

ICS 77-010

CCS H 04



团体标准

T/CSTM 00808—2022

钢铁行业低品位余热有机朗肯循环（ORC） 透平发电技术规范

Technical specification for low-grade waste heat organic Rankine cycle (ORC)
turbine power generation in iron and steel industry

2022-08-29 发布

2022-11-29 实施

中关村材料试验技术联盟

发布

前 言

本文件参照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规则起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本文件由中国材料与试验团体标准委员会钢铁材料领域委员会(FC01)提出。

本文件由中国材料与试验团体标准委员会钢铁材料领域委员会(FC01)归口。

全 国 标 准 发 布 使 用

钢铁行业低品位余热有机朗肯循环（ORC）透平发电技术规范

1 范围

本文件规定了钢铁行业低品位余热有机朗肯循环（ORC）透平发电技术的术语和定义、原理与流程、总平面布置、系统要求、烟气余热回收系统、有机工质朗肯循环系统、汽水系统、供水及水处理系统、其他系统、操作与维护等。

本文件适用于钢铁企业低品位余热利用有机工质朗肯循环（ORC）透平发电技术应用。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 150 压力容器(所有)
- GB/T 151 热交换器
- GB 50016 建筑设计防火规范
- GB 50019 工业建筑供暖通风与空气调节设计规范
- GB 50029 压缩空气站设计规范
- GB 50049 小型火力发电厂设计规范
- GB/T 50050 工业循环冷却水处理设计规范
- GB/T 50102 工业循环水冷却设计规范
- GB 50660 大中型火力发电厂设计规范
- GB 50721 钢铁企业给水排水设计规范
- TSG G0001 锅炉安全技术监察规程
- DL 612 电力工业锅炉压力容器监察规程
- DL/T 5054 火力发电厂汽水管道设计技术规范
- DL/T 5339 火力发电厂水工设计规范

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

低品位余热 low grade waste heat

钢铁生产流程高炉、转炉、焦炉等生产过程中产生的高于150℃且低于350℃的烟气余热、低于0.3MPa的低压饱和蒸汽。

3.2

有机工质 organic working medium

由有机化合物组成的、具有低沸点和环境友好特性的，可实现热能和机械能相互转化的工作介质。

3.3

有机朗肯循环透平机 organic Rankine cycle turbine

通过朗肯循环将有机工质流体中蕴有的能量通过转动的叶轮转换为机械能的叶轮发动机。也称ORC透平机。

4 原理与流程

4.1 工作原理

钢铁生产流程中产生的低品位余热，经余热回收装置把低品位余热转化为热水（或蒸汽），由管道输送至蒸发器加热有机工质，热水（或蒸汽）冷却后的回水（或凝结水）再由管道输送至余热回收装置吸收低品位余热，吸热和放热连续循环。

热水（或蒸汽）在蒸发器中加热有机工质，产生的具有一定压力和温度的工质过热气体引入ORC透平机，经过膨胀做功将热能转换成机械能，最终ORC透平机通过联轴器带动发电机上具有磁场的转子，将机械能转换成了电能。

4.2 工艺流程

低品位余热有机朗肯循环发电流程示意图如图1所示。

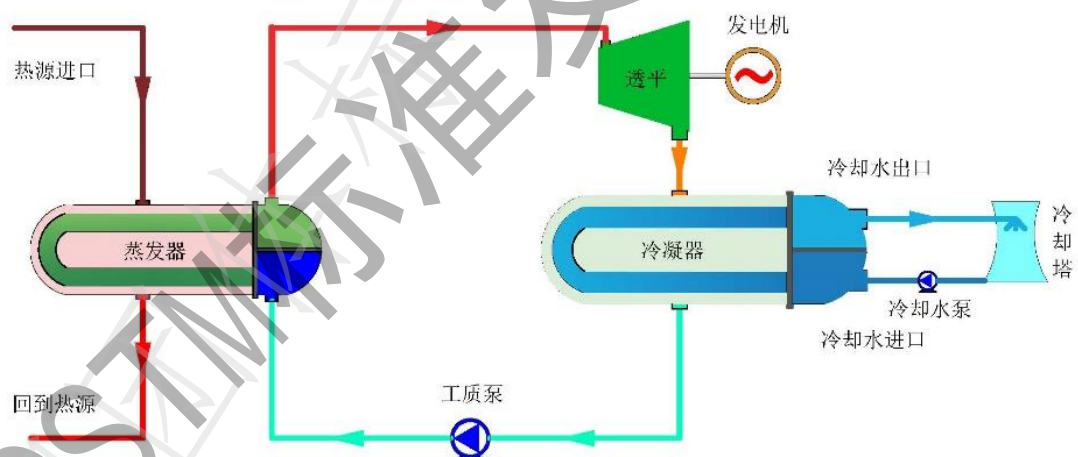


图1 低品位余热有机朗肯循环发电工艺流程示意图

5 总平面布置

5.1 一般要求

厂区总平面布置应以工艺流程合理为原则，应以主厂房为中心，结合各生产设施及工艺系统的功能，分区明确，紧凑合理，有利扩建，因地制宜的进行布置，并应满足防火、防爆、环境保护、劳动安全和职业卫生的要求。对扩（改）建工程宜利用原有厂区场地及可以利用的相关设施。

