

基本馆藏

197052

水电站的供热与通风

苏联 К. Д. 斯米尔诺夫著



水利电力出版社

5093
5/4291

197052

水电站的供热与通风

苏联 K. Д. 斯米尔诺夫著
水力发电建设总局专家工作室译

水利电力出版社

內 容 提 要

本書系統地敘述了水电站的供热与通風的問題。書中介紹了水电站采暖和通風的各種方式及其設備，并說明了如何利用熱力泵和水輪發電機的廢熱來保證發電站廠房及其附近各企業以及住宅的供热問題。

本書可供從事水电站設計和運行的工程技術人員參考，也可供大學水力發電專業的學生閱讀。

К. Д. Смирнов

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ И ВЕНТИЛЯЦИЯ ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

стр. и арх Ленинград 1953

水电站的供热与通風

根据苏联国立建筑工程与建筑艺术出版社1953年列宁格勒版翻譯

水力發電建設总局專家工作室

*

852S123

水利电力出版社出版(北京西郊科學路二武裝)

北京市書刊出版業營業登記證出字第105号

水利电力出版社印刷厂排印 新华書店發行

*

787×1092 $\frac{1}{16}$ 开本 * 6 印張 * 120千字 * 定价(第10类) 0.85 元

1958年7月北京第1版

1958年7月北京第1次印刷(0001—2,200册)

前 言

社会主义对人的关怀佔首要地位。关于这一点可从經常增加撥款以健全劳动条件和改善安全技术的这一事实中得到証明。

在苏維埃政权的年代，我国建立了强大的工业並建造了数万个企业。这些企业不仅是用先进的社会主义技术装备着，而且是高度劳动技艺的典范。

根据苏联共产党第十九次代表大会对 1951 — 1955 年苏联发展第五个五年计划的指示，我国各个地区展开了动力企业的建設。到五年计划末期电站的总容量約增加一倍，而水电站約增加两倍。

苏联在电力生产方面的蓬勃增长乃是从社会主义过渡到共产主义向前迈进的一个巨大步骤。新的电站和水电站是在本国技术的最新成就的基础上建立起来的。

正如所有的企业一样，苏联水电站的建設考虑到給维护人員以最大的方便，並考虑到劳动保护的各項要求，其中采暖与通风具有很大的意义。

在所建造的企业的設計中，通常拟定一切必要的措施以改善和健全劳动条件，並且考虑到該工厂或制造厂的一切特点。这些措施在兴建水电站时也应考虑。大家知道，这些工程是在特殊的条件下建造起来的，其独特的地方就是能同样充分地解决劳动保护和安全技术的問題，但是解决問題的方法与其他建筑工程略有不同。

电力可以广泛地用来加热集中采暖系統中的水和川流通风室的空气，以及直接地利用电炉使房間变暖和利用电热器使进入的空气进行加热。水輪发电机运轉时放出的热量不仅可供主机室和平板閘門室采暖，而且可利用热力泵向水电站和其他工业企业以及附近的住宅进行供热。

在这方面，正确地利用热力泵的問題以及为了从健全劳动条件出发最合理地利用水电站所发出的电能而产生的其他問題就具有很大的意义。

所有这些問題在本書中都作了闡述。本書对于从事水电站設計和运行工作的专家們定会有所帮助。

由于采暖和通风是与水电站所特有的技术生产过程紧密相关的，因此著者在第一章內对水电站的結構物和设备作了簡要說明。这些参考資料对研究这方面問題的专家來說是有裨益的。

目 錄

前 言

第一章 厂房的型式及其設備 (3)

1. 水电站厂房的型式 (3) 2. 厂房的生产設備 (4)

第二章 主机室的采暖与通风 (5)

1. 水輪发电机的通风 (或冷却) 方式 (5) 2. 发电机和裝在主机室內的輔助設備所放出的热量 (15) 3. 主机室和附門室的采暖 (20) 4. 蓄能式水电站主机室的采暖 (27) 5. 对主机室圍壁建筑結構的要求 (34) 6. 主机室的定时定溫采暖 (37) 7. 密閉式主机室的通风 (39) 8. 低矮式主机室的通风 (51) 9. 地下主机室的通风 (53)

