



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105403068 A

(43) 申请公布日 2016. 03. 16

(21) 申请号 201510810682. 7

(22) 申请日 2015. 11. 20

(71) 申请人 华北电力大学

地址 102206 北京市昌平区朱辛庄北农路 2 号

(72) 发明人 陈林 杜小泽 黄钰琛 杨立军 魏高升 张辉 李莉 杨勇平

(74) 专利代理机构 北京众合诚成知识产权代理有限公司 11246

代理人 朱琨

(51) Int. Cl.

F28C 1/14(2006. 01)

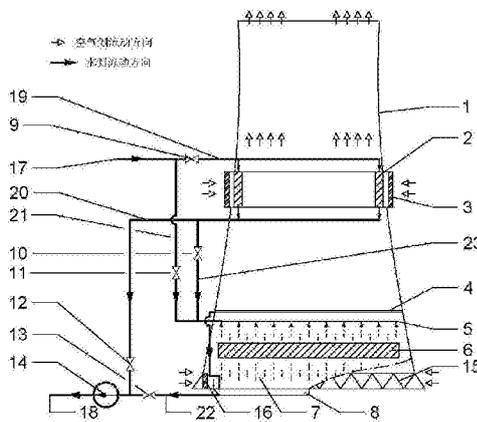
权利要求书2页 说明书5页 附图5页

(54) 发明名称

采用自然通风及复合运行模式的干湿联合冷却塔及其应用

(57) 摘要

本发明属于能源利用与工程热物理技术领域,具体涉及采用自然通风及复合运行模式的干湿联合冷却塔及其应用。所述干湿联合冷却塔,包括塔体,支撑结构,干冷段,湿冷段和流量分配系统;塔体采用双曲线的形式,由支撑结构支撑在地面之上;干冷段和湿冷段沿垂直方向集成布置在同一个冷却塔内;干冷段位于湿冷段的上方;所述干冷段包括冷却三角和干冷段百叶窗;所述湿冷段包括除水器、配水系统、填料区、集水池和湿冷段百叶窗;所述流量分配系统包括总进出口管道,干冷段进出口管道,湿冷段进出口管道,阀门和循环泵。本发明无需风机耗电、冷却效率高,可以提供较低出塔水温,节约水资源。



1. 采用自然通风及复合运行模式的干湿联合冷却塔,其特征在於,包括塔体(1),支撑结构(15),干冷段,湿冷段和流量分配系统;塔体(1)采用双曲线的形式,由支撑结构(15)支撑在地面之上;干冷段和湿冷段沿垂直方向集成布置在同一个冷却塔内;干冷段位于湿冷段的上方;

所述干冷段包括冷却三角(2)和干冷段百叶窗(3);冷却三角(2)作为换热装置,由两个竖直的空冷翅片管束彼此成 $30^{\circ} \sim 120^{\circ}$ 组成,100~2000个冷却三角(2)单元在塔内或塔外绕塔一周布置,干冷段百叶窗(3)沿圆周方向布置在冷却三角(2)外围,作为空气入口;干冷段设备的安装高度高于传统间接空冷中干冷段设备的高度;

所述湿冷段包括除水器(4)、配水系统(5)、填料区(6)、集水池(8)和湿冷段百叶窗(16);配水系统(5)将冷却水喷淋至填料区(6),冷却水在填料区(6)与空气换热后引入集水池(8)内;湿冷段空气通过湿冷段百叶窗(16)后进入填料区(6),吸收热量和水分后的空气汇入冷却塔中,形成向上的抽吸力;

所述流量分配系统包括总进口管道(17)、总出口管道(18)、干冷段进口管道(19)、干冷段出口管道(20)、湿冷段进口管道(21)、湿冷段出口管道(22)、干冷段出口与湿冷段进口的连接管道(23)、阀门A(9)、阀门B(10)、阀门C(11)、阀门D(12)、阀门E(13)和循环泵(14);干冷段进口管道(19)上安装阀门A(9),干冷段出口管道(20)上安装阀门D(12),干冷段出口与湿冷段进口的连接管道(23)上安装阀门B(10),湿冷段进口管道(21)上安装阀门C(11),湿冷段出口管道(22)上安装阀门E(13),总出口管道(18)上安装循环泵(14)。

2. 根据权利要求1所述的干湿联合冷却塔,其特征在於,所述湿冷段包括逆流式和横流式两种布置方式。

3. 根据权利要求2所述的干湿联合冷却塔,其特征在於,当采用逆流式湿冷段时,湿冷段的组成中还包括雨区(7);逆流式湿冷段的结构位置从上往下依次为除水器(4)、配水系统(5)、填料区(6)、雨区(7)、湿冷段百叶窗(16)和集水池(8);除水器(4)、配水系统(5)中的喷淋装置和填料区(6)中的填料在塔内水平布置;所述填料为均匀或非均匀布置;支撑结构(15)作为空气入口。

4. 根据权利要求2所述的干湿联合冷却塔,其特征在於,当采用横流式湿冷段时,集水池(8)位于塔内最下方,除水器(4)在塔边缘竖直布置,配水系统(5)中的配水池和填料区(6)中的填料在塔边缘或塔外水平布置;所述填料为均匀或非均匀布置;湿冷段百叶窗(16)作为空气入口。

