

UDC



中华人民共和国国家标准

P

GBXXXXX-2018

有色金属工业余热利用设计标准  
(征求意见稿)

Code for design of waste heat utilization in non-ferrous metal industry

(draft)

2018-xx-xx 发布

201x-xx-xx 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部 联合发布

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局

中华人民共和国国家标准

有色金属工业余热利用设计标准  
(征求意见稿)

Code for design of waste heat utilization in non-ferrous metal industry

GBXXXXX-2018

主编部门：长沙有色冶金设计研究院有限公司

批准部门：住房和城乡建设部

实施日期：XXXX年XX月XX日

XXXX出版社

20XX 北京

# 前言

本标准是根据中华人民共和国住房和城乡建设部《关于印发 2016 年工程建设标准规范制订、修订计划的通知》（建标函[2015]274 号）要求，由长沙有色冶金设计研究院有限公司组织会同有关单位共同编制完成。

标准编制组经广泛调查研究，认真总结有色金属工业余热利用方面设计工作经验，参考有关现行国家标准，并在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准共分 6 章，主要内容有：1) 总则、2) 术语、3) 基本规定、4) 余热资源、5) 余热利用及系统、6) 公用辅助设施等（总平面布置、水处理、电气和仪表、给水排水和循环冷却水、建筑和结构、采暖通风、综合热力管网）。

本标准由住房和城乡建设部负责管理，国家标准定额司负责具体管理，长沙有色冶金设计研究院有限公司负责具体技术内容的解释。在执行过程中，请各单位结合工程实践，认真总结经验，如发现需要修改或补充之处，请将意见和建议寄交长沙有色冶金设计研究院有限公司（地址：湖南省长沙市雨花区木莲东路 299 号中铝科技大厦）。

邮政编码：410007；网址：WWW.cinfmis.com，以供修订时参考。

本规范主编单位、参编单位和主要起草人：

主编单位：长沙有色冶金设计研究院有限公司

参编单位：中国恩菲工程技术有限公司

中国瑞林工程技术有限公司

贵阳铝镁设计研究院有限公司

中色科技股份有限公司

中南大学

株洲冶炼集团股份有限公司

主要起草人：阳绍伟、匡社颖、徐建炎、王学良、黄耀、戴庆伟、郭秀元、闫红杰、李培华、曾锦波、黄生龙、李晓、刘国雄、李景、袁晓奕、陈昌锐、李运龙、肖爱民、鄢铁强、邹迪、南晶晶

参加单位：苏州海陆重工股份有限公司

成都太和水工机电设备有限公司

# 目录

1 总则 .....	6
2.术语 .....	7
3.基本规定 .....	8
4 余热资源 .....	9
4.1 余热资源等级 .....	9
4.2 余热资源计算方法 .....	9
4.3 余热资源回收 .....	12
5 余热利用系统 .....	15
5.1 热（冷）、电负荷 .....	15
5.2 余热锅炉及系统 .....	15
5.3 除氧给水系统 .....	17
5.4 汽轮发电机设备及系统 .....	17
5.5 溴化锂制冷设备及系统 .....	20
5.6 其他换热设备及系统 .....	21
6 公用辅助设施 .....	23
6.1 总平面布置 .....	23
6.2 水处理 .....	26
6.3 电气设备及系统 .....	26
6.4 仪表与控制 .....	31
6.5 给水、排水和循环冷却水 .....	33
6.6 建筑和结构 .....	34
6.7 采暖通风 .....	37
6.8 综合热力管网 .....	38

附：条文说明

# Contents

1 General provisions.....	1
2.Terms .....	2
3.Basic rules .....	4
4. Waste heat resources.....	6
4.1 Classification of waste heat resources .....	6
4.2Calculations of waste heat resources.....	6
4.3 Recovery of waste heat resources .....	9
5 Systems of waste heat utilization .....	错误!未定义书签。
5.1 heating(cooling)、 power load.....	44
5.2Waste heat boilers and system.....	13
5.3 Deaerator feedwater system .....	15
5.4 Steam turbine equipment and system.....	17
5.5 Lithium bromide absorption chiller and system .....	20
5.6 Other heat transfer equipment and systems .....	48
6 Utility and auxiliary facilities.....	23
6.1 General layout .....	23
6.2 Water treatment equipment and system .....	27
6.3 Electrical equipment and system.....	28
6.4 Instrumentation and control.....	34
6.5 Water supply, drainage and circulating cooling water.....	37
6.6 Architecture and structure.....	38
6.7 Heating and ventilation.....	43
6.8 Layout of pipes.....	错误!未定义书签。

## 1 总则

1.0.1 为使有色金属工业余热利用设计达到安全生产、节约能源、保护环境、技术先进、经济合理的要求，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于有色金属工业项目的新建、扩建和改建的余热利用设计。

1.0.3 本标准不适应于核工业、煤炭和其他特殊行业的余热利用设计。

1.0.4 有色金属工业余热利用的设计除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

## 2.术语

### 2.0.1 有色金属

有色金属是除铁、锰、铬及其合金以外金属的统称，也称非铁金属。

### 2.0.2 余热资源（量）

经技术经济分析确定的可利用的余热量称为余热资源（量）。

### 2.0.3 余热利用

以环境温度为基准，对有色金属工业过程中排出热量进行回收及利用。

### 2.0.4 烟气余热

烟气余热是指在有色金属工业生产过程中产生的外排废气所携带的热量。

### 2.0.5 炉渣余热

炉渣余热是指在有色金属工业生产过程中产生的液态或固态废料所携带的热量。

### 2.0.6 产品余热

产品余热是指在有色金属工业生产过程中产出的气态、液态或固态等高温中间产品或最终产品所携带的热量。

### 2.0.7 冷却介质余热

冷却介质余热是指在有色金属工业生产过程中水、空气等冷却介质循环利用过程所释放出来的热量。

### 2.0.8 可燃废气余热

可燃废气余热是指在有色金属工业生产过程中外排的含可燃气体的废气所携带的热量。

### 2.0.9 化学反应及残炭余热

化学反应及残炭余热是指有色金属工业生产过程中除用于自身化学反应外的热量，以及中间产品或外排废弃物中残炭所携带的热量。

### 2.0.10 余热回收率

是指被考察体系回收利用的余热资源量占总余热资源量的百分数。

### 3.基本规定

3.0.1 有色金属工业余热利用设计应按照基本建设程序进行，其内容深度应符合国家现行有关标准的要求。

3.0.2 有色金属工业余热利用，应与有色金属工业安全生产、经济效益和环境保护相协调，并应符合下列规定：

1 不应影响有色金属工艺生产的正常运行。

2 严格遵守国家相关法律法规、规程规范及标准，落实国家和地方对环保、安全、职业健康、消防、节能等方面的规定和要求。

3 应对生产工艺中的余热资源，设备耗能情况进行分析核算。

4 应对有色金属工业生产过程中余热资源的参数、组成成份、含尘量、腐蚀性、粘结性等进行分析。

5 余热利用系统应基于全厂热平衡、按照能源梯级利用，高质高用的原则，提高能源综合利用效率。

3.0.3 余热回收利用（设施）系统的选择应符合下列要求：

1 应能有效适应有色金属工业余热资源高温、高粉尘、高腐蚀性、强粘结性、负荷波动大的特点；

2 应根据余热资源种类、资源量，遵循热量平衡的原则，确定合理的余热利用系统；

4 当余热利用系统压力因热源波动较大时，应有稳压措施；

5 余热锅炉生产的饱和蒸汽不宜采用一次燃料对其过热。

6 应选用安全可靠、技术先进、经济实用的节能设备，严禁选用淘汰产品和劣质产品。

3.0.4 新建、扩建和改建的余热利用设施设计应根据全厂总平面进行合理布置，并与工艺生产及辅助设施相协调。

3.0.5 余热利用系统电气、仪表控制水平不应低于有色金属工业生产线控制水平，并应有可靠的安全保护装置。



## 4 余热资源

### 4.1 余热资源等级

4.1.1 按余热利用投资回收期，余热资源分为三个等级。

余热资源等级	余热资源等级判据	余热利用投资回收期	常见余热资源举例
一等余热资源		<3	可燃废气（废料）、硫酸反应热；400℃以上高温烟气
二等余热资源		3~6	250~400℃温度的烟气；80℃以上的冷却水；可利用的1000℃以上高温排渣、高温产品
三等余热资源		>6	250℃以下温度的烟气；可利用的中温排渣

4.1.2 一等余热资源应优先回收，二等余热资源应尽量回收，三等余热资源视情况回收。

### 4.2 余热资源计算方法

余热总资源系指经技术经济分析确定的可利用的余热的总和。各种炉窑的烟气余热已经采用余热锅炉、换热器来回收，或已用于其他工艺生产的需要，即可作为已经回收的余热计算在内。

#### 4.2.1 高温烟气余热量计算

##### 1 外用燃料加热

$$Q_y = B \times V_y \times t_y \times C_y \times \frac{H}{7000}$$

式中  $Q_y$ ——烟气余热量，t/a；

$B$ ——平均燃料消耗量，t (kNm<sup>3</sup>) /h；

$V_y$ ——单位燃料燃烧产生烟气体积，Nm<sup>3</sup>/kg (Nm<sup>3</sup>)；

$t_y$ ——烟气从炉窑排出平均温度℃；

$C_y$ —— $t_y$ 下的烟气平均比热，kcal/Nm<sup>3</sup>.℃（按照烟气成分计算）；

H——年作业小时，h/a

## 2 自热冶炼

$$Q_y = V_y \times t_y \times C_y \times \frac{H}{7000}$$

式中 $V_y$ ——排出的烟气总量， $\text{kNm}^3/\text{h}$ ； $t_y$ 、 $C_y$ 、 $H$ 同前。

### 4.2.2 高温炉渣余热计算

$$Q_z = G_z \times t_z \times \frac{C_z}{7000}$$

式中 $Q_z$ ——高温炉渣余热，t/a；

$G_z$ ——炉渣年产量，t/a；

$t_z$ ——炉渣温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

$C_z$ ——炉渣平均比热， $\text{kcal}/\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C}$ ；

### 4.2.3 高温产品（包括中间产品）余热计算

$$Q_c = \frac{G_c (t_c \times C_c + q_c)}{7000}$$

式中 $Q_c$ ——高温炉渣余热，t/a；

$G_c$ ——产品年产量，t/a；

$t_c$ ——高温产品温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

$C_c$ ——高温产品平均比热， $\text{kcal}/\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C}$ ；

$q_c$ ——液态产品熔化潜热， $\text{kcal}/\text{kg}$ ；

### 4.2.4 冷却介质余热计算

#### 1 汽化冷却

$$Q_q = D_q \times (i_q - i_s) \times \frac{H}{7000}$$

式中 $Q_q$ ——汽化冷却余热，t/a；

$D_q$ ——汽化冷却产汽量，t/h；

$i_q$ 、 $i_s$ ——分别为蒸汽及进水的焓， $\text{kcal}/\text{kg}$ ；

#### 2 水冷却

式中  $Q_s$  ——冷却水余热量, t/a;

$G_s$  ——冷却水流量, t/h;

$t_1$ 、 $t_2$  ——冷却水进出口温度, °C;

#### 4.2.5 可燃气体余热量计算

$$Q_r = (3018CO\% + 2466H_z\% + 8529CH_4\%) \times V_{rq} \times \frac{H}{7000}$$

式中  $Q_{rq}$  ——可燃气体余热量, t/a;

$V_{rq}$  ——每小时可燃气体量,  $kNm^3/h$ ;

$CO$ 、 $H$ 、 $CH_4$  ——可燃气体所含的  $CO$ 、 $H$ 、 $CH_4$  的容积百分数;

#### 4.2.6 化学反应及残碳余热计算

##### 1 化学反应余热计算

根据化学成分, 确定产生的化学反应, 参与化学反应物的数量, 计算化学反应余热。

##### 2 残碳余热计算

$$Q_t = 8.1 \times G_z \times \frac{C}{7000}$$

式中  $Q_t$  ——残碳余热量, t/a;

