

# Caesar II 与 Glif 对高温高压管道静力分析的比较

王静, 徐蕾

(江苏省电力设计院, 江苏南京 211102)

**摘要:**以某江苏华电句容发电厂 1000MW 机组工程主蒸汽管道为对象, 根据计算数据分析从冷热位移、端口推力、弹簧选择三方面分析比较了 Glif 与 Caesar II 两种电站管道设计软件的差异, 确定了两种软件高温高压管道的静力分析结果基本吻合。

**关键词:**Caesar II ; Glif ; 静力分析

**中图分类号:**TK223.1

**文献标志码:**B

**文章编号:**1009-0665(2014)03-0066-03

国内火电设计中普遍使用的管道应力分析软件是东北院开发的 Glif 软件, 随着火电机组参数和容量的不断提高, 越来越多的设计院引进了国际上较为流行的 Caesar II 软件进行静力和动力分析。江苏华电句容 2×1000 MW 工程主蒸汽管道和高压旁路阀门前管道的设计温度为 610 °C, 设计压力为 29.67 MPa, 工作温度为 605 °C, 工作压力为 28.245 MPa, 管道材料为 A335P92。低温再热蒸汽管道和高压旁路阀门后管道的设计温度为 390.8 °C, 设计压力为 29.67 MPa, 工作温度为 370 °C, 工作压力为 6.303 MPa, 管道材料为 A6911-1/4CrCL22。为了更好了解 Caesar II 与 Glif 静力计算结果的差异, 以江苏华电句容发电有限公司一期(2×1000 MW)工程的主蒸汽管道为实例, 对主蒸汽管道应力计算结果进行了分析比较。

## 1 建模

分别使用 Glif 与 Caesar II 软件对管系进行建模。因 Glif 软件的应用较为广泛, 这里不再赘述。Caesar II 软件的建模主要依据《Caesar II User's Guide》、《Caesar II Application Guide》、《Caesar II Technical Reference》。Caesar II 内含的数据库<sup>[1]</sup>比较丰富, 在建模过程中要注意初始条件的设置: 如选择正确的应力验算规程、选用或编制合适的单位表、设置通用的坐标轴系等。

使用 Caesar II 软件所建主蒸汽、高压旁路和低温再热蒸汽管道的模型如图 1 所示, 主蒸汽管道各支吊点布置如图 2 所示。Caesar II 软件较 Glif 软件有更直观的输入界面, 并能实时三维显示, 一定程度上避免了输入错误, 而且管道属性可以继承, 建模快捷。

## 2 计算结果分析比较

### 2.1 冷热位移比较

管道冷位移是管道安装完成后相对于设计线产

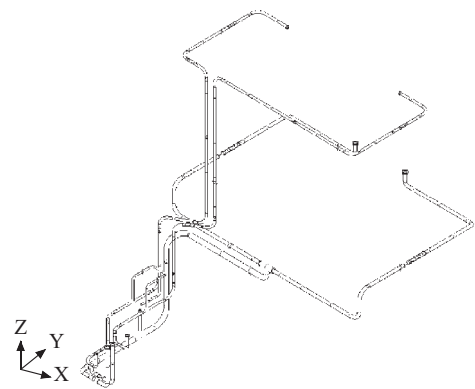


图 1 主蒸汽、高压旁路和低温再热蒸汽管道模型

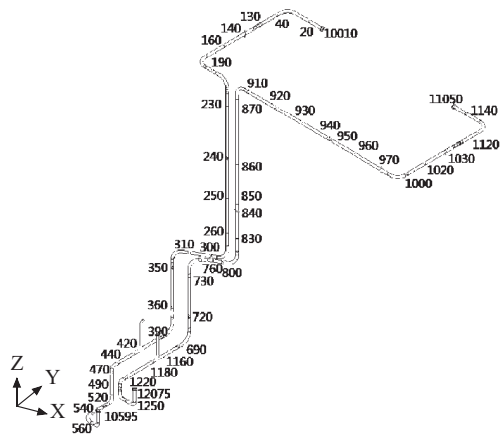


图 2 主蒸汽管道各支吊点布置

生的位移, 主要由管道自重及外力的共同作用产生, 受管道刚度及弹簧刚度的影响。管道热位移是在冷态的基础上考虑了温度及端口热位移的影响所产生的位移。左侧主蒸汽管道上的支吊点的冷热位移如表 1 所示, 右侧管道情况基本相似。可以看出, Glif 软件得出的冷、热位移与 Caesar II 软件得出的冷、热位移值大小基本吻合。

