

(43) 国际公布日
2021 年 12 月 23 日 (23.12.2021)



(10) 国际公布号

WO 2021/254465 A1

(51) 国际专利分类号:

A62C 3/16 (2006.01)

A62C 31/12 (2006.01)

A62C 31/05 (2006.01)

A62C 37/40 (2006.01)

A62C 31/03 (2006.01)

(21) 国际申请号:

PCT/CN2021/100778

(22) 国际申请日:

2021 年 6 月 18 日 (18.06.2021)

(25) 申請語言:

中文

(26) 公布语言:

中文

(30) 优先权:

202021150110.3

2020年6月19日

19.06.2020) CN

202010573965.5

2020年6月22日

22.06.2020) CN

202011094069.7

2020年10月14日

(14.10.2020) CN

(71) 申请人: 国网安徽省电力有限公司电力科学研究院 (STATE GRID ANHUI ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE) [CN/CN]; 中国安徽省合肥市经济技术开发区紫云路 299 号, Anhui 230601 (CN)。 国家电网有限公司 (STATE GRID

**CORPORATION OF CHINA) [CN/CN]; 中国北京
市西城区西长安街86号, Beijing 100031 (CN)。**

(72) 发明人: 张佳庆(ZHANG, Jiaqing); 中国安徽省合肥市经济技术开发区紫云路299号, Anhui 230601 (CN)。 黄玉彪(HUANG, Yubiao); 中国安徽省合肥市经济技术开发区紫云路299号, Anhui 230601 (CN)。 黄勇(HUANG, Yong); 中国安徽省合肥市经济技术开发区紫云路299号, Anhui 230601 (CN)。 程登峰(CHENG, Dengfeng); 中国安徽省合肥市经济技术开发区紫云路299号, Anhui 230601 (CN)。 王刘芳(WANG, Liufang); 中国安徽省合肥市经济技术开发区紫云路299号, Anhui 230601 (CN)。 宋胜利(SONG, Shengli); 中国安徽省合肥市经济技术开发区紫云路299号, Anhui 230601 (CN)。 李金忠(LI, Jinzhong); 中国安徽省合肥市经济技术开发区紫云路299号, Anhui 230601 (CN)。 周亦夫(ZHOU, Yifu); 中国安徽省合肥市经济技术开发区紫云路299号, Anhui 230601 (CN)。 杨鹏程(YANG, Pengcheng); 中国

(54) Title: FIRE EXTINGUISHING SYSTEM AND FIRE EXTINGUISHING METHOD SUITABLE FOR UHV CONVERTER STATION AND UHV CONVERTER STATION

(54) 发明名称: 适用特高压换流站的灭火系统、灭火方法及特高压换流站

(57) Abstract: A fire extinguishing system and fire extinguishing method suitable for a UHV converter station, and the UHV converter station, wherein the fire extinguishing system comprises a sprinkler fire extinguishing system and a fire monitor fire extinguishing system. The sprinkler fire extinguishing system comprises first fire-fighting pipelines and sprinkler pipes. The fire monitor fire extinguishing system comprises second fire-fighting pipelines and fire monitors. Firewalls at two sides of each converter transformer in the UHV converter station are each arranged with a fire monitor directly above same, and each fire monitor communicates with a second fire-fighting pipeline. The firewalls at two sides of each converter transformer are each provided with a sprinkler pipe, and each of the sprinkler pipes communicate with a first fire-fighting pipeline. The fire monitors and outlets of the sprinkler pipes of the first fire-fighting pipelines at the location at which each converter transformer is located all directly face the converter transformers. The fire extinguishing system has the advantages of solving the shortcomings and defects of the existing fire extinguishing system designs, and achieving efficient and reliable fire extinguishing.

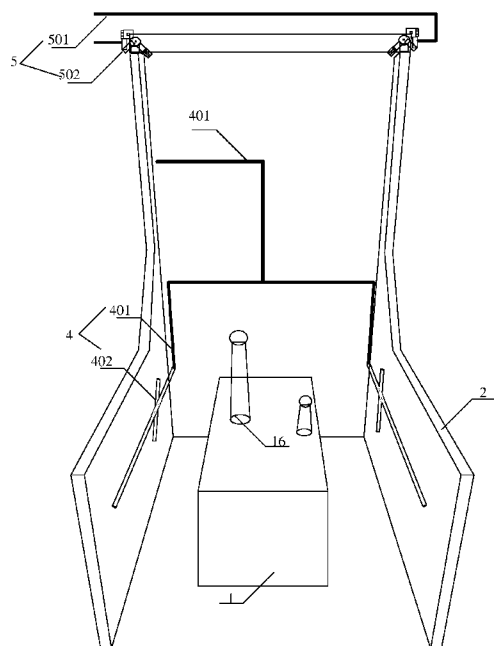


图 1



安徽省合肥市经济技术开发区紫云路299号, Anhui 230601 (CN)。田宇(TIAN, Yu); 中国安徽省合肥市经济技术开发区紫云路299号, Anhui 230601 (CN)。柯艳国(KE, Yanguo); 中国安徽省合肥市经济技术开发区紫云路299号, Anhui 230601 (CN)。罗沙(LUO, Sha); 中国安徽省合肥市经济技术开发区紫云路299号, Anhui 230601 (CN)。谢佳(XIE, Jia); 中国安徽省合肥市经济技术开发区紫云路299号, Anhui 230601 (CN)。范明豪(FAN, Minghao); 中国安徽省合肥市经济技术开发区紫云路299号, Anhui 230601 (CN)。李伟(LI, Wei); 中国安徽省合肥市经济技术开发区紫云路299号, Anhui 230601 (CN)。过羿(GUO, Yi); 中国安徽省合肥市经济技术开发区紫云路299号, Anhui 230601 (CN)。尚峰举(SHANG, Fengju); 中国安徽省合肥市经济技术开发区紫云路299号, Anhui 230601 (CN)。刘睿(LIU, Rui); 中国安徽省合肥市经济技术开发区紫云路299号, Anhui 230601 (CN)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(74) 代理人: 合肥市浩智运专利代理事务所(普通合伙)(HEFEI CITY, HAO ZHI YUN PATENT AGENCY); 中国安徽省合肥市蜀山区望江西路368号维也纳森林小区C21幢302室丁瑞瑞, Anhui 230000 (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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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)。

(57) 摘要: 适用特高压换流站的灭火系统、灭火方法及特高压换流站, 所述灭火系统包括喷淋灭火系统和消防炮灭火系统, 所述喷淋灭火系统包括第一消防管道和喷淋管, 所述消防炮灭火系统包括第二消防管道和消防炮, 所述特高压换流站内每个换流变两侧的防火墙上正上方均布置有一个消防炮, 每个消防炮与一路第二消防管道连通, 每个换流变两侧的防火墙上均设有喷淋管, 每个所述喷淋管均与一路第一消防管道连通, 每个换流变所在位置的消防炮以及第一消防管道喷淋管的出口均正对所述换流变; 所述灭火系统的优点在于: 解决灭火系统现有设计的不足和缺陷, 实现高效灭火和可靠灭火。

适用特高压换流站的灭火系统、灭火方法及特高压换流站

技术领域

本发明涉及特高压领域，更具体涉及适用特高压换流站的灭火系统、灭火方法及特高压换流站。

背景技术

特高压直流输电是世界上最先进的输电技术之一，我国已成为世界直流输电大国并引领特高压直流输电技术的发展。2016年1月11日，淮东—皖南(新疆昌吉—安徽宣城)±1100kV 特高压直流输电工程开工建设。这是目前世界上电压等级最高、输送容量最大、输送距离最远、技术水平最先进的特高压输电工程。

特高压换流站是电网的重要组成部分，承接全国的电力输送任务，保证特高压换流站的正常平稳运行，对于社会的生产、生活以及社会稳定具有重要的意义。特高压换流站内的换流变压器属于一种大型含油设备，单台设备含变压器油约200吨。换流变压器一旦发生火灾，常伴随着爆炸、爆燃等现象，如果不能及时有效控制单台变压器火灾，可能会对单阀组多台换流变压器和相邻阀厅内精密设备带来严重破坏，造成的经济损失和社会影响难以估量。

一直以来，国内用来扑灭变压器火灾的灭火技术主要有细水雾系统、固定式水喷雾系统、SD型泡沫喷淋灭火系统、排油注氮灭火系统、高压CO₂全淹没灭火系统，研究人员已对各种灭火技术特点及适用性开展了相关研究，并对比分析了各种灭火手段之间的优缺点；国外则主要使用全自动

压缩空气 A 类泡沫灭火系统(CAFS)。

国内针对变压器灭火系统也做了相关研究，东华工程科技股份有限公司发表期刊文献《油浸变压器水喷雾灭火系统的设计探讨》[J].广州化工, 2013, 41(8):240-242, 研究了目前常用的保护各类油浸变压器的灭火系统, 描述了水喷雾灭火系统的灭火原理及其系统组成。乐山市消防支队发表期刊文献《油浸变压器的火灾危险性及预防措施》[J].消防科学与技术, 2006(b03):146-147, 研究了油浸电力变压器的构造以及火灾预防措施, 并着重介绍了水喷雾系统和排油注氮灭火系统。中国联合工程公司发表期刊文献《水喷雾灭火系统在大型油浸变压器中的应用》[J]. 山西建筑, 2009, 35(14):171-172, 研究了水喷雾灭火系统在大型油浸变压器中的应用, 介绍了大型油浸变压器水喷雾灭火系统的组成和控制方式, 探讨了设计中应该注意的问题, 以使系统设计不断改进。公安部天津消防研究所发表期刊文献《水喷雾系统灭油浸变压器火灾试验研究》[J]. 消防科学与技术, 2012, 31(12):1303-1305, 对水喷雾系统灭油浸变压器火灾进行了试验研究, 且对变压器的水喷雾系统设置提出了建议。河北能源工程设计有限公司发表《油浸变压器消防系统设计浅析》[J]. 中小企业管理与科技, 2009(7):287-288, 研究比较了水喷雾灭火系统、SD 型泡沫喷淋灭火系统、高压 CO₂ 全淹没灭火系统三种变压器固定式消防系统。

国内对于变压器灭火技术的研究大多针对常规变压器, 灭火手段停留在较为传统的水雾和泡沫喷雾等方式, 在新技术如压缩空气泡沫及其它高效水基灭火技术的应用落后于国外, 也尚未有针对具有 BOX-IN 等复杂结构的新建特高压换流站大型换流变压器灭火技术系统的研究, 各种灭火技

术对特高压换流变压器的适用性尚未明了。

综上所述，当前换流站设置的消防灭火系统难以完全覆盖换流变特殊火灾行为。换流站换流变压器区域消防灭火系统存在以下问题：①当前所有的在运换流站的换流变区域的灭火系统是水喷淋灭火系统或泡沫喷雾灭火系统，事故及相关研究表明，这两种系统难以完全覆盖特高压换流变所有火灾特征行为；②换流变区域仅布置单套灭火系统，系统冗余考虑不足，系统可靠性低；③当前换流站灭火系统终端释放装置是压力喷头，布置在换流变周围区域，不具备任何抗爆炸冲击能力，爆炸发生时，可能直接导致系统失效；④事故表明，换流变压器升高座、套管属于高火灾风险部位，目前消防灭火系统并未对该区域增加任何额外防护措施；⑤当前消防灭火系统没有明确系统响应时间，响应原则要求，给火灾发生初期发展创造了条件。

