

汽轮机低压给水加热器 技术条件

代替 JB/T 8184—95

Specifications for steam turbine
low pressure feed water heaters

1 范围

本标准规定了汽轮机低压给水加热器(简称低加)的性能和制造技术要求。适用于火力发电厂汽轮机回热系统中管侧设计压力不高于 4.5 MPa, 设计温度不高于 220℃; 壳侧设计压力不高于 1.5 MPa, 设计温度不高于 400℃的表面式低压给水加热器, 也适用于相同工作条件的其他热交换器。

2 引用标准

下列标准所包含的条文, 通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时, 所示版本均为有效。所有标准都会被修订, 使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

压力容器安全技术监察规程

GB 150—1998 钢制压力容器

JB/T 2536—1980 压力容器油漆、包装和运输

JB/T 3343—1993 高加加热器制造技术条件

JB 4708—1992 钢制压力容器焊接工艺评定

JB/T 4709—1992 钢制压力容器焊接规程

JB 4726—1994 压力容器用碳素钢和低合金钢锻件

JB/T 5862—1991 汽轮机表面式给水加热器性能试验规程

JB/T 9625—1998 锅炉管道附件承压铸钢件技术条件

3 定义

本标准采用以下定义。

3.1 表面式低压加热器(简称低加) low pressure feedwater heater

低加是管壳式换热器, 当给水或凝结水通过低加的传热管束时, 被壳体內的汽轮机抽汽或凝结水加热, 同时抽汽被凝结。

3.2 热负荷 heat load

单位时间内, 加热介质与被加热介质间的总热交换量。

3.3 工作压力, 工作温度 working pressure, working temperature

在额定工况下低加的运行压力和温度, 是低加热力设计的依据。

3.4 设计压力 design pressure

应不低于低加使用期间有可能出现的最高工作压力, 是低加强度设计的依据。

3.5 管侧设计温度 tube side design temperature

不得低于壳侧设计压力下的蒸汽饱和温度。当具有过热蒸汽冷却段时, 该段管子的设计温度还应增加 20℃。

3.6 壳侧设计温度 shell side design temperature

在焓熵图上,从工作压力和工作温度处,作等熵线与最大工况时的运行压力线相交,以该交点处的温度向上 5℃ 处圆整,该温度即为壳侧设计温度。

具有过热蒸汽冷却段的低加,其外壳短节可以此温度作为强度设计温度,其余部分外壳的设计温度不得低于设计压力下的蒸汽饱和温度。

注:若该交点处温度为 250℃, 273℃, 298℃ 时,则向上圆整为 250℃, 275℃, 300℃。

3.7 终端温差(上端差) Terminal Temperature Difference(TTD)

低加进口处抽汽压力下的饱和温度与给水出口温度之差。

3.8 疏水冷却段端差(下端差) Drain Subcooler Approach(DCA)

低加疏水出口温度与给水进口温度之差。

3.9 对数平均温度差 logarithmic mean temperature difference

初始温差和终端温差之差,除以初始温差和终端温差之比的自然对数,其数学表达式为:

$$\text{对数平均温差} = \frac{\text{初始温差} - \text{终端温差}}{\ln \frac{\text{初始温差}}{\text{终端温差}}}$$

注:初始温差为加热与被加热介质尚未发生热交换的温差。

3.10 壳侧压降 shell side pressure drop

介质流经低加壳侧的压力损失。

3.11 管侧压降 tube side pressure drop

介质流经低加管内压力损失。

3.12 传热系数 heat transfer coefficient

蒸汽或凝结水向给水的平均传热率。

3.13 疏水 drains

从任何较高压力级进入低加壳体的凝结水与加热器自身凝结水的总称。

3.14 过热蒸汽冷却段 Desuperheating Zone(DSH)

把过热抽汽的一部分显热传给给水,从而提高给水温度的区段。

3.15 凝结段 condensing zone

通过蒸汽凝结加热给水的区段。

3.16 疏水冷却段 Drain Subcooling Zone(DC)

把疏水的热量传给给水,使凝结段的疏水温度降低到低于饱和温度的区段。

3.17 总面积 total surface

指低加内传热管总的外表面积。

3.18 有效面积 effective surface

在总面积中扣除管板和隔板内的管表面积,及不暴露在蒸汽或凝结水中的表面积和任何不参加组热交换的表面积。

有效面积应在设计总图中列出,并在低加铭牌上表示。

3.19 投运率 service efficiency

机组经 72 h 运行后,停机消耗缺陷经 24 h 运行后正式投运起,在一年内低加可以运行的小时数于机组运行的小时数之比,以百分数表示:

$$\text{投运率} = \frac{\text{机组运行小时数} - \text{低加事故检修小时数}}{\text{机组运行小时数}} \times 100\%$$