5.2 建（构）筑物布置要求

厂区建（构）筑物布置应符合GB 50016、GB 50029、GB 50049的有关规定，并应符合下列要求：

- a) 厂区竖向布置设计应根据生产工艺要求、工程地质、水文气象、土石方量及地基处理等综合因素确定，并应符合GB 50049的有关规定；
- b) 厂区管线的布置应符合GB 50049的有关规定。

6 系统要求

6.1 低品位余热资源品质

6.1.1 烟气资源应符合如下要求：

- a) 钢铁企业生产过程中产生的高于150℃烟气；
- b) 烟气余热利用不影响钢铁企业的正常生产。

6.1.2 烟气量及成分应符合下列要求：

- a) 应收集近三年的烟气量，整理出平均、最大、最小烟气量；
- b) 收集烟气成分，应包含含尘量、饱和水、S等杂质；
- c) 烟气不能满足排放要求的，应考虑烟气治理措施。

6.1.3 烟气压力及温度应符合下列要求：

- a) 烟气压力不能克服余热锅炉增加的阻力时，应设置吸风机，以满足钢铁企业的正常生产要求；
- b) 应收集近三年的烟气温度，整理出烟气平均温度、最大温度、最小温度。

6.2 低压饱和蒸汽

6.2.1 收集近三年的低压饱和蒸汽流量，整理出平均、最大、最小蒸汽流量。

6.2.2 收集近三年的低压饱和蒸汽压力、温度，整理出平均、最大、最小蒸汽参数。

6.3 装机方案

6.3.1 根据余热品质和余热收集能量，通过热平衡进行机组配置，确定机组容量。

6.3.2 发电机组可选用1台机组或多台机组，充分考虑收集能量、总图布局、电力系统接入便利性等因素。

6.4 工况条件

适应工况应符合如下要求：

- a) 透平阀门全开工况（VWO）：对应余热收集能量的最大值；
- b) 最大连续运行工况（TMCR）：可按照全开工况的95%考虑；
- c) 额定工况（THA）：应根据余热收集能量的平均值和最大连续运行工况综合优化确定，额定工况也是机组的最优运行工况，此工况为机组效率最高。

7 烟气余热回收系统

7.1 烟气系统

7.1.1 系统配置要求

7.1.1.1 烟气余热回收系统一般应设有旁路烟道，在烟气余热回收检修或故障停运时，不影响钢铁生产系统的正常运行。

7.1.1.2 烟气旁路烟道应设关断阀，关断阀应有调节功能和快速打开功能。

7.1.1.3 烟气余热回收装置前和烟囱入口应设关断阀。

7.1.2 吸风机配置

吸风机宜采用高效离心式风机，并采用变频调速，每炉配一台。风机风量参照按最大烟气量的115%，另加15℃以上的温度裕量；风机压头应烟气余热回收系统的阻力，并考虑20%裕量；

7.2 余热锅炉

7.2.1 余热配置原则

7.2.1.1 锅炉设备设计、制造及安装应符合TSG G0001、DL 612的有关规定。

7.2.1.2 当烟气温度小于250℃时，宜选用热水型余热锅炉；当烟气温度大于等于250℃时，应根据经济合理、安全可靠原则，综合比较确定余热锅炉形式。

7.2.2 热水型余热锅炉

7.2.2.1 余热锅炉出力应按对应余热收集能量的最大值设计，换热管道宜采用不锈钢材料。

7.2.2.2 闭式循环水系统配置闭式循环热水泵，热水泵宜采用两台，变频调节，一用一备。

7.2.2.3 闭式循环水系统应设置自动补水系统，补水定压热水泵入口压力，保障热水泵不汽蚀，并应有30kPa~50kPa的裕量。

7.2.2.4 闭式循环水系统应设置自动泄水系统。

8 有机工质朗肯循环系统

8.1 一般要求

8.1.1 系统设置

8.1.1.1 系统宜采用单元制系统。工质泵进口宜设置过滤器，工质泵出口应设置再循环管。

8.1.1.2 冷凝器热井最低液位面到至工质泵进口中心线的液柱所产生的压力，不应小于下列各项之和：

- a) 工质泵进口处的气化压力和冷凝器的工作压力之差；
- b) 工质泵的汽蚀余量；
- c) 工质泵进口的流动阻力；
- d) 工质泵运行安全的富裕量3kPa~5kPa。