因此，为了实现高效灭火和可靠灭火，需要对特高压换流站消防灭火系统进行更加可靠的设计。

发明内容

本发明所要解决的技术问题在于如何实现特高压换流站消防灭火系统完全覆盖特高压换流变所有火灾特征行为。

本发明通过以下技术手段实现解决上述技术问题的：适用特高压换流站的灭火系统，包括至少一套喷淋灭火系统和至少一套消防炮灭火系统，所述每套喷淋灭火系统包括第一消防管道和喷淋管，所述每套消防炮灭火系统包括第二消防管道和消防炮，所述特高压换流站内每个换流变两侧的防火墙正上方均布置有至少一个消防炮，每个消防炮与一路第二消防管道连通，每个换流变两侧的防火墙上均设有至少一个喷淋管，每个所述喷淋

管均与一路第一消防管道连通，每个换流变所在位置的消防炮以及第一消防管道喷淋管的出口均正对所述换流变。

本发明提供的灭火系统，当某个换流变着火时，同时启动喷淋灭火系统和消防炮灭火系统，喷淋灭火系统为喷淋灭火且布置在换流变两侧的防火墙上，位于换流变的低端以及四周，实现全覆盖灭火，消防炮灭火系统的管道布置在换流变的高端且为消防炮灭火，实现对换流变重点部位压制灭火，两套灭火系统均作用于着火换流变，完全覆盖特高压换流变所有火灾特征行为，解决灭火系统现有设计的不足和缺陷，进而实现高效灭火和可靠灭火。

进一步地，所述灭火系统还包括第一灭火介质产生子系统、第二灭火介质产生子系统以及控制模块，所述控制模块分别与第一灭火介质产生子系统以及第二灭火介质产生子系统连接，第一灭火介质产生子系统的出口与所有的第一消防管道的入口以及所有的第二消防管道的入口连通，第二灭火介质产生子系统的出口与所有的第一消防管道的入口以及所有的第二消防管道的入口连通。

更进一步地，所述特高压换流站包括若干组相互平行布置的单阀组换流变，每个单阀组换流变包括若干台等间隔布置的换流变，相邻换流变之间通过防火墙隔开，每个单阀组换流变后侧均平行的布置一个阀厅，单阀组换流变与对应的阀厅整体构成一个极，两个极为一组极，每组极包括高端阀组和低端阀组，同组极内的两个极之间镜像对称设置，相邻组极之间的低端阀组背靠背布置，每台换流变的阀厅侧套管伸入其对应的阀厅内。

更进一步地，所有单阀组换流变靠近第一灭火介质产生子系统以及第

二灭火介质产生子系统的一端均设有第一分区选择阀和第二分区选择阀，所有第一消防管道与其所在单阀组换流变的第一分区选择阀连接；消防炮设置在每个阀厅挑檐上正对防火墙的位置，每个消防炮分别通过第二消防管道与一个第二分区选择阀连接；所有第一分区选择阀以及所有第二分区选择阀均通过第一供泡管道与第一灭火介质产生子系统的出口连接；所有第一分区选择阀以及所有第二分区选择阀均通过第二供泡管道与第二灭火介质产生子系统的出口连接。

进一步地，所述喷淋管为抗爆喷淋管。

更进一步地，每个所述换流变中间部位设置有套管以及套管升高座，喷淋管为由横管和竖管组合而成的十字架形管道，竖管与升高座以及套管均相对地面垂直，横管与防火墙侧面的第一消防管道连通且横管具有若干个出口。

再进一步地，所述换流变四周设有降噪板，降噪板以及换流变整体位于两扇防火墙之间，套管以及套管升高座穿出降噪板位于换流变中间正上方位置，位于防火墙上的第一消防管道穿过降噪板与横管连通且横管的若干个出口正对换流变，竖管穿出降噪板与套管以及套管升高平行。

进一步地，所述第一灭火介质产生子系统以及第二灭火介质产生子系统布置在远离换流变所在区域的位置。

更进一步地，所述第一灭火介质产生子系统以及第二灭火介质产生子系统均为压缩空气泡沫产生子系统，第一灭火介质产生子系统以及第二灭火介质产生子系统输出的灭火介质均为压缩空气泡沫。

本发明还提供适用特高压换流站的灭火方法，所述方法包括：

当某个换流变着火时，同时启动喷淋灭火系统和消防炮灭火系统，喷淋灭火系统的第一消防管道的出口连接喷淋管，喷淋管的多个出口正对换流变的四周，实现喷淋灭火，且喷淋管位于换流变的低端以及侧面，实现全覆盖灭火，消防炮灭火系统的第二消防管道的出口连接消防炮，管道布置在换流变的高端且为消防炮灭火，实现对换流变重点部位压制灭火，两套灭火系统均作用于着火换流变，完全覆盖特高压换流变所有火灾特征行为。

进一步地，所述方法还包括：

所述灭火系统还包括第一灭火介质产生子系统、第二灭火介质产生子系统以及控制模块，当某个换流变着火时，第一灭火介质产生子系统和第二灭火介质产生子系统中，控制模块控制离该换流变较近的灭火介质产生子系统优先给第一消防管道提供灭火介质，通过换流变两侧防火墙上喷淋管对着火换流变主体及四周进行全域灭火，另一台离该换流变较远的灭火介质产生子系统给第二消防管道提供灭火介质，第二消防管道的出口位于换流变上方的较高端，从第二消防管道的出口发射灭火介质进行压制灭火。

更进一步地，所述灭火系统还包括极 1 高低端阀组、第一就地控制柜、极 2 高低端阀组、第二就地控制柜、第一分区选择阀以及第二分区选择阀，第一消防管道与第一分区选择阀连接，第二消防管道与第二分区选择阀连接，第一分区选择阀以及第二分区选择阀均通过管道与第一灭火介质产生子系统以及第二灭火介质产生子系统连接，极 1 高低端阀组布置在极 1 广场，极 2 高低端阀组布置在极 2 广场；

当极 1 高低端阀组火灾，主控模块通过第一就地控制柜打开离着火阀

组最近的第一灭火介质产生子系统所连接的第一分区选择阀，并且自动启动第一灭火介质产生子系统，与第一分区选择阀连接的第一消防管道通过喷淋管出泡，实现对极 1 高低端阀组喷淋灭火。

更进一步地，当极 1 高低端阀组火灾，主控模块通过第二就地控制柜打开第二灭火介质产生子系统所连接的第二分区选择阀，并且自动启动第二灭火介质产生子系统，与第二分区选择阀连接的第二消防管道通过消防炮出泡，实现对极 1 高低端阀组消防炮灭火。

进一步地，当极 1 高低端阀组没有火灾，则极 2 高低端阀组火灾，主控模块通过第一就地控制柜打开离着极 2 高低端阀组最近的第二灭火介质产生子系统所连接的第一分区选择阀，并且自动启动第二灭火介质产生子系统，与第一分区选择阀连接的第一消防管道通过喷淋管出泡，实现对极 2 高低端阀组喷淋灭火。

更进一步地，当极 2 高低端阀组火灾，主控模块通过第二就地控制柜打开第二灭火介质产生子系统所连接的第二分区选择阀，并且自动启动第二灭火介质产生子系统，与第二分区选择阀连接的第二消防管道通过消防炮出泡，实现对极 2 高低端阀组消防炮灭火。

进一步地，所述方法还包括：

当第一灭火介质产生子系统和第二灭火介质产生子系统中某个灭火介质产生子系统发生故障时，控制模块控制能正常工作的灭火介质产生子系统输出的灭火介质输送到第一消防管道，优先通过喷淋管对着火换流变进行灭火，实现全区域快速灭火。

更进一步地，其特征在于，当极 1 高低端阀组火灾，第一灭火介质产

生子系统出现故障不能工作，主控模块通过第二就地控制柜打开第二灭火介质产生子系统所连接的第一分区选择阀，并且自动启动第二灭火介质产生子系统，第二灭火介质产生子系统向第一消防管道输送灭火介质，与第一分区选择阀连接的第一消防管道通过喷淋管出泡，实现对极 1 高低端阀组喷淋灭火。

更进一步地，当极 1 高低端阀组火灾，第二灭火介质产生子系统出现故障不能工作，主控模块通过第一就地控制柜打开第一灭火介质产生子系统所连接的第一分区选择阀，并且自动启动第一灭火介质产生子系统，第一灭火介质产生子系统向第一消防管道输送灭火介质，与第一分区选择阀连接的第一消防管道通过喷淋管出泡，实现对极 1 高低端阀组喷淋灭火。

再进一步地，所述方法还包括：

经预设时间间隔以后，控制模块控制能正常工作的灭火介质产生子系统输出的灭火介质还输送到第二消防管道，第二消防管道的出口位于换流变上方的较高端，从第二消防管道的出口发射灭火介质进行压制灭火。

更进一步地，所述预设时间间隔的取值范围为 0~5min。

更进一步地，当预设时间间隔为 0 时，控制模块控制能正常工作的灭火介质产生子系统输出的灭火介质同时输送到第一消防管道和第二消防管道，同时进行喷淋灭火和消防炮灭火。

本发明还提供具有上述灭火系统的特高压换流站，包括若干组相互平行布置的单阀组换流变，每个单阀组换流变包括若干台等间隔布置的换流变，相邻换流变之间通过防火墙隔开，每个单阀组换流变后侧均平行的布置一个阀厅，还包括至少一个压缩空气泡沫产生子系统以及控制模块，所

述控制模块分别与所有压缩空气泡沫产生子系统连接，压缩空气泡沫产生子系统的出口与所有的第一消防管道的入口以及所有的第二消防管道的入口连通。

本发明的优点在于：

(1) 本发明提供的灭火系统，当某个换流变着火时，同时启动喷淋灭火系统和消防炮灭火系统，喷淋灭火系统为喷淋灭火且布置在换流变两侧的防火墙上，位于换流变的低端以及四周，实现全覆盖灭火，消防炮灭火系统的管道布置在换流变的高端且为消防炮灭火，实现对换流变重点部位压制灭火，两套灭火系统均作用于着火换流变，完全覆盖特高压换流变所有火灾特征行为，解决灭火系统现有设计的不足和缺陷，从而实现高效灭火和可靠灭火。

(2) 本发明两套灭火系统的管道均与第一灭火介质产生子系统以及第二灭火介质产生子系统连接，两套灭火介质产生子系统互为备用，单套灭火介质产生子系统故障，还能够通过另外一套系统对喷淋灭火系统以及消防炮灭火系统供泡，进行灭火，可靠性高。另外，两套灭火系统也互为备用，单套灭火系统也能覆盖灭火区域，单套灭火系统故障，还能够通过另外一套灭火系统进行灭火，可靠性高。

(3) 由于换流变较低端容易发生火灾以及爆炸，所以喷淋管为抗爆喷淋管，其泡沫是通过远端的灭火介质产生子系统产生的，所以无需压力喷头产生泡沫，不需要设置压力喷头，泡沫直接通过喷淋管出口喷出，实现喷淋的效果。

(4) 套管、套管升高座等为换流变薄弱部位，这些薄弱部位最有可能

先发生火灾以及爆炸，所以在套管以及套管升高座旁布置有喷淋管的竖管，喷淋管的竖管与升高座以及套管均相对地面垂直，喷淋管能够喷淋灭火介质，通过喷淋管的竖管加强对薄弱部位的火灾防护，提高灭火效能。

(5) 两套灭火介质产生子系统分别设置在两个特高压换流站广场附近区域，相隔较远，当某个换流变着火时，系统动作时间存在一定区别，为了实现最佳灭火动作，当某个换流变着火时，离该换流变较近的灭火介质产生子系统优先给第一消防管道提供灭火介质，另一台离该换流变较远的灭火介质产生子系统给第二消防管道提供灭火介质；当第一灭火介质产生子系统和第二灭火介质产生子系统中某个灭火介质产生子系统发生故障时，控制模块控制能正常工作的灭火介质产生子系统输出的灭火介质输送到第一消防管道经喷淋管实现喷淋灭火效果，优先通过喷淋管对换流变四周进行灭火，可靠性强。明确系统响应时间，响应原则要求，避免给火灾发生初期发展创造条件。

