

某工业项目蒸汽凝结水排放方案分析

刘琦 谢骆乐 荣雅静 常峥
中国建筑节能协会 北京 100037

摘要：对于某工业项目中无法回收利用的蒸汽凝结水，提出了两种降温排放方案。从设备初投资、自来水费用、运行电费方面进行了对比分析，并且计算了方案投资回收期。根据方案计算数据，分析两种方案在节能、节水及经济效益等方面的情况，为该工业项目蒸汽凝结水排放方案提供决策依据并为类似项目提供参考和借鉴。其中一种方案相比于另一种方案，虽然初投资和运行电费偏高，但是可以节约大量冷却用自来水，且投资回收期短。选用的方案可以接入可再生能源电力。

关键词：蒸汽凝结水；凝结水排放；经济效益；节能；节水

引言

蒸汽作为一种热源，在工业生产和生活中具有广泛用途，如驱动设备、暖通加热、暖通加湿、消毒灭菌、工艺工序等，蒸汽凝结水则是其中一个重要的副产品。蒸汽凝结水应回收利用^[1]，对于无法回收利用的高温蒸汽凝结水应降温到40℃以下，并处理达到标准后再排入城镇排水管道^[2]。

一般情况下，通常做法是将高温蒸汽凝结水和自来水混合降温后进行排放。对于一些工业项目，在生产过程中，需要大量蒸汽做为热量传输介质和生产动力介质，由此产生大量的蒸汽凝结水。当这部分蒸汽凝结水能回收利用的部分很少时，若采用常规做法，即需要更多的自来水用于混合降温，造成水资源的极大浪费。

国家提倡节约用水，加强水资源管理和规划，推广节水技术和措施，促进水资源的合理分配和可持续利用。工业企业应当积极采取措施，合理排放蒸汽凝结水，节约水资源、降低企业成本。

1 工程概况

1.1 项目背景

项目为设在江苏某工业园区内的生产基地项目，包含总部办公、研发实验、生产基地（原液生产车间、灌装线、全自动化仓库）、倒班宿舍及其配套辅助设施。该项目为新建项目，占地面积约45000平方米，建设面积约120000平方米，其中地上建筑面积97000平方米，地下室建筑面积约25000平方米。

项目蒸汽由市政蒸汽集中供应，蒸汽压力为1.1Mpa的市政蒸汽供应，经减压站减压后输送至各单体，分别

用于暖通加热、暖通加湿、暖通洁净加湿、工艺及给排水使用，其中因生产环境工艺要求只能采取蒸汽加湿方式。蒸汽凝结水流量最大时为24.6T/h（25.67m³/h），其中暖通加热用13.4T/h、暖通加湿用2.4T/h、洁净加湿用2.2T/h、工艺及给排水用6.6T/h。一部分流量为3m³/h的蒸汽凝结水将回收至位于地下一层的蒸汽冷凝水箱内，由给排水专业回收余热用于生活用水加热后处理排放，另一部分流量为22.67m³/h的蒸汽凝结水排放方式为本文进行分析的对象。

1.2 计算依据

1.2.1 项目采暖期120天，非采暖季245天。采暖季工作日87天，非采暖季工作日164天。采暖和生产每日运行时间按照8:00~18:00（10小时）计算，采暖季平均负荷率采取0.5。

1.2.2 根据《关于江苏电网2020-2022年输配电价和销售电价有关事项的通知》^[3]和《省发展改革委关于进一步完善分时电价政策的通知》^[4]，江苏省工业用电峰谷分时销售电价如表1所示，在8:00~18:00运行时间段内，江苏省工业用加权平均电价为： $(1.0347*5+0.6068*5)/10=0.82075$ 元/千瓦时。

