

合同编号：HT-CHEP-LWFA-0003/2024-Z

河南省科学院高能物理研究中心 输运线四极磁铁加工制造项目合同书

项 目 名 称：输运线四极磁铁加工制造

甲方单位名称：河南省科学院高能物理研究中心

乙方单位名称：合肥聚能电物理高新技术开发有限公司

签订地点：河南省郑州市郑东新区崇实里 228 号

签订日期：2024年12月30日



通过竞争性磋商并根据河南省科学院高能物理研究中心输运线四极磁铁加工制造项目（项目编号：豫财磋商采购-2024-1373）的磋商文件、乙方的磋商响应文件及成交通知书，依照《中华人民共和国民法典》及其他有关法律、行政法规，遵循平等、自愿、公平和诚实信用的原则，双方就“输运线四极磁铁加工制造项目”经协商一致，签订本合同书。

1. 项目内容

甲方委托乙方完成输运线四极磁铁加工制造项目，共计 18 台四极磁铁，其中 BL2-300L-160Q 磁铁 4 台，BL2-150L-34Q 磁铁 11 台，BL2-150L-64Q1 磁铁 2 台，BL2-150L-64Q2 磁铁 1 台。委托范围包括四极磁铁、工艺设计、原材料采购、加工制造、检验、出厂验收、包装、运输及保险、配合安装调试、提供保修及售后服务等。该项目要求乙方完成所有磁铁的加工制造，磁铁验收不合格，甲方有权终止本合同内容，乙方退回甲方已经支付的合同款并承担由此造成的所有费用和违约责任。

2. 技术指标及要求

详见本合同技术要求附件《输运线四极磁铁加工制造技术要求》，该附件随本合同正文一起提供。

3. 进度计划

具体进度要求如下表：

序号	项 目	时间	备 注
1	完成磁铁工艺设计评审	合同签订之日起 1 个月内	
2	完成不少于 4 台磁铁的出厂验收，并运抵交货地点	合同签订之日起 3 个月内	
3	完成全部磁铁的出厂验收，并运抵交货地点	合同签订之日起 5 个月内	
4	完成全部磁铁在甲方现场的安装调试，最终验收合格	全部磁铁运抵交货地点之日起 2 个月内	

注：1、本表所列进度计划采购人在合同履行阶段有可能根据工程实际进度进行



适当调整，将提前一周通知乙方，乙方应予执行，且不得在报价之外提出另行收取费用。

4. 双方协作内容

4.1 甲方

(1) 甲方提供技术要求见附件《输运线四极磁铁加工制造技术要求》。

(2) 合同履行阶段甲方提供的技术要求主要包括以下内容：

- 1) 每种类型磁铁的主要技术指标和物理设计参数。
- 2) 每种类型磁铁的技术说明书，出厂测试要求。
- 3) 每种类型磁铁的机械结构设计和加工图纸。

4.2 乙方

(1) 乙方对甲方提供的技术文件和结构设计图纸进行核实，如果发现任何不明确或矛盾之处，需及时与甲方沟通，确认无疑义后方可进行磁铁的制造。甲方对设计细节、技术要求等有权做出修改，并将以书面形式通知乙方。乙方应按照修改后方案进行制造。

(2) 乙方根据甲方提出的技术要求和结构设计图纸进行工艺设计，并进行设备制造。设计完成后由乙方组织工艺设计方案评审，甲方参加，评审通过后方能开始制造。

(3) 乙方在投入制造前需制定有针对性的质量控制计划，质量控制计划须得到甲方审核书面认可，乙方应严格按质量控制计划要求进行制造和质量监控。

(4) 乙方按照质量控制计划制定检验规程并建立质量跟踪档案。所有检验和测量结果应如实记录在质量跟踪档案中。待产品完工时，将质量跟踪档案提供给甲方。

(5) 乙方应按照本合同要求的进度计划制定详细的投产计划。甲方依据该计划和质量控制计划，可随时到乙方设计制造现场进行监督检查，了解设备的设计制造、质量保证、生产进度等情况。

(6) 除本合同有例外说明之处，本项目所需原材料和零部件及所需工装均由乙方负责采购或制造，费用已包含在本合同总金额内，甲方可以从技术方面作协助和监督。乙方需提供主要部件、材料的质量证明，并对所有原材料和零部件的质量负责。

