垫圈、螺母的外露面涂抹薄薄一层防锈油，涂抹要均匀、美观。
 - b. 在塔筒外锚栓上安装保护套。
2. 高强度螺栓（含叶片螺柱）。
 - a. 力矩及拉伸力检测完成之后，用冷喷锌喷涂螺栓表面。
 - b. 采用黑色油漆笔重新在高强紧固件端头（螺栓、螺母）、垫圈、被联接零件三者上标记符号“|”。

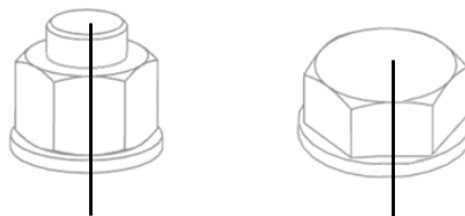


图 9-3 防松标识线

16.5 检查爬梯和防坠落装置

说明

- 每次维修后必须重复此项检查。
- 落差高度超过 5m（含 5m）的爬梯，必须通过防坠落检验。
- 机组所有的入口处和出口处必须有标识符号。
- 爬梯、护栏的螺栓连接牢固，各焊接处良好。
- 每节塔筒的平台螺栓连接牢固。
- 平台的爬梯入口处有挡板，挡板螺栓连接牢固。

1. 在安装爬梯部分后，必须由授权人员（受过爬梯制造商培训的人员）检查爬梯、防坠落设备（含钢丝绳）和背部保护设备是否安装正确。
2. 必须根据各种操作环境来调整后续的检查间隔时间。间隔时间取决于使用的频率、使用期间的强度以及所制定测试的频率和重力。

16.6 机组清理

说明

- 机组安装完成后，需清扫塔筒、机舱和轮毂卫生，风机内不得留有工具、螺栓、螺母、垫圈以及烟头等杂物，避免调试时发生意外事故。

全部安装和检查工作完成后，必须对整机进行卫生清洁。

- 必须清理整个机舱（包括发电机、齿轮箱底部垃圾）和轮毂。
- 必须清理塔筒平台及法兰面所有油污、杂物，清理安装过程中使用的工具、材料等。
- 必须清理塔底高压开关柜与塔底控制柜表面及周边卫生。
- 必须清理塔底平台及基础环内尘土与垃圾。

16.7 变桨齿圈抹脂

说明

- 变桨齿圈抹油严格按照《变桨轴承开齿面润滑作业指导书》执行。

16.8 偏航齿圈抹脂

说明

- 偏航齿圈抹油严格按照《偏航轴承开齿面润滑作业指导书》执行。

16.9 人员撤场

说明

- 人员工作结束离开风机前，要确保风轮机械锁和高速轴刹车松开。
- 在风机运行之前，只要风机没有工作人员，三个桨叶的位置必须为 2 个桨叶处于限位触发的位置，必须有一支叶片处于 30 度角位置。

1. 人员工作结束离开风机前，检查高速轴刹车液压站压力表，确保压力为零，且刹车盘可以自由转动。



图 9-4 高速轴刹车液压站

1. 高速轴刹车液压站压力表

2. 人员工作结束离开风机前，检查风轮机械锁销轴，确保机械锁销轴与锁紧盘刹车孔完全脱离，且风轮可以自由转动。

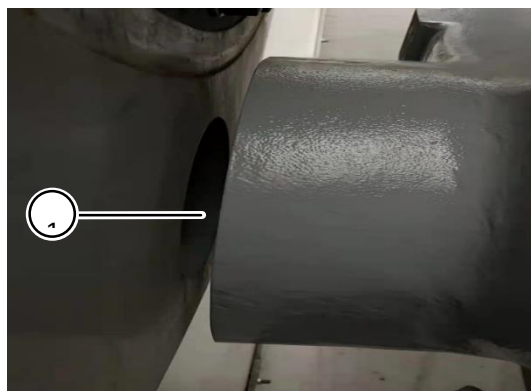


图 9-5 风轮机械锁解除状态

1. 风轮机械锁销轴

16.10 整机验收

说明

- 检查齿轮箱液位是否在液位线中间值以上，如不满足要求在运行调试前按要求补油至位线中间值以上。
- 机组调试之前（整机验收完成），将偏航齿圈清理干净，在大小齿圈上用毛刷和铲刀抹一层润滑脂。