需注意的是 Glif 中给出的热位移是从冷态到热态的相对位移, 对应 Caesar II 中的结果应该是膨胀荷载工况 (EXP, 考虑温度和附加位移) 下的位移, 这里很容易把 Caesar II 中运行热态工况 (OPE, 考虑自重、温度、

表1 左侧支管冷热态位移

点号	G 冷位移/mm			C II冷位移/mm			G 热位移/mm			C II热位移/mm		
	X向	Y向	Z向	X向	Y向	Z向	X向	Y向	Z向	X向	Y向	Z向
20	0	0	-1	0	0	-1	-156	2	-14	-156	2	-14
40	1	-1	-4	1	-1	-3	-185	-36	-17	-185	-36	-19
130	4	-1	0	3	-1	0	-116	-97	0	-115	-97	0
140	6	-1	4	6	-1	4	-53	-137	14	-53	-137	15
160	8	-1	7	8	-1	7	11	-173	22	11	-173	23
190	10	1	4	9	1	4	70	-134	75	70	-133	76
230	4	1	0	4	0	0	174	-32	86	174	-32	86
240	-3	-3	0	-3	-3	0	272	105	0	271	106	0
250	-5	-4	0	-5	-4	0	278	210	-65	278	211	-65
260	-6	-4	0	-6	-4	0	219	277	-122	219	277	-122
300	-6	-5	0	-5	-5	0	114	277	-114	115	277	-114
310	-5	-7	0	-4	-7	0	96	252	40	96	252	-40
350	-4	-7	0	-4	-7	0	1	219	0	2	219	0
360	-3	4	0	-3	-3	0	-142	190	-65	-140	190	-65
390	-1	0	-2	-1	0	-2	-201	138	-85	-199	139	-85
420	1	0	-9	1	0	-9	-167	83	-29	-165	83	-29
440	1	0	-13	1	0	-14	-147	51	-4	-146	52	-5
470	2	0	-14	2	0	-14	-123	36	-5	-122	36	-5
490	2	0	-11	2	0	-11	-74	21	-25	-73	21	-25
520	2	0	-7	2	0	-8	-56	0	-29	-56	0	-29
540	1	0	-5	1	0	-5	-50	-22	-28	-50	-22	-28
560	1	0	-1	1	0	-1	-27	-35	-36	-27	-35	-35

注:G和C II分别表示采用GLIF软件和Caesar的计算结果。

附加位移、压力和集中力)下的位移与Glif中的热位移等同起来,OPE工况下的热位移是从设计态到热态的绝对热位移。

## 2.2 端口推力比较

Glif在计算初热端口推力时采用热态弹性模量。而Caesar II默认的热态OPE工况采用的是冷态弹性模量,这与实际情况不符,计算的结果相对保守,在小机组和小管道上采用会更偏安全;但对于1000 MW的四大管道来说,采用冷态弹性模量计算势必增加管道的柔性才能保证接口推力在允许的范围内,导致了建设成本的增加,是不经济的<sup>[2]</sup>。针对这种情况,江苏院孙国模高工提出了修改建议<sup>[3]</sup>,COADE公司在Caesar II 5.0以上的版本都提供了用户选用热态弹性模量进行计算的方法。在该次计算中,添加了一个采用热态弹性模量的OPE热态工况,用于热态端口推力的计算。冷热态接口推力计算结果如表2、表3所示。

从表2可以看出,除了冷态时过热器出口(10010点)的计算结果力矩差异明显,其他接口的计算结果都基本接近。经过比较分析可以发现10010接口附近的40号支吊点,Glif与Caesar II选出的弹簧型号不一致,Glif为118而Caesar II为218,118的弹簧刚度为1 541.5 N/mm,218的弹簧刚度为770.8 N/mm,不同的

表2 冷态接口推力和力矩

项目		接口推力/N			接口力矩/(N·m)		
		$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$
过热器出口 (10010点)	G	878	-34	-39 675	-17 188	-192 685	21 154
	C II	824	-46	-34 148	-12 287	-140 790	20 016
过热器出口 (11050点)	G	-800	-527	-14 735	-18 649	40 900	-7560
	C II	-806	-526	-15 833	-18 734	43 547	-7609
主汽门入口 (10595点)	G	-368	9606	-47 238	-64 409	-119 626	-23 450
	C II	-401	9531	-47 134	-64 624	-120 771	-22 994
主汽门入口 (12075点)	G	1520	-4076	-47 630	-41 088	-168 059	8026
	C II	1622	-4328	-48 204	-42 775	-170 178	8747

