

D形线圈热处理设备技术要求	文件编号	
	文件版本	V1.0
	编写时间	2022/11/05

D形线圈热处理设备技术要求

(以下仅为初步技术要求，最终以招标文件为准)

(摘要：本技术要求介绍了D形线圈组成、D形线圈热处理工艺，并阐述了D形线圈热处理设备功能性概念设计，并规定了D形线圈热处理设备技术要求、制造要求、设备验收标准及质量保证等要求。)

D形线圈热处理设备技术要求	文件编号	
	文件版本	V1.0
	编写时间	2022/11/05

目 录

1.	简介	3
1.1	线圈组成及结构	3
1.2	热处理设备组成	7
2.	范围	8
3.	技术要求	8
3.1	总体技术要求	8
3.2	热处理炉体技术要求	9
3.3	送料系统技术要求	10
3.4	加热系统技术要求	12
3.5	真空及氩气保护系统技术要求	14
3.6	水冷系统技术要求	16
3.7	控制系统技术要求	16
3.8	数据采集系统技术要求	17
4.	设计、制造与验收要求	20
5.	质量保证	22
6.	文件要求	23

D形线圈热处理设备技术要求	文件编号	
	文件版本	V1.0
	编写时间	2022/11/05

1. 简介

1.1 线圈组成及结构

线圈类型为D形线圈，D形线圈外形尺寸约为9.3(长)*5.24m(宽)*0.54m(高)，总重约23.9t，如图1所示。

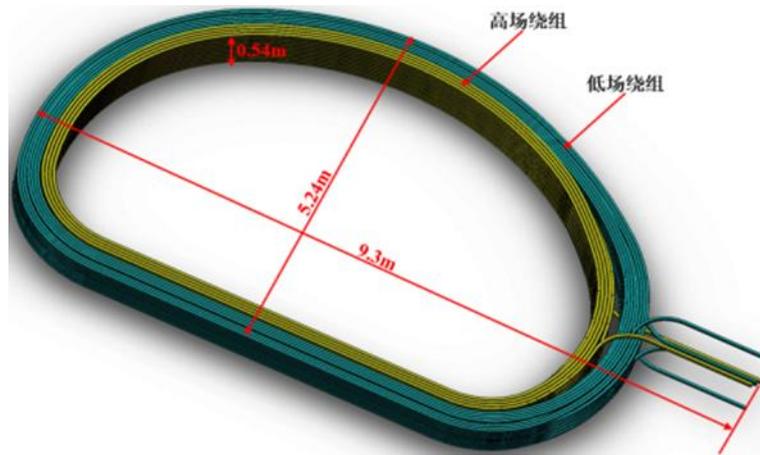


图 1. D形线圈示意图

D形线圈由高、低场绕组内外嵌套而成，如图2所示。低场绕组由L1和L2两个子绕组上下堆叠而成，高场绕组由单个H绕组构成。其中高场绕组由高性能 Nb_3Sn 导体绕制而成，低场绕组由ITER级 Nb_3Sn 导体绕制而成。

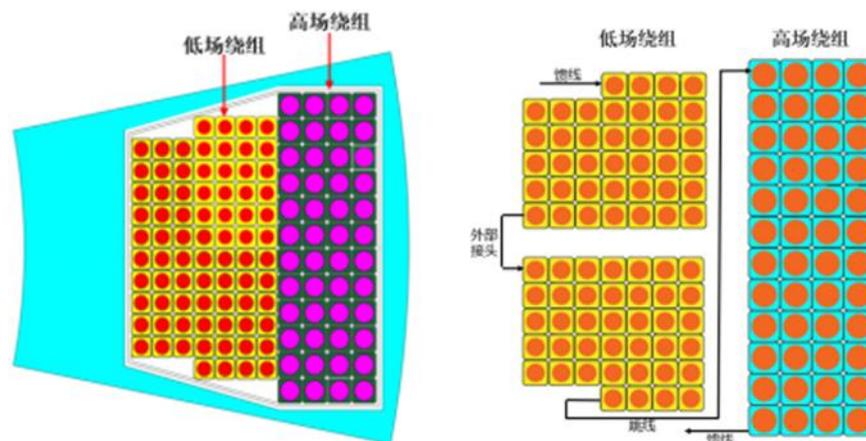


图 2. D形线圈截面图

D形线圈高场绕组绕制所需导体的铠甲材料为 316LN，低场绕组绕制所需导体的铠甲材料为 N50，两种导体截面尺寸如图 3 所示，导体结构参数如表 1 所示，两种导体主要结构区别为低场导体无中心螺线管；高、低场绕组主要参数见下表 2。

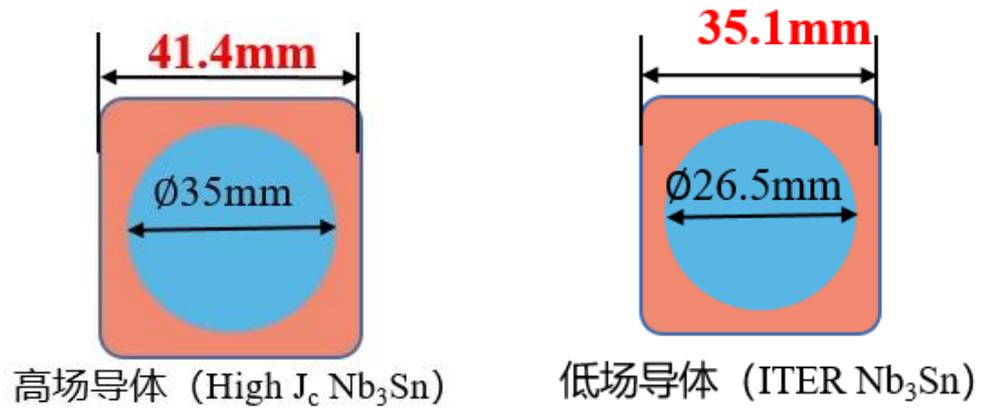


图 3. D 形线圈高、低场导体截面尺寸及示意图

表 1 导体主要结构参数

	高场导体	低场导体
超导线类型	High-Jc	ITER-grade
线径	0.82 mm	0.82 mm
超导线根数	720	324
铜线根数	432	357
电缆布局	$((2sc+1cu) \times 3 \times 4 \times 5 + 1c$ $u \text{ core}) \times 6 + 1 \text{ spiral}$	$((2sc+1cu) \times 3 \times 3 \times 3 + 1cu$ $\text{core1}) \times 6 + 1cu \text{ core2}$
sc core 布局	/	/

cu core 布局	3x4	Core1: 4x5 Core2: 3x5x5
中心管尺寸	4 x 6 mm (316L)	/
电缆结构	STP (短节距电缆)	STP
铠甲	316LN	N50
空隙率	~30%	~30%
电缆直径	35.0 mm	26.50 mm