1. 所有安装验收按照交付验收标准严格执行，需四方（安装公司、建设单位、监理和三一重能）参与，共同鉴证。
2. 调试前资料要求：基础水平度测试报告、基础接地电阻报告、整机验收报告、电气验收报告、力矩验收报告、对中数据电子影像照片、电缆压接影像照片。
3. 安装验收按照交付验收标准严格执行，验收需四方共同参与，达到验收标准后四方共同签字确认，在未达到验收标准前机组不具备调试条件，厂家拒绝调试。

附录

A 专业术语

表 A-1 手册专业术语

序号	名称	解释
1	溜尾吊具	辅助塔筒或风轮翻转吊具
2	终拧力矩或拉伸力	螺栓最终力矩或拉伸力，即额定力矩或拉伸力
3	雷电记录卡	记录叶片被雷电击中次数的卡片

B 塔筒螺栓力矩参考表

序号	规格	等级	平垫		双叠自锁垫圈（新增）	
			扭矩法（Nm）	拉伸法（KN）	扭矩法（Nm）	拉伸法（KN）
1	M16	10.9	210	125	260	125
2	M20	10.9	410	195	500	195
3	M22	10.9	560	240	700	240
4	M24	10.9	750	280	880	280
5	M27	10.9	990	370	1250	370
6	M30	10.9	1340	450	1700	450
7	M33	10.9	1830	555	2300	555
8	M36	10.9	2200	650	3100	650
9	M39	10.9	2900	780	4000	780
10	M42	10.9	3600	900	4900	900
11	M45	10.9	4500	1050	6100	1050
12	M48	10.9	5100	1180	7100	1180
13	M52	10.9	6600	1410	9200	1410
14	M56	10.9	8100	1610	11400	1610
15	M64	10.9	12200	2135	17100	2135
16	M72	10.9	14900	2760	-	-

C 机组力矩参考表

序号	螺栓位置	规格	等级	终拧力矩（拉伸）值	预紧方法	润滑方法
1	变桨轴承-轮毂	螺栓 M36	10.9	2400N.m	扭矩法	全润滑
2	轴承座-前底架	双头螺柱 M64	10.9	12200N	扭矩法	-
3	齿轮箱-主轴	螺柱 M45	10.9	4700N.m	扭矩法	全润滑
4	齿轮箱-轴承座	双头螺柱 M52	10.9	6700N.m	扭矩法	全润滑
5	后底板-主机架	螺栓 M36	10.9	2100N.m	扭矩法	全润滑
6	卡钳-主机架	螺栓 M39	10.9	2100N.m	扭矩法	全润滑
7	塔筒-主机架	双头螺柱 M39	10.9	810KN	拉伸法	全润滑
8	叶片-轮毂	双头螺柱 M36	10.9	470KN	拉伸法	-
9	轮毂-主轴	双头螺柱 M56	10.9	8500N.m	扭矩法	全润滑
10	轮毂-主轴	螺柱 M42	10.9	3600N.m	扭矩法	全润滑

D 7.2~8.0MW 机组手动偏航电气操作方案

D.1 注意事项

1. 适用场景：临时电偏航和启动齿轮箱油泵电机，电机电压 400V，二者不同时运行；电动盘车机构，电压 400V。
2. 此种操作方式下，务必保证 01-2F2 一直处于关断状态。
3. 调试发电机的规格：电压等级 400V，功率不小于 200kW。
4. 调试发电机到塔底柜 400V 侧的供电电缆规格不小于 10mm²。
5. 在操作之前检查偏航电机、齿轮箱油泵电机及偏航齿轮的保鲜膜，必须清理干净。
6. 在操作过程中遇到紧急情况，立即拍机舱急停，停止偏航。
7. 在调试发电机启动供电之前，测试机舱闭合回路确保无相间及对地短路现象。
8. 在调试发电机启动供电，电压稳定在 400(1±10%)V 范围内，用万用表逐级确认机舱柜内 400V 电压送电正常。

