

DOI:10.3969/j.issn.2097-0706.2022.04.011

太阳能光热电站熔融盐管道支吊架应力分析

Stress calculation for supports and hangers of molten salt pipelines in solar thermal power stations

陈泽泓¹, 廖锸¹, 吴磊², 曹淇², 陈国强², 杜广瀚³, 刘桂秀³, 李根³
CHEN Zehong¹, LIAO E¹, WU Lei², CAO Qi², CHEN Guoqiang², DU Guanghan³,
LIU Guixiu³, LI Gen³

(1. 中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司, 长沙 410014; 2. 西北电力设计院有限公司, 西安 710075; 3. 西安交通大学 动力工程多相流国家重点实验室, 西安 710049)

(1. Power China Zhongnan Engineering Corporation Limited, Changsha 410014, China; 2. Northwest Electric Power Design Institute Company Limited, Xi'an 710075, China; 3. State Key Laboratory of Multiphase Flow in Power Engineering, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China)

摘要: 太阳能光热电站在碳中和背景下将迎来新的发展机遇, 而应力集中问题严重影响其管道运行可靠性。其中一个重要原因是太阳能光热电站熔融盐管道运行温度高、温度变化剧烈会产生较大的热应力。以某光热电站为例, 利用 ANSYS Workbench 软件对其管道支吊架的应力情况进行了计算分析, 通过建立熔融盐管道支吊架的三维有限元模型, 对各种稳态和瞬态工况进行了应力计算和分析。护板式结构在最危险的极限云遮工况下, 最大应力可达约 233 MPa, 其中护板内部和 2 块护板之间的管道部分存在应力集中的现象, 一次局部薄膜应力和弯曲应力超过了安全范围, 存在安全问题。对支吊架进行了结构优化, 并采用了管夹式结构。该优化方案可将应力控制在安全范围内, 优化效果明显。

关键词: 管道支吊架; 应力分析; 结构优化; 光热电站; 有限元模型; 清洁能源; 新型电力系统; 碳中和; 熔融盐

中图分类号: TK 512; TM 615 **文献标志码:** A **文章编号:** 2097-0706(2022)04-0085-07

Abstract: Concentrating solar power plants is prospering against the backdrop of achieving carbon neutrality, but stress concentration is an important issue that dampens the reliability of pipelines. Among the reasons for the problem, an important one is that the high and volatile operating temperature of molten salt pipelines in concentrating solar power plants generates large thermal stress. Based on the case of a CSP station, the stress of its pipe support and hanger is calculated by ANSYS Workbench. According to the constructed 3D finite model of the pipe support and hanger, stress calculations and analyses were conducted for the model under various steady and transient conditions. The results show that the most dangerous working condition is the extreme cloud cover condition under which the maximum stress can reach 233 MPa. And the stress concentration appears inside the protective plate and on the pipelines between protective plates, where the local primary membrane stress and bending stress exceed the safe range. The corresponding optimization scheme for the pipe support and hanger is taking clamping structure. The proposed structure can secure the stress within a safe range.

Keywords: pipe support and hanger; stress calculation; structural optimization; concentrating solar power plant; finite element model; clean energy; new power system; carbon neutrality; molten salt

0 引言

为实现碳达峰、碳中和目标, 需构建以新能源为主体的新型电力系统, 太阳能作为一种极具潜力的清洁能源, 其开发与应用受到广泛关注。其中, 光热发电技术也越来越成熟^[1-2]。

在太阳能光热电站中, 熔融盐管道在运行温度过高、温度变化剧烈时, 会产生较大的热应力, 长期运行后支吊架可能出现变形甚至断裂, 严重影响管道和设备的寿命。通过对支吊架的合理调整, 可以消除存在的缺陷和安全隐患, 使管道受力均衡, 从而有效延长管道的使用寿命。

目前, 光热电站应力分析主要集中于光热电站集热器上。Zhou 等^[3]编写 Matlab 程序, 对塔式光热

接收器的温度和热应力分布进行了数值研究,与试验数据对比,验证了程序的正确性,将该程序应用于一台 600 MW 的接收器,得到了三维温度和热应力分布。Wang 等^[4]采用蒙特卡罗光线追踪、有限体积法和有限元法耦合的方法,研究了不同几何聚光比和边缘角对集热管热应力的影响。Wu 等^[5]采用同样的耦合方法,分析了坡度误差、跟踪误差和安装误差对集热管变形和热应力的影响。吴俊杰等^[6]建立槽式太阳能集热管的三维结构模型,通过有限元方式研究了不同工况下集热管的温度场和应力场分布,发现集热管在波纹管段和直管段的过渡区域热应力和等效应力最大。Wang 等^[7]提出了一种基于太阳光线追踪和有限元的数值模拟方法,研究了集热管的应力分布和热变形。Fang 等^[8]建立了集热器组合支架的有限元模型,分析了集热器支架在随机风载荷作用下的风致响应。