表 2.绕组参数

绕组类型	绕组编号	导体长度 (m)	标准宽度 (mm)	高度 (mm)	重量 (t)
低场	L1、L2	815.6	271.3	465.8	6.7
高场	H	928.4	179.8	541.4	10.5

注：最终数据以合同签订数据为准。

Nb_3Sn 超导材料对应变敏感，所以高、低场绕组将采用“先绕制后反应”的技术来完成线圈制造，即高、低场绕组在绕制及接头制作完成后必须经过热处理才能发生固态扩散反应形成 A15 型 Nb_3Sn 超导相，从而产生超导电性。 $Nb-Sn$ 体系复杂，相的形成强烈依赖于热处理过程，固热处理是线圈制造的关键步骤。

由于高性能 Nb_3Sn 和 ITER 级 Nb_3Sn 线材制造工艺不同，热处理温度制度存在较大的区别，所以高、低场线圈需要分别进行热处理。D 形线圈热处理策略：热处理设备共 2 套，其中一套用于高场绕组热处理，另外一套用于低场绕组热处理；热处理方式：2 个高场绕组 (H+H) 一起热处理，4 个低场子绕组 ($2 \times L1 + 2 \times L2$) 一起热处理。

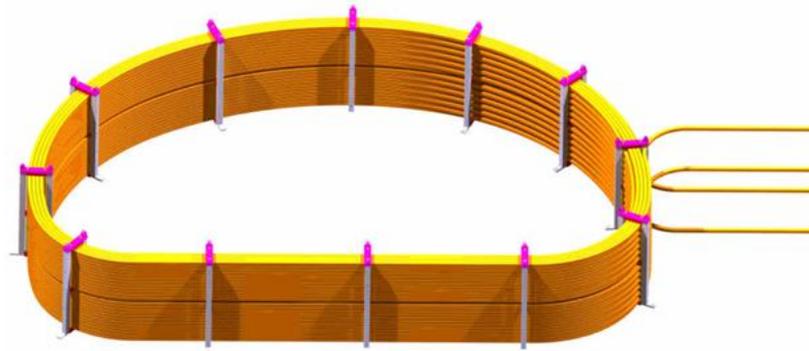


图 4. 高场绕组热处理示意图

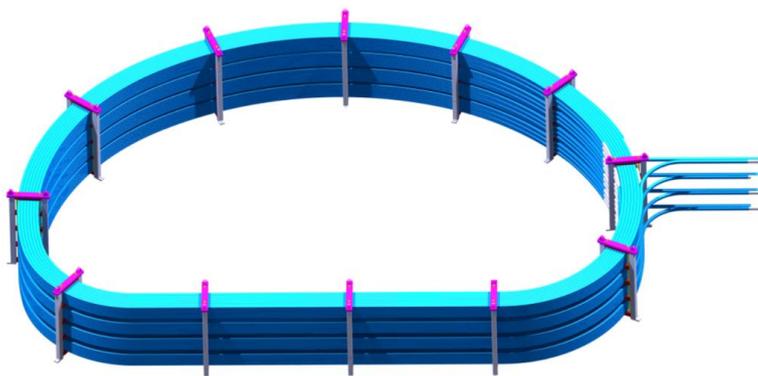


图 5. 低场绕组热处理示意图

1.2 热处理设备组成

D形线圈热处理设备由炉体、送料系统、加热系统、真空及氩气保护系统、水冷系统、控制系统及数据采集系统等子系统组成，如图 6 所示。

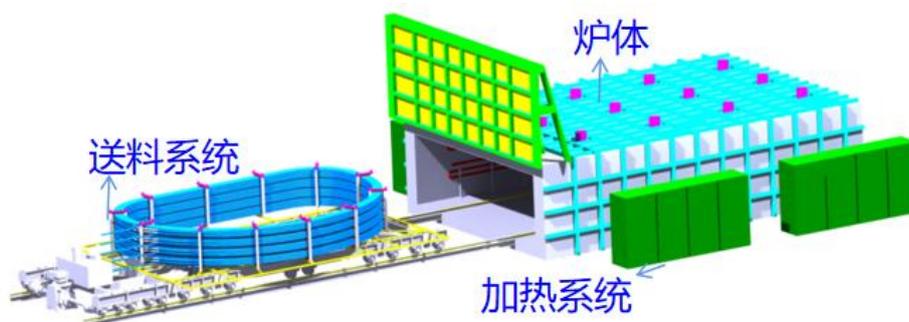


图 6. D形线圈热处理炉示意图

D形线圈热处理主要包含三个步骤，分别为热处理前期准备、热处理、评估与分析。各步骤的工作流程如图 7 所示。

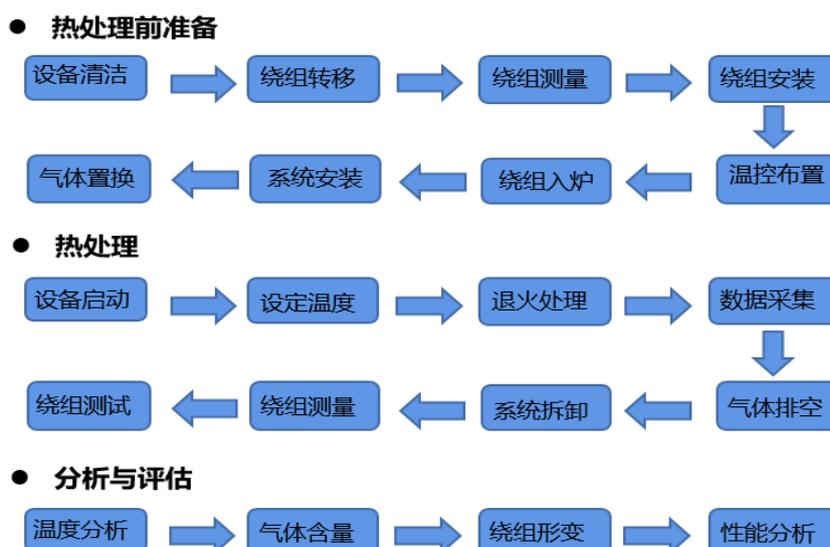


图 7. D形线圈热处理过程工艺流程图

2. 范围

乙方需要履行的工作范围如下：

- 1) 本合同为“交钥匙”工程，甲方在接收热处理设备后，无需再准备其它设备与工装具，可直接进行生产工作；
- 2) 根据甲方提供的线圈工程图纸（含 3D 模型），完成热处理设备设计、制造，并在甲方指定地点完成安装与调试工作，直至具备生产条件；
- 3) 完成绕组热处理所需的所有工装具（如：送料系统中支撑料台和绕组防变形工装等）设计、制造，并在甲方指定地点完成安装与调试工作，直至具备生产条件；