4 性能及设计要求

4.1 低加的性能

指在汽轮机设计工况下,加热给定流量给水的能力。以上、下端差及下列参数表示:

- a) 给水进、出口温度；
- b) 给水流量；
- c) 抽汽流量；
- d) 蒸汽压力和焓；
- e) 疏水出口温度；
- f) 壳侧和管侧压力损失。

4.2 低加的设计要求

4.2.1 端差

对于无过热蒸汽冷却段的低加，其上端差可按 2.8~5℃设计，下端差一般取 5.6~10℃。

4.2.2 传热管给水流速

在额定工况及平均温度下(进口和出口温度的算术平均值),通过传热管的给水流速,不应超过表 1 的规定。

表 1 m/s

管子材料	给水流速
奥氏不锈钢	3.2
镍 铜	3.0
黄 筒	2.6
碳 钢	2.5

4.2.3 接管介质流速

在额定工况下，按内径选择接管，应使其内的介质流速不应超过表 2 的规定。

表 2 m/s

接 管		流 速 极 限
给水进、出口		3.0
过冷凝水出口		1.2
饱和疏水出口	水位受控	1.2
	水位不受控	0.6
疏 水 进 口		0.8~1.0
从扩容器来液体进口		1.2

4.2.4 防冲挡板

低加管束应避免流进壳侧的流体直接冲击到管束上。在每个壳体进口接管的前面应放一块不锈钢防冲挡板。接管和防冲挡板间的流通截面积不应小于接管的截面积。分配流体到管束去的流道应设计得使管束振动减少到最小程度。

4.2.5 壳侧压力损失

按额定工况设计的低加，其壳侧总压力损失不应超过加热器级间压差的 30%，且加热器任何区段的压力损失不超过 3.54×10^{-2} MPa。

5 材料质量

5.1 低加受压部件所用材料(包括焊接材料)必须具有质量合格证书，它们的入厂检验应符合《压力容器安全技术监察规程》的规定。材料代用应符合压力容器材料代用制度的有关规定。

5.2 锻件应符合 JB 4726 的规定，选用的锻件级别，应写在材料牌号后，如：20 I。

5.3 铸钢件应符合 JB/T 9625 的规定。

6 制造

6.1 低加制造

低加的制造除应符合本标准外，其他有关技术要求均按《压力容器安全技术监察规程》及 GB 150 的规定，还应符合设计图样的要求。

6.2 传热管

6.2.1 推荐管材最高使用温度按表 3 的规定。

表 3 ℃

管 材	使用温度上限
黄 铜	230
镍 铜	350
碳 钢	425
奥氏体不锈钢	425

6.2.2 U 形传热管弯制后，弯曲半径最小的 U 形管弯曲处壁厚减薄量不得大于实际管壁厚度 17%。

6.2.3 U 形传热管弯曲处的圆度应按表 4 规定作通球检查。

表 4 mm

$\frac{\text{弯曲半径 } R}{\text{管子外径 } d_o}$	$\frac{\text{通球直径 } d}{\text{管子内径 } d_i}$
≤ 3	0.8
> 3	0.85

