

文章编号: 1671-6612 (2019) 02-152-07

供暖空调水系统水力平衡

焦宏照

(郑州大学综合设计研究院有限公司 郑州 450007)

【摘要】 对供暖空调水系统水力平衡相关的规范进行了引用,阐述了水力平衡在工程设计的重要意义。以某办公楼水平同程管路的空调水系统为例,通过计算得出,在管路水力平衡设计时,没有必要严格要求所有末端设备保持同程。以某小学散热器供暖系统的两个环路之间平衡为例,当管路服务半径较大时,可以将服务对象划分为若干个区块的并联,同时将较不利区块中,管道较长区块的管道比摩阻控制为较小值。以某小区地下车库街区热水供热管网为例,在异程式系统中,根据各个三通处的资用水头,计算各个三通处两个管路之间的平衡,可以确保达到水力平衡。

【关键词】 散热器系统;地板辐射供暖系统;空气调节;街区热水供热管网;水力平衡;资用水头
中图分类号 TU832 **文献标识码** A

Hydraulic Balance of the Heating and Air Conditioning Water System

Jiao Hongzhao

(Zhengzhou University Multi-functional Design and Research Academy Limited Company, Zhengzhou, 450007)

【Abstract】 Reference to the relevant regulations for hydraulic balance of heating air-conditioning water systems. This article explains the importance of hydraulic balance in engineering design. Taking the air-conditioning water system of an office building with the same level of pipeline as an example, it is calculated that in the hydraulic balance design of the pipeline, it is not necessary to strictly require all the end equipment to maintain the same distance. Taking the balance between two loops of a radiator heating system in a primary school as an example, when the service radius of the pipeline is large, the service object can be divided into parallel connection of several blocks. At the same time, the pipe specific frictional resistance of the longer block can be controlled at a lower value in the more unfavorable blocks. Take the hot water heating pipe network in the underground garage area of a certain residential area as an example. In the direct return system, the balance between the two pipes at the three outlets can be calculated according to the water heads at the three outlets to ensure that the hydraulic balance is achieved.

【Keywords】 radiator heating; floor heating system; air conditioning; block hot-water heating network; hydraulic balance; available differential pressure

0 范围

0.1 室内散热器供暖系统或地板辐射供暖系统
散热器系统:利用散热器向室内传热的供暖方式。以热水或热风为热媒。引自文献[1]第3.1.16。
地板辐射供暖系统:以辐射方式,由地面向室内进行供暖的系统。引自文献[1]第3.3.8条。

0.2 室内集中空调系统

空气调节:使服务空间内的空气温度、湿度、清洁度、气流速度和空气压力梯度等参数达到给定要求的技术,简称空调。引自文献[1]第2.1.29条。

0.3 街区热水供热管网

街区热水供热管网:自热力站或用户锅炉房、热泵机房、直燃机房等小型热源至建筑物热力入

作者(通讯作者)简介:焦宏照(1979.12-),男,本科,高级职称, E-mail: apple0159@126.com

收稿日期:2018-05-02

口，设计压力小于或等于 1.6MPa，设计温度小于或等于 95℃，与热用户室内系统连接的室外热水供热管网。引自文献[2]第 2.1.10 条。也称为二级管网，在设置一级换热站的供暖系统中，由换热站至热用户的供热管网。引自文献[3]第 5.1.13 条。

1 相关规范条文

(1) 文献[4]第 5.9.11 条：“室内热水供暖系统的设计应进行水力平衡计算，并应采取使设计工况时各并联环路之间（不包括共用段）的压力损失相对差额不大于 15%。”

(2) 文献[4]第 8.5.14 条：“空调水系统布置和选择管径时，应减少并联环路之间压力损失的相对差额。当设计工况时并联环路之间压力损失的相对差额超过 15%时，应采取水力平衡措施。”

(3) 文献[4]第 8.8.4 条第 3 款：“区域供冷管网的设计应符合下列规定：3 应进行管网的水力工况分析及水力平衡计算，并通过经济技术比较确定管网的计算比摩阻。管网设计的最大水流速不宜超过 2.9m/s。当各环路的水力不平衡率超过 15%时，应采取相应的水力平衡措施。”

(4) 文献[5]第 5.3.10 条：“施工图设计时，应严格进行室内供暖管道的水力平衡计算，确保各并联环路间(不包括公共段)的压力损失差额不大于 15%；在水力平衡计算时，要计算水冷却产生的附加压力，其值可取设计供、回水温度条件下附加压力值的 2/3。”

