(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国 际 局

(43) 国际公布日
2015 年 12 月 30 日 (30.12.2015)

WIPO | PCT

(10) 国际公布号
WO 2015/196972 A1

(51) 国际专利分类号:
*H01F 27/14* (2006.01) *H01F 27/32* (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2015/082086

(22) 国际申请日: 2015 年 6 月 23 日 (23.06.2015)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201410283792.8 2014 年 6 月 23 日 (23.06.2014) CN

(71) 申请人: 上海联影医疗科技有限公司 (SHANGHAI UNITED IMAGING HEALTHCARE CO., LTD.) [CN/CN]; 中国上海市嘉定工业区城北路 2258 号, Shanghai 201815 (CN)。

(72) 发明人: 张云华 (ZHANG, Yunhua); 中国上海市嘉定工业区城北路 2258 号, Shanghai 201815 (CN)。 孟杰勇 (MENG, Jieyong); 中国上海市嘉定工业区城北路 2258 号, Shanghai 201815 (CN)。 陈青昌 (CHEN, Qingchang); 中国上海市嘉定工业区城北路 2258 号, Shanghai 201815 (CN)。 刘义红 (LIU, Yi-hong); 中国上海市嘉定工业区城北路 2258 号, Shanghai 201815 (CN)。 申士林 (SHEN, Shilin); 中国上海市嘉定工业区城北路 2258 号, Shanghai 201815 (CN)。

(74) 代理人: 北京汉昊知识产权代理事务所（普通合伙） (HANHOW INTELLECTUAL PROPERTY); 中国北京市东长安街 1 号东方广场西 1 区 1111 室, Beijing 100738 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明，要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST,

[见续页]

(54) Title: INSULATION METHOD AND DEVICE FOR HIGH-VOLTAGE GENERATOR OIL TANK

(54) 发明名称 : 高压发生器油箱的绝缘方法及装置

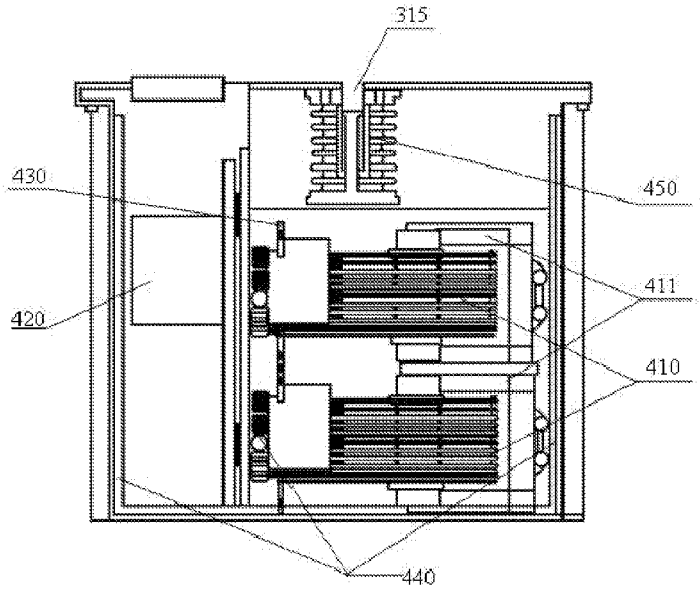



图 4-A / Fig. 4-A

(57) Abstract: A high-voltage generator oil tank (300) and a transformer (600) used for the oil tank. The transformer comprises an iron core (411), a low-voltage winding, a high-voltage winding (720), an internal insulation sleeve (510), an external insulation sleeve (530) and a PCB board (611), wherein the low-voltage winding is wound on the internal insulation sleeve, the high-voltage winding is wound on the PCB board and arranged on the external insulation sleeve, and the insulativity between the windings is increased by the structure of the transformer. In addition, an oil barrier (440) is also arranged in the oil tank, thereby eliminating the bridge effect, and enabling an electric field to become uniform. The oil tank comprises a tank body (320) and a tank cover (310), wherein an opening (315) connected to a telescoping tube (450) is arranged on the tank cover so as to compensate for the volume change of transformer oil of the oil tank while in use to avoid generating bubbles. The improvements of both the oil tank and the transformer can increase the operating stability of a high-voltage generator.

(57) 摘要:

[见续页]

WO 2015/196972 A1

SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) **指定国** (除另有指明，要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

**本国际公布**:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

一种高压发生器油箱（300）和用于该油箱中的变压器（600），该变压器包括铁芯（411）、低压绕组、高压绕组（720）、内绝缘筒（510）、外绝缘筒（530）和 PCB 板（611），低压绕组绕制在内绝缘套筒上，高压绕组绕制在 PCB 板上并设置在外绝缘套筒上，该变压器结构增加了绕组间的绝缘性，另外在该油箱中还设置了油屏障（440），消除了小桥效应，使电场变得均匀。油箱包括箱体（320）和箱盖（310），箱盖上设有与伸缩管（450）相连的开口（315），用来补偿油箱在使用中变压器油的体积变化，避免产生气泡。油箱和变压器的改进都能提高高压发生器的工作稳定性。

# 高压发生器油箱的绝缘方法及装置

## 交叉引用

本申请要求 2014 年 6 月 23 日提交的编号为 201410283792.8 的中国申请的优先权，其内容以引用方式被包含于此申请。

## 技术领域

本申请涉及电学领域，特别涉及高压发生器以及高压发生器油箱。

## 背景技术

高压发生器的部件包括但不限于主变压器、灯丝变压器、高压插座、采样板等，这些部件均密封在油箱内。在使用过程中，首先将油箱抽真空，除去油箱内空气中的水分和杂质，而后向油箱中注满变压器油。变压器油可以起到绝缘、散热和消弧等作用，以维护高压发生器内各部件的正常运行。

但是在油箱使用过程中，会出现以下问题：1.变压器油处于高强电场中，高强磁场下的电晕放电、游离放电等现象会产生自由电子，电子对变压器油的作用使变压器油气化，解离出气体或气泡。2.变压器油本身会带有杂质、气泡或水分，这些杂质，气泡或水分会导致漏电或短路现象，影响到油箱的绝缘效果。3.油箱内部的变压器在磁场作用下，会产生磁滞损耗和涡流损耗等现象。这些现象会伴有热量释放，使变压器油受热膨胀。随之的冷却过程导致的变压器油体积减小会让变压器油产生气泡等缺陷。

由于以上所述杂质、气泡或水分的存在，会在变压器油中造成气泡击穿、小桥击穿、电弧放电等现象。这些现象一方面会降低变压器油的绝缘性，影响高压发生器的稳定性。另一方面会造成变压器油以及油箱中其它部件的老化，降低设备的使用寿命。

## 发明简述

本发明提供一种高压发生器油箱中的变压器，包括：内绝缘套筒，外绝缘套筒，绕制在内绝缘套筒上的绕组，以及铁芯；内绝缘套筒放置在外绝缘套筒的内侧，铁芯穿过内绝缘套筒；内绝缘套筒上的绕组与外绝缘套筒之间可以保有一定的间隙。

可选地，在内绝缘套筒上的绕组与外绝缘套筒之间的间隙中可以有一层或多层绝缘纸，以增加两者间的绝缘性。

可选地，在内绝缘套筒和铁芯之间也可以有一层或多层绝缘纸，增加两者间的绝缘性。

可选地，在内绝缘套筒上的绕组和外绝缘套筒之间的间隙内可以放置固定物，保持内绝缘套筒和外绝缘套筒之间相对位置的稳定。

本发明的另外一个实施例提供一种高压发生器油箱中的变压器，包括：内绝缘套筒，低压绕组，高压绕组，PCB 板以及铁芯；低压绕组绕制在内绝缘套筒上，高压绕组绕制在 PCB 板上；并将高压绕组在低压绕组的外侧。

可选地，变压器的 PCB 板上可以有整流模块，将交流电转换为直流电。

可选地，变压器可以包括多个 PCB 板；多个 PCB 板可以排列成堆叠结构。PCB 板的厚度、数量和 PCB 板之间的距离可以根据实际使用情况确定。

可选地，变压器的 PCB 板堆叠结构的上侧与下侧可以有油屏障。

可选地，变压器可以包括采样板。

可选地，变压器还包括外绝缘套筒；在 PCB 板堆叠结构中设置通孔穿过外绝缘套筒，PCB 板堆叠结构在外绝缘套筒的外围；PCB 板堆叠结构一端与油屏障连接，另一端与采样板连接。

可选地，PCB 板堆叠结构与采样板间的连接方式可以是可拆卸的，也可以是不可拆卸的。

可选地，变压器的 PCB 板堆叠机构与铁芯接触的一端，可以放置绝缘纸或油屏障与铁芯隔开。

可选地，变压器还包括油屏障；油屏障至少在下列位置之一：变压器的PCB板堆叠结构的上下两侧、变压器与地之间、变压器与箱体之间。

可选地，油屏障可以是单独一块，也可以由一块以上组成油屏障阵列。

可选地，对于油屏障的排列方式，可以是左右并排放置，也可以是前后叠加放置。

本发明的另一实施例提供一种高压发生器油箱，包括：油箱，并且在油箱的箱盖上设有开口；以及与油箱相连接的伸缩管；伸缩管一端设置开口，另一端为封闭结构；伸缩管开口的一端与油箱固定，并使伸缩管开口与油箱开口对应。

可选地，油箱的伸缩管上可以设置导向结构，引导伸缩管进行轴向伸缩，并且固定伸缩管。

可选地，油箱伸缩管导向机构可以包括导向杆。

可选地，油箱伸缩管导向机构的导向杆可以伸出伸缩管的开口。

可选地，油箱伸缩管上的导向机构还包括导向套，导向套放置在导向杆的外侧。

可选地，油箱伸缩管导向机构的导向杆也可以低于伸缩管的开口。

## 附图描述

图 1：变压器一种实施例示意图

图 2：变压器另一种实施例示意图

图 3：高压发生器油箱一种实施例的结构示意图（立体图）

图 4-A：高压发生器油箱一种实施例的结构示意图（左视图）

图 4-B：高压发生器油箱一种实施例的结构示意图（俯视图）

图 5-A：高压发生器变压器绝缘套筒一种实施例的结构示意图（立体图）

图 5-B：高压发生器变压器绝缘套筒一种实施例的结构示意图（俯视图）

图 6：高压发生器变压器高低压绕组安装完成的一种实施例的

结构示意图（立体图）

图 7：高压发生器变压器高压绕组 PCB 板的一种实施例示意图

图 8：高压发生器变压器的一种实施例示意图（立体图）

图 9：高压发生器变压器的一种实施例示意图（右视图）

图 10-A：高压发生器油箱绝缘方法的一种实施例示意图

图 10-B：高压发生器油箱绝缘方法的一种实施例示意图

图 11-A：高压发生器油箱绝缘方法的另一种实施例示意图

图 11-B：高压发生器油箱绝缘方法的另一种实施例示意图

图 12-A：高压发生器油箱伸缩管一种实施例的结构示意图（立体图）

图 12-B：高压发生器油箱伸缩管一种实施例的结构示意图（剖面图）

图 13：高压发生器油箱伸缩管一种实施例的结构示意图（剖面图）

**具体描述**

为了更清楚地说明本申请的技术方案，下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单的介绍。下面的描述会以特定的实施场景呈现，这是为了便于本领域的普通技术人员能够了解、再现和使用此申请。显而易见地，在不背离本申请的主旨和范围的前提下，本领域的普通技术人员可以将实施例作出多种变形应用到其它场景。因此，本发明并不局限于下文实施例所述，本申请的保护范围要依据权利要求的最宽范围而定。另外，除非从语言环境中显而易见或另做说明，图中相同标号代表相同结构或操作。

如本说明书和权利要求书中所示，除非上下文明确提示例外情形，“一”、“一个”、“一种”和/或“该”等词并非特指单数，也可包括复数。一般说来，术语“包括”与“包含”仅提示包括已明确标识的步骤和元素，而这些步骤和元素不构成一个排它性的罗列，方法或者设备也可能包含其它的步骤或元素。

本说明书涉及的高压发生器油箱的绝缘方法与装置可以适用于多种领域，包括但不限于医疗领域、工业控制领域、自动化领域、航空航天领域、汽车交通领域、移动通讯领域等。本发明可以应用于上述各个领域的高压发生器的绝缘与防护等，可以实现高压发生器工作的稳定性与安全性。特别地，本发明可以应用于医疗器械领域。例如作为 X 射线高压发生器油箱的绝缘方法与装置。为了说明问题方便，本文将以医疗器械领域中高压发生器油箱的绝缘方法及装置为例进行描述，但整个方法和过程同样适用于其它领域。

变压器是利用电磁感应原理，实现电压变换、电流变换、阻抗变换、隔离、稳压的装置。变压器可以用于输配电系统中电源的电压升降、电流变换以及其它方面。图 1 是变压器一种实施例的示意图。如图所示，一种电源 110 输入变压器 120 后，输出另一种电源 130。变压器 120 包括但不限于绕组 121 和铁芯 122。其中，绕组 121 与铁芯 122 是建立磁场、转换电压和传输电能的部分。

变压器绕组 121 是由导线绕制的线圈。绕组的类型可以是双绕组，也可以为三绕组。双绕组变压器包含两个绕组，能够连接两个电压等级。三绕组变压器包含三个绕组，能够连接三个电压等级。此处为了理解发明方便，以双绕组为例。在双绕组情况下，绕组 121 包含但不限于初级绕组 121-A 和次级绕组 121-B。其中，初级绕组 121-A 可以连接输入电源 110，次级绕组 121-B 可以导出输出电源 130。初级绕组 121-A（和/或次级绕组 121-B）的数量可以为一个，两个，也可以为多个。在输入电源 110 的作用下，初级绕组 121-A 通过交流电流。交变电流在铁芯 122 中产生交变磁通，其频率与电源 110 的一致。根据电磁感应定律，交变磁通在次级绕组 121-B 中感应出电动势。次级绕组 121-B 具备电动势后，则有向负载输出的电能，从而输出电源 130。进一步地，在双绕组变压器的情况下，对于升压变压器而言，初级绕组 121-A 可以称为低压绕组，次级绕组 121-B 可以称为高压绕组。

变压器绕组 121 的具体结构可以根据电压等级和绝缘性要求而定。一般将初级绕组 121-A 放置在里层靠近铁芯的位置，次级绕组 121-B 放

在初级绕组 121-A 的外层。变压器绕组的绕制方式可以为同心式和交叠式。对于某一实施例采用同心式的情况，那么其绕制方式可以为圆筒形、螺旋形和连续式中的一种或者几种的组合。对于某一实施例采用同心式中的圆筒形绕组的情况，那么其导线的绕制方法可以是单层、双层、多层、及分段圆筒式等类型中的一种或者几种的组合。

变压器绕组 121 可以由导线和包覆在导线周围的绝缘层组成。其中，导线的横截面可以是圆形、扁圆形、椭圆形、或异形中的一种或几种的组合。导线的材质可以是铜质、铝质、或者合金质中的一种或几种的组合。绝缘层的材质可以是绝缘油漆、合成树脂、玻璃丝、绝缘纸、或其它有机或无机绝缘材料的一种或几种的组合。

变压器铁芯 122 是变压器的磁路，也是安装绕组 120 的骨架。铁芯包含铁芯柱和和铁轭（图中未画出）。铁芯柱外可以套装上绕组，铁轭助于形成磁路。铁芯的结构可以是心式，也可以是壳式。心式铁芯的构造是将铁轭靠着绕组的顶面和底面，铁轭不包围绕组的侧面。壳式铁芯的结构是铁轭同时包围绕组的顶面、底面和侧面。铁芯的材质可以采用铁氧体或者导磁性能高的硅钢片。硅钢片包含但不限于热轧硅钢片、冷轧无取向硅钢片、冷轧晶粒取向硅钢片等材料中的一种或几种。

根据是否有封装结构，变压器可以分为开放式和封闭式。开放式变压器是指其绕组和铁芯直接与大气接触。封闭式变压器是指其绕组和铁芯处于封闭的外壳内。如图 1 所示，变压器 120 可以置于特定的容器 140 之中。对于封闭式变压器，其容器内部可以充入特定的绝缘介质。这些绝缘介质包含但不限于气体或液体。对于气体绝缘介质，包含但不限于空气（混合气体）、氮气（$N_2$）、二氧化碳（$CO_2$）、六氟化硫（$SF_6$）等气体中的一种或几种的组合。对于液体绝缘介质，包含但不限于矿物绝缘油、合成绝缘油和植物油等中的一种或几种的组合。进一步地，矿物绝缘油包含但不限于石蜡基、环烷基、混合基等中的一种或几种的组合。合成绝缘油包含但并不限于芳烃合成油、硅油、脂类油、醚类和砜类合成油、聚丁烯等中的一种或几种的组合。植物油包含但并不限于蓖麻油、大豆油、菜籽油等中的一种或几种。