表 D-1 物料清单

序号	物料名称	规格型号	数量
1	柴油发电机	电压：400V 功率：≥200kW	1
2	柴油发电机到塔底柜 (41-X1) 400V 电缆	5G10	长度合适即可
3	短接电缆	3G1.5	1m
4	短接电线及 PTTB2.5	0.75mm ²	1m+PTTB2.5 端子 1 片（或者 PT2.5 1

序号	物料名称	规格型号	数量
	端子		片)

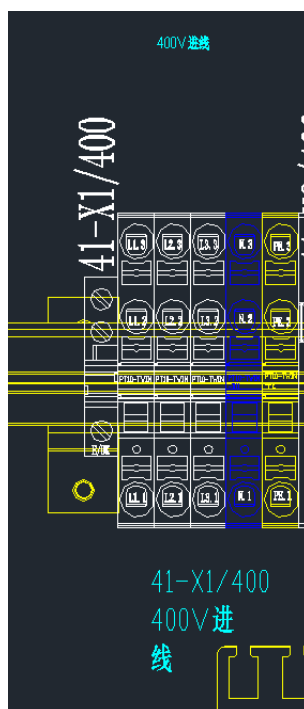
D.2 机舱上电（400V 柴油发电机）

D.2.1 准备工作

1. 准备。

说明

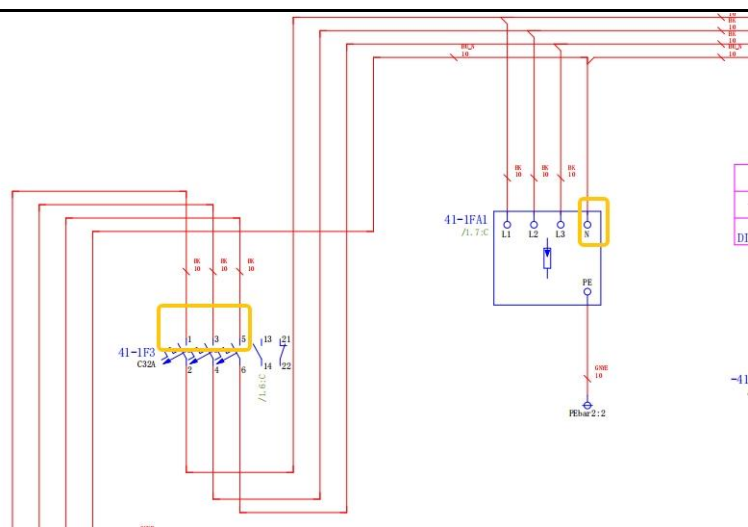
- 机舱柜到塔底柜供电、信号线缆敷设和接线完成后进行如下操作。
- a. 变流器拍下变流器门板急停，断开变流器微断 Q21.
 - b. 机舱柜：机舱柜 01-2F2 分断，机舱防雷 01-2FA3、01-3FA2 要拔下，塔底防雷 41-1FA1 要拔下。
 - c. 机舱柜内所有开关分断。
 - d. 机舱柜 01-3F1 分断，01-X3 的：1.1、1.2 下口进线拆除做好绝缘防护。
 - e. 机舱柜 01-11F4，01-11F3 分断，检查 01-X5：L1，L2，L3，N 及 PE 下口的进线是否已接好。
- #### 2. 接线工作。
- a. 柴发的输出使用 5G10 电缆接入塔底柜 400V 侧 41-X1 的 L1.2、L2.2、L3.2、N.2 和 PE.2。



