

利用过剩电能将烟气中的二氧化碳转化成天然气的工艺及设备

技术领域

本发明涉及利用太阳能、水能、风能等可再生能源发电产生的过剩电能对工业烟气进行能源转化处理的技术，具体地指一种利用过剩电能将烟气中的二氧化碳转化成天然气的工艺及设备。

背景技术

目前，全球每年160多亿吨标煤的能源消费总量中，90%以上为煤炭、石油、天然气等化石能源，我国也不例外，由此带来了极其巨量的二氧化碳排放。进入二十一世纪以来，人类所面临的最大挑战之一就是二氧化碳大量排放所造成的温室效应，由此引起全球变暖、气候变化、以及对生态、经济、社会等方面产生综合影响的全球性环境问题。2010年全球二氧化碳排放量已升至306亿吨以上，我国已成为二氧化碳排放第一大国，而且排放量还在不断增加。全球性的能源短缺和二氧化碳所引起的日益严重的环境问题迫使人们去寻找解决这些问题的途径。

为了解决上述问题，可再生能源的利用得到了空前扩展。据不完全统计，当前我国水电、核电、风电、太阳能等非化石能源占一次能源消费总量的比重在逐年扩大，在十二五期间其比重将由当前的8.3%提高到11.4%，到2020年非化石能源占一次能源消费总量的比重将达到15%。为实现这一目标，发展可再生能源势在必行。

然而，2011年国家电监会发布的《风电、光伏发电情况监管报告》显示，过去的半年内，我国风能发电但无法被人们所用的弃用风电电量就达27.76亿度。国家电监会称，由于缺乏具体的风电送出和风电消纳方案，大规模风电送出消纳的矛盾日益突出，上网障碍已成为制约风电发展的关键问题。

在水力发电方面，我国建成超过50万kW以上水电站的数量已经达到28个，其总装机容量达到5098万千瓦。在2010年，我国十二大水电基地规划（包括已建）装机总容量达到20523.2万千瓦，年发电量达到9458.8亿kW·h。在水力发电项目的丰水期，发电量充足，但在丰水期许多电量无法送出，导致上网电价非常低廉，造成电能的损失或者设备的停车损耗。

在太阳能发电方面,我国2010年光伏发电市场装机量达到400兆瓦,在全球总装机量中占3%。按照国家能源局的规划,到2015年,我国太阳能装机容量将达到1000万千瓦以上;到2020年,太阳能装机容量将达4000万千瓦以上。但是其中一些电能必然会存在并网瓶颈问题。

如何充分利用上述可再生能源发电产生的过剩电能,进而有效实现节能减排、降低温室效应的目的,一直是本领域技术人员试图解决的难题。

发明内容

本发明的目的旨在解决可再生能源发电存在上网障碍或短时间过剩难以储存的缺陷、以及化石能源发电存在温室气体污染环境的问题,提供一种利用过剩电能将烟气中的二氧化碳转化成天然气的工艺及设备。

为实现上述目的,本发明所设计利用过剩电能将烟气中的二氧化碳转化成天然气的工艺,其核心思路是先利用过剩电能电解水产生氢气,然后将氢气与工业烟气中捕集下来的二氧化碳发生甲烷化反应,从而合成得到可以方便储存或输送的天然气,同时可使工业烟气中排放的二氧化碳得到合理化应用。该工艺包括如下步骤:

1) 将可再生能源发电产生的难以储存或并网障碍的过剩电能变压及整流之后,通入到电解质溶液中,将其中的水电解分离成 H_2 和 O_2 , 并将 H_2 中的水份处理干净;

2) 对工业排放的烟气进行净化处理,使其中所含的 CO_2 分离出来,并对捕获的 CO_2 进行纯化处理;

3) 将步骤 1) 产生的 H_2 与步骤 2) 捕获的 CO_2 输送到由至少由两级固定床反应器组成的合成设备中,使 H_2 与 CO_2 在催化剂的作用下完成甲烷化强放热反应,生成主要组份为 CH_4 和水蒸汽的高温混合气体;

