
水力管网全面平衡技术

[瑞典TA公司]Robert Petitjean等著

郎四维 冯铁栓 译

吴元炜 审校

中国建筑工业出版社

符号和单位

符 号	单 位	说 明
β		阀权度
DN		公称直径或阀门尺寸型号
ΔP	kPa, mH ₂ O或bar	系统两端差压或者阀门前后压降
ΔT	K	温差或温降(L)(1K = 1°C)
H	kPa, mH ₂ O或bar	水泵扬程
h	%	阀门的相对开度, 即最大开度的%
K_v		阀门系数, 相当于阀门前后压降1 bar时的流量值(m ³ /h)
$K_{v,1}$		阀门全开时的 K_v 值
μ	厘泊(mm ² /s)	水的粘度(厘泊)
η	%	效率。输出的有用功率与输入功率的比值
O_d		过流系数
P	W, kW或Hp	功率, 出力
p	kPa, mH ₂ O或bar	压力
ρ	g/cm ³	密度
q	L/s, L/h或m ³ /h	水流量
RF		阀门的可调比
STAD		平衡阀, 常用STAD-1, STAD-2等名称
t	°C	温度
V		控制阀, 常用 V_1 , V_2 等名称
v	m/s	速度

本书分别介绍了生物的温度自动调节,人们感受的舒适性,室内热环境及行为,控制回路及平衡,热(冷)源机组及平衡,输配系统及平衡,变水量系统的平衡以及平衡工具,并附有输配系统设计,输送费用估算,怎样避免水泵气蚀,TA公司平衡阀开度设定值的线算图等内容。本书可供采暖空调工程技术人员参考。

责任编辑
技术
责任

CONTROL OF INDOOR CLIMATE
Second Edition 1988
Tour & Andersson

水力管网全面平衡技术
[瑞典TA公司]Robert Petitjean等著
郎四维 冯铁栓译
吴元炜 审校

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)
新华书店经销
中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

开本: 787×1092毫米 1/32 印张: 6⁵/₈, 字数: 147千字

1991年12月第一版 1991年12月第一次印刷

印数: 1—3,070册 定价: 4.65元

ISBN7-112-01429-8/TU·1055

(6465)

序

采暖空调系统的目的是为居住者造成适宜的热环境。多年实践表明，国内已建成的采暖系统中各室冷暖不均现象普遍存在。尽管很多房间达到了暖和要求，但总有一部分房间温度偏低，甚至有低于 10°C 的情况，造成用户投诉，管理者头痛。不少地方采取增加锅炉、增加循环水泵容量和台数的措施，结果往往是原来冷的房间温度升高了，原来暖和的房间过热了，冷热不均的问题并未完满解决。由此却带来投资、设备及能源的浪费。不少单位和专业工作者对实际系统做过调研分析，确认上述问题多数是水系统水力不平衡造成，并在探寻解决问题的技术手段和方法上也取得一定成效。

我们在研究采暖供热节能问题过程中突出地感到，从我国采暖供热系统现状来看，省钱而有效的节能途径是首先搞好水系统的水力平衡。水力平衡搞好了，一方面可以实现住户普遍暖和的宗旨，另一方面可以使热源的供热能力得到充分发挥（提高锅炉运行效率，节约燃煤，例如锅炉 1 t/h 的供热能力目前可满足 10000m^2 住宅建筑采暖之用），减小循环水泵的尺寸和运行电耗，综合节煤节电率达20%以上。对已有系统而言，节约的运行费用在经济上足以补偿为实现平衡所增加的投入。对新设计的系统，经过合理设计，投资并不一定比常规系统增多。

在我们工作过程中，接触到瑞典TOUR & ANDERSSON 公司为介绍其平衡技术而编写出版的《TOTAL BALANCING》一书，该书介绍了他们开发平衡技术的缘起，并从理论和实际结合上系统地阐明了平衡对于采暖供热空调系统的重要性，解决平衡的技术途径及该公司开发的供平衡用的技术产品。如此系统阐述平衡技术的专著在技术文献中尚属首次。我们认为该书对我国采暖供热空调技术工作者充实水系统平衡技术方面的知识，更好解决系统问题也有实用价值。因此建议中国建筑工业出版社给予出版中文本，并请郎四维、冯铁栓同志翻译。我们衷心希望这本书能受到广大专业同志的欢迎并对实际工作有所裨益。

吴元炜

作者序言

舒适的室内热环境，有效地利用能量，安全地运行及较低的投资费用，这些通常是采暖和空气调节水力系统设计的目的。新技术正在使采暖、通风及空气调节领域实现这种目的的可能性日益增加，尤其是控制技术(包括直接数字控制)已取得飞速发展，这为在节能的同时改善室内舒适度提供了可能。

