

ICS 91.200

P66

广东省建设科技与标准化协会标准

T/GDJSKB ×××-2023

粤港澳大湾区既有建筑机电系统再调适 技术导则

Technical Guidelines for Readjustment of Electromechanical Systems
of Existing Buildings in Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay
Area

(征求意见稿)

20XX-XX-XX 发布

20XX-XX-XX 实施

广东省建设科技与标准化协会 发布

本标准不涉及专利

前 言

根据广东省建设科技与标准化协会《关于同意〈粤港澳大湾区既有建筑机电系统再调适技术导则〉〈石英砂蒸压加气混凝土板〉两项团体标准立项的公告》

（省建标协函〔2020〕003号）的要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考国内外相关标准，并在广泛征求意见的基础上，制定了本标准。

本标准主要技术内容是：1、总则；2、术语；3、基本规定；4、再调适的组织实施；5、通风空调系统再调适技术；6、配电与照明系统再调适技术；7、给排水系统再调适技术；8、再调适验收；附录A~附录F。

本标准由广东省建设科技与标准化协会负责管理，广东省建筑科学研究院集团股份有限公司和香港机电署负责具体技术内容的解释。

本标准在实施中，请各单位注意总结经验，随时将有关意见和建议反馈给广东省建筑科学研究院集团股份有限公司（广州市先烈东路121号，邮政编码510500），以供今后修订时参考。

本标准主编单位：广东省建筑科学研究院集团股份有限公司、香港机电工程署

本标准参编单位：

本标准主要起草人员：

本标准主要审查人员：

目 次

1 总则	1
2 术语	2
3 基本规定	3
3.1 技术与管理	3
3.2 实施与控制	5
3.3 安全要求	6
4 通风空调系统再调适技术	8
4.1 一般规定	8
4.2 再调适预检查	9
4.3 设备性能再调适	10
4.4 系统平衡再调适	13
4.5 联合运行再调适	15
4.6 交付和培训	16
4.7 季节性验证	17
5 配电与照明系统再调适技术	19
5.1 一般规定	19
5.2 再调适预检查	19
5.3 配电系统再调适	20
5.4 照明系统再调适	22
6 给排水系统再调适技术	24
6.1 一般规定	24
6.2 再调适预检查	24
6.3 给水系统再调适	25
6.4 排水系统再调适	27
7 再调适效果验收	29
附录 A 不同阶段再调适团队主要负责工作表	32
附录 B 再调适仪表要求	34
附录 C 水系统平衡再调适程序	35
附录 D 风系统平衡再调适程序	42
附录 E 集中空调冷水系统再调适策略	45
附录 F 变风量组合式空调机组再调适策略	48
本标准用词说明	52
引用标准名录	53