(7) 乙方负责完成设备制造过程中所要求的各项检测，达到甲方所要求的设计



性能，其间所需要的各种检测设备均由乙方提供。

(8) 铭牌：乙方负责制作和安装设备铭牌，铭牌的样式应得到甲方认可。铭牌应安装牢固，位置统一，其上应标有生产日期和设备基本参数。研制单位标出甲乙单位的全名称，具体位置由甲乙双方共同确定。

(9) 本合同中所提到的甲方对设备设计制造过程所有的评审、确认、监督、检查、检测等均不免除乙方应负的任何责任和义务。

5. 交货/施工地点及包装运输要求：

5.1 交货地点：甲方指定地点。

5.2 乙方承担本合同所有设备的包装、标记和运输工作，并承担相应费用。包装应满足国家和行业有关规定，满足设备装卸和运输要求，除合同另有规定外，乙方提供的全部货物的包装均应牢固，并标明专用标记。这类包装应适应远距离运输、防潮、防震、防锈和防野蛮装卸，以确保货物安全无损运抵交货地点。

5.3 如乙方办理托运，必须承交给有资质的专业运输单位，并签有保险合同（保险费由乙方承担）。如发现货物在运输中出现缺陷、损伤或其它质量问题，乙方应负责及时处理，包括对货物采取补救措施和与运输公司、保险公司的联系洽商和办理索赔事宜。如有必要乙方需派专人押运。

5.4 设备运抵交货地点时乙方应提交的技术文件有：1) 设备合格证、质量跟踪卡；2) 设备装箱清单；3) 外购配套产品原厂出厂合格证和技术资料；4) 重要原材料及重要标准件的质量检测数据及合格证明、来源证明；5) 出厂验收报告。

6. 验收

验收标准依据本合同签订时甲方提供的技术要求和机械图纸，按实际到货批次分批进行，具体如下：

6.1 磁铁出厂验收：

每批磁铁制造完工后乙方负责组织进行出厂验收并通知甲方，甲方视情况参加，主要验收将根据本合同附件中的磁铁制造工艺要求对产品进行出厂验收，内容包括：水、电、铁芯以及装配后磁铁的几何形状的精确测量，测量设备的精度至少应好于尺寸公差的三倍。完成出厂测试后，乙方编制出厂验收报告，双方技术人员签字确认视为出厂验收合格。

6.2 开箱验收：



每批产品运抵甲方指定的交货地点后，甲方将进行开箱验收，包括磁铁的数量、外观和提交的技术资料，经检验如发现存在由于运输产生的产品损坏，甲方有权拒绝接收。

6.3 到场验收：

在甲方现场，甲方将根据本合同附件中的磁铁物理、结构参数对每台磁铁磁场性能进行详细地测量，乙方协助。如果磁场指标未达设计要求，乙方有责任协助甲方加工磁场修正所需的零部件，直至磁铁指标合格。若在此期间发现有非设计原因引起的线圈击穿、局部过热或其它缺陷等迹象，磁铁将作不合格处理。

上述磁场测量逐台进行，全部磁铁经磁场测量确定均满足本合同约定的技术要求之后，将签署磁铁磁场测量验收报告。

6.4 安装调试：

全部磁铁安装调试完成后方视为产品完成最终验收，乙方完成交付义务。

7. 设备保修及售后服务

7.1 乙方应保证所供货物是严格按照双方认可的工艺生产的，并完全符合合同规定的质量、规格和性能的要求。乙方应保证产品在正确安装、正常使用和保养条件下，在其使用寿命期内应具有达到设计要求的性能。在质量保证期内，乙方对由于制造、工艺或材料的缺陷而产生的故障负责。

7.2 设备保修期自产品安装调试合格之日起 3 年。在保修期内，非甲方人为原因引起的设备故障，乙方负责免费维修和免费更换零部件。乙方应于接到甲方维修通知后 24 小时内（法定假期除外）进行响应，需要抵达现场进行维修的，乙方应在两个工作日内抵达现场，并应在合理的时间内完成维修。一次故障最长维修周期为接到甲方维修通知之日起 10 个日历天，如超过这个期限，乙方应向甲方支付相当于本合同总价款 5% 的违约金，并有责任继续履行合同。