5. 根据权利要求1-4任一项所述的干湿联合冷却塔在冷却方面的应用。

6. 根据权利要求5所述的应用,其特征在於,干冷段的空冷翅片管束,管内部流体为水,管外翅片间流体为空气,在冷却塔内自然对流产生的抽吸作用下,空气自下而上流过空冷翅片管束,将水侧热量传带走;冷却三角(2)外围的干冷段百叶窗(3)用于控制空气侧进风;

逆流式湿冷段中,水侧流动为自上往下依次经过配水系统(5)、填料区(6)和雨区(7),其中,配水系统(5)将冷却水喷淋至填料区(6),冷却水在填料区(6)和雨区(7)完成与空气的传热传质,最后到达集水池(8)混合;空气侧流动为从塔外由支撑结构(15)处进入塔内,通过湿冷段百叶窗(16)后,在雨区(7)受热上升,依次通过雨区(7)、填料区(6)、配水系统(5)和除水器(4),到达干冷段位置,与流经此处干冷段吸收热量后的热空气混合;

横流式湿冷段中,水侧流动为自上往下依次经过配水系统(5)和填料区(6),配水系统(5)将冷却水喷淋至填料区(6),冷却水在填料区(6)完成与空气的传热传质,最后到达集水池(8)混合;空气侧流动为从塔外由湿冷段百叶窗(16)处进入填料区(6),与循环水或循环冷却水进行接触对流换热,随后通过除水器(4)和支撑结构(15)进入塔内,上升至干冷段位置,与流经此处干冷段吸收热量的热空气混合。

7. 根据权利要求5所述的应用,其特征在于,干冷段与逆流湿冷段或横流湿冷段采用以下的复合运行方式之一对冷却水进行冷却:

a) 全部冷却水先经过干冷段、后经过湿冷段的串联运行方式——此时,流量分配系统中阀门A(9)、阀门B(10)和阀门E(13)处于全开状态,阀门C(11)和阀门D(12)处于完全关闭状态,干冷段百叶窗(3)和湿冷段百叶窗(16)处于打开状态;

b) 冷却水按一定比例分别独立经过干冷段和湿冷段的并联运行方式——此时,流量分配系统中阀门A(9)、阀门C(11)、阀门D(12)和阀门E(13)处于打开状态,阀门B(10)处于完全关闭状态,干冷段百叶窗(3)和湿冷段百叶窗(16)处于打开状态;

c) 全部冷却水先经过干冷段,之后一部分经过湿冷段,另一部分直接回水的混合流动运行方式——此时,流量分配系统中阀门A(9)和阀门E(13)处于全开状态,阀门C(11)处于完全关闭状态,阀门B(10)和阀门D(12)处于一定开度状态,干冷段百叶窗(3)和湿冷段百叶窗(16)处于打开状态;

d) 冷却水先按一定比例分别独立经过干冷段和湿冷段,其中流经干冷段的冷却水再流经湿冷段的混合流动运行方式——此时,流量分配系统中阀门B(10)和阀门E(13)处于全开状态,阀门D(12)处于完全关闭状态,阀门A(9)和阀门C(11)处于一定开度状态,干冷段百叶窗(3)和湿冷段百叶窗(16)处于打开状态。

采用自然通风及复合运行模式的干湿联合冷却塔及其应用

技术领域

[0001] 本发明属于能源利用与工程热物理技术领域,具体涉及采用自然通风及复合运行模式的干湿联合冷却塔及其应用。

背景技术

[0002] 在能源、电力、化工、钢铁、制药等领域中,有许多生产环节必须及时冷却才能保证生产过程连续稳定运行。

[0003] 以火力发电为例,将汽轮机的排汽冷却变成凝结水不仅是蒸汽动力循环中至关重要的过程,而且冷却的效果(冷却速率、放热温度)还会影响动力循环的效率。良好的冷却可以提高火力发电的能源利用率,实现电力生产的节能减排。

[0004] 传统火电采用湿冷方式,汽轮机排汽通过表面式凝汽器将热量排放给循环冷却水,吸收热量后的循环冷却水送入湿式冷却塔,在塔内与空气直接接触进行对流换热和蒸发换热,实现循环冷却水的冷却。湿式冷却拥有的显著优点是可以将循环水冷却到空气干球温度以下,接近空气湿球温度。由于循环冷却水自身的蒸发以及空气携带水滴等原因,循环冷却水在冷却过程中会有一定的损失,需要持续补水。另外,湿式冷却塔出口空气处于饱和状态,如与外界冷空气混合会导致水分析出,产生水雾,对周围环境产生负面影响。

[0005] 随着水资源的日益匮乏,采用湿冷方式的传统火电,因其在运行过程中需要消耗大量水资源以及对环境产生负面影响等因素而面临着严峻挑战。在我国富煤少水的三北地区,客观上难以充分保障湿冷发电所需的水资源量。相比湿冷发电,运用空气与汽轮机排气或者空气与循环冷却水之间温差传热的空冷(干冷)发电技术近年来得到了日益广泛的应用。