(5) 文献[5]第 5.2.13 条：“室外管网应进行严格的水力平衡计算。当室外管网通过阀门截流来进行阻力平衡时，各并联环路之间的压力损失差值，不应大于 15%。当室外管网水力平衡计算达不到上述要求时，应在热力站和建筑物热力入口处设置静态水力平衡阀。”

(6) 文献[6]第 4.3.2 条：“集中供暖系统的热力入口处及供水或回水管的分支管路上，应根据水力平衡要求设置水力平衡装置。”

(7) 文献[6]第 4.3.6 条：“空调水系统布置和管径的选择，应减少并联环路之间压力损失的相对差额。当设计工况下并联环路之间压力损失的相对差额超过 15%时，应采取水力平衡措施。”

(8) 文献[2]第 7.3.3 条：“热水热力网支干线、支线应按允许压力降确定管径，但供热介质流速不应

大于 3.5m/s。支干线比摩阻不应大于 300Pa/m，连接一个热力站的支线比摩阻可大于 300Pa/m。”

(9) 文献[2]第 14.2.5 条：“用于采暖、通风、空调系统的管网，支线管径应按允许压力降确定，比摩阻不宜大于 400Pa/m。”

水力平衡在供暖空调系统中起到至关重要的作用，让每个系统、每个设备达到设计流量，同时根据使用情况、室外气象参数实时变化，满足建筑使用功能的要求。水力平衡让每个系统、每个设备按需分配流量，保证使用效果，且不浪费，从而达到节能的目的。

2 设计工程案例及其分析

2.1 案例 A

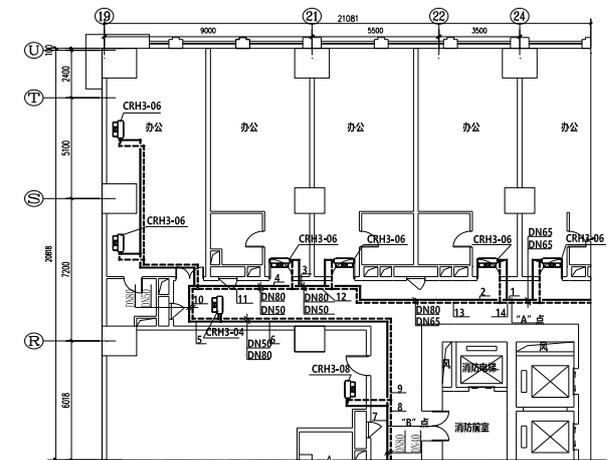


图 1 A 建筑某层空调水 A~B 管段局部平面图

Fig.1 Partial plan of air-conditioning water pipe section between A-B of a certain building A

Fig.1 Partial plan of air-conditioning water pipe section between A-B of a certain building A

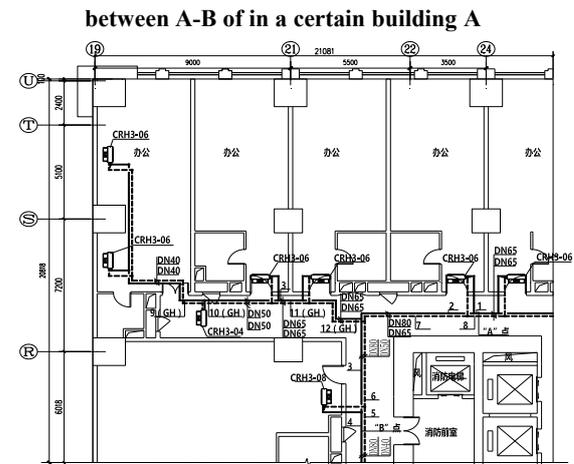


图 2 A 建筑某层空调水 A~B 管段局部修改平面图

Fig.2 Partial modification plan of air-conditioning water pipe section between A-B of a certain building A

Fig.2 Partial modification plan of air-conditioning water pipe section between A-B of a certain building A

以 A 办公楼的某层平面图为例,原设计在平面 A~B 管段处,设计者按照同程式的设计思路进行设计,按照控制比摩阻 100~300Pa 进行计算,A~B 之间的管路总阻力为 19.8kPa,计算见表 1,相关附图见图 1。但此设计显然是不太合理的,调整后图纸见图 2,按照控制比摩阻 100~

