

附录

1. 参数记录表

附表 1 已知条件和给定参数

序号	项目	符号	单位	取值范围或数值
1	核电厂输出电功率	N_e	MW	1000
2	一回路能量利用系数	η_1		0.99
3	蒸汽发生器出口蒸汽干度	x_{fh}	%	99.75
4	蒸汽发生器排污率	ξ_d		1.05%
5	高压缸内效率	$\eta_{h,i}$	%	82.07
6	低压缸内效率	$\eta_{l,i}$	%	83.59
7	汽轮机组机械效率	η_m		0.98
8	发电机效率	η_{ge}		0.98
9	新蒸汽压损	Δp_{fh}	MPa	$\Delta p_{fh} = 5\% p_{fh}$
10	再热蒸汽压损	Δp_{rh}	MPa	$\Delta p_{rh} = 3\% p_{rh}$
11	回热抽汽压损	$\Delta p_{e,j}$	MPa	$\Delta p_{e,j} = 5\% p_{e,j}$
12	低压缸排汽压损	Δp_{cd}	kPa	5%
13	高压给水加热器出口端差	$\theta_{h,u}$	℃	3
14	低压给水加热器出口端差	$\theta_{l,u}$	℃	2
15	加热器效率	η_h		0.99
16	给水泵效率	$\eta_{fwp,p}$		0.58
17	给水泵汽轮机内效率	$\eta_{fwp,ti}$		0.80

18	给水泵汽轮机机械效率	$\eta_{\text{fwp,tm}}$		0.90
19	给水泵汽轮机减速器效率	$\eta_{\text{fwp,tg}}$		0.98
20	循环冷却水进口温度	$T_{\text{sw},1}$	℃	24

附表 2 确定的主要热力参数汇总表

序号	项目	符号	单位	计算公式或来源	数值
1	反应堆冷却剂系统运行压力	p_c	MPa	选定, 15~16	15.6
2	冷却剂压力对应的饱和温度	$T_{c,s}$	℃	查水和水蒸汽表确定	345.31
3	反应堆出口冷却剂过冷度	ΔT_{sub}	℃	选定, 15~20	16
4	反应堆出口冷却剂温度	T_{co}	℃	$T_{\text{co}} = T_{c,s} - \Delta T_{\text{sub}}$	329.31
5	反应堆进出口冷却剂温升	ΔT_c	℃	选定, 30~40	35
6	反应堆进口冷却剂温度	T_{ci}	℃	$T_{\text{ci}} = T_{\text{co}} - \Delta T_c$	294.31
7	蒸汽发生器饱和蒸汽压力	p_s	MPa	选定, 5.0~7.0	6.5
8	蒸汽发生器饱和蒸汽温度	T_{th}	℃	p_s 对应的饱和温度	280.86
9	一、二次侧对数平均温差	ΔT_m	℃	$\Delta T_m = \frac{T_{\text{co}} - T_{\text{ci}}}{\ln \frac{T_{\text{co}} - T_s}{T_{\text{ci}} - T_s}}$	27.31
10	冷凝器中循环冷却水温升	ΔT_{sw}	℃	选定, 6~8	6
11	冷凝器传热端差	δT	℃	选定, 3~10	5
12	冷凝器凝结水饱和温度	T_{cd}	℃	$T_{\text{cd}} = T_{\text{sw},1} + \Delta T_{\text{sw}} + \delta T$	35
13	冷凝器的运行压力	p_{cd}	kPa	T_{cd} 对应的饱和压力	5.6
14	高压缸进口蒸汽压力	$p_{\text{h,i}}$	MPa	$p_{\text{h,i}} = p_{\text{th}} - \Delta p_{\text{th}}$	6.175
15	高压缸进口蒸汽干度	$x_{\text{h,i}}$	%	选定	99.51

16	高压缸排汽压力	$p_{h,z}$	MPa	选定	0.8645
17	高压缸排汽干度	$x_{h,z}$	%	选定	86.12
18	汽水分离器进口蒸汽压力	$p_{sp,i}$	MPa	选定	0.8645
19	汽水分离器进口蒸汽干度	$x_{sp,i}$	%	选定	86.12
	第一级再热器				