$G_z$  ——炉渣年产量, t/a;

$C$  ——残碳含量, kg/t;

#### 4.2.7 冷凝回水余热量计算

$$Q_n = G_n \times (t_1 - t_2) \times \frac{1}{1000}$$

式中  $Q_n$  ——冷凝回水余热量, t/a;

$G_n$  ——冷凝回水量, t/a;

$t_n$  ——冷凝回水温度, °C;

$t_{ch}$ ——给水初温，℃。

## 4.3 余热资源回收

### 4.3.1 余热资源回收方法

应根据全厂的冷热电负荷需求，在全厂热平衡基础上，根据余热资源特点，选择合理的余热回收方法。

#### 1 余热锅炉法

采用余热锅炉回收余热的方法，其换热介质的选择应符合以下规定：

1) 余热资源温度大于 400℃，宜采用水为换热介质，生产饱和蒸汽或过热蒸汽；

2) 余热资源温度低于 400℃，大于 250℃，宜采用水为换热介质，生产饱和蒸汽；

#### 2 过热法

余热资源温度大于 400℃，工艺条件允许时，可采用已有的饱和蒸汽为换热介质，生产过热蒸汽；

#### 3 热水法

余热资源温度低于 250℃，采用锅炉回收有一定困难，如：冷却水、炉渣，宜采用水为换热介质，生产热水。

#### 4 预热空气法

生产工艺消耗热空气，且余热资源温度低于 250℃，宜采用空气作为换热介质，产生热空气。

#### 5 干燥物料法

低于 250℃的余热资源可用于干燥物料、预热生产工艺原料等；

#### 6 制冷制热法

有冷、热负荷需求，且余热资源温度低于 250℃，可采用烟气（热水）吸收式冷（温）水机组制冷、制热和生活热水。

### 4.3.2 烟气余热回收

1 铜、镍、铅、锌、锡等重有色金属在火法冶炼过程中产生的高温烟气余热，制酸系统转化工序烟气余热应采用余热锅炉或换热器等换热设备梯

级回收利用。

2 铜、镍、铅、锌、锡等重有色金属在火法冶炼过程中产生的低温余热，制酸干吸工序低温余热，硫态化焙烧炉烟气余热经技术经济比较可行，应回收利用。

3 铝用炭素煅烧回转窑和罐式炉设备排放烟气应设置余热导热油炉和余热蒸汽锅炉，根据工艺条件，宜优先利用余热导热油炉回收余热。

4 铝用炭素电煅烧炉烟气余热、铝用炭素生石油焦煅烧炉（窑）排放烟气余热、电解铝生产排放烟气余热等铝用炭素和电解铝生产烟气余热，在冷却源数量有充分保障及其余热利用的热用户负荷稳定条件下，经技术经济比较，宜设置余热回收系统。

5 烟气余热回收系统的排烟温度应满足后续设备或管道对腐蚀的要求，根据经济技术比较确定，最大限度降低排烟温度。

#### 4.3.3 炉渣余热回收

1 铜、镍、铅、锌、锡等重有色金属在火法冶炼过程中产生的炉渣余热，宜采用余热锅炉或换热设备回收。

2 炉渣余热回收系统的排渣温度应满足后续设备或管道的输送要求，根据经济技术比较确定，最大限度降低排渣温度。

#### 4.3.4 产品余热回收

1 铜、镍、铅、锌、锡等重有色金属在火法冶炼过程中产生的产品余热，宜采用余热锅炉或换热设备回收余热。

2 铝用炭素生石油焦煅烧炉（窑）排高温产品冷却余热，在冷却源数量有充分保障及其热用户负荷稳定条件下，经技术经济比较，宜设置余热利用系统。氢氧化铝焙烧炉产品余热冷却宜优先选择加热蒸汽锅炉补给水。

3 产品余热回收系统的产品温度应满足后续设备或管道的输送要求，根据经济技术比较确定，最大限度降低产品温度。

#### 4.3.5 冷却介质余热回收

在有色金属冶炼过程中，循环冷却水、冲渣水等冷却介质有大量余热，经技术经济比较，采用新技术回收这部分余热。

#### 4.3.6 可燃废气余热回收

1 有色冶炼过程中会产生可燃废气，应采用成熟技术回收余热。

2 钛渣熔炼炉可燃废气应设置余热回收系统，根据工程热用户需求确定利用方式，且可燃废气应设置回收装置予以利用。

#### 4.3.7 化学反应及残炭（碳）余热回收

有色金属冶炼或辅助工程产生的化学反应余热、残炭余热应采用成熟的余热回收技术。

## 5 余热利用系统

### 5.1 热（冷）、电负荷

- 1 应对热（冷）、电负荷进行核实，并与**企业**规模相适应；
- 2 根据有色金属生产过程的使用性质，确定冬季、夏季热（冷）、电最大、最小和平均负荷；
- 3 根据建筑物面积、采暖热指标确定采暖热负荷，同时应考虑设备吸气、工业通风、空调损失的热负荷；
- 4 根据用热设备参数或生活用热指标确定生活热负荷。

### 5.2 余热锅炉及系统

5.2.1 在不影响有色金属工业生产运行的情况下，余热回收装置宜靠近余热资源布置。

5.2.2 余热锅炉布置应符合下列要求：

- 1 非严寒地区宜采用露天或半露天布置；
- 2 严寒地区或风沙大的地区，当采用塔式锅炉时，宜采用紧身罩封闭；对非塔式锅炉，应根据设备特点及工程具体情况采用紧身罩或屋内式布置。在气候条件适宜地区，对密封良好的锅炉也可采用炉顶不设防雨罩的布置方式。

5.2.3 余热锅炉的炉型优先采用直通烟道式炉型，含有易粘结、粉尘量大、高温腐蚀成分的烟气回收设施不宜设置过热器、省煤器、空预器等换热设备。

5.2.4 余热锅炉参数的确定：

1 余热锅炉蒸汽参数的确定，应考虑余热锅炉腐蚀、汽轮机参数等级及经济性，其饱和蒸汽参数应不低于烟气中三氧化硫露点温度附加 15-30℃ 的富裕确定

2 余热锅炉容量，应按工艺排放的最大烟气量条件下的蒸发量，并留有 15% 余量。烟气余热回收率按《有色金属冶炼厂节能设计规范》GB50919 有关规定执行。

3 余热锅炉排烟温度的确定应满足下列条件：

- 1) 根据烟气中三氧化硫露点温度确定，并应高于锅炉工作压力下对应

的饱和蒸汽温度 15-30℃；

2) 满足后续工艺及设备对烟气温度的要求；

3) 余热回收成本的合理性；

4 余热锅炉烟道连接应符合以下规定：

1) 烟道布置应简捷顺畅、气密性高和阻力损失小,烟气介质推荐流速 8~12m/s，高温时最大不超过 15m/s；

2)烟道应设置稳妥可靠的支架,应考虑热膨胀补偿,满足设备对振动、推力、荷载的要求；

3) 带有旁通烟道的余热锅炉,在进口烟道和旁通烟道上应设置可靠的耐高温切断阀门。

5.2.5 余热锅炉应设置防止烟灰粘结、堆积的有效设施,并根据积灰机理选择合适的清灰设施。

5.2.6 余热锅炉进口、出口、底部排灰装置应设置密封、膨胀装置,并根据工艺生产情况、烟气成分、炉型在合适的位置设置防爆装置,防爆排放口应布置在安全位置。余热锅炉本体漏风率应控制在 5%以下。

5.2.7 余热锅炉钢架各层平台,应设有两个安全疏散通道,至少应有一个通道能直通地面；

5.2.8 余热锅炉出口主蒸汽管道上应配置压力调节装置,汽包与蒸汽调节装置间应设蒸汽超压放空装置；多台余热锅炉主蒸汽管道宜设置逆止阀。

5.2.9 余热锅炉主蒸汽管道上,应设流量、压力测量装置,并参与锅炉汽包液位调节。

5.2.10 余热锅炉汽包液位宜与工艺系统故障连锁；

5.2.11 强制循环余热锅炉循环泵系统宜与工艺系统故障连锁。

5.2.12 采用强制循环余热锅炉,每台余热锅炉配置 2 台电动循环水泵,其中 1 台备用。外部电源可靠性差时,还应配置 1 台备用汽动循环泵或配置应急电源。

5.2.13 余热锅炉宜采用连续排污扩容系统。锅炉蒸发量 100t/h 及以下的余热锅炉宜多台锅炉合用一套连续排污扩容系统。锅炉蒸发量 100t/h 以上时,每台余热锅炉宜配用一套连续排污扩容系统。



5.2.14 余热锅炉应设置定期排污器。其容量应考虑余热锅炉事故放水的需要。

5.2.15 额定出口压力为 1.27~3.82MPa 的蒸汽锅炉本体和减温减压装置放汽管上，宜设置消声器。

### 5.3 除氧给水系统

5.3.1 余热锅炉给水系统应符合下列规定：

1 多台余热锅炉运行压力等级相同且布置相对集中时，给水泵出口侧宜采用单母管给水系统；多台余热锅炉运行压力等级不同时，应分别设置锅炉给水系统；

2 给水系统应设置给水再循环管，余热锅炉运行负荷变化较大时，锅炉给水泵宜配置调速装置；

3 锅炉给水总管应设压力检测，低水压应报警，压力信号可与锅炉备用泵进行自启动联锁；给水泵出口宜设置逆止阀。

5.3.2 一台或多台余热锅炉可配 1 台除氧器，除氧器总容量应根据余热锅炉最大给水量选择。给水箱为 15~25min 余热锅炉最大连续蒸发量时的给水消耗量。除氧器上应有防止过压的装置。

5.3.3 余热锅炉给水泵台数的选择，应能适应余热锅炉系统全年热负荷变化的要求，并应设置备用。

5.3.4 当流量最大的 1 台给水泵停止运行时，其余给水泵的总流量，应能满足所有运行锅炉在额定蒸发量时所需给水量的 110%；当锅炉系统设有减温装置或蓄热器时，给水泵的总流量尚应计入其用水量

5.3.5 给水泵的扬程应按下列各项计算：

1 从除氧器出口到汽包入口介质流动总阻力(按余热锅炉最大连续蒸发量时的给水量计算)，另加 20%的裕量。

2 余热锅炉汽包正常水位与除氧器正常水位间的水柱静压差。

3 锅炉最大连续蒸发量时，汽包入口的给水压力。

4 除氧器额定工作压力（取负值）。

### 5.4 汽轮发电机设备及系统

5.4.1 汽轮发电机组设备选择应符合下列规定：

1 汽轮机机型及参数的确定应符合余热利用系统热平衡的要求；

2 发电机的电压等级宜与工厂供电电压等级相符；

5.4.2 汽轮发电机组能够适应余热锅炉蒸汽参数变化的要求，饱和汽轮机还应适用饱和蒸汽含湿量要求。

5.4.3 有热负荷时，宜优先选用供热式汽轮发电机组。有常年持续稳定热负荷且余热锅炉产汽量小于基本热负荷时，宜选用背压式汽轮发电机组；余热锅炉产汽量大于基本热负荷或热负荷变化较大时，宜选用抽汽式汽轮发电机组；无热负荷时，选用纯凝汽式汽轮发电机组。

5.4.4 主蒸汽管道宜采用母管制系统；汽轮机主汽阀前主蒸汽管道上宜设事故放空装置。

5.4.5 进入饱和汽轮发电机前的主蒸汽管道，应设置高效的汽水分离装置。

5.4.6 汽轮发电机组设备及系统，应有可靠的防止汽轮机进水的措施。

5.4.7 抽汽式汽轮发电机组和背压式汽轮发电机应根据各级抽汽和背压排汽的参数，应设置一套减压（或减温减压）装置作为备用，其容量等于最大抽汽量或排汽量。常年运行的减压（或减温减压）装置，应设置备用。