6.2.4 U 形传热管的最小弯曲半径 R 按表 5 选取。

表 5 mm

传热管外径 d_w	14	15	16	19	20	25
最小弯曲半径 R	30	32	34	40	45	50

6.2.5 传热管长度 L 的允差按表 6、图 1 的规定。

表 6 mm

长度 L	500~2000	>2000~6000	>6000
允差 ΔL	2	3	4

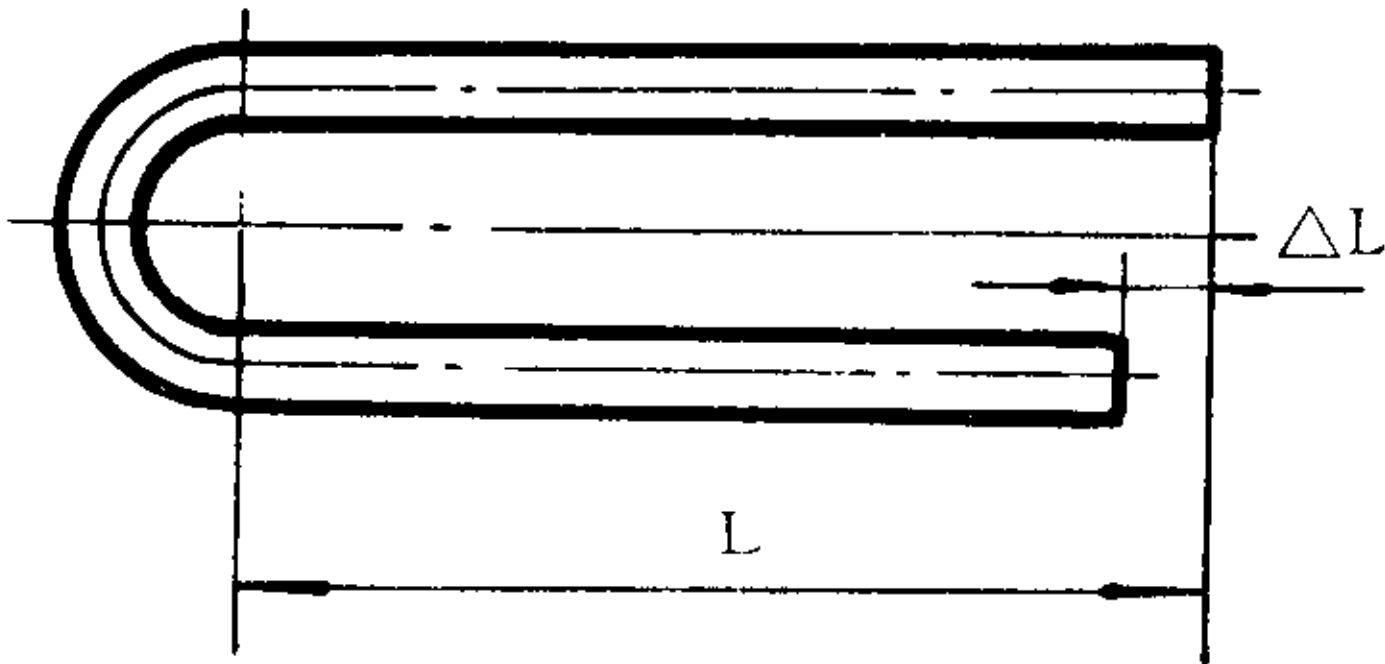


图 1

6.2.6 根据图样规定，有抗应力腐蚀要求的传热管，弯曲部分应进行去应力处理。

6.2.7 铜管传热管不允许拼接。钢管传热管一般也不允许拼接。如必须拼接时，其拼接要求按 JB/T 3343

的规定进行。

6.2.8 U形传热管应逐根进行水压试验,试验压力不小于最大工作压力的1.5倍,保压时间不少于10 s。

6.2.9 胀接传热管子管端技术要求按JB/T 3343—1993中3.22的规定。

6.2.10 传热管在管板内的胀接长度L不小于两倍的传热管外径,且不大于管板厚度减去3 mm。

6.3 管板和隔板(折流板)

6.3.1 管板和隔板上的管孔直径及偏差应符合表7的规定。

表 7

mm

钢管外径 d_w	管 板		隔 板 (折流板)	
	孔 直 径	偏 差	孔 直 径	偏 差
14	14.3	$+0.15$ 0	14.6	$+0.40$ 0
15	15.3		15.6	
16	16.3	$+0.20$ 0	16.8	
19	19.4		19.8	
20	20.4	$+0.25$ 0	20.8	
25	25.4		26	

6.3.2 传热管采用铜管时,管板和隔板上的管孔直径偏差应符合下列要求:

a) 管板管孔直径公差 $d_w + 0.2^{+0.15}_0$;

b) 隔板管孔直径公差 $d_w + 0.3^{+0.20}_0$ 。

6.3.3 隔板名义外径和下偏差应符合表8的规定,上偏差以不妨碍管束顺利安装与抽出为限。

表 8

mm

筒体公称直径 D _n	150	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	2000	2200	2400
隔板名义外径	D _{min} —2			D _n —4			D _n —8			D _n —10						D _n —12					
隔板下偏差	—0.5	—0.6	—0.7	—0.8	—0.9	—1.0	—1.1		—1.2	—1.3				—1.5		—1.7					
注：当 D _n ≤300 mm，用无缝钢管作筒体时，应根据钢管最小内径配制隔板。																					

6.3.4 管孔的管桥按表9的规定。

表 9

mm

管子 外径 dw	管间距 P	管孔名 义直径 d	名义管 桥宽度 P-d	允许管桥宽度 B (96%的管桥宽度必须不小于下列数值)											最小管 桥宽度 B _{min}
				管 板 厚 度											
				40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	250	
14	18.0	14.3	3.7	2.81	2.69	2.58	2.46	2.35	2.23	2.11	2.00	1.88			1.72
15	19.0	15.3	3.7	2.83	2.72	2.61	2.50	2.39	2.28	2.18	2.07	1.96	1.85		1.72
16	22.0	16.3	5.7	4.53	4.43	4.33	4.23	4.13	4.03	3.93	3.82	3.72	3.62	3.47	2.12
19	25.0	19.4	5.6	4.47	4.38	4.30	4.21	4.12	4.04	3.95	3.87	3.78	3.70	3.57	2.70
20	26.2	20.4	5.8	4.68	4.59	4.51	4.43	4.35	4.27	4.19	4.11	4.03	3.94	3.82	2.75
25	31.0	25.4	5.6	4.46	4.39	4.33	4.26	4.20	4.13	4.07	4.00	3.94	3.87	3.78	3.15