注: $F_x, F_y, F_z$ 为接口处推力; $M_x, M_y, M_z$ 为接口处力矩;其中 $x, y, z$ 为坐标系方向。

弹簧刚度使该吊点在冷态时的分配荷重不同,从而影响了该接口的冷态端口推力。

从表3可以看出,初热工况下,当Caesar II采用冷态弹性模量计算时,过热器出口及主汽门进口处的接口推力明显大于GLIF的计算结果。当Caesar II采用热态弹性模量计算时,过热器出口及主汽门进口处的端口推力Glif与Caesar II的数据吻合得比较好。

## 2.3 弹簧型式比较

弹簧的选择、安装有热态吊零和冷态吊零2种方式。所谓吊零,就是管道吊点在对应的热态或冷态时由

表3 热态接口推力和力矩

项目	接口推力 /N			接口力矩 /(N·m)			
	$F_x$	$F_y$	$F_z$	$M_x$	$M_y$	$M_z$	
过热器出口 (10010点)	G	16 161	26 812	-3610	-100 602	-214 053	238 553
	CII热	16 150	26 654	-4712	-100 412	-215 674	238 772
	CII冷	20 663	34 140	-5080	-126 301	-278 179	305 560
过热器出口 (11050点)	G	-1045	2400	38 420	-95 755	-187 795	-85 498
	CII热	-1121	2374	37 023	-95 137	-183 442	-86 178
	CII冷	-1427	3047	48 388	-119 559	-233 098	-110 290
主汽门入口 (10595点)	G	5517	27 202	2040	16 803	183 454	65 990
	CII热	5477	27 479	1873	15 925	179 174	62 941
	CII冷	6738	35 293	2524	22 794	226 280	81 180
主汽门入口 (12075点)	G	-2415	-26 270	-12 373	-118 290	-26 510	123 110
	CII热	-2334	-26 120	-13 185	-119 531	-29 668	121 816
	CII冷	-3473	-31 976	-15 899	-148 240	-38 396	152 571

注:CII热表示采用热态弹性模量时的计算结果,CII冷表示采用冷态弹性模量时的计算结果。

于管道自身重力荷载而产生的垂直位移为零。热态吊零时,弹簧工作荷载等于分配荷载,管道处于冷态时,弹簧荷载即安装荷载等于分配重力荷载和弹簧附加力的矢量和。由于热态吊零时管系中支吊架承受的自重力比较均匀,所以电厂管道的弹簧选型常常基于热态吊零原则<sup>[4]</sup>。

Glif的选弹方式是热态吊零。而Caesar II中弹簧的吊零方式可以通过更改弹簧库的方法进行选择,这里采用热态吊零的方式进行设置。

Caesar II软件推荐的选弹方式不包含弹簧刚度进行选弹设计。2001年,江苏省电力设计院就Caesar II软件忽略弹簧刚度的选弹方式提出了质疑,随后COADE公司对软件进行了修改,在Caesar II 4.2以上的版本中添加了考虑弹簧刚度的选项。考虑弹簧刚度时,弹簧冷荷载会推动管道,但该刚度会限制管道的热胀变形,所以计算出的弹簧位移相对小一些,弹簧的选弹热位移与EXP工况位移一致;不考虑弹簧刚度时,弹簧的选弹热位移与OPE工况位移一致。文中设置成考虑弹簧刚度的影响。

2款软件计算所得的弹簧型号见表4。可以看出,选出的弹簧基本一致,支吊点40和440的弹簧有出入是位移及荷载处于选弹临界点所致。在Caesar II所出的弹簧表中,可以清晰地看出选弹位移为冷态到热态的相对位移(EXP工况位移),即弹簧的实际运行位移。在管道相对柔性的情况下,Caesar II推荐方式选出的弹簧会明显大于Glif选出的弹簧,即弹簧刚度的影响较大。而管道刚度比较大的情况下,这种影响就不明显。COADE公司认为在不考虑弹簧刚度的情况下,得到弹簧的理论安装荷载,也就是弹簧出厂的预压荷载,在安装过程中不需要调整弹簧,比较方便。而考虑弹簧

表4 弹簧选型表

点号	GLIF	Caesar II
20	117	117
40	118	218
140	216	216
160	217	217
310	116+216	116+216
420	2216	2216
440	113	114
470	117	117
490	218	218
540	216	216
560	2×(115+215)	2×(115+215)
690	2×(115+215)	2×(115+215)
1000	217	217
1020	116	116
1120	118	118
1140	117	117
1160	2×(117+217)	2×(117+217)
1180	217	217
1220	214	214
1250	2×(115+215)	2×(115+215)