在电厂管道支吊架的研究中,刘明等^[9]针对某电厂主蒸汽管道支吊架管夹变形的问题,利用有限元法和化学成分分析法进行了分析。李家栋等^[10]对管道布置、支架位置确定、管口载荷控制及支吊架选型进行了总结,并结合相关案例进行优化调整。曹水亮等^[11]、宋战兵等^[12]利用有限元分析方法对某装置的蒸汽管道进行应力分析和计算,并通过增加支吊架解决了最大应力超标的问题。高晓频等^[13]对不同标准下管道支吊架间距计算中的弯曲应力、弯曲挠度和固有频率作出比较分析。杨晓伟等^[14]对某火电机组蒸汽管道支吊架进行应力计算和综合分析,并针对管道下沉的问题提出了优化方案。李磊等^[15]采用有限元法对再热蒸汽管道进行了应力分析,判断管道偏移量,并结合电测法对支吊架进行了应变分析。赵星海等^[16]、安慧等^[17]分析了管道支吊架损坏的原因,提出了预防和控制管道支吊架失效的建议和措施。

管道支吊架对电厂安全运行至关重要。本文利用有限元软件 ANSYS Workbench 建立了某太阳能光热电站熔融盐管道支吊架的三维有限元模型,获得各工况下的整体应力分布情况,并对其进行了结构优化,找到应力集中区域并进行了安全性校核^[18],为光热电站管道支吊架的设计优化提供参考。

1 有限元模型

1.1 几何模型

本文选用某太阳能光热电站熔融盐管道支吊架作为计算实体建立模型。支吊架采用护板式结构设计,主要考察对象为焊缝和护板等容易发生失效断裂的地方。

熔融盐主管道内径 432 mm,外径 480 mm,截取长度 1 000 mm。主管道外敷有厚度为 340 mm 的岩棉保温层。主管道两侧与支撑管连接处设有护板, X 方向厚度 13 mm, Y 方向宽度 12 mm, Z 方向宽度 7.5 mm。护板与主管道之间因为焊接留有 1 mm 的空隙。支撑管内设有左右各两块加强板,厚度 10 mm。左右两端设有三向限位卡块,限制管道的位移。为了让支撑管可以沿 X 方向向外自由位移,沿 Y 方向自由位移,在支撑管底部切出了 1 mm 的小平面,使线接触变为面接触。

为了便于对主管道进行建模以及划分有限元网格,在建模时对原 CAD 模型进行了合理的简化与分割处理,如图 1 所示。

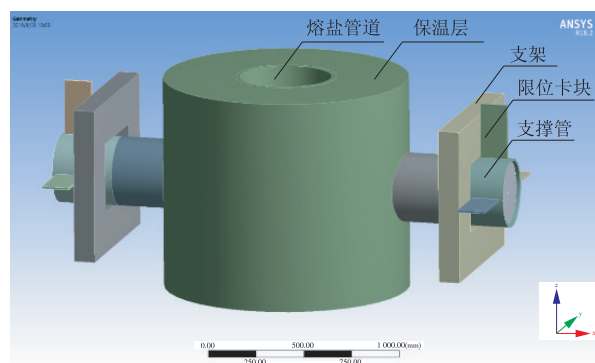


图 1 主管道几何模型示意

Fig. 1 Geometric model of the main pipe

1.2 网格划分

因为在不同结构的交界面要进行结构的拓扑共享,而且焊缝附近的形状不完全规则,所以采用 Automatic 划分网格法,将扫掠型网格和四面体网格相结合:在几何体规则时扫掠产生六面体网格,在几何体不规则时自动产生四面体网格。Relevance Center(网格相关中心)设置为细化(Fine),网格相关度(Relevance)设置为 100(最密),最终划分网格数为 484 万,如图 2 所示。