20	再热蒸汽进口压力	$p_{rh1,i}$	MPa	选定	0.8559
21	再热蒸汽进口干度	$x_{rh1,i}$	%	选定	99.5
22	加热蒸汽进口压力	$p_{rh1,hs}$	MPa	选定	2.7012
23	加热蒸汽进口干度	$x_{rh1,hs}$	%	选定	91.92
	第二级再热器				
24	再热蒸汽进口压力	$p_{rh2,i}$	MPa	选定	0.8473
25	再热蒸汽进口温度	$T_{rh2,i}$	℃	选定	214.11
26	再热蒸汽出口压力	$p_{rh2,z}$	MPa	选定	0.8387
27	再热蒸汽出口温度	$T_{rh2,z}$	℃	选定	263.47
28	加热蒸汽进口压力	$p_{rh2,hs}$	MPa	选定	6.175
29	加热蒸汽进口干度	$x_{rh2,hs}$	%	选定	99.51
	低压缸				
30	进口蒸汽压力	$p_{1,i}$	MPa	选定	0.8387
31	进口蒸汽温度	$T_{1,i}$	℃	选定	263.47
32	排汽压力	$p_{1,z}$	MPa	选定	0.0059
33	排汽干度	$x_{1,z}$	%	选定	0.8927
34	回热级数	Z		选定	7

35	低压给水加热器级数	Z_l		选择	4
36	高压给水加热器级数	Z_h		选择	2
37	第一次给水回热分配	Δh_{fw}	kJ/kg	$\Delta h_{fw} = \frac{h_{fw} - h_{cd}}{Z}$	116.26
	第二次给水回热分配				
38	高压加热器给水焓升	$\Delta h_{fw,h}$	kJ/kg	$\Delta h_{fw,h} = \frac{h_{fw} - h_{dea,o}}{Z_h}$	116.37

39	除氧器及低加给水焓升	$\Delta h_{fw,l}$	kJ/kg	$\Delta h_{fw,l} = \frac{h_{dea,o} - h_{cd}}{Z_l + 1}$	116.21
40	低压加热器给水参数				
	第 1 级进口给水比焓	$h_{lfi,1}$	kJ/kg	$h_{lfi,j} = h_{lfo,j-1}$	146.64
	第 1 级出口给水比焓	$h_{lfo,1}$	kJ/kg	$h_{lfo,j} = h_{lfi,j} + \Delta h_{fw}$	262.85
	第 1 级进口给水温度	$T_{lfi,1}$	℃	按($p_{cwp}, h_{lfi,j}$)查水蒸汽表	34.45
	第 1 级出口给水温度	$T_{lfo,1}$	℃	按($p_{cwp}, h_{lfo,j}$)查水蒸汽表	62.36
	第 2 级进口给水比焓	$h_{lfi,2}$	kJ/kg	$h_{lfi,j} = h_{lfo,j-1}$	262.85
	第 2 级出口给水比焓	$h_{lfo,2}$	kJ/kg	$h_{lfo,j} = h_{lfi,j} + \Delta h_{fw}$	379.07
	第 2 级进口给水温度	$T_{lfi,2}$	℃	按($p_{cwp}, h_{lfi,j}$)查水蒸汽表	62.36
	第 2 级出口给水温度	$T_{lfo,2}$	℃	按($p_{cwp}, h_{lfo,j}$)查水蒸汽表	90.17
	第 3 级进口给水比焓	$h_{lfi,3}$	kJ/kg	$h_{lfi,j} = h_{lfo,j-1}$	379.068
	第 3 级出口给水比焓	$h_{lfo,3}$	kJ/kg	$h_{lfo,j} = h_{lfi,j} + \Delta h_{fw}$	495.28
	第 3 级进口给水温度	$T_{lfi,3}$	℃	按($p_{cwp}, h_{lfi,j}$)查水蒸汽表	90.17
	第 3 级出口给水温度	$T_{lfo,3}$	℃	按($p_{cwp}, h_{lfo,j}$)查水蒸汽表	117.77
	第 4 级进口给水比焓	$h_{lfi,4}$	kJ/kg	$h_{lfi,j} = h_{lfo,j-1}$	495.28