第三章 附屬室和輔助室的采暖与通风 (59)

1. 配電設備 (59) 2. 操作室和通訊室 (68) 3. 油系統室和其他附屬室 (74) 4. 对輔助室圍壁結構的要求 (78)

第四章 供 热 (79)

1. 热發生器 (79) 2. 电气鍋爐 (81) 3. 电爐和电热器 (84)

第五章 热力学 (96)

1. 用热方法說明 (96) 2. 热力学工作媒介物的选择 (97) 3. 热力学工作方式 (98) 4. 热力学工作的經濟性 (103) 5. 推演各种热力学工作方式的功率消耗公式 (112) 6. 热力学工作的調整 (118) 7. 热力学主要設備的选择 (119) 8. 技术經濟計算 (128) 9. 热力学的供热和供冷原理系統图 (133)

附 录 (137)

第一章 厂房的型式及其设备

1. 水电站厂房的型式

厂房是每个水工枢纽的主要结构物。它的型式是根据水头的大小、造成这种水头的方法以及在综合水工结构物中的布置位置来确定的。

水电站的容量是根据水头的高度(即上下水位之差)乘上水电站水轮机在单位时间内的耗水量所得的乘积来确定的。

按照水头的大小,水电站可分为三种型式,即低水头水电站、中水头水电站和高水头水电站。低水头水电站的水头达 25—30 公尺水柱,而容量较小(1000瓩以下)的电站则达10公尺水柱。中水头和高水头水电站的水头在30公尺水柱以上。

按照造成水头的方法,水电站可分为河床式和引水道式两种。

在河床式水电站中完全没有引水设备,或者是减少到最低限度;而在引水道式水电站中,水由河槽经过专用的渠道引到水轮机处。

按照布置的位置,厂房可分为:

- (1) 包括在壅水结构物以内一面受到水压的厂房;
- (2) 不包括在壅水结构物以内(坝后式)的厂房。

按照布置的位置和型式,厂房可分为以下几种:设有上部结构的非敞露式厂房;设有上部结构的低矮式或半敞露式厂房;没有上部结构的敞露式厂房;主机室设在坝体内的溢流式厂房以及主机室设在地下的地下厂房。

非敞露式厂房的特点是主机室很高,而这种高度是要根据有无供机組安装和检修用的桥式起重机来确定的。

在低矮式(半敞露式)厂房中,主机室高度只根据发电机的外形尺寸来确定;而门式悬臂起重机则露出在厂房房盖的上面。水轮发电机的维护工作是经过一些可以拆卸的专用顶盖或人孔来进行的,人孔设在每台发电机上部的房盖内。

敞露式厂房中没有主机室,每台发电机都被盖在轻便可拆的外壳

內。

按照出力昼夜調整的种类，水电站可分为两种主要型式，即基荷水电站和峯荷水电站。

基荷水电站由于完全或部分(半基荷)缺少可供調節用的水量，所以不能进行昼夜調節，因而也就不能用来担负昼夜的尖峯負荷。这些水电站在一昼夜內必須以固定的出力运行。

峯荷水电站与基荷水电站相反，它可以全部地或部分地(半峯荷)削去昼夜的峯荷。

除了上面所說的以外，还有一种叫做蓄能式水电站，这种水电站只在尖峯負荷时才投入运行，而在其余時間(通常是在夜間)則利用其他水电站的余能供水泵工作，这些水泵使位于高处的人工水池或天然水池形成了巨大的水量。

2. 厂房的生产設備

每个厂房通常都包括以下各室，这些室內装有下面一些主要設備：

(1) 設有地下室的主机室 供安装水輪发电机、励磁机和副励磁机以及各种輔助机械用。

(2) 配电設備室 配电設備是一种受配电用的电气設備，其中包括开閉器具、保护器具、測量儀表、联络母綫以及輔助装置。高压配电設備的主要設備包括油开关、电抗器、电力变压器、母綫及其他等等。

