

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2024.12.013

养老建筑功能升级改造的给排水设计

李 洋

(华东建筑设计研究院有限公司, 上海 200011)

摘 要: 根据新项目团队的机电标准和运行经验要求,需对已建设过半的某养老建筑的给排水系统进行升级改造。基于经济分析及比选,确定采用变频供水及紫外消毒的给水系统,室内污废合流、室外雨污分流的排水系统,多级计量系统,海绵城市以及绿建2星节能系统,并对热水系统进行节能优化和运营成本分析,最终实现了依法合规的给排水系统改造,可为类似项目提供参考。

关键词: 养老建筑; 给排水设计; 生活热水系统; 变频供水; 多级计量系统

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2024)12-0084-05

Water Supply and Drainage Design of an Elderly Care Building during Functional Upgrading and Renovation

LI Yang

(East China Architectural Design and Research Institute Co. Ltd., Shanghai 200011, China)

Abstract: This paper introduced the upgrading and renovation of the water supply and drainage system of an elderly care building which has already been constructed for more than half of the construction in the southern region based on the mechanical and electrical standards and operational experience requirements of the new project team. Based on economic analysis and comparison, the water supply system was transformed into the system with variable frequency water supply and ultraviolet disinfection, the drainage system was transformed into indoor sewage and wastewater combined drainage system and outdoor rainwater and sewage separate drainage system, the multi-level metrology system, sponge city and green building 2 star energy-saving system were proposed, the energy saving of the hot water system was optimized, and its operating cost was analyzed. The results aim to provide reference for similar projects.

Key words: elderly care building; water supply and drainage design; domestic hot water system; variable frequency water supply; multi-level metrology system

随着我国城市老龄化程度的加剧以及观念的转变,越来越多的老年人选择入住养老院^[1]。同时随着人民生活水平的提高,对现有养老院进行提标改造的需求也日益高涨^[2]。在各地城市更新工作的推进过程中,加强城镇老旧小区养老服务设施建设已成为关注的重点之一。

1 项目概况

南方某市养老建筑包含2栋一类高层公共建筑(9、10号楼),耐火等级为一级。地下汽车库为Ⅰ类汽车库,耐火等级为一级。项目占地为12 607.5 m²,总建筑面积约42 223.65 m²,地上建筑面积为31 662.15 m²,地下建筑面积为10 561.5 m²。9号楼为护理区

及医疗区,地上 10 层,建筑高度为 35.90 m;由于更换了项目团队,10 号楼由办公区变更为独立生活区及医疗区,地上 16 层,建筑高度为 54 m;地下一层为车库、厨房及机房。

新项目团队接手并提出改造要求时,土建施工进度已经过半,9 号楼已结构封顶,10 号楼已完成地下室施工。项目改造的主要难点:①10 号楼的功能发生改变,高度由 60 m 降至 54 m;②项目管理团队更换后,需要贯彻新的机电标准和运营经验,对整个项目的系统方案,尤其是生活热水系统,提出了更高的节能和运营成本要求;③在地下室及屋面增加机房或设备,需对各专业管线进行重新规划与布置;④新增了绿建 2 星和海绵城市要求。

2 改造原则

原规划 9 号楼按养老建筑、10 号楼按办公建筑设计,无海绵城市及绿建设计要求。根据新项目管理团队的机电标准,需对给排水系统设计进行全面调整。

2.1 给水系统

原设计考虑地下车库采用市政直接供水,9、10 号楼分别设置独立的地下水池-提升泵-屋顶生活水箱-各分区的重力水箱供水系统,不考虑水处理,最不利水压按照 0.1 MPa 考虑。雨水回用水供室外绿化、道路浇洒使用。

按照新项目管理团队要求,给水系统改为采用合设的变频供水模式,且需考虑增设紫外消毒处理。由于改造后水量有所增加,相应水池体积加大,水处理设备和集中热水系统的热交换器数量增加,对机房面积、管井布置以及分区横管夹层布置有较大的影响。因此,给水系统的分区应尽可能精简,最不利水压按照 0.15 MPa 考虑,每个分区的最大静水压力控制在 0.45 MPa 以内。

2.2 热水系统

原设计考虑 9 号楼采用集中热水系统,以太阳能作为预热热源,以锅炉为主热源,采用开式热水箱供水系统以及上供下回的同程立管回水循环系统,热水供水分区及计量同冷水。10 号楼采用分散式热水系统。