4) 用步骤 3) 生成的高温混合气体对工艺用水进行间接换热处理,使工艺用水最终转化为过热水蒸汽;

5) 将步骤 4) 产生的过热水蒸汽输入到汽轮发电机中做功,所产生的电能返回到步骤 1) 中进行变压及整流处理,继续用来电解水;

6) 对步骤 4) 中经过换热降温后的混合气体进行冷凝干燥处理,直至获得 CH_4 含量符合标准的天然气。这些天然气(SNG)可以加压输送到现有天然气管网中,或增压成

液化天然气（LNG）进行运输。

进一步地，上述步骤 1) 中，可再生能源为太阳能、水能、风能中的一种或其组合，这几种可再生能源最为环保、低廉、安全。电解质溶液优选密度为 $1.2 \sim 1.4 \text{ kg/m}^3$ 的氢氧化钾溶液或其他同类溶液，电解质溶液的反应温度控制在 $90 \pm 2^\circ\text{C}$ ，其电解水的反应机理如下： $2\text{H}_2\text{O} = 2\text{H}_2\uparrow + \text{O}_2\uparrow$ 。与单纯的水相比，采用电解质溶液可以大幅降低电解反应的温度，节约电耗。所生产的 H_2 和 O_2 经水份脱除、冷却降温后， H_2 用于进行下一步反应， O_2 则可以作为副产品加以其他利用。

进一步地，上述步骤 3) 中，各级固定床反应器的进口温度为 $250 \sim 300^\circ\text{C}$ ，反应压力为 $3 \sim 4 \text{ MPa}$ ，出口温度为 $350 \sim 700^\circ\text{C}$ 。 H_2 与 CO_2 的甲烷化反应机理如下： $4\text{H}_2 + \text{CO}_2 = \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O} + 4160 \text{ KJ/kg} \cdot \text{CO}_2$ 。具体操作时，一般按照体积比为 $\text{H}_2 : \text{CO}_2 = 4 : 1$ 的比例将它们混合输送至固定床反应器中，在镍基或同类催化剂的作用下进行强放热反应，同时释放出大量热量，使产生的混合气体温度得到很大提高。设置至少两级固定床反应器的目的是确保 H_2 与 CO_2 充分反应，提高 H_2 的利用效率。

进一步地，所述步骤 3) 中，从第一级固定床反应器输出的高温混合气体中分流一部分，对其进行冷却脱水、加压、升温处理，再与新鲜的 H_2 和 CO_2 混合，使混合气体中 CO_2 的体积含量在 $6 \sim 8\%$ 之间，输送回第一级固定床反应器中。这样，一方面可以通过返回的高温气体预热新鲜的 H_2 和 CO_2 气体，节省能耗，另一方面可以通过对 CO_2 体积分含量的调节控制反应热，进而控制固定床反应器的最高出口温度，使催化剂在允许温度下不失去活性，确保固定床反应器稳定运行。

进一步地，所述步骤 4) 中，先将工艺用水升温成过热水，再将过热水转化成水蒸汽，最后使水蒸汽转化为过热水蒸汽。这样，可以使工艺用水连续、稳定、可靠地转化成过热水蒸汽，确保汽轮发动机始终不间断地发电，其产生的电能继续用来电解水，从而使甲烷化反应生产的高热得以充分利用，提高可再生能源的转化效率。