8.1.2 ORC旁路系统设置及功能要求

蒸发器出口应设置ORC旁路至凝汽器的系统。旁路容量应根据蒸发器换热热量调节、透平冲转工质参数要求、透平甩负荷等因素确定，并不宜小于50%。

8.1.3 有机工质充放系统

应设置有机工质充放系统，充放系统出力根据机组容量、系统工质总量、充放时间等综合优化确定。

8.1.4 ORC抽真空系统

应在ORC的有机工质系统设置抽真空接口和抽真空装置。

8.2 透平发电机组

8.2.1 透平的容量应根据余热的大小和性质合理确定，条件许可时，应优先选择较大容量。

8.2.2 透平应与工质接触部分应采用不锈钢材。

8.2.3 透平应设置可靠的密封装置。

8.3 设备选型

8.3.1 蒸发器

8.3.1.1 蒸发器应满足下列要求：

- a) 蒸发器应采用表面式传热方式。结构形式可采用管壳式、板壳式等，应根据技术经济、安全可靠原则，综合比较确定；
 - b) 蒸发器结构设计、制造、材料、试验等应符合GB/T 150、GB/T 151的规定，并且与有机工质接触面的材料应采用不锈钢材料；
 - c) 蒸汽加热时，蒸发器内部应设有防蒸汽冲刷的不锈钢防冲击板。
- 8.3.1.2 蒸发器设计参数符合下列规定：
- a) 有机工质侧设计压力应与对应有机工质管道设计压力相同，并不小于1.6MPa；
 - b) 热水（或蒸汽）侧设计压力应与对应热水（或蒸汽）管道设计压力相同，并不小于0.2MPa；
 - c) 蒸发器有机工质侧设计温度应按照蒸发器出口有机工质最高温度加上温度偏差，温度偏差可取用5℃；
 - d) 蒸发器热水（或蒸汽）侧设计温度应与对应热水（或蒸汽）管道设计温度相同，并不小于150℃；
 - e) 如果蒸发器的结构采用加热段与蒸发段分体设计，并且蒸汽加热时，加热段设计温度取蒸汽压力的饱和温度加20℃。
- 8.3.1.3 蒸发器液位、压力、温度测点的设置符合下列规定：
- a) 蒸发器应设置有机工质液位远传接口，接口不少于两对；
 - b) 蒸发器的有机工质侧和热水（或蒸汽）侧，应设置就地压力和温度测点；
 - c) 在蒸发器本体上的有机工质侧和热水（或蒸汽）侧均应设置远传压力和温度测点。当蒸发器有机工质侧和热水（或蒸汽）侧的进出口关段阀门前的管道上设置了远传压力和温度测点时，可不设置。
- 8.3.1.4 蒸发器安全防护
- 蒸发器的有机工质侧和热水（或蒸汽）侧均应设置安全泄压阀。当蒸发器有机工质侧和热水（或蒸汽）侧的进出口关段阀门前的管道上设置了同泄压目的安全泄压阀时，可不设置。
- 8.3.2 工质泵
- 8.3.2.1 机组容量小于10MW时，工质泵可设置一台，应采用变频调速。
 - 8.3.2.2 机组容量大于等于10MW时，工质泵宜设置2台，一运一备，并采用变频调速。
 - 8.3.2.4 每台工质泵容量按透平阀门全开工况时，工质流量的110%选取。
 - 8.3.2.5 工质泵扬程按系统总阻力、总静压差之和的110%选取。
 - 8.3.2.6 工质泵应与工质接触部分应采用不锈钢材料。
 - 8.3.2.7 工质泵应设置可靠的密封装置。
- 8.3.3 冷凝器
- 8.3.3.1 冷凝器应符合下列要求：
- a) 冷凝器应采用表面式传热方式。结构形式可采用管壳式、板壳式等，应根据技术经济、安全可靠原则，综合比较确定；
 - b) 冷凝管及管板材料应根据冷却水水质条件选择，并且与有机工质接触面的材料应采用不锈钢材料；
 - c) 冷凝管的清洁系数宜取 0.85~0.9。
- 8.3.3.2 蒸发器设计参数应符合下列规定：
- a) 有机工质侧设计压力应不小于1.0MPa；
 - b) 管侧设计压力应不小于0.6MPa；
 - c) 凝汽器壳体设计温度应取透平出口最高有机工质气温度加15℃；
 - d) 管侧设计温度应不小于50℃。
- 8.3.3.3 冷凝器液位、压力、温度测点的设置符合下列规定：