按照新项目管理团队要求,热水系统全部采用集中热水的闭式模式,热源需要考虑实际的绿建要求、节能效果及规范要求。9 号楼为护理楼,立管回水;10 号楼为独立生活楼,应保证 8 s 出热水,需要

采用户内横干管回水。

2.2.1 热源选择

根据《建筑节能与可再生能源利用通用规范》(GB 55015—2021)中 5.2.1 条,新建建筑应安装太阳能系统。太阳能系统指的是太阳能热利用系统、太阳能光伏发电系统、太阳能光伏光热系统。当地相关文件明确要求新建公共建筑屋顶安装光伏面积不低于 30%,因此必须设置太阳能光伏发电系统,可以不考虑太阳能热利用系统。

根据当地标准,当老年人照料设施设有集中热水供应系统时,应选用太阳能、空气源热泵或冷凝热回收等作为热水供应的热源。考虑到屋面综合设备的布置情况以及空气源的实际运营节能效果,最终选择以空气源作为主要热源。根据《建筑给水排水设计标准》(GB 50015—2019)的 6.3.1 条,集中热水供应系统的热源应通过技术经济比较进行选择。故对燃气锅炉和空气源热泵的经济效益进行对比,具体见表 1。可知,相较于锅炉加热,采用空气源热泵可节省费用 68 万元/a。

表 1 燃气锅炉和空气源热泵的经济效益对比

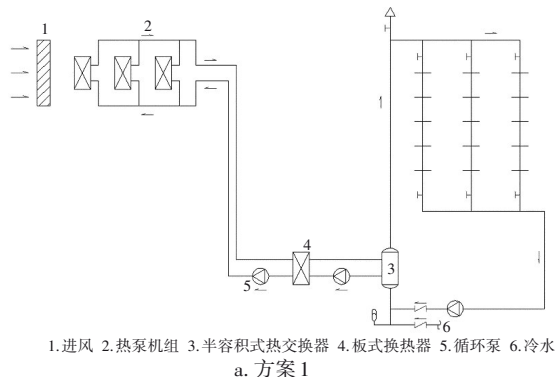
Tab.1 Comparison of economic benefits between gas boiler and air source heat pump

项目	能源热值	能效比/%	单价	机器使用寿命/a	全年费用/(万元·a ⁻¹)
燃气锅炉	352 802 kJ/m ³	92	4.02 元/m ³	20	109
空气源热泵	3 612 kJ/(kW·h)	360	0.84 元/(kW·h)	15	41

空气源的使用范围没有量化要求,但由于其属于不稳定能源,最终采用空气源热泵作为生活热水主热源,燃气锅炉作为备用能源。

2.2.2 生活热水系统比选

针对新要求进行了方案比选,两种热交换系统如图 2 所示。



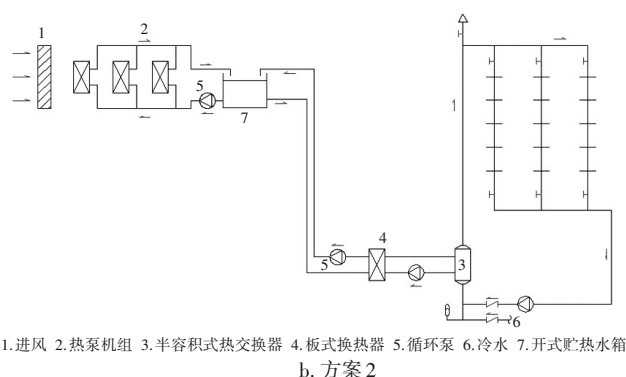


图2 两种热交换系统示意

Fig.2 Schematic diagram of two heat exchange systems

方案1为空气源+板式换热器+半容积式热交换器。该方案的特点在于10号楼屋面仅放置空气源热泵,对屋面影响较小;无需设置开式贮热水箱及循环泵等设备;空气源热泵需采用直热式;整体形成闭式系统,与冷水同分区,达到冷热同源的效果。

方案2为空气源+开式贮热水箱+板式换热器+半容积式热交换器。该方案的特点在于空气源热泵可集中设置于10号楼屋顶;需设开式贮热水箱及1组循环泵;采用循环式空气源热泵;热源系统为开式。