进一步地，所述步骤 5) 中，将推动汽轮机做功后产生的乏汽冷凝成水，送回到工艺用水管路中循环使用。这样，可以有效提高工艺用水的利用效率，节约水资源。

进一步地，所述步骤 6) 中，将从混合气体中冷凝下来的水送回到工艺用水管路中循环使用。这样，可以有效提高工艺用水的利用效率，节约水资源。

同样，为实现上述目的，本发明所设计利用过剩电能将二氧化碳转化成天然气的设

备,包括变压及整流装置、电解槽、汽轮发电机、二氧化碳加热器、第一级固定床反应器、第二级固定床反应器、天然气冷凝器和工艺用水管路。其特殊之处在于:变压及整流装置的输出端与电解槽的电源接口相连,电解槽的阴极气液出口与氢气分离器的气液输入端相连,氢气分离器的液体输出端与电解槽的阴极回液口相连,氢气分离器的 H_2 输出端与氢气冷却器的进口相连,氢气冷却器的出口和二氧化碳加热器的出口同时与第一级固定床反应器的进口相连,第一级固定床反应器的出口依次通过过热器和一级换热器的混合气管路与第二级固定床反应器的进口相连,第二级固定床反应器的出口依次通过二级换热器和预热器的混合气管路与天然气冷凝器的输入端相连。工艺用水管路与预热器的水介质进口相连,预热器的水介质出口通过汽包与过热器的蒸汽进口相连,过热器的蒸汽出口与汽轮发电机的蒸汽输入端相连,汽轮发电机的电输出端与变压及整流装置的输入端相连。

作为优选方案,上述一级换热器的混合气输出端还分出一支路与循环换热器的热介质进口相连,循环换热器的热介质出口通过循环冷却器与循环压缩机的输入端相连,循环压缩机的输出端则与循环换热器的被加热介质进口相连,循环换热器的被加热介质出口与第一级固定床反应器的进口相连。这样,可以使反应生成的一部分高温混合气体通过自循环的方式重新进入第一级固定床反应器中,实现对新鲜 H_2 和 CO_2 气体的预热,从而节省能耗,确保反应连续进行。

作为另一种优选方案,上述第一级固定床反应器和第二级固定床反应器之间还设置有中间固定床反应器,中间固定床反应器的进口与一级换热器的混合气输出端相连,中间固定床反应器的出口通过中间换热器与第二级固定床反应器的进口相连。这样,实际上设置有三级固定床反应器,可以逐级分配 H_2 与 CO_2 的甲烷化反应率,直至原料反应完全。同时,可以逐级降低固定床反应器的温度,获得不同品质(温度、压力)的蒸汽,以适于汽轮发电机的需要。

进一步地,上述汽轮发电机的乏汽输出端通过乏汽冷凝器与工艺用水管路相连。这样,可以节约水资源,提高工艺用水的利用率。

进一步地,上述工艺用水管路还与氢气分离器的气液输入端相连。这样,可以通过氢气分离器将水输送到电解槽中,补充电解反应过程中水的损耗,同时用来冷却电解水过程中产生的热量。

进一步地，上述天然气冷凝器的凝结水输出端与预热器的水介质进口相连。这样，可以节约水资源，提高工艺用水的利用率。

本发明具有以下突出效果：

其一，利用太阳能、水能、风能等可再生能源发电产生的过剩电能电解水生产氢气，再将氢气与从工业烟气中捕获的二氧化碳进行甲烷化反应，可以将二氧化碳转化为便于储运的甲烷燃料（即天然气的主要成份），从而可以很方便地将其导入现有的天然气管网系统中，也可以将其增压处理得到液化天然气，通过槽车输送。这样，有效解决了上述过剩电能上网障碍或短时过剩而产生的储电难问题。

其二，在将氢气与二氧化碳合成转变成甲烷的过程中，烟气中大量的二氧化碳被回收利用，达到了减排二氧化碳的目的，解决了化石燃料产生巨量二氧化碳的减排难题，具有巨大的经济效益和社会效益。

其三，氢气与二氧化碳的甲烷化反应是强放热反应，反应过程中会释放出大量热能，将此热能用来产生高温过热蒸汽继续发电，再将电能用于电解水的循环，从而能够大幅提高可再生能源的转化效率。

其四，氢气与二氧化碳的甲烷化反应的终产物中，只有作为天然气燃料的甲烷和水蒸汽，没有其他毒副产物，从而既可以确保天然气的品质，又可以减轻温室气体对环境的污染，一举二得。