对于大部分的电子设备，不但需要实现电压转换，还需要电流转换装置来实现电流的转换。例如将交流电转换成直流电，或者将直流电转换成交流电。电流转换装置包括但不限于整流模块和逆变模块。整流模块可以将交流电转换成直流电，逆变模块可以将直流电转换成交流电。整流模块包含并不限于二极管整流模块、可控硅整流模块、晶闸管整流模块、桥式整流模块等中的一种或几种。逆变模块包含但不限于单向半桥式逆变模块、单相全桥式逆变模块、推挽式逆变模块、三相桥式逆变模块等中的一种或几种。图 2 是一种整流变压器实施方案，以封闭式变压器为例来说明。如图 2，在变压器 120 的输出端放置整流模块 210。需要注意的是，对于封闭式变压器，整流模块的位置可以在变压器模块的内部、变压器模块的外部（但仍在变压器容器 140 的内部），也可以在变压器容器 140 的外部。

在 X 射线诊断或治疗系统中，高压发生器可以通过变压器为 X 射线球管提供直流高电压。高压发生器的变压器可以为开放式，也可以为封闭式。为了更方便地理解发明，下面以一种油浸式变压器为例来说明问题。对于该封闭式变压器，其盛放容器可以为箱式，所用的绝缘介质可以是气体也可以是液体。由于 X 射线球管需要直流电，需要整流模块来转换电流。但是整流模块的位置不做限制，可以在变压器模块之内，变压器容器之内，或者在变压器容器之外。

图 3 为本发明中高压发生器油箱一种实施方案的结构示意图。在该实施方案中，变压器的容器采用箱式，容器内的绝缘介质为液体。该液体绝缘介质，可以是矿物绝缘油、合成绝缘油和植物油等，此处不做限制。如图 3 所示，高压发生器油箱 300 可以包括箱盖 310 和箱体 320。箱盖 310 上包括但不限于正端高压插座 311、负端高压插座 312、接线柱 313、电连接器 314、开口 315 等部件。

正端高压插座 311 和负端高压插座 312 通过连接电缆（图中未画出）可以引出高压，向 X 射线球管提供正负高压直流电。在其它实施例中，正端高压插座 311 和负端高压插座 312 的类型和位置可以变化。此处仅为理解发明方便，不做具体限制。接线柱 313 是交流高压电的输入接口，

为高压发生器提供电源。在其它实施例中，电源的输入接口也可以为其它类型。此处仅为理解发明方便，不做具体限制。电连接器 314 负责传输采样板的信号，作为反馈信号来判断正负高压是否稳定。在其它的实施例中，变压器中也可以不使用采样板来反馈信号，因此电连接器也可以省略。此处仅为理解发明方便，不做具体限制。

高压发生器油箱的开口 315 是为了与油箱内的伸缩管（图中未画出）相连来抵偿变压器油的体积变化，其形状、尺寸、位置和数量等参数可以根据伸缩管以及油箱的具体情况来确定。例如对于开口的位置，可以根据油箱内伸缩管被安排的位置而定。例如放在箱盖中心，或其它位置。对于开口的数量，可以与伸缩管数量保持一致，也可以多伸缩管共用一个开口。关于伸缩管的具体阐述，可以参考本申请中相应部分。

油箱箱体的轻质性，是 X 射线高压发生器系统稳定性的条件之一。油箱质量越轻，对系统的负担越小。特别是在某些使用场景中，油箱要沿着设备的腔体进行旋转，由此而产生的离心力会随着油箱质量的增加而增大。因此一个较小质量的油箱会有效减小离心力，进而增加整个系统的稳定性。油箱的质量大小，与其尺寸设计和材料选择密切相关。在本实施例中，油箱的形状可以是长方体、正方体、圆柱体等规则几何形状，也可以是不规则的几何形状。油箱的材质可以从高强度和低密度的材料中进行选择，例如钢材（例如但不限于不锈钢、碳素钢等）、轻质合金（例如但不限于铝合金、镁合金、钛合金等）、塑料（例如但不限于高分子聚乙烯、吹塑尼龙、工程塑料等），也可以是能达到同样性能的其它单一或复合材料。对于复合材料，例如但不限于玻璃纤维、碳纤维、硼纤维、石墨纤维、纤维、石墨烯纤维、碳化硅纤维或芳纶纤维等增强材料。也可以是其它有机和/或无机材料的复合物，例如玻璃纤维增强不饱和聚酯、环氧树脂或酚醛树脂基体组成的各类玻璃钢。

箱体与箱盖之间可以采用密封圈或其它密封装置（图中未画出）。密封圈可以选择具有耐油性、耐高温和不易变形等特点的材料，例如橡胶。橡胶的种类包含但不限于通用性橡胶和特种型橡胶。通用型橡胶包含但不限于天然橡胶、异戊橡胶、丁苯橡胶、顺丁橡胶、氯丁橡胶等。

特种型橡胶又包含但不限于丁腈橡胶、硅橡胶、氟橡胶、聚硫橡胶、聚氨酯橡胶、氯醇橡胶、丙烯酸酯橡胶、环氧丙烷橡胶等。其中，丁苯橡胶包含并不限于乳液聚合丁苯橡胶和溶液聚合丁苯橡胶。

需要注意的是，以上关于箱盖上的部件、箱体的结构与材质等方面的叙述，仅为理解发明方便之用，并不能把本申请限制在所举实施例范围之内。本领域的普通技术人员，可以在毫无创新的情况下，作出其它变形。例如，当所用变压器可以输出两种或两种以上电压时，那么，其正负端高压插座可以有两组或两组以上。再例如，箱盖上的开口，可以移动到箱体的侧面等。诸如此类的变形，均在本发明的保护范围之内。

图 4-A 为本发明中高压发生器油箱一种实施方案的结构示意图。油箱的部件包含但不限于主变压器组 410、灯丝变压器 420、整流模块（图中未画出）、采样板 430、油屏障 440 和伸缩管 450。这些部件可以完全浸在绝缘液体（图中未画出）中，也可以放置在油箱内的绝缘气体中。为了阐释清楚起见，以下仅针对浸入绝缘液体变压器油的情况进行说明。需要指出的是，油箱内各部件的数量、位置和尺寸等特征，并非严格遵循图例所示比例和/或数据，需要根据实际情况来确定。本领域内相关技术人员，可以依据本发明的精神和范围，进行其它变形，图 4-A 仅给出了一种实施方案便于理解发明。

主变压器 410 包括正变压器与负变压器。正变压器（和/或负变压器）一般由铁芯 411、初级绕组和次级绕组（图中未画出）等部分组成。初级绕组和次级绕组彼此绝缘，套在一个共同的铁芯上，通过磁场耦合。初级绕组和次级绕组的承载与绝缘部件为绝缘套筒，关于绝缘套筒的阐述见下文。

灯丝变压器 420 是为 X 射线管提供灯丝加热电压的变压装置。灯丝变压器产生的电流为 X 射线球管中的大小焦灯提供所需的灯丝电流。需要注意的是，此处列出灯丝变压器 420，仅为理解发明方便。在本发明的其它应用场景中，可以不包含灯丝变压器。

采样板 430 上可以采集经整流模块倍压整流后的正负高压信号。采样电路输出的正负高压信号和电流采样信号可以作为反馈信号，用于判

断系统所需的正负高压是否稳定，进而用于判断高压发生器器油箱的系统是否稳定。同时实现对稳定正负高压的控制。需要注意的是，此处列出采样板 430，仅为理解发明方便。在本发明的其它应用场景中，可以不包含采样板。

油屏障 440 放置在油箱中部件之中或部件之间，用以消除小桥效应，使电场保持均匀。具体来讲，油屏障可以放置在变压器内部、正负变压器之间、或者正负变压器与地之间。油屏障 440 的厚度、数量、位置以及材质，可以根据实际情况进行选择。关于油屏障的详细讨论与实施，见以下相应部分。

伸缩管 450 用以抵偿变压器油由于热胀冷缩产生的体积变化，避免气泡的产生。伸缩管 450 放置在箱盖开口 315 的上方或下方，伸缩管的一端可以与箱盖连接。该端和箱盖的连接形式可以是可拆卸的，也可以是不可拆卸的。伸缩管 450 的数量可以是一个，也可以是两个或多个。伸缩管的波形，可以是 U 型、V 型、Ω型、C 型、S 型、平盘型、阶梯平面型、单波浪型、皱纹型等形状，也可以是以上形状的变形或组合使用。伸缩管的材质可以是金属、有机物或无机物等中的一种或几种组合。

图 4-B 是高压发生器一种实施例的结构示意图，同时也是图 4-A 的俯视图。此图中油箱内各部件的数量、位置和尺寸等特征，也并非严格遵循图例所示比例和/或数据，需要根据实际情况进行选择。

需要注意的是，图 4-A 和图 4-B 仅是方便理解发明所举出的一种实施例，对于高压发生器油箱内的各个部件的自身位置和自身大小，部件之间的相对位置和相对大小，部件的数量及类型，本申请并不做具体限定。任何本领域的普通技术人员，均可以根据变压器基本原理和本申请的精神实质进行变形。例如，将主变压器组与灯丝变压器的相对位置进行对调，或者将伸缩管的位置移动等。再例如，将变压器的数量进行更换等。本领域的相关技术人员，可以依据本发明的精神和范围，对图 4-A 和图 4-B 做出诸如此类的拓展或更改。

变压器油在油箱中，可以起到绝缘、消弧和散热等作用。具体来讲，变压器油可以对高低压绕组以及其它部件起到绝缘和绝缘保护作用。也

可以对高压引线和开关接触点处起到消弧作用，防止电晕和电弧放电的产生。并且，变压器油在自身流动时，可以对油箱的内部起到散热冷却作用。变压器油可以是石蜡基、环烷基或混合基。本实施例中变压器油要满足的条件可以为密度尽量小、粘度适中、闪点尽量高、凝固点尽量低、杂质与氧化程度尽量低等。至于具体的要求，可根据实际情况而定。例如，某组实施例的条件为：运动粘度（50°C）≤$9.6\times10^{-6}m^2/s$，闪点≥135°C，凝固点 < -22°C 等。变压器油的型号可以从#10、#25 或#45 等中选择。

图 5-A 是高压发生器变压器绝缘套筒的一种实施例的结构示意图。在图 5-A 中，内绝缘套筒 510 上绕制低压绕组，低压侧绕组的引线 520 可以从内绝缘套筒的侧面缺口引出。外绝缘套筒 530 套在低压绕组外。另外，可以在高低压绕组之间以及低压绕组与铁芯柱之间，留有一定距离的绝缘间隙和散热通道，并用绝缘纸隔开。绝缘间隙的大小，取决于绕组的电压等级和散热快慢的需要。高压绕组模块安装在外绝缘套筒 530 上，铁芯的铁芯柱穿过内绝缘套筒 510，起到固定和限位的作用。

在高压发生器油箱内部的绝缘方法上，除了采用变压器油等液体外，也可以应用其它的辅助措施。例如对于主绝缘，即绕组之间、以及绕组对地之间的绝缘，常使用绝缘纸屏障等设计。对于纵绝缘，即同一绕组各部分之间的绝缘（例如不同绕段间、层间和匝间的绝缘），常使用覆盖层或绝缘层等设计。以上所述绝缘纸、覆盖层与绝缘层等设计，确实能起到一定程度的绝缘效果，但是对于具有更高绝缘性能要求的场景，势必要对绝缘方法作出一些改进。

如图 5-B 是高压发生器变压器绝缘套筒的一种实施例的结构示意图，同时也是图 5-A 的俯视图。所示的内绝缘套筒 510 和外绝缘套筒 530，能将变压器内部高、低压的引线引到油箱外部，起到固定引线的作用。另外，由于其本身具有绝缘性，利用在变压器绕组内，也能起到绝缘作用。在本申请中，绝缘套筒需要满足规定的电气强度和机械强度。绝缘套筒的材质可以具有良好的热稳定性。例如，绝缘套筒能承受短路时的瞬间过热。另外，绝缘套筒的质量与外形应尽量小。

绝缘套筒的类型可以是单一套筒、复合套筒或电容式套筒。进一步地，电容式套筒根据材质来讲可以包含胶纸电容式套筒、油纸电容式套筒和其它材质的电容式套筒。其中，胶纸电容式套筒的电容芯子是用胶纸和铝箔加温加压交错卷制成型，油纸电容式套筒的电容芯子是用油纸和铝箔加压交错卷制成型之后进行真空浸油。对于其它材质的电容式套筒，可以是由两种或两种以上材料组成的复合物。

复合物可以包括基体相和增强相。根据增强相在基体相中的分布方式不同，复合物可以为纤维增强复合物、颗粒增强复合物、薄层增强复合物、叠层复合物等中的一种或几种的组合。对于纤维增强复合物，其增强相包含但不限于纤维增强塑料、纤维增强橡胶、纤维增强陶瓷和纤维增强金属等中的一种或几种的组合。其中，纤维增强相包含但不限于玻璃纤维、石英纤维、碳纤维、碳化硅纤维、氧化铝纤维、硼纤维、氮化硼纤维中的一种或几种的组合。对于颗粒增强复合物，其增强相包含但不限于金属颗粒、陶瓷颗粒和弥散强化金属颗粒等中的一种或几种的组合。例如碳化硅颗粒、碳化钛颗粒、碳化硼颗粒、氧化铝颗粒、氮化硅颗粒、氮化硼颗粒和石墨颗粒等中的一种或几种的组合。对于薄层复合物，其增强相包含但不限于石墨鳞片、滑石粉、云母粉、云母氧化铁、玻璃鳞片、不锈钢鳞片、有色金属鳞片、有色金属氧化物鳞片和有色金属氧化物鳞片中的一种或几种。对于叠层复合物，其类型可以是双层叠层、三层叠层、交错叠层等中的一种或几种的组合。

复合物基体相的材质包含但不限于金属基复合材料和非金属基复合材料。其中金属基复合材料包含但不限于铝基复合材料、钛基复合材料、铜基复合材料、合金基复合材料等中的一种或几种的组合。非金属基复合材料包含但不限于塑料基复合材料、橡胶基复合材料、陶瓷基复合材料等。其中塑料基复合材料包含但不限于聚乙烯基复合材料、聚苯乙烯基复合材料、有机玻璃基复合材料、聚氯乙烯基复合材料、尼龙基复合材料、聚酯基复合材料等中的一种或几种的组合。橡胶基复合材料包含但不限于丁基橡胶基复合材料、顺丁橡胶基复合材料、丁苯橡胶基复合材料、丁腈橡胶基复合材料、聚甲基苯基硅氧烷基复合材料、聚二

甲基硅氧烷基复合材料和环氧化天然橡胶基复合材料等中的一种或几种的组合。陶瓷基复合材料包含但不限于氧化物陶瓷基复合材料、碳化物陶瓷基复合材料、氮化物基复合材料和微晶玻璃基复合材料等中的一种或几种的组合。

为了理解发明方便，此处举出采用聚碳酸酯为基体相，玻璃纤维为增强相的复合物的某一实施例。其中，玻璃纤维的长度可以选择在3毫米到9毫米之间，直径范围可以选择在6微米到10微米之间。优选地，玻璃纤维的长度与直径选择使得其长径比为7到9之间。玻璃纤维的比重可以选择在5%到50%之间，优选地，玻璃纤维的比重为10%到30%之间。需要指出的是，本实施例只是为了理解发明方便，本领域的普通技术人员，可以根据该发明的精神实质进行适当变形。例如将聚碳酸酯更换为其它基体材料，例如橡胶（例如丁基橡胶基、顺丁橡胶基、丁苯橡胶基、丁腈橡胶基、聚甲基苯基硅氧烷基、聚二甲基硅氧烷基、环氧化天然橡胶基等）、塑料（例如聚乙烯基、聚苯乙烯、有机玻璃基、聚氯乙烯基、尼龙基、聚酯基等）、金属（铝基、钛基、铜基、合金基等）或陶瓷（氧化物陶瓷基、碳化物陶瓷基、氮化物基、微晶玻璃基等）等中的一种或几种。或者将玻璃纤维更换为其它增强相，例如其它纤维增强相（石英纤维、碳纤维、碳化硅纤维、氧化铝纤维、硼纤维、氮化硼纤维等）、颗粒增强相（碳化硅颗粒、碳化钛颗粒、碳化硼颗粒、氧化铝颗粒、氮化硅颗粒、氮化硼颗粒、石墨颗粒等）、薄层增强相（石墨鳞片、滑石粉、云母粉、云母氧化铁、玻璃鳞片、不锈钢鳞片、有色金属鳞片、有色金属鳞片和有色金属氧化物鳞片等）。