300Pa 进行计算,A~B 之间的管路总阻力为 7.2kPa,计算见表 2。同时对此处异程式空调管段进行水力计算,按照控制比摩阻 50~150Pa 进行计算,此处管道总阻力 4.4kPa,对于风机盘管系统来讲,水力平衡较容易,管道的管径见图 2,计算见表 3。

表 1 原设计 A~B 之间管段水力计算表

Table 1 The hydraulic calculation table between A~B pipe section in the original design

序号	负荷 kW	流量 L/s	管径	管长 m	v m/s	R Pa/m	ΔP_y Pa	ζ	动压 Pa	ΔP_j Pa	$\Delta P_y + \Delta P_j$ Pa
1	76.55	3.66	DN65	0.5	1.01	265.94	132.97	0	507.22	0.00	132.97
2	82.35	3.94	DN80	8.5	0.77	126.91	1078.74	5	298.85	1494.24	2572.98
3	88.15	4.21	DN80	1.12	0.83	144.94	162.33	1	342.40	342.40	504.74
4	93.95	4.49	DN80	4.54	0.88	164.16	745.31	1	388.92	388.92	1134.22
5	105.54	5.04	DN80	3.5	0.99	206.19	721.66	5	490.84	2454.19	3175.85
6	109.73	5.24	DN80	11.4	1.03	222.53	2536.86	3	530.54	1591.63	4128.49
7	117.43	5.61	DN80	1	1.10	254.23	254.23	1	607.63	607.63	861.86
8	15.40	0.74	DN40	1.3	0.56	165.01	214.51	0	155.37	0.00	214.51
9	23.10	1.10	DN50	11.5	0.50	94.86	1090.93	3	125.19	375.58	1466.51
10	25.20	1.20	DN50	3	0.55	112.17	336.51	5	148.90	744.50	1081.01
11	36.79	1.76	DN50	4	0.80	234.12	936.49	1	317.45	317.45	1253.94
12	42.59	2.04	DN50	1.72	0.92	311.66	536.05	1	425.37	425.37	961.42
13	48.39	2.31	DN65	8	0.64	108.58	868.66	5	202.62	1013.10	1881.76
14	54.18	2.59	DN65	1	0.71	135.32	135.32	1	254.08	254.08	389.40
小计	919.35	43.93		61.08			9750.56	32		10009.08	19759.64

表 2 修改后 A~B 之间管段水力计算表

Table 2 The hydraulic calculation table between A~B pipe section in the modification design

序号	负荷 kW	流量 L/s	管径	管长 m	v m/s	R Pa/m	ΔP_y Pa	ζ	动压 Pa	ΔP_j Pa	$\Delta P_y + \Delta P_j$ Pa
1	76.55	3.66	DN65	0.5	1.01	265.94	132.97	0	507.22	0.00	132.97
2	82.35	3.94	DN80	5.4	0.77	126.91	685.32	3	298.85	896.54	1581.86
3	109.73	5.24	DN80	5	1.03	222.53	1112.66	1	530.54	530.54	1643.20
4	117.43	5.61	DN80	1	1.10	254.23	254.23	1	607.63	607.63	861.86
5	15.40	0.74	DN40	1.3	0.56	165.01	214.51	0	155.37	0.00	214.51
6	23.10	1.10	DN50	11.5	0.50	94.86	1090.93	1	125.19	125.19	1216.12
7	48.39	2.31	DN65	5	0.64	108.58	542.91	3	202.62	607.86	1150.77
8	54.18	2.59	DN65	1	0.71	135.32	135.32	1	254.08	254.08	389.40
小计	527.13	25.19		30.7			4168.85	10		3021.85	7190.70

表 3 异程式空调管段水力计算表

Table 3 Hydraulic calculation table of the direct return air conditioning pipe

序号	负荷 kW	流量 L/s	管径	管长 m	v m/s	R Pa/m	ΔP_y Pa	ζ	动压 Pa	ΔP_j Pa	$\Delta P_y + \Delta P_j$ Pa
9(GH)	11.59	0.55	DN40	10	0.42	95.43	954.29	14	88.03	1232.41	2186.70
10(GH)	15.78	0.75	DN50	6.6	0.34	45.63	301.16	2	58.40	116.79	417.95
11(GH)	21.58	1.03	DN50	2.8	0.47	83.14	232.79	2	109.18	218.37	451.16
12(GH)	27.37	1.31	DN65	7.4	0.36	36.20	267.91	17	64.85	1102.48	1370.39
小计	76.32	3.65		26.8			1756.15	35		2670.05	4426.20