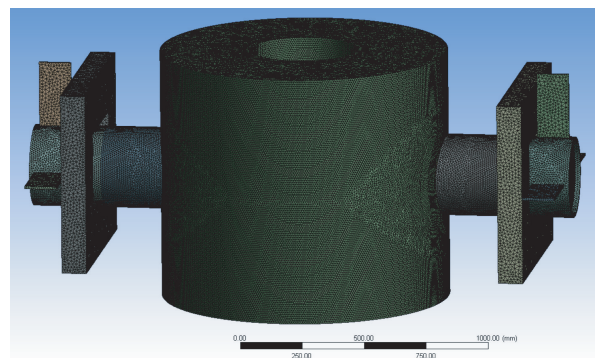


图 2 主管道网格划分示意

Fig. 2 Meshing for the main pipe

1.3 应力校核基本理论

根据 JB 4732—1995《钢制压力容器——分析设

计标准》^[19],管道的设计应力强度(S_m)、一次局部薄膜应力强度(S_{II})、一次应力加二次应力(S_{IV})须满足以下强度条件才能保证安全: $S_{II} \leq 1.5S_m$, $S_{IV} \leq 3S_m$ 。本文中 S_m 取137.90 MPa。由此得到本文管道各类应力强度的校核条件如下。

一次局部薄膜应力强度

$$p_1 \leq 1.5S_m = 206.85 \text{ (MPa)}。 \quad (1)$$

薄膜应力+弯曲应力强度

$$p_1 + p_b \leq 1.5S_m = 206.85 \text{ (MPa)}。 \quad (2)$$

一次加二次应力强度

$$p_1 + p_b + Q \leq 3S_m = 413.70 \text{ (MPa)}, \quad (3)$$

式中: Q 为二次应力强度, MPa。

1.4 计算参数

主管道和焊缝的材料为347H焊接钢,其余组件(包括吊杆、螺母和钢板)均为321不锈钢和304不锈钢,保温层材料为RT-WM650岩棉。

347H不锈钢的密度为7 960 kg/m³,比热容为500 J/(kg·K),热膨胀系数为1.30×10⁻⁶ K⁻¹,导热系数为17.500 W/(m·K),弹性模量为192.0 GPa,泊松比为0.310,屈服极限为206.85 MPa。

RT-WM650岩棉的密度为100 kg/m³,导热系数为0.042 W/(m·K),弹性模量为6.2 GPa,泊松比为0.226。

本文研究的对象为熔融盐管道及支吊架,管内强制湍流对流换热常用传热关联式Dittus-Boelter表达

$$N_u = 0.023Re^{0.8}Pr^n, \quad (4)$$

表1 选取工况概况

Table 1 Overview of the selected working conditions

	工况	描述
稳态工况	稳态运行工况	机组正常运行时的工况,管道内的熔融盐温度为585.00℃
	稳态停机工况	机组停止运行后的工况,管道内的熔融盐温度为270.00℃
瞬态工况	瞬态启动工况	机组启动过程中的瞬态工况,熔融盐的温度在1 180 s内从270.00℃升温至565.00℃,升温速率为15℃/min,每天发生1次
	瞬态停机工况	机组停止运行过程中的瞬态工况,熔融盐的温度在1 180 s内从565.00℃降温至270.00℃,降温速率为15℃/min,每天发生1次
	低温运行工况	机组进行降温过程中的瞬态工况,熔融盐的温度在75 s内从450.00℃降温至290.00℃,降温速率为128℃/min
	极限云遮工况	机组温度变化最剧烈的降温工况,熔融盐的温度在75 s内从585.00℃降温至290.00℃,降温速率为236℃/min,每年发生30次

2.2 极限云遮工况计算结果

在热分析中,计算得到的极限云遮工况下,主管道温度场如图3所示。管道内壁面温度为376.85℃,外壁面温度为497.59℃,内外壁面温差为120.74℃;保温层外表面温度为30.42℃,与外壁间的温差为467.17℃。

因为管道内的熔融盐降温相当剧烈,管道和保

式中: Re 为雷诺数; Pr 为普朗特数; n 为Dittus-Boelter公式的系数,加热流体时 $n=0.4$,冷却流体时 $n=0.3$ 。

$$Re = \frac{ud}{\nu}, \quad (4)$$

$$Pr = \frac{vc_p}{\lambda}, \quad (5)$$

式中: u 为流体流速,m/s; d 为管道内径,m; ν 为运动黏度,m²/s; c_p 为比定压热容,J/(kg·K); λ 为流体导热率,W/(m·K)。结合熔融盐的物性参数,可以得到在 $u=3$ m/s的条件下,熔融盐和管道间不同温度下的对流换热系数。

2 应力计算

2.1 工况选取

本文选取在日常工作中出现的6种工况分别进行计算,得出其应力分布情况并进行分析,选取的各工况概况见表1。

管道所受载荷综合了机械载荷和温度场结果,由温度、重力、管道内部压力以及给定的固定支撑组成。温度载荷以热对流的方式加载到管道和支吊架的内外表面,管道和保温层的上下端面设为绝热,空气温度设为22℃。