7.3 保修期外乙方终身提供有偿维修服务，并提供全面优惠的备件支持。

8. 合同价款及支付方式

8.1 本合同总价款为：（大写）壹佰陆拾捌万捌仟伍佰元整，即（小写）¥ 1,688,500.00 元

8.2 付款方式采用分期支付方式。

第一次付款：合同签订后，由乙方提供本合同金额 50% 的预付款保函（银行保函



形式、有效期至甲方收货后), 甲方收到预付款保函后 15 个工作日内, 支付合同金额的 50%作为预付款给乙方;

第二次付款: 全部磁铁到场签署磁铁磁场测量验收报告, 15 个工作日内支付合同总价的 40%;

第三次付款: 设备安装调试完成后, 15 个工作日内支付合同总价的 10%。

9. 专利权

9.1 专利权:

本项目履行过程中产生的专利申请权归甲乙双方共有。

乙方应保证甲方在使用该货物或其任何一部分时免受非甲方原因造成的第三方提出侵犯其专利权、商标权或工业设计权的起诉。

9.2. 非专利技术成果

甲方向乙方提供的任何技术资料都是用于本项目的资料, 乙方有义务为甲方保密, 在履行任何本项目以外的任何目的时, 不得使用甲方提供的任何图纸、资料。

本项目的非专利技术成果的使用权、转让权归甲乙双方共有, 乙方负保密责任。未经甲方书面同意, 乙方不得私自使用、转让或用于为第三方生产, 亦不得进行同类产品的研发。

10. 违约责任

10.1 乙方违约责任

(1) 本项目技术开发风险由乙方承担。

(2) 乙方应按照合同规定的“生产进度表”开展工作, 按期交付合格产品, 如乙方无正当理由迟延履行, 应向甲方支付误期赔偿金, 误期赔偿金按本合同总价款 0.5%/周计收, 不足一周按一周计。误期赔偿金由甲方从货款中直接扣除。如果拖期超过一个月, 乙方应向甲方支付相当于本合同总金额 5%的违约金, 甲方有权选择要求乙方继续履行合同、或解除合同。

在履行合同过程中, 如果乙方遇到可能妨碍按时交货的情况时, 应及时以书面形式将情况通知甲方。甲方在收到乙方通知后, 应尽快对情况进行评价, 确定是否酌情延长交货时间。

(3) 在甲方验收过程中, 由于乙方提交的产品质量等原因导致的甲方验收工作拖期, 按乙方迟延履行计, 乙方承担违约责任, 承担方式见本合同“10.1 (2)”条



款。

(4) 本合同签订后,乙方不履行合同义务、或履行合同义务不符合合同约定的(不包括迟延履行情况),乙方应承担违约责任,向甲方支付相当于本合同总金额10%的违约金,甲方有权选择要求解除合同、或要求乙方采取补救措施继续履行合同。

(5) 甲方依据以上情形和条件决定解除合同时,如果违约金不足以弥补甲方实际损失,乙方应赔偿甲方所有实际损失。

10.2 甲方违约责任

(1) 甲方应按合同约定时间付款,如甲方无正当理由迟延付款,且经乙方催付后仍不付款的,应向乙方支付延期付款赔偿金,赔偿金按迟延付款总额0.5%/周计收,不足一周按一周计。如果迟延付款超过一个月,甲方应向乙方支付相当于合同总金额5%的违约金,乙方有权选择要求甲方继续履行合同,或解除合同。如果违约金不足以弥补乙方实际损失,甲方应赔偿乙方所有的实际损失。

(2) 在履行合同过程中,如果甲方遇到可能妨碍按时付款的情况时,应及时以书面形式将情况通知乙方。乙方在收到甲方通知后,应尽快对情况进行评价,确定是否酌情延长付款时间。

11. 不可抗力

一方因不可抗力不能或延迟履行合同的,可根据不可抗力的影响,部分和全部免除责任。但该方应及时通知对方,以减轻可能给对方造成的损失,并应当在合理的期限内提供证明。有关不可抗力的其他相关事宜双方协商解决,或按中华人民共和国民法典规定执行。