内绝缘套筒510（和/或外绝缘套筒530）的形状可以采用圆形，矩形、圆角矩形或其它异形等。内绝缘套筒510（和/或外绝缘套筒530）的尺寸、大小以及布置方式视具体要求而定。内绝缘套筒510（和/或外绝缘套筒530）可以通过传统工艺，如用绝缘纸烧制而成，也可以通过模具制作。为理解发明方便，仅举一例来说明开模流程：首先根据高压变压器电压等级的实际需要、电压器绝缘要求、以及现有技术水平，确定内外绝缘套筒的尺寸。待通过技术或生产评估后，进行模具设计。再

将套筒原材料置入模具中制备，之后脱模，完成套筒的制作。此处所列开模流程仅为理解此发明方便，并不限定其为唯一适用的开模流程。模具的材质包含但不限于硬质合金模具和钢模等。绝缘套筒的成型方式包含但不限于压塑成型、注射成型、挤出成型等。绝缘套筒的脱模方法包含但不限于手动脱模法、机械脱模法、气压脱模法、温差法、灌水法、剥离法等中的一种或几种的组合。

在内绝缘套筒 510 和外绝缘套筒 530 之间存在散热通道 540。散热通道内也可以加上固定物 550，避免内外绝缘套筒相互运动。这些固定物可以是垫块。固定物 550 的形状可根据实际需要设定。例如立方体、长方体、圆柱体、球体、板状、或其它异形。固定物 550 可以贯穿内外套筒的长度，也可以只占绝缘套筒长度的一部分。固定物 550 的数目可以是一个，也可以多个。在固定物 550 的数目是多个的情况下，其分布方式可以是等间距，也可以是不等间距。固定物 550 的材质可以与内外绝缘套筒的相同，也可以采用其它具有类似绝缘性能和支撑性能的材料。

另外，在外绝缘套筒上，还可以制作一定数量的细小油道（图中未画出）。油道的存在能够使变压器油流入外绝缘套筒 530 上，根据强油体积的原理，能够显著增强外绝缘套筒 530 的绝缘性和击穿电压。外绝缘套筒 530 处在低压绕组和高压绕组之间，其绝缘性的增高可以增强高低压绕组之间的绝缘性。另一方面，变压器油在油道中的流动，也能够增强变压器的散热速率。具体来说，这些油道对变压器油的传导方向，可以与外绝缘套筒的轴线平行，也可以与外绝缘套筒的横截面平行。油道的横截面，可以为圆形、矩形、圆角矩形或其它形状。油道的长度可以贯穿外绝缘套筒的长度，可以横穿外绝缘套筒的厚度，也可以不超过外绝缘套筒长度或厚度。油道的数目可以为一个、两个或者多个。当油道数目超过两个时，它们的布置方式可以是对称的，也可以是非对称的。

需要注意的是，以上关于绕组，铁芯，绝缘套筒的结构与材质等方面的叙述，仅为理解发明方便之用，并不将本申请限制在所举实施例范围之内。本领域的普通技术人员，可以在毫无创新的情况下，作出其它

变形。例如根据变压器的知识原理，对绝缘套筒的形状或尺寸进行改进，例如打孔挖沟处理或制作异形件等。又例如将垫块换成面积较大的屏障或者额外加上屏障或绝缘纸等，或者将套筒材质更替为能满足同样需求的材料等。诸如此类的变形，依然在此申请的保护范围之内。

图 6 是高压发生器变压器高低压绕组安装完成的一种实施例的结构示意图。如图 6，变压器的高压部分 610 是将高压绕组埋在印刷电路板 611（PCB，Printed Circuit Board）之中的。低压绕组与高压绕组被铁芯 411 的铁芯柱穿过，与其它附件结合后，即组成一个变压器 600。在内绝缘套筒与外绝缘套筒之间，也可以加一层或多层的绝缘纸 620，以增加高低压绕组之间的绝缘性能。本实施例中采用 PCB 板的作用：一方面能增强高压绕组匝间和层间的绝缘，另一方面也能防止高压绕组对地的爬电。为了让铁芯 411 穿过内绝缘套筒，需要在 PCB 板上制作通孔。通孔的大小和形状，与外绝缘套筒的尺寸相匹配。带有通孔的 PCB 板按一定规则安装到外绝缘套筒上，供高压绕组导线绕制。PCB 板与外绝缘套筒的连接方式可以为可拆卸连接或不可拆卸连接。对于可拆卸连接方法，可以是磁力连接、螺纹连接、销连接、弹性变形连接、锁扣连接或插接等方式的一种或几种的组合。对于不可拆卸连接方法，可以是焊接（电阻焊或钎焊）、铆接、压合、铸合、胶结等方法中的一种或几种的组合。

图 7 为在某一 PCB 板上埋置高压绕组的一种实施方案示意图。为了便于理解发明，本实施例中 PCB 板的外形选择矩形，通孔 710 的外形选择圆角矩形，通孔 710 位于 PCB 板 611 的某一侧。在其它使用场景中，PCB 板的外形以及通孔的位置与外形均可以根据实际需要进行变化。如图 7，在 PCB 板 611 上包含但不限于高压绕组 720 和整流模块 730。其中，高压绕组 720 的导线可以在通孔 710 的四周盘绕。

PCB 板 611 上绕制高压绕组 720 的方式、层数及圈数，可以根据 PCB 板的绝缘能力以及输出电压的大小来确定。高压绕组 720 的绕制方式，可以是同心式或交叠式。假设此实施例采用绕制方式的是同心式，那么具体可以包含圆筒形绕组、螺旋形绕组和连续式绕组。假设此实施

例采用的是同心式中的圆筒形绕组，那么其导线的绕制方法可以是单层、双层、多层、分段圆筒式等类型。高压绕组 720 的圈数根据高压等级的要求而定，例如高压等级越高，高压绕组 720 的圈数越多。高压绕组 720 绕制而成的形状可以为圆形、矩形、圆角矩形或其它形状。

可以直接在 PCB 板 611 内部制作高压绕组 720，此时高压绕组 720 被埋置在 PCB 板之中。此种情况下，高压绕组 720 的导线之间，以及与其它绕组或其它部件之间的绝缘性得到增强。另外，高压绕组 720 也可以直接贴合到 PCB 板 611 上，或者预先在相应的贴合位置挖制一定深度的安放槽，以固定高压绕组。此处所举实施例，仅为方便理解 PCB 板的结构，本领域的普通技术人员，可以根据 PCB 板的特性以及变压器的原理，进行其它变形。

整流模块 730 是将高压变压器输出的交流高压变为直流电压的电子元件。在图 7 中，整流模块 730 位于高压绕组 720 的旁侧，供高压绕组 720 接入。本发明实施例中，整流模块的类型包含并不限于二极管整流模块、可控硅整流模块、晶闸管整流模块、桥式整流模块等。整流模块的数量可以为一个、两个或多个。整流模块包括但不限于真空管、引燃管、固态矽半导体二极管、汞弧等元件。整流模块可以整体包装后安装到 PCB 板上，也可以将不同元件按一定的布置方式镶嵌到 PCB 板上。这些元件的布置方式不做限定，以能实现整流功能与 PCB 板尺寸为准。例如，在某种实施例中，可以将二极管排成一列。

需要注意的是，此处所述将整流模块 730 放置在 PCB 板上的情形，仅是本发明的一种实施方案。在本发明的其它应用场景中，可以将整流模块放置到 PCB 板外侧、油箱外部、或者不包含整流模块。

由于高压等级要求的不同，变压器中的高压部分 610 所需高压绕组 720 的数量可以有所增减。相应地，PCB 板 611 的数量也可以变化，例如一块、两块、或者两块以上。对于 PCB 板所需数量较多的情况，它们被放置在外绝缘套筒周围，排列成一系列的平行平面，成为堆叠结构。

PCB 板堆叠结构中 PCB 板 611 之间的排列方式可以是等间距的也可以是非等间距的。对于等间距的情形，此间距的大小可根据绝缘要求、

电压等级、高压绕组导线直径或加工条件来定。例如间距选择在 0.5~1.0 厘米之间，当然也可以在这个范围之外，此处不做限定。对于不等间距的情形，例如可以根据需要让靠近外侧的 PCB 板与内部的 PCB 板稀疏有致。PCB 板的数量由外绝缘套筒的长度、绝缘要求或 PCB 板的间距来确定。PCB 板的形状可以是矩形，也可以是正方形、圆形、圆角矩形以或者其它非规则几何图形。PCB 板可以是单面板、双面板、多层板等，其大小和厚度可根据油箱内部结构、摆放、套筒尺寸等因素来确定。更进一步地，根据需要可以在 PCB 板上制造沟槽或打孔，方便变压器油的流动和油箱的散热。

PCB 板的材质可以是酚醛纸质、环氧纸质、聚酯玻璃质、环氧玻璃质、棉质、玻璃布、环氧树脂、多元醇、聚酯等材料中的一种或几种的组合，或者是以上材料与其它材料的复合物。此处所指的其它材料可以是一些增强相。例如纤维增强相、颗粒增强相、薄片增强相或者叠层增强相等。对于纤维增强复合物，其增强相包含但不限于纤维增强塑料、纤维增强橡胶、纤维增强陶瓷和纤维增强金属等中的一种或几种的组合。其中，纤维增强相包含但不限于玻璃纤维、石英纤维、碳纤维、碳化硅纤维、氧化铝纤维、硼纤维、氮化硼纤维中的一种或几种的组合。对于颗粒增强相，其增强相包含但不限于金属颗粒、陶瓷颗粒和弥散强化金属颗粒等中的一种或几种的组合。例如碳化硅颗粒、碳化钛颗粒、碳化硼颗粒、氧化铝颗粒、氮化硅颗粒、氮化硼颗粒和石墨颗粒等中的一种或几种的组合。对于薄层复合物，其增强相包含但不限于石墨鳞片、滑石粉、云母粉、云母氧化铁、玻璃鳞片、不锈钢鳞片、有色金属鳞片、有色金属鳞片和有色金属氧化物鳞片中的一种或几种。对于叠层复合物，其类型可以是双层叠层、三层叠层、交错叠层等中的一种或几种的组合。

PCB 板 611 可以按一定的方法与采样板 430 相连接。它们的连接方式可以为可拆卸连接，也可以为不可拆卸连接。对于可拆卸连接方法，可以是磁力连接、螺纹连接、销连接、弹性变形连接、锁扣连接或插接等方式的一种或几种。对于不可拆卸连接方法，可以是焊接（电阻焊或

钎焊)、铆接、压合、铸合、胶结等方法中的一种或几种的组合。

变压器可以单独使用，作为正变压器或负变压器，也可以根据电压等级的要求，与其它变压器组合使用。如图 8 所示为高压发生器变压器组的一种实施方案，在图 8 中，左右两侧各有一组变压器。假设一侧为正变压器 810，那么另一侧则为负变压器 820，当然也可交换放置。它们分别连接相应的高压插座。对于每侧的变压器组，各由两块变压器组成。为了节省空间和减少干扰，每侧变压器组是上下叠放。变压器的摆放方式也可以根据需要作出其它变形，只要符合变压器的原理要求即可。需要指出的是，图 8 仅为理解发明方便举出的一种实施场景，该领域的普通技术人员，完全可以在了解相应原理的情况下，进行其它变形或应用。例如，正变压器（和/或负变压器）的数量分别为一个，三个、或更多。它们可以对称分布，也可以一侧数量与另一侧数量不同。诸如此类在变压器结构或数量的扩展，均在本申请的保护范围之内。

为了增大变压器之间以及变压器对地的绝缘性能，如图 8 所示的一种实施方案中，还可以结合油屏障 440 和/或绝缘纸 620 等绝缘措施。其中，油屏障 440 与绝缘纸 620 能有效地增加绝缘性，尤其是油屏障更能消除小桥击穿效应。在图 9 所示的一种实施例中，油屏障 440 放置在每个变压器中 PCB 板堆叠结构的上下两侧以及采样板的对侧。这样的放置方式能有效增加同组变压器之间的绝缘，以及变压器组与地之间的绝缘性能。在内绝缘套筒和外绝缘套筒之间，也可以加一层或多层绝缘纸 620，以增加高低压绕组之间的绝缘性能。另外，在 PCB 板堆叠结构的左右两侧以及铁芯与 PCB 板接触的部位也可以采用绝缘纸 620 包覆，来增加绝缘性。

绝缘纸 620 具有绝缘、屏蔽、防干扰等作用。在本申请中的绝缘纸，需要满足一定的机械或电气（如耐电性、介质损耗、热稳定性等）等性能。本申请中所采用的绝缘纸种类包含但不限于传统绝缘纸、绝缘皱纹纸、丹尼森纸、Nomex 纸，上胶纸、半导电电缆纸、金属化皱纹纸，金属化纸，绝缘纸板、瓦楞纸板、低介电系数纸板、电工层压制品、Nomex 纸板、玻璃钢压板、3721 酚醛压布棒、引拔棒、电工薄膜及电工复合材

料、玻璃漆布等中的一种或几种。其中，传统绝缘纸包含并不限于电力电缆纸、高压电缆纸、变压器匝间绝缘纸、电话纸、电容器纸、卷缠绝缘纸、浸渍绝缘纸等中的一种或几种。丹尼森纸也称为氰化纸，丹尼森纸的型号包含并不限于 22HCC、12HCC、22HCC、35HCC、55HC、510HC 等型号中的一种或几种。Nomex 纸的型号包含并不限于 410 型、411 型、414 型、418 型、419 型、E56 型、H196 型等中的一种或几种。上胶纸包含并不限于单面上胶纸、双面上胶纸和菱格上胶纸中的一种或几种。半导电电缆纸包含并不限于单色半导电电缆纸、双色半导电电缆纸等中的一种或几种，其中单色半导电电缆纸的型号包含并不限于 1BLZ-U、1BLZ-A 等型号中的一种或几种，双色半导电电缆纸的型号包含并不限于 2BLZ-U、2BLZ-A 等型号中的一种或几种。绝缘纸板包含并不限于低密度纸板、中密度纸板、高密度纸板、热压型纸板、压光型纸板等中的一种或几种。瓦楞纸板可以是间断式瓦楞纸板，也可以使连续式瓦楞纸板。低介电系数纸板包含并不限于用聚甲基戊烷纤维和木质纤维掺合为原料制成的纸板。电工层压制品包含并不限于绝缘层压板、电工层压板、酚醛层压纸板、酚醛层压布板、层压玻璃布板中的一种或几种。其中层压玻璃布板包含并不限于环氧玻璃布板、有机硅玻璃布板、双马玻璃布板、改性二苯醚玻璃布板、双马来酰亚胺层压玻璃布板等中的一种或几种。Nomex 纸板包含并不限于 992 型、993 型、994 型等型号中的一种或几种。玻璃钢压板包含并不限于 B 级、F 级、H 级等中的一种或几种。电工薄膜及电工复合材料包含并不限于聚丙烯薄膜、聚酯薄膜、聚酰亚胺薄膜、聚酯薄膜聚酯纤维非织布柔软复合材料（DMD）、聚酯薄膜聚芳酰胺纤维纸柔软复合材料（NMN）、聚酰亚胺薄膜聚芳酰胺纤维纸肉段复合材料（NHN）等中的一种或几种。玻璃漆布包含并不限于 2432 醇酸玻璃漆布、有机硅玻璃漆布、聚酰亚胺玻璃漆布、油性漆绸等中的一种或几种。

油屏障 440 除了用在高压变压器组的内部，在油箱中其它位置也可以使用，如图 10-A 所示。在图 10-A 中，油箱内各个结构间的固定方式可以借由结构固定用支架 1010，也可以是其它固定方式。油屏障 440 为

在油箱内所使用的具有一定形状和一定尺寸的固体绝缘材料，它的使用不但能够阻止小桥击穿效应，而且聚集在油屏障一侧的空间电荷能够使屏障另一侧的电场变得均匀。在本申请中，油屏障的使用也可以是多层的，多层油屏障能够将变压器油的油隙变短，这样击穿电场增高。