根据以上的计算和分析，可以得出以下结论：在管路水力平衡设计时，没有必要严格要求所有末端设备保持同程，可仅使多数设备的管路同程，把同程环路控制在较小的半径内；同时在异程管路处，选择较大管径，控制较小的比摩阻，异程管路也便于水力平衡。从而减少环路半径，减少管材。减少环路半径为选择较小的水泵扬程提供了条件，达到节能的目的。

2.2 案例 B

以 B 小学的某层平面图为例，在一个小学中，一般包括多个教学楼、办公楼等，如果设计时采用完全同程的形式，环路的半径将很大，在环路干管相连接的三通将很多，系统阻力太大。设计时可以

将楼栋划分为若干个区块的并联，同时将较不利区块中，长于其它区块的管道比摩阻控制为较小值，此管道比摩阻控制为较小值时，管道的当量长度较小，从而利于各个区块之间的平衡，从而减小服务半径，降低系统阻力；平面图见附图 3，系统图见附图 4。图中三通 1 与三通 2 之间，三通 3 与三通 4 之间，都是两个区块并联。为了区块之间的水力平衡，三通 1 与三通 2 之间、三通 3 与三通 4 之间的供水管道是较不利区块，长于其它区块的管道，为了减少其阻力，控制较小的比摩阻，三通 1 与三通 2 之间的供水管道采用 DN50，而不是 DN32，三通 3 与三通 4 之间的供水管道采用 DN65，而不是 DN40，这样区块之间就很容易平衡了。