1 总则

1.1.1 为贯彻落实粤港澳地区建筑节能相关政策、法规，规范粤港澳地区既有建筑机电系统再调适工作，降低建筑机电系统能耗，提高建筑室内舒适度，编制本导则。

1.1.2 本导则适用于粤港澳地区既有建筑通风空调系统、配电与照明系统以及给排水系统的再调适。

【条文说明】描述的既有建筑机电系统再调适工作流程与技术方法为以上系统通用，制定的实施步骤，可根据实际需求进行调整。

1.1.3 粤港澳地区既有建筑机电系统再调适除了符合本导则要求外，还应符合国家、行业及地方现行有关标准的规定。

2 术语

2.1.1 既有建筑机电系统再调适

通过对既有建筑机电系统测量、诊断，分析存在问题，对系统进行调试或微改造，减少既有建筑能耗并提高室内环境品质。

2.1.2 项目再调适方案

描述业主单位对再调适目标、使用需求及再调适工作要求的文件，包括再调适目标、再调适范围、参照标准、时间计划、文件要求、安全要求、培训要求、验收方法等。

2.1.3 运行和维护手册

运行和维护手册是业主或运行单位使用的综合文件，当中包含有关建筑运行和维护的信息。

2.1.4 承包商（或再调适服务提供商）

具备暖通空调、照明、给排水等相关专业的理论和实践知识。该团队必须以量化结果为导向为项目提供再调适服务，确保建筑安全、舒适、节能运行。

2.1.5 联合运行调适

基于通风空调自控系统，对设备、系统的联合运行效果及功能进行动态验证的过程。

2.1.6 季节性验证

在典型季节对供暖空调系统的制冷能力、室内环境效果、调控性能、系统能效进行测试和验证的过程。

3 基本规定

3.1 技术与管理

3.1.1 再调适技术服务单位应具备相应的质量管理体系及技术水平。

3.1.2 既有建筑满足下列一条或多条条件时，宜做既有建筑再调适：

- 1 该建筑的能耗水平高于当地其他功能相似建筑的能耗水平。
- 2 该建筑整体或某些区域舒适性无法满足要求。
- 3 该建筑暖通空调系统、配电与照明系统、给排水系统部分设备与组件经常发生故障。
- 4 该建筑部分或全部使用功能发生改变，相应暖通空调系统、配电与照明系统、给排水系统完成改造更新的。
- 5 业主自身有意向提升建筑的安全可靠运行、运行能效和舒适性等级。
- 6 业主希望通过再调适降低能耗，控制运营成本，增加净现金流，从而提升资产价值。
- 7 业主有意将项目打造成为智慧建筑，融入物联网、互联网，并考虑数字化运营。

3.1.3 既有建筑机电系统再调适应以提高建筑物的整体能源使用效率、设备使用效果和建筑舒适性为目标。

【条文说明】再调适目标确定可依据设计文件和规范，如《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736、《建筑节能与可再生能源利用通用规范》GB 55015、《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243、《建筑节能工程施工质量验收规范》GB 50411、《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242、《建筑电气与智能化通用规范》GB55024-2022 等。根据业主要求进行调整、补充、细化。

3.1.4 既有建筑机电系统再调适团队宜包含以下人员：

- 1 业主（或业主代表）；
- 2 建筑管理人员；
- 3 运行和维护人员；
- 4 承包商（或再调适技术服务商）。

3.1.5 再调适团队各阶段主要工作内容见附录 A。

3.1.6 再调适实施前，业主应对自身内部的运行和维护人员进行能力评估，确保

内部的运行和维护人员能配合实施再调适工作。

【条文说明】配合再调适工作需要运行和维护人员熟悉建筑机电系统的安装、运行模式和了解建筑内用户的需求。如果内部的运行和维护人员不适合执行再调适任务，业主可考虑聘请外部再调适服务提供商，协助运行和维护人员。

3.1.7 既有建筑机电系统再调适的实施，应当尽量减少对建筑正常使用功能的影响，当无法避免时，应在再调适方案中明确受影响的内容。

【条文说明】在制定再调适方案时，需要充分考虑可能会影响建筑正常使用功能的因素，预留更多的工作时间。在再调适方案中列出这些影响因素，并与相关方商定降低影响的流程和方法，并得到相关利益方的确认。