- 4) 支撑料台如果经多次热处理后它的平整度及稳定性达不到原先要求，乙方需提供备件；
- 5) 乙方负责控制和数据采集软、硬件系统的搭建工作；
- 6) 甲方提供冷却水及冷却循环水总管路接口，从该接口至热处理设备的所有连接工作均由乙方负责，并由乙方准备因连接、控制、监测、检测、运行所需的所有管路、线路、传感器、阀门、各类开关、控制器等等；
- 7) 甲方提供低压开关柜，从该低压开关柜至热处理设备的所有接线工作均由乙方负责，并由乙方准备因接线所需的电缆、线缆槽、桥架等等；
- 8) 乙方需提供《热处理设备操作说明书》于甲方，需详细到单个具体设备或工装具的使用及注意事项；
- 9) 乙方配合甲方完成 Dummy 绕组热处理，以完成热处理设备的验收，在 Dummy 绕组热处理过程中需对甲方人员进行生产前技术培训；
- 10) 乙方负责完成设备安装基础的设计与施工；
- 11) 乙方负责配备空压机设备，以满足热处理设备部分系统的气源需求；
- 12) 采购热处理设备数量：2 套。

3. 技术要求

3.1 总体技术要求

- 1) D 形线圈热处理设备排布如图 8 中所示，整体室内占地空间不得超过 40.5 米(长) ×12 米（宽）×11 米（高）；

- 2) D形线圈热处理设备负载状态下对地基的要求不大于6吨/平米，若超过此要求，乙方负责设备基础的设计、改造和施工；
- 3) 2套D形线圈热处理炉共用一套送料机构，送料系统设计应简易灵活，操作方便且安全；

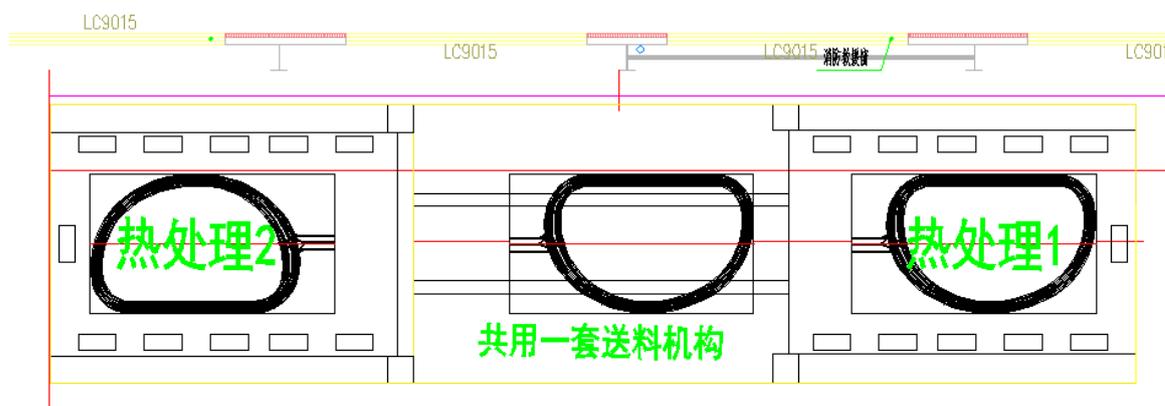


图 8. D形线圈热处理设备布置示意图

- 4) 热处理设备安装车间行车最大起重能力为50t，最大吊高为12m，行车运行边界详见甲方提供的车间布局图纸；
- 5) 热处理设备可连续工作45天，在工作过程中，任何系统不得出现故障；
- 6) 热处理设备需具备全自动和手动两种控制功能，其中全自动线圈热处理方式为“一键启动”式，通过一键启动即可实现热处理设备所有子系统的自动、智能化运行；
- 7) 凡是与被加热的绕组、真空、压力（气路）、水路等相关、相接触或空间相通等部件的材质，必须为不锈钢；
- 8) 2套热处理设备共用1套氩气保护系统、共用1套送料系统，其它子系统均为独立系统，不得共用；
- 9) 每套热处理设备均可完成高、低场绕组热处理工作；
- 10) 下述子系统技术要求中，未作明确要求的，所阐述的各种单元、机构、传感器等数量均为1套热处理设备所必须包含的数量。