水电站的电气結綫方式可分为两个主要类别，第一类带有发电机电压的汇流母綫，第二类不带发电机电压的汇流母綫。在第二类电气結綫方式中发电机与升压变压器連成一个单元。

按照第一类結綫方式，配电設備是一种复杂的、帶有大量高压器具的設備。

按照第二类結綫方式，水电站只須装設 6—10—15 千伏的发电机主引出綫和操作引出綫配电設備，这种配电設備具有不长的母綫联结綫、表計用变流器和电压互感器以及在很多情况下为了提取电能作为

水电站自用电源的开关。发电机电压的配电设备通常都装设在密闭室内。

各个水电站照例要建造 35 110 或 220 千伏的室外升压变电所。

(3) 操作室 在这些室内装有控制水电站工作和操作电站所需的仪表盘。其中包括以下各室：操作盘室和继电器盘室、载波通讯、无线电和电话通信室、调度室、值班人员室、分盘室、酸性或碱性蓄电池室以及充电机组室。

为了供给用户直流电，在小型和中型水电站内须装设一组蓄电池，这组蓄电池由一个补充电装置和一个充电装置以固定补充电的方式运行。在大型水电站中装设两组相同的蓄电池，这两组蓄电池带有两个补充电装置和一个共用充电装置。

(4) 辅助室 其中包括机械修配厂、电机修配厂、变压器修配厂、试验室、油系统室、空气压缩机室、泵室、电气锅炉房或锅炉房。

油系统室专供贮藏和清淨透平油及变压器油用。油系统室中包括：贮油用的集油槽室、处理油用的器具室、检查油质量用的油试验室、油桶仓库、配油室、泡沫储藏室、通风室、生活室以及油再生室（油再生室只在水电站距工业中心很远的情况下才建立）。

仓库间、泡沫储藏室、配油室、试验室和生活室仅当油系统为单独建筑物时才建立。

(5) 闸门室 仅在低水头水电站的厂房内才有。

闸门室的作用是在进行检修时或当水轮机导水机构发生故障时停止向水电站的水轮机供水。

闸门室的主要设备有：拦污栅，用来清除流向水轮机的水中的污物和飘浮物；叠梁闸门；中止水流用的闸板以及起重机械。

第二章 主机室的采暖与通风

1. 水轮发电机的通风（或冷却）方式

发电机的冷却只采用空气冷却，其方法就是用空气来吹冷绕组和

活性鉄心。为此，发电机轉子周围装有特制的风扇，藉此风扇可将空气以輻射方向吹入。低速发电机由一面（由上面或下面）供給空气，而高速发电机則由轉子的两面供給空气。受热的空气經过定子表面圓筒部分上的各通风孔排出。

用气流来冷却发电机的綫捲具有重要的意义，因为冷却不足时可能降低发电机的出力。

当冷却空气的温度很低时，发电机的負荷与額定負荷相比之下可能有所增加，相反，当温度高时則发电机的負荷就会下降。

水輪发电机的出力与額定出力相比在不同的冷却空气温度下所发生的变化如下。

表 1 发电机出力在不同的冷却空气温度下所发生的变化

冷却（进入） 空气的温度	出力变化百分率	冷却（进入） 空气的温度	出力变化百分率
20°以下	+ 10	40°	- 7.5
30°	+ 5	45°	- 12.5
35°	0	50°	- 25

根据实践数据，定子气窗所放出的空气温度不得超过 60°，而进入轉子的空气温度不得超过40°，但也不得低于5°。

从表 1 可以看出，降低空气温度就能增加发电机的負荷，这在个别情况下可以用来满足工业的用途。

供发电机冷却用的外部空气应清除尘埃，因为即使是少量的尘埃也可能弄髒发电机的綫捲，並且引起局部过热，以致损坏絕緣。

粘粘式油过滤器在清淨空气方面得到了极广泛的应用。除了清除空气中的尘埃以外，有时还要求清除空气中的昆虫，主要是北方的蚋虫和沼澤地带的蚊虫，要达到这点就須装設带有細孔的金屬絲网（每平方公分达1000个孔）。