然而在实际运行条件下，电子控制器似乎经常不能达到预期的效果。通常，这不是控制器自身的原因，而是由于没有为它提供一个合适的运行环境。

只有在系统基本上处于设计流量情况下，控制器才能发挥出它的功能。但是达到设计流量并非象想象的那么简单，即使对各环节都进行了正确设计及设备选型，施工中也总会出现这样或那样的改变及一些小差错，这些都会影响流量。纵然每一环节都严格按设计要求去做，也不能保证水力平衡。

系统应该实现平衡，达到水力一致性及协调性。编写这本手册的目的就是要阐明为什么要平衡及如何实现平衡。

人们常常低估平衡的重要性及复杂性。虽然有许多专业人员对平衡工作并不十分厌烦，但在他们看来，往往认为这只是一项简单且乏味的工作，而且这种观点不知为什么还被认为是理所当然的。

在能源价格低廉，大多数系统规模不大、对舒适度要求不很高时，这种观点尚还站得住脚，因为可以选用容量较大设备来弥补潜在的不平衡问题。但是在今天，随着系统规模越来越大，对舒适度及能源有效利用要求的提高，设备容量偏大越多，随之产生的问题也越多。

为了在尚未开展节能及改善舒适度工作的大部分建筑中能有实质性的突破，需要对平衡有一个崭新的、全面的理解，它超出了目前在输配系统侧所进行的、惯例性的、通常较为粗糙的平衡工作。为了达到整个系统协调性及均一性，热（冷）源侧以及输配系统侧，并包括全部控制环路都应该实现平衡。

当然，说要比做起来容易，特别是大型系统，平衡工作是复杂的，而且也是费时的。

为了满足不断壮大的暖通空调专业队伍的需要，TA集团从简化各种型式采暖、空调水力系统平衡工作，并考虑到所有环节及合理的精度出发，长期以来一直致力于专门技能、调试平衡方法的研究，及专门工具、仪表及部件的开发工作。这本手册阐述了TA集团提出的全面平衡概念的精华部分，据我们所知，它也是第一本这种类型的书。

衷心希望这本手册对暖通空调专业人员有实用价值。

Robert Petitjean

1988年3月18日于Ljung

作者介绍

这本书的大部分章节由工程硕士(工业工程)Robert Petitjean撰写,他任Tour & Andersson集团系统技术董事、并任比利时Charleroi技术大学讲师。部分章节由工程学士(暖通空调)Nils Nykom和工程硕士(机械工程)Sven Sandberg撰写。Nils Nykom先生曾任暖通空调顾问工程师,现任瑞典Ljung市Tour & Andersson公司阀门厂平衡产品分部经理;Sven Sandberg先生在瑞典Gothenburg市从事顾问工程师工作。

前 言

自从1973年及1979年两次石油危机以来，实际能源价格已上涨四倍多。与此同时，人们越来越认识到室内热环境对人体健康及生产率的重要性，并提出了较高的室内热环境标准的要求。这种趋势敦促了控制器生产厂家开发更新、更完美的产品。

从理论上来说，新技术已足以满足这种新的要求，但实际上却经常不如人意。相当多的、配备了最现代化控制器的采暖及空调系统，却全面地在不合理工况下运行。一些专家甚至声称，当今只有不到一半的采暖系统及只有三分之一的空调系统，能在合理能耗下提供要求的室内热环境。

在系统地收集及分析不同工况下采暖及空调水力系统运行情况时，可以发现下述现象相当普遍：

- (1) 小负荷或中等负荷时室温波动
- (2) 大负荷时出力大大不够。
- (3) 满负荷时建筑内各房间之间室温有相当大的差异。

人们的抱怨不只是因为室温过高或过低，而且还抱怨末端装置产生噪声及室温持续上升或下降。出现这种抱怨的系统，与建筑中采暖及空调设备运行正常的系统相比，能耗要高出40%。

尽管一些系统进行了正确设计及正确的设备选型，同时

还采用了最先进的控制技术，然而上述问题依旧出现，公众的舆论是认为控制不灵。

但是，应用电子手段来解决这类问题的努力极少有成功的。通常这种问题是由于一些环路流量过大，另一些环路流量过小引起的，即使是当今最完美的控制器，也需要正确的流量才能发挥其预期的功能。下面我们将会看到，要纠正这种最为普遍的弊病，应从水力系统着手，而不是电子控制系统。