油屏障 440 的安放位置可以是油箱中任何合适的地方。例如但不限于变压器之中、变压器周围、变压器和地之间以及正负变压器之间等位置中的一种或几种。对于油屏障在变压器之中的情形，包含但并不限于将油屏障放在变压器 PCB 板堆叠结构的上下两侧，或铁芯与 PCB 板接触的位置（见图 9）。对于油屏障在变压器周围的情形，包含但不限于将油屏障用在整个变压器模块前后左右四个面或这四个面之中的一个或几个面（见图 10-B）。对于油屏障在变压器和地之间的情形，包含但不限于将油屏障放在整个变压器模块靠近地的一侧（见图 10-B）。对于油屏障在正负变压器之间的情形，可以将油屏障放在两者之间。

油屏障 440 在每种放置情况下的数量，可以是一层，也可以平行或交错放两层、三层或者更多。例如在正负变压器之间放置三层油屏障。油屏障的具体位置可以在两个被屏障目标之间，也可以在一些特殊的位置。例如在正负变压器之间或者变压器对地之间的情形，将油屏障放在相距正变压器 10~30%范围内的位置，例如 20%，具体位置可以根据实际使用场景进行调整。油屏障的可以是整块的，也可以用几块来组合。如图 10-B，例如对于油屏障在变压器周围的情形，油屏障可以作为单独的一块放在变压器组的一面，也可以由几块油屏障平行分布放置在变压器组的一面（见图 11-A 与图 11-B 中的油屏障阵列 440），油屏障的数目及距离可以根据实际应用场景变动。另外，为了便于变压器油的流动和油箱的散热，也可以在油屏障上制作通孔或沟槽。通孔的形状可以为圆形、矩形、圆角矩形或其它形状。通孔的大小、数量和排布可以根据流体力学、油屏障自身特点、变压器油的流动性和/或油箱绝缘性等具体需要来设计。例如直径 3~5mm 的圆孔，边长 3~5mm 的正方形。通孔的分布可以在油屏障的四周，也可以在中央，可以等间距分布，也可以根据流体力学的具体要求进行设计。每块油屏障上通孔的数量可以是一个、

两个、三个或更多。另外，同一油箱中的不同油屏障，可以根据具体要求选择自身的形状、尺寸、数量和位置，而不必保持一致。

油屏障 440 的材料可以用绝缘纸来制备，绝缘纸的种类包含但不限于传统绝缘纸、绝缘皱纹纸、丹尼森纸、Nomex 纸，上胶纸、半导电电缆纸、金属化皱纹纸，金属化纸，绝缘纸板、瓦楞纸板、低介电系数纸板、电工层压制品、Nomex 纸板、玻璃钢压板、3721 酚醛压布棒、引拔棒、电工薄膜及电工复合材料、玻璃漆布等中的一种或几种。其中，传统绝缘纸包含并不限于电力电缆纸、高压电缆纸、变压器匝间绝缘纸、电话纸、电容器纸、卷缠绝缘纸、浸渍绝缘纸等中的一种或几种。丹尼森纸也称为氰化纸，丹尼森纸的型号包含并不限于 22HCC、12HCC、22HCC、35HCC、55HC、510HC 等型号中的一种或几种。Nomex 纸的型号包含并不限于 410 型、411 型、414 型、418 型、419 型、E56 型、H196 型等中的一种或几种。上胶纸包含并不限于单面上胶纸、双面上胶纸和菱格上胶纸中的一种或几种。半导电电缆纸包含并不限于单色半导电电缆纸、双色半导电电缆纸等中的一种或几种，其中单色半导电电缆纸的型号包含并不限于 1BLZ-U、1BLZ-A 等型号中的一种或几种，双色半导电电缆纸的型号包含并不限于 2BLZ-U、2BLZ-A 等型号中的一种或几种。绝缘纸板包含并不限于低密度纸板、中密度纸板、高密度纸板、热压型纸板、压光型纸板等中的一种或几种。瓦楞纸板可以是间断式瓦楞纸板，也可以使连续式瓦楞纸板。低介电系数纸板包含并不限于用聚甲基戊烷纤维和木质纤维掺合为原料制成的纸板。电工层压制品包含并不限于绝缘层压板、电工层压板、酚醛层压纸板、酚醛层压布板、层压玻璃布板中的一种或几种。其中层压玻璃布板包含并不限于环氧玻璃布板、有机硅玻璃布板、双马玻璃布板、改性二苯醚玻璃布板、双马来酰亚胺层压玻璃布板等中的一种或几种。Nomex 纸板包含并不限于 992 型、993 型、994 型等型号中的一种或几种。玻璃钢压板包含并不限于 B 级、F 级、H 级等中的一种或几种。电工薄膜及电工复合材料包含并不限于聚丙烯薄膜、聚酯薄膜、聚酰亚胺薄膜、聚酯薄膜聚酯纤维非织布柔软复合材料（DMD）、聚酯薄膜聚芳酰胺纤维纸柔软复合材料（NMN）、

聚酰亚胺薄膜聚芳酰胺纤维纸肉段复合材料（NHN）等中的一种或几种。玻璃漆布包含并不限于 2432 醇酸玻璃漆布、有机硅玻璃漆布、聚酰亚胺玻璃漆布、油性漆绸等中的一种或几种。

本申请中的绕组、铁芯、PCB 板、变压器以及变压器模块等部件或部件之间的绑扎，也可以选择用绑扎材料 1110，如图 11-A 与 11-B。绑扎材料 1110 需要具备一定的抗张强度、耐热性以及柔软性等特征。此申请中，绑扎材料可以是有机材料、无机材料或者它们的复合物。对于有机绑扎材料，包含并不限于棉布带、紧缩带、半干稀线带、玻璃布带、涤纶绳、玻璃纤维等材料中的一种或几种的组合。具体来讲，可以是平纹无碱玻璃纤维袋、浸渍型平纹绑扎带、环氧半干稀纬带、树脂浸渍玻璃纤维无纬绑扎带、电工白布带、电工用收缩带等。对于无机材料，可以是金属或金属合金，例如不锈钢绑带等。以上各种绑带的选用可以根据具体使用场景确定，在此处不做限定。

高压发生器在使用过程中，基于油箱中变压器油热胀冷缩而产生的体积变化，会造成变压器油泄露的风险。另外，变压器油的体积变化同时也会导致变压器油内产生气泡，这些气泡的存在会降低击穿电压，破坏变压器油的绝缘性能和灭弧性能，进而降低高压发生器的稳定性。为了消除变压器油体积变化所带来的危害，可以采用能放在油箱环境中并且具有体积变化缓冲或补偿功能的装置，例如储油柜。储油柜的类型包含但不限于伸缩管式、隔膜式、以及胶囊式。为了说明方便，本申请以伸缩管式储油柜为例。

图 12-A 为高压发生器油箱伸缩管一种实施例的结构示意图。伸缩管 450 可以放在油箱开口 315 处（见图 4-A）。伸缩管 450 的具体结构包括两端开口的波纹管体 1210。其中，在波纹管体 1210 的下端设置下端盖 1220。下端盖 1220 可通过可拆卸或不可拆卸等方式与波纹管体 1210 固定连接，实现波纹管体 1210 下端封闭。在波纹管体 1210 上端设置上端盖 1230，上端盖 1230 可通过一定方式与波纹管体 1210 固定连接，该连接方式可以是可拆卸的，也可以是不可拆卸的。上端盖 1230 上开设通孔 1231，使得波纹管体 1210 一端开口。

本实施例中，上端盖 1230 上可以设有安装孔 1232。使用时，将上端盖 1230 的通孔 1231 与油箱 300 的开口 315 位置相对应。上端盖 1230 的上表面贴合在油箱 300 的内壁上，并通过固定于安装孔 1232 内的螺钉与油箱 300 固定连接。本实施例中，安装孔 1232 可以围绕上端盖 1230 上的通孔 1231 均匀分布，从而提高波纹管 1210 与油箱 300 的连接强度和稳定性。安装孔 1232 可以为下端密封的螺孔等结构，也可以其它可拆卸或不可拆卸连接结构，安装孔 1232 的具体结构并不限定本发明的保护范围。

本实施例中，在上端盖 1230 与油箱 300 的连接端面上设置密封圈（图中未显示），密封圈环绕油箱 300 的开口 315。密封圈作为密封装置，用以提高油箱 300 内壁与波纹管 450 之间形成的密封空间的密封性，避免油箱 300 内的变压器油泄漏。可选地，在上端盖 1230 的上表面上，可以设有环绕通孔 1231 的环形凹槽 1233，环形凹槽 1233 用于安装密封圈，以提高密封圈的安装稳定性。

伸缩管可以放在油箱中，也可以放在油箱外。伸缩管的摆放方式可以是纵向的，也可以是横向的。伸缩管的结构可以是单层的，也可以是多层的。伸缩管的数量可以是一个，也可以是两个或多个。当伸缩管的数量不止一个时，它们可以在箱盖上各有一个开口，也可以共享同一个开口。伸缩管的位置，可以根据流体力学或其它因素来设计，例如安装在箱盖中心或安装在偏向变压器的一侧等。伸缩管的尺寸，可以根据油箱尺寸、变压器油体积与变压器油流动性等要求来设计。例如当箱体尺寸较大时，可以选用较大尺寸的伸缩管，也可以同时使用几个较小的伸缩管。伸缩管的波形，可以是 U 型、V 型、Ω 型、C 型、S 型、平盘型、阶梯平面型、单波浪型、皱纹型等形状，也可以是以上形状的变形或组合，或者其它特殊形状。伸缩管的横截面，可以是圆形、方形、椭圆形、梯形等形状，也可以是其它特殊形状。伸缩管的材质可以是金属、有机物、无机物等中的一种或几种，或者是复合物。其中，金属材料包含但并不限于不锈钢、碳素钢、铝、青铜、黄铜、钛材、哈氏合金等材料中的一种或几种。有机物包含但并不限于橡胶、塑料、聚四氟乙烯等材料

中的一种或几种。无机物包含但并不限于碳纤维等材料。

关于伸缩管的位置、数量、尺寸、形状、材料等特征，也可以符合某些国家或机构的标准。这些标准包含但不限于中国的 GB/T 12777《金属波纹管膨胀节通用技术条件》、GB16749《压力容器波形膨胀节》，美国的《膨胀节制造商协会标准》，美国机械工程师学会的《锅炉及压力容器》第 VIII 卷第一分册附录 26《压力容器和换热器膨胀节》，英国的 BS 6129 第一部分《金属波纹膨胀节》，德国的 AD 压力容器规范 B13《单层波形膨胀节》，法国的 CODAP C 章《波形膨胀节设计规定》，日本的 JIS B 2352《波纹管膨胀节》等。另外，还包括美国 MWKL、日本东洋（TOYO）、英国特丁顿（Teddington）或德国海德尔（HYDRA）等公司等推荐的波纹管产品标准。

在伸缩管上也可以设置导向结构。导向结构用以引导伸缩管沿轴向伸缩。此外，在高压发生器某些使用过程中会发生旋转等运动，导向机构可助于伸缩管在油箱中保持稳定。

图 12-B 为伸缩管 450 沿 A-A 方向的剖视图，该图展示了导向机构 1240 的一种实施方案。在本实施方案中，导向机构 1240 包括导向套 1241 和导向杆 1242。导向套 1241 可以为两端开口的管状结构，导向套 1241 的一端固定在波纹管设有开口的一端上，另一端设置开口 1243。导向套 1241 上端面围绕固定在上端盖 1230 的通孔 1231 周边，使得导向套 1241 的内部与油箱 300 的外部相通。

导向杆 1242 的一端固定在波纹管的封闭的一端上，另一端由导向套 1241 的开口插入导向套 1241 内。导向杆 1242 的上端可以设有凸块 1244，凸块尺寸稍大于导向套的开口 1243，避免导向杆移出。导向套 1241 的下端开口 1243 与导向杆 1242 之间的间隙宽度，可以根据导向杆的移动灵活性和位置固定性等要求来确定，例如在某一个阈值范围内，如小于或等于两毫米。

图 13 为伸缩管中导向机构 1310 的另一种实施方案。伸缩管内只包含导向杆 1311。导向杆 1311 的轴向沿波纹管体 1210 的伸缩方向（即波纹管体 1210 的轴向）延伸。导向杆 1311 的下端 1312 固定在波纹管的封

闭端上。导向杆 1311 的上端 1313 由油箱 300 的开口延伸至油箱 300 外部。上端盖 1230 的通孔 1231 作为限位孔，以限定导向杆 1310 的移动。导向杆 1311 的上端可以设有凸块 1314，凸块的尺寸大于通孔 1231 的尺寸，以避免导向杆 1311 伸入伸缩管 1210 内部。通孔 1231 与导向杆 1311 的间隙宽度，可以根据导向杆的移动灵活性和位置固定性等要求来确定。例如在某一个阈值范围内，如小于或等于两毫米。导向杆下端 1312 与伸缩管下端盖 1220 的连接，可以为可拆卸式，也可以为不可拆卸式。对于可拆卸连接方法，可以是磁力连接、螺纹连接、销连接、弹性变形连接、锁扣连接或插接等方式的一种或几种。对于不可拆卸连接方法，可以是焊接（电阻焊或钎焊）、铆接、压合、铸合、胶结等方法中的一种或几种的组合。

导向机构 1310 还包括设置在下端盖 1220 上的基座 1315，基座 1315 上设有内螺纹孔 1316。在导向杆 1311 的下端 1312 上设有螺纹孔 1316 的外匹配螺纹，使导向杆下端 1312 固定在下端盖 1220 上。

需要注意的是，以上所述的导向机构并非本申请中中可实施的唯一情况，本领域的普通技术技术人员，可以根据本申请的实质，作出其它变形。例如，在一个伸缩管内，设置一个以上的导向机构，或者将导向机构的结构替换为其它结构。再例如，也可以在导向机构上安装其它附属结构，例如排气管或排水管等。诸如此类的变形，均在本申请的权利要求保护范围之内。

虽然本申请的披露内容如上，但本发明的保护范围并非限定于此。任何本领域的普通技术人员，在不脱离本发明的精神和范围内，均可作各种更改或变形。例如，使用以上各种增加油箱内部绝缘方式的一种或全部，或对两种及以上进行组合使用。又例如，对油箱内部的某些绝缘方式进行组合使用，对剩余的绝缘方式进行变形。诸如此类对本申请内容的更改、组合或精简等变形，应以本申请的权力要求为准。

为了更清楚地理解发明，接下来举例说明高压发生器油箱的绝缘装置与方法。需要注意的是，以下实施例仅为该发明所能应用场景中的一些个案。

实施例 1

一种高压发生器油箱，包括箱盖与箱体。箱盖上包括与伸缩管相对应的开口，以及其它必要部件。箱体中包含变压器油，以及浸在变压器油中的正变压器、负变压器、灯丝变压器、油屏障、伸缩管、采样板以及其它部件。

正变压器（和/或负变压器）包括内绝缘套筒、外绝缘套筒、低压绕组、高压绕组以及铁芯构成。内绝缘套筒嵌套在外绝缘套筒内部，铁芯的铁芯柱穿过内绝缘筒，将高低压绕组固定在一起。在内绝缘套筒上绕制低压绕组，在 PCB 板上绕制高压绕组。内绝缘套筒与外绝缘套筒之间保留空隙。这些空隙可以填充绝缘纸或者固定物。内绝缘套筒与外绝缘套筒上具有布置引线的开口。内绝缘套筒与外绝缘套筒的横截面形状为圆形、矩形、圆角矩形或其它形状，根据实际需要确定。内绝缘套筒与外绝缘套筒的材料可以选用单一或复合材料。对于复合材料，可以为聚碳酸酯/玻璃纤维的复合物，其中玻璃纤维作为复合物中的增强相。

油箱中变压器中的外绝缘套筒周围，套着一系列的 PCB 板。这些 PCB 绝缘板具有供外绝缘套筒穿过的通孔，在外绝缘套筒周围等间距分布，PCB 板之间构成等间距的沟槽。高压绕组绕制在 PCB 板上，不同匝之间由 PCB 板组成的沟槽隔开，匝间的绝缘性得到增强。另外，在 PCB 板上可以布置整流模块，将高压绕组输出的交流电转换为直流电。更进一步地，可以在 PCB 板堆叠结构的上下表面放置油屏障。