发电机的冷却采用两种主要系統，其中第一种是冷却空气的非密閉循环系統，而另一种是冷却空气的密閉循环系統。

冷却空气的非密閉循环具有几种方式，这些方式既取决于发电机的容量又取决于发电机的构造特点。主要的方式有以下一些：

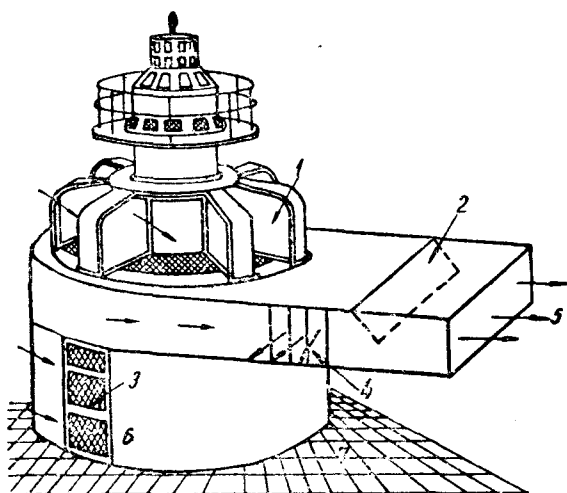


图 1 用地下室和主机室的空气冷却发电机（第二种方式）

1—铜板制成的导气壁板；2—调节阀；3—往发电机底部通过空气用的网格气門；
4—深装用的週轉放气門（冬季位置）；5—向外排空气的出口；6—发电机的混凝土基础；7—主机室的地板。

第一种方式 冷却用的空气直接由主机室取得，然后变成热空气回到主机室。发电机的进气是经过定子壳体内的上下端孔以轴向方向进行的，而发电机的排气则经过其外壳圆周上的各孔以辐射方向进行。这种冷却方式适用于容量不超过3000瓩的发电机，因为进入主机室的热量很大，就須装設巨大的通风装置。

第二种方式 冷却空气由主机室或主机室的地下室取得。

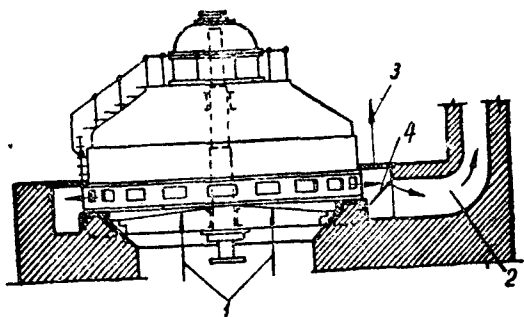


图 2 来自水轮机机坑的空气冷却发电机（第二种方式）

1—由水轮机机坑进气；2—向外排热空气；3—排出供主机室深装用的热空气；4—调节阀。

豎軸式機組的進氣方法或者是像圖 1 所繪制的、同時由主機室和地下室經過上部蓋板的格柵和基礎內的格柵進行，或者是像圖 2 所示的，由地下室經過基礎內的各孔從發電機的下面進行。臥軸式機組的進氣是由主機室以軸向方式經過各個端部孔進行(圖3)。

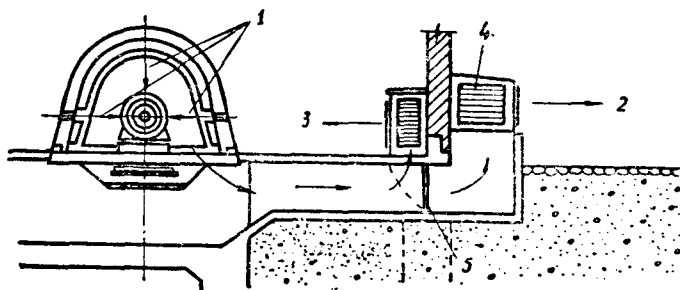


圖 3 用來自主機室的空氣冷卻臥軸式發電機 (第二種方式)