3.2 热处理炉体技术要求

- 1) 热处理炉型为可控气氛的箱式密封炉；
- 2) 热处理炉体主要由炉壳、炉衬（炉内胆）、物料支撑机构、炉门系统以及加热元器件等组成；

- 3) 炉衬材料为不锈钢；炉壳若为碳钢材质，则需做防锈处理；炉壳与炉衬之间为绝热阻燃材料填充；
- 4) 炉体内腔所有与压力、真空等相关联的部件及相连通的墙壁、管路等所使用的材料必须为不锈钢材质；
- 5) 炉体最大承载能力 60 吨（不包含支撑料台及附属夹具），实际装载能力乙方须考虑支撑料台及附属夹具的重量；
- 6) 炉体如有检修地沟或者炉体架高等设计，相关工作全由乙方负责设计并施工；
- 7) 需合理设计物料支撑机构，在热处理过程中，支撑料台与炉体内的物料支撑机构不得固定连接，以确保绕组及支撑料台在热处理过程中可以自由滑移；
- 8) 热处理过程中，支撑料台（带负载）的整体形变不得超过 1mm。为满足此要求，若需在炉腔内底部布置相应的辅助支撑，则需考虑辅助支撑布置合理，做好相应的绝热设计或辅助加热设计，并必须确保辅助支撑不得干涉支撑料台的自由滑移；
- 9) 热处理全过程，炉内保持微正压，炉膛可承受不低于 6kPa 的压力(表压)，炉膛内充气 6kPa，稳压 4h，炉膛压力降不超过 0.2kPa；
- 10) 但是炉体也需具备可承受一定微负压的工作能力；
- 11) 炉体在合理的位置上须设有安全放气阀，安全阀数量不少于 2 个；
- 12) 炉体长期使用无变形，在热处理过程中，无论是在抽真空还是在打压过程中，无异响；
- 13) 热处理炉在设计、加工、制造和安装的过程中应该充分考虑到炉内清洁度要求，确保炉膛表面没有灰尘、油污和其他污染物，炉膛内的所有部件不得含有润滑油/润滑脂；
- 14) 热处理设备工作时，炉门、风机、管道接口、热电偶窗口须实现全密封防止污染物、杂质气体进入炉膛；
- 15) 炉门系统要确保绝对的安全，必须设计有电气、机械锁死双重保护，以确保在人员操作过程中，炉门不发生坠落；
- 16) 炉门可电动升降；
- 17) 需设计有爬梯或扶梯在炉体侧面，以便于操作人员到达炉顶进行相应的操作。

3.3 送料系统技术要求

1) 送料系统主要由地轨、送料小车及支撑料台（含绕组叠放工装）组成；

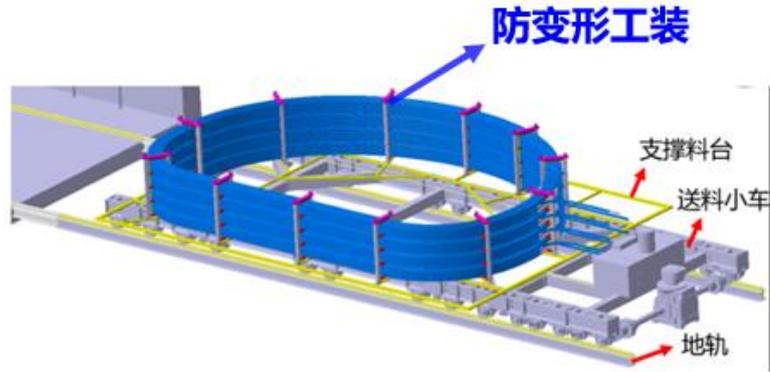


图 9. 送料系统方案示意图 1

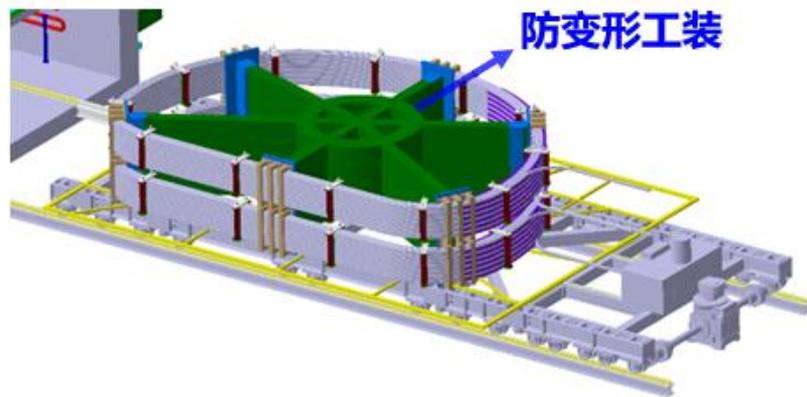


图 10. 送料系统方案示意图 2

- 2) 材料、焊接、紧固件连接、零部件加工、构件组装及加工、安装等符合 GB 50755-2012《钢结构工程施工规范》，焊接工艺、焊接检验等符合 GB 50661-2011《钢结构焊接规范》；
- 3) 地轨结构通过化学锚栓固定于地面，工件转送过程中平稳无震动，不能对地面和工件造成破坏；
- 4) 支撑料台承重能力不低于 60 吨，按照一般静载压力条件确定焊接难度等级；
- 5) 支撑料台空载下，上表面平面度不得大于 1.5mm，焊接完成后需进行去应力处理；
- 6) 支撑料台负载下，上表面平面度不得大于 2.5mm；
- 7) 支撑料台需要很强的稳定性，热处理过程中发生的形变不得超过 1mm（带负载，包括平面度）；
- 8) 支撑料台及其附属部件的材料材质为不锈钢，高、低场绕组各配备 1 套支撑料台；

- 9) 绕组通过防变形工装固定在支撑料台上，并和支撑料台连接为整体，防变形工装安装用螺栓热处理后可拆除，非切割式拆除；
- 10) 叠放工装用于高、低场绕组叠放使用，材质为不锈钢；
- 11) 乙方需根据甲方提供绕组吊运夹具位置模型或图纸，完成绕组防变形工装设计与制造工作，防变形工装不得和吊运夹具位置干涉，在绕组的横向和径向方向都需要防变形工装来限位。防变形工装 2 套，分别用于高、低场绕组热处理，每套至少由 12 组工装组成。本文提供了 2 种防变形工装设计思路，如果图 9 和图 10 所示，图片方案仅供参考，不代表实际设计结构。每组工装需可提供不小于 8t 的径向夹紧力；
- 12) 防变形工装在 8t 的夹紧力下，最大形变量不得超过 0.5mm；
- 13) 防变形工装根据甲方提供的绕组轮廓进行布置，防变形工装形成的 D 形轮廓，其内、外轮廓度不得大于 1.5mm；
- 14) 防变形工装的材质为不锈钢；
- 15) 防变形工装，在满足对绕组限形的功能基础上，乙方也可提出其它设计方案，但必须得到甲方的认可；
- 16) 乙方需设计高、低场绕组出线头支撑、固定工装，防止绕组出线头在热处理过程中由于应力释放或重力作用发生形变。该支撑、固定工装材质为不锈钢；
- 17) 加热系统须考虑因支撑料台、防变形工装、附属部件等带来的额外加热负载问题；
- 18) 送料小车升降系统为非液压式，可采用螺旋升降机；
- 19) 工件转移过程中在径向方向不能出现相对移动；
- 20) 热处理过程中，支撑料台在炉体内滑移不受阻；
- 21) 二套热处理炉共用一套送料系统；
- 22) 送料小车送料易操作。