将管道中心和两侧的支架设为固定,沿 Z 轴负方向加载重力,在管道内表面加载工作压力6.3 MPa。

在这6种工况中,极限云遮工况的温度变化最剧烈,条件也最恶劣、最危险工况,所以先对该工况进行具体计算。

保温层径向的导热相对较慢,导致管道内外出现了很大的温差。将温度场的结果与结构分析耦合,得出管道的等效力分布如图4所示,管身应力约为64.00 MPa,护板附近出现局部的应力集中现象,尤其是在护板的尖角位置和两块护板之间的管道部分,应力最大达到约233.55 MPa。

这里应力较大的原因主要有2点:一方面管道

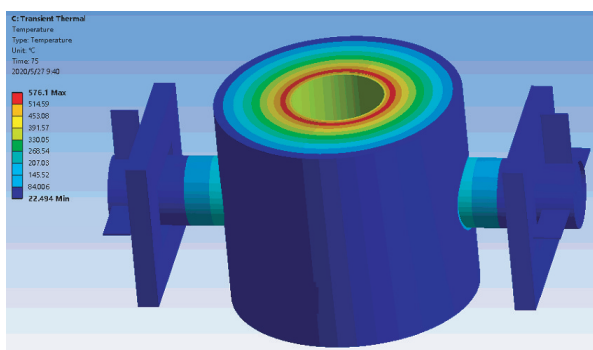


图3 温度场分布

Fig. 3 Temperature field distribution

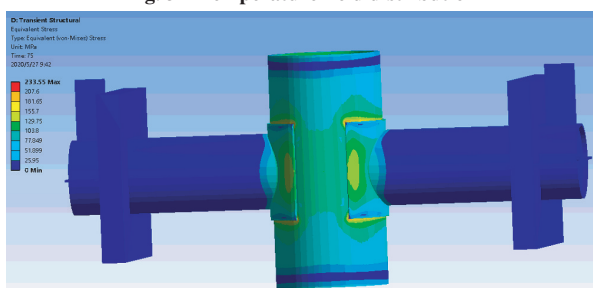


图4 等效应力分布

Fig. 4 Equivalent stress distribution

的温度较高,但是热膨胀受到护板的约束,产生了较大的热应力,且越接近护板,管道受到的约束越大,热应力也就越大;另一方面管道内外表面温差较大,热膨胀不均匀也会产生一部分应力。虽然根据应力场的计算结果,最大局部应力已经大于许用应力,但是还不能判定管道设计不满足强度要求。见表2。

对于这种结构不连续的区域,应该针对应力集中的部位,沿管道厚度方向建立线性化路径,对该路径上的一次局部薄膜应力、弯曲应力和总应力进行分析判定。根据应力分布情况,在3处应力集中区域,沿管道厚度方向建立A,B,C 3条线性化路径,进行了计算。路径位置如图5所示,分别位于两块护板之间的管道部分、护板的尖角处、护板的环向中点。计算结果见表2。

表2 应力分析结果
Table 2 Stress analysis results

项目	一次局部薄膜应力/MPa	薄膜应力+弯曲应力/MPa	总应力/MPa	校核结果
评定标准	206.85	206.85	413.70	
路径A	56.53	232.12	253.86	不安全
路径B	58.54	169.69	205.34	安全
路径C	69.33	171.88	172.06	安全

根据与应力强度评定标准的比较,该结构设计在极限云遮工况下,路径B和路径C上的一次局部薄膜应力、弯曲应力和总应力都在安全范围内,但路径A的一次局部薄膜应力+弯曲应力已经超过评