附图说明

图 1 为一种利用过剩电能将烟气中的二氧化碳转化成天然气的设备的结构示意图。

图 2 为另一种利用过剩电能将烟气中的二氧化碳转化成天然气的设备的结构示意图。

具体实施方式

以下结合附图和具体实施例对本发明的工艺及设备作进一步的详细描述。

实施例 1：如图 1 所示的一种利用过剩电能将二氧化碳转化成天然气的设备，主要由变压及整流装置 1、电解槽 2、汽轮发电机 4、二氧化碳加热器 21、第一级固定床反应器 13、第二级固定床反应器 11、天然气冷凝器 8 和工艺用水管路 3 等部件组成。变压及

整流装置 1 的输出端与电解槽 2 的电源接口相连。电解槽 2 的阳极气液出口与氧气分离器 20 的气液输入端相连, 氧气分离器 20 的液体输出端与电解槽 2 的阳极回液口相连, 氧气分离器 20 的 O_2 输出端与氧气冷却器 19 的进口相连, 氧气冷却器 19 的出口可以与 O_2 加压槽车或装瓶设备相连 (图中未示出), 以备其他工业利用。电解槽 2 的阴极气液出口与氢气分离器 18 的气液输入端相连, 氢气分离器 18 的气液输入端还与工艺用水管路 3 相连, 用以补充水份损耗; 氢气分离器 18 的液体输出端与电解槽 2 的阴极回液口相连, 氢气分离器 18 的 H_2 输出端与氢气冷却器 17 的进口相连, 氢气冷却器 17 的出口和二氧化碳加热器 21 的出口同时与第一级固定床反应器 13 的进口相连, 用以将新鲜的 H_2 与 CO_2 的输送到第一级固定床反应器 13 内部。

第一级固定床反应器 13 的出口依次通过过热器 6 和一级换热器 7 的混合气管路与第二级固定床反应器 11 的进口相连。一级换热器 7 的混合气输出端还分出一支路与循环换热器 16 的热介质进口相连, 循环换热器 16 的热介质出口通过循环冷却器 15 与循环压缩机 14 的输入端相连, 循环压缩机 14 的输出端则与循环换热器 16 的被加热介质进口相连, 循环换热器 16 的被加热介质出口与第一级固定床反应器 13 的进口相连。

第二级固定床反应器 11 的出口依次通过二级换热器 10 和预热器 9 的混合气管路与天然气冷凝器 8 的输入端相连。工艺用水管路 3 与预热器 9 的水介质进口相连, 预热器 9 的水介质出口通过汽包 12 与过热器 6 的蒸汽进口相连, 过热器 6 的蒸汽出口与汽轮发电机 4 的蒸汽输入端相连, 汽轮发电机 4 的乏汽输出端通过乏汽冷凝器 5 与工艺用水管路 3 相连, 汽轮发电机 4 的电输出端则与变压及整流装置 1 的输入端相连, 以给电解水提供电能。另外, 天然气冷凝器 8 的凝结水输出端也可以与预热器 9 的水介质进口相连 (图中未示出), 用以将凝结水返回到系统中循环利用。

上述利用过剩电能将烟气中的二氧化碳转化成天然气的设备的工艺流程如下:

太阳能、水能或风能等可再生能源发电所产生的过剩电能经过变压及整流装置 1 处理成所需的电流后, 提供电解槽 2 的工作电源。电解槽 2 内的电解质溶液采用密度为 $1.2 \sim 1.4 \text{ kg/m}^3$ 的氢氧化钾溶液, 其反应温度控制在 $90 \pm 2^\circ\text{C}$ 。此时, 电解槽 2 的阳极和阴极分别产生携带有电解质溶液的 O_2 和 H_2 。所产生的 O_2 经过氧气分离器 20 后, 其中的电解质溶液与被分离出来, 返回电解槽 2 中继续参加反应, O_2 再进入氧气冷却器 19 冷却至 45°C 左右脱水, 脱水后输送至加压槽车或装瓶设备, 以备工业利用。所产生的 H_2 经