3.4 加热系统技术要求

- 1) 加热系统为电加热方式，主要包括电源系统、加热元件系统、热风循环系统等。
- 2) 高场绕组热处理制度：①室温以 10℃/h 升至 210℃→②210℃保温 48 小时→③210℃以 10℃/h 升至 400℃→④400℃保温 48 小时→⑤400℃以 10℃/h 升至 665℃→⑥665℃

保温 50 小时→⑦665℃以不大于 10℃/h 降温至 500℃后随炉冷却，高场绕组热处理制度如图 11 所示。

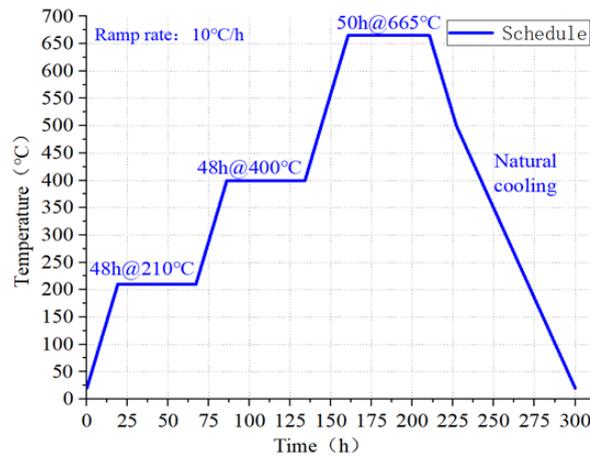


图 11. TF 高场绕组热处理制度

- 3) 低场绕组热处理制度:①室温以 5℃/h 升至 210℃→②210℃保温 50 小时→③210℃以 5℃/h 升至 340℃→④340℃保温 25 小时→⑤340℃以 5℃/h 升至 450℃→⑥450℃保温 25 小时→⑦450℃以 5℃/h 升至 575℃→⑧575℃保温 100 小时→⑨575℃以 5℃/h 升至 650℃→⑩650℃保温 100 小时→⑪650℃以不大于 5℃/h 降温至 500℃后随炉冷却，低场绕组热处理制度如图 12 所示。

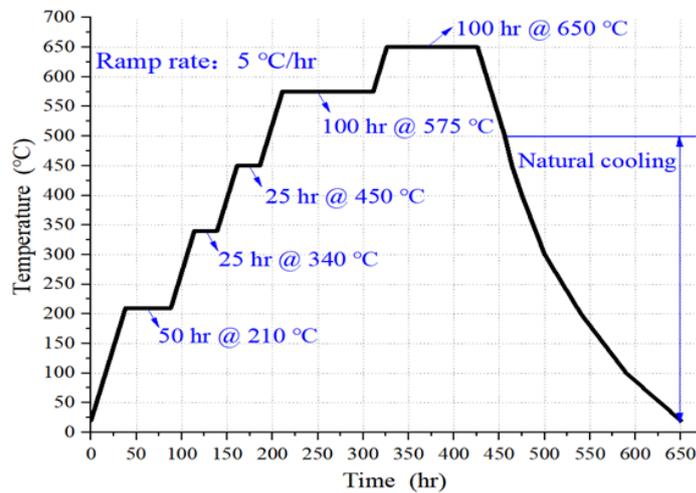


图 12. TF 低场绕组热处理制度

- 4) 单台热处理的总功率根据被加热的负载情况由乙方确定，并得到甲方认可；
- 5) 热处理炉体最高加热温度 750℃（匀场）；
- 6) 热处理炉的控温精度优于±1℃；

- 7) 热处理设备连续工作一个周期内，不得出现加热系统等故障；
- 8) 电源柜布局需得到甲方批准；
- 9) 热处理炉的加热元件合理布置，且须冗余一套加热元件；
- 10) 热处理设备炉膛有效温度均匀区至少 10.5（长）*6m（宽）*1.5m（高），即热处理设备炉膛有效温度均匀区尺寸需大于绕组边界限 300mm；
- 11) 热处理设备炉膛有效温度均匀区（含线圈在内）的升温速率在 0℃/h~20℃/h 连续可调；
- 12) 热处理设备（高场绕组）炉膛有效温度均匀区（含线圈在内）在 665~500℃降温范围内的最大降温速率不大于 10℃/h，热处理设备（低场绕组）炉膛有效温度均匀区（含线圈在内）在 650~500℃降温范围内的最大降温速率不大于 5℃/h；
- 13) 热处理设备炉膛温度均匀性须满足：

	TF 高场线圈	TF 低场线圈
升温阶段	T<450℃时， $\Delta T \leq \pm 25^\circ\text{C}$	T<450℃时， $\Delta T \leq \pm 25^\circ\text{C}$
	T \geq 450℃时， $\Delta T \leq \pm 20^\circ\text{C}$	T \geq 450℃时， $\Delta T \leq \pm 20^\circ\text{C}$
保温阶段	210℃、400℃、665℃时， $\Delta T \leq \pm 5^\circ\text{C}$	210℃、340℃、450℃、575℃、 650℃时， $\Delta T \leq \pm 5^\circ\text{C}$

- 14) 风机位置及风道布置合理，达到在一定区域内对于不同尺寸的产品使用具有通用性；
- 15) 乙方负责对高、低场绕组的导热系数、比热容测定，甲方可提供导体样品，乙方需将测试报告提交给甲方；
- 16) 每套热处理炉需提供至少 3 套耐高温循环风机组件备件。

3.5 真空及氩气保护系统技术要求

总体要求：真空、压力可自动控制调节，以实现压力或真空度的需求。

（一）真空系统

- 1) 真空系统主要包括真空机组、真空管路、阀门、真空机、气体冷却装置、真空规、真空计等；
- 2) 真空系统针对绕组的抽气能力，须保证绕组在 4 小时内真空度抽到 10Pa；

- 3) 真空系统需同时满足炉膛辅助排气的需求;
- 4) 每套热处理炉配备的真空泵为无油干式螺杆真空泵+罗茨泵机组,数量至少 2 套,但不超过 4 套;
- 5) 所有真空泵冷却方式不得为水冷,所有真空泵不得出现返油;
- 6) 对于每套热处理炉,若其中 1 套真空机组出现故障,则剩余的机组依然能满足热处理需求;
- 7) 真空机组前级抽口需配有气体冷却装置,以增加真空机组的使用寿命;
- 8) 真空机组排气口需通过管路将气体排出车间外部,不得直接排到车间内。