刚度的方法得到的是弹簧的实际安装荷载,需要在安装过程中调整弹簧到该荷载下,相对比较繁复。

### 3 结束语

通过对Caesar II软件进行计算条件设置后,Glif与Caesar II软件在高温高压管道静力分析上结果基本接近。相比Glif只能用于静力分析,Caesar II还能用于管道动力计算,与汽锤力分析软件Pipenet设有数据接口,能满足对四大管道须进行动力计算要求。Caesar II软件是一款界面直观、功能强大的应力分析软件,在以后的火电设计中必定会越来越来显示其优越性。

#### 参考文献:

- [1] 陈乐. 应力分析软件CAESAR II功能及应用[J]. 钢铁技术, 2004(1):31-32.
- [2] 王致祥,梁志钊,孙国模,等. 管道应力分析与计算[M]. 北京: 水利电力出版社,1983:45.
- [3] 孙国模,王少宁. CAESAR II(4.2版)软件的使用研究报告(静力分析计算部分)[R]. 南京:江苏省电力设计院,2001.
- [4] 郑钢. 电厂管道的弹簧支吊架选型[J]. 热力发电,2010,39(7):95-97.

#### 作者简介:

王静(1984),女,江苏张家港人,工程师,从事电厂设计咨询等方面工作;  
徐蕾(1975),男,江苏通州人,高级工程师,从事电厂设计咨询等方面工作;

了相关措施,第一台机组和第二台机组的综合水汽品质从最初到合格的实践对比如表 2 所示。

表 2 2 台新装机组水汽品质对比

项目	不合格天数/d	
	第一台	第二台
氢电导	82	29
溶氧	75	23
二氧化硅	67	28
硬度	25	16

水汽品质已经合格,大大缩短了从初负荷至满负荷的时间。此结果表明文中的原因分析正确,采取的措施有效,节水节能效果良好。

#### 参考文献:

- [1] 丁桓如,吴春华,龚云峰,等.工业用水处理工程[M].北京:清华大学出版社,2005:27-29.
- [2] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员.GB/T 12145—2008 火力发电厂机组及蒸汽动力设备水汽质量[S].北京:中国电力出版社,2008.
- [3] 国家能源局.DL/T 805—2011 火电厂汽水化学导则[S].北京:中国电力出版社,2011.

## 5 结束语

第二台机组采用上述措施,从启动开始,仅 30 d

#### 作者简介:

刘兰平(1970),男,河北石家庄人,工程师,从事火力发电工作。

## Analysis on Abnormal Water-Vapour Quality Encountered in One 150 MW Power Unit Newly Put Into Operation

LIU Lanping

(Guohua Taicang Power Generation Co. Ltd., Taicang 215433, China)

**Abstract:** In one 150 MW power unit newly put into operation, it was found that the water-vapour quality cannot meet the requirement. After analyzing the main reasons, we proposed several solution measures, which have been validated to be effective by the operation data acquired in two power units adopting them.

**Key words:** power unit; water-vapour quality; abnormal; control

(上接第 68 页)

## Static Analysis Comparison of High Temperature and High Pressure Pipelines Between Caesar II and Glif

WANG Jing, XU Lei

(Jiangsu Electric Power Design Institute, Nanjing 211102, China)

**Abstract:** In this paper, based on the project of Jiangsu Huadian Jurong Power Plant, pipe modeling and static calculation of the main stream pipes are performed by respectively using Caesar II and Glif. The results of the static calculation, including the cold and hot state displacement value, the joint thrust and torque at the pipe connections of the boiler and the steam turbine as well as the selection of the spring, are analyzed and compared. The results show that basically consistent results are achieved by Caesar II and Glif, for the static analysis of high temperature and high pressure pipelines.

**Key words:** Caesar II; Glif; static analysis

## 千亿投资助推特高压审批开闸 2014 年迎来特高压大年

近日,国家电网发布消息称,淮南-南京-上海 1000 kV 特高压交流工程已经获得了国家发改委核准。该工程动态总投资为 268.1 亿元,将把安徽电送到用电高度紧张的江苏、上海等地。这条特高压线路从前期的规划到获批,历经了 5 年的时间。由电力规划设计总院制定的电网投资方案,已通过评估,预计将在随后公布。方案主要包括 12 条“西电东送”的输电通道项目,其中有淮南-南京-上海、蒙西-天津等 8 条特高压项目。获得批准的淮南-南京-上海 1000 kV 特高压的项目并不是个案,酒泉到株洲的 800 kV 特高压输变电工程已经通过了电力规划设计总院的可研评审,随后国家发改委也会有一个专门的建设批复。酒泉到株洲的 800 kV 特高压输变电工程,规划的起点是甘肃酒泉,落点湖南株洲,途经甘肃、陕西、重庆、湖北、湖南等 5 省(市),线路总长度 2413 km,输电能力 750 万 kW,项目总投资 240 亿元。

摘自《江苏电力信息网》