1.2.3 本项目所在地工业用水价格为4.11元/吨。

2 蒸汽凝结水排放方式

此项目可回收利用的蒸汽凝结水量较少，大部分都需要降温后排掉，才符合国家排水规范的要求。

方案一是常规做法，系统原理图如图1所示。高温蒸汽凝结水首先排至闭式凝结水箱，一部分凝结水回收用于生活热水加热，另一部分凝结水由凝结水泵输送至另一个闭式凝结水箱中，在此直接与自来水混合温度降至40℃以下排放。通过计算可知，采暖季时若要将流量22.67m³/h的高温蒸汽凝结水通过和自来水混合后降温，

作者简介：刘琦，（1988年7月），女，汉，北京，硕士研究生，工程师，研究方向：暖通/建筑环境与能源应用。

则需要流量108.2m³/h的自来水，且这部分自来水都需要排掉，可见用水量之大。

表1 江苏省工业用电峰谷分时销售电价

用电类别	电压等级	电度电价 (元/千瓦时)																										
		高峰	平段	低谷																								
		8:00-12:00 17:00-21:00	12:00-17:00 21:00-24:00	0:00-8:00																								
大工业用电	1-10千伏	1.0347	0.6068	0.2589																								
	20-35千伏以下	1.0207	0.5968	0.2529																								
	35-110千伏以下	0.9997	0.5818 <td 0.2439	110千伏	0.9647	0.5568	0.2289	220千伏及以上	0.9297	0.5318	0.2139	100千伏安(千瓦)及以上普通工业用电	不满1千伏	1.1141	0.6664	0.2987	1-10千伏	1.0724	0.6414	0.2904	20-35千伏以下	1.0557	0.6314	0.2871	35-110千伏以下	1.0307	0.6164	0.2821
	110千伏	0.9647	0.5568	0.2289																								
	220千伏及以上	0.9297	0.5318	0.2139																								
100千伏安(千瓦)及以上普通工业用电	不满1千伏	1.1141	0.6664	0.2987																								
	1-10千伏	1.0724	0.6414	0.2904																								
	20-35千伏以下	1.0557	0.6314	0.2871																								
	35-110千伏以下	1.0307	0.6164	0.2821																								

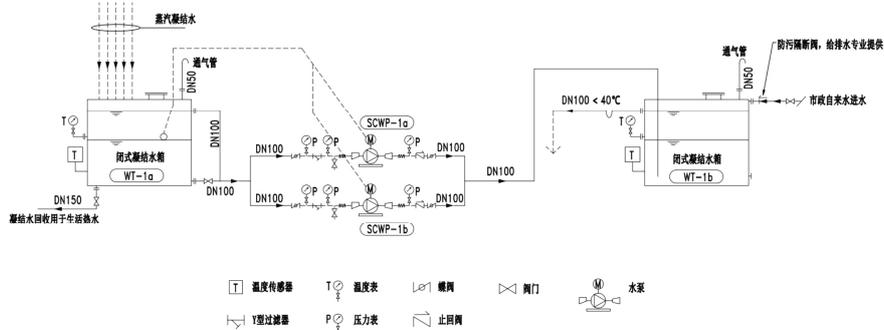


图1 方案一高温蒸汽凝结水排放系统原理图

方案二是通过增加冷却塔，使高温凝结水降温，系统原理图如图2所示。高温蒸汽凝结水首先排至闭式凝结水箱，一部分凝结水回收用于生活热水加热，另一部分凝结水由凝结水泵输送至另一个闭式凝结水箱中，在此