	第 4 级出口给水比焓	$h_{\text{fwo},4}$	kJ/kg	$h_{\text{fwo},j} = h_{\text{fwi},j} + \Delta h_{\text{fw}}$	611.496
	第 4 级进口给水温度	$T_{\text{fwi},4}$	℃	按($p_{\text{cwp}}, h_{\text{fwi},j}$)查水蒸汽表	117.77
	第 4 级出口给水温度	$T_{\text{fwo},4}$	℃	按($p_{\text{cwp}}, h_{\text{fwo},j}$)查水蒸汽表	145.07
	除氧器				
41	进口给水比焓	$h_{\text{dea},i}$	kJ/kg	$h_{\text{dea},i} = h_{\text{fwo},Z}$	611.496
42	出口给水比焓	$h_{\text{dea},o}$	kJ/kg	$h_{\text{dea},o} = h_{\text{dea},i} + \Delta h_{\text{fw}}$	727.71
43	出口给水温度	T_{dea}	℃	$h_{\text{dea},o}$ 对应的饱和水温度	171.94
44	运行压力	p_{dea}	MPa	T_{dea} 对应的饱和压力	0.8299
45	高压加热器给水参数				
	第 1 级进口给水比焓	$h_{\text{hfw},1}$	kJ/kg	$h_{\text{hfw},i} = h_{\text{fwo},i-1}$	727.71
	第 1 级出口给水比焓	$h_{\text{hfw},1}$	kJ/kg	$h_{\text{hfw},i} = h_{\text{hfw},i} + \Delta h_{\text{fw}}$	844.08
	第 1 级进口给水温度	$T_{\text{hfw},1}$	℃	按($p_{\text{fwp}}, h_{\text{hfw},i}$)查水蒸汽表	171.07
	第 1 级出口给水温度	$T_{\text{hfw},1}$	℃	按($p_{\text{fwp}}, h_{\text{hfw},i}$)查水蒸汽表	197.61
	第 2 级进口给水比焓	$h_{\text{hfw},2}$	kJ/kg	$h_{\text{hfw},i} = h_{\text{fwo},i-1}$	844.08
	第 2 级出口给水比焓	$h_{\text{hfw},2}$	kJ/kg	$h_{\text{hfw},i} = h_{\text{hfw},i} + \Delta h_{\text{fw}}$	960.45
	第 2 级进口给水温度	$T_{\text{hfw},2}$	℃	按($p_{\text{fwp}}, h_{\text{hfw},i}$)查水蒸汽表	197.61
	第 2 级出口给水温度	$T_{\text{hfw},2}$	℃	按($p_{\text{fwp}}, h_{\text{hfw},i}$)查水蒸汽表	223.4
46	高压缸抽汽 ($i = 1, \dots, Z_h$)				
	第 1 级抽汽压力	$p_{\text{hes},1}$	MPa		1.6575
	第 1 级抽汽干度	$x_{\text{hes},1}$	%		0.8878
	第 2 级抽汽压力	$p_{\text{hes},2}$	MPa		3.3052
	第 2 级抽汽干度	$x_{\text{hes},2}$	%		0.9294

47	低压缸抽汽 ($j = 1, \dots, Z_1$)				
	第 1 级抽汽压力	$p_{les, 1}$	MPa		0.0256
	第 1 级抽汽干度	$x_{les, 1}$	%		0.9345
	第 2 级抽汽压力	$p_{les, 2}$	MPa		0.0802
	第 2 级抽汽干度	$x_{les, 2}$	%		0.9738
	第 3 级抽汽压力	$p_{les, 3}$	MPa		0.2076
	第 3 级抽汽干度	$x_{les, 3}$	%		1.0
	第 4 级抽汽压力	$p_{les, 4}$	MPa		0.4631
	第 4 级抽汽干度	$x_{les, 4}$	%		1.0

附表 3 热平衡计算结果汇总表

序号	项目	符号	单位	计算结果				
				1	2	3	...	n
1	核电厂效率	$\eta_{e,NPP}$	%	0.3	0.3	0.3		0.316
2	反应堆热功率	Q_R	MW	3333	3333	3333		3167.8
3	蒸汽发生器总蒸汽产量	D_s	kg/s	1815.7	1815.7	1815.7		1725.5
4	汽轮机高压缸耗汽量	$G_{s,hp}$	kg/s	2005.5	1097.3	1975.3		1534.2
5	汽轮机低压缸耗汽量	$G_{s,lp}$	kg/s	871.24	1213.3	877.28		1049.2
6	第一级再热器耗汽量	$G_{s,rh1}$	kg/s	57.11	79.5	57.51		68.78
7	第二级再热器耗汽量	$G_{s,rh2}$	kg/s	61.63	85.8	62.06		74.22
8	除氧器耗汽量	$G_{s,dea}$	kg/s	41.03	61.37	42.02		52.35
9	给水泵汽轮机耗汽量	$G_{s,fwp}$	kg/s	109.7	121.57	121.57		115.54
10	给水泵给水量	G_{fw}	kg/s	1833.8	1834.7	1834.7		1743.6

11	给水泵扬程	H_{fwp}	MPa	6.97	6.97	6.97		6.97
12	高压缸抽汽量							
	第 1 级抽汽量	$G_{\text{hes},1}$	kg/s	103.35	105.53	108.53		101.22
	第 2 级抽汽量	$G_{\text{hes},2}$	kg/s	122.53	115.73	119.28		111.08
13	低压缸抽汽量							
	第 1 级抽汽量	$G_{\text{les},1}$	kg/s	45.46	61.63	46.33		53.84
	第 2 级抽汽量	$G_{\text{les},2}$	kg/s	47.46	64.34	48.37		56.21
	第 3 级抽汽量	$G_{\text{les},3}$	kg/s	49.72	67.41	50.68		58.89
	第 4 级抽汽量	$G_{\text{les},4}$	kg/s	53.47	70.74	53.18		61.80