5.4.8 纯凝汽式汽轮发电机组宜设一套旁路冷凝系统，冷凝量应按汽轮机进汽量确定。背压汽轮发电机组排汽管道应设置稳定蒸汽压力的调压装置及放空装置。

5.4.9 供热管道设计应符合下列规定：

- 1 供热管道宜采用母管制系统，敷设采用枝状管网形式；
- 2 供热管道应根据企业发展情况，留有一定的供热余量。

5.4.10 汽轮发电机房布置应符合下列规定：

汽轮发电机房宜与动力设备合区布置。小型汽轮机可与动力设备布置在同一建筑物内，合用公辅设施。

5.4.11 凝汽式汽轮发电机组的凝结水泵的台数、容量应符合下列规定：

1 每台凝汽式机组宜配置 2 台凝结水泵，每台凝结水泵的容量为最大凝结水量的 110%。宜设置调速装置。

2 最大凝结水量应为下列各项之和：

- 1) 汽轮机最大进汽工况时的凝汽量；
- 2) 进入凝汽器的经常补水量和疏水量；

3) 可能进入汽轮机的事故疏水量。

5.4.12 抽汽式汽轮发电机组的凝结水泵的台数、容量应符合下列规定：

1 工业、采暖抽汽式汽轮发电机组，每台机组宜装设 2 台或 3 台凝结水泵，并应符合下列规定：

1) 热负荷比较稳定,机组投产后立即对外供热，宜装设 2 台凝结水泵。每台容量宜为设计热负荷工况下的凝结水量，另加 10%的裕量。设计热负荷工况下的凝结水量不足最大凝结水量 50%，每台容量按最大凝结水量的 50%确定。

2) 热负荷变化范围较大，或机组投产后有较长时间低热负荷工况运行时，宜装设 3 台凝结水泵，每台容量宜为设计热负荷工况下的凝结水量，另加 10%的裕量。设计热负荷工况下的凝结水量不足最大凝结水量 50%的，每台容量应按最大凝结水量的 50%确定。

2 设计热负荷工况下的凝结水量为下列各项之和：

- 1) 机组在设计热负荷工况下运行时的凝汽量；
- 2) 进入凝汽器的经常疏水量；
- 3) 进入凝汽器的事故疏水量。

3 最大的凝结水量应为下列各项之和：

- 1) 抽凝式机组按纯凝汽工况运行时，在最大进汽工况下的凝汽量；
- 2) 进入凝汽器的经常补水量和经常疏水量；
- 3) 进入凝汽器的实际疏水量。

5.4.13 凝结水泵的扬程应为下列各项之和：

1 从凝汽器热井到除氧器凝结水入口（包括喷雾头）介质流动总阻力，另加 20%的裕量；

2 除氧器凝结水入口到凝汽器热井最低液位间的水柱静压差；

3 除氧器最大工作压力，另加 15%裕量；

4 凝汽器的最高真空。

5.4.14 疏水系统设置应符合下列规定：

1 宜设 1 台疏水扩容器，容量宜为  $0.5\sim 1\text{m}^3$ ；

2 宜设 1~2 台疏水箱，总容量宜  $10\sim 20\text{m}^3$ ；

3 每个疏水箱宜设 1~2 台疏水泵，容量宜按在 0.5h 内将疏水箱内的水全部打至除氧器的要求选择。其扬程应按相应静压差、流动阻力，另加 20% 裕量确定。

#### 5.4.15 工业水系统

工业水系统应与有色金属工业生产过程中的水系统统一考虑，供水量应满足邻近余热锅炉、余热利用设备、汽轮机、辅助设备的冷却用水、轴封用水及其他用水量，并应符合下列要求：

1 汽轮机的冷油器和发电机的空气冷却器的冷却用水均由循环水直接供应，满足不了冷却要求时，可采用工业水。

2 当循环水的压力和水质能满足其它设备冷却供水要求时，应采用循环水直接供水。

### 5.5 溴化锂吸收式冷（温）水机组及系统

5.5.1 溴化锂吸收式冷（温）机组型式的选择应根据余热资源特性、用户负荷特点、经济性等因素综合比较后确定，机组的技术要求应符合现行国家标准《蒸汽和热水型溴化锂吸收式冷水机组》GB/T 18431 的规定。

5.5.2 选用溴化锂吸收式冷（温）水机组时，应根据有色金属工业生产过程中产生的余热资源种类和参数合理确定。各类机型所需的热源和参数见表 1

表 1 各类机型所需的热源参数

机型	所需的热源种类和参数
烟气双效机组	烟气温度不宜小于 400℃
蒸汽双效机组	饱和蒸汽（压力：0.25MPa、0.4MPa、0.6MPa、0.8MPa）
热水双效机组	热水（温度高于 140℃）
烟气单效机组	烟气温度不宜小于 280℃
蒸汽单效机组	工艺废汽（压力：0.1MPa）
热水单效机组	工艺废热水（温度 85~140℃）

5.5.3 当用户负荷仅为供暖、空调负荷时，宜采用烟气直接驱动溴化锂吸收式冷（温）水机组。

5.5.4 烟气型溴化锂吸收式冷（温）水机组的供冷、供热量的匹配应符合现

行国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB50736的规定。

5.5.5 空调水系统、冷却水系统、补给水系统的配置应符合现行国家标准《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB50736的规定。

## 5.6 其他换热设备及系统

### 5.6.1 铝用炭素余热导热油炉

1 在配有炭素煅烧设施的系统，应优先采用煅烧烟气余热作为铝用炭素成型制糊生产用的导热油加热热源；

2 余热导热油炉设备应符合下列规定：

- 1) 余热导热油额定压力和温度按生产要求确定。
- 2) 加热炉额定负荷宜为生产负荷 1.0~1.1 倍。
- 3) 排烟温度不宜大于选用的导热油最高使用温度+20℃。
- 4) 漏风系数应小于 2%。
- 5) 加热炉应设置清灰装置。
- 6) 加热炉烟气进口、出口处应设置防爆装置。

3 铝用炭素余热导热油炉房配置应符合下列规定：

- 1) 煅烧回转窑配余热导热油炉宜在余热蒸汽锅炉入口烟气切断阀前接出。
- 2) 煅烧罐式炉配余热导热油炉宜在汇总总管上接出，余热蒸汽锅炉入口烟气切断阀前接出。
- 3) 加热炉与引风机应一对一设置，且引风机应设变频调速控制。
- 4) 余热导热油炉排烟宜接至紧邻蒸汽锅炉的入口处或煅烧回转窑窑后排烟燃烬装置内。

### 5.6.2 电解铝电解槽烟气换热器

1 电解槽烟气余热可采用换热器回收，供生活用水或采暖；

2 换热器系统宜符合下列规定：

1) 烟气换热器宜布置在电解槽烟气净化总烟管上，各换热器宜并联布置；

2) 电解槽烟气在换热器内与热媒进行热交换，直接或间接经管网输送至热用户处；

3) 不应影响电解槽槽温及电解槽负压的稳定。

5.6.3 换热器形式应根据余热资源特性、场地条件及后续设备的要求，经技术经济比较后确定。

## 6 公用辅助设施

### 6.1 总平面布置

#### 6.1.1 一般规定

1 余热利用总平面布置应以热源为中心，以工艺流程合理为原则，在企业总体布置的基础上，充分利用自然地形、地质条件，合理规划。

2 总平面布置应符合以下规定：

- 1) 余热利用设施应靠近热源布置，并使管道和室外管网的布置在技术、经济上合理；
- 2) 应有利于减少烟尘和有害气体对居住地区和主要环境保护区的影响；
- 3) 建（构）筑物布置应考虑消防、防震及防噪声要求；
- 4) 在满足本条上述要求外，还应符合有关专业规范的规定。

3 扩建、改建项目应合理利用和改造既有设施，并应尽量减少对既有生产的影响。

4 总平面布置必须节约用地。在满足生产安全、卫生等要求的前提下，应布置紧凑、合理，尽可能使建筑物、构筑物联合、多层布置。

5 总平面布置应妥善处理近期用地和远期用地的关系，并应全面考虑近期和远期在施工和生产时的经济性和合理性，应以近期为主，远近结合。

#### 6.1.2 主要建（构）筑物的布置

1 站区建（构）筑物的平面布置和空间组合应以工艺流程合理为原则，结合各生产设施功能，布置紧凑合理。

2 各建筑物的建筑形式和布局应与所属企业的建筑风格相协调。建筑简洁协调、满足工艺流程顺畅、运行安全、运输方便，有利于安装和检修的要求。

3 余热发电新建工程功能分区宜与主体工程统一考虑；技改工程功能分区宜与主体工程相协调。尚应满足《建筑设计防火规范》GB 50016、《小型火力发电厂设计规范》GB 50049、《火力发电厂与变电站设计规范》GB 50229 的相关规定。

4 锅炉房的布置应满足《锅炉房设计规范》GB 50041 的有关规定。

5 区域内其它各建筑物、构筑物之间及其与铁路、道路之间的防火距离以及消防通道的设置应执行国家现行有关标准的规定。

6 站区的通道宽度应根据下列因素确定：

- 1) 应符合防火、安全、卫生间距的要求；
- 2) 应符合各种管线、管廊、运输线路及设施、竖向设计、绿化等的布置要求。
- 3) 应符合施工、安装及检修的要求。

### 6.1.3 场地竖向布置

1 场地的竖向布置应综合考虑生产工艺要求、工程地质、水文气象、土石方量及地基处理等因素，并应符合下列规定：

- 1) 场地的设计标高应满足防洪水、防潮水和排除内涝水的要求。
- 2) 所有建（构）筑物、道路标高的确定应满足生产使用和维护方便。地上、地下设施中的基础、管线、管架、管沟、隧道及地下室等的标高和布置应统一安排，以达到合理交叉，维修、扩建便利，排水畅通；
- 3) 应使工程的土石方工程量、地基处理和场地整理措施费等投资最小，并力求站区和施工场地范围内的土石方量综合平衡。在挖、填不能平衡时，应落实取土或弃土地点；
- 4) 场地的最小坡度及坡向应以排除地面水为原则，应与建筑物、道路及场地的雨水窨井、雨水口的设置相适应，并按当地降雨量和场地土质条件等因素来确定；
- 5) 山坡地区的竖向布置应在满足工艺要求的前提下，合理利用地形，节省土石方量并确保边坡、挡土墙稳定；
- 6) 当站区自然地形的坡度小于 4% 时，场地竖向宜采用平坡式布置。当站区自然地形的坡度大于 4% 时，场地竖向宜采用台阶式或平坡、台阶混合式布置。台阶的划分应考虑生产需要、交通运输的便利和地下设施布置的合理。在台阶相接处，应根据地质条件充分考虑边坡稳定的措施。

2 站区的场地排水系统设计应根据地形、工程地质、地下水位等因素综合考虑，确保场地排水良好，并应符合下列规定：

- 1) 场地的排水系统设计应计入企业全厂厂区排水系统统筹考虑，并使



每期工程场地排水均应完整畅通。场地排水可根据具体条件，采用雨水口接入城市型道路的地下雨水系统，或采用明沟接入公路型道路的雨水排水系统。对于阶梯布置的站区，每个台阶都应有排水措施。对山区或丘陵地区的站区，在站区边界应有防止山洪流入站区的措施。

2) 当室外沟道高于设计地坪标高时，应有过水措施，或在沟道的两侧均设排水措施。

3 建筑物室内地坪标高的确定应考虑建筑功能、交通联络、场地排水、场地地质等因素，应高出室外地坪或周围地坪不小于 0.15m。构筑物基础顶面标高，应高出室外地坪或周围地坪 0.15m 及以上。排水条件不良地段或软土地区应加大建筑物的室内外高差。有运输要求的建筑物室内地坪标高应与运输线路标高相协调。