过氢气分离器 18 后, 其中的电解质溶液被分离出来, 返回电解槽 2 中继续参加反应, H_2 再进入氢气冷却器 17 冷却至 45°C 左右脱水, 进入下一步反应。电解损耗的水通过工艺用水管路 3 输入到氢气分离器 18 中, 进而补充到电解槽 2 中, 同时用来冷却电解水过程中产生的热量。

与此同时, 将从烟气中捕获纯化的 CO_2 导入二氧化碳加热器 21 内, 经过加热升温后, 与脱水纯化的 H_2 按照体积比为 $H_2:\text{CO}_2=4:1$ 的比例混合成新鲜气体, 输送至第一级固定床反应器 13 中进行甲烷化强放热反应。为了控制 H_2 与 CO_2 的甲烷化反应热, 可在二氧化碳加热器 21 中加入一定量的 CH_4 , 一般按照体积比为 $H_2:\text{CO}_2:\text{CH}_4=4:1:0.5$ 的比例进行混合, 反应运行稳定后可停加 CH_4 。保持第一级固定床反应器 13 的进口温度为 $250\sim 300^{\circ}\text{C}$ 、反应压力为 $3\sim 4\text{Mpa}$ 、出口温度为 $600\sim 700^{\circ}\text{C}$, 在镍基催化剂的作用下大部分 H_2 与 CO_2 反应生成 CH_4 和水蒸汽的高温混合气体。该高温混合气体依次由过热器 6 和一级换热器 7 降温至 $250\sim 300^{\circ}\text{C}$ 后, 分流为两部分。其中一部分高温混合气体经过循环换热器 16 的热介质管路进入循环冷却器 15 中, 换热降温至 $30\sim 40^{\circ}\text{C}$, 再经过循环压缩机 14 将压力提高到 $3\sim 4\text{Mpa}$ 、温度升高到 $180\sim 200^{\circ}\text{C}$, 最后经过循环换热器 16 的被加热介质管路, 进一步加热至 $250\sim 300^{\circ}\text{C}$, 与新鲜的 H_2 和 CO_2 混合, 使混合气体中 CO_2 的体积含量在 $6\sim 8\%$ 之间, 输送到第一级固定床反应器 13 内部, 如此循环。通过上述循环预热新鲜 H_2 和 CO_2 , 可以大幅节省能耗, 控制第一级固定床反应器 13 出口温度。另一部分高温混合气体则输入到第二级固定床反应器 11 内, 保持第二级固定床反应器 11 的进口温度为 $250\sim 300^{\circ}\text{C}$ 、反应压力为 $3\sim 4\text{Mpa}$ 、出口温度为 $350\sim 500^{\circ}\text{C}$, 使其中未反应的 H_2 和 CO_2 继续完成甲烷化强放热反应, 直至所有原料反应完毕。

从第二级固定床反应器 11 输出的 CH_4 和水蒸汽的高温混合气体依次经过二级换热器 10 和预热器 9 换热降温后, 再经过天然气冷凝器 8 进一步冷却, 其中的气体 CH_4 冷却到 $45\sim 50^{\circ}\text{C}$, 并由天然气冷凝器 8 的气体输出端流出, 纯度达 94% 以上的 CH_4 经加压成为 SNG/LNG (天然气/液化天然气), 通过管道输送到现有的管网/槽车加以储存和利用; 而其中的凝结水则由天然气冷凝器 8 的凝结水输出端流出, 输送到预热器 9 的水介质进口中循环利用。