1—由主機室取空氣；2—向外排出熱空氣；3—排出供主機室採暖用的熱空氣；

4—百葉窗格柵；5—調節閥。

受熱的空氣在所有這些情況下都是通過一條專門的溝道被排到外面去，或者排到主機室去供採暖用。

第三種方式 用裝在發電機外邊的风扇所扇動的空氣來進行冷卻。空氣從主機室經過定子壁板內的各孔進入發電機內。目前這種方法僅在舊式電站中使用而且只有歷史意義了。

第四種方式 冷卻用的空氣從外面取得後，沿着一條專門的溝道經過牆上的百葉窗或通風溝，然後再經過水輪機機坑進入發電機內(圖4)。發電機冷卻後，熱空氣便經過定子外殼上的氣窗排到主機室去。

根據製造廠的要求，進入發電機的空氣溫度不得低於 5° ，要做到這點須將外部空氣與主機室空氣加以摻合。

第五種方式 由廠房外面取得的空氣沿着溝道再經過水輪機機坑進入發電機內。發電機冷卻後，熱空氣沿着另一溝道排到外面去(圖5)。

在冬季的時候，為了使進入發電機的空氣溫度不低於 5° ，可將室內空氣進行部分再循環。

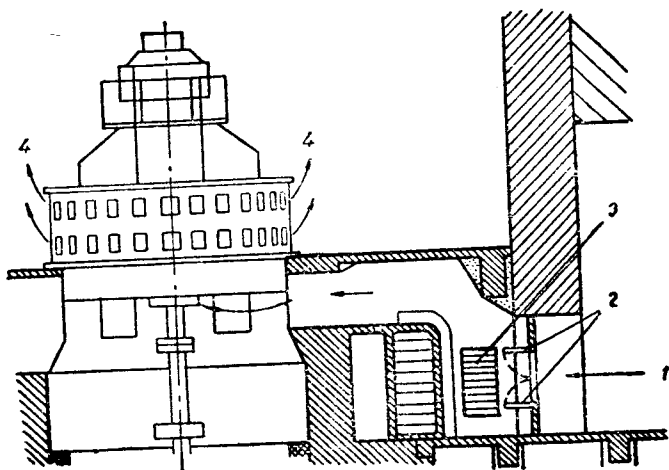


图 4 用外部空气冷却发电机然后再排到主机室去（第四种方式）
1—外部空气入口；2—保温阀；3—空气再循环用的活叶格栅；4—主机室采暖用的热空气出口。

这种方式称为川流方式，这是非密闭系统的各种方式中应用得最广的一种方式，它适用于容量不超过 30 000 瓩的发电机。

发电机密闭冷却系统 按照这种系统，热空气流过水空气冷却器，然后再回到发电机内。空气冷却器是由黄铜管构成的，这些管子的末端嵌在上部和下部配水箱内。为了增大散热面，管上都缠绕黄铜

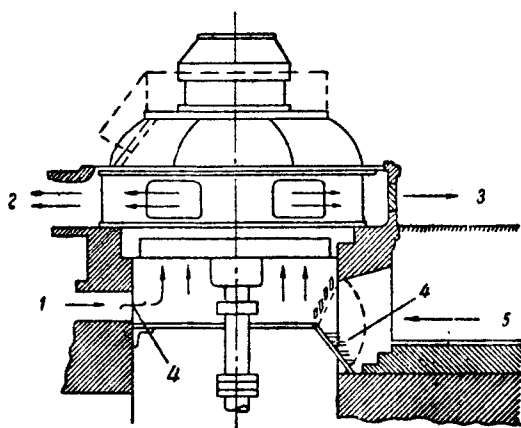


图 5 用外部空气冷却发电机然后再排到主机室去（第五种川流方式）
1—外部空气入口；2—沿沟道向外排除热空气；3—排出供主机室采暖用的热空气；4—调节阀；5—由发电机底层室进气。