4 站区出入口的路面标高宜高出站外道路标高，当低于站外道路标高时，宜设置相应的排水设施。

#### 6.1.4 站区道路

1 站区道路的设计应符合现行国家标准《厂矿道路设计规范》GBJ 22 和现行行业标准《城市道路工程设计规范》CJJ 37 的有关规定。

2 站内各建筑物之间应根据生产、生活和消防的需要设置行车道路、消防道路和人行道。

3 站区内主要道路宜采用水泥混凝土路面或沥青路面。

4 站区主干道的行车部分宽度宜为 6m~7m，次要道路宽度可为 3.5m~4m。通向建筑物出入口处的人行引道的宽度宜与门宽相适应。道路转弯半径应满足《厂矿道路设计规范》GBJ 22 的有关规定。

5 室外装置、余热锅炉周围应留有检修场地和起吊运输设备进出的道路，净空高度不宜小于 5m，困难时不应小于 4.5m。

6 消防车道的的设计应符合《建筑设计防火规范》GB50016 的有关规定。

6.1.5 站区管线布置参照《工业企业总平面设计规范》GB50187、《有色金属企业总图运输设计规范》GB50544、《小型火力发电厂设计规范》GB 50049 及相关的行业规范执行。

## 6.2 水处理

6.2.1 应根据水质全分析资料、水源变化规律和余热利用系统水质要求确定水处理系统。原水预处理设备的出力、预处理方式、澄清过滤设施选型和设置，可按现行国家标准《小型火力发电厂设计规范》GB 50049 的有关规定执行。

6.2.2 余热发电补给水处理系统设计应符合现行国家标准《小型火力发电厂设计规范》GB 50049 的有关规定，给水水质需满足现行国家标准《火力发电机组及蒸汽动力设备水汽质量》GB/T12145 的规定。其他余热利用补给水处理系统设计，给水水质需满足现行国家标准《工业锅炉水质》GB/T1576 的规定。

6.2.3 补给水处理系统除满足现行国家规程规范要求，尚应符合下列规定：

- 1 水处理设备的出力，应不小于系统中最大一台余热锅炉蒸发量的 20%；
- 2 各类水箱的容积，应满足下列要求：

1) 清水箱的总有效容积，不应小于最大一台余热锅炉蒸发量的 2h 出力要求，同时也应满足单台水处理设备反洗或清洗一次的用水量要求。

2) 中间水箱的总有效容积，单元制系统宜为每套水处理设备出力的 5min 贮水量且最小不小于 2m<sup>3</sup>；母管制系统宜为水处理设备出力的 15min~30min 贮水量。

3) 除盐（软化）水箱的总有效容积，不应小于最大 1 台余热锅炉 2h 额定蒸发量。

6.2.4 化学水处理的主要设备，可布置在主厂房内，或设置在单独的建筑物内。

6.2.5 水质校正处理的设施，宜布置在余热利用设备附近，每台余热利用设备应设置 1 台加药泵，并宜另设 1 台备用泵。

6.2.6 汽水取样冷却器，宜布置在余热利用设备附近，应便于取样维护；露天布置应有防雨、防冻措施。

## 6.3 电气设备及系统

### 6.3.1 一般规定

电力设计应根据工程建设规模和发展规划、正确处理近期建设和远期发展的关系，以近期为主，做到远近结合。

设计中应选用安全可靠、效率高、能耗低、性能先进的电气产品。

设计除应符合本规范外，尚应符合国家现行有关标准、规范的规定。

### 6.3.2 供电与配电

1 有色金属工业余热利用工程供电电源宜取自冶炼厂降压站，并根据不同级别，确定电源方案：

一级负荷应由两个电源供电。当一个电源故障时，另一电源应能连续供电或在不超过负荷允许的中断供电时间内恢复供电。一级负荷中特别重要的负荷，除上述两个电源外，尚应增设独立于电力网的应急电源。

二级负荷宜由两个电源或两回线路供电。条件不具备时，也可由一回专用线路供电；

三级负荷宜由一个电源供电。

2 变压器的选择应符合下列规定：

1) 有一级和二级负荷时，应不少于两台，且当任一台变压器停止运行时，其余变压器应能保证全部一级及二级负荷的用电需要，当仅有二级负荷时宜不少于两台。

2) 仅有三级负荷，或可由低压联络线保证变压器供电区域内一、二级负荷的用电需要时，一般设一台。单台变压器宜留有 25% 左右的裕量。

3 无功补偿

无功补偿装置应符合现行国家标准《并联电容器装置设计规范》GB 50227 的有关规定。

4 电能质量要求

正常情况下，用电设备端子处电压偏差允许值（以额定电压的百分数表示），宜符合下列规定：

电动机为 $\pm 5\%$ ；

照明：

1) 一般工作场所为 $\pm 5\%$ ；

2) 远离变电所的小面积一般工作场所可为 $+5\%$ 、 $-10\%$ ；

3) 应急照明、道路照明和警卫照明为+5%、-10%；

其他用电设备当无特殊规定时为±5%。

### 6.3.3 余热电站

电站规模、站址、机组的选择，以及厂房内设备的配置应按余热的容量，与工艺专业协调、综合确定。

#### 1 接入系统

电站发电机与企业电网并网时，应选定并网点，宜采用准同步并网方式

发电机组与电力系统联络的回路数量宜根据发电机组数量确定；并应在发电机出口断路器处设置余热发电并网同期点。余热发电的启动电源宜利用并网联络线由企业电网提供，当站用电系统仅为低压负荷时，也可由就近的生产线电力室提供。

#### 2 电气主接线

1) 发电机额定电压应按下列要求选择：

(1) 发电机电压为直配线时，应根据发电机并网点的电压等级进行选择。

(2) 发电机与变压器组为单元连接时，宜根据生产线电力网络中压系统电压等级进行选择。

2) 发电机电压母线的接线方式，应根据余热发电的机组数量确定，并宜符合下列要求：

(1) 当发电机为 1 台时，宜采用单母线接线。

(2) 当发电机为 2 台及以上时，宜采用单母线分段接线。

3) 当发电机电压母线的短路电流超过总降压变电站或厂区配电站断路器的额定开断电流时，可在联络线出口开关处设置限流装置

4) 当单相接地故障电容电流不大于 4A 时，10.5 (6.3) kV 发电机中性点应采用不接地系统。当单相接地故障电容电流大于 4A 时，发电机中性点宜采用消弧线圈或高电阻接地系统。

5) 接在发电机母线上的避雷器和电压互感器，宜合用一组隔离开关。接在发电机中性点的避雷器，不宜装设隔离开关。

6) 隔离开关与相应的断路器和接地刀闸之间，应装设闭锁装置。

7) 为保证发电机运行稳定和电压质量, 宜装设自动电压调整器。

### 3 系统保护

应符合现行国家标准《电力装置的继电保护和自动装置设计规范》GB/T50062 的有关规定。

- 1) 发电机出口断路器、并网联络线断路器应设置安全自动保护装置。
- 2) 系统通信及系统远动设计、余热发电的照明设计, 应符合国家现行标准《小型火力发电厂设计规范》GB50049 有关规定。

### 4 站用电系统

- 1) 站用低压系统电压宜为 380V, 采用中性点直接接地方式。
- 2) 站用变压器的容量确定, 应按机组数量并符合下列规定:  
余热发电为单台机组时, 可选用 1 台低压站用变压器。变压器负荷率不宜超过 80%。余热发电为 2 台机组及以上时, 可选用 2 台低压站用变压器。

当 2 台变压器采用暗备用方式配设时, 每台变压器的负荷率不宜超过 50%; 当 2 台变压器采用明备用方式配设时, 备用变压器负荷率不宜超过 80%。

3) 站用变压器接线组别的选择, 应使站用工作电源与备用电源之间相位一致, 低压站用变压器宜采用“D,yn”接线。

4) 当余热锅炉距站用电力室较远时, 其电源也可取自生产线就近电力室, 并应设电能计量装置。

### 5 直流系统

余热发电直流系统设计, 除应符合现行国家标准《小型火力发电厂设计规范》GB50049 的有关规定外, 尚应符合下列规定:

直流电源装置应为双电源 380/220V 输入, 并应设置双电源自动切换装置, 宜采用高频开关电源装置。直流电源宜采用 1 组铅酸免维护蓄电池, 并宜配置 2 组充电、浮充电设备, 同时每只电池应带有在线自动监测功能, 站用电事故停电时间应按 1h 计算。

直流输出应设置合闸母线和控制母线, 控制母线应带有自动调压功能, 输出电压宜为 220V 或 110V。

高压开关柜合闸电源、直流润滑油泵动力电源、事故照明电源等均应引自合闸母线，电站系统所需的直流控制电源均应引自控制母线。

直流动力电源及控制电源开关选择，应选用直流型微型断路器或直流型塑壳断路器，并按各回路容量选择断路器的额定电流。

#### 6 站用电力室与主控制室布置

1) 站用电力室宜布置在主厂房内，其高、低压配电设备可合并布置在同一配电间内。高压配电设备与低压配电设备应保持一定的安全绝缘距离和操作、检修距离，以及必要的巡检通道。

2) 余热发电主控制室的布置，应符合下列要求：

主控制室应位于主厂房的汽机运转层。主控制室的面积宜按规划容量设计。

主控制室的盘柜布置应满足运行、维护和操作的要求。

余热发电主控制室的环境设施，应符合下列要求：

主控制室面向汽轮机组的一方，宜设便于观察的玻璃窗。

主控制室内应有良好的采暖、通风、照明、隔音、隔热、防火、防尘、防水等设施。

主控制室内不应有任何工艺管道穿行通过。

主控制室下的电缆夹层或电缆主通道，不应有高温汽、水管道、热风管道和油管道穿行通过。

主控制室上层不宜设置有振动的设备。

#### 6.3.4 电气测量仪表

余热利用的电气测量仪表设计，应符合现行国家标准《电力装置电测量仪表装置设计规范》GB/T50063的有关规定。

#### 6.3.5 电缆选择与敷设

电缆选择与敷设的设计，应符合现行的国家标准《电力工程电缆设计规范》GB 50217的有关规定。

#### 6.3.6 过电压保护和接地

余热利用的过电压保护和接地，应符合现行相应国家标准《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合设计规范》GB/T 50064，《交流电气装置的接地设计规范》GB/T50065 的有关规定。

### 6.3.7 通信

1 余热利用的厂内通信，应包括余热利用系统与工艺生产线系统的联络通信和发电系统内部生产调度通信。

2 可利用企业内部程控交换总机的富裕量，增加各岗位生产管理和调度通讯电话。

3 是否设置与电力部门联系的电力调度电话，根据企业的调度方式与电力部门协商后确定。

### 6.3.8 爆炸火灾危险环境的电气装置

爆炸火灾危险环境的电气装置的设计，应符合现行国家标准《爆炸危险环境电力装置设计规范》GB50058 的有关规定。

### 6.3.9 电力设施抗震

余热利用的电力设施抗震设计，应符合现行相应国家标准《电力设施抗震设计规范》GB50260 的有关规定。

6.3.10 余热电站的电气设计尚应符合国家现行标准《小型火力发电厂设计规范》GB50049 的有关规定。

## 6.4 仪表与控制

### 6.4.1 一般规定

1 仪表与控制系统应根据机组的特点来进行设计，并应满足机组安全、经济运行及启停控制的要求。

2 当余热发电分期建设时，对控制方式、设备选型、公共辅助生产系统等有关设施，应全面规划、合理安排。

3 仪表与控制系统应符合现行国家标准《小型火力发电厂设计规范》GB50049 的有关规定。

### 6.4.2 控制方式

1 控制方式宜采用集中控制。通过设置在集中控制室的操作员站，实现机组启停、运行工况的监视和调整、异常运行工况的事故处理和紧急停机。

2 余热锅炉系统、汽轮机系统、除氧给水系统、循环水系统、化学水处理系统的除盐水泵等，应采用 DCS 系统进行控制。辅助车间的工艺系统(如化学水处理系统等)，宜在本车间控制。