(6) 所述第一灭火介质产生子系统以及第二灭火介质产生子系统布置在远离换流变所在区域的位置，灭火介质产生子系统远离可能的火灾发生地，发生火灾时，灭火介质产生子系统不会因火灾而损毁，即使发生爆炸导致消防管道终端破坏，灭火介质产生子系统还能产生灭火介质并通过管道将灭火介质输送到火灾发生处，进行灭火。

(7) 采用了远近结合、高低结合的布置策略，近端和低端布置喷淋灭火系统，远端和高端布置消防炮灭火系统，实现综合立体灭火，同时消防炮位于高端不易爆炸，喷淋管虽然位于低端但本身具有抗爆性能，因此大大降低火灾高能爆炸冲击对换流变区域所有灭火系统都造成致命破坏的风

险。

附图说明

图 1 为本发明实施例提供的适用特高压换流站的灭火系统中单个换流变及其灭火设施布置示意图；

图 2 为本发明实施例提供的适用特高压换流站的灭火系统中单阀组换流变与阀厅组成的极及其灭火设施布置示意图；

图 3 为本发明实施例提供的适用特高压换流站的灭火系统中特高压换流站及其灭火设施布置示意图；

图 4 为本发明实施例提供的适用特高压换流站的灭火系统中单个换流变点面结合灭火示意图；

图 5 为本发明实施例提供的适用特高压换流站的灭火系统的灭火流程示意图；

图 6 为本发明实施例提供的适用特高压换流站的灭火系统的灭火流程 A 部分具体流程图；

图 7 为本发明实施例提供的适用特高压换流站的灭火系统的灭火流程 B 部分具体流程图；

图 8 为本发明实施例提供的适用特高压换流站的灭火系统中喷淋灭火系统的试验结果示意图；

图 9 为本发明实施例提供的适用特高压换流站的灭火系统中消防炮灭火系统的试验结果示意图。

其中，各标号代表的零件如下：

1、换流变 2、防火墙 3、阀厅 4、喷淋灭火系统

401、第一消防管道 402、喷淋管 5、消防炮灭火系统
501、第二消防管道 502、消防炮 6、第一灭火介质产生子系统
7、第二灭火介质产生子系统 8、控制模块 9、第一就地控制柜
10、第二就地控制柜 11、第一分区选择阀 12、第二分区选择阀
13、供泡主管选择阀 14、第一供泡管道 15、第二供泡管道
16、套管。

具体实施方式

为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合本发明实施例，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

本实施例提供一种适用特高压换流站的灭火系统，如图 1 所示为单个换流变 1 及其灭火设施布置示意图，如图 2 为单阀组换流变 100 和阀厅 3 组成的极及其灭火设施布置示意图，如图 3 为特高压换流站及其灭火设施布置示意图，所述特高压换流站包括若干组相互平行布置的单阀组换流变 100，每个单阀组换流变 100 包括若干台等间隔布置的换流变 1，相邻换流变 1 之间通过防火墙 2 隔开，每个单阀组换流变 100 后侧均平行的布置一个阀厅 3，单阀组换流变 100 与对应的阀厅 3 整体构成一个极，两个极为一组极，每组极包括高端阀组和低端阀组，同组极内的两个极之间镜像对称设置，相邻组极之间的低端阀组背靠背布置或者高端阀组背靠背设置，每台换流变 1 的阀厅侧套管伸入其对应的阀厅 3 内。如图 3 所示，本实施例

中，特高压换流站包括依次平行布置的四个极，分别是极 1 高端阀组 200、极 1 低端阀组 300、极 2 低端阀组 400 以及极 2 高端阀组 500，极 1 高端阀组 200 和极 1 低端阀组 300 镜像对称设置，极 2 高端阀组和极 2 低端阀组 400 镜像对称设置，极 1 低端阀组 300 和极 2 低端阀组 400 背靠背设置，其中，每个单阀组换流变 100 具有 6 台换流变 1，相邻换流变 1 之间由防火墙 2 隔开，等间距布置。

重点参阅图 1、3 和图 4 所示，所述适用于特高压换流站的灭火系统包括喷淋灭火系统 4、消防炮灭火系统 5、第一灭火介质产生子系统 6、第二灭火介质产生子系统 7 以及控制模块 8，所述喷淋灭火系统 4 包括第一消防管道 401 和喷淋管 402，所述消防炮灭火系统 5 包括第二消防管道 501 和消防炮 502。所述第一灭火介质产生子系统 6 以及第二灭火介质产生子系统 7 均为压缩空气泡沫产生子系统，第一灭火介质产生子系统 6 以及第二灭火介质产生子系统 7 输出的灭火介质均为压缩空气泡沫。所述第一灭火介质产生子系统 6 以及第二灭火介质产生子系统 7 布置在远离换流变 1 所在区域的位置，一般分别布置在两个特高压换流站广场，第一灭火介质产生子系统 6 布置在极 1 广场，第二灭火介质产生子系统 7 布置在极 2 广场。灭火介质产生子系统远离可能的火灾发生地，发生火灾时，灭火介质产生子系统不会因火灾而损毁，即使发生爆炸导致爆炸点周围的部分消防管道终端破坏，灭火介质产生子系统还能产生灭火介质，并通过管道将灭火介质通过其他未被损坏的消防管道输送到火灾发生处，进行灭火。

所述特高压换流站内每个换流变 1 上方布置有第二消防管道 501，每个换流变 1 四周均设有第一消防管道 401，所述特高压换流站内每个换流变 1

两侧的防火墙 2 正上方均布置有一个消防炮 502, 每个消防炮 502 与一路第二消防管道 501 连通, 每个换流变 1 两侧的防火墙 2 上均设有喷淋管 402, 每个所述喷淋管 402 均与一路第一消防管道 401 连通, 每个换流变 1 所在位置的消防炮 502 以及喷淋管 402 的出口均正对所述换流变 1。所述控制模块 8 通过第一就地控制柜 9 与第一灭火介质产生子系统 6 连接, 控制模块 8 通过第二就地控制柜 10 与第二灭火介质产生子系统 7 连接。第一灭火介质产生子系统 6 的出口与所有的第一消防管道 401 的入口以及所有的第二消防管道 501 的入口连通, 第二灭火介质产生子系统 7 的出口与所有的第一消防管道 401 的入口以及所有的第二消防管道 501 的入口连通, 第一灭火介质产生子系统 6 能够单独同时给第一消防管道 401 以及第二消防管道 501 供泡, 第二灭火介质产生子系统 7 也能够单独同时给第一消防管道 401 以及第二消防管道 501 供泡, 但实际应用中考虑到压缩空气泡沫的流量问题, 一般是第一灭火介质产生子系统 6 给邻近的第一消防管道 401 供泡, 第二灭火介质产生子系统 7 给第二消防管道 501 供泡, 或者第二灭火介质产生子系统 6 给邻近的第一消防管道 401 供泡, 第一灭火介质产生子系统 7 给第二消防管道 501 供泡。

所有单阀组换流变 100 靠近第一灭火介质产生子系统 6 以及第二灭火介质产生子系统 7 的一端均设有第一分区选择阀 11 和第二分区选择阀 12, 所有第一消防管道 401 与其所在单阀组换流变 100 的第一分区选择阀 11 连接; 消防炮 502 设置在每个阀厅 3 挑檐上正对防火墙 2 的位置, 每个消防炮 502 分别通过第二消防管道 501 与一个第二分区选择阀 12 连接; 所有第一分区选择阀 11 以及所有第二分区选择阀 12 均顺次通过供泡主管选择阀

13 以及第一供泡管道 14 与第一灭火介质产生子系统 6 的出口连接；所有第一分区选择阀 11 以及所有第二分区选择阀 12 均顺次通过供泡主管选择阀 13 以及第二供泡管道 15 与第二灭火介质产生子系统 7 的出口连接。第一消防管道 401 出口连接喷淋管 402，实现喷淋灭火，第二消防管道 501 的出口与消防炮 502 连接，实现消防炮 502 灭火。喷淋灭火系统 4 的消防管道布置在每个换流变 1 四周，对每个换流变 1 四周进行灭火，消防炮灭火系统 5 的消防管道布置在每个换流变 1 上方，从每个换流变 1 上方发射灭火介质进行压制灭火，两套灭火系统实现换流变 1 全区域完全覆盖，完全覆盖特高压换流变 1 的四周以及上方的所有火灾特征行为，同时两套灭火介质产生子系统互为备用，单套灭火介质产生子系统损坏，另一台灭火介质产生子系统能够继续提供灭火介质，系统可靠性高。

本实施例的灭火系统采用了远近结合、高低结合的布置策略，近端和低端布置压缩空气泡沫喷淋灭火系统 4，即喷淋管 402 的横管与防火墙 2 侧面的第一消防管道 401 连通且横管具有若干个出口，远端和高端布置压缩空气泡沫消防炮灭火系统 5，即每个阀厅 3 挑檐上正对防火墙 2 的位置均设有消防炮 502，实现综合立体灭火，同时消防炮 502 位于高端不易爆炸，喷淋管 402 虽然位于低端但本身具有抗爆性能，抗爆性能在下面内容中会详细叙述，因此大大降低火灾高能爆炸冲击对换流变 1 区域所有灭火系统都造成致命破坏的风险。

如图 1 所示，每个所述换流变 1 中间部位设置有套管 16 以及套管升高座，所述套管 16 以及套管升高座旁布置有喷淋管 402，所述喷淋管 402 为抗爆喷淋管 402。喷淋管 402 为由横管和竖管组合而成的十字架形管道，竖

管与升高座以及套管 16 均相对地面垂直，横管与防火墙 2 侧面的第一消防管道 401 连通，且横管和竖管上均开设若干个开口。套管 16、套管升高座等为换流变 1 薄弱部位，这些薄弱部位最有可能先发生火灾以及爆炸，所以在套管 16 以及套管升高座旁布置有喷淋管 402，喷淋管 402 的竖管与升高座以及套管 16 均相对地面垂直，喷淋管 402 能够喷淋灭火介质，通过喷淋管 402 的竖管加强对薄弱部位的火灾防护，提高灭火效能。换流变 1 发生火灾以及爆炸后最先损伤的是距离换流变 1 最近的装置，即位于低端的喷淋管容易被炸坏，现有灭火系统中的喷淋管上设置的均是压力喷头，即由压力喷头将介质转换成泡沫喷出灭火，一旦喷淋管被炸坏，相应的喷头也被炸坏，则介质产生系统产生的介质通过喷淋管继续流出，但是因为无法被转换为泡沫，所以无法起到灭火的作用，同时介质的不断流出，也是对介质的浪费，本实施例的介质产生子系统布置在远端，并且第一灭火介质产生子系统 6 以及第二灭火介质产生子系统 7 输出的灭火介质均为压缩空气泡沫，无需设置压力喷头将介质转换成泡沫，因此，即使喷淋管被炸坏，也不会导致灭火系统失效，第一灭火介质产生子系统 6 以及第二灭火介质产生子系统 7 产生的压缩空气泡沫会继续通过管道出口喷淋到着火的部分，继续灭火。