3.1.8 既有建筑机电系统再调适过程中所使用的测试仪器和仪表应稳定可靠，并定期校准，其精度应符合相关标准的规定。部分常用再调适仪器和仪表的技术要求见附录 B。

3.1.9 既有建筑机电系统再调适实施过程中所使用的主要原材料、成品、半成品和设备的进场，应对其进行验收。验收应经再调适负责人认可，并应形成相应的记录。

【条文说明】若原材料、成品、半成品和设备等未能符合效能要求并通过验收，再调适负责人可要求更换。

3.1.10 再调适后，机电系统的可正常使用年限宜在 5 年或以上。

3.1.11 既有建筑机电系统再调适至少包括四个阶段：计划阶段，勘查阶段，实施阶段和验收阶段。

【条文说明】

1. 计划阶段主要是明确需求，通过实施初步调研，了解建筑的运行情况、记录运行参数与工艺过程参数控制要求，并制定既有建筑机电系统再调适初步计划。

2. 勘查阶段的主要工作内容是对建筑进行详尽的现场查勘与测试，确定再调适方案，通过分析计算，给出量化的再调适效果。

3. 实施阶段目标包含“既有建筑再调适”和“阶段验收”。

4. 验收阶段是既有建筑机电系统再调适的最后阶段，主要工作内容包运行管理人员培训及再调适效果验证。

3.2 实施与控制

3.2.1 再调试团队应确定再调适方案，再调适方案至少包括以下几个方面：

- 1 总体目标：包括各专业系统设备性能、节能环保、室内环境、舒适等总体目标以及各关键节点的时间控制目标。
- 2 安装质量目标：包括设备、管路、部件等安装质量控制目标。
- 3 性能指标：包括具体设备系统性能控制目标、平衡再调适目标、系统性能目标、室内效果验证目标等。
- 4 交付成果要求及培训要求。
- 5 再调适方案的确认、变更要求。
- 6 验收方法与原则。

3.2.2 再调适实施前，技术服务商应获取所有建筑设计和运行的信息，了解既有建筑运行情况。

【条文说明】在进行再调适过程之前，最关键文件是运行和维护手册。如果建筑物先前已经进行再调适，则应更新现有文件以反映建筑物当前的运行状况。承包商应进行一次建筑核查以观察运行情况并核对所收集的数据与实际安装情况进行比较。

3.2.3 再调适过程中出现简单的安装不规范、缺陷等问题应以书面的方式通知相关责任单位整改，并对整改结果进行复验；对于再调适过程中发现的复杂的无法快速解决的问题，应建立问题日志。

【条文说明】日志中记录问题发现、诊断、分析、解决处理及处理结果验证的过程，相关测试数据、诊断报告等作为问题日志附件。

3.2.4 再调适实施后，再调适人员应收集实施后的数据，核实再调适情况。将实施后的数据与原本基准数据进行比较，检查是否达到预期的再调适效果。

3.2.5 再调适实施后，再调适效果应通过本标准第 7.1.8 条的方式确定。

3.2.6 再调适报告应至少包括以下内容：

- 1 既有建筑概况；
- 2 现有设施运行需求；
- 3 勘查结果与实施措施的描述；
- 4 更新节省估算和实际改良成本；
- 5 中央控制及监控系统趋势计划和数据记录器的诊断 / 监控计划；

- 6 设备与系统测试或评估结果；
- 7 建议进行再行调适的频率；
- 8 保养新改进的建议；
- 9 再调适设备改进清单。

3.3 安全要求

3.3.1 再调适前，再调适供应商应根据地下管线建（构）筑物等资料，勘查再调适现场，掌握工程、设施和环境状况，并在再调适方案中明确组织安排。组织安排的实施应符合规定的程序。

3.3.2 再调适实施前，应对再调适安全技术管理人员及现场作业人员进行专业培训。特种作业人员应持证上岗。

【条文说明】特种作业是指在劳动过程中容易发生伤亡事故，对操作者本人，尤其对他人和周围设施的安全有重大危害的作业。

特种作业人员应经过劳动保护监察机关或其委托单位组织的安全技术培训、考试合格取得相应的《特种作业操作证》。劳动保护监察机关或其委托单位应每两年对特种作业人员进行复审，确认合格；复审不合格者，应撤销其《操作证》。

3.3.3 再调适实施前应进行安全技术交底；再调适中各项安全防护措施和设施应达到国家和地区有关规定的要求；再调适机具的使用应符合相应的安全操作规程。

3.3.4 再调适现场特种作业应符合国家和地区现行有关标准的规定，再调适过程中应采取保证特种作业安全的有效措施。

3.3.5 高处作业应符合现行行业标准《建筑施工高处作业安全技术规范》JGJ 80的规定。临边作业应设防护栏杆，悬空作业应设作业平台等防护设施，攀登高处、上下基坑(沟槽)应设安全梯等设施。

【条文说明】凡在坠落高度基准面 2m 以上(含 2m)有可能坠落的高处进行的作业为高处作业。

3.3.6 对空调系统供回水管路进行再调适时，应认真查阅设计图纸，调节水管阀门时应注意各管道压力，避免因误操作引起的水管高压爆裂、泄漏，管路上设备高压损毁等问题。

