**附 页**

尊敬的审查员老师，您好！

非常感谢您对本申请认真细致的审查。申请人在收到第一次审查意见通知书后，进行了认真的研究，并按照审查意见进行了修改（参见所附修改页）。具体如下：

1. 关于修改

将产品权利要求合并至方法权利要求，仅保留“一种超导直流能源管道系统动态稳定性判断方法”。具体包括：将原权利要求1与原权利要求7的内容合并至原权利要求4，并删除原权利要求1、原权利要求7以及原权利要求9。同时将原权利要求2与3移动至最后。

由于仅涉及合并权利要求，并未超过原始权利要求书记载的范围，因此修改符合专利法第33条的规定。

1. 关于新的权利要求1具备创造性

审查员老师经过全面细致的检索，获得最接近的现有技术CN 110705104A，并将该文件作为评述本申请的对比文件1。

对比文件1的发明名称为“一种高温超导导体的电流密度分布的仿真分析方法”，要解决的技术问题是“一种考虑超导带材整体利用率的双极性高温超导直流系统中的超导导体电流密度分布的仿真分析方法”（参见对比文件1说明书第0004段）。其发明构思是“通过三维螺旋模型仿真和分析了螺旋分布的超导带材上电流密度的均匀度，并且通过优化超导带的螺距来使得每根超导带上电流分布均匀且带材的用量较少”（参见对比文件1说明书第0031段）。由此可见，对比文件1与本发明的主题以及采用的技术手段并不相同。

为了更加清楚地突出本发明与对比文件之间的区别技术特征以及区别技术特征能够带来的有益效果，本申请人经过全面对比，制作了特征对比表，如下表所示。

| **本申请** | **对比文件1** | **对比文件2** | **说明** |
| --- | --- | --- | --- |
| 超导直流能源管道系统动态稳定性判断方法 | 一种高温超导导体电流密度分布的仿真分析方法 | 氦气冷却的超导直流电缆本体热分析 | 本申请与对比文件1以及对比文件2所要解决的技术问题均不相同 |
| 高温超导直流电缆 | 高温超导直流电缆 | 恒温器 |  |
| 液体绝缘层 | 液体绝缘层 |  |  |
| 液化天然气 | 液体天然气 | 氦气 |  |
| 绝热层 | 隔热层 |  |  |
| 反辐射膜 |  |  |  |
| 高温超导直流电缆与液体绝缘层（30）相互平行设置 | 高温超导直流电缆与液体绝缘层相互平行设置 |  |  |
| 液化天然气（20）设置在液体绝缘层（30）外侧，绝热层（10）和反辐射膜内侧 | 液体天然气设置在液体绝缘层外侧，绝热层内侧 |  |  |
| 周向漏热模型 |  | 径向温度分布模型 |  |
| 管道的周向漏热 |  | 外/内层恒温器的漏热量 |  |
| 管道外径 |  | 外/内层恒温器的内壁半径 |  |
| 管道传输距离 |  | 电缆长度 |  |
| 管道外层与环境之间的换热系数 |  | 氦气与壁面之间的对流换热系数 |  |
| 环境温度 |  | 壁面温度 |  |
| 液化天然气整体平均温度 |  | 氦气流体温度 |  |
| 管道首末端温差模型 |  | 轴向温度分布模型 | 权1只考虑轴向  对比文件2主要考虑径向然后才是轴向 |
| 管道始端液化天然气温度 |  | 进口温度t |  |
| 管道末端液化天然气温度 |  | 出口温度t |  |
| 液化天然气的流量 |  | 氦气的质量流率 | 需要说明的是，此处氦气是气体，而本发明的液化天然气是液体 |
| 液化天然气的密度 |  |
| 液化天然气的单位质量比热容 |  | 氦气等压比热 |  |
| 以管道的周向漏热模型和管道首末端的温差模型，计算液化天然气在管道末端上的温度 |  |  | 本申请与对比文件1以及对比文件2所要解决的技术问题是不一样的 |
| 计算高温超导直流电缆的临界温度与步骤3获得的液化天然气在管道末端上的温度的差值，所述差值不超过管道温度裕量则超导直流能源管道系统能够稳定运行 |  |  |

从上表可知，对比文件1仿真法分析的目的不是温度导致的稳定性，而是电流分布节省带材，对比文件1必然是默认仿真都是在稳定条件下进行的，对比文件1没有意识到可以通过温度模型来进行稳定性分析，以及没给出如何通过具体实施步骤实现稳定性分析。对比文件1仅仅公开了与本发明相近但不相同的超导直流能源管道系统。因此，对比文件1并不存在改进为稳定性分析的技术问题，所属领域技术人员没有动机在对比文件1的基础上进行改进获得本发明的技术方案。

权利要求1相比于对比文件1至少具有如下区别特征：

“步骤1，获取超导直流能源管道的设计参数，包括：管道的外径、管道的传输距离、管道外层与环境之间的换热系数、环境温度、液化天然气整体平均温度；建立管道的周向漏热模型；