与冷却塔冷却后温度的水混合降温。相比于方案一，方案二增加了冷却塔和水泵设备的初投资，也消耗了额外电量，但直接排掉的水量流量为22.67m³/h，比方案一少很多。

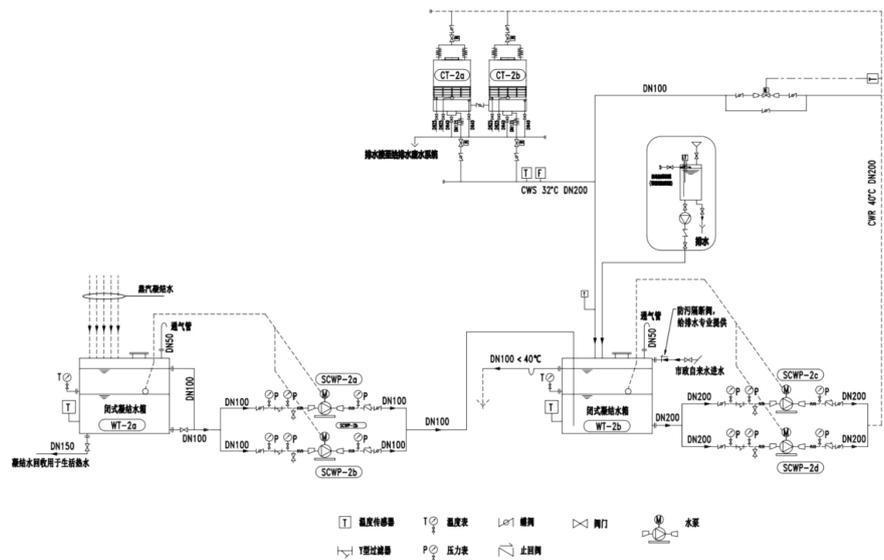


图2 方案二高温蒸汽凝结水排放系统原理图

方案一相比于方案二，需要大量自来水与高温凝结水混合降温并排放；方案二相比于方案一需额外增加冷却塔、凝结水泵、自动加药装置及相应阀门组件。

3 经济性分析

从设备初投资、自来水费用、运行电费三个方面对方案一和方案二进行计算分析。闭式凝结水箱、凝结水

泵等主要设备价格为向设备生产商询问的报价，其他价格是根据已完成项目的设备参考价格，同时不考虑冷却塔降噪费用。

3.1 方案一的初投资、自来水费用和运行电费

3.1.1 方案一设备参数及报价暨设备初投资如表2所示。

表2 方案一设备初投资

序号	设备名称及编号	型号规格	单位	数量	单价(万元)	合计(万元)
1	闭式凝结水箱 WT-1a	有效容积: 12.83m ³ 尺寸: 3m×3m×1.8m	个	1	1.47	1.47
2	凝结水泵(一用一备) SCWP-1a SCWP-1b	流量: 25m ³ /h 扬程: 20m 功率: 2.2kW	台	2	0.25	0.5
3	闭式凝结水箱 WT-1b	有效容积: 144.52m ³ 尺寸: 6m×6m×4.5m	个	1	6.72	6.72
4	管道附件	-	-	-	-	0.869
5	安装费	-	-	-	-	1.738
	合计					11.297

3.1.2 方案一自来水费用概算如表3所示。

表3 方案一自来水费用

项目	自来水流量(m ³ /h)	工作日(d)	每天运行时间(h/天)	用水价格(元/吨)	运行费用(万元)
采暖季自来水	108.19	87	10	4.11	38.69
非采暖季自来水	46.37	164	10	4.11	31.26
合计					69.95

3.1.3 方案一运行电费概算如表4所示。

表4 方案一运行电费

项目	功率(kW)	工作日(d)	每天运行时间(h/天)	电价(元/千瓦时)	数量(台)	运行电费(万元)
采暖季 凝结水泵电费	0.55	87	10	0.82075	1	0.04
非采暖季 凝结水泵电费	0.37	164	10	0.82075	1	0.05
合计						0.09

3.2 方案二的初投资、自来水费用和运行电费

3.2.1 方案二设备参数及报价暨设备初投资如表5所示。

表5 方案二设备初投资

序号	设备名称	型号规格	单位	数量	单价(万元)	合计(万元)
1	闭式凝结水箱 WT-2a	有效容积: 12.83m ³ 尺寸: 3m×3m×1.8m	个	1	1.47	1.47
2	凝结水泵(一用一备) SCWP-2a SCWP-2b	流量: 25m ³ /h 扬程: 20m 功率: 2.2kW	台	2	0.25	0.5
3	闭式凝结水箱 WT-2b	有效容积: 144.52m ³ 尺寸: 6m×6m×4.5m	个	1	6.72	6.72
4	冷却水泵(一用一备) SCWP-2c SCWP-2d	流量: 180m ³ /h 扬程: 20m 功率: kW	台	2	4.5	9