[0006] 空冷系统主要有三种:直接空冷系统、带表面式凝汽器的间接空冷系统(哈蒙式系统)和带喷射式(混合式)凝汽器的间接空冷系统(海勒式系统)。直接空冷系统中,汽轮机排气通过翅片管换热器将热量直接排放到环境空气中,不需要循环冷却水;间接空冷系统中循环冷却水是独立的封闭系统,循环水损失很少,基本不需要补充。

[0007] 虽然空冷系统具有节约水资源的显著优点,但其也存在固有的缺点。直接空冷系统中,用于驱动翅片外管空气流动的大直径风机需要消耗发电厂1%~1.5%的发电量,并产生噪声。哈蒙式间接冷却系统中,循环冷却水需要经过两次换热,传热效果差,在相同的设计气温条件下,汽轮机背压较高,机组经济性低。海勒式间接冷却系统采用混合式凝汽器,设备众多,系统复杂,且需要大量的精处理水,水处理费用高。在夏季,环境空气的干球温度较高时,上述三种空冷系统与环境空气之间换热温差减小,导致电厂中汽轮机背压升高,机组经济性下降。

[0008] 在国家大力号召节能减排、建设资源节约型社会的大背景下,在能源、电力、化工等领域的生产过程中,实现高效冷却可以显著提高能源利用效率,节省水、电等重要资源。本发明在现有的干冷和湿冷基础上,综合两者的优点,发展了新型联合冷却系统。

发明内容

[0009] 为了克服现有技术的不足,本发明提供了一种采用自然通风及复合运行模式的干湿联合冷却塔及其应用,具体技术方案如下:

[0010] 采用自然通风及复合运行模式的干湿联合冷却塔,包括塔体 1,支撑结构 15,干冷段,湿冷段和流量分配系统;塔体 1 采用双曲线的形式,由支撑结构 15 支撑在地面之上;支撑结构 15 为“X”型柱或“人”字型柱;干冷段和湿冷段沿垂直方向集成布置在同一个冷却塔内;干冷段位于湿冷段的上方;

[0011] 所述干冷段包括冷却三角 2 和干冷段百叶窗 3;冷却三角 2 作为换热装置,由两个竖直的空冷翅片管束彼此成 $30^{\circ} \sim 120^{\circ}$ 组成,100 ~ 2000 个冷却三角 2 单元在塔内或塔外绕塔一周布置,干冷段百叶窗 3 沿圆周方向布置在冷却三角 2 外围,作为空气入口;干冷段设备的安装高度高于传统间接空冷中干冷段设备的高度;

[0012] 所述湿冷段包括除水器 4、配水系统 5、填料区 6、集水池 8 和湿冷段百叶窗 16;配水系统 5 将冷却水喷淋至填料区 6,冷却水在填料区 6 与空气换热后引入集水池 8 内;湿冷段空气通过湿冷段百叶窗 16 后进入填料区 6,吸收热量和水分后的空气汇入冷却塔中,形成向上的抽吸力;

[0013] 所述流量分配系统包括总进口管道 17、总出口管道 18、干冷段进口管道 19、干冷段出口管道 20、湿冷段进口管道 21、湿冷段出口管道 22、干冷段出口与湿冷段进口的连接管道 23、阀门 A ~ 阀门 E (9 ~ 13) 和循环泵 14;干冷段进口管道 19 上安装阀门 A,干冷段出口管道 20 上安装阀门 D,干冷段出口与湿冷段进口的连接管道 23 上安装阀门 B,湿冷段进口管道 21 上安装阀门 C,湿冷段出口管道 22 上安装阀门 E,总出口管道 18 上安装循环泵 14。

[0014] 进一步地,所述湿冷段包括逆流式和横流式两种布置方式。

[0015] 当采用逆流式湿冷段时,湿冷段的组成中还包括雨区 7;逆流式湿冷段的结构位置从上往下依次为除水器 4、配水系统 5、填料区 6、雨区 7、湿冷段百叶窗 16 和集水池 8;除水器 4、配水系统 5 中的喷淋装置和填料区 6 中的填料在塔内水平布置;所述填料为均匀或非均匀布置;支撑结构 15 作为空气入口。

[0016] 当采用横流式湿冷段时,集水池 8 位于塔内最下方,除水器 4 在塔边缘竖直布置,配水系统 5 中的配水池和填料区 6 中的填料在塔边缘或塔外水平布置;所述填料为均匀或非均匀布置;湿冷段百叶窗 16 作为空气入口。

[0017] 干冷段位于湿冷段上方,两者之间由流量分配系统连接;干冷段为使用翅片管等换热器的空气-循环水换热方式,湿冷段为对流换热和蒸发冷却方式。干冷段与湿冷段之间的距离、冷却水流量可以根据当地气象条件等实际情况进行选取。

[0018] 如上所述的干湿联合冷却塔在冷却方面的应用。

[0019] 干冷段的空冷翅片管束,管内部流体为水,管外翅片间流体为空气,在冷却塔内自然对流产生的抽吸作用下,空气自下而上流过空冷翅片管束,将水侧热量传带走;冷却三角 2 外围的干冷段百叶窗 3 用于控制空气侧进风。