3.3.7 对运用中电力线路进行再调适，应在再调适方案中明确完整的工程技术方

案。

1 再调适工作前，项目管理部门应召集业主方、建筑管理人员、运行和维护人员、承包商和再调试技术服务商对项目内容、技术方案、施工组织、安全管理等进行论证，并明确施工计划和安全措施。

2 再调适组织安排、计划需经业主方、建筑管理人员、运行和维护人员、承包商和再调试技术服务商签字认可。

3.3.8 在一条线路上工作，应仅设一名工作负责人。

1 若一条线路上同时有几项工作，应按实际情况合理增设若干小组负责人。

2 仅工作负责人与电力调度联系（接受调度命令、向调度汇报工作、提出申请等）；

3 小组工作负责人与工作负责人联系（接受命令、汇报工作等）。

3.3.9 需要变更电气设备双重名称（名称、编号，以下简称设备名称）时，电力调度应提前下达书面通知，通知中除注明设备原名称、新名称外，还应规定变更时间。

3.3.10 因电力线路（包括架空和电缆线路）调整改造需要变更设备名称的，设备更名应与再调适工作同时进行。

【条文说明】

1、应以设备第一次停电后或确认工作许可的时间作为设备名称变更时间。

2、在此情况下，电力调度员要向工作负责人、变电站值班员及相关调度下达设备更名命令，并做好调度记录。

3、工作负责人、变电站值班员在接到设备更名命令后，要在运行记录中做好变更记录，并通知有关人员执行变更后的设备名称。

3.3.11 线路架设和灯具安装应由专业持证电工完成。

3.3.12 作业前，电源线路检查应无破损，漏电保护装置应灵活可靠。

4 通风空调系统再调适技术

4.1 一般规定

4.1.1 通风空调系统的再调适范围应包括以下设备及相关系统：

1 通风空调设备主要包括：

(1)冷源系统：冷水（热泵）机组及冷却塔；

(2)输配系统：冷冻水泵，冷却水泵；

(3)末端系统：空调机组，新风机组，风机盘管，通风机及变风量末端装置（VAVbox）等。

(4)通风空调控制系统。

4.1.2 通风空调系统再调适工作实施阶段宜包含再调适预检查、设备和系统平衡再调适、系统联合再调适、培训和交付、季节性验证 5 项内容

【条文说明】根据业主实际情况与需求，在业主方同意批准的情况下，再调适工作实施阶段包含的工作内容可作一定程度的增减。具体内容如下：

1. 再调适预检查包含符合性检查及缺陷检查。

2. 设备和系统平衡再调适是先对各个设备性能进行调适再对系统风平衡及水平衡进行再调适，确保设备及系统正常运行并达到设备的设计要求。

3. 系统联合再调适在机电系统相关自控系统安装完成后实施，应包含控制器、执行器准确性验证、控制功能验证、逻辑验证、系统联动、优化控制效果验证等。

4. 项目交付阶段应组织对业主方和物业团队进行系统培训。培训组织方应制定培训计划，确定每次培训的内容、培训人员，时间安排。为与目标设备与系统相关的运行维护人员提供培训，培训内容与资料应至少包括：a) 目标设备与系统常见故障的诊断；b) 所实施的再调适策略的基本原理以及带来的目标设备与系统运行参数的改变；c) 保持再调适成果的运行维护要求。

5. 通风及空调系统应在典型工况开展季节性验证。对于运行控制以及再调适效果验证与时间、人员、气象参数等因素相关联的目标设备与系统，需要在影响因素的可能最大变化区间内进行运行控制参数的调整，确保再调适策略在不同运行条件下达到预期效果，从而满足项目需求书中的需求。季节性再调适期的长短由影响因素出现最大变化区间所需要的时长决定，通常在 3 个月到一年。

4.1.3 再调适实施需要关闭设备系统时，应对系统停用造成的影响进行评估，并

做好系统临时关停应对通知及事项。

4.2 再调适预检查

4.2.1 通风空调系统再调适预检查应分别对资料和现场进行符合性检查和缺陷检查。

【条文说明】再调适预检查目的是为了保证整个再调适工作所需的资料充分完备、深入理解目标设备与系统的设计思路、主要能源使用，当涉及多个组件时，组件间的联合运行逻辑关系。确定现场设备是否存在严重缺陷故障，确保后续再调适工作的方案合理性并稳定进行。