续表:

序号	设备名称	型号规格	单位	数量	单价(万元)	合计(万元)
5	冷却塔(一用一备)	流量: 170m ³ /h	个	2	11.9	23.8
	CT-2a					
6	全自动加药装置	功率: 11kW	套	1	2	2
	CT-2b					
7	管道附件	-	-	-	-	4.202
8	安装费	-	-	-	-	8.698
	合计					56.39

3.2.2 方案二自来水费用概算如表6所示。

表6 方案二自来水费用

项目	自来水流量(m ³ /h)	工作日(d)	每天运行时间(h/天)	用水价格(元/吨)	运行费用(万元)
采暖季自来水	14.42	87	10	4.11	5.16
非采暖季自来水	6.2	164	10	4.11	6.4
合计					11.56

3.2.3 方案二运行电费概算如表7所示。

表7 方案二运行电费

项目	功率(kW)	工作日(d)	每天运行时间(h/天)	电价(元/千瓦时)	数量(台)	运行费用(万元)
采暖季凝结水泵电费	0.55	87	10	0.82075	1	0.04
采暖季冷却水泵电费	5.5	87	10	0.82075	1	0.39
非采暖季凝结水泵电费	0.37	164	10	0.82075	1	0.05
非采暖季冷却水泵电费	0.55	164	10	0.82075	1	0.07
合计						0.55

4 结论

经过以上分析,对这两种蒸汽凝结水排放方案的设备初投资、自来水费用和运行电费汇总在表8中。

表8 两种蒸汽凝结水排放方案比较

项目	方案一	方案二
初投资(万元)	11.297	56.39
自来水费用(万元)	69.95	11.56
运行电费(万元/年)	0.09	0.55
较方案一回收期(年)		较方案一回收期为0.78年

由上表可见,方案一虽然初投资和运行电费处于较低水平,但自来水费用高,每年花费接近70万元,直接导致其经济性表现不佳;相比之下,方案二较方案一而言,初投资和运行电费虽然有所增加,但每年能够大幅度减少自来水费用,投资回收期短,不到一年时间就可将额外增加的设备初投资全部收回,不仅实现了对大量水资源的节约,更为企业日后运行节省了自来水费用,大大降低运行成本。此外,方案二还有进一步拓展的可能,若项目需满足节能规范、绿色建筑工业规范,还可设置光伏等其他可再生能源系统,光伏发电可用于方案二的运行用电。该项技术方案的分析,对于类似具有大

量无法回收利用的蒸汽凝结水排放方案,能够起到良好的借鉴作用。同时这对贯彻落实《江苏省绿色建筑发展条例》有着积极的推动作用、有助于推动绿色工业建筑的发展,对于建设资源节约型、环境友好型社会都具有十分重要的意义,能够引导我们在经济发展的过程中,更加注重资源的合理利用和环境保护,为社会的可持续发展奠定坚实的基础。

参考文献

- [1]中华人民共和国住房和城乡建设部,中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.工业建筑供暖通风与空气调节设计规范:GB 50019-2015.北京:中国计划出版社,2015
- [2]中华人民共和国住房和城乡建设部,中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.建筑给水排水设计标准:GB 50015-2019.北京:中国计划出版社,2019
- [3]江苏省发展和改革委员会.关于江苏电网2020-2022年输配电价和销售电价有关事项的通知:苏发改价格发[2020]1183号.江苏,2020
- [4]江苏省发展和改革委员会.省发展改革委关于进一步完善分时电价政策的通知:苏发改价格发[2023]555号.江苏,2023