[0020] 逆流式湿冷段中,水侧流动为自上往下依次经过配水系统 5、填料区 6 和雨区 7,其中,配水系统 5 将冷却水喷淋至填料区 6,冷却水在填料区 6 和雨区 7 完成与空气的传热传质,最后到达集水池 8 混合;空气侧流动为从塔外由支撑结构 15 处进入塔内,通过湿冷段百

叶窗 16 后,在雨区 7 受热上升,依次通过雨区 7、填料区 6、配水系统 5 和除水器 4,到达干冷段位置,与流经此处在于冷段吸收热量后的热空气混合。

[0021] 横流式湿冷段中,水侧流动为自上往下依次经过配水系统 5 和填料区 6,配水系统 5 将冷却水喷淋至填料区 6,冷却水在填料区 6 完成与空气的传热传质,最后到达集水池 8 混合;空气侧流动为从塔外由湿冷段百叶窗 16 处进入填料区 6,与循环水或循环冷却水进行接触对流换热,随后通过除水器 4 和支撑结构 15 进入塔内,上升至干冷段位置,与流经此处在于冷段吸收热量的热空气混合。

[0022] 除水器 4 的作用是收集热湿空气中夹带的液态水,引入集水池 8,以达到节水的目的。

[0023] 进一步地,根据热负荷和环境气象条件,干冷段与逆流湿冷段或横流湿冷段采用以下的复合运行方式之一对冷却水进行冷却:

[0024] a) 全部冷却水先经过干冷段、后经过湿冷段的串联运行方式——此时,流量分配系统中阀门 A、阀门 B 和阀门 E 处于全开状态,阀门 C 和阀门 D 处于完全关闭状态,干冷段百叶窗 3 和湿冷段百叶窗 16 处于打开状态;

[0025] b) 冷却水按一定比例分别独立经过干冷段和湿冷段的并联运行方式——此时,流量分配系统中阀门 A、阀门 C、阀门 D 和阀门 E 处于打开状态,阀门 B 处于完全关闭状态,干冷段百叶窗 3 和湿冷段百叶窗 16 处于打开状态;

[0026] c) 全部冷却水先经过干冷段,之后一部分经过湿冷段,另一部分直接回水的混合流动运行方式——此时,流量分配系统中阀门 A 和阀门 E 处于全开状态,阀门 C 处于完全关闭状态,阀门 B 和阀门 D 处于一定开度状态,干冷段百叶窗 3 和湿冷段百叶窗 16 处于打开状态;

[0027] d) 冷却水先按一定比例分别独立经过干冷段和湿冷段,其中流经干冷段的冷却水再流经湿冷段的混合流动运行方式——此时,流量分配系统中阀门 B 和阀门 E 处于全开状态,阀门 D 处于完全关闭状态,阀门 A 和阀门 C 处于一定开度状态,干冷段百叶窗 3 和湿冷段百叶窗 16 处于打开状态。

[0028] 在热负荷较低、或者系统检修时,干冷段和湿冷段亦可单独运行。当干冷段或湿冷段单独运行方式时,冷却水和冷却空气仅经过干冷段和湿冷段之一,另一段处于完全关闭状态。单独干冷段运行时,流量分配系统中阀门 A 和阀门 D 处于全开状态,阀门 B、阀门 C 和阀门 E 处于完全关闭状态,干冷段百叶窗 3 处于打开状态;采用单独湿冷时,流量分配系统中阀门 C 和阀门 E 处于全开状态,阀门 A、阀门 B 和阀门 D 处于完全关闭状态,湿冷段百叶窗 16 处于打开状态。

[0029] 本发明所述是一种采用自然通风方式的、用于降低循环水温度的冷却塔,冷却塔以环境空气为最终的冷却介质,塔内综合运用温差传热(干冷)和蒸发冷却(湿冷)两种冷却方式,结合实际气象条件,采用串联、并联或混合流程的复合运行模式,既可以节水又可以在夏季高温时提供较低的出塔水温,可以用于能源、电力、化工、钢铁、制药等领域中。本发明的有益效果为:

[0030] (1) 使用双曲线塔形,依靠自然对流作用,可以在塔上下方形成抽吸力,无需风机驱动空气流动,节约大量电能;

[0031] (2) 采用干、湿冷段沿垂直方向上下布置在同一个冷却塔的方式,充分利用塔内空

间；

[0032] (3) 采用干、湿冷段联合布置方式,使得一个塔内有上下两处热源,增强了自然对流及其抽吸力,在所需抽吸力一定的要求下,可以降低塔的高度与塔的直径,减少塔的占地面积,减少塔的基建成本等初投资；

[0033] (4) 采用干、湿冷段联合运行,使得水侧放热量增大,可以提供更低的出塔水温,降低电厂汽轮机背压,提高发电效率；

[0034] (5) 将干冷段布置在湿冷段上方,干冷段出口干空气与湿冷段出口接近饱和的湿空气混合,混合后空气湿度降低,避免冷却塔出口雾化,减少对冷却塔周围环境影响；