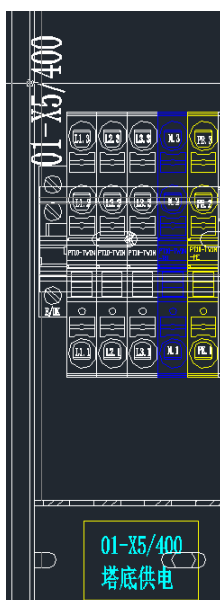
- b. 保证机舱柜和塔底柜急停按钮是拔出状态。
 - c. 在机舱柜用 3G1.5 的电缆按照相序连接 01-X4:3.1 接 01-X3: 1.1, 01-X4:3.2 接 01-X3: 1.2。
- #### 3. 检查工作。
- a. 机舱柜内 01-2FA3 防雷模块拔出，塔底柜内防雷 41-1FA1 拔出。
 - b. 01-X5 的 L1\L2\L3\N\PE 以及 01-X3: 1.1\1.2 没有短路。

D.2.2 供电

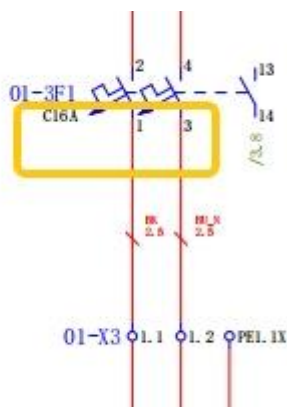
1. 塔底柴油发电机启动，塔底测量 41-X1 的 L1.2、L2.2、L3.2 电压为 400V，L 对 N.2 的电压分别为 230V，如不好测量，可从 41-1F3 的进线端测量。



2. 机舱柜测量 01-X5: L1、L2、L3 电压为 400V, L 对 N 电压分别为 230V (可以从空着未接线点进行测量), 正常可闭合 01-11F4。



3. 机舱柜测量 24-1F2:1、3、5 电压为 400V。
4. 机舱柜闭合 01-11F3, 测量 01-3F1 下口: 1、3 电压 230V 正常, 可闭合 01-3F1。



5. 闭合开关电源的空开: 闭合 01-5F2、01-5F5, 合 01-6F6。
6. 闭合 24V 空开 01-5F3, 5 分钟后, 01-5KM5 闭合 (如温度低于-5℃, 可调低 01-5ST3 强制上电, 上电后需恢复), 闭合 01-8F1、01-8F2、01-8F3、01-8F4、01-8F5、01-8F6、01-7F1、01-7F5。

7. 闭合电磁阀供电空开 23-2F2、闭合偏航电机制动器电源供电空开 24-3F2。

启动发电机	启动柴油发电机
测量柴发输出 400V 侧线电压 400V，对 N 相电压 230V，正常	-
机舱柜测量 01-X5: L1、L2、L3 和 N 线电压 400V，相电压 230V，正常	闭合 01-11F4
机舱柜测量 24-1F2:1、3、5 电压为 400V	-
机舱柜闭合 01-11F3，测量 01-3F1 下口：1、3 电压 230V 正常	闭合 01-3F1
开关电源上电	闭合 01-5F2、01-5F5，闭合 01-6F6
24V 上电	闭合 24V 空开 01-5F3，5 分钟后，01-5KM5 闭合（如温度低于-5℃，可调低 01-5ST3 强制上电，上电后需恢复），闭合 01-8F1、01-8F2、01-8F3、01-8F4、01-8F5、01-8F6、01-7F1、01-7F5
闭合电机电磁抱闸空开	24-3F2
闭合电磁阀供电空开	23-2F2

D.2.3 偏航控制逻辑测试

说明

- 务必保证 24-1F2 处于断开状态。

1. 断开 24-1F2，机舱急停按钮拔出，按下机舱安全链复位，急停安全链闭合。
2. 机舱偏航模式开关打到手动。
3. 机舱偏航控制打到顺时针，确保能听到 12 个（915P）/6 个（915）偏航电机松闸的声音，偏航顺时针接触器 24-6KM4 吸合、继电器 23-2K5、23-2K6 亮。
4. 机舱偏航控制打到逆时针，确保能听到 12 个（915P）/6 个（915）偏航电机松闸的声音，偏航逆时针接触器 24-6KM5 吸合、继电器 23-2K5、23-2K6 亮。
5. 测试完毕后机舱偏航模式打到自动，偏航控制打到中间。