- a) 冷凝器热井应设置有机工质液位就地和远传接口；
- b) 冷凝器的壳侧应设置就地压力和温度测点；
- c) 在冷凝器本体上的有机工质侧应设置远传压力和温度测点。当有机工质侧的进出口关段阀门前的管道上设置了远传压力和温度测点时，可不设置。

8.3.3.4 冷凝器安全防护

冷凝器的有机工质侧均应设置安全泄压阀。当冷凝器有机工质侧的进出口关段阀门前的管道上设置了同泄压目的安全泄压阀时，可不设置。

8.3.4 有机工质储罐

- 8.3.4.1 储罐结构设计、制造、材料、试验等应符合GB/T 150的规定；材料应采用不锈钢材料。
- 8.3.4.2 有机工质储罐设计压力应不小于1.0MPa。
- 8.3.4.3 有机工质储罐应设置安全泄压阀。
- 8.3.4.4 有机工质储罐应设置就地压力和温度测点。

9 汽水系统

9.1 低压饱和蒸汽系统

低压饱和蒸汽系统设计应符合GB 50049、DL/T 5054的有关规定。

9.2 除氧器及给水箱

除氧器及给水箱设计应符合GB 50049的有关规定。

9.3 给水系统及给水泵

给水系统及给水泵设计应符合GB 50049的有关规定。

9.4 凝结水系统

凝结水系统及凝结水泵设计应符合GB 50049的有关规定。

9.5 补水系统

补水系统设计应符合GB 50049、DL/T 5054的有关规定。

9.6 排污和排汽系统

排污和排汽系统设计应符合GB 50049、DL/T 5054的有关规定。

9.7 工业水系统

工业水系统设计应符合GB 50049的有关规定。

10 供水及水处理系统

10.1 给排水系统应符合GB 50721、DL/T 5339的相关规定。

10.2 循环冷却水系统应符合GB/T 50050、GB/T 50102的相关规定。

10.3 工业水宜接自钢铁企业工业水管网，水质应根据生产工艺和设备的要求确定，宜符合下列要求：

- a) 冷却塔循环水系统的补水中悬浮物含量超过 50 mg/L 时宜做预处理，经处理后的悬浮物含量不宜超过 20 mg/L，pH 值不应小于 6.5 且不宜大于 9.5；
- b) 工业用水转动机械轴承冷却水的碳酸盐硬度宜小于 250 mg/L（以 CaCO₃ 计），pH 值不应小于 6.5，且不宜大于 9.5。

10.4 每套机组循环水泵不宜少于 2 台，水泵的总出力应满足冷却水的最大计算用水量，并应设置备用水泵。

10.5 冷却塔的塔型选择应根据循环水的水量、水温、水质和循环水系统的运行方式等使用要求确定。

11 其他系统

11.1 其他系统包含电气设备及系统、热工自动化、采暖通风及空气调节、建筑结构、辅助及附属设施等系统应符合国标的相关规定。

11.2 电气设备及系统、热工自动化设计应符合GB 50660的有关规定。

11.3 采暖通风及空气调节、建筑结构设计应符合GB 50019、GB 50016的有关规定。

12 操作与维护

12.1 针对余热锅炉和ORC发电系统，应制定相应的操作规程，并严格执行。

12.2 余热锅炉、ORC透平发电系统的管道阀门布置应方便检查和操作，凡需经常操作维护的阀门而人员难以达到的场所，宜设置平台、楼梯，或设置传动机构引至楼面或地面进行操作。

12.3 ORC透平机房内起重机设置原则如下：

- a) ORC透平机房内应设置检修用电动桥式起重机或手动单梁桥式或其他形式的起重设备；
- b) 起重机的轨顶标高应结合规划建设机组确定，并应满足起吊物件最大起吊高度的要求；
- d) 起重机的起重量应按检修起吊最重件确定，同时应结合规划建设机组确定；
- e) 利用ORC透平机房桥式起重机起吊受限的设备顶部应设置必要的检修吊钩；
- f) ORC透平机房的运转层，应留有利用桥式起重机抽出发电转子所需要的场地和空间。汽轮机房的底层，应留有抽、装、清洗凝汽器冷却管的场地和空间；
- g) ORC透平机房底层的安装检修场地面积应能满足检修吊装大件和翻缸的要求。

附录A
(资料性)
起草单位和主要起草人

本文件起草单位：北京华晟环能科技有限公司、包钢集团、冶金工业信息标准研究院。

本文件主要起草人：庞亚虎、殷文杰、王永民、仇金辉、王师、赵园龙、张若鹏、白雪源、陈剑。

全 国 工 业 标 准 发 布 使 用