螺旋絲。管內有水流動，而空氣則在管子之間流通。發電機的冷卻採用密閉循環的方式，也就是說採用同一種固定不變的空氣量。只有在供主機室空氣采暖的情況下，才能採用非密閉循環方式。空氣冷卻器裝在定子四周的專用環形溝內。在定子的壁板上開有氣窗，空氣便經過這些氣窗由發電機流到環形溝內並且進入冷卻器內。

空氣冷卻器的佈置方法有下面五種。

第一種方法 在定子開有熱空氣排氣窗的地方，將空氣冷卻器沿定子的四周以相等的距離與定子的壁板連接起來（圖6）。熱空氣由氣窗流到各冷卻器去，然後向上下分叉，重新被吸到定子中來，如此循環不已。

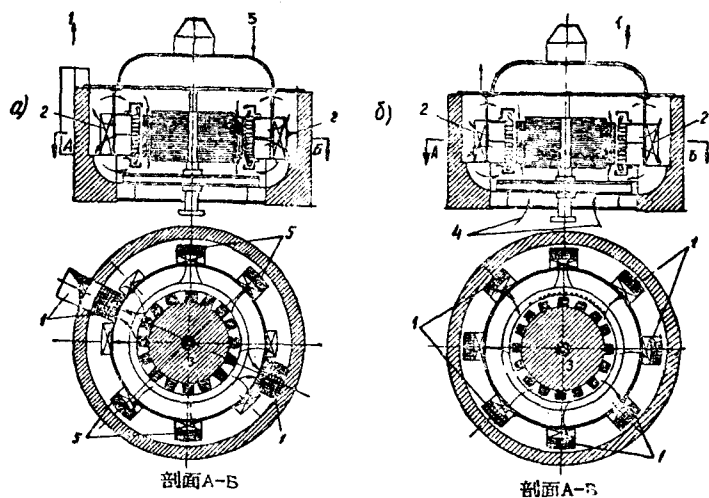


圖 6 空氣由定子直接流過空氣冷卻器的發電機密閉冷卻系統
(第一種方法)

a—由熱段排出採暖用的空氣； b—由冷段排出採暖用的空氣。

1—放出供主機室採暖用的熱空氣；2—空氣冷卻器；3—發電機轉子；4—由發電機下層室進氣；5—由主機室進氣。

圖6,a表示由熱段排出空氣供給采暖用，圖6,b表示空氣流過冷卻器後的排氣情況。後一種方案應該認為是不好的，因為放出的空氣在流過冷卻器時損失很大一部分壓力，並且具有低的溫度。

第二种方法 空气冷却器横过环形通风沟道装設。在定子壁板上每隔两个冷却器都装有气窗(图7)。热空气经过气窗进入环形沟道,然后向左右折轉流过空气冷却器,再向上下分叉重新被吸到发电机内。

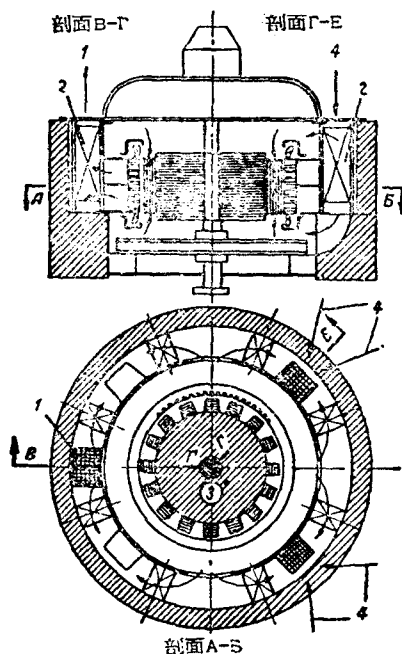


图 7 空气由环形沟道以水平方向流过空气冷却器的发电机密闭冷却系統 (第二种方法)