经过与项目管理团队的沟通讨论,考虑不给10号楼的屋面造成结构压力,同时开式贮热水箱、半容积式热交换器都有贮水功能,没必要反复设置而导致系统控制过于复杂,造成不必要的损耗。最终考虑选择方案1,并按照项目管理团队的要求,对其进行系统细化:补充了加药系统、定压补水装置、银离子消毒,优化后的生活给水系统见图3。

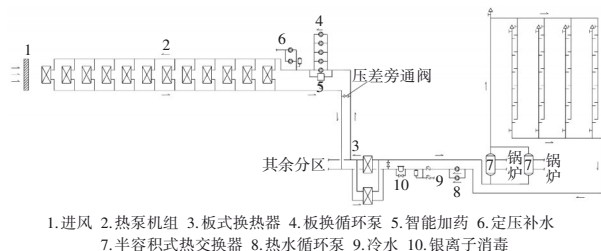


图3 优化后的生活给水系统

Fig.3 Optimized domestic water supply system

2.2.3 生活热水系统优化计算

考虑到集中时段高峰用水量的情况,采用设计小时耗热量进行空气源的台数选取;尽量缩小屋面的设备区域,减轻荷载,减少管道转换,减轻地下室机房走道密集管线的净高压力,以实现系统强化。

考虑到初入住时入住率不高和用水低谷的情况,生活热水系统的热源没有采用对应的分区管道系统,而是采用总管系统,对空气源热泵和循环泵进行总流量计算。设置总的定压补水装置1套,智能加药系统1套;空气源热泵机组共设置12台。按照1台热水循环泵对应控制3台空气源热泵,共设置4台热水循环泵,并设置1台备用泵,即4用1备。总用热量及空气源热泵选型计算见表2。

表2 总用热量及空气源热泵选型计算

Tab.2 Calculation of total heat consumption and selection of air source heat pump

热水供应区	小时耗热量/ (kJ·h ⁻¹)	25P热泵制热量/(kJ·h ⁻¹)	设备数量/ 台
9、10号B1~2层	932 700	3.42×10 ⁵	2.73
9、10号3~6层	1 039 008	3.42×10 ⁵	3.82
9、10号7~10层	666 886	3.42×10 ⁵	2.47
10号11~16层	616 063	3.42×10 ⁵	2.32
总计	3 254 657		取整为12

半容积式热交换器储水体积的计算如下式所示:

$$V = 10^6 k_1 (Q_h - Q_g) T_1 / [(t_r - t_1) C \rho_r] \quad (1)$$

式中: V 为半容积式热交换器储水体积, L; k_1 为用水均匀性的安全系数; Q_h 为设计小时耗热量, kJ/h; Q_g 为水源热泵的设计小时供热量, kJ/h; T_1 为设计小时耗热量持续时间, 取2~4 h; t_r 为热水温度, °C; t_1 为冷水温度, °C; C 为水的定压比热容, kJ/(kg·°C); ρ_r 为热水密度, kg/m³。

半容积式热交换器的储水体积按照冬天最不利情况设计, 热媒侧为锅炉, 进水为5 °C冷水(冬季), 出水为60 °C热水。热交换器具有储水罐功能, 进水温度为板式换热器的出水温度54 °C, 出水温度为49 °C。考虑采用一体化集成设备, 以地下室机房最大限度面积范围的储水容积设计, 计算结果见表3。

在储水量方面, 储水容积应尽可能大, 以应对高峰期的密集用水。9、10号楼B1~2层的热交换器可以满足2.5 h的平均时用水量、1.8 h的最大小时用水量; 3~6层可以满足接近5 h的平均时用水量、2.5 h的最大小时用水量; 7~10层可以满足4.8 h的平均时用水量、2.5 h的最大小时用水量。10号楼11~16层可以满足5 h的平均时用水量、2.7 h的最大小时用水量。

表 3 热交换器储水量计算结果
Tab.3 Calculation result of water storage capacity
in heat exchangers

热水供应区	平均时 用水量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)	最大小 时用水量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)	60 min 储水 需求(按照设 计小时耗热 量计)/ m^3	单台储 水能力/ ($\text{m}^3 \cdot \text{台}^{-1}$)	台数/ 台
9、10号楼 B1~2层	2.373	3.259	4.65	3	2
9、10号楼 3~6层	1.212	2.338	6.51	3	2
9、10号楼 7~10层	0.827	1.547	4.20	2	2
10号楼 11~16层	0.800	1.472	3.45	2	2
总计	5.212	8.616			