D.2.4 偏航控制功能测试

说明

- 务必在机组偏航前检查偏航电机及偏航齿轮上的保鲜膜已清理干净。

1. 闭合偏航总马达保护器 24-1F2，闭合 12 个偏航电机的马达 24-1Q1 到 24-14Q1（915P）/闭合 6 个偏航电机的马达 24-2Q2 到 24-2Q7（915）。

2. 机舱手动偏航测试：机舱柜门板上偏航模式按钮打到手动，然后偏航控制按钮分别打到逆和顺档位，观察偏航电机的偏航方向，确保一致。完成此测试以后，要把偏航模式打到自动，偏航控制打到中间位置。



D.2.5 齿轮箱油泵电机低速控制逻辑测试

说明

- 务必保证 21-1Q2 处于断开状态。

1. 断开 21-1Q2、21-3Q2；
2. 将 21-X4: 1.2S 接线取下，接入 21-X4: 1.1X，观察确定 21-1KM7 吸合，21-1KM5 和 21-1KM6 没有动作；
3. 将 21-X4: 2.2S 接线取下，接入 21-X4: 2.1X，观察确定 21-3KM7 吸合，21-3KM5 和 21-3KM6 没有动作；
4. 将 21-X4: 1.1X 接线取下，21-1KM7 分断。
5. 将 21-X4: 2.1X 接线取下，21-3KM7 分断。

D.2.6 齿轮箱油泵电机低速控制功能测试

说明

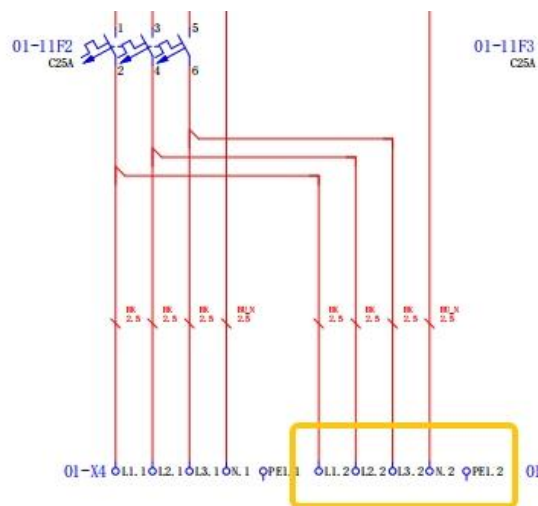
- 务必在齿轮箱油泵电机启动前确定油泵电机上的保鲜膜已清理干净。

1. 闭合齿轮箱油泵电机马达保护器 21-1Q2。
2. 将线号为 A2.2:28 的线与 24V 连接的 PTTB2.5 端子对接（注意：此时只对接，不完全接入 PTTB2.5）后分开，点动齿轮箱油泵电机低速，观察确定电机运行方向与箭头方向一致。
3. 测试油泵电机低速启动正常且方向正确后，可按照需要，将线号为 A2.2:28 的线接入与 24V 连接的 PTTB2.5 端子，进行齿轮箱油泵电机低速启动。

D.2.7 400V 盘车工装取电位置

400V 盘车工装可使用机舱 400V 备用回路，取电位置为 01-X4: L1.2/L2.2/ L3.2/N.2，供电开关为

01-11F2。



说明

- 任务完成后恢复所有临时改线，A2.2:28 接入 PLC 模块，所有闭合开关需要分断（务必保证 01-2F2 一直处于关断状态），变流器 Q21 保持分断，所有拔下防雷需要恢复，注意防雷模块安装方向。

E 螺栓润滑要求

本文中提及的螺栓全润滑，即螺栓螺纹、螺栓头与垫圈的接触面（或螺母与垫圈的接触面）均需涂润滑剂；螺栓半润滑，即只对螺栓螺纹涂润滑剂。

- 规格 M16（含 M16）以上螺栓、螺钉、螺柱在其有效旋合部位、垫圈在其与紧固件接触面应均匀涂敷抗咬合润滑剂。
- 规格 M16 以下螺栓、螺钉、螺柱在其有效旋合部位宜均匀涂抹螺纹锁固剂（自锁螺母除外）。