所述换流变 1 四周设有降噪板（图未示），降噪板以及换流变 1 整体位于两扇防火墙 2 之间，套管 16 以及套管升高座穿出降噪板位于换流变 1 中间正上方位置，位于防火墙 2 上的第一消防管道 401 穿过降噪板与横管连通且横管的若干个出口正对换流变 1，竖管穿出降噪板与套管 16 以及套管 16 升高平行。降噪板能够有效消除换流变 1 的噪声。

本发明实施例 1 的工作过程为：如图 5 至图 7 所示，图中只是用火灾探测器探测火灾的发生，实际中，需要通过感温探测器、火焰探测器等进行火灾检测，单阀组换流变 100 本体并行独立布置两路缆式感温探测器（图未示），第一感温探测器和第二感温探测器，每相换流变 1 周边防火墙 2 布置 2 台火焰探测器，分别为第一火焰探测器和第二火焰探测器。当第一火焰探测器发出动作信号，同时第一感温探测器发出动作信号，满足“三取二”条件时，组合报警系统发出声光报警信号。若仅火焰探测器或仅缆式感温探测器发出动作信号时，组合报警系统则不报警。同时，某相换流变 1 出现异常，单阀组换流变 100 的断路器开关发出响应动作，断路器开关分位，该阀组停电。声光报警信号、报警位置信号，断路器开关分位信号传输到主控模块 8，主控模块 8 启动灭火系统。

以下以极 1 高低端阀组火灾为例来说明灭火的详细过程，当然，其他极发生火灾的处理方法类似。

当极 1 高低端阀组火灾，由于极 1 高低端阀组布置在极 1 广场，第一灭火介质产生子系统 6 也布置在极 1 广场，第一分区选择阀 11 以及第二分区选择阀 12 均通过管道与第一灭火介质产生子系统 6 连接，控制第一分区选择阀 11 以及第二分区选择阀 12 的启动来选择采用压缩空气泡沫喷淋灭火系统 4 还是压缩空气泡沫消防炮灭火系统 5 灭火，由于喷淋灭火响应比消防炮灭火快且覆盖面广，所以为了尽快灭火，一般都是优先选择喷淋灭火，同时选择管道路径短的灭火介质产生系统以节省更多的时间，所以主控模块通过第一就地控制柜 9 打开离着火阀组最近的第一灭火介质产生子系统 6 所连接的第一分区选择阀 11，并且自动启动第一灭火介质产生子系

统 6，由第一灭火介质产生子系统 6 给第一消防管道 401 供泡，与第一分区选择阀 11 连接的第一消防管道 401 通过喷淋管 402 出泡，实现对极 1 高端阀组喷淋灭火。极 1 高低端阀组指的是极 1 高端阀组和极 1 低端阀组。

第二灭火介质产生子系统 7 位于极 2 广场，离极 1 高低端阀组较远，且消防炮 502 响应比喷淋管 402 响应慢，所以可以由第二灭火介质产生子系统 7 给消防炮 502 供泡实现消防炮 502 灭火，主控模块 8 通过第二就地控制柜 10 打开第二灭火介质产生子系统 7 所连接的第二分区选择阀 12，并且自动启动第二灭火介质产生子系统 7，与第二分区选择阀 12 连接的第二消防管道 501 通过消防炮 502 出泡，实现对极 1 高低端阀组消防炮 502 灭火。

同理，当极 1 高低端阀组没有火灾，则极 2 高低端阀组火灾，由于极 2 高低端阀组布置在极 2 广场，第二灭火介质产生子系统 7 也布置在极 2 广场，第二灭火介质产生子系统 7 离极 2 高低端阀组较近，所以通过第二灭火介质产生子系统 7 给第一消防管道 401 供泡，最短的管道路径以及最快的响应方式以达到节省灭火时间的目的，主控模块通过第一就地控制柜 9 打开离着极 2 高低端阀组最近的第二灭火介质产生子系统 7 所连接的第一分区选择阀 11，并且自动启动第二灭火介质产生子系统 7，与第一分区选择阀 11 连接的第一消防管道 401 通过喷淋管 402 出泡，实现对极 2 高低端阀组喷淋灭火。极 2 高低端阀组指的是极 2 高端阀组和极 2 低端阀组。

当极 2 高低端阀组火灾，主控模块通过第二就地控制柜 10 打开第二灭火介质产生子系统 7 所连接的第二分区选择阀 12，并且自动启动第二灭火介质产生子系统 7，与第二分区选择阀 12 连接的第二消防管道 501 通过消

消防炮 502 出泡，实现对极 2 高低端阀组消防炮 502 灭火。

需要说明的是，初始状态时，第一灭火介质产生子系统 6 与邻近的极 1 的第一消防管道 401 之间的阀为常闭状态，第二灭火介质产生子系统 7 与相隔较远的极 1 的第二消防管道 501 之间的阀为常闭状态；第二灭火介质产生子系统 7 与邻近的极 2 的第一消防管道 401 之间的阀为常闭状态，第一灭火介质产生子系统 6 与相隔较远的极 2 的第二消防管道 501 之间的阀为常闭状态；对于分区选择阀的启动以及灭火介质产生子系统的启动均可以采用远程手动启动或者就地手动启动。

综上所述，灭火过程为首先同时启动两套灭火系统，两套灭火介质产生子系统分别设置在两个特高压换流站广场附近区域，相隔较远，当某个换流变 1 着火时，系统动作时间存在一定区别，为了实现最佳灭火动作，当单阀组换流变 100 中某换流变 1 着火时，对于离着火换流变 1 最近的压缩空气泡沫产生子系统，通过控制阀室中的分区选择阀开闭状态，使该套压缩空气泡沫产生子系统提供的压缩空气泡沫优先供给该换流变 1 周围的第一消防管道 401，使喷淋管 402 的横管释放压缩空气泡沫实现对换流变 1 全域覆盖，喷淋管 402 的竖管实现对套管 16 区域加强覆盖。同时，离着火换流变 1 较远的另一套压缩空气泡沫子系统通过分区选择阀室向位于阀厅 3 挑檐的消防炮 502 供给压缩空气泡沫，实现对换流变 1 火灾重点区域进行压制灭火。

如图 3 所示，对于全站 4 个单阀组换流变 100 共 24 台换流变 1，位置跨度较大，会导致系统响应时间不同。为实现最大的灭火效能，不同位置换流变 1 着火系统的响应顺序存在一定区别。如图 3 所示，当极 1 高端阀

组 200 发生火灾时，离该极 1 高端阀组 200 较近的第一灭火介质产生子系统 6 优先向喷淋管 402 供泡，离该阀组较远的第二灭火介质产生子系统 7 则向消防炮 502 供泡。反之，当极 2 高端阀组 500 发生火灾时，离该极 2 高端阀组 500 较近的第二灭火介质产生子系统 7 优先向喷淋管 402 供泡，离该极 2 高端阀组 500 较远的第一灭火介质产生子系统 6 则向消防炮 502 释放装置供泡。

通过设置灭火原则，位于低端的喷淋管 402 进行换流变 1 全区域覆盖喷淋灭火，位于高端的消防炮 502 实现对重点部位的压制灭火，且控制模块 8 能够控制优先对位于较低端的换流变 1 四周进行灭火，实现点面结合灭火效能，灭火效能更高，灭火可靠性强。

为了进一步提高灭火效果，比如换流变 1 高端有出火点，但位于低端的喷淋管 402 无法将泡沫喷淋到高出火点，经预设时间间隔以后，控制模块 8 控制能正常工作的灭火介质产生子系统输出的灭火介质还输送到第二消防管道 501，第二消防管道 501 的出口位于换流变 1 上方的较高端，从第二消防管道 501 的出口发射灭火介质进行压制灭火。控制模块 8 也可以控制能正常工作的灭火介质产生子系统同时输出泡沫到第一消防管道 401 以及第二消防管道 501，但由于第二消防管道 501 连接的是消防炮 502，其响应时间一般是 5min，第一消防管道 401 连接的是喷淋管 402，其响应时间一般是 90s，所以两种终端释放装置是存在时延的，如果同时供泡的话，首先没有充足的泡沫供到第一消防管道 401 供喷淋使用，导致灭火反应时间延长，其次，即使同时供泡，由于消防炮 502 的响应时间限制，导致有泡但其并没有到发射的时间，此时段给消防炮 502 供泡属于资源和时间的浪

费，所以优先给位于低端的喷淋管 402 供充足的泡沫，不能能够减少压制火灾的时间还能够最大限度的覆盖火灾范围。当喷淋管 402 喷淋几分钟后，已经对火灾区域进行了长达几分钟的全范围覆盖灭火，此时到了消防炮 502 的响应时间，于是给消防炮 502 供泡，进一步压制灭火，使得灭火达到最佳效果

为验证本发明的灭火系统、灭火方法适用于特高压换流变火灾，开展了 1:1 全尺寸特高压换流变实体火试验，立体溢流火面积达 100m^2 以上，首先将变压器油温加热到 150°C 左右后点燃，待充分燃烧后，开启压缩空气泡沫灭火系统。分别独立开展了喷淋灭火系统 4 和消防炮灭火系统 5，喷淋灭火系统 4 的试验结果如图 8 所示，喷淋灭火系统 4 的关键参数如表 1 所示，消防炮灭火系统 5 的试验结果如图 9 所示，消防炮灭火系统 5 的关键参数如表 2 所示。从图 8 中可以看出喷淋灭火系统 4 的灭火时间为 180s，从图 9 中可以看消防炮灭火系统 5 的灭火时间为 210s，喷淋灭火系统 4 比消防炮灭火系统 5 响应速度更快，两次独立性试验测试佐证了本发明提出的灭火系统、灭火方法是完全符合特高压换流站火灾灭火需求的。

表 1 喷淋灭火系统的关键参数

灭火过程关键参数	
基础油温/ $^\circ\text{C}$	155
预燃时间/min	4.3
混合液流量 L/min	2200
喷淋强度 $\text{L}/(\text{min}\cdot\text{m}^2)$	12.5
控火时间/s	30
灭火时间/s	180

表 2 消防炮灭火系统的关键参数

灭火过程关键参数	
基础油温/°C	155
预燃时间/min	3
混合液流量 L/min	2931
单台消防炮流量 L/s	24.4
控火时间/s	93
灭火时间/s	210

通过以上技术方案，本发明实施例 1 提供的适用特高压换流站的灭火系统，一套灭火系统的消防管道布置在每个换流变 1 四周，对每个换流变 1 四周进行灭火，另一套灭火系统的消防管道布置在每个换流变 1 上方，从每个换流变 1 上方发射灭火介质进行压制灭火，两套灭火系统实现换流变 1 全区域完全覆盖，完全覆盖特高压换流变 1 的四周以及上方的所有火灾特征行为，同时两套系统互为备用，单套灭火介质产生子系统损坏，另一台灭火介质产生子系统能够继续提供灭火介质，系统可靠性高。另外，本实施例的介质产生子系统布置在远端，并且第一灭火介质产生子系统 6 以及第二灭火介质产生子系统 7 输出的灭火介质均为压缩空气泡沫，无需设置压力喷头将介质转换成泡沫，因此，即使喷淋管被炸坏，也不会导致灭火系统失效，第一灭火介质产生子系统 6 以及第二灭火介质产生子系统 7 产生的压缩空气泡沫会继续通过管道出口喷淋到着火的部位，继续灭火。

以上实施例仅用以说明本发明的技术方案，而非对其限制；尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明，本领域的普通技术人员应当理解：其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分技术特征进行等同替换；而这些修改或者替换，并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围。