2.3 消防系统

采用原设计方案,室外消火栓系统采用低压制,室内采用消防泵直抽市政消防环网的临时高压消防系统,在 10 号楼屋顶设置 36 m^3 的屋顶消防水箱和消防增压设施。

2.4 排水系统

原设计室内采用污废合流制,设置专用通气立管;室外采用雨污分流制,无厨房隔油间。

按照新要求考虑厨房功能,增加厨房隔油间;另需考虑设置非消防梯排水;有用水设备或管线的夹层需考虑排水;需考虑医疗废水的收集处理。

2.5 雨水系统

调整屋面部分雨水立管走向,由于涉及土建的降板区,尽量按照原有的路由设计,排至室外。

2.6 计量

原设计室外给水引入管设总表计量,绿化灌溉、车库冲洗均设分表计量。9 号楼根据给水分区在屋顶设水表计量;10 号楼在水箱出水管上设总表计量,每层卫生间设分表计量。

按照新要求设置多级计量,其中 1 级表为室外给水引入管设置的生活表和消防表;2 级表为生活水池进水、市政直供、雨水回用补水设置的水表;3 级表为分区供水、机房供水、车库冲洗、绿化、道路浇灌设置的水表。各级表均采用远传水表,上传至能耗系统统一管理。

2.7 海绵城市设计和绿建要求

原设计并无海绵城市设计要求和绿建要求,雨水调蓄池设置在室内。

按照新要求增加海绵城市设计,年径流总量控制率目标为 70%,对应控制降雨量为 18.7 mm ,年径流污染控制率目标为 50%。雨水调蓄池分为 2 座,

绿建按照 2 星标准考虑。

经过和建筑专业的沟通、海绵的核算,室外共设置 2 座雨水调蓄池,1 座(90 m^3)用于调蓄及回收利用,另 1 座(40 m^3)仅用于调蓄,以此避免管道的交叉和室外走管区域的不足。整体的雨水回收利用系统均设置于室外,避免地下室的土建调整。

3 给排水系统设计

3.1 给水系统

自西侧及南侧道路市政给水管网各引入 1 路 DN300 的自来水作为给水水源, DN300 的管道再分别引出 1 路 DN200 的消防用水和 1 路 DN150 的生活用水。消防用水和生活用水接口上均设置总水表及低阻力倒流防止器,前者的倒流防止器前设置 1 个室外消火栓,形成 DN200 的消防环管和 DN150 的给水环管。

按照目前的建筑功能以及用水量标准,重新进行了水量核算,计算得到用水量: $Q_{\text{最高日}}=261 \text{ m}^3/\text{d}$ 、 $Q_{\text{最大时}}=24.8 \text{ m}^3/\text{h}$ 。

地下车库采用市政直接供水,9、10 号楼共用地下室生活水池,9、10 号楼的 B1~9 层均采用变频供水,10 号楼的 11~16 层采用屋顶生活水箱变频增压供水。

3.2 热水系统

采用集中热水系统,按照新项目团队提供的用水量标准,最高日热水用水量为 $92.95 \text{ m}^3/\text{d}$,最大时热水用水量为 $8.615 \text{ m}^3/\text{h}$ 。集中热水供应系统按照功能、供水分区分设;热源在冬季和极个别情况下为燃气锅炉,其他季节为空气源热泵。燃气锅炉热媒供水温度为 $75 \text{ }^\circ\text{C}$,热媒回水温度为 $55 \text{ }^\circ\text{C}$;空气源热泵热媒供水温度为 $60 \text{ }^\circ\text{C}$,热媒回水温度为 $55 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

热水供应系统的分区与给水系统一致。按照分区分别设置热水循环系统,每个分区配置 1 组热水循环泵、膨胀罐。热水供、回水管道同程布置,热水系统采用板式换热器+半容积式热交换器的形式,设置机械循环系统。在干管处设置平衡阀,9 号楼采用立管循环,10 号楼采用户内横干管循环,可保证短时间户内出热水。淋浴设置恒温阀。