油屏障具有增加绝缘、消除小桥效应等作用，在油箱的其它位置也可以安放。例如，在正变压器（和/或负变压器）的 PCB 堆叠结构上下两侧、正变压器与正负变压器之间、正负变压器与地之间、变压器与箱体之间等四处位置，均放置油屏障。具体来讲，对于正变压器与负变压器之间的情况，优先选择让油屏障相距变压器 10~30%的位置，并且油屏障可以放置两层或以上。对于正变压器（和/或负变压器）与地之间的情况，优先选择让油屏障相距正变压器（和/或负变压器）10~30%的位置。所有油屏障上均制作通孔，例如直径 3~5mm，增加变压器油的流动性。

油箱的伸缩管固定在油箱的箱盖上。伸缩管一端封闭，一端开口。在安装时，伸缩管上的开口与箱盖上的开口相对应。伸缩管可以包括导向机构，导向机构可以包括导杆和导向套。导杆靠近伸缩管开口的一端在导向套内部，另一端与伸缩管的相连，连接方式可以是可拆卸，也可以是不可拆卸。在使用过程中，油箱中变压器油的体积变化由伸缩管的伸缩变化补偿。

实施例 2

一种高压发生器油箱，包括箱盖与箱体。箱体中包含变压器油，以及浸在变压器油中的正变压器、负变压器、灯丝变压器、油屏障、伸缩管、采样板、以及其它必要部件。

正变压器（和/或负变压器）包括内绝缘套筒、外绝缘套筒、低压绕组、高压绕组以及铁芯构成。内绝缘套筒嵌套在外绝缘套筒内部。铁芯的铁芯柱穿过内绝缘筒，将高低压绕组固定在一起。在内绝缘套筒上绕制低压绕组，在 PCB 板上绕制高压绕组。内绝缘套筒与外绝缘套筒之间保留空隙。这些空隙可以填充绝缘纸或者固定物。内绝缘套筒与外绝缘套筒上具有布置引线的开口。内绝缘套筒与外绝缘套筒的横截面形状为方形或圆形，根据实际需要确定。内绝缘套筒与外绝缘套筒的材料可以选用单一或复合材料。对于复合材料，可以是聚碳酸酯/玻璃纤维的复合物，其中玻璃纤维作为复合物中的增强相。

油箱中变压器中的外绝缘套筒周围，套着一系列的 PCB 板。这些 PCB 绝缘板具有供外绝缘套筒穿过的通孔，在外绝缘套筒周围等间距分布，PCB 板之间构成等间距的沟槽。高压绕组绕制在 PCB 板上，不同匝之间由 PCB 板组成的沟槽隔开，匝间的绝缘性得到增强。另外，在 PCB 板上可以布置整流模块，将高压绕组输出的交流电转换为直流电。更进一步地，在 PCB 板堆叠结构的上下表面可以放置油屏障。

油屏障具有增加绝缘、消除小桥效应等作用，在油箱的其它位置也可以安放。例如，在正变压器（和/或负变压器）的 PCB 堆叠结构上下两侧、正变压器与正负变压器之间、正负变压器与地之间、变压器与箱

体之间等四处位置，均放置油屏障。具体来讲，对于正变压器与负变压器之间的情况，优先选择让油屏障相距变压器10~30%的位置，例如20%。油屏障可以放置两层或以上。对于正变压器（和/或负变压器）与地之间的情况，优先选择让油屏障相距正变压器（和/或负变压器）10~30%的位置。所有油屏障上均可以制作通孔，例如直径3~5mm，以增加变压器油的流动性。

实施例3

一种X射线高压发生器的变压器。变压器包含但不限于正变压器、负变压器。正变压器（和/或负变压器）包含但不限于低压绕组、高压绕组与铁芯等。高压绕组套在低压绕组周围，铁芯穿过低压绕组。

低压绕组可以绕制在内绝缘套筒上，高压绕组可以绕制在PCB板上，外绝缘套筒套在内绝缘套筒外侧。绕组的绕制方式可以为同心式或交叠式，本实施例选取同心式。同心式又包括圆筒形、螺旋形或连续性。本实施例选取的是圆筒形。圆筒形又包括单层、双层、多层或分段式。本实施选取的是多层。因此本实施例中变压器绕组的绕制方式是同心式-圆筒形-多层。当然绕组的绕制方式，也可以是其它类型，在此不加以限定。

对于内绝缘套筒和外绝缘套筒，其形状、尺寸、材质以及结构细节可以根据实际情况选取。例如在形状选择上，内绝缘套筒（和/或外绝缘套筒）的横截面可以采用圆形，矩形或圆角矩形等。在材质选择上，内绝缘套筒（和/或外绝缘套筒）可以采用胶纸、油纸或其它。对于其它类型的材质，可以为一些有机材料和无机材料的复合物。有机物包含但不限于四氟乙烯、聚酰胺纤维、聚碳酸酯等材料中的一种或几种。无机物包含但不限于玻璃纤维、硼纤维、碳纤维、碳化硅纤维、氧化硅纤维、氧化铝纤维及氮化硅纤维等材料中的一种或几种。例如，本实施例中内外绝缘套筒的材质可以选择聚碳酸酯/玻璃纤维组成的复合材料。

在内绝缘套组的侧面上，可以设置缺口，供低压绕组的引线通过。在外绝缘套筒上，可以设置一定数量的细小油道，供变压器油流过，增

强内绝缘套筒的绝缘性。在内绝缘套筒和外绝缘套筒之间可以设置散热通道。散热通道内也可以加上固定物，避免内外绝缘套筒相互运动。这些固定物可以是垫块。固定物的形状可根据实际需要设定，例如立方体、长方体、圆柱体、球体、板状等形状。固定物可以贯穿内外套筒的长度，也可以只占绝缘套筒长度的一部分。固定物的数目可以是一个，也可以是多个。假设固定物的数目是多个，其分布方式可以是等间距，也可以不等间距。固定物的材质可以与内外绝缘套筒相同，也可以采用其它具有类似绝缘性能和支撑性能的材料。

实施例 4

一种 X 射线高压发生器的变压器，变压器包含但不限于正变压器、负变压器。正变压器（和/或负变压器）包含但不限于低压绕组、高压绕组与铁芯等。高压绕组套在低压绕组周围，铁芯穿过低压绕组，即组成一个变压器。

变压器的高压绕组埋在 PCB 板之中。采用 PCB 板的作用：一方面能增强高压绕组匝间和层间的绝缘，另一方面也能防止高压绕组对地的爬电。可以在 PCB 板上制作通孔，供铁芯和内绝缘套筒穿过。通孔的大小和形状，与外绝缘套筒的尺寸相匹配。打过通孔后的 PCB 板按一定间距平行地堆叠在外绝缘套筒上，形成沟槽，供高压绕组导线绕制。PCB 板与外绝缘套筒的连接方式可以是可拆卸连接或不可拆卸连接。对于可拆卸连接方法，可以是磁力连接、螺纹连接、销连接、弹性变形连接、锁扣连接或插接等方式的一种或几种。对于不可拆卸连接方法，可以是焊接（电阻焊或钎焊）、铆接、压合、铸合、胶结等方法中的一种或几种。另外，在 PCB 板上可以布置整流模块，将高压绕组输出的交流电转换为直流电。

PCB 板之间绕制高压线的方式、层数及圈数，可以根据 PCB 板的绝缘能力以及输出电压的大小来定。PCB 板之间的排列方式可以是等间距的也可以是非等间距的。对于等间距的情形，此间距的大小可根据绝缘要求、电压等级、高压绕组导线直径和/或加工条件来定。例如间距选

择在 0.5~1.0 厘米之间。当然间距也可以在这个范围之外，此处不做限定。对于不等间距的情形，例如可以根据需要让靠近外侧的 PCB 板与内部的 PCB 板稀疏有致。PCB 板的数量由外绝缘套筒的长度、绝缘要求以及 PCB 板的间距来确定。例如 PCB 板的形状可以是矩形，也可以是正方形、圆形、圆角矩形以或者其它非规则几何图形。PCB 板的类型可以是单面板、双面板、多层板。PCB 板的尺寸和厚度可根据油箱内部结构、摆放、套筒尺寸等因素来定。更进一步地，根据需要可以在 PCB 上制造沟槽或打孔，方便变压器油的流动和油箱的散热。PCB 板的材质可以是酚醛纸质、环氧纸质、聚酯玻璃质、环氧玻璃质、棉质、玻璃布、环氧树脂、多元醇、聚酯等材料中的一种或几种材料的复合。

实施例 5

一种 X 射线高压发生器的变压器，变压器包含但不限于正变压器、负变压器。正变压器（和/或负变压器）包含但不限于低压绕组、高压绕组与铁芯等。高压绕组套在低压绕组周围，铁芯穿过低压绕组，即组成一个变压器。

变压器的高压绕组埋在 PCB 板之中。可以在 PCB 板上制作通孔，供铁芯和内绝缘套筒穿过。通孔的大小和形状，与外绝缘套筒的尺寸相匹配。打过通孔后的 PCB 板按一定间距平行地堆叠在外绝缘套筒上，形成沟槽，供高压绕组导线绕制。PCB 板与外绝缘套筒的连接方式可以是可拆卸连接或不可拆卸连接。对于可拆卸连接方法，可以是磁力连接、螺纹连接、销连接、弹性变形连接、锁扣连接或插接等方式的一种或几种的组合。对于不可拆卸连接方法，可以是焊接（电阻焊或钎焊）、铆接、压合、铸合、胶结等方法中的一种或几种的组合。另外，在 PCB 板上可以布置整流元件，将高压绕组输出的交流电转换为直流电。

PCB 板之间绕制高压线的方式、层数及圈数，可以根据 PCB 板的绝缘能力以及输出电压的大小来定。PCB 板之间的排列方式可以是等间距的也可以是非等间距的。PCB 板的数量由外绝缘套筒的长度、绝缘要求以及 PCB 板的间距来确定。例如 PCB 板的形状可以是矩形，也可以

是正方形、圆形、圆角矩形以或者其它非规则几何图形。PCB 板的类型可以是单面板、双面板、多层板。PCB 板的尺寸和厚度可根据油箱内部结构、摆放、套筒尺寸等因素来定。更进一步地，根据需要可以在 PCB 上制造沟槽或打孔，方便变压器油的流动和油箱的散热。PCB 板的材质可以是酚醛纸质、环氧纸质、聚酯玻璃质、环氧玻璃质、棉质、玻璃布、环氧树脂、多元醇、聚酯等材料中的一种或几种材料的复合。

为了增大变压器间以及变压器对地的绝缘性能，还可以结合使用油屏障和/或绝缘纸等绝缘措施。例如将油屏障放置在每个变压器中 PCB 板叠加板结构的上下两侧以及采样板的对侧。这样的放置方式能有效增加同组变压器之间的绝缘，以及变压器组与地之间的绝缘性能。在内绝缘套筒和外绝缘套筒之间，也可以加一层或多层绝缘纸，以增加高低压绕组之间的绝缘性能。另外，在 PCB 板的左右两侧以及铁芯与 PCB 板接触的部位也可以采用绝缘纸包覆，来增加绝缘性。

实施例 6

一种高压发生器油箱，包含变压器油，以及浸在变压器油中的正变压器、负变压器、灯丝变压器、油屏障、采样板以及其它必要部件。

油屏障安置在油箱中，具有增加绝缘、消除小桥效应等作用，使变压器油中的电场均匀分布，大大提高了击穿电压。油屏障的放置位置有很多，例如，在正变压器（和/或负变压器）的 PCB 板堆叠结构上下两侧、变压器与箱体之间、正变压器与正负变压器之间、正负变压器与地之间等四处位置，均放置油屏障。

油屏障可放置在正变压器（和/或负变压器）的 PCB 板堆叠结构上下两侧，有效的增加了同组变压器之间以及变压器组对地之间的绝缘作用。除了放在变压器中，油屏障还可以放置在 PCB 板与铁芯接触的位置，增加高压线圈与铁芯之间的绝缘。油屏障放置在变压器与箱体之间，包括但不限于将油屏障放置在变压器的前后左右四个面或其中一个或几个面，以增加变压器与油箱箱体之间的绝缘。

为了增加正负变压器之间、正负变压器与地级之间的绝缘作用，可

分别在上述两个位置放置油屏障。具体来讲，对于正变压器与负变压器之间的情况，优先选择让油屏障相距变压器 10~30%的位置，例如 20%。油屏障可以放置两层或以上。对于正变压器（和/或负变压器）与地之间的情况，优先选择让油屏障相距正变压器（和/或负变压器）10~30%的位置，绝缘效果更好。油屏障的具体摆放位置可根据实际应用场景进行调整，几何形状、数量等都可依据实际应用进行变化。所有油屏障上均可以制作通孔，以增加变压器油的流动性和散热性。通孔的形状、尺寸、数量和排布位置等都可依据流体力学原理、油屏障自身特点、变压器油的流动性和油箱绝缘性等具体要求进行具体设计，例如直径 3~5 毫米的圆孔，或边长 3~5 毫米的长方形等。油屏障上通孔的数量可以是一个、两个、三个或更多，排布位置也不做限制。在本实施例中，同一个油箱中的不同位置的油屏障，可以依据具体要求选择自身的形状、尺寸、数量和排布位置，而不必保持一致。

实施例 7

一种高压发生器油箱，包括箱盖与箱体。箱盖上包括开口，箱盖上包括与伸缩管相对应的开口，以及其它必要部件。箱体中包含变压器油、伸缩管以及其它必要部件。油箱里的伸缩管固定在油箱的箱盖上。

伸缩管一端封闭，一端开口。在安装时，伸缩管上的开口与箱盖上的开口相对应，使伸缩管的内部与外部导通。伸缩管固定在油箱的内壁，且与油箱内壁之间为封闭空间。使用时，伸缩管所在的油箱内充满了变压器油，变压器油热胀冷缩导致油箱内体积发生变化。伸缩管的伸缩变化基于油箱内的压力变化。伸缩管的伸缩变化调节油箱内变压器油的体积变化，从而减少变压器油产生气泡的可能性，以及由气泡产生的绝缘，进而提高高压发生器工作的稳定性。

伸缩管的具体结构包括两端开口的波纹管体，波纹管体的下端封闭，上端盖上设置安装孔与油箱的内壁通过螺钉固定连接。此外，油箱的连接端面上还设有密封圈，作为密封装置，提高油箱与波纹管之间的密闭性，避免油箱内部的变压器油泄漏。

伸缩管包括导向机构，导向机构可以包括导杆和导向套，用于引导伸缩管沿轴向伸缩。导杆靠近伸缩管开口的一端在导向套内部，另一端与伸缩管的下端盖相连，连接方式可以是可拆卸也可以是不可拆卸。导向杆深入导向套内的一端沿波纹管体轴向移动，引导波纹管沿轴向有规律的收缩、拉伸，避免波纹管体出现弯曲、扭动等情况和由此造成的波纹管与油箱内壁出现的撞击等。在使用过程中，油箱中变压器油的体积变化由伸缩管的伸缩变化补偿。导向套为两端开口的管状结构，导向套的上端固定在油箱的上盖上，且导向套的上端开口与上端盖的通孔相对应，导向套的上端面围绕在上端盖的通孔周边，使导向套的内部与油箱外部相通。

本实施例中，可选地，在导向杆的上端设有凸块，凸块的尺寸大于导向套的下端开口，避免导向杆移出导向套外。进一步可选地，导向套的下端开口与导向杆之间的间隙宽度，与凸块与导向套的内壁之间的间隙宽度相同，从而提高导向杆上段在导向套内移动的稳定性。导向套下端开口与导向杆之间的间隙宽度小于或等于 2 毫米，例如 1 毫米左右。

实施例 8

一种高压发生器油箱，包括箱盖与箱体。箱盖上包括开口，箱盖上包括与伸缩管相对应的开口，以及其它必要部件。箱体中包含变压器油、伸缩管以及其它必要部件。油箱里的伸缩管固定在油箱的箱盖上。

伸缩管一端封闭，一端开口。在安装时，伸缩管上的开口与箱盖上的开口相对应，使伸缩管的内部与外部导通。伸缩管固定在油箱的内壁，且与油箱内壁之间为封闭空间。使用时，伸缩管所在的油箱内充满了变压器油，变压器油热胀冷缩导致油箱内体积发生变化。伸缩管的伸缩变化基于油箱内的压力变化。伸缩管的伸缩变化调节油箱内变压器油的体积变化，从而减少变压器油产生气泡的可能性，以及由气泡产生的绝缘，进而提高高压发生器工作的稳定性。