4.2.2 资料预检查应包括设计资料预检查、设备资料预检查、施工过程资料预检查和验收资料预检查。

【条文说明】承包商在再调适开始前应收集所需资料，并对资料进行全面预检查，检查目的是确保具备再调适开展的条件。其中设计资料预检查一般包括：1) 通风空调系统设计图纸和风系统、水系统的设计参数；2) 完整的水力平衡计算书；3) 通风空调自控系统图纸完整、自控功能完善，应有完备的自控方案；4) 对于动态运行系统应提供详细的控制逻辑和关键控制参数。设备资料预检查一般包括主要设备的产品样本、出厂检测报告、技术说明书、技术参数等相关技术资料。施工验收资料预检查一般包括：1) 设备及管路（包括压力容器、水盘管和热交换器等）安装记录；2) 水管、风管的打压实验记录，严密性应符合要求；3) 水管、风管、各种电线导管等隐蔽工程的检查记录；4) 检修空间充足、检修通道便利；5) 风道漏风量试验记录等。

4.2.3 通风空调系统再调适预检查阶段应做好对系统相关负责人的问询工作。

【条文说明】通风空调系统在使用过程中的实际情况与设计资料存在差异，需要通过对系统相关负责人开展问询工作全面了解系统实际运转、运维情况，并针对系统再调适部分进行细致的了解。

4.2.4 现场检查应进行符合性检查和系统缺陷故障检查，其中：

1 符合性检查包括设备安装位置、型号和铭牌参数符合性；管路走向、管道材质、管径规格等符合性；阀门、传感器、执行器等附件规格符合性；

2 系统缺陷故障检查包括检查重点区域、重点设备、原设计方案、安装过程、运行管理过程、系统管路的老化及损坏情况等。

【条文说明】现场检查是承包商通过现场预检查，对既有安装设备与设计和相关规范的

要求是否相符做出评价，以书面形式将评价结果提交至相关责任方，并跟踪是否在下一阶段工作开展前相应的问题得到处理和解决。

符合性检查的工作目的主要为核实空调系统的各相关系统、设备是否与设计要求相一致，此部分工作的内容仅涉及现场实际安装的设备与设计情况的符合性检查，不涉及具体的功能性检查和测试。

系统缺陷故障检查的工作目的是通过现场检查迅速发现因设备长期使用导致的老化损坏问题并及时整改。在再调适过程中，常见的缺陷故障主要包括性能缺陷和功能缺陷两类。性能缺陷如风管老化、风机风量明显降低、制冷量不足、减震措施老化、阀门渗漏等；功能缺陷如管道断裂、风机叶轮断裂缺失、电机无法运作，室内温控器无法运作等。

4.3 设备性能再调适

4.3.1 设备再调适前，应修复再调适预检查阶段发现的问题。

4.3.2 水泵再调适要求如下：

1 安装流量、压力、电力参数等测量装置，调节对应的阀门开度，使水泵流量达到额定流量，记录此工况水泵的进出口压力、进出口压力表高差、电压、电流、输入功率和功率因数；