[0035] (6) 干冷段常年运行,当环境温度过高时启用湿冷段进行联合冷却,可以减少运行中湿冷的水蒸发损失,节省循环冷却水的年运行补水量；

[0036] (7) 采用流量分配系统调节干、湿冷段的运行模式,使得冷却塔对各种环境气象条件的适应性强,地域适用更广；

[0037] (8) 维护时可干冷段或湿冷段单独运行,避免冷却塔完全停运造成生产中断,减少停运的经济损失。

附图说明

[0038] 图 1 是本发明采用逆流式湿冷段的结构和流程示意图。

[0039] 图 2 是本发明采用横流式湿冷段的结构和流程示意图。

[0040] 图 3 是本发明采用逆流式湿冷段的外形示意图。

[0041] 图 4 是本发明采用横流式湿冷段的外形示意图。

[0042] 图 5 是冷却三角与干冷段百叶窗布置的示意图。

[0043] 图中各标号的具体含义为:1-塔体,2-冷却三角,3-干冷段百叶窗,4-除水器,5-配水系统,6-填料区,7-雨区,8-集水池,9-阀门 A,10-阀门 B,11-阀门 C,12-阀门 D,13-阀门 E,14-循环泵,15-支撑结构,16-湿冷段百叶窗,17-总进口管道,18-总出口管道,19-干冷段进口管道,20-干冷段出口管道,21-湿冷段进口管道,22-湿冷段出口管道,23-干冷段出口与湿冷段进口的连接管道。

具体实施方式

[0044] 实施例 1:完全串联运行

[0045] 当环境气象条件处于高温、高湿时,换热条件差,要充分利用干冷段和湿冷段的冷却能力,可采用干冷段与湿冷段串联运行方式,使得出塔水温满足要求。参见图 1 与图 2,流量分配系统中阀门 A、阀门 B 和阀门 E 处于全开状态,阀门 C 和阀门 D 处于完全关闭状态,干冷段百叶窗 3 和湿冷段百叶窗 16 处于打开状态。

[0046] 用于冷却汽轮机凝汽的循环冷却水先全部经过干冷段的冷却三角翅片管束与空气换热,接着全部到达湿冷段的配水系统 5,逆流式湿冷中随后经过下方填料区 6 和雨区 7 与空气进行换热和传质后到达集水池 8;横流式湿冷中随后经过下方填料区 6 与空气进行换热和传质后到达集水池 8;最后经循环泵回 14 到汽轮机凝汽器冷却汽轮机排气。

[0047] 实施例 2:完全并联运行

[0048] 当环境气象条件处于温度较高、且有较多水资源可以利用时,可采用干冷段与湿

冷段并联运行方式,使得出塔水温满足要求。参见图 1与图 2,流量分配系统中阀门 A、阀门 C、阀门 D 和阀门 E 处于打开状态,阀门 B 处于完全关闭状态,干冷段百叶窗 3 和湿冷段百叶窗 16 处于打开状态。

[0049] 从汽轮机凝汽器出来的冷却水分别独立地经过干冷段和湿冷段,两部分的流量比例可以由阀门的开度来调节。在干冷段,冷却水在冷却三角翅片管束 2 中与空气换热;在湿冷段,冷却水进入配水系统 5,逆流式湿冷中经过配水系统向下喷淋,在下方填料区 6 和雨区 7 与空气进行换热和传质,后到达集水池 8;横流式中经过配水系统 5 向下喷淋,在下方填料区 6 与空气进行换热和传质,后到达集水池 8。最后干冷段出口 20 的冷却水与湿冷段出口 22 的冷却水混合,经循环泵 14 回到汽轮机凝汽器冷却汽轮机排气。

[0050] 实施例 3 :先串联后并联运行

[0051] 当环境温度处于温度较高、但水资源较少时,可采用全部流量流经干冷段后、部分流量经过湿冷段的运行方式。参见图 1与图 2,流量分配系统中阀门 A 和阀门 E 处于全开状态,阀门 C 处于完全关闭状态,阀门 B 和阀门 D 处于一定开度状态,干冷段百叶窗 3 和湿冷段百叶窗 16 处于打开状态。

[0052] 从汽轮机凝汽器出来的冷却水在冷却塔内全部流量经过干冷段 2 与空气进行换热,随后一部分流量继续经过湿冷段与空气进行换热,接着这部分流量与未流经湿冷段的流量混合后出口。

[0053] 实施例 4 :完全干冷运行

[0054] 当环境气象条件处于冬季低温时,或湿冷段需要维护时,可采用干冷段单独运行方式。参见图 1与图 2,流量分配系统中阀门 A 和阀门 D 处于完开状态,阀门 10、阀门 11 和阀门 13 处于完全关闭状态,干冷段百叶窗 3 处于打开状态,湿冷段百叶窗 16 处于关闭状态。从汽轮机凝汽器出来的冷却水在冷却塔内只经过干冷段 2 与空气进行换热,达到节水的效果。实施例 5 :完全湿冷运行