(二) 氩气保护系统

- 1) 氩气保护系统由液氩罐、换热器、储气罐、氩气输送管路、阀门、压力变送器、压力计、压力表等组成;
- 2) 氩气系统所有与液氩、氩气直接接触的部件、管路、阀门必须为不锈钢材质;
- 3) 液氩罐的容积由乙方负责设计,并得到甲方的认可;
- 4) 液氩供气系统的设计需要乙方根据绕组信息、温度控制需求及尾端残余气体成分含量要求,计算气体流量控制,并给出具体施工工艺方案及相关作业指导书;
- 5) 热处理炉内气体置换和线圈内气体置换的进气管路需要在炉膛内安装预热盘管;
- 6) 热处理炉内气体置换要求炉体须预留不少于 8 个进气管和 8 个出气管,管径不小于 25mm,预留位置由甲、乙方协商后确定;(注:关于管路数量、管径规格供参考,乙方需根据线圈热处理需求,进行相应设计计算后,给出管路数量及管路规格。但最终需得到甲方的批准后,方可实施。)
- 7) 热处理过程中高场绕组内气体置换要求预留不少于 13 个进气管和 13 个出气管,管径不小于 16mm,低场绕组内气体置换要求预留不少于 24 个进气管和 24 个出气管,管径不小于 16mm,预留位置由甲、乙方协商后确定;(注:关于管路数量、管径规格供参考,乙方需根据线圈热处理需求,进行相应设计计算后,给出管路数量及管路规格。但最终需得到甲方的批准后,方可实施。)
- 8) 甲方将提供高、低场绕组进、出气口数量与位置模型及图纸,乙方可与甲方协商确定被加热绕组的进、出气口管的预置数量;
- 9) 被置换、排出的氩气,须通过管路排出车间外部,不得直接排放到车间内;

- 10) 液氩罐及其安装基础以及氩气输送管路施工等均由乙方负责完成，氩气罐位置由甲方确认；

(三) 杂质气体含量要求

区域	O ₂ 含量 (ppm)	碳氢化合物(ppm)	H ₂ O (ppm)
绕组内	<10	<1	<10
炉体内	<30	无要求	<30

注：线圈内氧气及水含量瞬时达到 300ppm 是可接受的，但不能超过 10 分钟，碳氢化合物会在升温 (<450℃) 的过程中产生，可通过增大气体流量短时带走。

3.6 水冷系统技术要求

- 1) 供水方式：管道供水，甲方提供冷却水源（含纯水及应急水）；
- 2) 整体动平衡运行稳定，不能对炉体造成污染；
- 3) 乙方根据具体设计需求提供给甲方具体的水温、水压、流量等要求；
- 4) 水冷系统密封要足够可靠，在任何情况下均不得出现漏水现象。

3.7 控制系统技术要求

- 1) 控制系统须具备自动和手动两种控制模式，其中自动为“一键启动”式控制；
- 2) 控制界面应直观友好，操作人员简单培训即可上岗操作；
- 3) 控制系统软、硬件均由乙方负责搭建与调试；
- 4) 热处理过程中升降温速率、加热功率、风机频率可调；
- 5) 在热处理过程中，甲方可取工件上的热电偶作为炉体控温热电偶，可多个热电偶联控（非单一控制点）；
- 6) 热处理炉电控系统需要具备供电、控制、采集、记录、存储、监视、报警保护功能；
- 7) 主要电气元器件须采用质量可靠的品牌产品，选型须得到甲方认可；
- 8) 控制系统须设计双 UPS 电源，一旦出现断电，可给控制系统软、硬件供电，供电时长不得小于 1h；
- 9) 安全检测和自动报警系统要求：
 - 加热元件故障时，可自动、手动切换至备用加热元件。

- 配有检修、操作、防护等安全设施。
 - 配有自来水应急接口，如电源突然非正常断电，系统应保证水循环继续以小流量进行。
 - 氩气流量与炉内压力可根据乙方需求进行设定且具备自动维持炉内气压的功能。当气压超过设定值时，系统能够自动卸压保护。
 - 电控柜安装急停按钮，当发生故障时，可以随即停止工作。
 - 配备炉门安全防护措施。
 - 当炉内温度超过报警温度设定点时报警。
 - 当冷却水压低于报警压力设定点时报警。
 - 设备总电源缺相的警示。
 - 设备总进水缺水的报警。
 - 电控系统开关量、动作间逻辑互锁，避免误操作造成设备损坏。工作压力与加热系统，水压与加热系统设有互锁电路。
 - 各真空阀门系统等设相关安全联锁。
 - 设备总电源缺相的警示与安全联锁。
 - 设备总进水缺水的报警与安全联锁。
 - 控制系统设有备用电源及切换装置。
 - 具备现场声光及远程报警，现场远程报警采取工控机远程控制界面形式实现。
 - 简而言之，热处理设备所有与温度、真空、压力、流量、时间、电压、电流等监测、检测参数及控制参数均需接入总控系统。
- 10) 控制系统满足现场供工况，并具备足够的抗干扰能力；
- 11) 控制系统应配备不少于 4 台 24 寸以上的显示器，控制界面与监测界面功能分开；
- 12) 控制系统之计算机硬件配制应由于高于系统运行基本需求，系统运行不得出现卡顿现象，数据存储硬盘不得小于 4T；
- 13) 控制系统应配备 A4 激光打印机 1 台；
- 14) 登录界面应设计不同登录账户，能够区分不同操作人员的登录需求

3.8 数据采集系统技术要求

(一) 绕组温度测量检测需求

- 1) 单个高场绕组温度测量点布置如下所示：内部导体表面、外部导体表面、上部导体表面、下部导体表面，沿线圈周向每隔 1.8 米布置一组热电偶，绕组每个出线头处各分部二个热电偶，合计 76 个测温点。二个高场绕组测温点合计 152 个；
- 2) 单个低场绕组温度测量点布置如下所示：内部导体表面、外部导体表面、上部导体表面、下部导体表面，沿线圈周向每隔 1.8 米布置一组热电偶，绕组每个出线头处各分部二个热电偶，合计 64 个测温点。四个低场绕组测温点合计 256 个；
- 3) 考虑到热电偶数量预留裕度，因此要求高、低场热处理设备均需预置 500 个用于绕组本身温度控制及监测的热电偶通路；
- 4) 热处理炉膛内和外表面也需有一定数量的温度测量检测，数量和位置由乙方确定，但须能完成表征空间内温度分布情况。