在上述甲烷化强放热反应过程中, 工艺用水通过工艺用水管路 3 进入预热器 9, 在

其内被换热升温成过热水。过热水通过管路输送至汽包 12 中,在其内蒸发转化成水蒸汽。水蒸汽再通过管路输送至过热器 6 中,继续加热升温转化成具有设定压力的过热水蒸汽。该过热水蒸汽通过管道进入汽轮发电机 4 中,高速流动的过热水蒸汽推动汽轮发电机 4 的叶片转动发电,所产生的电能返回到变压及整流装置 1 中,经过变压及整流后继续用来电解水,从而使甲烷化强放热反应中的余热得以充分利用。而推动汽轮机做功后产生的乏汽则输送至乏汽冷凝器 5 中,冷凝成水后送回到工艺用水管路 3 中循环使用。

实施例 2: 如图 2 所示的另一种利用过剩电能将二氧化碳转化成天然气的设备,其结构和工艺流程与实施例 1 基本相同,只是在第一级固定床反应器 13 和第二级固定床反应器 11 之间还设置有中间固定床反应器 22,中间固定床反应器 22 的进口与一级换热器 7 的混合气输出端相连,中间固定床反应器 22 的出口通过中间换热器 23 与第二级固定床反应器 11 的进口相连。这样设置有三级固定床反应器,可以分三级分配 H_2 与 CO_2 的甲烷化反应率,确保原料反应完全。同时,可以依次降低三级固定床反应器的进出口温度,获得相应品质(温度、压力)的蒸汽,以适于汽轮发电机 4 的需要。

权利要求书

1、一种利用过剩电能将烟气中的二氧化碳转化成天然气的工艺，其特征在于：该工艺包括如下步骤：

1) 将可再生能源发电产生的难以储存或并网障碍的过剩电能变压及整流之后，通入到电解质溶液中，将其中的水电解分离成 H_2 和 O_2 ，并将 H_2 中的水份处理干净；

2) 对工业排放的烟气进行净化处理，使其中所含的 CO_2 分离出来，并对捕获的 CO_2 进行纯化处理；

3) 将步骤 1) 产生的 H_2 与步骤 2) 捕获的 CO_2 输送到至少由两级固定床反应器组成的合成设备中，使 H_2 与 CO_2 在催化剂的作用下完成甲烷化强放热反应，生成主要组份为 CH_4 和水蒸汽的高温混合气体；

4) 用步骤 3) 生成的高温混合气体对工艺用水进行间接换热处理，使工艺用水最终转化为过热水蒸汽；

5) 将步骤 4) 产生的过热水蒸汽输入到汽轮发电机中做功，所产生的电能返回到步骤 1) 中进行变压及整流处理，继续用来电解水；

6) 对步骤 4) 中经过换热降温后的混合气体进行冷凝干燥处理，直至获得 CH_4 含量符合标准的天然气。

2、根据权利要求 1 所述的利用过剩电能将烟气中的二氧化碳转化成天然气的工艺，其特征在于：所说的步骤 1) 中，可再生能源为太阳能、水能、风能中的一种或其组合。

3、根据权利要求 1 所述的利用过剩电能将烟气中的二氧化碳转化成天然气的工艺，其特征在于：所说的步骤 1) 中，电解质溶液采用密度为 $1.2 \sim 1.4 \text{ kg/m}^3$ 的氢氧化钾溶液，电解质溶液的反应温度控制在 $90 \pm 2^\circ\text{C}$ 。

4、根据权利要求 1 或 2 或 3 所述的利用过剩电能将烟气中的二氧化碳转化成天然气的工艺，其特征在于：所说的步骤 3) 中，各级固定床反应器的进口温度为 $250 \sim 300^\circ\text{C}$ ，反应压力为 $3 \sim 4 \text{ Mpa}$ ，出口温度为 $350 \sim 700^\circ\text{C}$ 。

5、根据权利要求1或2或3所述的利用过剩电能将烟气中的二氧化碳转化成天然气的工艺，其特征在于：所说的步骤3)中，从第一级固定床反应器输出的高温混合气体中分流一部分，对其进行冷却脱水、加压、升温处理，再与新鲜的 H_2 和 CO_2 混合，使混合气体中 CO_2 的体积含量在6~8%之间，输送回第一级固定床反应器中。