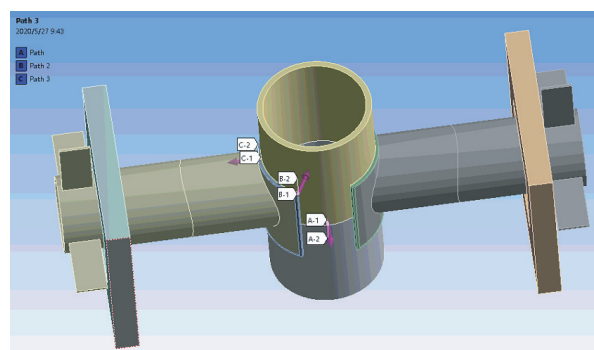


图5 线性化路径位置

Fig. 5 Linearized path position

定标准,安全性存在问题。

3 结构优化

3.1 优化模型

为了使应力控制在安全范围内,对管道支吊架进行了结构优化,将护板式结构调整管夹式结构,主要考察对象为管夹与管道接触部位附近易发生应力集中的区域。管道和保温层的几何结构不变。环形管夹内径为480 mm,外径为512 mm,厚度为16 mm,高度为110 mm;管夹上下各有2个限位卡块,与管夹间留有3 mm的空隙;和管夹相连的4块弧形板,其弧度夹角 27.28° ,长390 mm,高20 mm。管道四周的4块端板用来限制管道整体在X和Y方向的移动范围,分别留有空隙(X正方向5 mm,X负方向15 mm,Y正方向145 mm,Y负方向5 mm)。图6为经过合理简化后的几何模型图。划分网格数为311万,如图7所示。

计算设置中,将管道中心固定,改为在管道上下端面加载给定力和位移,数值为Caesar II提取出的结果,见表3,其中 D 为位移, F 为给定的力, R_i 是转动的角位移。其余计算设置保持不变。

3.2 极限云遮工况计算结果

经过计算,管道的等效应力分布如图8所示。管身应力约为83.79 MPa,从上下两端向管道中心逐渐增大,管夹上下与管道接触的部分出现局部的应力集中现象,应力最大为214.93 MPa。

根据应力分布情况,在管夹和管道接触的应力集中区域,沿管道厚度方向建立一条线性化路径,并对其进行计算,路径位置如图9所示,计算结果见表4。

根据与应力强度评定标准的比较,该结构设计在极限云遮工况下,一次局部薄膜应力、弯曲应力和总应力都在安全范围内,但一次局部薄膜应力+弯曲应力已经十分接近评定标准。



图 6 优化后几何模型示意
Fig. 6 Geometric model of the optimized main pipe

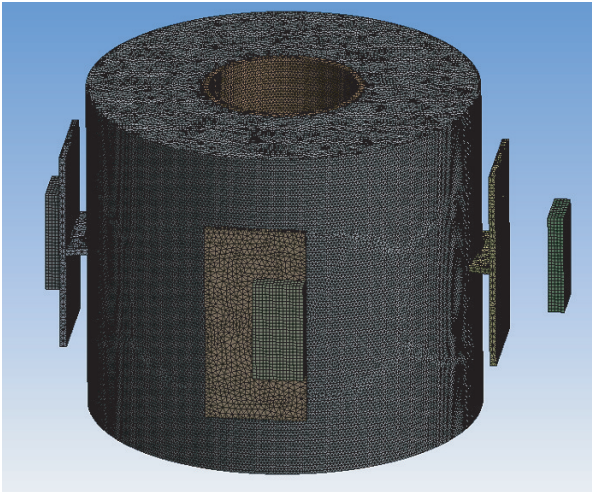


图 7 优化后的主管道网格划分
Fig. 7 Meshing for the optimized main pipe

表 3 给定的位移和力载荷
Table 3 Displacements and force loads of the given positions

项目	管道上端面	管道下端面
D_x/mm	-4.081	-13.274
D_y/mm	138.670	138.560
D_z/mm	31.712	
$R_z/(^{\circ})$	-0.44	-0.47
F_x/N	1 010	-27 470
F_y/N	38 287	5 794
F_z/N	-82 884	88 954

3.3 其他工况计算结果

用同样的方式对其他工况进行了计算,结果见表 5。由表 5 可知,优化后的主管道在各工况下的一次局部薄膜应力、弯曲应力和总应力均在安全范围内。

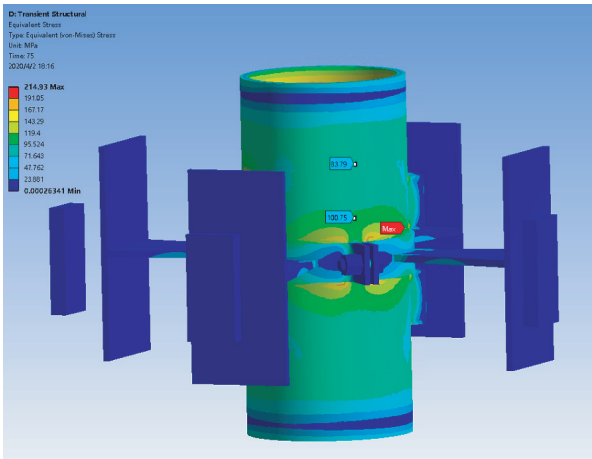


图 8 优化后主管道等效应力分布
Fig. 8 Equivalent stress distribution of the optimized main pipe