3 控制系统的设计应能实现系统内部的实时通信、数据互传、联锁及程序控制。

4 控制系统的设计应预留与工艺生产线控制系统的实时通信、数据互传、联锁控制。

5 余热锅炉振打控制系统的设计应预留与工艺生产线控制系统的实时通信、数据互传。

#### 6.4.3 测量、控制与联锁

1 仪表测量、控制及联锁设计应符合现行国家标准《小型火力发电厂设计规范》GB50049 的有关规定。

2 余热发电控制系统的设计，应能对主设备及发电系统运行工况的主要参数实现显示、报警、累计、储存、数据处理及打印功能。

3 自动调节系统的设置，应符合下列规定：

- 1)余热锅炉汽包水位，应设自动调节。
- 2)余热锅炉汽包压力，应设自动调节。
- 3)当余热锅炉设有喷水混合式减温时，宜设过热蒸汽温度自动调节。
- 4)汽机自动调节项目，应根据发电系统的特点和汽机设备的要求确定。
- 5)除氧器应设压力和水位自动调节。
- 6)减温减压器应设压力、温度自动调节。
- 7)需要保持一定液位运行的容器，宜设液位自动调节。

4 余热锅炉系统的输灰装置与下游的工艺系统输送设备之间应设置电气联锁。

5 设置在工艺系统烟风道上的余热锅炉进口、出口及旁通烟风道的各电动调节阀之间，应设置电气联锁。

#### 6.4.4 电源

1 发电站的控制系统、汽轮机监视保护系统、汽轮机电液调节系统等应有两路电源供电。其中一路采用交流不间断电源供电，另一路采用站用电。



2 仪表与控制的配电柜、箱应设两路交流 380/220V 电源进线。两路电源的进线应分别引自低压站用母线不同段。两路电源应能自动切换。

#### 6.4.5 电子设备间

1 仪表与控制的电子设备可设置在集中控制室。

2 电子设备间的布置位置及环境设施应符合现行国家标准《小型火力发电厂设计规范》GB50049 的有关规定。

#### 6.4.6 电缆、导管和就地设备布置

1 电缆、导管和就地设备布置，应符合现行国家标准《小型火力发电厂设计规范》GB50049 的有关规定。

2 露天布置的热控设备及导管、阀门等部件，应采取防尘、防雨、防冻、防高温、防震、防腐、防止机械损伤等措施。在寒冷地区布置时，要采取有效的伴热保温措施。

### 6.5 给水、排水和循环冷却水

6.5.1 余热利用系统水源宜由厂区统一考虑。水源的水质应分别符合生活用水、生产用水和消防用水的水质标准。

6.5.2 汽轮发电机组等余热利用设备用冷却水应循环使用，循环冷却水水质应符合现行国家标准《工业循环冷却水处理设计规范》GB50050 的有关规定。

循环冷却水管道上宜装设流量计、温度计、压力计及断水报警装置。

6.5.3 循环水系统排污水、软化水（除盐水）制备系统排污水、余热锅炉等设备的排污水宜收集后，排入企业废水处理系统进行处理，达标后供企业全厂回收利用。

生活污水经化粪池处理后排入企业生活污水管网，集中进行生活污水处理或排入城镇生活污水管网。

6.5.4 余热利用的消防设施应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB50016、《消防给水及消火栓系统技术规范》GB50974 的有关规定。

6.5.5 有火灾危险的建筑物内，应设置灭火器，其灭火器类型、规格、数量及其位置应符合现行国家标准《建筑灭火器配置设计规范》GB50140 的有

关规定。

## 6.6 建筑和结构

6.6.1 建筑结构设计应满足余热利用工艺设备布置要求，通道布置应简捷、顺畅。

建筑结构设计应根据环境保护、地区气候特点，满足采光、通风、防寒、隔热、节能、防水、防雨、隔声等要求，并应符合现行国家标准的相关要求。结合工艺设计做好建筑物的平面布置、空间组合、建筑造型、色彩处理以及围护结构的选择，在进行造型、外观和内部设计时，应将建（构）筑物与工艺设备视为统一的整体考虑，并注重建（构）筑物群体与周围环境的协调。

6.6.2 余热利用建筑物的火灾危险性和耐火等级应符合下列要求：

建（构）筑物构件的燃烧性能和耐火极限符合《建筑设计防火规范》GB50016 的有关规定，还应符合下列要求：

1 汽轮机头部主油箱及油管道阀门外缘水平 5m 范围内的钢梁、钢柱，应采取防火隔热措施，钢柱耐火极限不应低于 2.50h，钢梁耐火极限不应低于 1.50h；主油箱上方的楼板开孔时，开孔水平边缘周围 5m 范围所对应的屋面钢结构承重构件应采取防火隔热保护措施，其承重构件耐火极限不应低于 1.00h。

2 余热锅炉房内的平台、扶梯应选用不燃烧的防滑材料。

3 配电室、主控制室等电气间的室内装修应采用不燃烧材料。

4 各构件的燃烧性能和耐火极限还应符合现行国家标准《建筑设计防火规范》GB 50016 的有关规定。

6.6.3 附设在建筑内配电室长度超过 7m 时，应设 2 个出口，并宜布置在配电室两端，当配电室双层布置的，楼上配电室出口至少设一个通向该层走廊或室外的安全出口，配电室的门均应向外开启，但通向高压配电室的门应为双向开启门。开向建筑内的门应采用甲级防火门。

附设在建筑内的控制室、配电室、电缆夹层应采用耐火极限不低于 2.00h 的防火隔墙和 1.5h 的楼板与其他部位分隔。

6.6.4 余热锅炉房的外墙、楼地面或屋面，应有相应的防爆措施，并应有占地面积为锅炉间 10% 的泄压面积，泄压方向不得朝向人员聚集场所、人员通道，且泄压处不得与这些地方相邻。

地下锅炉房采用竖井泄爆方式，竖井的净横断面积应满足泄压面积的要求，当泄压面积不能满足上述要求时，可采用在锅炉房的内墙和顶部（顶棚）敷设金属爆炸减压板补充。

注：泄压面积可将玻璃窗、天窗、质量小于等于 120Kg/m<sup>2</sup> 的轻质屋质和薄弱墙等面积包括在内。

6.6.5 主厂房内疏散走道的最小净宽度不宜小于 1.4m。门的最小净宽度不宜小于 0.9m。

6.6.6 余热锅炉房和其他建筑物相邻时，其相邻的墙应为防火墙。

6.6.7 建筑物的节能设计，应符合现行国家标准《有色金属冶炼厂节能设计规范》GB50919 的有关规定。余热利用厂房的使用性能、功能特征和节能要求的分类，应为 C 类。

6.6.8 屋面设计应符合下列规定：

1 屋面的坡度应根据防水面材料、构造及当地气象等条件确定。当为改、扩建工程时，防水面材料与构造的选择宜与生产线建筑一致。钢筋混凝土屋面坡度不应小于 1:50，金属压型板屋面坡度不宜小于 1:10。

2 各类屋面的结构层及保温层（或隔热层）应采用非燃烧体材料。设保温层的屋面，应采取防止结露的措施。

3 凡高度超过 6m 的建筑物应设有上屋面的设施。当垂直爬梯的高度超过 6m 时，应设有护笼。

6.6.9 抗震设防烈度为 6 度及以上的建（构）筑物应做抗震设防。建（构）筑物抗震设防分类应按现行国家标准《建筑工程抗震设防分类标准》GB 50223 的有关规定执行。

6.6.10 厂房结构设计

1 厂房的柱布置应满足余热利用工艺的要求，柱网尽量整齐，并符合建筑模数的要求；平面梁、板的布置应规则。

2. 主厂房框（排）架宜采用钢筋混凝土结构，有条件时可采用组合结

构或钢结构。

3.温度伸缩缝宜结合工艺布置设置，宜采用双柱双屋架，伸缩缝处梁板及维护结构宜采用悬挑结构。

#### 6.6.11 屋面结构

1 汽机房屋面结构可选用有檩或无檩屋盖体系。屋面梁可采用钢屋架、实腹钢梁或空间网架结构。

2 当跨度小于 18m，宜采用钢筋混凝土屋架或预应力混凝土薄腹梁；当跨度大于或等于 18m 时，宜采用钢屋架、实腹钢梁或钢网架结构。

3 轻型屋面结构体系考虑风吸作用。

#### 6.6.12 活荷载

1 建（构）筑物的楼（地）面和屋面结构设计应考虑在生产使用、检修、施工安装时，由设备、管道、运输工具、材料堆放等重物所引起的荷载。

2 无特殊要求的活荷载取值，《建筑结构荷载规范》GB50009 的相关规定；有色金属工业楼、地面操作及检修荷载取值，应符合国家标准《有色金属工程结构荷载规范》GB50959 的相关规定。

3 汽机房、修配厂、检修间的吊车应按工作级别 A1~A3 取值。

#### 6.6.13 地基与基础

1 地基与基础的设计应根据工程地质和岩土工程条件，结合建（构）筑物的施工要求，充分吸取地区的建筑经验，综合考虑结构类型、材料供应等因素，采用安全、经济、合理的地基基础形式。

2 地基的承载力、变形和稳定，均应按照现行国家标准《建筑地基设计规范》GB50007 的有关规定进行计算。

3 厂房内的大型设备基础、整体的地坑等，宜与厂房柱基础分开设置。

4 汽轮发电机基础应按现行国家标准《动力机器基础设计规范》GB50040 的有关规定进行设计。

5 主要建（构）筑物应设置沉降观测点。

#### 6.6.14 动力机器基础

1 汽轮发电机基础应独立布置，其四周宜留有与其他结构隔开的变形缝。

2 基础设计时，按传到基础上的全部设备净重及基础自重（含底板自重

及其上回填土重)之和的总重心与基础底面形心应力宜位于同一垂直线上,如偏心不可避免,则偏心值与平行偏心方向基础底面边长之比不应大于 3%。

设置在汽轮机组基础底板上的平台和地下室楼板立柱应计入荷载对偏心的影响。

3 汽轮发电机基础的配筋应符合下列规定:

1) 汽轮发电机基础底板各面均应设置钢筋网。底板顶面和底面的最小配筋率为 0.10%; 底板侧面四周的钢筋网钢筋直径宜为 16mm~20mm, 间距不宜大于 250mm; 底板厚度大于 2m 时, 宜在底板板厚中间部位设置直径不小于 12mm、间距不大于 300mm 的双向钢筋网。

2) 汽轮机基础柱配筋应按计算确定, 柱全部纵向钢筋的最小配筋率不宜小于 0.6%, 直径不宜小于 25mm; 柱箍筋宜采用封闭箍筋, 箍筋直径不宜小于 12mm, 箍筋加密区间距不大于 150mm, 且不大于 6d (d 为柱纵向钢筋的直径), 非加密区间距宜为 250mm~300mm, 肢距不大于 400mm。

3) 汽轮发电机基础运转层顶板配筋应按计算确定, 顶板顶面、底面钢筋最小配筋率不宜小于 0.15%。顶板应考虑由于构件两侧温度差产生的应力, 应在梁两侧分别配置温度钢筋, 高、中压缸侧的纵、横梁侧面配筋率不宜小于 0.15%, 其余梁每侧配筋率不宜小于 0.1%。

## 6.7 采暖通风

6.7.1 余热利用建(构)物采暖、通风与空气调节设计应符合现行国家标准《工业企业设计卫生标准》GBZ 1、《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB50019 和现行行业标准《发电厂供暖通风与空气调节设计规范》DL/T 5035 的规定。

6.7.2 采暖通风、空气调节室外气象计算参数, 应按现行国家标准《工业建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB50019 的规定选用。当该规范中无建厂地区的气象资料时, 可采用周围地理条件相似地区的气象资料。