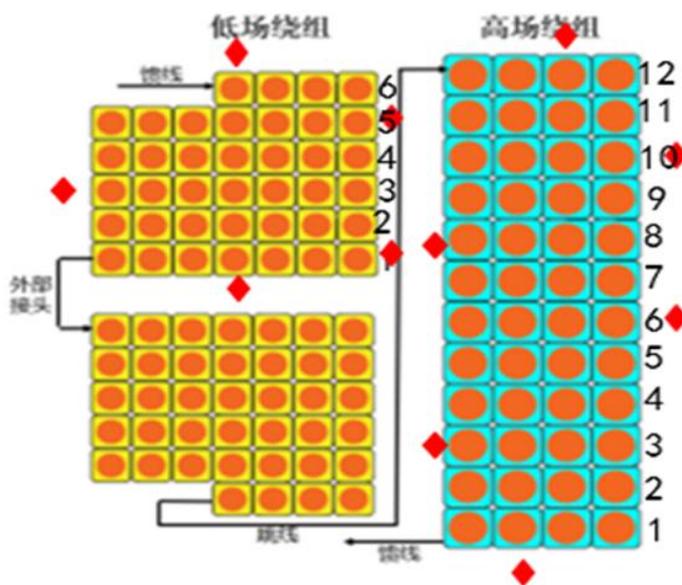


图 13.高、低场绕组温度计位置示意

(二) 功能性要求

- 1) 数据采集功能：采集上述表格内容信号，采样速率 1Hz，采样精度±0.1%；
- 2) 数据存储功能：本地存储数据，存储文件为 TXT 或 EXCEL 文件；
- 3) 数据可视化功能：数据需提供实时数据曲线显示和历史曲线显示，显示时间区间跨度可以自由配置；
- 4) 数据导出要求：导出数据时间区间可以自由定义；
- 5) 通道可自由配置功能：所有信号通道可以自由配置，例如：现在要求热电偶通道为 500 个，实际使用时可能为 n 个 ($0 \leq n \leq 500$)，要求程序提供界面；

- 6) 报警功能：系统应当具有设置参数报警功能，如果参数到达设定的报警阈值，系统应当发出报警信号；

(三) 其它要求

- 1) 稳定安全性要求：由于系统运行在工业热处理炉旁，现场温度较高，同时有大功率变频器工作，要做到系统稳定运行，且采集信号不受高温和变频器运行干扰影响；
- 2) 界面要求：要求系统界面简洁美观，系统操作方便，通过显示界面即可知道系统运行状态和系统参数状态；
- 3) 系统搭建、培训及维护要求：完成软件编写后，需要到达现场完成软件配置安装和现场调试工作，并且提供软件培训服务。后期系统出现问题需要及时到场进行维护工作；
- 4) 持续服务要求：系统设计期间需要与用户交流沟通，如客户有新需求，应当及时进行协商，并尽量加入新需求；
- 5) 热处理设备包含的传感器需求见下表，下表所述传感器型号为最小需求，传感器品牌和数量需与甲方协商确定，甲方有权要求增加传感器型号、数量等，且不再增加费用。

序号	采集信号	数量	传感器型号	品牌要求	参数
1	炉内温度	500	N型热电偶	/	型号;N 型，量程：0~850℃，等级：I 级，精度：±1℃，检定点：210℃、400、575、650℃（第三方检定报告）
2	炉外温度	30	PT100	/	量程：0~300℃，精度：±0.5℃
3	进气压力	18	压力变送器	瑞士 Keller	量程：0-2Mpa，精度等级:0.1%，出具第三方标定报告
4	出气压力	18	压力变送器	瑞士 Keller	量程：0-1Mpa，精度等级:0.1%，出具第三方标定报告
5	炉内压力	2	压力变送器	瑞士 Keller	量程：0-0.2Mpa，精度等级:0.1%，出具第三方标定报告
6	炉内真空	2	真空计	德国 Pfeiffer 普	量程：0-0.1MPa，精度登记:0.1%，

	空度			发	出具第三方标定报告
7	绕组真空度	4	真空计	普发	量程: 0-0.1MPa, 精度登记: 0.1%, 出具第三方标定报告
8	炉膛氩气流量	8	流量计	/	最大量程: 150L/min, 线性: $\pm 1\%F.S.$, 耐压 2 MPa, 出具第三方标定报告
9	线圈氩气流量	10	流量计	/	最大量程: 100L/min, 线性: $\pm 1\%F.S.$, 耐压 2 MPa, 出具第三方标定报告
10	氧含量	3+1	氧含量分析仪	YH-1500 美国 All 公司生产	工作温度: 最高 100 °C, 气入口压力: 最大 8 Bar, 量程: 0~25% 可调; 精度: $\pm 1\%$ 满量程, 出具第三方标定报告
11	水含量	3+1	露点仪	YH-PT-DECOM-BZ 是 Stork 公司生产	工作温度: 0~+60 °C, 耐压范围: 最大 15 MPa, 量程: -100~+20 °C; 精度: ± 1 °C, 出具第三方标定报告
12	碳氢含量	1+1	碳氢分析仪	700HFID 美国 CAI 公司生产	样气温度: <191 °C HFID, 样气流量: 1.5~3 L/min, 量程: 0-30000ppm 可调; 精度: $\pm 1\%$ 满量程, 出具第三方标定报告

- 6) 其中氧含量分析仪、漏点仪、碳氢分析仪, 每套热处理设备需提供 1 套备件;
7) 热电偶若通过航插中断连接, 必须进行温度补偿处理。

4. 设计、制造与验收要求

BEST TF 线圈热处理设备制造分为 3 个阶段, 阶段 1 为设备设计; 阶段 2 为乙方设备制造与现场安装调试; 阶段 3 为设备验收; 乙方需在规定时间内完成热处理设备设计、制造与安装调试工作, 具体内容如下:

A. 阶段 1 (设计阶段)

乙方需在规定时间内完成热处理设备设计，并将整机 2D 图纸和 3D 模型、控制系统方案等交由甲方进行审核，根据甲方要求进行相应技术评审，直至通过甲方技术评审后方可进行阶段 2 设备制造。