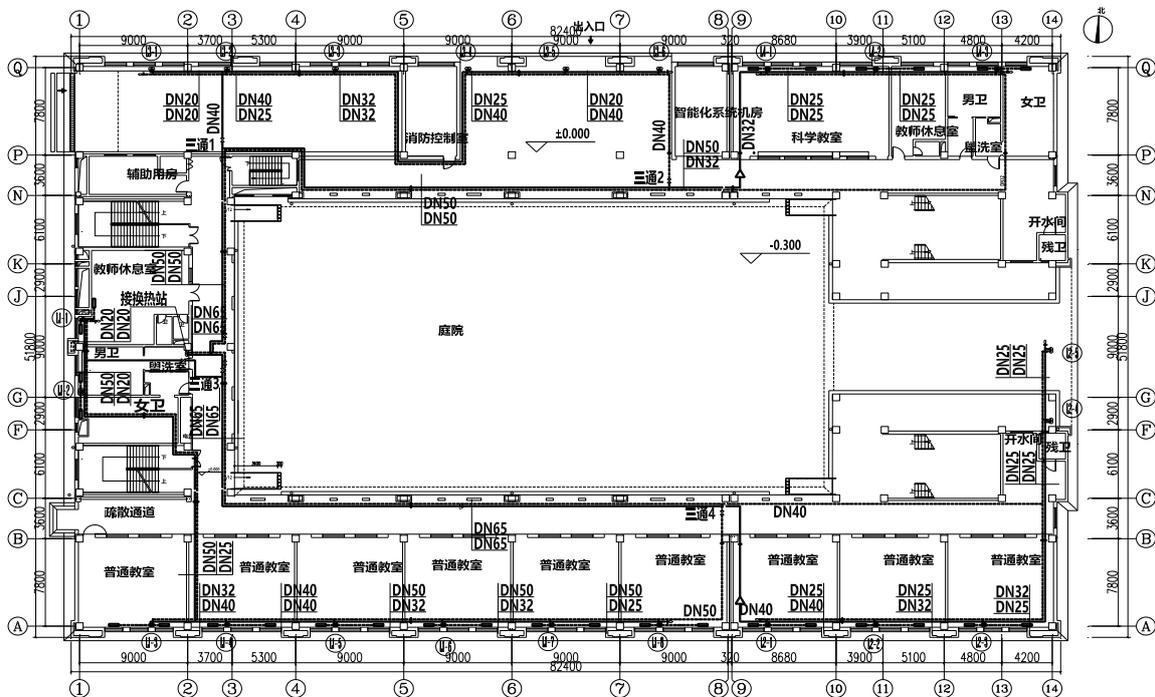


图 3 B 小学一层供暖平面图

Fig.3 One floor heating plan of the B Primary School

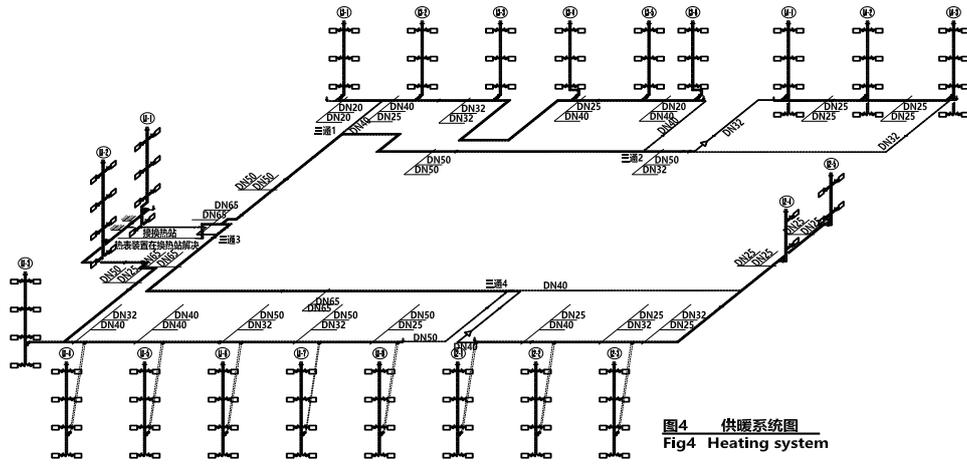


图 4 供暖系统图

Fig.4 Heating System

根据以上分析,可以得出以下结论:当管路服务半径较大时,可以将服务对象划分为若干个区块的并联,同时将较不利区块中,管道较长区块的管

道比摩阻控制为较小值,利于各个区块之间的平衡,从而减小服务半径,降低系统阻力。

2.3 案例 C

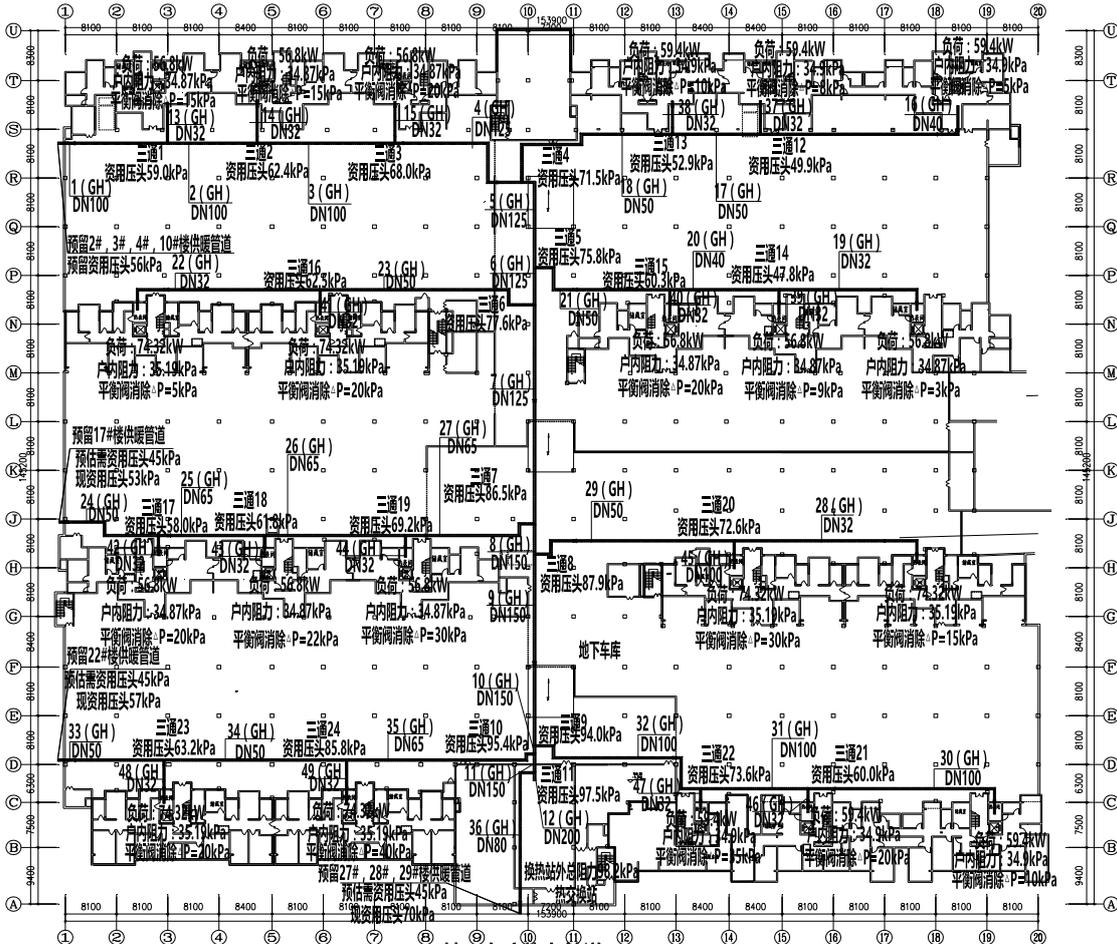


图 5 地下车库热力管道平面图

Fig.5 Thermal pipe plane of the underground garage

(6) 在最不利管路上三通平衡计算中, 应同时计算支干线各个三通的资用压头, 按照同样的方法, 计算支干线各个三通处的平衡。

通处的资用水头, 计算各个三通处两个管路之间的平衡, 可以确保达到水力平衡, 同时可以有效的减小有利环路的管道管径, 达到降低造价的目的。

根据以上计算: 在异程式系统中, 根据各个三

表 6 三通 11 水管平衡水力计算表

Table 6 Water pipe balance hydraulic calculation table of tee 11

序号	负荷 kW	流量 kg/h	管径	管长 m	v m/s	R Pa/m	ΔP_y Pa	ζ	动压 Pa	ΔP_j Pa	$\Delta P_y + \Delta P_j$ Pa
36 (GH)	517.9	17815.8	DN80	52.2	0.99	196.5	10259.6	7	480.8	3365.5	13625.1
小计	517.9	17815.8		52.2			10259.6	7		3365.5	13625.1
预估阻力 kPa		45.0									
管路阻力 kPa		13.6									
富裕阻力 kPa		35.0									
支路总阻力 kPa		93.6									
三通 11 资用压头 kPa		97.5									
不平衡率%		4.0									

3 结论

经过以上分析和计算, 有以下结论:

(1) 在管路水力平衡设计时, 没有必要严格要求所有末端设备保持同程, 可仅使多数设备的管路同程, 把同程环路控制在较小的半径内; 同时在异程管路处, 选择较大管径, 控制较小的比摩阻, 异程管路也便于水力平衡。从而减少环路半径, 减少管材。减少环路半径为选择较小的水泵扬程提供了条件, 达到节能的目的。

(2) 管路服务半径较大时, 可以将服务对象划分为若干个区块的并联, 同时将较不利区块中, 管道较长区块的管道比摩阻控制为较小值, 利于各个区块之间的平衡, 从而减小服务半径, 降低系统阻力。

(3) 在异程式系统中, 根据各个三通处的资用水头, 计算各个三通处两个管路之间的平衡, 可以确保达到水力平衡, 同时可以有效的减小有利环路的管道管径, 达到降低造价的目的。

参考文献:

- [1] GB/T 50155—2015, 供暖通风与空气调节术语标准[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2015.
- [2] CJJ 34—2010, 城镇供热管网设计规范[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010.
- [3] CJJ/T 55—2011, 供热术语标准[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2011.
- [4] GB 50736—2012, 民用建筑供暖通风与空气调节设计标准[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2012.
- [5] JGJ 26—2010, 严寒和寒冷地区居住建筑节能设计标准[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010.
- [6] GB 50189—2015, 公共建筑节能设计标准[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2015.
- [7] 焦宏照, 杨志刚, 李英. 平衡阀设置问题的讨论[J]. 建筑节能, 2011, 39(12): 29-33.
- [8] 焦宏照. 低温地板辐射供暖用户前的混水设计[J]. 暖通空调, 2012, 42(11): 105-108.
- [9] 焦宏照, 李英, 王娜. 低温地热井+热泵机组供暖的经济性分析[J]. 建筑节能, 2016, 44(4): 108-113.