全面平衡的含义

在采暖和空调的闭式、机械循环系统中，与设计者期望的环路水流量相比，一些环路中水量大大偏高，而另一些环路水量大大偏低。平衡的目的，是确保对这种系统稳定及精确的控制。

平衡工作包括调整压降，以保证在设计负荷时系统的所有环路达到设计流量值：

（1）必须平衡系统的热（冷）源侧环路，使流经锅炉及冷水机组的水流量为设计值，保证任何负荷情况下热（冷）源侧与输配管网侧相协调。

（2）必须平衡系统的输配侧环路，保证任何负荷情况下全部控制阀及末端装置能够获得设计流量。

（3）必须平衡控制回路，保证控制阀的良好工作条件，并使一次、二次环路水量协调。

只有实现了上述三方面平衡的系统，控制器才能发挥出它的功能，否则，舒适度要变差，能耗会增高。

TA提出的全面平衡概念，包含了整套专门技能及用于

精确地调整系统水力部件平衡的实用步骤，这使得系统能由控制单元按设计要求获得控制。

换句话说，全面平衡是实现控制系统及水力系统完美结合的一种方法，它由以下五个步骤来实现：

1. 保证控制系统设计与水力系统设计协调一致。
2. 选择正确的控制阀门特性。
3. 保障控制阀具有良好的工作条件。
4. 确保在设计负荷下全部末端装置都获得设计流量。
5. 实现所有一、二次环路联接处流量协调一致。