[0055] 当干冷段需要维护时,可采用湿冷段单独运行方式。参见图 1与图 2,流量分配系统中阀门 C 和阀门 E 处于全开状态,阀门 A、阀门 B 和阀门 D 处于完全关闭状态,干冷段百叶窗 3 处于关闭状态,湿冷段百叶窗 16 处于打开状态。从汽轮机凝汽器出来的冷却水在冷却塔内只经过湿冷段与空气进行换热,以满足低出塔水温的要求。

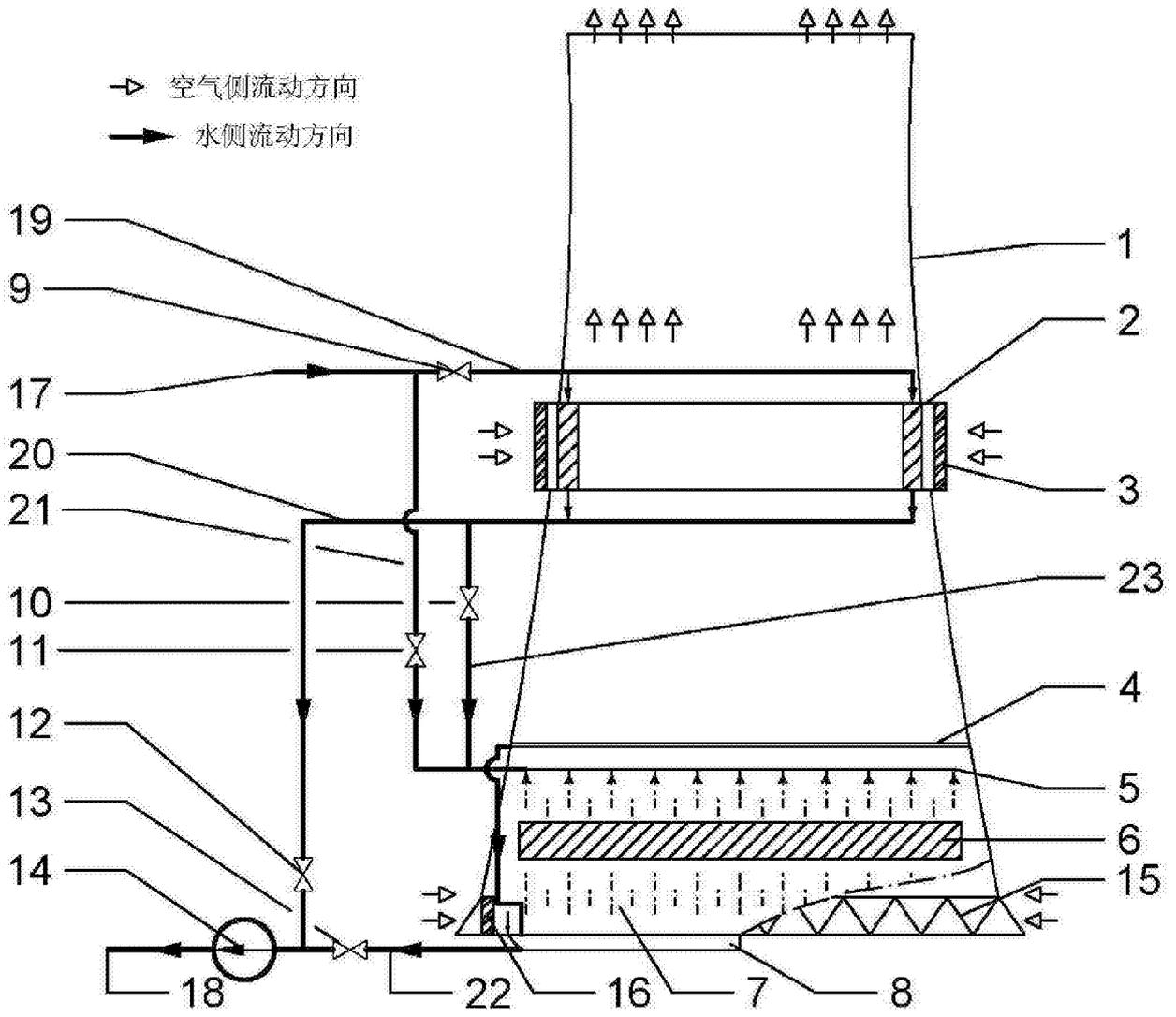


图 1

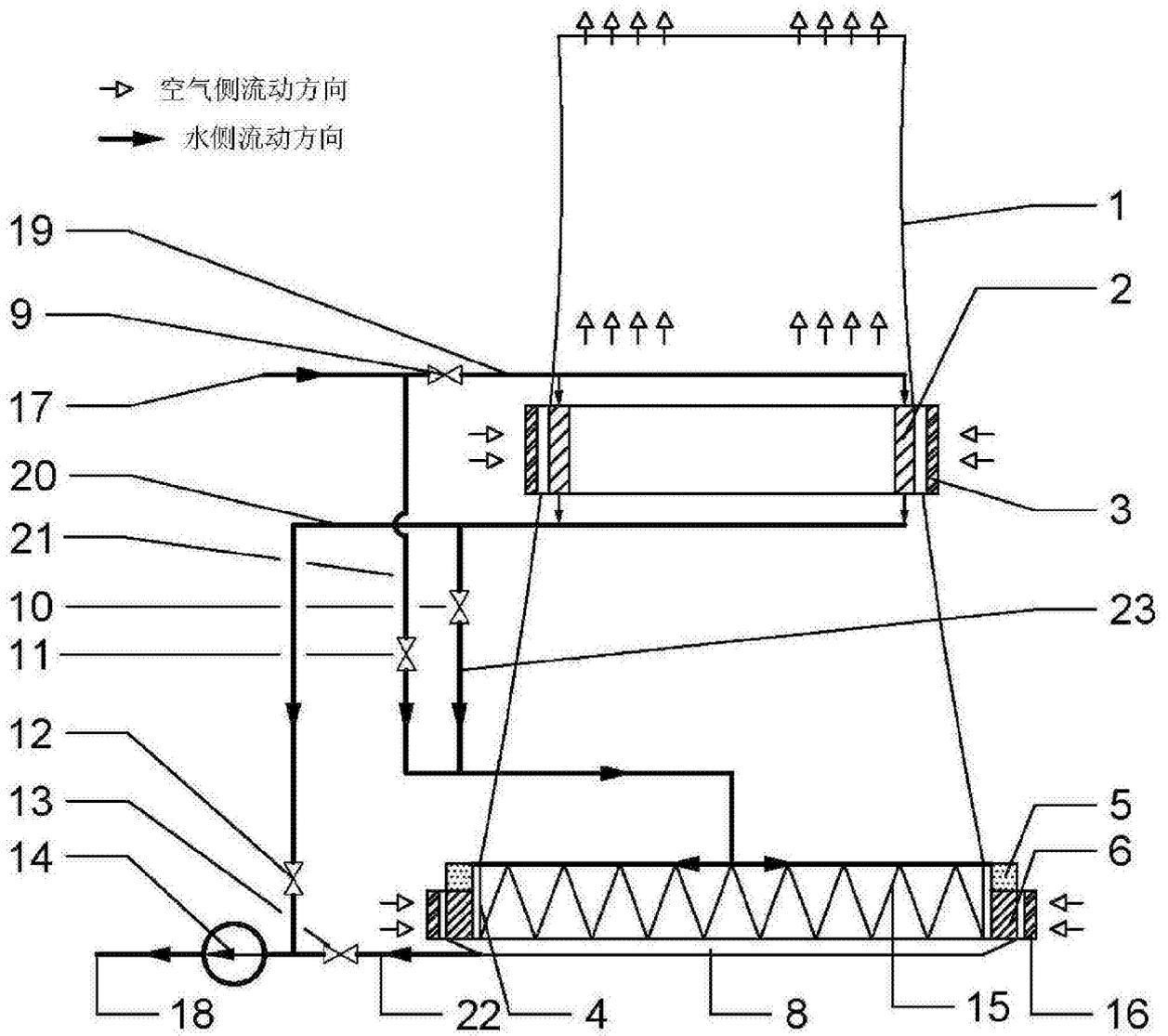


图 2