6.3.5 隔板最小间距取筒体直径的五分之一或50 mm中的较大值,最大间距见表10。

6.3.6 管板、隔板钻孔后应去管孔周围毛刺。

6.3.7 管板机加工表面粗糙度Ra的最大允许值为25 μm 。管板上管孔表面的粗糙度,在传热管与管板

连接为胀接时 Ra 的最大允许值为 $12.5\ \mu\text{m}$ ；焊接时 Ra 的最大允许值为 $25\ \mu\text{m}$ 。

6.3.8 胀接的管板管孔表面不允许有影响胀接密封性能的缺陷，如贯通的纵向或螺旋向刻痕等。

6.3.9 传热管与管板焊接前，必须仔细地擦洗管板表面及管端处油污、锈迹、杂物及水汽，焊接时焊接部位和场地必须保持清洁。

表 10

mm

传热管子外径	隔板最大间距
14~16	1200
19~20	1300
25	1600

6.4 焊接和热处理

6.4.1 焊工和焊接应按《压力容器安全技术监察规程》中 56 条和 GB 150—1998 中 10.3 规定。

6.4.2 焊接工艺评定按 JB 4708 规定。

6.4.3 焊接规程按 JB/T 4709 规定。

6.4.4 热处理应按 GB 150—1998 中 10.4 的规定。

6.5 管板与传热管的连接要求

6.5.1 传热管与管板胀接完毕后，传热管扩大部分过度区应无明显棱角。

6.5.2 传热管与管板焊接后，焊缝和热影响区不得有裂纹、气孔、夹渣、未熔合等缺陷。焊后管口最小直径应不小于管子内径的 80%。

6.6 产品焊接试板

低加焊接试板与试样应符合《压力容器安全技术监察规程》中 71 条和 GB 150—1998 中 10.5 规定。

6.7 无损探伤

6.7.1 无损探伤人员资格应按《压力容器安全技术监察规程》中 81 条规定。

6.7.2 无损探伤应按 GB 150—1998 中 10.8.2.2、10.8.3、10.8.4 规定。

6.8 水压试验

6.8.1 制造完工的低加应按图样规定进行压力试验。

6.8.2 试验要求和程序应按 GB 150—1998 中 10.9.4 规定。

6.8.3 压力表的选用应按 GB 150—1998 中 10.9.2 规定。

6.9 装配

6.9.1 低加零、部件在组装前，对所有内表面应进行清理。并去除疏松的锈皮、污垢、焊疤、焊条头及其它杂物。

6.9.2 吊装管束时应防止管束变形和损坏。

7 检验规则

7.1 出厂检验

- a) 外观检验；
- b) 无损探伤检验；
- c) 水压试验检验；
- d) 堵管。

7.2 抽样规则

7.2.1 每台低加在制造时必须进行尺寸和表面质量的检验。

7.2.2 每台低加的焊缝必须按 6.7 条进行无损探伤检验。

7.2.3 每台低加在完工后，必须进行水压试验。

7.2.4 每台低加出厂前堵管数量不超过 2 根。

7.2.5 每台低加在制造时都必须进行管子管板检漏检验。

8 标志、油漆、包装、运输

8.1 低加铭牌

低加的铭牌应固定在适当位置，铭牌内容如下：

- a) 制造厂厂名；
- b) 产品名称；
- c) 产品标准；
- d) 产品出厂编号；
- e) 产品所属压力容器类别；
- f) 设计压力、设计温度(管程、壳程)；
- g) 最高工作压力(管程、壳程)(必要时)；
- h) 净重；
- i) 制造日期；
- j) 压力容器制造许可证编号；

8.2 低加出厂时技术文件和资料

8.2.1 竣工总图

8.2.2 低加出厂质量证明书

质量证明书应包括有：

- a) 产品合格证；
- b) 技术参数；
- c) 主要零部件材料化学成分和机械性能，主要锻件的金相组织检查结果；
- d) 产品焊接试板力学和弯曲性能检验报告；
- e) 低加外观及几何尺寸检验报告；
- f) 无损探伤报告；
- g) 主要零部件焊后热处理结果；
- h) 水压试验结果；
- i) 其他(如主要零部件材料代用、主要结构的临时修改、堵管数等)。

8.3 油漆与包装运输

低加油漆和包装运输按 JB/T 2536 的规定。

9 测定

低加的性能测定按 JB/T 5862 的规定进行。