1—放出供主机探暖用的热空气；2—空气冷却器；3—发电机轉子；
4—由主机室进气。

第三种方法 空气冷却器装在环形通风沟道的四周,通风沟道按高度分为三个部分。热空气经过发电机定子壁板上的气窗进入中间部分,再由中间部分经过装在沟通横隔板内的空气冷却器流到上下两个部分,然后冷却空气便由此被吸到发电机内(图8)。

第四种方法 空气冷却器成组地装在定子的一边,气窗的开设和第三种方法相同,即以相等的距离装在定子壁板的四周(图9)。热空气进入环形沟道,再由环形沟道经过壁上的气窗流往空气冷却器,再

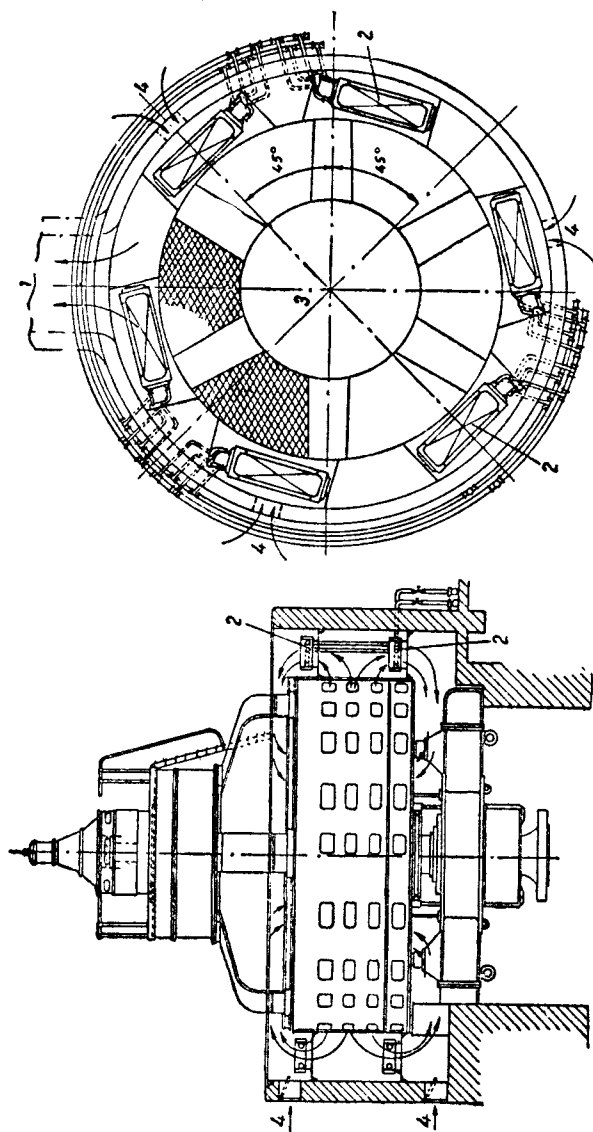


图 8 空气由环形沟道以垂直方向流经空气冷却器的发电机密闭冷却系统 (第三种方法)
 1—放出供主机室探要用的热空气; 2—空气冷却器; 3—发电机转子; 4—由发电机底层室进气。