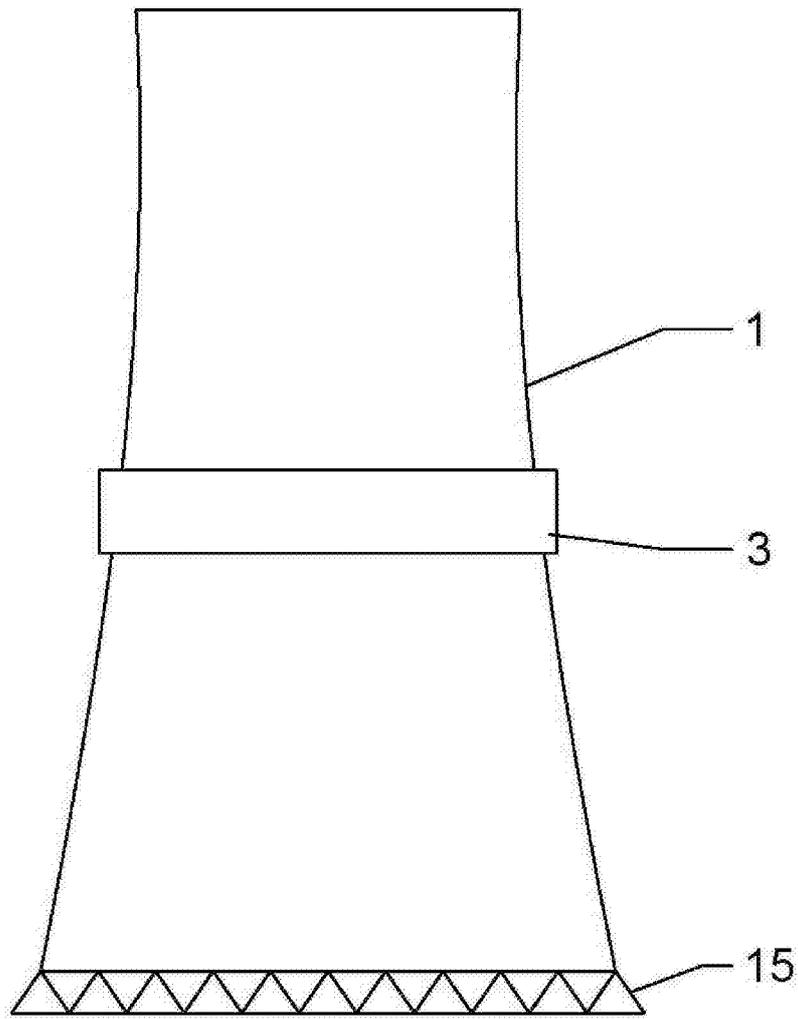


图 3

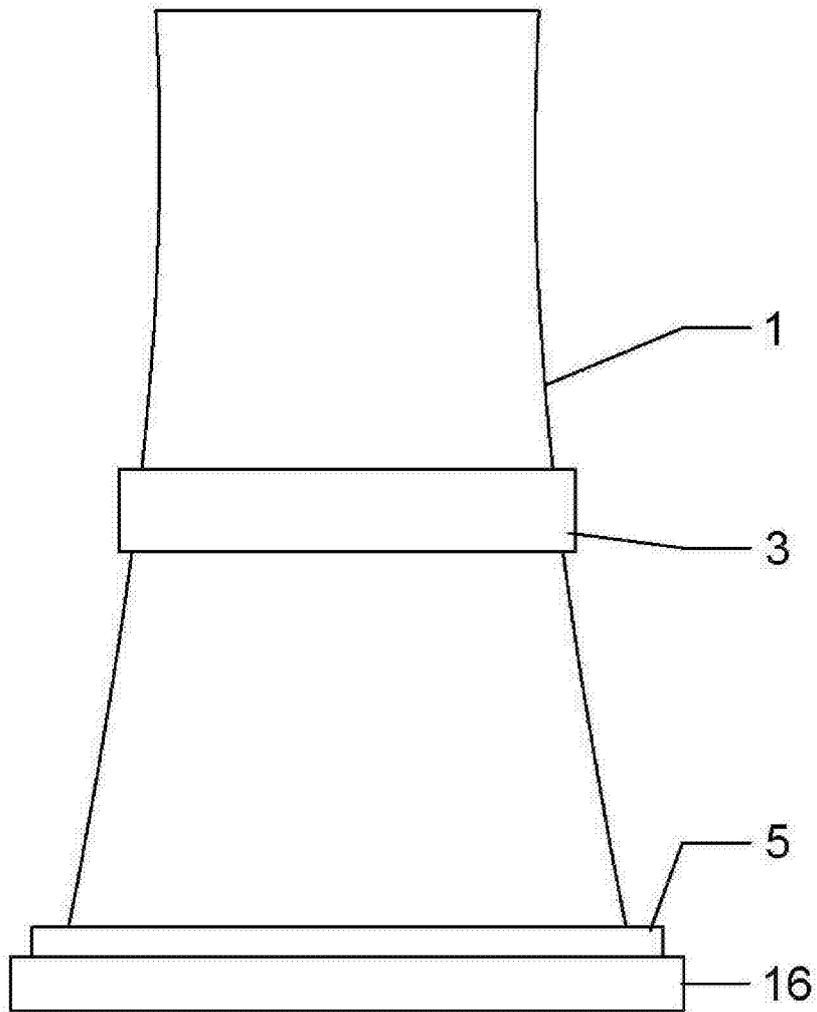


图 4

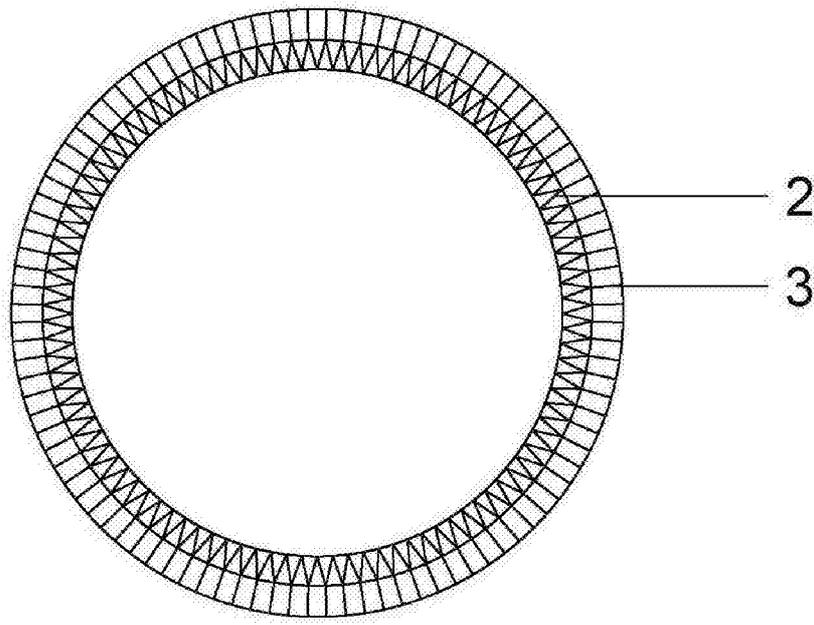


图 5