12. 争端的解决

在履行合同时,若发生与合同有关的任何争议,甲方、乙双方应友好协商解决。如果双方协商没有达成协议时,任何一方有权向人民法院提起诉讼,本合同约定甲方所在地有管辖权的人民法院为诉讼法院。在诉讼期间,除正在进行诉讼的部分外,本合同的其它部分应继续执行。

13. 转让和分包

本项目不允许转让或转包,如乙方拟对部分非主体、非关键性工作委托外协的,须事先经甲方书面同意。乙方如违反上述约定,应向甲方支付相当于本合同总金额



20%的违约金，且甲方还有权解除合同。

14. 合同生效及其它：

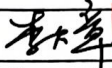
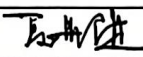
14.1 甲方提供的技术要求附件《输运线四极磁铁加工制造技术要求》。

14.2 本合同经双方代表签字并加盖公章（或合同章）即生效。

14.3 未尽事宜参照本项目招投标文件。

14.4 本合同一式四份，甲方执二份，乙方执二份。



甲方	单位名称	河南省科学院高能物理研究中心	 合同章 2024年12月30日
	住 所	河南省郑州市郑东新区崇实里 228 号	
	法定代表人	韩宇辉	
	甲方代表	 (签名)	
	联系人及电话	孙献静 13520842320	
甲方开票信息如下： 统一社会信用代码 12410000MB0868037J 河南省科学院高能物理研究中心 河南省郑州市郑东新区崇实里 228 号 邮编：450046 账号：4116 1199 9011 0048 1247 0 开户银行：交通银行股份有限公司郑州纬五路支行			
乙方	单位名称	合肥聚能电物理高新技术开发有限公司	 合同专用章 税号: 9134010231632140037 账号: 130201190902210038 地址: 合肥西郊董铺 82 电话: 0551-65591358 邮编: 230031 2024年12月29日
	住 所	安徽省合肥市蜀山区蜀山湖 350 号	
	法定代表人	吴杰峰	
	乙方授权代表	 (签名)	
	联系人及电话	夏世波 18955194958	
	开户银行	工行科学岛支行	
	帐 号	帐号：1302 0119 0902 2100 383	



输运线四极磁铁加工制造技术要求

1. 项目介绍

项目主要内容是加工制造满足输运线建造所需求的 4 种类型四极磁铁 18 台。这些磁铁的铁芯材料均采用实心 DT4 纯铁，制造过程中应根据磁铁的物理和机械设计要求，严格把握磁铁的机械加工精度以及工艺流程，保证磁铁长期运行的可靠性和稳定性。

2. 需求明细

包括 4 种类型 18 台磁铁的工艺设计、原材料采购、加工制造、检验、，出厂验收、包装、运输及保险、到场验收、安装调试、提供保修及售后服务等。

产品名称	数量	合计
BL2-300L-160Q	4	18
BL2-150L-34Q	11	
BL2-150L-64Q1	2	
BL2-150L-64Q2	1	

3. 主要技术要求

输运线四极磁铁磁场的主要技术指标见表 3.1。

表 3.1 输运线四极磁铁磁场主要技术指标

类型	160Q	34Q	64Q	
磁铁名称	BL2-300L-160Q	BL2-150L-34Q	BL2-150L-64Q1	BL2-150L-64Q2
磁铁数量	4	11	2	1
磁铁孔径(mm)	160	34	64	64
磁场梯度(T/m)	4.5	29	15	12.5
有效长度(mm)	300	150	150	150
好场区范围(mm)	Φ24	Φ28	Φ56	Φ56
高阶场	总量 $\leq 1.0 \times 10^{-3}$	总量 $\leq 1.0 \times 10^{-3}$	总量 $\leq 1.0 \times 10^{-3}$	总量 $\leq 1.0 \times 10^{-3}$