伸缩管的具体结构包括两端开口的波纹管体，波纹管体的下端封闭，上端盖上设置安装孔与油箱的内壁通过螺钉固定连接。此外，油箱

的连接端面上还设有密封圈，作为密封装置，提高油箱与波纹管之间的密闭性，避免邮箱内部的变压器油泄漏。

伸缩管包括导向机构，导向机构可以包括导向杆，用于引导波纹管沿轴向伸缩。导向杆靠近伸缩管开口的一端伸出伸缩管，另一端与伸缩管的相连，连接方式可以是可拆卸也可以是不可拆卸。导向杆的轴向沿波纹管的伸缩方向延伸，且导向杆的下端固定在波纹管的封闭端上，导向杆的上端由油箱的开口延伸至油箱的外部。导向杆的下端固定在下端盖上，而导向杆的上端由上端盖的通孔延伸至伸缩管外，此时上端盖的通孔作为限位孔，以限定导向杆的移动位置。导向杆穿过通孔，并沿着波纹管体的轴向移动，从而引导波纹管沿轴向有规律地收缩、展开。避免波纹管体出现弯曲、扭动等情况，以及由此造成的波纹管与油箱内部出现撞击的缺陷。在使用过程中，油箱中变压器油的体积变化由伸缩管的伸缩变化补偿。

在本实施例中，导向杆与通孔的侧壁之间的间隙宽度小于或等于2毫米，例如可为1毫米左右。导向杆的上端设有凸块，凸块的尺寸大于通孔的尺寸，以避免导向杆缩入波纹管体内。

在本实施例中，导向机构还包括设置在下端盖上的基座，基座上设有内螺纹孔。导向杆的下端上设有与螺纹孔相匹配的外螺纹，使导向杆下端固定在下端盖上。

# 权 利 要 求 书

1. 一种高压发生器油箱中的变压器，包括：

内绝缘套筒，外绝缘套筒，绕制在内绝缘套筒上的绕组，以及铁芯；

所述内绝缘套筒在所述外绝缘套筒的内侧，所述内绝缘套筒上的绕组与所述外绝缘套筒之间留有间隙，并且所述铁芯穿过所述内绝缘套筒。

2. 根据权利要求 1 所述的变压器，所述内绝缘套筒上的绕组与所述外绝缘套筒的间隙中有绝缘纸。

3. 根据权利要求 1 所述的变压器，所述内绝缘套筒与所述铁芯之间有绝缘纸。

4. 根据权利要求 1 所述的变压器，所述内绝缘套筒的绕组与所述外绝缘套筒的间隙中有固定物。

5. 一种高压发生器油箱中的变压器，包括：

内绝缘套筒，低压绕组，高压绕组，PCB 板以及铁芯；

所述低压绕组绕制在所述内绝缘套筒上，所述高压绕组绕制在所述 PCB 板上；

所述高压绕组在所述低压绕组的外侧。

6. 根据权利要求 5 所述的变压器，所述 PCB 板上有整流模块。

7. 根据权利要求 5 所述的变压器，所述变压器包括多个 PCB 板，所述多个 PCB 板组成堆叠结构。

8. 根据权利要求 7 所述的变压器，所述 PCB 板堆叠结构的上侧与下侧有油屏障。

9. 根据权利要求 8 所述的变压器，所述变压器包括采样板。

10. 根据权利要求 9 所述的变压器，所述变压器还包括外绝缘套筒，所述 PCB 板穿过所述外绝缘套筒并在所述外绝缘套筒的外围，所述 PCB 板堆叠结构一端与所述油屏障连接，另一端与所述采样板连接。

11. 根据权力要求 7 所述的变压器，所述变压器包括油屏障；所述油屏障至少在下列位置之一：所述变压器的 PCB 板堆叠结构的上下两侧、所述变压器与地之间、所述变压器与油箱箱体之间。