6、根据权利要求1或2或3所述的利用过剩电能将烟气中的二氧化碳转化成天然气的工艺，其特征在于：所说的步骤4)中，先将工艺用水升温成过热水，再将过热水转化成水蒸汽，最后使水蒸汽转化为过热水蒸汽。

7、根据权利要求1或2或3所述的利用过剩电能将烟气中的二氧化碳转化成天然气的工艺，其特征在于：所说的步骤5)中，将推动汽轮机做功后产生的乏汽冷凝成水，送回到工艺用水管路中循环使用。

8、根据权利要求1或2或3所述的利用过剩电能将烟气中的二氧化碳转化成天然气的工艺，其特征在于：所说的步骤6)中，将从混合气体中冷凝下来的水送回到工艺用水管路中循环使用。

9、一种利用过剩电能将二氧化碳转化成天然气的设备，包括变压及整流装置(1)、电解槽(2)、汽轮发电机(4)、二氧化碳加热器(21)、第一级固定床反应器(13)、第二级固定床反应器(11)、天然气冷凝器(8)和工艺用水管路(3)，其特征在于：变压及整流装置(1)的输出端与电解槽(2)的电源接口相连，电解槽(2)的阴极气液出口与氢气分离器(18)的气液输入端相连，氢气分离器(18)的液体输出端与电解槽(2)的阴极回液口相连，氢气分离器(18)的 H_2 输出端与氢气冷却器(17)的进口相连，氢气冷却器(17)的出口和二氧化碳加热器(21)的出口同时与第一级固定床反应器(13)的进口相连，第一级固定床反应器(13)的出口依次通过过热器(6)和一级换热器(7)的混合气管路与第二级固定床反应器(11)的进口相连，第二级固定床反应器(11)的出口依次通过二级换热器(10)和预热器(9)的混合气管路与天然气冷凝器(8)的输入端相连；工艺用水管路(3)与预热器(9)的水介质进口相连，预热器(9)的水介质

出口通过汽包（12）与过热器（6）的蒸汽进口相连，过热器（6）的蒸汽出口与汽轮发电机（4）的蒸汽输入端相连，汽轮发电机（4）的电输出端与变压及整流装置（1）的输入端相连。

10、根据权利要求 9 所述的利用过剩电能将二氧化碳转化成天然气的设备，其特征在于：一级换热器（7）的混合气输出端还分出一支路与循环换热器（16）的热介质进口相连，循环换热器（16）的热介质出口通过循环冷却器（15）与循环压缩机（14）的输入端相连，循环压缩机（14）的输出端则与循环换热器（16）的被加热介质进口相连，循环换热器（16）的被加热介质出口与第一级固定床反应器（13）的进口相连。

11、根据权利要求 9 或 10 所述的利用过剩电能将二氧化碳转化成天然气的设备，其特征在于：第一级固定床反应器（13）和第二级固定床反应器（11）之间还设置有中间固定床反应器（22），中间固定床反应器（22）的进口与一级换热器（7）的混合气输出端相连，中间固定床反应器（22）的出口通过中间换热器（23）与第二级固定床反应器（11）的进口相连。

12、根据权利要求 9 或 10 所述的利用过剩电能将二氧化碳转化成天然气的设备，其特征在于：汽轮发电机（4）的乏汽输出端通过乏汽冷凝器（5）与工艺用水管路（3）相连。

13、根据权利要求 9 或 10 所述的利用过剩电能将二氧化碳转化成天然气的设备，其特征在于：工艺用水管路（3）还与氢气分离器（18）的气液输入端相连。

14、根据权利要求 9 或 10 所述的利用过剩电能将二氧化碳转化成天然气的设备，其特征在于：天然气冷凝器（8）的凝结水输出端与预热器（9）的水介质进口相连。