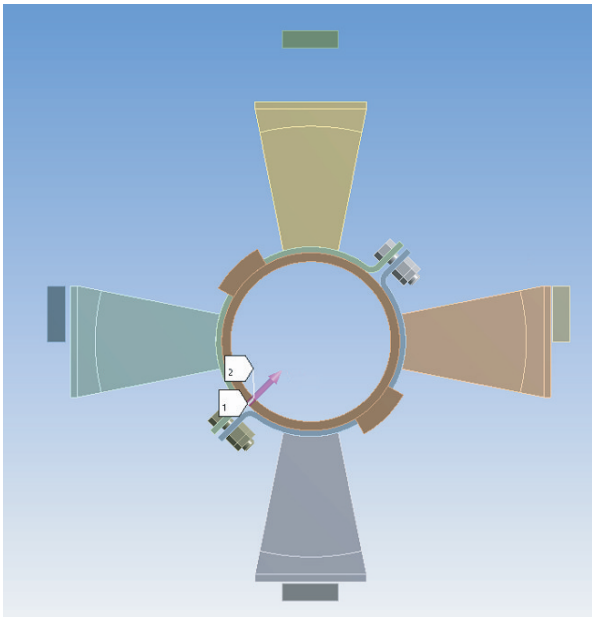


图 9 优化后的线性化路径位置
Fig. 9 Linearized path of the optimized main pipe

表 4 优化前的应力分析结果
Table 4 Stress analysis results

应力类型	计算结果/ MPa	评定标准/ MPa	评定 结果
一次局部薄膜应力	57.90	206.85	安全
一次局部薄膜应力+弯曲应力	204.59	206.85	安全
总应力	218.01	413.70	安全

表 5 优化后的应力分析结果
Table 5 Stress analysis results after the optimization

项目	一次局部薄膜应力/MPa	薄膜应力+弯曲应力/MPa	总应力/MPa	评定结果
评定标准	206.85	206.85	413.70	—
稳态运行工况	62.93	100.18	98.25	安全
稳态停机工况	62.57	85.03	83.80	安全
瞬态启动工况	61.44	135.85	128.07	安全
瞬态停机工况	63.63	99.97	106.53	安全
低温运行工况	60.64	121.89	140.07	安全

4 结论

本文建立了某光热管道支吊架的三维有限元模型,计算了该管路系统在不同工况下的温度和应力分布情况,找到了应力集中区域,根据标准 JB 4732—1995 对其一次局部薄膜应力、弯曲应力和总应力进行了安全性校核。根据结果进行了结构优化,提高了管道安全性。本文主要得到以下几点结论。

(1) 因为管道内部熔融盐工质温度较高,管道热膨胀受到护板或管夹的约束,产生了较大的热应力,且距离护板(管夹)越近应力越大,在护板(管夹)与管道接触的部位附近出现了局部应力集中的现象,实际运行时应重点注意这一部分的情况。

(2) 因为结构的不连续,在应力集中部位,应通过一次局部薄膜应力、弯曲应力和总应力来判断其安全性。计算结果表明,护板式结构在最危险的极限云遮工况下,2 块护板之间管道部分的薄膜应力+弯曲应力超过安全评定标准,存在安全问题。

(3) 经过结构优化,管夹式结构在各工况下应力均处于安全范围内,但在极限云遮工况下,薄膜应力+弯曲应力已十分接近安全评定标准,为了确保安全性,可以考虑进行进一步的优化。

参考文献:

- [1] 王志峰, 何雅玲, 康重庆, 等. 明确太阳能热发电战略定位促进技术发展[J]. 华电技术, 2021, 43(11): 1-4.
WANG Zhifeng, HE Yaling, KANG Chongqing, et al. Strategic positioning of solar thermal power generation to promote technological progress [J]. Huadian Technology, 2021, 43(11): 1-4.
- [2] 何志瞧, 童家麟. 太阳能光热发电现状及超临界 CO₂ 光热发电技术应用前景[J]. 华电技术, 2020, 42(4): 77-83.
HE Zhiqiao, TONG Jialin. Development status of solar thermal power generation and prospect of supercritical carbon dioxide technology applied in it [J]. Huadian Technology, 2020, 42(4): 77-83.
- [3] ZHOU H, LI Y, ZUO Y, et al. Thermal performance and thermal stress analysis of a 600 MW_{th} solar cylinder external receiver[J]. Renewable Energy, 2021, 164: 331-345.
- [4] WANG C, HU Y, HE Y. Optical, thermal, and structural performance analyses of a parabolic-trough solar collector [J]. Journal of Renewable and Sustainable Energy, 2020, 12(5): 53704.
- [5] WU S, LUO J, XIAO L, et al. Effect of different errors on deformation and thermal stress of absorber tube in solar parabolic trough collector [J]. International Journal of Mechanical Sciences, 2020, 188: 105969.
- [6] 吴俊杰, 侯宏娟, 杨勇平. 槽式太阳集热管热应力分析[J]. 工程热物理学报, 2015, 36(2): 249-253.
WU Junjie, HOU Hongjuan, YANG Yongping. Thermal stress analysis of parabolic trough solar receivers [J]. Journal of Engineering Thermophysics, 2015, 36(2): 249-253.
- [7] WANG Y, LIU Q, LEI J, et al. Performance analysis of a parabolic trough solar collector with non-uniform solar flux conditions [J]. International Journal of Heat and Mass Transfer, 2015, 82: 236-249.
- [8] FANG Z H, ZHANG W N, YUAN Y Q. Analysis on displacement and stress of the solar collector brackets under wind load [J]. Applied Mechanics and Materials, 2013, 353-356: 3276-3279.
- [9] 刘明, 胡鑫, 陈锐. 管道支吊架管夹变形原因[J]. 理化检验(物理分册), 2021, 57(4): 77-79.
LIU Ming, HU Xin, CHEN Rui. Deformation Causes of pipe clamp for pipe hanger [J]. Physical Testing and Chemical Analysis(Part A: Physical Testing), 2021, 57(4): 77-79.
- [10] 李家栋, 徐锦煌. 应力分析在管道设计过程中的优化及指导[J]. 天然气化工(C1 化学与化工), 2019, 44(6): 112-118.
LI Jiadong, XU Jinhuan. Optimization and guidance of stress analysis in pipeline design process [J]. Natural Gas Chemical Industry, 2019, 44(6): 112-118.
- [11] 曹水亮, 石秀山. 基于 Abaqus 的蒸汽管道应力分析[J]. 管道技术与设备, 2017(2): 7-9.
CAO Shuilian, SHI Xiushan. Stress analysis of steam pipeline based on Abaqus [J]. Pipeline Technique and Equipment, 2017(2): 7-9.
- [12] 宋战兵, 范佩佩, 魏江, 等. 蒸汽管道刚性支吊架应力分析[J]. 华电技术, 2019, 41(4): 1-5, 13.
SONG Zhanbing, FAN Peipei, WEI Jiang, et al. Stress analysis on rigid hanger of steam pipeline [J]. Huadian Technology, 2019, 41(4): 1-5, 13.
- [13] 高晓频, 张方琦, 安永尧. 管道支吊架间距计算标准比较分析[J]. 热力发电, 2016, 45(12): 119-123.
GAO Xiaopin, ZHANG Fangqi, AN Yongyao. Comparative analysis of calculation standards for pipe hanger interval [J]. Thermal Power Generation, 2016, 45(12): 119-123.
- [14] 杨晓伟, 李国明, 谢澄, 等. 600 MW 机组主再热蒸汽及旁路系统管道支吊架调整与优化[J]. 浙江电力, 2016, 35(4): 54-58.
YANG Xiaowei, LI Guoming, XIE Cheng, et al. Adjustment and optimization of pipe supports and hangers for main and reheat steam and bypass system of a 600 MW unit [J]. Zhejiang Electric Power, 2016, 35(4): 54-58.
- [15] 李磊, 刘道启, 周承恩. 结合电测法的再热蒸汽管道支

吊架应力分析[J]. 科技创新与应用, 2016(1): 126-127.

LI Lei, LIU Daoqi, ZHOU Chengqi. Stress analysis of support and hanger of reheat steam pipeline combined with electrical measurement method [J]. Technological Innovation and Application, 2016(1): 126-127.

[16]赵星海,郑明秀,魏春明,等. 火电厂蒸汽管道支吊架失效问题的研究[J]. 锅炉技术, 2010, 41(3): 5-7, 20.

ZHAO Xinghai, ZHENG Mingxiu, WEI Chunming, et al. Research on steam pipe support-hangers failure of thermal power plant[J]. Boiler Technology, 2010, 41(3): 5-7, 20.

[17]安慧,安付立,韩光辉,等. 发电机组管道支吊架常见问题分析及处理[J]. 热力发电, 2012, 41(11): 80-82.

AN Hui, AN Fuli, HAN Guanghui, et al. Common problems and case study for pipe supports and hangers in power generating units [J]. Thermal Power Generation, 2012, 41(11): 80-82.