12. 根据权利要求 11 所述的变压器，所述油屏障可以是单独一块，也可以由一块以上组成油屏障阵列。

13. 根据权利要求 12 所述的变压器，所述油屏障的排列方式是左右并排放置或前后叠加放置。

14. 根据权利要求 11 所述的变压器，所述油屏障上有通孔。

15. 一种高压发生器油箱，包括：

油箱，所述油箱的箱盖上设有开口；以及

与所述油箱相连接的伸缩管；

所述伸缩管一端设置开口，另一端为封闭结构；

所述伸缩管开口的一端与所述油箱固定，并使伸缩管开口与油箱开口对应。

16. 根据权利要求 15 所述的油箱，在所述伸缩管上设置导向机构，引导所述伸缩管轴向伸缩，并且固定所述伸缩管。

17. 根据权利要求 16 所述的油箱，所述导向机构包括导向杆。

18. 根据权利要求 17 所述的油箱，所述导向杆伸出所述伸缩管的开口。

19. 根据权利要求 17 所述的油箱，所述导向机构还包括导向套，所述导向套放置在所述导向杆的外侧。

20. 根据权利要求 19 所述的油箱，所述导向杆低于所述伸缩管的开口。

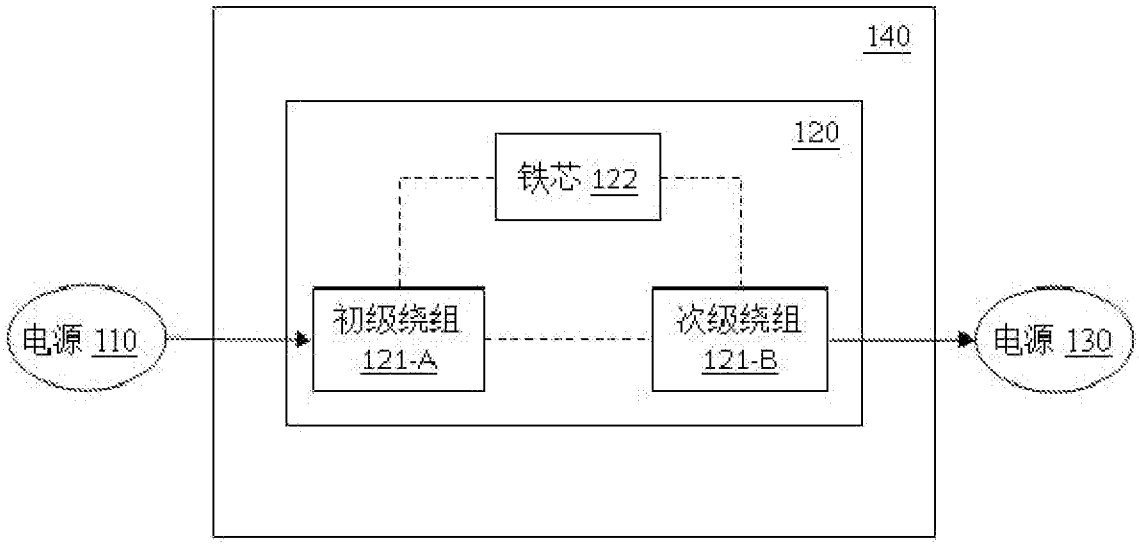

140
120
铁芯 122
电源 110
初级绕组
121-A
次级绕组
121-B
电源 130

图 1

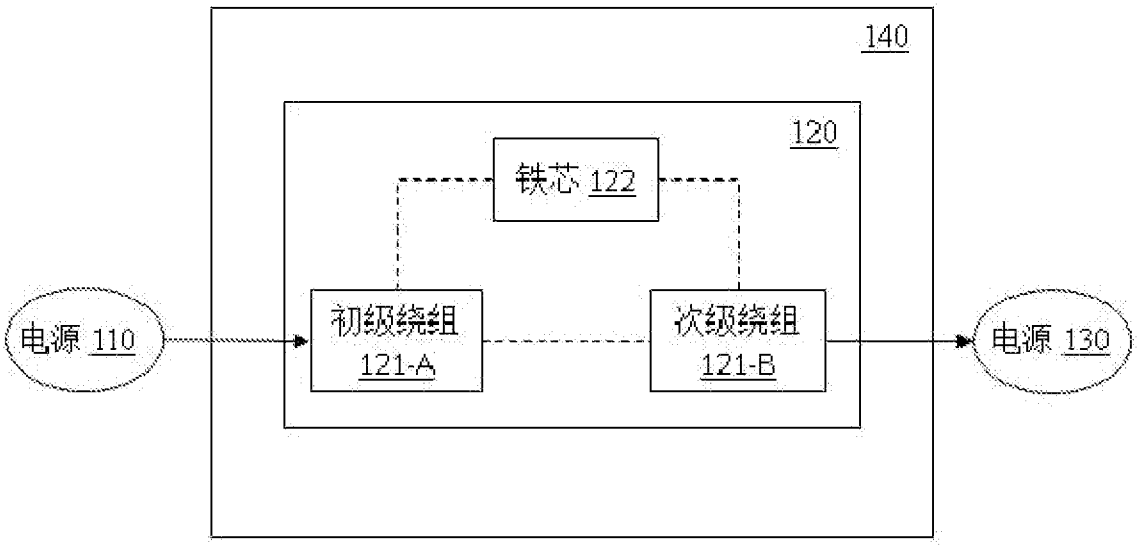

140
120
铁芯 122
电源 110
初级绕组
121-A
次级绕组
121-B
电源 130

图 2

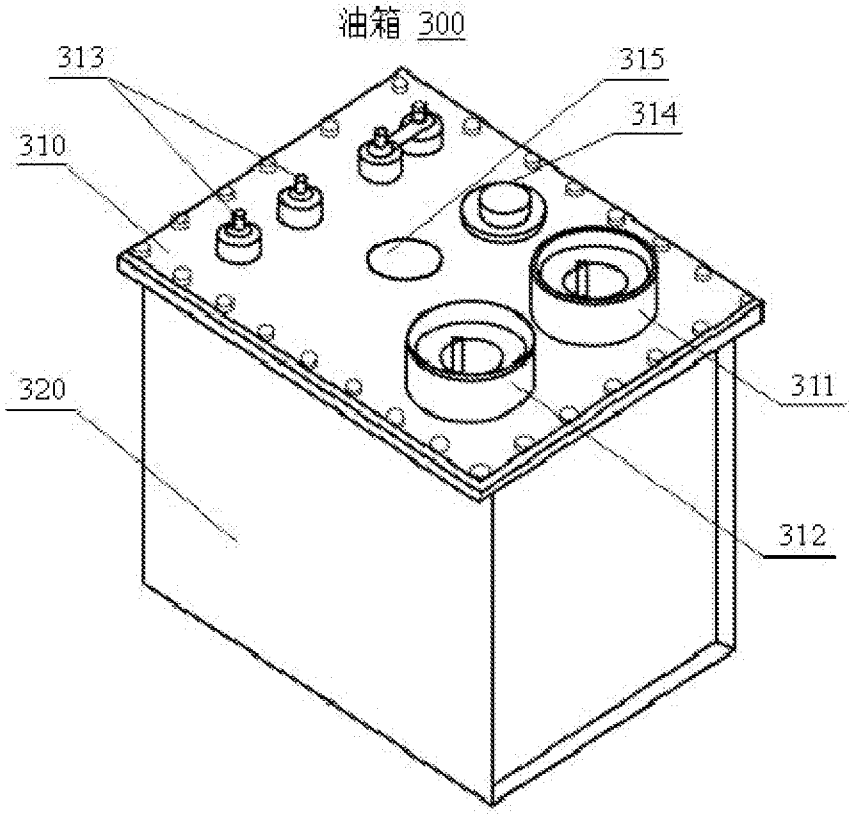



图 3

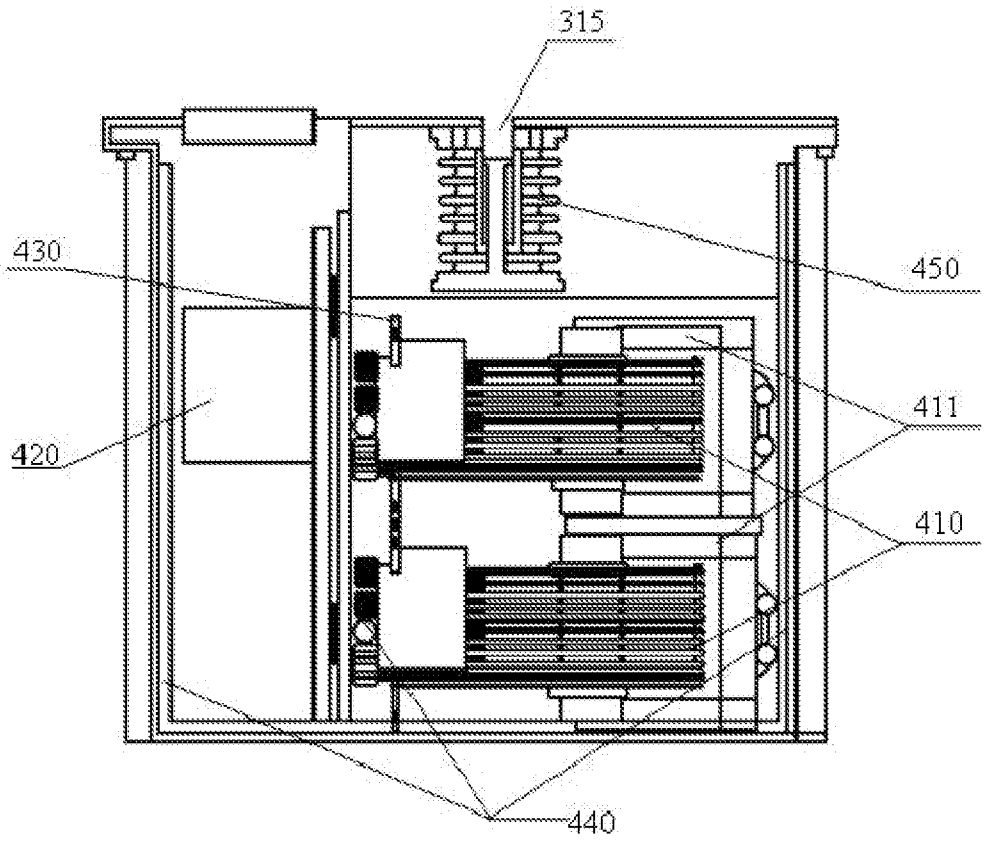



图 4-A

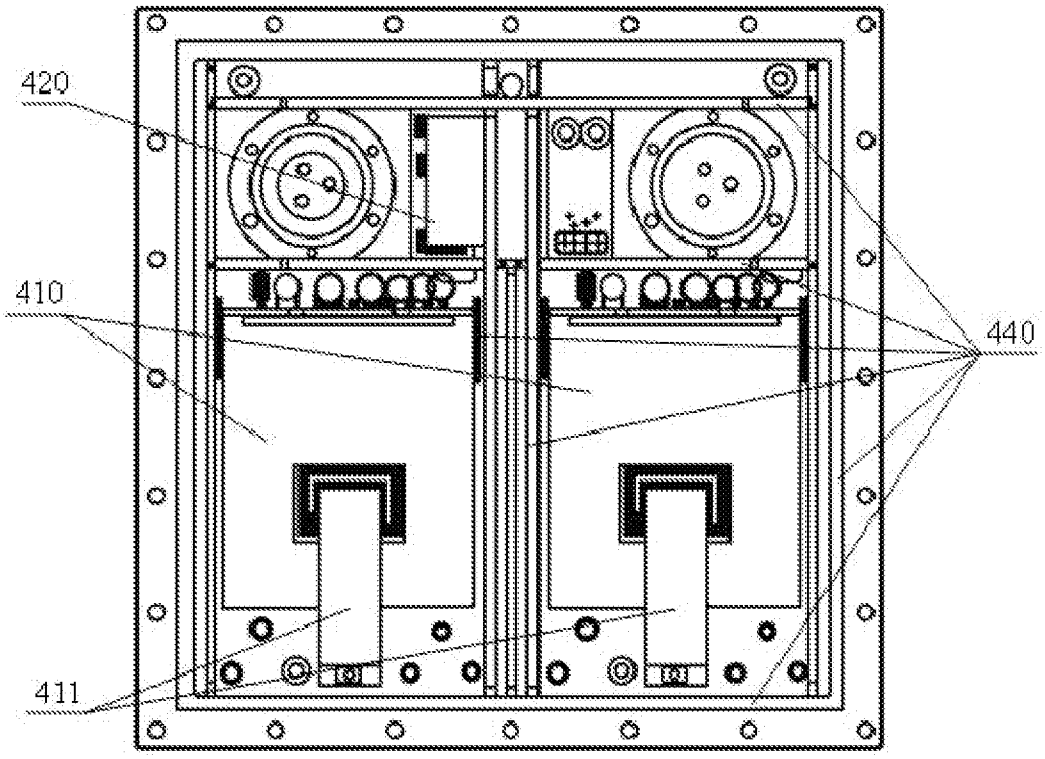



图 4-B

内外绝缘套筒 500

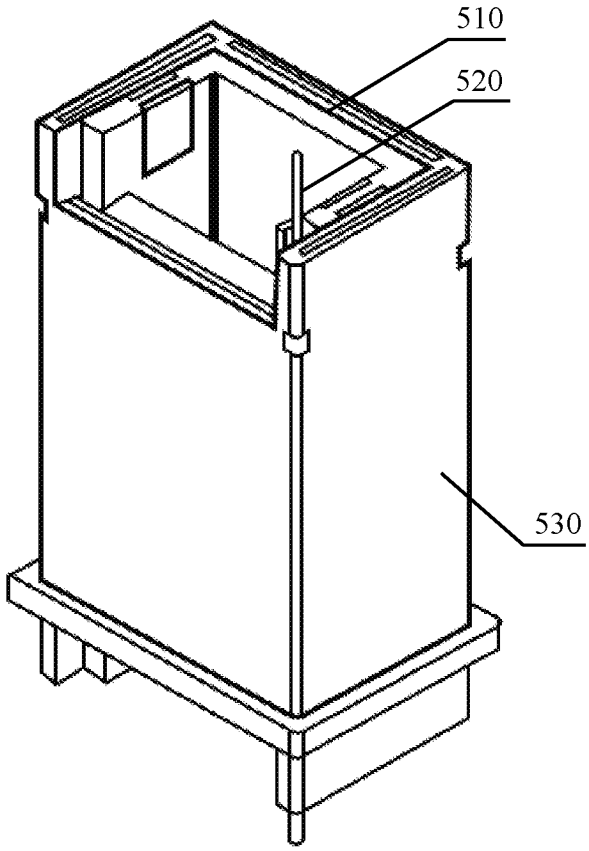



图 5-A

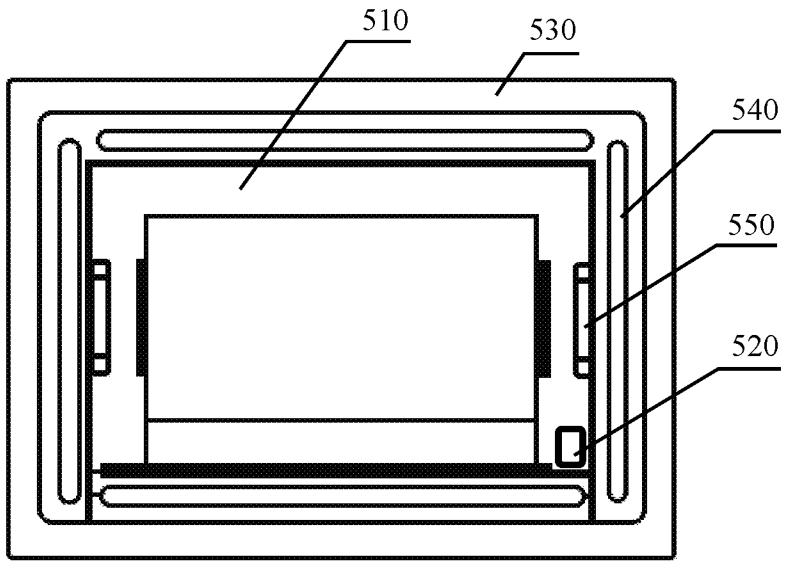



图 5-B

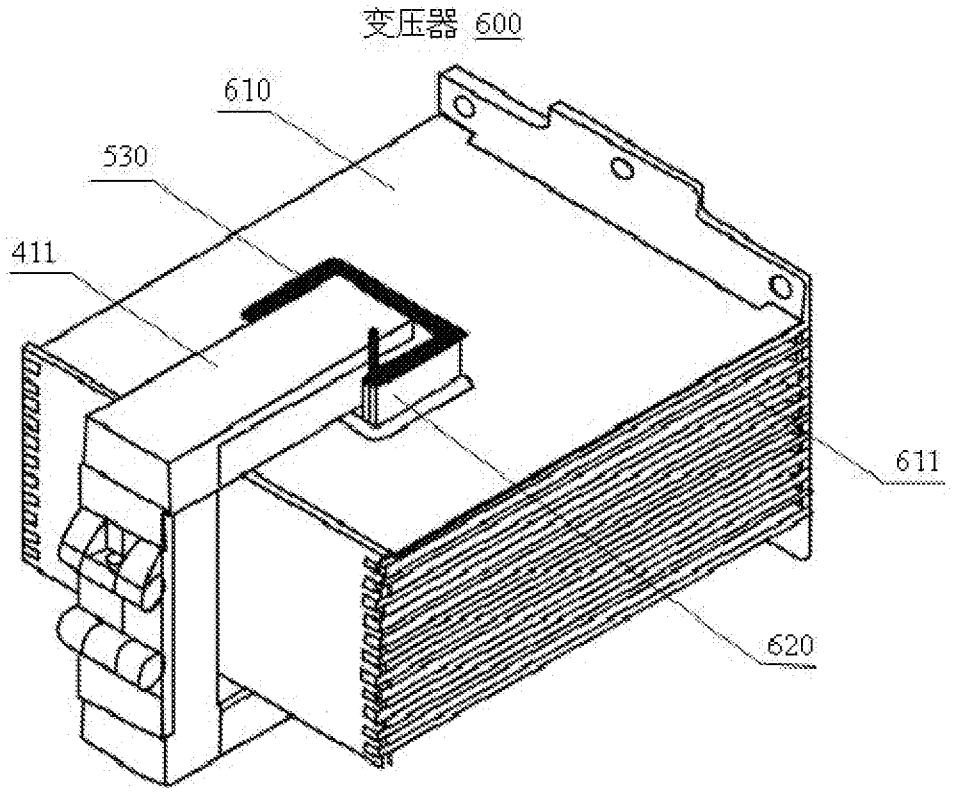



图 6

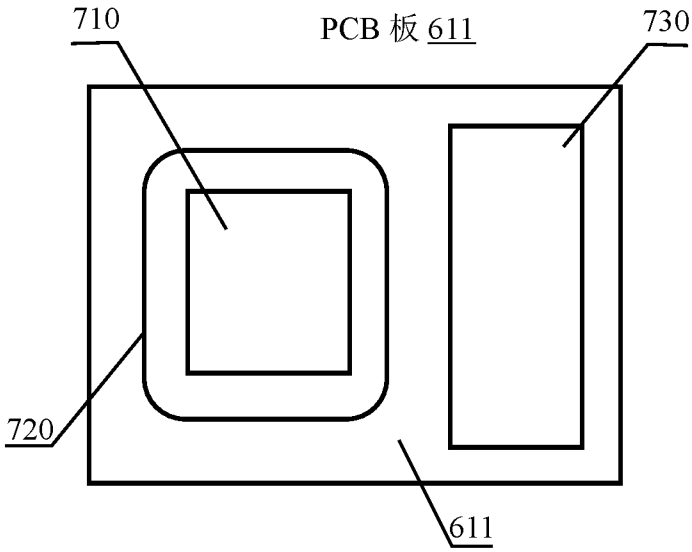



图 7

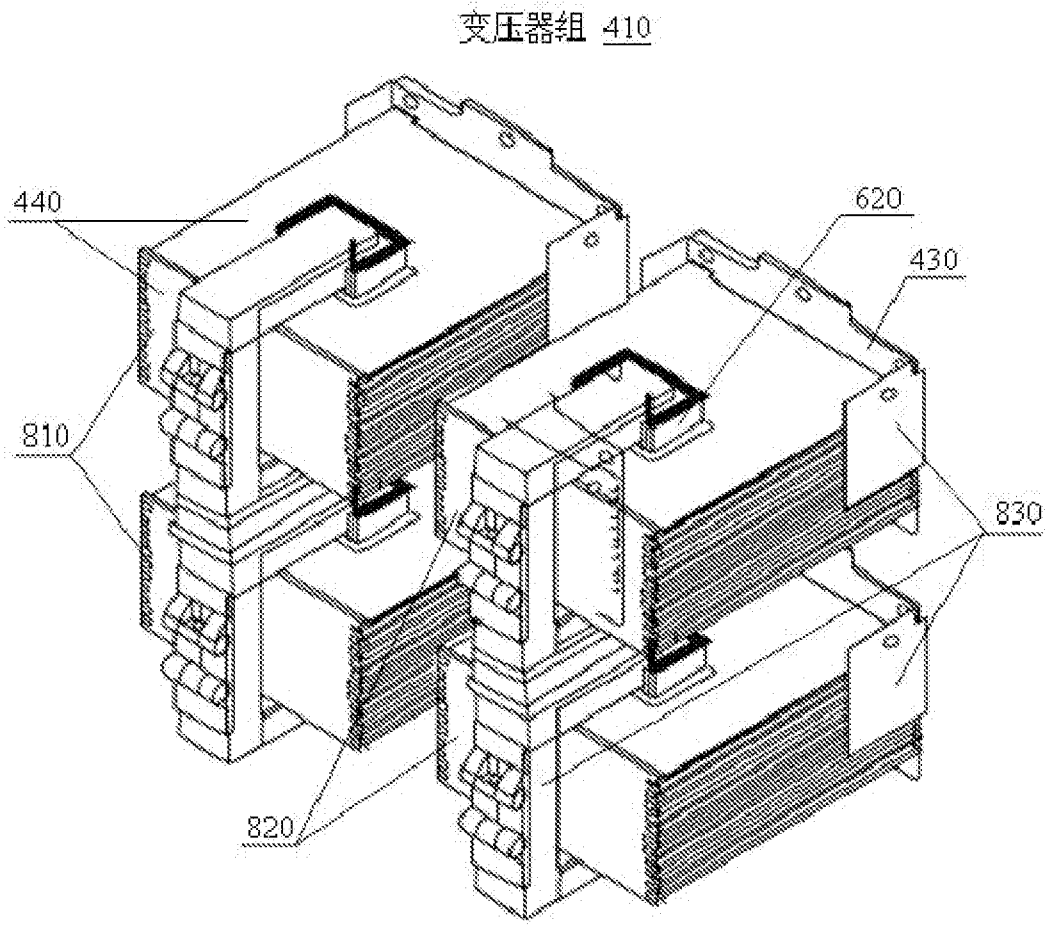



图 8

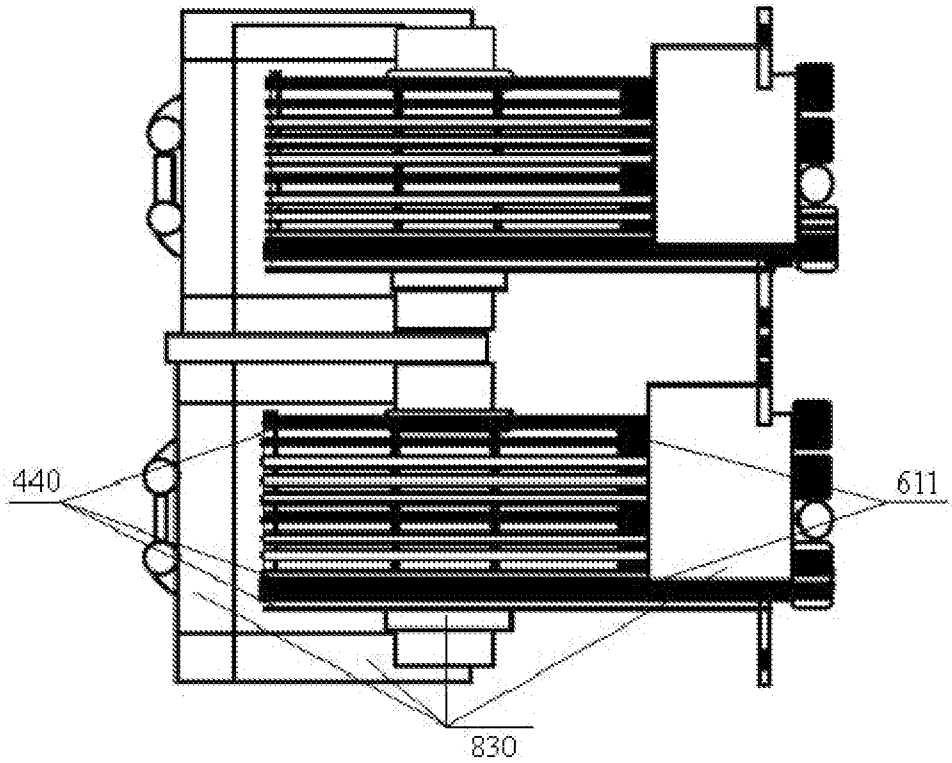



图 9

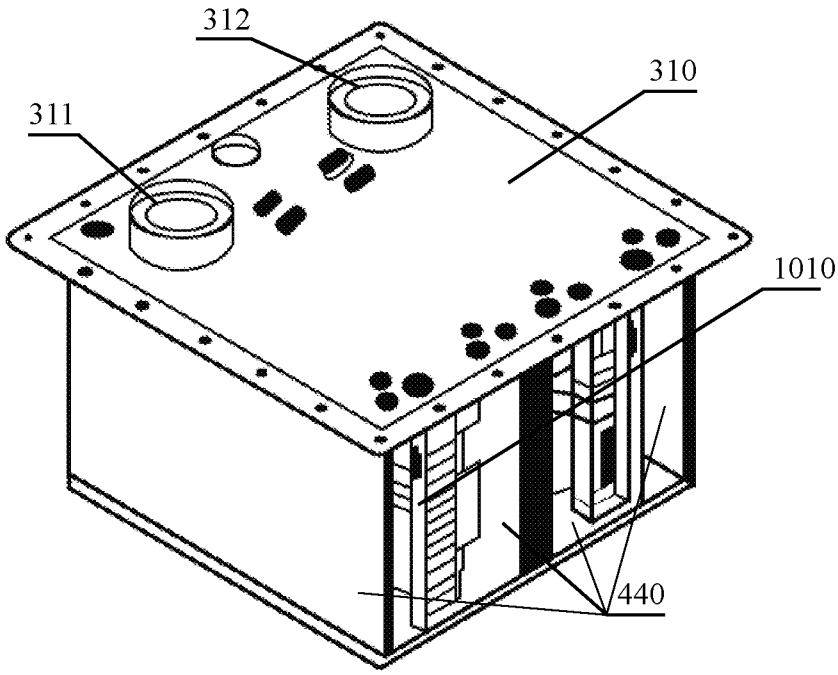



图 10-A

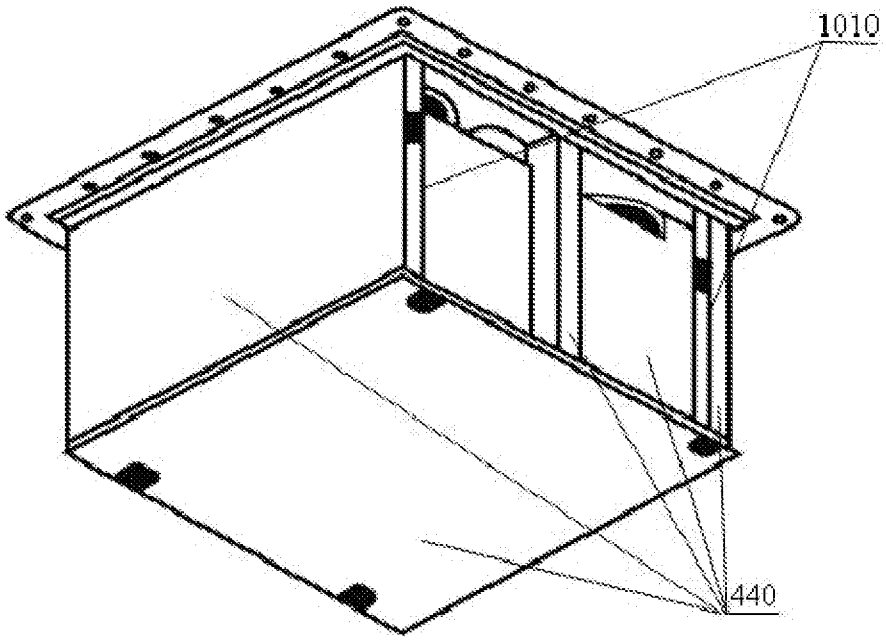



图 10-B

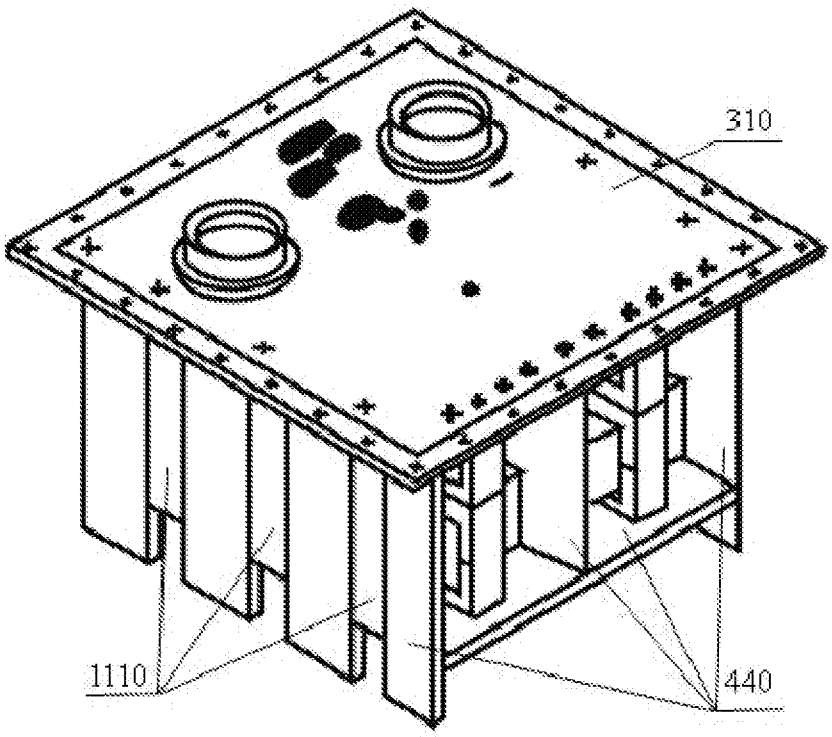



图 11-A

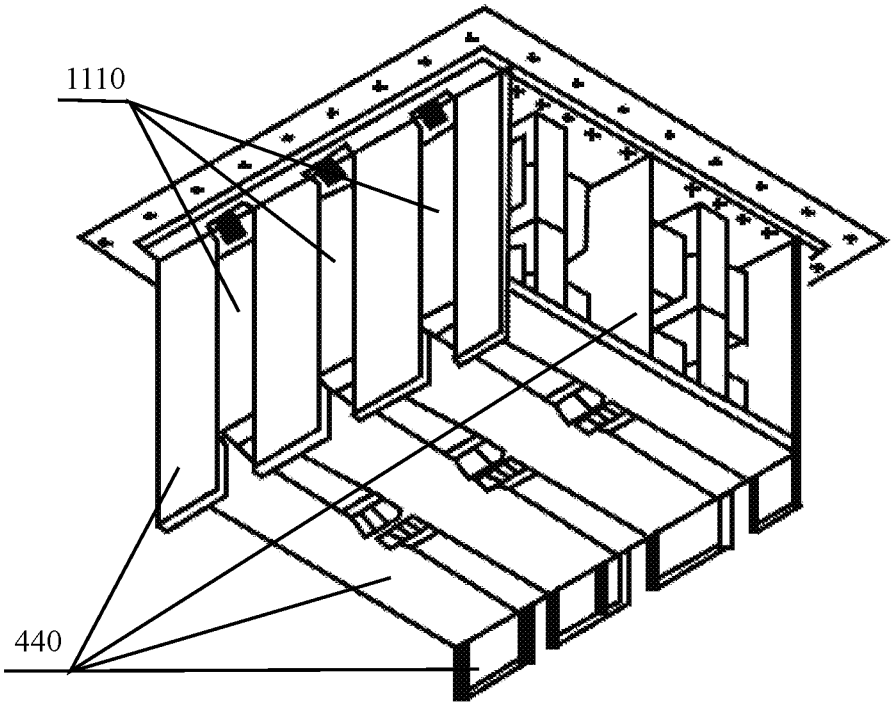



图 11-B

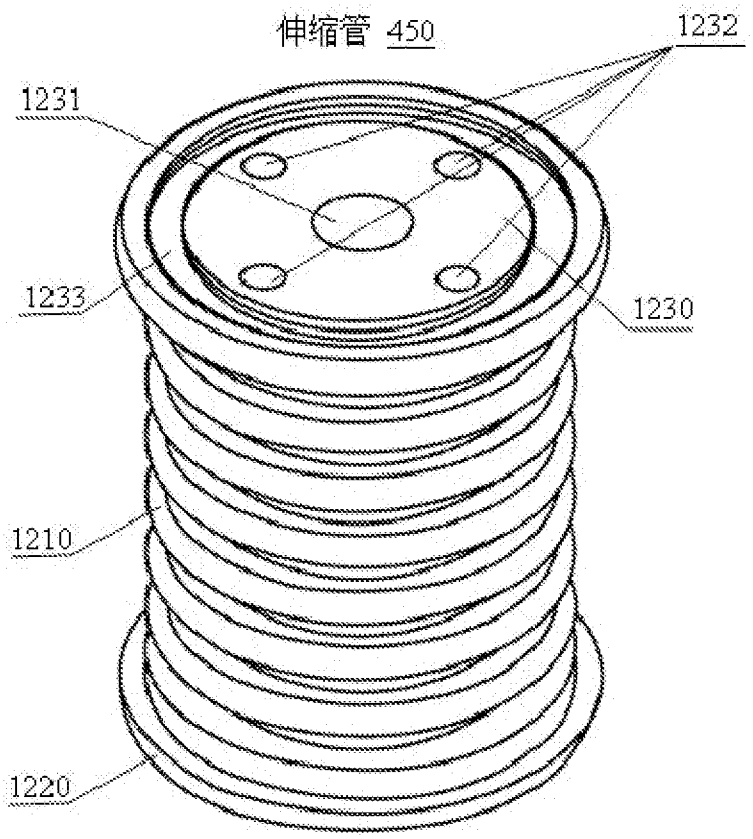



图 12-A

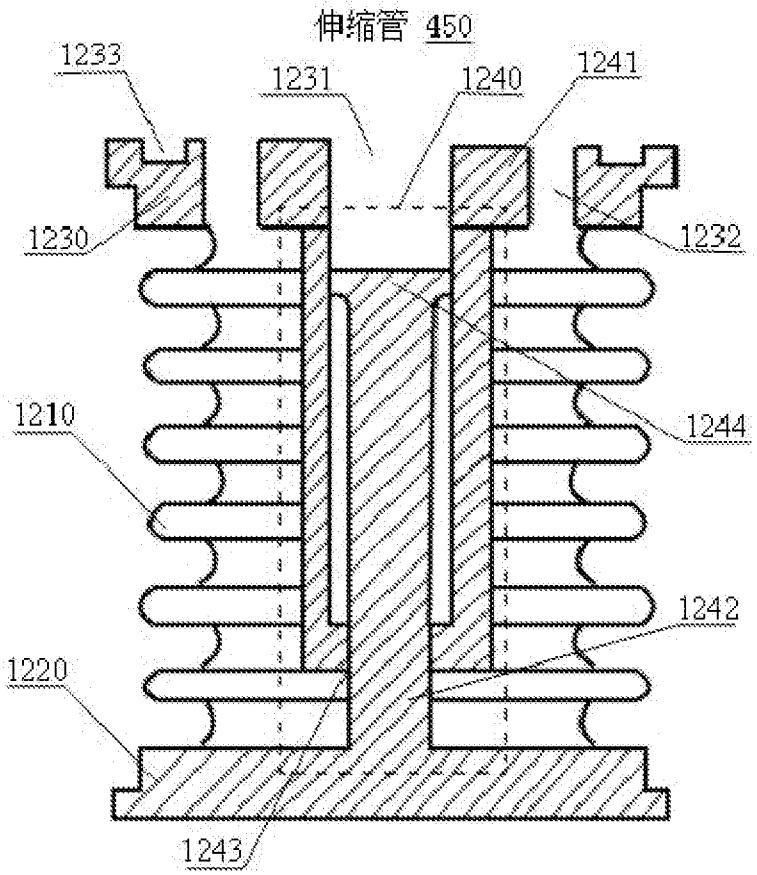

伸缩管 450
1233
1231
1240
1241
1230
1232
1210
1244
1242
1220
1243

图 12-B

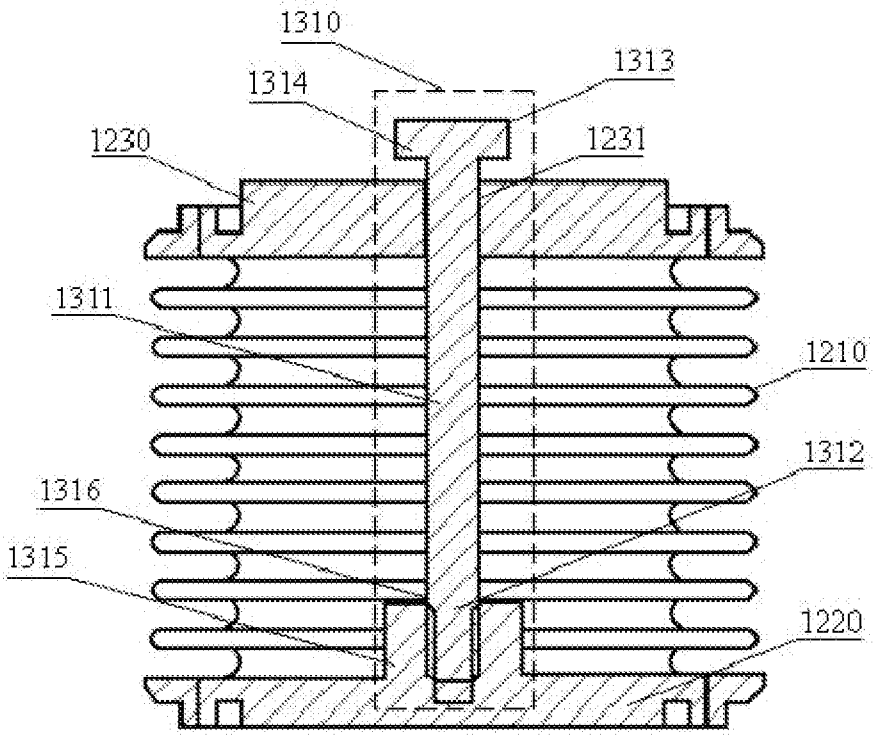

1310
1313
1314
1230
1231
1311
1210
1312
1316
1315
1220

图 13

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2015/082086

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

H01F 27/14 (2006.01) i; H01F 27/32 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC: H01F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT, CNKI, WPI, EPODOC: high voltage, generator, generate, generation, tank, coil, winding, core, innernal, external, insulate, cylinder, low voltage, primary, secondary, frist, second, PCB, oil, shield, flex+, rectif+, sampl+, oriented, leader, transformer, high, low.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|---|---|---|
| PX | CN 104183364 A (SHANGHAI UNITED IMAGING HEALTHCARE CO) 03 December 2014 (03.12.2014) , claims 1-16 | 15-20 |
| PX | CN 204360885 U (GUILIN MINGFU METAL CO LTD) 27 May 2015 (27.05.2015) description, paragraphs [0020]-[0028], and figure1 | 15-20 |
| Y | CN 201112099 Y (CHINESE ELECTRICAL EQUIP GROUP CO LTD) 10 September 2008 (10.09.2008) description, page 2, the first paragraph and figure 1 | 1-14 |
| Y | CN 101753037 A (SHANGHAI DONGHU CLINICAL EQUIP LTD) 23 June 2010 (23.06.2010) description, paragraph [0027], and figure 1 | 1-14 |
| Y | CN 2651905 Y (HENGYANG TRANSFORMERS CO LTD) 27 October 2004 (27.10.2004) description, page 3, the second paragraph and figure 1 | 8-14 |

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&"document member of the same patent family

| Date of the actual completion of the international search | Date of mailing of the international search report |
|---|---|
| 13 August 2015 | 09 September 2015 |
| Name and mailing address of the ISA<br>State Intellectual Property Office of the P. R. China<br>No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao<br>Haidian District, Beijing 100088, China<br>Facsimile No. (86-10) 62019451 | Authorized officer<br>BAI, Qian<br>Telephone No. (86-10) 62089536 |