权 利 要 求 书

1. 适用特高压换流站的灭火系统，其特征在于，包括至少一套喷淋灭火系统和至少一套消防炮灭火系统，所述每套喷淋灭火系统包括第一消防管道和喷淋管，所述每套消防炮灭火系统包括第二消防管道和消防炮，所述特高压换流站内每个换流变两侧的防火墙正上方均布置有至少一个消防炮，每个消防炮与一路第二消防管道连通，每个换流变两侧的防火墙上均设有至少一个喷淋管，每个所述喷淋管均与一路第一消防管道连通，每个换流变所在位置的消防炮以及第一消防管道喷淋管的出口均正对所述换流变。

2. 根据权利要求 1 所述的适用特高压换流站的灭火系统，其特征在于，还包括第一灭火介质产生子系统、第二灭火介质产生子系统以及控制模块，所述控制模块分别与第一灭火介质产生子系统以及第二灭火介质产生子系统连接，第一灭火介质产生子系统的出口与所有的第一消防管道的入口以及所有的第二消防管道的入口连通，第二灭火介质产生子系统的出口与所有的第一消防管道的入口以及所有的第二消防管道的入口连通。

3. 根据权利要求 2 所述的适用特高压换流站的灭火系统，其特征在于，所述特高压换流站包括若干组相互平行布置的单阀组换流变，每个单阀组换流变包括若干台等间隔布置的换流变，相邻换流变之间通过防火墙隔开，每个单阀组换流变后侧均平行的布置一个阀厅，单阀组换流变与对应的阀厅整体构成一个极，两个极为一组极，每组极包括高端阀组和低端阀组，同组极内的两个极之间镜像对称设置，相邻组极之间的低端阀组背靠背布置或者高端阀组背靠背设置，每台换流变的阀厅侧套管伸入其对应的阀厅内。

4.根据权利要求 3 所述的适用特高压换流站的灭火系统，其特征在于，所有单阀组换流变靠近第一灭火介质产生子系统以及第二灭火介质产生子系统的一端均设有第一分区选择阀和第二分区选择阀，所有第一消防管道与其所在单阀组换流变的第一分区选择阀连接；消防炮设置在每个阀厅挑檐上正对防火墙的位置，每个消防炮分别通过第二消防管道与一个第二分区选择阀连接；所有第一分区选择阀以及所有第二分区选择阀均通过第一供泡管道与第一灭火介质产生子系统的出口连接；所有第一分区选择阀以及所有第二分区选择阀均通过第二供泡管道与第二灭火介质产生子系统的出口连接。

5.根据权利要求 1 所述的适用特高压换流站的灭火系统，其特征在于，所述喷淋管为抗爆喷淋管。

6.根据权利要求 5 所述的适用特高压换流站的灭火系统，其特征在于，喷淋管为由横管和竖管组合而成的十字架形管道，竖管与相对地面垂直，横管与防火墙侧面的第一消防管道连通，且横管竖管上均开设有若干个开口。

7.根据权利要求 6 所述的适用特高压换流站的灭火系统，其特征在于，所述换流变四周设有降噪板，降噪板以及换流变整体位于两扇防火墙之间，换流变的套管以及套管升高座穿出降噪板位于换流变中间正上方位置，位于防火墙上的第一消防管道穿过降噪板与横管连通且横管的若干个开口正对换流变，竖管穿出降噪板与套管以及套管升高平行。

8.根据权利要求 2 所述的适用特高压换流站的灭火系统，其特征在于，所述第一灭火介质产生子系统以及第二灭火介质产生子系统布置在远离换

流变所在区域的位置。

9.根据权利要求 8 所述的适用特高压换流站的灭火系统，其特征在于，所述第一灭火介质产生子系统以及第二灭火介质产生子系统均为压缩空气泡沫产生子系统，第一灭火介质产生子系统以及第二灭火介质产生子系统输出的灭火介质均为压缩空气泡沫。

10.根据权利要求 1-9 任一项所述的适用特高压换流站的灭火系统的灭火方法，其特征在于，所述方法包括：

当某个换流变着火时，同时启动喷淋灭火系统和消防炮灭火系统，喷淋灭火系统的第一消防管道的出口连接喷淋管，喷淋管的多个出口正对换流变的四周，实现喷淋灭火，且喷淋管位于换流变的低端以及侧面，实现全覆盖灭火，消防炮灭火系统的第二消防管道的出口连接消防炮，管道布置在换流变的高端且为消防炮灭火，实现对换流变重点部位压制灭火，两套灭火系统均作用于着火换流变，完全覆盖特高压换流变所有火灾特征行为。

11.根据权利要求 10 所述的适用特高压换流站的灭火方法，其特征在于，所述方法还包括：

所述灭火系统还包括第一灭火介质产生子系统、第二灭火介质产生子系统以及控制模块，当某个换流变着火时，第一灭火介质产生子系统和第二灭火介质产生子系统中，控制模块控制离该换流变较近的灭火介质产生子系统优先给第一消防管道提供灭火介质，通过换流变两侧防火墙上喷淋管对着火换流变主体及四周进行全域灭火，另一台离该换流变较远的灭火介质产生子系统给第二消防管道提供灭火介质，第二消防管道的出口位于

换流变上方的较高端，从第二消防管道的出口发射灭火介质进行压制灭火。

12.根据权利要求 11 所述的适用特高压换流站的灭火方法，其特征在于，所述灭火系统还包括极 1 高低端阀组、第一就地控制柜、极 2 高低端阀组、第二就地控制柜、第一分区选择阀以及第二分区选择阀，第一消防管道与第一分区选择阀连接，第二消防管道与第二分区选择阀连接，第一分区选择阀以及第二分区选择阀均通过管道与第一灭火介质产生子系统以及第二灭火介质产生子系统连接，极 1 高低端阀组布置在极 1 广场，极 2 高低端阀组布置在极 2 广场；

当极 1 高低端阀组火灾，主控模块通过第一就地控制柜打开离着火阀组最近的第一灭火介质产生子系统所连接的第一分区选择阀，并且自动启动第一灭火介质产生子系统，与第一分区选择阀连接的第一消防管道通过喷淋管出泡，实现对极 1 高低端阀组喷淋灭火。

13.根据权利要求 12 所述的适用特高压换流站的灭火方法，其特征在于，当极 1 高低端阀组火灾，主控模块通过第二就地控制柜打开第二灭火介质产生子系统所连接的第二分区选择阀，并且自动启动第二灭火介质产生子系统，与第二分区选择阀连接的第二消防管道通过消防炮出泡，实现对极 1 高低端阀组消防炮灭火。

14.根据权利要求 12 所述的适用特高压换流站的灭火方法，其特征在于，当极 1 高低端阀组没有火灾，则极 2 高低端阀组火灾，主控模块通过第一就地控制柜打开离着极 2 高低端阀组最近的第二灭火介质产生子系统所连接的第一分区选择阀，并且自动启动第二灭火介质产生子系统，与第一分区选择阀连接的第一消防管道通过喷淋管出泡，实现对极 2 高低端阀组喷

淋灭火。

15.根据权利要求 14 所述的适用特高压换流站的灭火方法,其特征在于,当极 2 高低端阀组火灾,主控模块通过第二就地控制柜打开第二灭火介质产生子系统所连接的第二分区选择阀,并且自动启动第二灭火介质产生子系统,与第二分区选择阀连接的第二消防管道通过消防炮出泡,实现对极 2 高低端阀组消防炮灭火。

16.根据权利要求 12 所述的一种适用于特高压换流站的灭火方法,其特征在于,所述方法还包括:

第一灭火介质产生子系统和第二灭火介质产生子系统中某个灭火介质产生子系统发生故障时,控制模块控制能正常工作的灭火介质产生子系统输出的灭火介质输送到第一消防管道,优先通过喷淋管对着火换流变进行灭火,实现全区域快速灭火。

17.根据权利要求 16 所述的一种适用于特高压换流站的灭火方法,其特征在于,当极 1 高低端阀组火灾,第一灭火介质产生子系统出现故障不能工作,主控模块通过第二就地控制柜打开第二灭火介质产生子系统所连接的第一分区选择阀,并且自动启动第二灭火介质产生子系统,第二灭火介质产生子系统向第一消防管道输送灭火介质,与第一分区选择阀连接的第一消防管道通过喷淋管出泡,实现对极 1 高低端阀组喷淋灭火。

18.根据权利要求 16 所述的一种适用于特高压换流站的灭火方法,其特征在于,当极 1 高低端阀组火灾,第二灭火介质产生子系统出现故障不能工作,主控模块通过第一就地控制柜打开第一灭火介质产生子系统所连接的第一分区选择阀,并且自动启动第一灭火介质产生子系统,第一灭火介

质产生子系统向第一消防管道输送灭火介质，与第一分区选择阀连接的第一消防管道通过喷淋管出泡，实现对极 1 高低端阀组喷淋灭火。

19.根据权利要求 17 或 18 所述的一种适用于特高压换流站的灭火方法，其特征在于，所述方法还包括：

经预设时间间隔以后，控制模块控制能正常工作的灭火介质产生子系统输出的灭火介质还输送到第二消防管道，第二消防管道的出口位于换流变上方的较高端，从第二消防管道的出口发射灭火介质进行压制灭火。

20.根据权利要求 19 所述的一种适用于特高压换流站的灭火方法，其特征在于，所述预设时间间隔的取值范围为 0~5min。

21.根据权利要求 20 所述的一种适用于特高压换流站的灭火方法，其特征在于，当预设时间间隔为 0 时，控制模块控制能正常工作的灭火介质产生子系统输出的灭火介质同时输送到第一消防管道和第二消防管道，同时进行喷淋灭火和消防炮灭火。

22.具有权利要求 1-9 任一项所述灭火系统的特高压换流站，包括若干组相互平行布置的单阀组换流变，每个单阀组换流变包括若干台等间隔布置的换流变，相邻换流变之间通过防火墙隔开，每个单阀组换流变后侧均平行的布置一个阀厅，还包括至少一个压缩空气泡沫产生子系统以及控制模块，所述控制模块分别与所有压缩空气泡沫产生子系统连接，压缩空气泡沫产生子系统的出口与所有的第一消防管道的入口以及所有的第二消防管道的入口连通。