总长度(mm)	≤380	≤250	≤240	≤240
---------	------	------	------	------

4. 具体技术要求

本章节所列的技术要求中，加星号（*）项为必须满足的指标。不满足的投标文件将被拒绝。

4.1. 制造工艺要求

4.1.1 磁铁铁芯制造工艺要求

*输运线四极磁铁的铁芯材料均采用 DT4 纯铁，且需要经过磁化退火处理，每台磁铁的铁芯均需同一块铁板制造。磁铁总装后，BL2-300L-160Q 磁铁的极头内切圆及极间距精度要求 $\pm 0.05\text{mm}$ ，同一台磁铁的四分之一铁芯长度误差 $\leq 0.05\text{mm}$ ；BL2-150L-34Q、BL2-150L-64Q1 和 BL2-150L-64Q2 磁铁的极头内切圆及极间距精度要求 $\pm 0.02\text{mm}$ ，同一台磁铁的四分之一铁芯长度误差 $\leq 0.05\text{mm}$ 。

铁芯的制造过程包括相关的工装设备，铁芯材料的采购、加工与测试，乙方需制定质量管理文件、工艺过程跟踪卡和做好质量检测记录。填写和签字批准完毕的原始跟踪卡应随铁芯周转，直到最后的总装工序。原始文件应一直保留。磁铁铁芯的跟踪卡复印件应与完工的磁铁的其他跟踪卡的复印件一并汇总，随磁铁交货时送交甲方。

铁芯在安装和生产过程中，需多次起吊和翻转，乙方应设计每类型磁铁相关的起吊工装和相应工艺，从而保证在操作过程中的设备、元件和人身的安全。磁铁表面按图纸进行防锈处理，所有需喷漆的表面在上色漆之前，应加涂防锈底漆，所有不喷漆表面应喷涂防锈油。

*乙方必须确保所采购的 DT4 纯铁经磁化退火后的励磁性能不低于表 4.1 所列数据。

表 4.1 DT4 纯铁励磁曲线数据表

B (Gauss)	H (Oster)	B (Gauss)	H (Oster)
0	0.00	15105	10.05
6073	0.63	15288	11.31
7017	0.88	15445	12.57
7830	1.01	15660	15.08
8970	1.26	15840	17.59



9720	1.51	15933	18.85
10303	1.76	15994	20.11
10590	1.88	16112	22.62
10800	2.01	16240	25.13
11000	2.14	16450	31.42
11190	2.26	16635	37.70
11545	2.51	16800	43.98
11984	2.89	16985	50.27
12235	3.14	17120	56.55
12775	3.77	17270	62.83
13250	4.40	17513	75.40
13605	5.03	17750	87.96
13895	5.65	17980	100.53
14155	6.28	18173	113.10
14518	7.54	18355	125.66
14875	8.80		

4. 2 线圈制造工艺要求

4. 2. 1 线圈绝缘系统

4. 2. 1. 1 线圈绝缘系统设计要求

加速器四极磁铁线圈要在较高辐照环境中工作，其基本要求是绝缘系统应能承受反复的热循环而不导致机械的或电气的损坏，因此必须采用玻璃纤维及环氧树脂等的绝缘材料，绝缘结构要求如下：

四极磁铁线圈：

匝间绝缘：内层：20mm 宽，0.05mm 厚聚酰亚胺带半叠包一层；

外层：25mm 宽，0.13mm 厚无碱玻璃丝带半叠包一层。

对地绝缘：25mm 宽，0.20 厚玻璃丝带半叠包两层。

四极磁铁每磁极线圈在包扎对地绝缘完毕后进行环氧浇注，环氧系统应由环氧树脂、塑性树脂、酸酐类固化剂及加速剂组成的辐照绝缘材料。

*线圈环氧配方如表 4. 2：

表 4. 2 线圈环氧配方表

配料	配比
#DER331 双酚 A 环氧树脂	50
#DER736 聚二醇塑性树脂	50
固化剂 NMA	75



催化剂 DMP-30	1. 2
------------	------

在环氧浇注中禁止使用稀释剂、可塑剂等；允许不高于 10%含量的增韧剂；允许添加（使玻璃纤维与环氧易于结合的）某些硅烷润湿剂。线圈中所有 $\geq 3\text{mm}$ 的缝隙都要用预成型环氧玻璃纤维填充以免产生过厚环氧区而导致开裂。线圈引线及出头附近的绝缘应予特殊的关注，以便有足够的强度和避免该区有过多的纯环氧树脂，此处应填充预成型的环氧玻璃纤维板填充物。