[18]刘学,李国栋,林伟宁,等. 太阳能光热发电空冷管道特殊管件有限元分析[J]. 华电技术, 2020, 42(5): 20-23.

LIU Xue, LI Guodong, LIN Weining, et al. Finite element analysis on special pipe fittings of air cooling pipelines for solar thermal power plants [J]. Huadian Technology,

2020, 42(5): 20-23.

[19]钢制压力容器——分析设计标准: JB 4732—1995 (R2005)[S].

(本文责编:陆华)

作者简介:

陈泽泓(1987),男,高级工程师,硕士,从事新能源规划设计研究,02311@msdi.cn;

廖锸(1985),男,高级工程师,硕士,从事新能源规划设计研究,01016@msdi.cn;

吴磊(1982),男,高级工程师,工程硕士,从事发电设计规划研究,wulei@nwepdi.com;

曹淇(1979),男,高级工程师,从事发电设计规划研究,caoqi@nwepdi.com;

陈国强(1977),男,高级工程师,硕士,从事电厂热机设计工作,caoqi@nwepdi.com;

杜广瀚(1997),男,在读硕士研究生,从事槽式光热电站动态仿真与控制方面研究,3120303026@stu.xjtu.edu.cn;

刘桂秀(1996),女,在读硕士研究生,从事能源系统优化设计与控制方面研究,guixiuli678@stu.xjtu.edu.cn;

李根(1986),男,副教授,博士,从事太阳能热发电性能研究,gen.li@xjtu.edu.cn。

“分布式光伏为主体的新型配电网建模与关键技术”专刊征稿启事

在“双碳”目标下,光伏装机容量持续爆发性增长,截至2021年年底,我国光伏装机规模已超过3亿kW,其中分布式光伏装机约为1/3。近期,国家发改委提出了整县(市、区)分布式光伏规模化开发的工作要求,将进一步推动分布式光伏发电发展,加快能源结构清洁绿色转型。然而,大量分布式光伏无序接入导致光伏容量严重超标,倒送电超出线路或变压器容量,给配电网安全稳定运行带来极大隐患。随着分布式光伏发电功率和发电量在光伏发电中的占比越来越大,电网运行方式和机组发电计划中的电力平衡面临较大压力,配电网安全运行和优化调控面临新的挑战。为全面提升分布式光伏的电网友好性及协同调控水平,促进配电网绿色、安全、高效运行,需重点研究分布式光伏为主体的新型配电网建模、规划与调控关键技术。

为此,《综合智慧能源》(原《华电技术》)特推出“分布式光伏为主体的新型配电网建模与关键技术”专刊,邀请中国农业大学付学谦副教授、浙江大学杨强教授、中国电力科学研究院陈宋宋高级工程师、华北电力大学夏世威副教授、中国电力工程顾问集团有限公司杨卧龙高级工程师担任特约主编,共同探讨“双碳”目标及“整县光伏推进”背景下分布式光伏为主体的新型配电网建模与关键技术,欢迎业内同仁踊跃投稿!

一、征稿范围(包括但不限于)

(1)整县(市、区)屋顶分布式光伏发电预测方法。(2)考虑高比例分布式光伏的电力平衡分析方法。(3)温室光伏为主体的农业能源互联网建模与仿真。(4)计及光伏发电不确定性的多时间尺度调度模型与算法。(5)考虑经济性和碳排放的光伏发电站规划及设计。(6)需求侧多元可调节资源建模与预测。(7)高比例分布式光伏台区协调优化。(8)台区多元用户协调互动与市场机制。

二、时间进度

专刊拟于2022年9月30日截稿,择期优先出版。

三、征稿要求

(1)专刊只收录未公开发表的论文,拒绝一稿多投。作者对论文内容的真实性和客观性负责。(2)按照《综合智慧能源》论文格式要求使用Word软件排版,论文模板请在网站(www.hdpower.net或www.iienergy.cn)首页作者中心下载。(3)请保留论文图片、曲线和表格原始文件,并在投稿时按规定提交。(4)论文作者应遵守相关学术不端规定。

四、投稿方式

(1)在线投稿(推荐):登录在线采编系统(www.hdpower.net或www.iienergy.cn),完成在线全文投稿,欢迎投稿时推荐审稿专家。

(2)邮箱投稿:fuxueqian@cau.edu.cn(付教授);hdjs-chd@vip.163.com(编辑部)。

(3)咨询联系:刘芳 0371-58501060,13838002988;杨满成 010-63918755,13801175292。