6.7.3 余热利用采暖热媒应与厂区的采暖热媒保持一致。当余热利用有热水供应时, 采暖热媒应选用热水。

6.7.4 炎热地区有人值班的控制室可设置单体空调器。

6.7.5 主厂房以外各建筑的通风设计，应根据消除有害气体计算风量，当缺乏必要资料时，可按房间换气次数确定。

6.7.6 余热利用建（构）物的余热，宜采用有组织的自然通风排除。当自然通风不能满足要求时，应设置机械通风。

6.7.7 换热设备操作区等经常有人工作的地点，在热辐射照度大于等于 $350\text{W}/\text{m}^2$ 的地点，应设置局部送风。

6.7.8 高、低压开关柜室的通风，应符合下列规定：

1 事故通风量，应按换气次数不少于 $12$ 次/h 计算。事故排风机宜兼作通风换气用。

2 事故通风通风机的电气开关，应分别设置在室内、室外便于操作的位置。

6.7.9 控制室、电子设备间等应根据工艺对室内的温度、湿度要求，设置空气调节装置。

## 6.8 综合热力管网

6.8.1 热力管网布置应从整体出发，结合规划容量、总平面布置、竖向布置及绿化统一规划，集中布置，尚应符合现行国家国标《工业企业总平面设计规范》GB50187 和《城镇供热管网设计规范》CJJ 34 的相关规定。

6.8.2 管网系统应符合下列规定：

1 当蒸汽管道参数相差不大，蒸汽干管宜采用单管系统；当用汽有特殊要求或用汽参数相差较大时，蒸汽干管宜采用双管或多管系统。

2 当用汽量较小且管网较短，为满足生产用汽的不同要求和便于控制，可采用由热源直接通往各用户的辐射状管道系统。

3 热水系统设计宜在水力计算的基础上绘制水压图，确定系统静压线的压力值、系统回水压力、与用户的连接方式和用户入口装置处供、回水管的减压值，确定合适的热水系统。

4 双管热水系统宜采用异程式（逆流式），供水管与回水管的相应管段宜采用相同的管径；通向热用户的供回水支管宜为同一出入口。

6.8.3 管网布置，应根据建构筑物布置的方向与位置、热负荷分布情况、总

平面布置要求和其他管道的关系等因素确定，并应符合下列要求：

1 热力管道主干线应通过热固和集中的区域，其走向宜与干道或建筑物平行；

2 热力管道不应穿越由于汽、水泄露将引起事故的场所，应少穿越厂区主要干道，并不宜穿越建筑扩建地或物料堆场；

3 山区热力管道应因地制宜布置，并应避开地址灾害和山洪的影响。

6.8.4 架空管线的布置，可利用工厂的建（构）筑物，应核对建（构）筑物对管道负载的支承能力；不应妨碍交通、检修及建筑物自然采光和自然通风，并应做到整齐美观。

6.8.5 地下管线水平净距，地下管线、架空管线与建（构）筑物之间的水平净距，地下管线之间或地下管线与铁路、道路交叉的垂直净距，应根据工程地质、构架基础形式、检查井结构、管线埋深、管道直径和管内介质等确定，上述的最小净距均应符合国家现行规程规范的要求。

6.8.6 改、扩建工程中的管线综合布置，不应妨碍现有管线的正常使用。

中华人民共和国国家标准

有色金属工业余热利用设计标准  
(征求意见稿)

GBXXXXX-2018

条文说明



## 1 总则

1.0.1 本条文是本标准编写的目的，也是最基本要求的综合性条文。

1.0.2 本标准适用于有色金属工业采矿、选矿、冶炼和加工等生产过程中产生的余热资源回收利用。

1.0.3 本标准对钢铁、建材、化工等行业，其余热资源特性与有色金属工业相近的可参照使用。

1.0.4 与本标准有关的标准、规范主要有：

《工业锅炉及火焰加热炉烟气余热资源计算方法与利用导则》  
GB/T17719

《工业余热术语、分类、等级及余热资源量计算方法》 GB1028

《有色金属工业厂房结构设计规范》 GB51055

《有色金属矿山节能设计规范》 GB50595

《有色金属冶炼厂节能设计规范》 GB50919

《有色金属加工厂节能设计规范》 GB50758

《小型火力发电厂设计规范》 GB50049

《锅炉房设计规范》 GB50041

《蒸汽和热水型溴化锂吸收式冷水机组》 GB/T 18431

《有色金属企业总图运输设计规范》 GB50544

《工业用水软化除盐设计规范》 GB/T 50109

《工业锅炉水质》 GB/T 1576

《火力发电机组及蒸汽动力设备水汽质量》 GB/T 12145

《有色金属冶炼厂电力设计规范》 GB50673

《火力发电厂与变电站设计防火规范》 GB50229

《工业循环冷却水处理设计规范》 GB50050

《工业循环水冷却设计规范》 GB/T 50102

《建筑设计防火规范》 GB50016

《有色金属工程设计防火规范》 GB50630

《采暖通风与空气调节设计规范》 GB50019 等。

## 2 术语

按照国家标准，对本标准中出现的技术术语进行解释。

本标准中出现的术语，除本章规定外，均符合现行国家标准《工业余热术语、分类、等级及余热资源量计算方法》GB1028 的规定。

## 3 基本规定

3.0.1 本条强调有色金属工业余热利用设计应按照基本建设程序进行，避免违规建设。

3.0.2 有色金属工业余热利用，应与**有色金属工业安全生产、经济效益和环境保护相协调**，并应符合下列规定：

1 本条主要是强调余热回收系统的可靠性，确保冶炼工艺生产不致因余热回收系统故障而受影响。

3~4 有色金属工业属于传统的高耗能行业，冶炼工艺流程复杂，余热资源分散，有些余热随工艺周期性变化大，难以集中利用；余热资源含尘多，粘接性强，并含有腐蚀成分，对余热利用设备造成高温或低温腐蚀。本条文规定了余热利用的原则，执行《中华人民共和国节约能源法》，严格遵守国家现行规程规范的规定，充分降低企业能耗。

3.0.3 余热回收利用（设施）系统的选择应符合下列要求：

4 有色金属工业生产过程呈周期性特点，对应燃料成份变化大，余热资源数量和性质难于保持稳定，导致蒸汽参数波动较大，尤其是压力变化较大，而余热利用系统要求连续稳定，因此应考虑稳压措施。

5 国务院 2013 年颁发的《国务院关于印发大气污染防治行动计划的通知》（国发[2013]37 号）明确指出：“到 2017 年，除必要保留的以外，地级及以上城市建成区基本淘汰每小时 10 蒸吨及以下的燃煤锅炉”，采用一次燃料过热饱和蒸汽，容易超出实际规模，排放指标难以满足环保要求。

有色金属工业生产过程中产生的可燃废料（气），可根据余热资源成分和参数，选择合适的工艺，过热饱和蒸汽或直接利用余热锅炉生产蒸汽。

## 4 余热资源

### 4.1 余热资源等级

4.1.1~4.1.2 本条规定的余热资源等级是根据《工业余热术语、分类、等级及余热资源量计算方法》GB/T 1028，并按照有色金属工业余热资源特点，进行的划分。本规定没有对余热回收后的利用方法做出规定，可参照《工业锅炉及火焰加热炉烟气余热资源量计算方法与利用导则》GB/T 17719 执行。

### 4.2 余热资源计算方法

余热总资源系指经技术经济分析确定的可利用的余热总量，包含前期已经利用的余热资源量，和技术升级后可以进一步回收利用的余热资源量。

### 4.3 余热资源回收

4.3.1 余热资源应优先考虑用于本系统，当无法用于本系统或用后仍有富余，才用于本系统外。

1~2 余热锅炉回收余热的方法，可直接利用高温烟气余热、化学反应余热、可燃废气余热等，高温产品余热也可采用惰性气体间接利用。生产工艺没有蒸汽负荷、冷负荷需求，且余热资源温度大于 400℃，宜采用水或饱和蒸汽为换热介质，产生过热蒸汽，形成高能产品。

余热资源温度低于 250℃，采用锅炉回收有一定困难，宜利用这些余热将水加热到一定温度，合理利用。还可以用来加热低沸点工质，生成一定用来的蒸汽，以利于利用。

4.3.2 高温烟气余热是有色金属工业生产过程中的主要余热热源，回收利用的方法主要采用余热锅炉，产生的蒸汽用于发电或供生产生活用热，高温烟气余热用空气预热器或直接预热物料，但因燃气条件恶劣，宜优先采用余热锅炉。

4.3.5 高温介质冷却介质余热量仅次于高温烟气余热，主要是高温水，来源于高温炉渣水淬的热水、冶金路水套的冷却水、冶金炉门架等的冷却水、或汽化冷却产出低压蒸汽转化成的高温水等。高温水余热利用一般直接利用，可用于建筑物采暖、生活热水。

4.3.6 铅锌密闭鼓风炉和炼锌焦结炉中，均产出低热值可燃废气。这些废气一般混入质量较好的燃料即可燃烧利用，达到余热回收的目的。

## 5 余热利用系统

### 5.1 热（冷）、电负荷

热（冷）电负荷的调查和核实是余热利用建设前期重要的基础工作。可靠。一般用户应提供可靠、切合实际的负荷数据，设计单位应负责对负荷进行调查和核实。

负荷数据是确定余热利用系统的重要依据，又是余热利用设施投产后能否稳定生产、取得预期经济效益的保证。

### 5.2 余热锅炉及系统

5.2.2 锅炉房布置一般可分露天布置、半露天布置及紧身罩封闭或屋内布置等形式。

露天布置是指锅炉本体仅设置炉顶罩壳及汽包小室，或锅炉本体不设置炉顶罩壳，而设置炉顶盖及汽包小室的布置。炉顶盖是指锅炉顶上设置的雨棚（或雨披），它只是顶部加盖，而不是四周封闭的炉顶小室。对于锅炉运转层以下部分不论封闭与否，只要其余部分符合上述条件的，均可认为是露天布置。

半露天布置是指锅炉炉顶部及四周设有轻型维护结构的炉顶小室（包括汽包炉的汽包小室）。对燃烧器及其以下部分采用全封闭或卢强采用封闭，而锅炉尾部敞开的锅炉房，均可认为是半露天布置。

紧身罩封闭和屋内布置形式，都可以看成是室内布置的形式。

对非严寒（累年最冷月平均温度高于 $-10^{\circ}\text{C}$ ）地区，锅炉宜采用露天或半露天布置。

南方雨水较多的地区，即年平均降雨量在 1200mm 以上地区，即使在炉顶设置了炉顶盖，但还不能完全解决雨水浸入炉顶部分的受热面时，可采用半露天布置。另外对累积年最冷月平均气温接近 $-10^{\circ}\text{C}$ 地区，在冬季炉顶检修或运行条件不太恶劣时，也可采用半露天布置。

在严寒地区，如采用塔式锅炉，次用紧身罩封闭比屋内布置经济很多。其他炉型，可根据情况决定布置方式。

气候条件适宜系指非集中采暖区和少雨水区。采用不设炉顶防雨罩的布置形式，要求炉顶应有良好的密封性能。对汽包、安全阀、排汽阀、水

位计等附属设备应有良好的防雨、防冻、防腐措施，以保证安全运行和减少散热损失。

5.2.3 余热锅炉炉型宜根据烟气成分、参数、现场条件确定锅炉循环方式和余热锅炉炉型。

#### 5.2.4 余热锅炉参数的确定

1 余热锅炉蒸汽参数的确定，根据北京有色冶金设计研究总院编写的《余热锅炉设计与运行》，金属管壁温可通过烟气经金属管壁传热给管内介质进行传热计算来确定，也可采用管内介质温度加 20-60℃确定，如：锅炉本体金属壁温为饱和蒸汽温度+20℃，水冷壁金属壁温为饱和蒸汽温度+30℃，过热器金属壁温为蒸汽温度+50℃。综合烟气露点特性要求，规定余热锅炉饱和蒸汽参温度不低于三氧化硫露点温度附加 15-30℃确定。

2 有色金属工艺烟气热量与实际选用的燃料有关，实际选用燃料与设计燃料释放的热量会有一定偏差，考虑到余热锅炉投产运行满足实际需要，通常锅炉容量考虑 15%的余量。

3 有色金属工业炉窑常含有一些腐蚀性气体和腐蚀性物质，如硫的氧化物，钒的氧化物，硫酸盐络化物等，这些物质会对锅炉产生强烈的腐蚀，严重时，在很短的时间内会使锅炉遭到损坏，应了解烟气成分，了解腐蚀机理，防止腐蚀的产生，保证锅炉长期安全可靠地运行。