4. 2. 1. 2 #DER331 双酚 A 环氧树脂、#DER736 聚二醇塑性树脂可选择陶氏化学，固化剂 NMA 可选择 CEBA Co. 瑞士，催化剂 DMP-30 可选择 Fluka Co. 德国。

4. 2. 2 线圈绕制工艺要求

根据设计线圈图纸严格设计绕制模具，控制公差。在绕制过程中，应对线圈施加足够的拉紧力，以最大限度的减小转弯处梯形畸变，确定在转弯处的定位，保证线圈的紧密性。不可直接敲打线圈导体表面，以免造成导体的硬伤或者损伤绝缘层。线圈的引出头应按线圈组装图所示尺寸弯制。线圈绕制完成并包扎好对地绝缘之后，应检验其外形尺寸，以确保能够装入浇注模。每个线圈应有独立的身份号。环氧浇注前应该将此身份号用标签栓连在线圈上。环氧浇注后，这一身份号应该用永久墨水或漆写于线圈在磁铁总装后仍易见的位置。

4. 2. 3 线圈环氧浇注、固化设计要求

线圈要真空浇注，必须使用浇注模。将绕制并包好对地绝缘的线圈，放入彻底清洁干净并涂了脱模剂的真空浇注模内，用 4. 2. 1. 1 节的配方进行真空压力浇注。

固化过程应遵循固化工艺程序，这包括前期的模具清洗与脱膜处理、预热，在工艺要求的温度下混料，在混胶过程中抽真空去泡、真空浇注和模具排气去泡。模具在适当的位置安装有排气管，并使模具在炉内应适当放置，确保气泡可以从排气管排出，并严格按照固化曲线控制固化的温度和冷却的过程，避免暴冷暴热。

浇注后的线圈，不允许有表面遮盖或油漆层。已经浇注的线圈应保持透明，进行外观检查，观察是否有裂痕、气泡和孔穴。没有甲方或其被授权的代表的签字批准不得擅自进行修理，所有经修补的裂痕或孔穴都应在该线圈完工后记录在其跟踪卡内。如果线圈在外观检查中发现难以修复的裂痕和孔穴，这些缺陷很可能导致测试或运行中出现匝间或对地短路，该线圈应予以报废。

4. 2. 4 线圈电接头设计要求



线圈制成后，四极磁铁线圈端头引线处加上水、电接头。安装的水接头材料为不锈钢，同时应加以密封，密封物和其他的脏物或碎屑不能进入水孔而阻碍水循环。磁铁的每一冷却水路要有一个温控开关，当线圈温度接近 $60 \pm 5^\circ\text{C}$ 时将会自动断开。水冷线圈的端头应与进线的电缆头适配，并可靠连接。长闭温控开关要用软焊料焊在导线上。线圈端头引线处加上电接头，并将所有电接头均接在接线排上进行连接。线圈端头以及所有与之相联的金属件都必须与铁芯绝缘并通过直流高压试验。温控开关固定板以及线圈内外层间、线圈与线圈间、线圈与电源间连接母线板应采用火焰钎焊，并确保银铜料渗透进缝隙以降低接触电阻，焊后应对氧化层进行去除、抛光，确保焊点可靠、外表美观。

4.2.5 线圈检测要求

为了确保线圈的性能以使磁铁正常运行，包扎好对地绝缘的线圈，以及浇注后的线圈应进行下述检测和测量。

4.2.5.1 线圈环氧浇注前的检测要求

*四极磁铁线圈线圈：

- 1) 水冷管吹球测试：球径 $D \geq 0.6 \sim 0.7 \times$ 导线水冷孔径；
- 2) 绕制后尺寸测量；
- 3) 电气参数检测：

匝间短路，脉冲电压 500V，查看波形是否正常；

对地绝缘检测：施加直流电压 1000V，1 分钟，检测有否放电击穿现象。

4.2.5.2 线圈环氧浇注后的检测要求

1) 外尺寸测量。每饼线圈需要严格控制外形尺寸，以避免因为变形或变大，难以在磁铁总装时套入磁铁窗框内。测量内容包括：线圈内、外长度和宽度，厚度，曲率半径。

2) 电阻测量。测量仪器为双桥电路。测量过程中要保持恒温，并记录实际操作时的温度，测量的电阻值至少为三位有效数字。电阻值要折算到 35°C ，单个线圈的电阻与所有线圈的平均值的偏离不应超过 $\pm 1\%$ 。