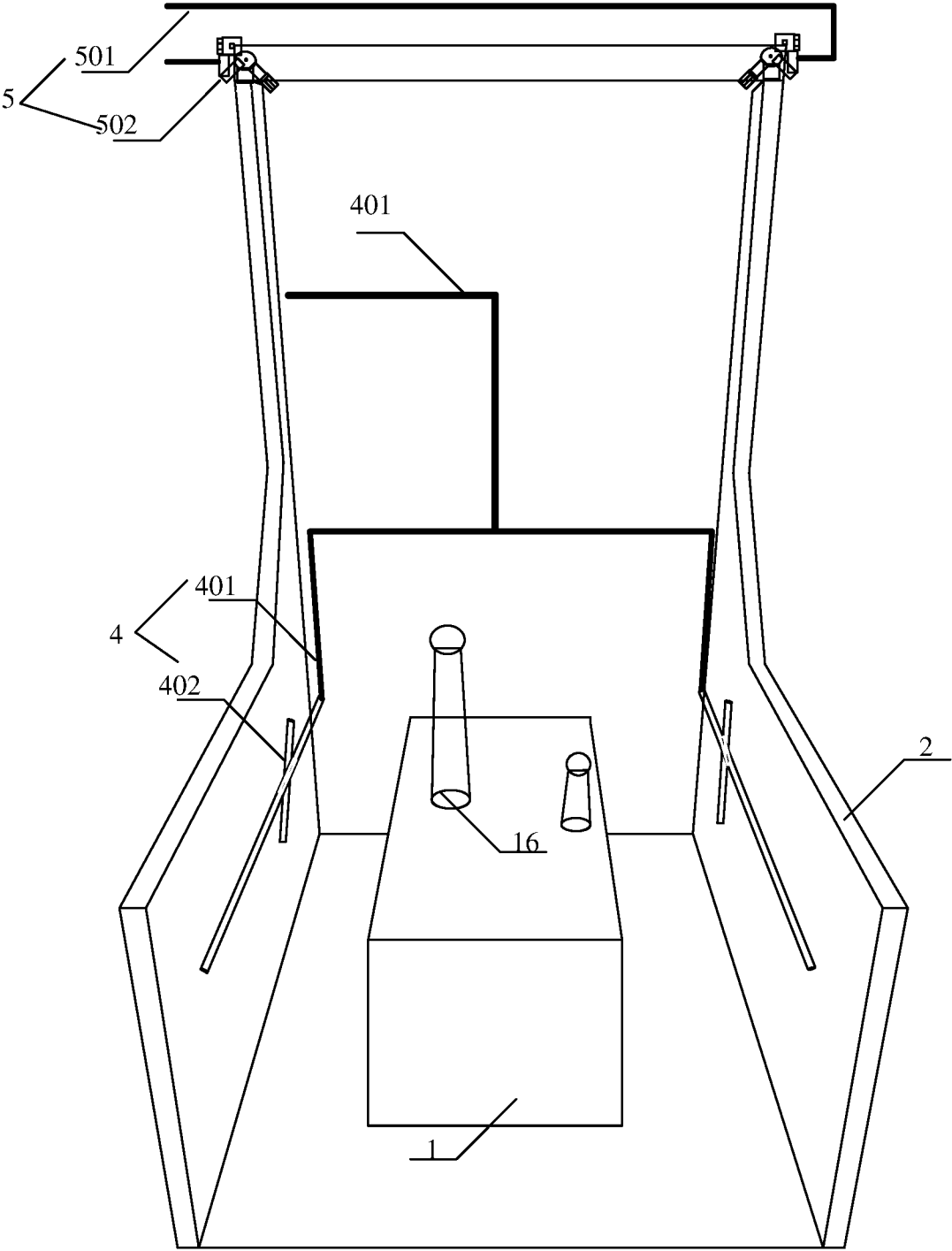


图 1

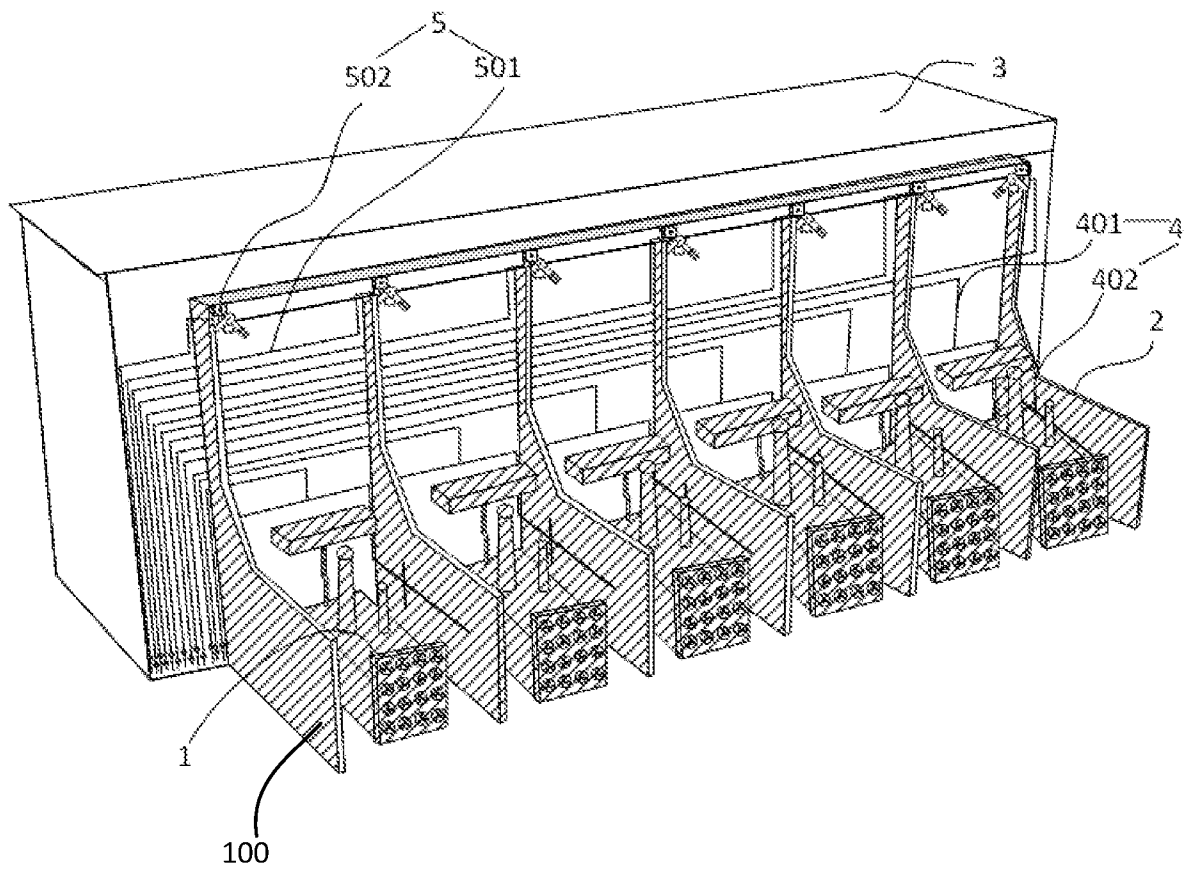


图 2

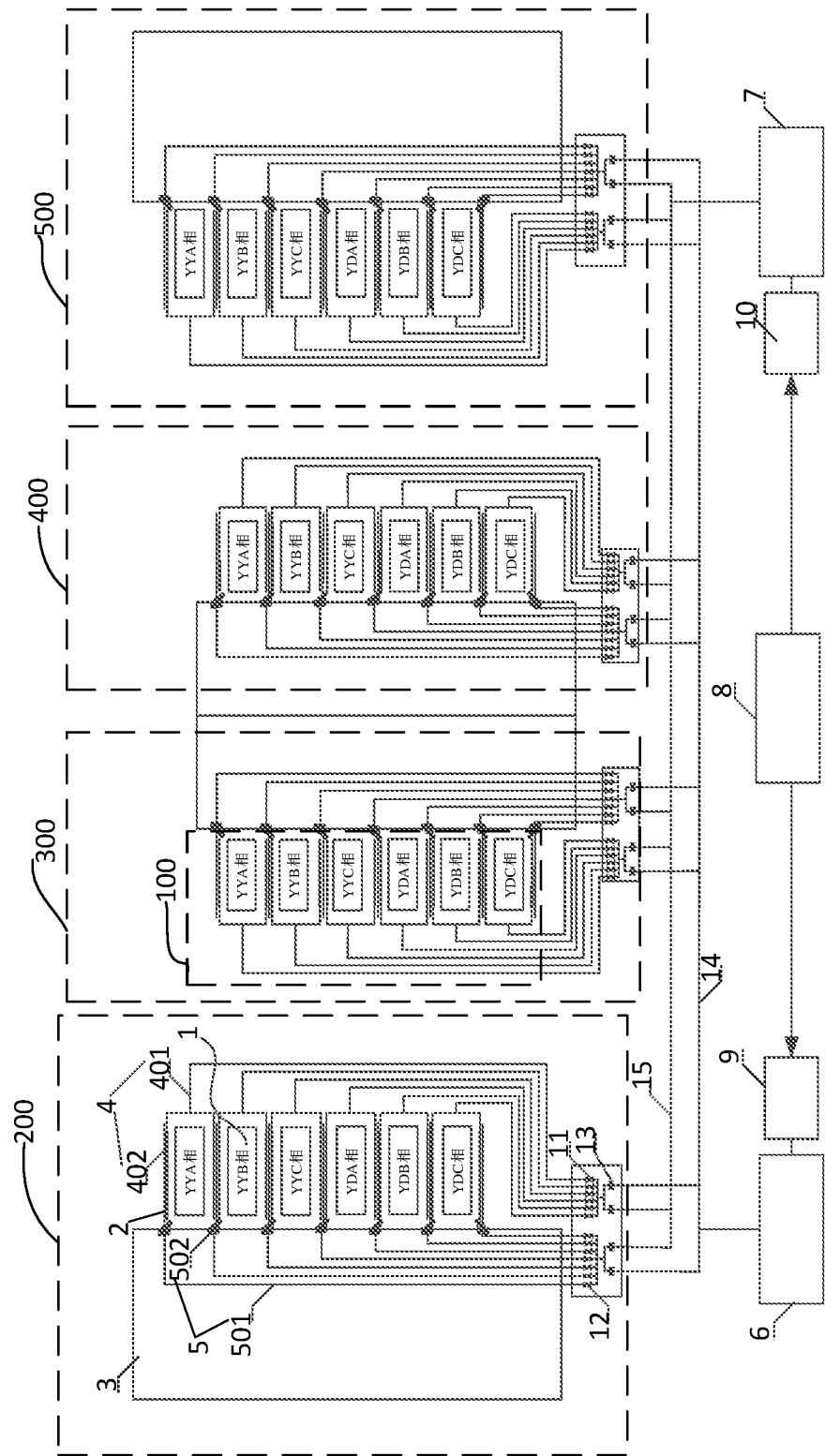


图 3

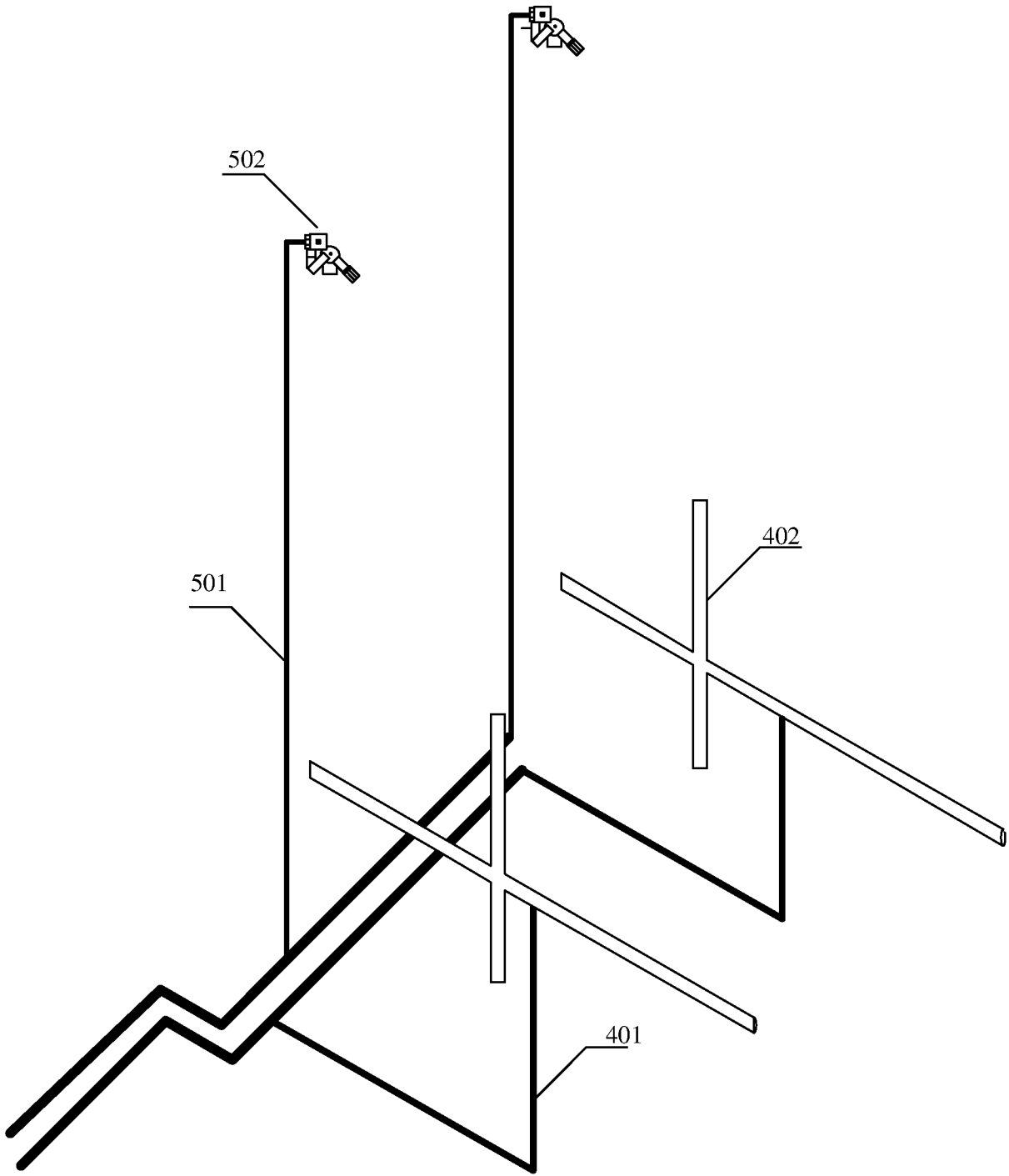


图 4

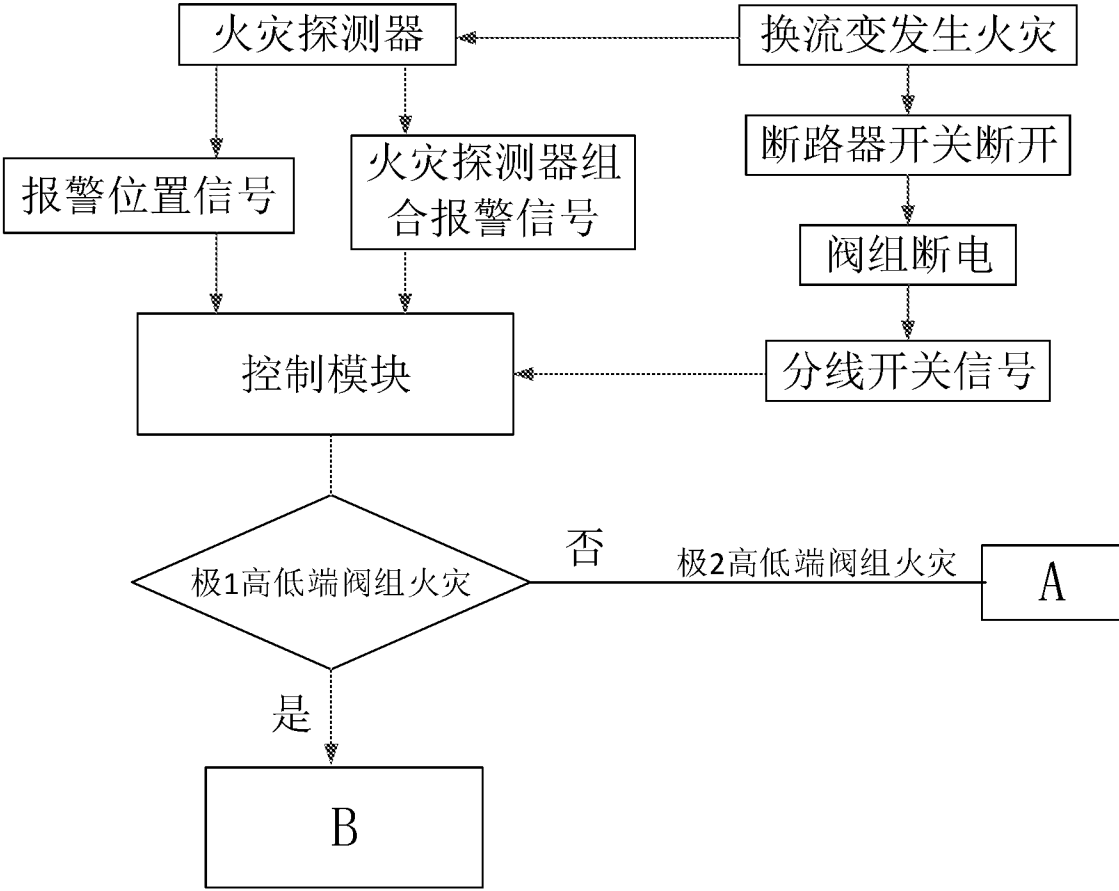


图 5

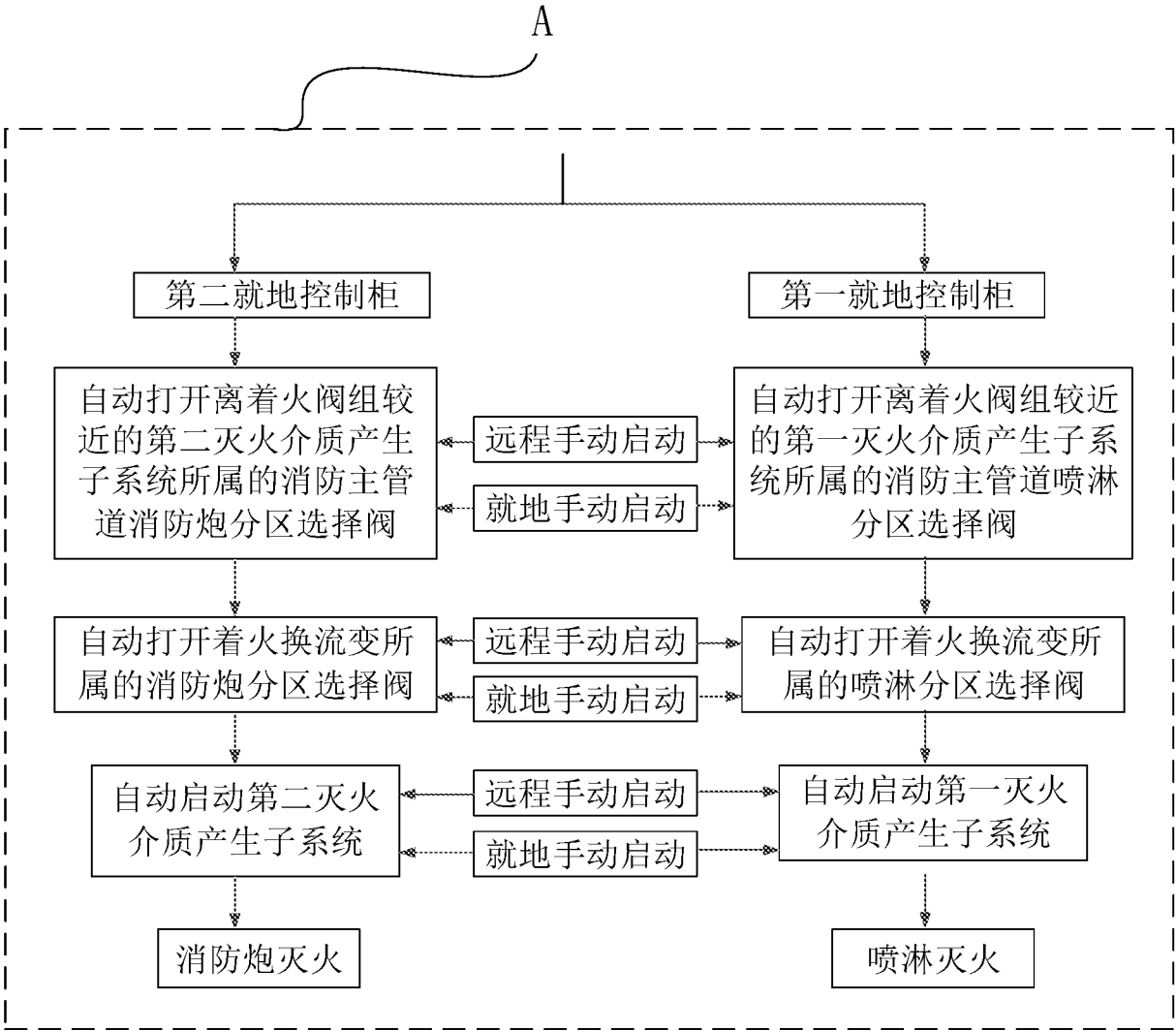


图 6

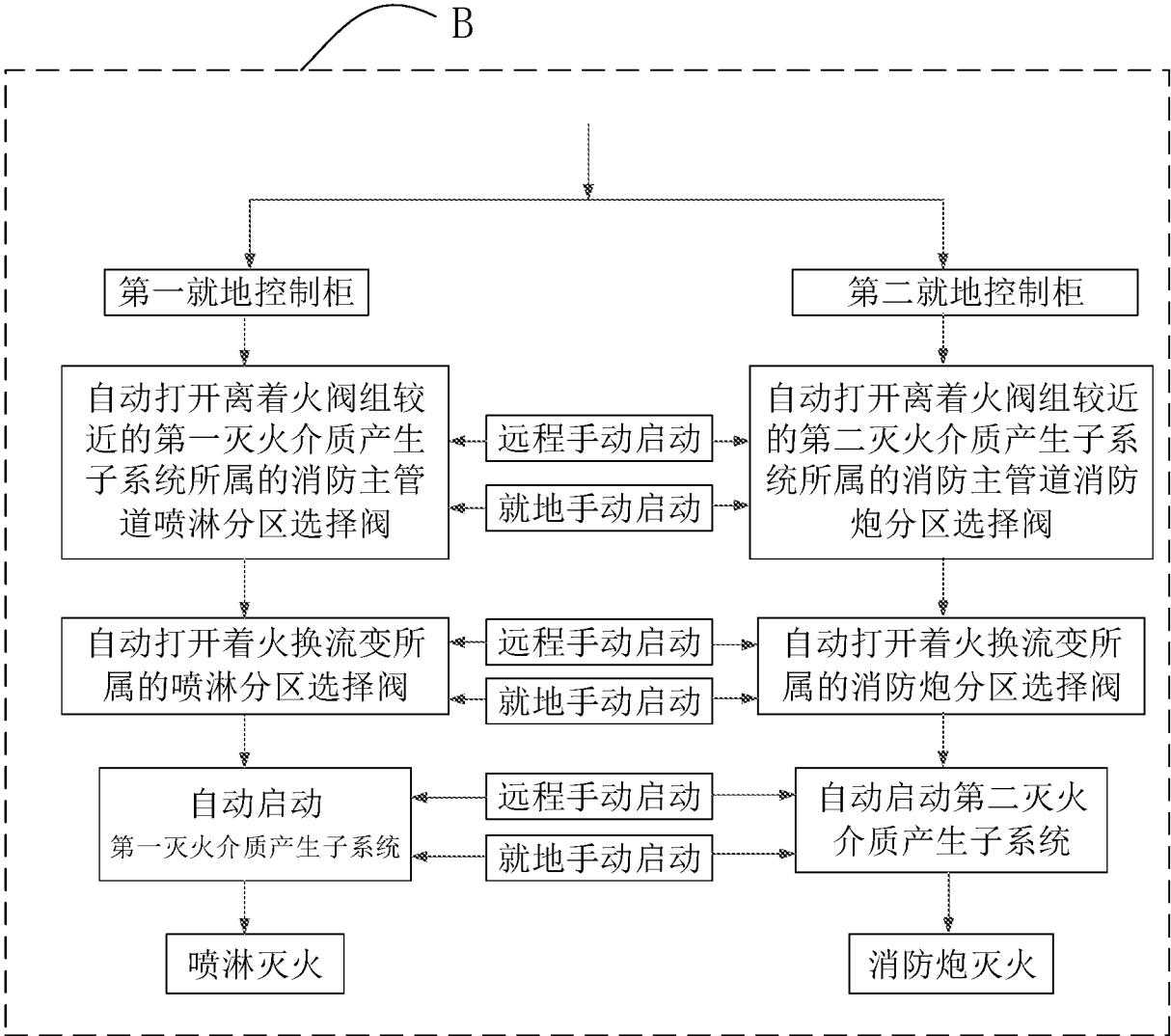


图 7

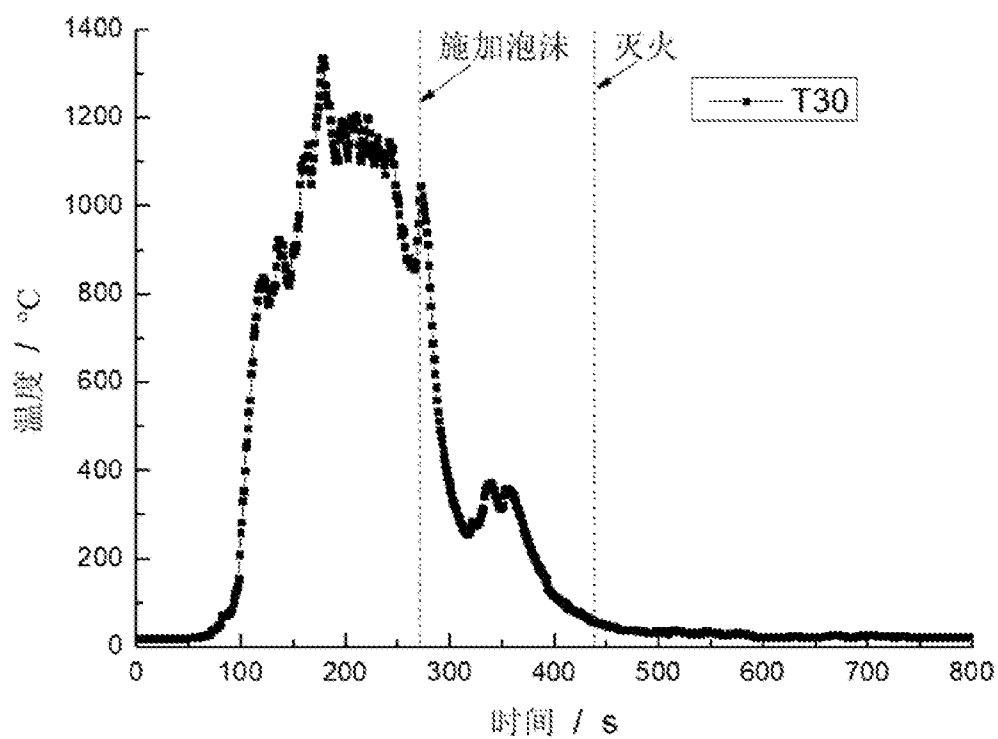


图 8

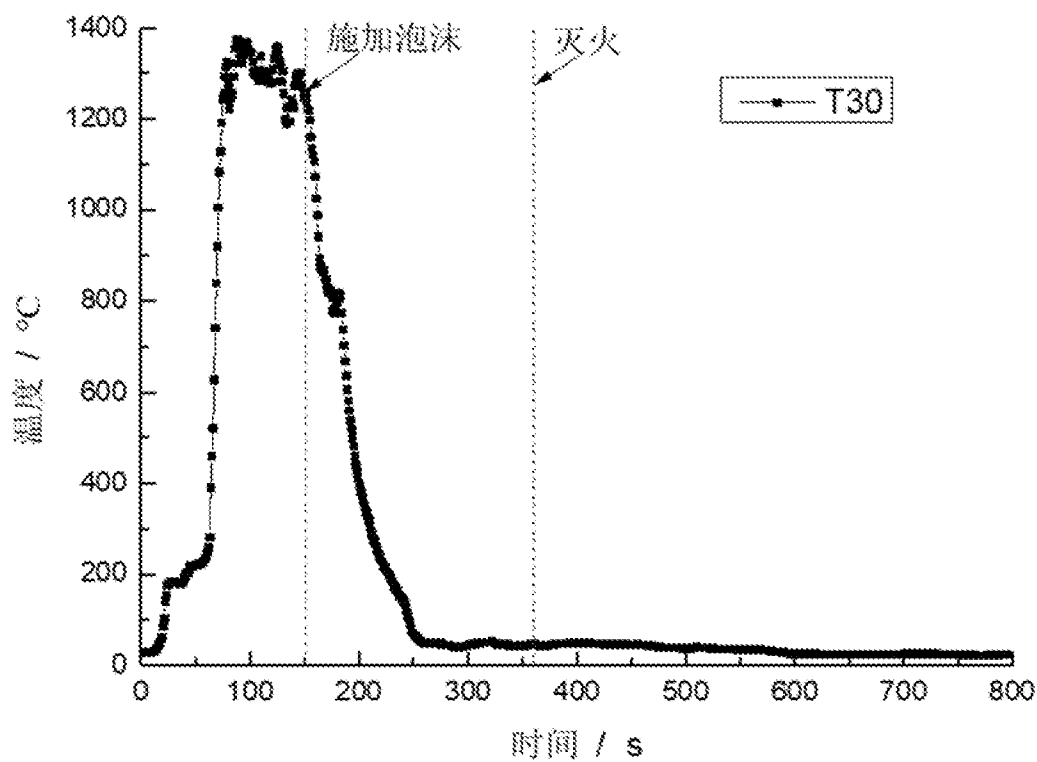


图 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/100778

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A62C 3/16(2006.01)i; A62C 31/05(2006.01)i; A62C 31/03(2006.01)i; A62C 31/12(2006.01)i; A62C 37/40(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)

A62C3/-; A62C31/-; A62C37/-

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; WPI; EPODOC; ISI Web of Knowledge; CNKI: 特高压, 换流站, 换流变, 变压器, 消防, 灭火, 喷淋, Ultra-high voltage, UHV, fire extinguishing, converter transformer, converter station, fire fighting, spray

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 111790080 A (ELECTRIC POWER SCIENCE RESEARCH INSTITUTE OF STATE GRID ANHUI ELECTRIC POWER CO., LTD. et al.) 20 October 2020 (2020-10-20) claims 1-22	1-22
PX	CN 112473047 A (ELECTRIC POWER SCIENCE RESEARCH INSTITUTE OF STATE GRID ANHUI ELECTRIC POWER CO., LTD. et al.) 12 March 2021 (2021-03-12) claims 1-22	1-22
X	CN 111228682 A (ELECTRIC POWER SCIENCE RESEARCH INSTITUTE OF STATE GRID ANHUI ELECTRIC POWER CO., LTD. et al.) 05 June 2020 (2020-06-05) description paragraphs 5, 36-48; description figures 1-2	1, 5-7, 10-22
Y	CN 111228682 A (ELECTRIC POWER SCIENCE RESEARCH INSTITUTE OF STATE GRID ANHUI ELECTRIC POWER CO., LTD. et al.) 05 June 2020 (2020-06-05) description paragraphs 5, 36-48, description figures 1-2	2-4, 8-22