步骤2，建立液化天然气在管道首末端的温差模型；

步骤2中，以如下公式表示液化天然气在管道首末端的温差模型，

式中：

表示管道末端液化天然气温度，

表示管道始端液化天然气温度，

表示管道的周向漏热，

表示管道中液化天然气的流量，

表示管道中液化天然气的密度，

表示管道中液化天然气的单位质量比热容；

步骤3，以步骤1和步骤2中的管道的周向漏热模型和管道首末端的温差模型，计算液化天然气在管道末端上的温度；

步骤4，计算高温超导直流电缆的临界温度与步骤3获得的液化天然气在管道末端上的温度的差值，所述差值不超过管道温度裕量则超导直流能源管道系统能够稳定运行。”

基于该区别技术特征，本申请所要解决的技术问题实际上是，**计算管道轴向温度的温差并判断超导直流能源管道系统是否能够稳定运行。**

对比文件2并没有公开“以管道的周向漏热模型和管道首末端的温差模型，计算液化天然气在管道末端上的温度”以及“计算高温超导直流电缆的临界温度与步骤3获得的液化天然气在管道末端上的温度的差值，所述差值不超过管道温度裕量则超导直流能源管道系统能够稳定运行”等技术特征。并且对比文件2要解决的技术问题是“建立超导直流电缆的热分析模型”，**与本申请要解决的技术问题并不一样**。此外，对比文件2由于用的是常规的氦气+恒温器的系统模型，**与本申请中的模型完全不一致**。既然模型都不一样，自然不能简单的将对比文件2中的方法强加到对比文件1上。因此，申请人认为对比文件2并没有给出区别特征运用于对比文件1以解决上述技术问题的启示，对比文件2与对比文件1 的结合是非显而易见的。权利要求1具有突出的实质性特点以及显著的进步。

需要说明的是，本申请权利要求1与对比文件2不仅解决的技术问题不一样，适用的场景（或系统）不一样，**在方法上也存在差异**。

首先，氦气，属于一种惰性气体，是所有气体中最难液化的，作为一种冷却物质，其冷却效果是其他气体无可替代的。那么本申请为什么要选择天然气作为冷却气体呢？这是因为本申请中超导直流能源管道需要在传输大容量电能的同时，也**需要传输液化天然气**（天然气可以供用户进行使用）。本申请创造性的将天然气与超导直流能源管道相结合。利用**本就需要通过管道进行传输的天然气**来冷却超导直流能源管道。而对比文件2中的氦气没有任何实用价值，仅仅是用于冷却。因此，本申请的技术方案相对于对比文件2，**相当于省略了不必要的氦气**，与对比文件2相比具有突出的实质性特点与显著的进步。

其次，本申请人认为，权利要求1的方法与对比文件2的方法也存在第一区别：**权利要求1管道中液化天然气是液体，而对比文件2中的氦气是气体。本申请与对比文件2所适用的场景（模型）是根本不一致的。需要说明的是，氦气的沸点极低，实际工程中很难压缩成液体**。

**由于本申请与对比文件2的冷却介质的物理性质（本申请液化天然气是液体，而对比文件2的氦气是气体）不同**，这也决定了：**在建立液化天然气在管道首末端的温差模型时，二者也存在极大的差异**。

申请人有必要指出的是，**上述权利要求1与对比文件2的第一区别恰恰是因为二者适用于的不同的场景所导致的**。证据如下：

对比文件2中还需要考虑“外层恒温器径向温度分布模型以及内层恒温器径向温度分布模型”。而本申请明确指出：“在不考虑管道端部漏热的情况下，稳态时管道沿径向的温差较小，径向上的温度梯度主要位于液化天然气上，故可近似认为管道末端液化天然气平均温度与管道末端超导带材的温度相等”。事实上，“**径向温度忽略不计，只考虑轴向温差**”正是本申请的重要结论之一！本申请的权1的技术方案相比于对比文件2的第二区别在于进行了大量的简化（即忽略了径向温度）。从物理学的角度上，我们也不难思考这一重要结论的因由，这是因为：**本申请的天然气是液体状态，其流动性相较于气体形态的氦气是更强的，理所当然导致液体天然气的主要传热方向是轴向的，且径向传热可以忽略不计；而对比文件2中的氦气由于是气体，因此氦气的主要传热方向是径向的，而轴向传热则是次要因素**。

因此，本申请的权1的方法与对比文件1结合对比文件2的方法虽然看似类似，但实质上由于**适用场景不一致导致二者的温差模型也不一致**。可见本申请的权1并没有被对比文件1结合对比文件2所公开，本申请的权1与对比文件1结合对比文件2的技术方案存在本质上的区别，并且取得的有益效果也不一样。具备凸出的实质性特点与显著的进步。同时，本发明克服了现有技术中存在的缺点和不足，与现有技术相比能够产生有益的技术效果，具有显著的进步；因此本发明具备创造性，符合专利法第22条第3款的规定。

1. 其他权利要求

权利要求2-6引用了在先的权利要求1，由于权利要求1具备创造性，因此引用了在先的权利要求1的权利要求2-6也具备创造性，符合专利法第22条第3款的规定。

申请人按照审查意见对申请文件进行了修改，克服了通知书所指出的缺陷，修改文本符合专利授权条件。如果审查员认为该申请还存在其它问题，恳请给予再次修改和陈述的机会。联系电话是010-62535882，申请人愿意配合审查员老师的意见主动修改申请文本，早日结案，缩短审查周期。

最后，再次感谢审查员老师为本案所作的认真细致的工作。