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.
PCT/CN2015/082086

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|---|---|---|
| X | CN 102568762 A (ZHOU, Yuchun) 11 July 2012 (11.07.2012) description, paragraphs [0012] and [0013], figures1 and 2 | 15 |
| A | JP S61207174 A (VICTOR CO OF JAPAN) 13 September 1986 (13.09.1986) the whole document | 1-20 |

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2015/082086

| Patent Documents referred in the Report | Publication Date | Patent Family | Publication Date |
|---|---|---|---|
| CN 104183364 A | 03 December 2014 | None | |
| CN 204360885 U | 27 May 2015 | None | |
| CN 201112099 Y | 10 September 2008 | None | |
| CN 101753037 A | 23 June 2010 | None | |
| CN 2651905 Y | 27 October 2004 | None | |
| CN 102568762 A | 11 July 2012 | None | |
| JPS 61207174 A | 13 September 1986 | CN 86102301 A | 03 September 1986 |

# 国际检索报告

国际申请号
PCT/CN2015/082086

A. 主题的分类

H01F 27/14(2006.01)i; H01F 27/32(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

H01F

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称，和使用的检索词（如使用））

CNPAT,CNKI,WPI,EPODOC:高压发生，高压产生，变压器，油箱，绕组，线圈，铁芯，铁心，内，外，绝缘，筒，高压，低压，一次，二次，PCB，整流，采样，油，屏蔽，屏障，伸缩，弹性，波纹管，导向，导杆，transformer,tank,winding,coil,core,insulate,internal，external，cylinder，high,low,first,second,PCB,oil,shield

C. 相关文件

| 类 型* | 引用文件，必要时，指明相关段落 | 相关的权利要求 |
|---|---|---|
| PX | CN 104183364 A (上海联影医疗科技有限公司) 2014年 12月 3日 (2014-12-03)<br>权利要求1-16 | 15-20 |
| PX | CN 204360885 U (桂林明富金属有限公司) 2015年 5月 27日 (2015-05-27)<br>说明书[0020]-[0028]段，图1 | 15-20 |
| Y | CN 201112099 Y (中电电气集团有限公司) 2008年 9月 10日 (2008-09-10)<br>说明书第2页第1段，图1 | 1-14 |
| Y | CN 101753037 A (上海东沪医用设备有限公司) 2010年 6月 23日 (2010-06-23)<br>说明书第[0027]段，图1 | 1-14 |
| Y | CN 2651905 Y (特变电工衡阳变压器有限公司) 2004年 10月 27日 (2004-10-27)<br>说明书第3页第2段，图1 | 8-14 |
| X | CN 102568762 A (周玉春) 2012年 7月 11日 (2012-07-11)<br>说明书第[0012]-[0013]段，图1-2 | 15 |
| A | JP S61207174 A (VICTOR CO OF JAPAN) 1986年 9月 13日 (1986-09-13)<br>全文 | 1-20 |

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。

☑ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型：

"A" 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

"E" 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

"L" 可能对优先权要求构成怀疑的文件，或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件（如具体说明的）

"O" 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

"P" 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

"T" 在申请日或优先权日之后公布，与申请不相抵触，但为了理解发明之理论或原理的在后文件

"X" 特别相关的文件，单独考虑该文件，认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

"Y" 特别相关的文件，当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时，要求保护的发明不具有创造性

"&" 同族专利的文件

| 国际检索实际完成的日期 | 国际检索报告邮寄日期 |
|---|---|
| 2015年 8月 13日 | 2015年 9月 9日 |

| ISA/CN的名称和邮寄地址 | 受权官员 |
|---|---|
| 中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN)<br>北京市海淀区蓟门桥西土城路6号<br>100088 中国 | 白茜 |
| 传真号 (86-10)62019451 | 电话号码 (86-10)62089536 |

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2015/082086

| 检索报告引用的专利文件 | | | 公布日<br>(年/月/日) | 同族专利 | | | 公布日<br>(年/月/日) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CN | 2651905 | Y | 2004年 10月 27日 | 无 | | | |
| CN | 201112099 | Y | 2008年 9月 10日 | 无 | | | |
| CN | 101753037 | A | 2010年 6月 23日 | 无 | | | |
| CN | 102568762 | A | 2012年 7月 11日 | 无 | | | |
| CN | 104183364 | A | 2014年 12月 3日 | 无 | | | |
| CN | 204360885 | U | 2015年 5月 27日 | 无 | | | |
| JP | S61207174 | A | 1986年 9月 13日 | CN | 86102301 | A | 1986年 9月 3日 |