Y	CN 210521602 U (SHANGHAI GRAMAN INTERNAT FIRE EQUIPMENT CO., LTD.) 15 May 2020 (2020-05-15) description, paragraphs 18-35, figures 1-2	2-4, 8-22



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

26 August 2021

Date of mailing of the international search report

18 September 2021

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/100778**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 109603038 A (CPECC GROUP SOUTHWEST ELECTRIC POWER DESIGN INST.) 12 April 2019 (2019-04-12) entire document	1-22
A	CN 109701182 A (POWERCHINA FUJIAN ELECTRIC POWER SURVEY & DESIGN INSTITUTE CO., LTD. et al.) 03 May 2019 (2019-05-03) entire document	1-22
A	US 2020139177 A1 (MINIMAX GMBH. & CO. KG.) 07 May 2020 (2020-05-07) entire document	1-22

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2021/100778

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	111790080	A	20 October 2020	None			
CN	112473047	A	12 March 2021	None			
CN	111228682	A	05 June 2020	None			
CN	210521602	U	15 May 2020	None			
CN	109603038	A	12 April 2019	None			
CN	109701182	A	03 May 2019	None			
US	2020139177	A1	07 May 2020	DE	102016211240	B4	15 October 2020
				IL	263860	D0	31 January 2019
				DE	102016211240	A1	28 December 2017
				WO	2017220295	A1	28 December 2017

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2021/100778

A. 主题的分类

A62C 3/16(2006.01)i; A62C 31/05(2006.01)i; A62C 31/03(2006.01)i; A62C 31/12(2006.01)i; A62C 37/40(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)

A62C3/-; A62C31/-; A62C37/-

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;WPI;EP0D0C;ISI Web of Knowledge;CNKI:特高压, 换流站, 换流变, 变压器, 消防, 灭火, 喷淋, Ultra-high voltage, UHV, fire extinguishing, converter transformer, converter station, fire fighting, spray