在进行技术评审之前，乙方需提交如下材料与甲方：

- a) 《线圈热处理设备总体设计方案》；
- b) 《线圈热处理设备总体制造进度计划》；
- c) 《设备/材料采购公开声明》
- d) 《线圈热处理设备质量保证计划》（QP）；
- e) 《线圈热处理设备制造和检测计划》（MIP）；
- f) 《线圈热处理设备设计报告（机械部分+控制部分）》，含设备 3D 设计模型及工程图纸、电气设计图纸等；
- g) 《线圈热处理设备验收方案》。

注：以上文件仅指向文件内容，所有涉及内容可整合成一份文件提交，也拆解提交。

B. 阶段 2（设备制造与现场安装调试）

为本阶段需完成线圈热处理设备相关设备、工装具制造、控制系统搭建、设备安装与调试、单机设备验收或设备空载联调以及验收文件提交。

- 1) 乙方需按照《线圈热处理设备总体制造进度计划》、《线圈热处理设备设计报告》、《线圈热处理设备验收方案》完成热处理设备所有设备/工装的制造和现场安装，并在安装完成后进行初步调试工作，并向甲方初步证明设备/工装的适用性及可靠性。甲方将提供假绕组给乙方，用设备初步调试工作。
- 2) 设备现场验收合格后，乙方需向甲方提供以下文件，并通过甲方审核批准后，方可进行下一步工作：
 - a) 《热处理设备调试报告》，调试报告包括但不限于设备/工装/控制系统/数据采集系统等验收测试报告和相关记录、设备/工装设计变更（如有）、设备/工装关键仪表合格或校准证明、特殊部件材料检验报告及合格证明、设备/工装放行通知表或质量合格证明；
 - b) 《热处理设备操作说明书》，文件需详细到单个具体设备或工装具或控制系统的使用及注意事项。

C. 阶段3（设备验收）

- 1) 在热处理设备现场安装与调试完毕后，乙方需立即组织相关人员进行热处理设备验收；
- 2) 乙方需协助甲方完成1次高、低场绕组热处理工作，并在热处理过程中完成对甲方操作人员的培训工作；
- 3) 对热处理过程中发现或产生的问题，乙方需根据本技术要求或甲方提出的要求及时进行设备/控制系统软、硬件升级改造或设计修改，直至满足甲方对‘交钥匙’的工程需求为止。
- 4) 当上述1)，2)，3)项均完成后，方可视为热处理设备验收完毕。
- 5) 乙方在线圈热处理设备验收完成后需向甲方提交文件《线圈热处理设备验收报告》，报告需包括对本技术要求所有技术指标的反馈信息。

5. 质量保证

- 1) 乙方应在ISO9001质量保证体系下，按照经甲方批准的质量计划实施该项目；
- 2) 乙方应妥善保存和管理好项目实施过程中的各类文件和记录，对于生产、检测、测试的相关文件和记录要及时编/填写，归档，整理以备检查和追溯。记录应完整、可靠；
- 3) 乙方交由甲方的设计图纸必须为实际加工图纸，在实际加工中如有改动必须按图纸修改流程以书面形式告知甲方；
- 4) 乙方在设备加工过程中，对零部件结构、尺寸的修改，需按照图纸修改流程以书面的形式告知甲方。且结构尺寸的变更需经过甲方的批准方可进行修改；
- 5) 乙方在加工制造过程中，需定期向甲方汇报加工制造状态，甲方也将定期进行现场确认，直至完成整个系统的加工及安装。在系统加工、安装、调试完毕后，乙方需向甲方提供关键零件及系统整体的尺寸检测报告及相应质检报告；
- 6) 乙方在所有生产、检测过程中发现的不符合项目应及时以记录、报告的形式及时通知甲方，提出解决问题的方案与甲方进行协商解决。
- 7) 设备质保期为验收报告签字后36个月，并负责终身维修。
- 8) 质保期内，如有任何部份工作不正常或损坏（不正常操作除外），将由乙方免费修理或更换。但易磨损件、消耗件（垫子、垫圈、保险、密封件、记录纸）除外。

- 9) 在保修期内设备发生故障时,乙方应在接到买方通知2小时内给予答复,如需更换、维修货物或部件,12小时内派专业维修人员赶到现场,确保产品正常运转。
- 10) 保修期内,乙方需每半年对设备进行常规保养及检修1次;
- 11) 保修期外,能终身提供广泛优惠的技术支持及备品、备件供应;
- 12) 供应商需提供易损件清单,并根据清单提前备份;
- 13) 所提供的零部件、备品备件必须为原装原厂产品。
- 14) 系统到达现场后,乙方提供培训和系统安装、调试、运行服务(该部分费用甲方后期不在单独承担)。
- 15) 乙方参与项目人员与甲方确定后,其主要技术人员和特殊作业人员不得随意更换,如需更换需经甲方同意;
- 16) 乙方参与热处理设备制造作业人员,驻场后需在制定区域内完成作业;
- 17) 乙方需在热处理设备上安装设备铭牌,说明设备相关信息,如制造公司等;
- 18) 乙方对于参与热处理设备制造的材料、设备、工具等需存储合理,不得存在破损、锈蚀、丢失等情况;
- 19) 乙方驻厂进行热处理设备搭建的过程中,需对现场进行5S管理,现场需设置进度计划及质量管理看板;
- 20) 乙方在现场操作过程中,特种设备操作及用电需严格按照现场安全管理要执行,不得随意拉接线路,不得无证操作等。

6. 文件要求

甲方提供文件包括:各线绕组的三维模型及CAD图,起吊夹具布置的三维模型和CAD图,线圈生产线布局CAD图(含行车极限位置图)。

乙方应提供所有文件、图纸、测试报告和操作说明书等电子文件及纸质文件。

1) 设计、加工、装配、测试类文件

- a) 提供设备的整机2D图纸及3D模型;
- b) 电控系统接线图;
- c) 提供各种检测方法(如无损,检漏,尺寸,外观等)的程序和报告/记录;
- d) 提供验收件的验收报告及相关记录。
- e) 提供炉体系统详细设计文件及详细炉内物理场(温度、流场等)模拟与仿真

文件。

2) 质量管理类文件

- a) 设备出厂验收合格证书。
- b) 原辅材料采购清单及质保书；
- c) 各类检具、设备的检定报告；
- d) 专业资质人员的资质证书；
- e) 使用的测量元件（热电偶、压力表、质量流量计等）需要出示标定证书；
- f) 主要供应商列表。

3) 售后保障文件

- a) 热处理设备安装、维护、使用说明书；
- b) 易损件清单及报价；
- c) 除易损件外的主要部件/整机的质保期。