一般碳素炉窑适用的排烟温度为：1 级 $\geq 170^{\circ}\text{C}$ ； 2 级 $\leq 200^{\circ}\text{C}$ ； 3 级 $\leq 220^{\circ}\text{C}$ 。

4 余热锅炉烟道连接应符合以下规定：

1) 机械工业出版社《工业锅炉房实用设计手册》，砖或混凝土制烟道烟气介质流速推荐采用 6-8m/s；金属制烟道烟气介质流速推荐采用 10-15m/s。北京有色冶金设计研究总院编写的《余热锅炉设计与运行》中，余热锅炉与工业炉窑连接的烟道需考虑磨损，当烟尘量大于 300g/Nm<sup>3</sup>时，余热锅炉本体烟速一般不超过 4m/s；当烟尘量小于 100g/Nm<sup>3</sup>时，余热锅炉本体烟速最好不要超过 8m/s。

3) 余热锅炉配置时，旁通烟道的设置有以下几种情况：1.不设旁通烟道，要求工业炉与锅炉协调一致，相互影响；2.设事故旁通烟道，锅炉故障

时，可以维持一段时间的工业生产，待做好各项停炉准备和采取号相应的安全措施后再停炉，就可以将工业生产损失减少到最小的程度；3.设生产旁通烟道，锅炉故障时，工业生产可以正常进行，但投资大，不易维护。以上配置方式，宜根据工艺流程的要求，烟道和锅炉布置实际情况来确定。通常罐式炉因停不下来，为满足工艺要求，宜设旁通烟道至事故烟囱排放。

5.2.6 《蒸汽锅炉安全监察技术规程》第 58 条额定蒸发量小于或等于 75t/h 的水管锅炉，当采用煤粉、油或气体做燃料时，在炉膛和烟道等容易爆燃的部位一般应设置防爆门，防爆门的设置应不致危及人身安全。锅炉上往往需要设置防爆门，人孔和吹灰孔等。余热锅炉是否设置防爆装置，宜根据烟气成分，分析工艺过程，在易爆燃的部位设置防爆装置，并且防爆装置应装在不致威胁操作人员安全的地方。如：奥炉、铜闪速炉、转炉等可设置防爆装置，铅锌底吹炉可不设防爆装置。

锅炉本体漏风率与锅炉受热面和炉墙的结构以及各种门孔、排灰孔等密封的好坏有关。但由于锅炉大多是负压运行，锅炉的清灰设施、门孔较多，绝对不漏风是很难做到的，实际运行中，锅炉有一定的漏风率，锅炉辐射冷却室漏风率为 5%-10%，锅炉对流区漏风率为 10%-15%，具体数据取值详见北京有色冶金设计研究总院《余热锅炉设计与运行》表 4-1-1 余热锅炉各部漏风系数。

5.2.8 余热锅炉出口参数与有色金属工业生产过程相关，有的生产是周期性的，有的高温产品和炉渣的排放是间断性的，有的工艺生产虽然连续稳定，但余热锅炉热源提供的热量也会随着生产的波动而波动。因此应设置调节装置适用余热负荷波动大的特点。

5.2.10~5.2.11 故障连锁是保护余热锅炉，现在余热锅炉规模比较大，对安全性要求高。当汽包液位报警和循环泵故障报警，需与工艺系统故障连锁，让工艺系统减负荷或停风停燃料，保护余热锅炉。

5.2.12 大型炉窑强制循环余热锅炉宜设应急电源，当有烟气隔断的小型强制循环余热锅炉可不设应急电源。如熔锍炉循环水泵宜设应急电源。

5.2.15 排汽噪声与排汽压力有关。压力越高，排汽时产生的噪声越大，影响的范围也越大。实测表明，当额定蒸汽压力为 3.82MPa 时，未设排汽的消

声器,在距排汽口 8m 处噪声级高达 130dB(A);当额定蒸汽压力为 1.27MPa 时,未设排汽消声器,在距排汽口 10m 处噪声级也高达 121dB(A)。为减少对周围环境噪声的影响,将排汽消声器设置的压力等级扩大到 1.27~3.82MPa 是必要的,考虑到启动排汽发生概率较高,且启动排汽时间也较长,启动排汽管应设消声器是适宜的。安全阀排汽是偶发事故,概率较低,且一旦发生也会很快采取措施,故安全阀排汽管宜设消声器。

### 5.3 除氧给水系统

5.3.1 余热锅炉负荷变化较大,对应的给水系统变化也较大,几台余热锅炉并联运行,当其中一台或几台锅炉停运时,避免锅炉给水泵返水冲击,主给水泵出口宜设置逆止阀。

5.3.3 余热锅炉系统供汽的特点是热负荷变化较大,在选择电动给水泵时,应按热负荷变化的情况,对给水泵的单位容量和台数进行合理的配置,才能保证给水泵正常、经济地运行。

给水泵应有备用,以便在检修或故障时,启动备用给水泵保证正常生产。

5.3.4 在同一给水母管系统中,给水泵的总流量,应当在最大 1 台给水泵停止运行时,仍能满足所有运行的余热锅炉在额定蒸发量时所需给水量的 110%。给水量包括蒸发量和排污量。有些余热锅炉系统采用减温减压装置或蓄热器设备,在给水泵的总流量中应计入这些设备的用水量。

### 5.4 汽轮发电机设备及系统

5.4.1 根据国家新的能源政策,热电联产应以集中供热为前提,以热定电,在热负荷可靠落实的前提下,应优先选用容量较大、参数较高和经济效益更高的供热式汽轮机。

对于干旱地区,水资源非常紧张,节约水资源是我国保护环境的基本国策,因此,干旱地区宜选用空冷式汽轮机。

5.4.2 余热锅炉蒸汽流量、蒸汽压力、蒸汽温度变化较大,而汽轮机进汽参数也有一定范围要求,为了适应余热发电,汽轮机本体局部需要加强。尤其是饱和汽轮机,蒸汽在汽轮机本体做功后,含湿量增加,需对末级叶片进行强化处理。

5.4.3 选用背压式机组，特别强调必须具有常年持续稳定的热负荷。背压机组满负荷运行时，有很高的经济性；但低负荷时，效率低很多。应让背压式汽轮机带足全年中的基本热负荷，通常背压式汽轮机的最小热负荷不得低于调压器正常工作允许的最小出力，为额定出力的 40%左右。

余热锅炉产量大于基本热负荷，或者热负荷随季节和昼夜而波动，宜设抽汽式汽轮机组，适应负荷的波动。

5.4.5 饱和蒸汽中携带的湿蒸汽对汽轮机内部产生撞击甚至腐蚀，影响汽轮机通流、出力，对高速旋转的叶片产生侵蚀，降低系统效率。设置汽水分离器可以减少湿蒸汽带来的危害。

5.4.7 汽轮机故障或检修期间，能保证生产正常供汽。

5.4.8 汽轮机故障或检修期间，保证有色金属工业正常生产。背压机组根据热负荷情况，应设置调节调压装置，保证系统安全稳定运行。

5.4.14 蒸汽管道启动和经常疏放水比较多，为回收工质和热量，宜设疏水扩容器、疏水箱和疏水泵。除氧给水箱的放水，宜先放至疏水箱，再用疏水泵打至其他除氧器给水箱后，然后放去部分水质差的剩水。

第二组疏水系统的设置，可根据机组台数、主厂房长度等因素综合考虑决定。一般机组超过 4 台时，根据需要可设置第二组疏水设施。

## 5.5 溴化锂吸收式冷（温）水机组及系统

溴化锂吸收式冷（温）水系统主要包括溴化锂吸收式冷（温）水机组、冷却水泵、冷冻水泵、冷却塔及相应管道阀门等。

5.5.2 根据热源品位不同，单效溴化锂吸收式冷（温）水机组的制冷性能系数 COP 在 0.6 左右，双效溴化锂吸收式冷（温）水机组的制冷性能系数 COP 在 1.3 左右，为提高能源的利用的经济性，根据余热特点，宜优先选用双效溴化锂吸收式冷（温）水机组。

双效溴化锂吸收式冷（温）水的高温发生器中输入的热能，使高温发生器中的溴化锂溶液至 140℃左右产生水蒸汽，因此，双效溴化锂冷（温）水机组输入蒸汽压力不应小于 0.4MPa，输入的热水温度不应小于 150℃。

## 5.6 其他换热设备及系统

5.6.1 铝用碳素余热导热油炉



3 煅烧回转窑与水泥回转窑类似，就是一个直筒式，简单的进出；煅烧罐式炉是小炉子，很多罐式炉接到烟气总管。

煅烧炉出来的烟气分成三路：一路经旁通烟道直排；另一路进入蒸汽锅炉；还有一路经导热油锅炉后，再进入蒸汽锅炉（蒸汽锅炉有两路烟气进入）。

通过调节余热蒸汽锅炉入口烟气切断阀的开度，控制导热油炉烟气压差，保证导热油炉的烟气流量。

### 5.6.2 电解铝烟气余热利用

2 有两种余热利用方式：闭式的和开式的。闭式的：只有一次热交换，一次热媒（暖通常用的介质，有多种）与烟气直接换热，吸收热量后的一次热媒直接输送给热用户。开式的：有两次热交换，第一次是一次热媒与烟气交换，第二次是一次热媒与水交换，将热水送至热用户，如洗浴或生活热水。

## 6 公用辅助设施

### 6.1 总平面布置

#### 6.1.1 一般规定

1 余热利用主要是利用不同介质的余热,将其转化为有效可利用的能源,降低能耗。为了最大程度减少热损失,总平面布置应以热源为中心。

2 总平面布置应符合以下规定:

1) 余热利用设施靠近热源布置不仅可以减少热损失,还可以使管道布置短捷,从而达到技术、经济上比较合理。

第 2 和第 3 条均参照现行国家标准《工业企业总平面设计规范》GB50187 的相关规定制定。

3 扩建、改建项目受到的限制条件和需要考虑的因素较多,一方面为节约成本,应合理利用和改造既有设施;另一方面为了减小对正常生产的影响,应重点考虑生产和扩建、改建的协调和衔接。

4 本条是基于合理利用土地、保护和开发土地资源,在总结多年设计和生产实践经验的基础上提出来的。

5 全面考虑近期和远期在施工和生产时的经济性和合理性,应以近期为主,远近结合,目的在于防止多占用土地造成土地浪费。

#### 6.1.2 主要建(构)筑物的布置

2 总平面既要对建筑设计的合理性和安全性予以充分重视,也应对建筑群体的统一性和空间协调性进行充分构思和研究,为站区创造良好环境。

5 本条所指国家现行有关标准主要是指《建筑设计防火规范》GB 50016 及其它行业设计规范。

6 本条参照现行国家标准《工业企业总平面设计规范》GB50187 的相关规定制定。

#### 6.1.3 场地竖向布置

1 场地的竖向布置应综合考虑生产工艺要求、工程地质、水文气象、土石方量及地基处理等因素,并应符合下列规定:

1) 场地的设计标高应保证不被洪水、潮水和内涝水淹没,确保企业生产安全,不遭受经济损失。防洪标准根据企业的等级和现行国家标准《防

洪标准》GB50201 的有关规定确定。

6) 场地设计地面坡度不宜太大, 否则会给生产工艺流程和运行管理带来诸多不便。根据以往工程实践, 当站区自然地形的坡度大于 4% 仍采用平坡式时, 场地土石方量会急剧加大, 部分基础埋深也相应增加, 采用平坡式不再适宜。

3 本条参照现行国家标准《工业企业总平面设计规范》GB50187 的相关规定制定。

#### 6.1.4 站区道路

4 本条行车部分宽度是参照《厂矿道路设计规范》GBJ 22 的有关规定, 结合余热利用站区本身特点而制定。

5 本条规定有利于检修时设备起吊或放置, 方便使用。净空高度根据目前常用设备而定。

### 6.2 水处理

6.2.3 补给水处理系统除满足现行国家规程规范要求, 尚应符合下列规定:

1 根据目前国内投产余热发电的运行经验, 系统水循环损失 3%-5%、排污损失 1%-2%, 加上其他损失, 水处理设备的处理应是锅炉最大蒸发量的 5%-8% 左右, 考虑余热锅炉启动过程中, 汽水损失较大, 为确保余热利用系统正常运行, 故本条规定水处理设备的出力, 应不小于最大一台余热锅炉蒸发量的 20%。

2 为保证锅炉补给水系统供水的连续性, 清水箱的总有效容积按连续运行的最大一台余热锅炉额定蒸发量的 2h 计算。

中间水箱的容积以满足水量调整为原则, 不宜过小, 本条按单元制和母管制分别作出规定。

适当增大除盐(软化)水箱容量, 以适应余热利用设备故障停运, 余热锅炉炉水回收和重新启动上水的需要, 同时也可减少水处理设备的投资。

### 6.3 电气设备及系统

#### 6.3.3 余热电站

1 有色金属工业一般配套建设有总降压变电站或厂区配电站。余热发电接入总降压变电站或厂区配电站的电压等级, 应根据发电机组的单台容量、

建设规模、总降压变电站或厂区配电站的具体情况，在接入系统设计中，通常都是经技术经济比较后确定的。

余热发电通常采用并网运行方式，为此余热发电与总降压变电站或厂区配电站应设置并网联络线，通常采用电缆联络线。发电机组与电力系统并网点宜选择在总降压变电站6kV或10kV某母线段或厂区配电站某母线段。余热发电与总降压变电站或厂区配电站的两侧均需设置联络线断路器。

关于并网联络线的回路数量，规范中仅规定宜根据发电机组数量确定。通常做法单台发电机组设置单回联络线，当两台及以上发电机组才设置两回或多回联络线。

关于并网同期点的设置，可在发电机出口断路器设置并网同期点，也可在电站侧联络线断路器设置余热发电系统并网同期点。当余热发电设置为单母线分段接线方式时，其母线联络断路器也应设置同期并列点。为安全起见，同期操作都设置在余热发电侧。

由于余热发电最终与电力系统并网运行，发电机组的启动电源宜利用并网联络线，由总降或厂区配电站的并网母线段系统提供。发电机组启动电源的投入将选择同期闭锁操作，

闭合电站侧联络线断路器来实现。

当站用电系统仅为低压负荷，且不设置站用变压器时，此时余热发电启动电源也可由生产线某就近电力室提供。

2 发电机的中性点,主要采用不接地、经消弧线圈接地、经电阻或直接接地三种方式。

发电机中性点不接地方式:当发电机单相接地时,接地点仅流过系统另两相与发电机有电气联系的电容电流,当这个电流较小时,故障点的电弧常能自动熄灭,故可大大提高供电的可靠性。当采用中性点不接地方式而电容电流小于4安时,单相接地保护只需利用三相五柱电压互感器开口侧的另序电压给出信号便可以。中性点不接地方式的主要缺点是内部过电压对相电压倍数较高。

发电机中性点经消弧线圈接地:当发电机电容电流较大时,一般采用中性点经消弧线圈接地,这主要考虑接地电流大到一定程度时接地点电弧不能

自动熄灭。而且接地电流若烧坏定子铁芯时难以修复。中性点接了消弧线圈后,单相接地时可产生电感性电流,补偿接地点的电容电流而使接地点电弧自动熄灭。

发电机中性点经电阻或直接接地:这种方式虽然单相接地较为简单和内部过电压对相电压的倍数较低,但是单相接地短路电流很大,甚至超过三相短路电流,可能使发电机定子绕组和铁芯损坏,而且在发生故障时会引起短路电流波形畸变,使继电保护复杂化。

3为确保发电机及余热发电系统安全运行,所设置的发电机安全自动保护装置通常的做法:发电机出口断路器设置双高(高频、高压)解列保护装置;电站侧并网联络线断路器设置双低(低频、低压)解列保护装置。

4 当选用2台低压站用变压器,并采用明备用方式配设时,考虑今后负荷发展和临时用电的需要,备用变压器负荷率不宜超过80%。

由于站用电源采用并联切换方式,站用变压器接线组别的选择,应使站用工作电源与备用电源之间的相位一致。

低压站用变压器采用D,yn接线组别方式,可使变压器的零序阻抗大大减小,减小各种类型的短路电流差异,提高承受三相不平衡负载的能力并可简化保护方式。所以本条规定宜采用D,yn接线组别。

6 根据冶金工厂余热发电的特点,站用电力室与主厂房合建一个建筑物,高、低压配电设备合并同一配电室,这样可以充分利用空间,减少占地。

## 6.4 仪表与控制

### 6.4.1 一般规定

1 仪表与控制系统包括测量与仪表、模拟量控制、开关量控制及联锁、报警、保护等,其设计内容如下:

测量与仪表:各种一次测量元件、变送器、显示仪表、巡回检测仪、积算仪、液晶(LCD)屏幕显示、自动打印等仪表设备。

控制及联锁:对主辅机设备运行工况的自动调节,主辅机设备的程序控制、联动操作和远方操作等。

报警:参数越限、重要设备故障的热工报警信号,重要的热工保护动

作和自动调节设备故障信号，控制室与就地联系信号等。

保护：对主辅机设备故障时的保护和操作联锁。

2 规定要求在余热利用项目分期建设时，对控制方式、设备选型、公共辅助生产系统等有关设施，应统筹规划、合理安排，除注意兼顾整体协调和一致性外，也要注意兼顾和工厂主流程有关系统、设施的协调性。

#### 6.4.2 控制方式

1 有色金属工业余热利用与工艺流程的生产运行状况密切相关，余热锅炉的烟风系统对工业炉窑内的压力影响很大，如何稳定工业炉窑总烟道调节闸板后的压力是余热锅炉烟风系统设计是必须重点考虑的。通过余热利用分布控制系统与工艺流程的控制系统的实时通信、数据传送，可以在集控室和工艺流程的车间中控室相互监控有关参数。因此余热利用分布控制系统预留与工艺流程车间控制系统的通信接口显得十分重要，有条件的企业应联网通信和协调控制。

#### 6.4.3 测量、控制与联锁

5 为保证余热锅炉引风机故障时，工业炉窑的烟气能迅速排出，余热锅炉的旁通烟道阀门应能及时打开，以便烟气及时通过旁通烟道进入烟囱，维持工业炉窑内的压力稳定，因此余热锅炉的旁通烟道和引风机之间有必要设置电气联锁。

### 6.5 给水、排水和循环冷却水

6.5.1 余热利用系统一般为企业的配套设施，为了节约投资，其水源由企业统一考虑。

6.5.2 为了提高汽轮发电机组等余热利用设备安全运行的可靠性，在循环冷却水管道上宜装设流量计、温度计、压力计及断水报警装置，当循环流量、冷却水压力、温度不能达到规定的限值时发出报警信号。

### 6.6 建筑和结构

6.6.3 本条规定主要是考虑室内发生事故时，现场人员容易逃离事故地点。同时也便于救护人员接近现场，平时使用也较方便。有的配电室分楼下和楼上两部分布置，其内部有楼梯上下相通，楼下部分有通向室外的门，但这还不够，楼上部分也应有通往室外走道或楼梯间的安全门，当楼上或楼下

发生火灾或其他事故时，楼上的人员可直接从楼上逃至室外。

设置在建筑物内重要设备房不会受到火灾的威胁，确保消防设施正常工作。规定这些设备用房和其他部位进行防火分隔。

6.6.4 锅炉房应考虑防爆问题，特别是对非独立锅炉房，要求有足够的泄压面积。泄压面积可利用对外墙、楼地面或屋面采取相应的防爆措施办法来解决，泄压地点也要确保安全。如泄压面积不能满足条文提出的要求时，可考虑在锅炉房的内墙和顶部(顶棚)敷设金属爆炸减压板。

6.6.5 厂房的疏散走道、门的总净宽度，参照了国外有关规范的要求，结合我国有关门窗的模数规定，将门洞的最小宽度定位 1.0m，则门的净宽在 0.9m 左右，故规定门的最小净宽度不小于 0.9m，走道的最小净宽度与人员密集的场所疏散门的最小净宽度相同，取不小于 1.4m。

6.6.6 考虑到燃油、燃气锅炉房的防火、防爆要求较高，为此对燃油、燃气锅炉房的控制室与锅炉房的隔墙要求应为防火墙，观察窗也应为具有一定防爆能力的固定玻璃窗。

6.6.9 对于没有联网的大中型工矿企业的自备发电设施，其停电会造成重要设备严重损坏或者危及人身安全，其抗震设防分类按各工业部门的具体情况确定。

6.6.10 因其经济性好、维护方便等特点，钢筋混凝土结构仍为余热利用优先考虑的结构方案。主厂房采用焊接角钢骨架的型钢混凝土结构，锅炉炉架采用钢管混凝土结构等均有工程实例。

#### 6.6.11 屋面结构

1 余热利用厂房屋面结构大多采用屋架及大型屋面板的无檩体系，但因结构自重大，对抗震不利。近年来，余热利用厂房屋面结构采用钢屋架、钢檩条或压型钢板作底模上铺钢筋混凝土现浇板的有檩体系越来越多。故屋面结构采用何种体系，应结合工程特点、施工条件及材料供应等情况来确定。

2 厂房跨度不大于 18m 时，可采用混凝土梁；跨度大于 18m 的混凝土屋架或预应力屋面梁，因其预制和吊装难度大，宜采用钢结构。

#### 6.6.12 活荷载

3 对于固定设备，当有条件确定其自重荷载不会被改变或移动时，也可按永久荷载考虑。

吊车荷载的标准值、组合值、频遇值和准永久值，以及吊车荷载的动力系数应按现行国家标准《建筑结构荷载规范》GB50009 的规定取值。汽机房、修配厂、检修间厂房吊车为轻级工作制，按照现行国家标准《起重机设计规范》GB/T 3811 的规定，一般情况下轻级工作制相当于 A1~A3 级。

#### 6.6.13 地基与基础

1 地基与基础设计要以工程地质勘测报告中的建议为主要依据，同时结合工程特点、地区建设经验，采用优化设计方案，以提高设计质量。

2 地基是建(构)筑物的根基，通过地基承载力、地基变形和稳定性计算，以保证建(构)筑物的安全。

4 本条规定了汽轮发电机基础设计的要求。

#### 6.6.14 动力机器基础

3 对于动力设备基础，控制汽轮机基础底板、基础柱纵向钢筋最小配筋率可以保证构件开裂后抗弯刚度不致削弱过多。由于汽轮发电机基础结构的特殊性，条文借鉴了国外标准和已有工程经验，并且综合考虑了设备震动对基础的不利影响作出的规定。

### 6.8 综合热力管网

6.8.2 管网系统宜符合下列规定：

1 生产、采暖、通风和生活多种用汽参数相差不大，或生产用汽无特殊要求时，采用单管系统可以节约投资，减少管网热损失。当生产用汽有特殊要求时，采用双管系统能确保供汽的可靠性。如多种用汽参数相差较大时，采用多管系统有利于用汽的分别控制和设备的安全，同时做好合理用能。

3 在热力系统设计中，水压图能形象直观地反映水力工况。当热水系统的循环水泵停止运行时，应有维持系统静压的措施。循环水泵运行时，系统中任何一处的压力不应低于该处水温下的汽化压力，以保证系统运行时不致产生汽化。热水回水管的最大运行压力，以及循环水泵停运时所保持的静压，均不应超过用户设备的允许压力。



4 以往国内一些高温热水系统运行不正常,大流量小温差的运行较普遍,水力工况失调。原因之一是用户入口没有可靠、准确的减压措施,以致各用户大流量没有按设计应有的流量分配。于是有些单位采取了干管同程布置,取得了一定效果。这是由于各用户的供回水温差大体上是相等的。但这样并不能完全消除水力失调,因为支管和支干管的压力损失以及每个用户内部的压力损失并不相等,要完全解决水力失调,必须从各用户入口采取减压措施。采用同程布置方式,将相应增加管网投资,所以应采用正常的异程(逆流式)系统。