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 111790080 A (国网安徽省电力有限公司电力科学研究院等) 2020年 10月 20日 (2020 - 10 - 20) 权利要求1-22	1-22
PX	CN 112473047 A (国网安徽省电力有限公司电力科学研究院等) 2021年 3月 12日 (2021 - 03 - 12) 权利要求1-22	1-22
X	CN 111228682 A (国网安徽省电力有限公司电力科学研究院等) 2020年 6月 5日 (2020 - 06 - 05) 说明书第5、36-48段; 说明书附图1-2	1, 5-7, 10-22
Y	CN 111228682 A (国网安徽省电力有限公司电力科学研究院等) 2020年 6月 5日 (2020 - 06 - 05) 说明书第5、36-48段, 说明书附图1-2	2-4, 8-22
Y	CN 210521602 U (上海格拉曼国际消防装备有限公司) 2020年 5月 15日 (2020 - 05 - 15) 说明书第18-35段, 说明书附图1-2	2-4, 8-22

☒ 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)

“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

2021年 8月 26日

国际检索报告邮寄日期

2021年 9月 18日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局(ISA/CN)

中国 北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

受权官员

孙兴春

电话号码 86-(10)-53962293

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
A	CN 109603038 A (中国电力工程顾问集团西南电力设计院有限公司) 2019年 4月 12日 (2019 - 04 - 12) 全文	1-22
A	CN 109701182 A (中国电建集团福建省电力勘测设计院有限公司等) 2019年 5月 3日 (2019 - 05 - 03) 全文	1-22
A	US 2020139177 A1 (MINIMAX GMBH. & CO. KG.) 2020年 5月 7日 (2020 - 05 - 07) 全文	1-22

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2021/100778

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	111790080	A	2020年 10月 20日	无	
CN	112473047	A	2021年 3月 12日	无	
CN	111228682	A	2020年 6月 5日	无	
CN	210521602	U	2020年 5月 15日	无	
CN	109603038	A	2019年 4月 12日	无	
CN	109701182	A	2019年 5月 3日	无	
US	2020139177	A1	2020年 5月 7日	DE 102016211240 B4	2020年 10月 15日
				IL 263860 D0	2019年 1月 31日
				DE 102016211240 A1	2017年 12月 28日
				WO 2017220295 A1	2017年 12月 28日