*3) 高压检测。四极磁铁线圈检测电压为直流 1000V，时间均为一分钟，测量有否放电击穿，或者测量漏电流的大小。任何线圈有被击穿或漏电阻小于 $10\text{M}\Omega$ 则线圈将被拒收。



*4) 四极磁铁线圈水压检测。接好水接头之后, 封死线圈一端的水接头, 向线圈水路注入 $15\text{kg}/\text{cm}^2$ 去离子水, 保压 1 小时, 不应有压力泄漏。

*5) 四极磁铁线圈水流量检测。

水流量检测仪表设置应包括: 进出水路设水压表, 精确度为 $\pm 0.3\text{kg}/\text{cm}^2$; 流量计, 精确度为设计值的 $\pm 5\%$; 水流量调整阀;

水流量测量时进出水压差为 $5\text{kg}/\text{cm}^2$ 。线圈在此条件下的水流量应至少不低于设计值的 90%。任何线圈的流量与所有线圈流量的平均值的偏差应在 $\pm 10\%$ 以内。

在完成上述各项工艺和检测要求的同时, 检验员的姓名、日期、各项工艺与检测结果都应同步记入被测线圈的跟踪卡。

4.3 磁铁装配要求

乙方应负责设计和制造总装配需要的零部件和工装, 根据图纸所规定的数量和安装公差总装, 并负责检测和包装。检测项目应包括本说明书说明的所有电测试、水测量。应制定总装和检测工艺, 质量保证程序和质量跟踪卡, 并记录有关总装数据和检验数据。如需要增加铁芯图纸上没有的, 为安装起吊设备用的工艺孔或其他设计应事先征得甲方的同意。乙方负责选择和采购磁铁总装所需要的材料和装置, 包括所需水管和紧固件, 并负责连接和检查其线路。

磁铁总成应包括以下主要元件:

铁芯、线圈的固定与支撑;

电源连接、温控开关和接线布置。

在安装真空盒时需要拆装的磁铁类型均要抽一台磁铁进行装配重复性试验。

4.4 磁铁整机测试要求

磁铁装上线圈、冷却水管等之后, 整台磁铁要进行检测以保证满足相应的磁铁装配图纸规定的尺寸公差。配水系统的检测包括压力检测和水流量测量。在冷却水路施加 $5\text{kg}/\text{cm}^2$ 压降的冷却水时, 线圈要进行工作电流下的试验, 维持时间 2 小时以上。在试验时出入水口的温度、线圈表面及所有线圈联结处和出头处的温度要进行监测。

在完成必须的检测项目之后, 对铁芯、线圈和水电循环系统连接进行最后的目检。要依次检查所有的紧固件是否拧紧, 温控开关位置是否正确, 连接导线有否损伤。水路内残留水分要彻底流净, 吹干, 封口。不喷漆铁芯表面应妥善作防锈处理。



5. 四极磁铁设计参数及相应结构模型

5.1 四极磁铁设计参数及相应结构模型

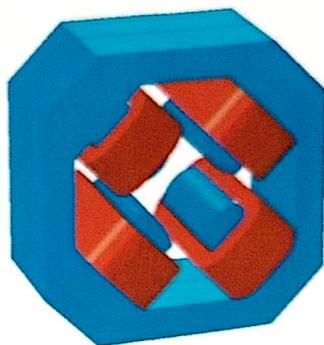
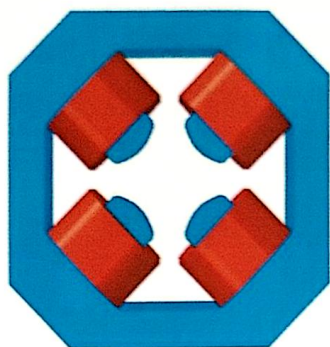
5.1.1 四极磁铁设计参数见表 4.3:

表 4.3 四极磁铁设计参数

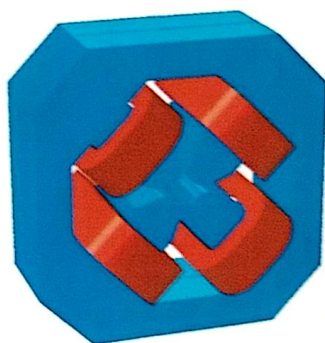
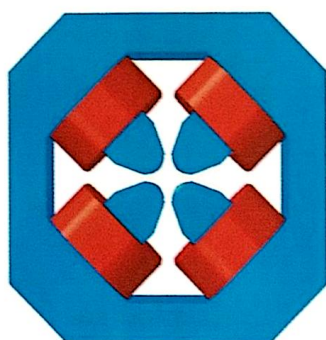
磁铁类型	160Q	34Q	64Q	
磁铁名称	BL2-300L-160Q	BL2-150L-34Q	BL2-150L-64Q1	BL2-150L-64Q2
数量	4	11	2	1
磁铁孔径 (mm)	160	34	64	64
铁芯长度 (mm)	240	140	130	130
磁场梯度 (T/m)	4.65	29.79	15.36	12.97
积分梯度 (T)	1.46	4.75	2.48	2.08
等效磁长度 (mm)	314	159	162	160
每磁极励磁安匝数 (At)	12000	3520	6400	5400
每磁极匝数 (匝)	48	32	40	36
励磁电流 (A)	250	110	160	150
导线规格 (mm)	9×9, ø5, r1	6.5×6.5, ø4, r1	6.5×6.5, ø4, r1	6.5×6.5, ø4, r1
电流密度 (A/mm ²)	4.1	3.8	5.6	5.2
导线总长度 (m)	172	75	95	80
总电阻 (mΩ)	51.7	46.8	60.1	49.7
总电感 (mH)	23.1	15.6	16.5	11.1
总电压 (V)	12.9	5.1	9.6	7.5
总功耗 (kW)	3.2	0.6	1.5	1.1
冷却水压降 (kg/cm ²)	5	5	5	5
并联水路数	4	2	4	4
冷却水流速 (m/s)	1.8	1.7	2.2	2.4
冷却水流量 (l/min)	8.5	2.5	6.5	7.3
水温升 (°C)	5.4	3.2	3.4	2.2
铁芯截面尺寸 (H×V) (mm)	640×640	420×420	500×500	340×470
磁铁总尺寸 (L×H×V) (mm)	380×640×640	250×420×420	240×500×500	240×400×470
磁铁总重量 (kg)	550	160	200	180



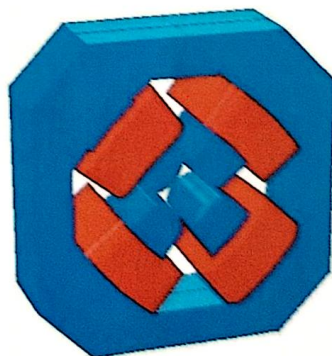
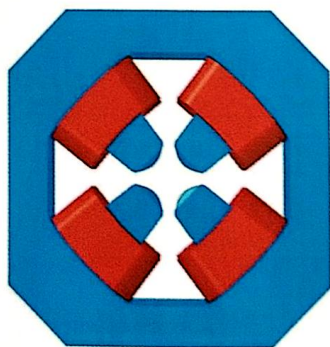
5.1.2 四极磁铁结构模型



BL2-300L-160Q 磁铁

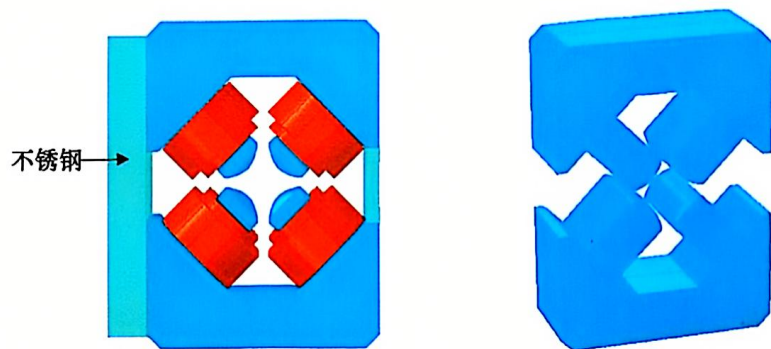


BL2-150L-34Q 磁铁



BL2-150L-64Q1 磁铁





BL2-150L-64Q2 磁铁