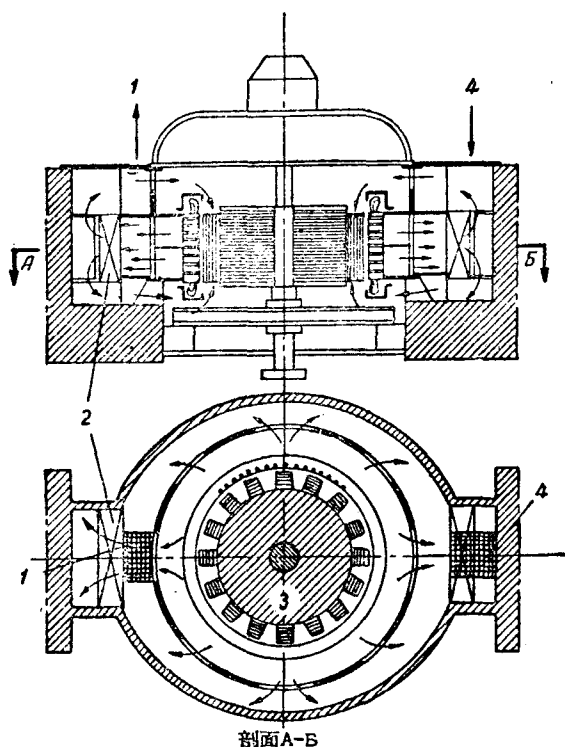


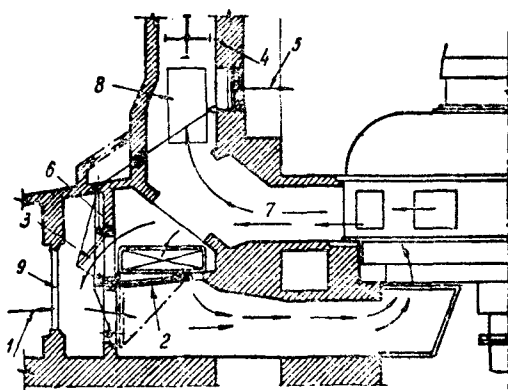
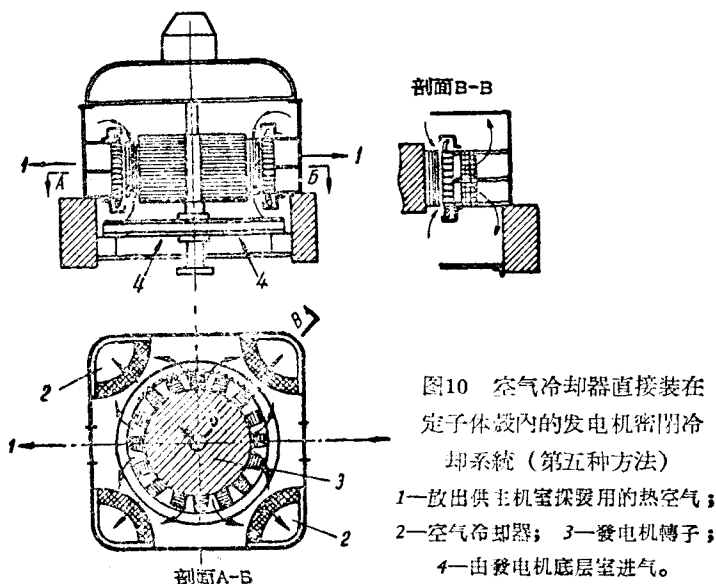
图 9 空气冷却器装在外部的发电机密闭冷却系统（第四种方法）

1—放出供主机室取暖用的热空气；2—空气冷却器；3—发电机转子；
4—由主机室进气。

向上下分叉被吸入发电机内。

第五种方法 发电机的空气冷却器直接装在定子壳体内。为了这个目的，发电机制成正方形（图10）。采用这种装置时，发电机的通风是在定子内部进行的，这就形成了一系列运转和施工方面的优点（发电机底层基础简单，没有通风外壳以及其他等等）。

还有一种混合的系统，这是一种密闭循环方式，但在空气冷却器发生故障时可转换成川流方式。上面所说的通风系统用在空气冷却器为数不多的情况下（图11）。



1—外部空气入口；2—一号调节阀；3—二号调节阀；4—三号调节阀；5—放
出供主机室探要用的热空气；6—空气冷却器；7—由发电机气窗放出热空气；
8—通往风洞的门；9—百叶窗格栅和黏粘式过滤器。

目前，容量在4000瓩以上的水輪发电机照例都采用带有水空气冷
却器的密闭冷却系统。