3.3 消防系统

室外消火栓系统采用低压制消防给水系统,由市政给水管网直接供水。室内消火栓系统为临时

高压系统,设计水量为40 L/s。喷淋系统为临时高压系统,设计水量为30 L/s。由于项目在南方某城市,其城市给水管网的安全性比较高,因此室内采用消防泵直抽市政消防环网的形式,不设置消防水池。地下室变电站、配电室、通信网络机房设置预制式七氟丙烷气体灭火系统。

3.4 排水系统

室内采用污废合流制,室外采用雨污分流制,项目西侧设有1路DN300市政污水接口。汽车库地面冲洗水经隔油沉砂池处理后,由潜污泵提升排放至室外污水管网。餐饮厨房含油废水汇集至油水分离器,处理后排放至室外污水管网。

9号楼1层及2层医废台盆(部分设置提升泵)设置简易医疗废水处理装置,包含集水池+消毒接触池共4.5 m³,以及一体式消毒机。医疗废水一体式消毒机(次氯酸钠消毒机)的处理量为5 m³/d。依据《医疗机构水污染物排放标准》(GB 18466—2005)表2中预处理标准进行设计,医疗废水经处理后排入室外污水管网。

9号楼2层客房污废水全部单独设排水管排入室外,在进入埋地式一体化污水处理设备和正常排入室外污水管网之间设置手动阀进行切换,最终出水水质需达到GB 18466—2005表2中预处理标准。室外设置埋地式一体化污水处理设施,除臭、控制箱等设置在1层的污水处理间,其处理工艺为水解酸化-接触氧化-沉淀-消毒。

3.5 雨水系统

屋面雨水设计重现期为5年一遇,室外场地为3年一遇;下沉式广场、地下车库坡道出入口为50年一遇。室外场地汇水面积为12 607.5 m²,雨水设计流量为283 L/s。屋面雨水排水工程设置溢流孔口作为溢流设施,总排水能力不小于50年重现期的雨水量。

设置雨水回用系统,收集10号楼屋面雨水作为原水,经处理后用于绿化灌溉、道路冲洗。雨水回用水水质按《城市污水再生利用 城市杂用水水质》(GB/T 18920—2020)的标准设定,并按最高水质标准取值。

雨水回用系统流程为雨水收集-分流井-弃流井-雨水调蓄池-提升泵-一体化处理装置(过滤、循

环消毒)-清水池-变频泵-用水点。

在室外设置1座有效容积为90 m³的雨水调蓄池(PP模块池,用于调蓄及回用)、1座有效容积为40 m³的雨水调蓄池(PP模块池,仅用于调蓄)。清水池容积按照杂用水最高日用水量的30%设计,有效容积为11 m³;系统的处理能力为4 m³/h。

4 结论

针对管理团队需求变化进行养老建筑改造,需关注功能、规范、机电设计标准等多方面的变化,充分考虑既有条件的相关限制因素,在系统原则及设计上进行充分的对比分析,最终确定设计方案。

根据新项目团队要求,本次改造确定采用变频供水及紫外消毒的给水系统,室内污废合流、室外雨污分流的排水系统,多级计量系统,海绵城市以及绿建2星节能系统,并对热水系统进行节能优化和运营成本分析,可以为类似项目提供借鉴。

参考文献:

- [1] 税玥茜. 养老院建筑给排水及消防系统优化设计研究——基于重庆市城区养老机构的调查[D]. 重庆: 重庆大学, 2018: 2.
SHUI Yueqian. Study on Optimum Design of Water Supply and Drainage and Fire Fighting System in Nursing Home—Based on Investigation of Urban Elderly Care Facilities in Chongqing [D]. Chongqing: Chongqing University, 2018: 2(in Chinese).
- [2] 杨峻. 养老院室内公共空间物理环境优化设计研究——以南京仙林欧葆庭老年康复中心为例[D]. 南京: 东南大学, 2018: 5.
YANG Jun. Research on the Optimization Design of Public Spaces Physical Environment in Nursing Home: A Case Study of Nanjing Xianlin Oubotting Elderly Rehabilitation Center [D]. Nanjing: Southeast University, 2018: 5(in Chinese).

作者简介: 李洋(1979—), 女, 上海人, 学士, 高级工程师, 主要从事建筑给排水的设计及咨询工作。

E-mail: ly0553@ecadi.com

收稿日期: 2024-04-20

修回日期: 2024-04-30

(编辑: 沈靖怡)