实现了以上步骤，就可能在最低的能耗下，稳定且精确的控制室内热环境。

为了简化系统全面平衡工作，TA 推出软硬件配合应用的系统方法，以达到最佳效果。它包括如下内容：

1. 手册。这是一本内容新、易理解，介绍基础平衡技能的手册。

2. 专题研讨会。为初学者及专业人员举办各种水平的专题研讨会，重点从实用方面研讨室内热环境时能耗优化问题。

3. 方法。平衡新系统及旧系统时采取的合理步骤。

4. 计算机程序。用于进行热损失及管径计算，确定末端装置型号及平衡阀预设定开度值的简化计算。

5. 平衡阀。这是关键部件，它用来测量及调整至设计流量，并具有必要的测量精度。

6. 差压流量计。也用于计算 TA 平衡阀的预设定开度值。

7. 比例式泄流阀。在变流量系统中用于稳定差压，以保持三通控制阀及散热器恒温阀的理想工作条件。

具有设定功能的散热器阀门。恒温型或者手动型。允许用户调节每组散热器的流量，并具良好控制所必需的较高精度。

虽然这本手册是为了阐述TA的全面平衡方法、设备及平衡工具。但是其中大部分内容是阐述一般特性，有普遍性，与选用什么样设备及方法等无关。

如何阅读这本手册

第一章：室内热环境与人的行为

讨论了室内热环境对我们健康及行为的重要性。因为满足人的室内热环境的需要是平衡工作的最终目的，所以要弄清这种需要是平衡工作合乎逻辑的出发点。

第二章：为什么要平衡

检查用于建立良好室内热环境的主要设备的性能及相互影响。重点是检查控制回路及控制阀的功能，以及使控制器能有效地进行控制所必需满足的水力条件。

第三章：如何平衡

叙述热（冷）源，输配系统及具有自动二通阀及三通阀的各种类型控制回路平衡的实用方法，也包括选用控制阀型号及特性的指南，和系统中稳定差压的方法。

第四章：平衡工具

简要地阐述了为获得良好平衡效果所需要的设备。

此外，还包括一些附录，它涉及到平衡工作中可能有用的基础资料。

定 义

自动装置：不需人干预而动作的任何装置。

平衡：为获得水力环路中设计流量而进行的差压测量及调整过程。

平衡阀：一种阀门，它至少有如下特性：

（1）可以进行水量的测量和调整，且具有 $\pm 10\%$ 精度。

（2）开度值的隐式记忆装置。

（3）截止功能。

环路：用管道将一些水力装置联接起来，并形成一条连续的、封闭的、水在其中循环的通道。

舒适性：指一种舒适的室内热环境状态，这种热环境不会引起不愉快及烦躁等

协调性：设计温度工况下，一次环路中流量与温降乘积与相应二次环路中流量与温降乘积保持基本一致的工况。

控制：通过过程实际值与要求值间差值的反馈，作用于控制信号，使得过程实际值与要求值间偏差为最小。

被控制环路：指含有自动二通或三通控制阀的任何环路。

控制回路：由传感器、控制器、执行机构、控制阀、末端装置及房间组成的，具有反馈电路的闭式回路。

控制阀：根据从控制器接收到的信号，通过环路自动地传送一定数量能量的装置。

设计值：系统设计者为使系统按要求运转而确定的流量，温

度及其它参数的量值。

差压：通常由泵产生的压力，用于驱动液体在水力系统中循环。

增益：在放大器或任何系统中，输出信号与输入信号的比率。

均一性：水力系统中，某一环路的工况不致对其它环路有不利的影响。

振荡：一种不稳定的控制工况，被控制量的数值在要求值附近上下波动。

水力学：研究水或其它液体处于静止或运动状态的力学的一门科学。这本手册专门涉及水的流动。

暖通空调水力学：研究机械水循环的供暖或供冷系统的一门科学。

水力系统：应用水循环进行供暖或供冷的任何系统。

室内热环境：建筑中或建筑一部分房间中的主要的或者平均的微气候状态。它由空气温度、壁面温度、天花板表面温度、地板表面温度及其它表面温度、相对湿度、空气循环及空气流速诸因素确定。

接口：一次环路及二次环路相联接处。

装置：指安装在建筑内和采暖及（或）空调系统的设备、管路、配件、控制器、配线等。

压降：当水受迫在差压下循环于具有水力阻力的设备或管道时产生的压力损失。

一次环路侧：相对于一、二次环路联接处而言，指热（冷）源一侧。

机组：将某种形式能量转为贮存于水中能量的设备，如锅炉或者冷水机组。

二次环路侧：相对于一、二次环路联接处而言，指用户一侧。

系统：由部件及设备按需要及相互联系构成的系统，其部件在某结构形式中相互依赖及相互作用，如采暖系统，空调系统。

温降（升）：供水及回水管路中水的温差，或者环路中任意二点之间的温差。

末端装置：将加热或冷却的能量直接散发至室内的装置，如散热器；或者在散发至室内之前将能量转化为另一种形式的装置，如风机盘管。

全面平衡：这是TA提出的一个概念，它是指在水侧采取以下五个步骤后，便可实现对室内热环境稳定及精确的控制。

1. 保证控制回路设计与水力系统设计协调一致。
2. 选择正确的控制阀门特性。
3. 保障控制阀具有良好的工作条件。
4. 确保在设计负荷下全部末端装置都获得设计流量。
5. 实现所有一、二次环路联接处流量协调一致。

阀权度：由于阀门开度改变，使得阀门前后压降变化，而使阀门理论特性发生变化的程度，称之为阀权度。它等于控制阀打开时阀门前后压降与阀关闭时压降的比值。

阀门特性：在恒定差压条件下，流经阀门的流量与其相应开度的关系。

阀门的可调比：在恒定差压条件下，流经阀门全开时的最大流量与流经该阀门最小可控制流量的比值。

目 录

序

作者序言

作者介绍

前言

定义

符号和单位

第一章 室内热环境与人的行为

1.1 生物的温度自动调节.....	1
1.2 人们感受的舒适性.....	3
1.2.1 当量温度.....	5
1.2.2 容许偏差.....	5
1.2.3 均匀性.....	6
1.3 室内热环境及行为.....	6
1.3.1 室内热环境及安全操作.....	8
1.3.2 温度变化是如何影响人们的?	9
1.3.3 室内热环境控制的重要性.....	9
1.3.4 小结.....	10

第二章 为什么要平衡?

2.1 控制回路.....	11
2.1.1 六个部件.....	11

2.1.2	传感器	12
2.1.3	控制器	12
2.1.4	末端装置的特性	17
2.1.5	控制阀	19
2.1.6	小结	36
2.2	热(冷)源	38
2.2.1	不可理解的现象	38
2.2.2	流量正确的重要性	39
2.2.3	水量协调的重要性	44
2.2.4	小结	55
2.3	输配系统	57
2.3.1	建筑内室温不均匀	57
2.3.2	室温持续波动	59
2.3.3	能否增高水泵扬程?	61
2.3.4	能否改变供水温度?	63
2.3.5	小结	65
2.4	平衡的得益	66
2.4.1	平衡及室内热环境	66
2.4.2	平衡及能耗	67
2.5	小结	72
2.5.1	平衡为什么重要?	72
2.5.2	平衡达到的效果	73
2.5.3	平衡是怎样降低耗费的?	73
2.5.4	平衡是怎样增加收入的?	74

第三章 如何平衡

3.1	何处需要安装平衡阀	75
3.2	平衡热(冷)源机组	77
3.2.1	平衡水量协调性	77