2 调节相关阀门，逐一测试 75%、50%、25%额定流量工况下水泵的进出口压力和输入功率；

3 计算不同流量下的水泵扬程、效率，绘制水泵 H-Q、N-Q、 η -Q 性能曲线；

4 对于变频水泵，应更改水泵频率，重复步骤 2~3，绘制不同运行频率下的性能曲线。

分析计算及判定原则

测试参数满足以下要求时，则设备性能满足要求。

(1)流量与设定目标流量的偏差小于 $\pm 8\%$ ；

(2)H-Q、N-Q、 η -Q 性能曲线符合设备相关技术文件规定。

4.3.3 冷却塔再调适要求如下：

1 性能再调适参数主要包括干湿球温度、冷却水流量、冷却塔进出水温度、冷却塔风量、噪声、电压、电流、输入功率和功率因数等；

2 测试方法应符合国家标准《玻璃纤维增强塑料冷却塔》GB/T 7190.1-2018 等的要求；

3 现场应具备再调适参数所需的测试条件，合理确定测试仪表安装位置和方式；

4 调整运行工况接近设计工况，连续稳定运行 30min 后记录数据，出塔水温应比进塔水温滞后 2~5min 读数。

分析计算及判定原则

测试参数满足以下要求时，则设备性能满足要求。

(1)冷却塔的热力性能达到 95%或设定目标以上；

(2)噪声满足 GB/T 7190.1 第 5.2 条表 2 要求；

(3)G 型塔（工业型冷却塔）耗电比不大于 $0.05\text{kW}/(\text{m}^3/\text{h})$ 或设定目标，其他型塔（普通型、低噪声型和超低噪声型）不大于 $0.035\text{kW}/(\text{m}^3/\text{h})$ 或设定目标。

4.3.4 电制冷冷水（热泵）机组再调适要求如下：

1 性能再调适参数主要包含机组的进、出口水温、流量、供冷量、机组功率、电压、电流、功率因数、COP；

2 测试方法应符合国家标准《容积式和离心式冷水（热泵）机组性能试验方法》GB/T10870 的要求；

3 根据现场条件，合理确定测试仪表安装位置和方式；

4 调整运行工况接近设计工况，稳定后连续测试 60min，5~10min 读一次数，取读数的平均值作为测试的测定值。

分析计算及判定原则

测试参数满足以下要求时，则设备性能满足要求。

(1)制冷量达到设计值或设定目标的 95%以上；

(2)机组消耗总电功率不大于设计值或设定目标的 110%；

(3)冷水(热泵)机组的实际性能系数（COP）满足《广东省公共建筑节能设计标准》DBJ 15-51-2020 第 5.2.7 条的要求或设定目标。

4.3.5 组合式空调机组、新风机组

1 新风机组性能再调适参数主要包含机组出口（进口）风量、静压、表冷器（热水盘管）水流量及进出口水温、机组功率、电压、电流、功率因数；组合式空调机组性能再调适参数还应包括新风量、回风量及送风量；

- 2 测试方法应符合国家标准《组合式空调机组》GB/T 14294 的要求；
- 3 稳定运行后，调节风阀使新风机组达到设计风量；调节新、回风阀开度，使组合式空调机组新风比满足设计要求，调节送风阀使送风量达到设计风量；
- 4 通过调节机组进出口水阀，使表冷器（热水盘管）水量达到设计要求；
- 5 机组稳定运行 15min 后记录数据。

分析计算及判定原则

测试参数满足以下要求时，则设备性能满足要求。

- (1)风量达到设计值或设定目标的 95%以上；
- (2)机组功率不大于设计值或设定目标的 110%；
- (3)机组运行时噪声满足设计和使用要求；
- (4)机组供冷量和供热量的实测值不低于额定值或设定目标的 95%；
- (5)风道系统单位风量功耗率应满足《广东省公共建筑节能设计标准》DBJ 15-51-2020 第 5.4.9 条的要求或设定目标。

4.3.6 风机盘管再调适要求如下：

- 1 性能再调适参数主要包含风量、送风温度、相对湿度；
- 2 对于具有风量调节的风机盘管，通过调节风阀使其达到最大设计风量；
- 3 机组稳定运行 15min 后，测量送风温度、相对湿度，记录数据。

分析计算及判定原则

测试参数满足以下要求时，则设备性能满足要求。

- (1)风量达到设计值的 95%或设定目标以上；
- (2)运行时噪声满足设计要求。

4.3.7 风机再调适要求如下：

- 1 性能再调适参数主要包括送风量、送风管和回风管的静压值、电压、电流、输入功率、功率因数；
- 2 调节风阀，使得风机风量达到设计风量，稳定运行 15min 后记录运行数据。

分析计算及判定原则

测试参数满足以下要求时，则设备性能满足要求。

- (1)风量达到设计值的 95%或设定目标以上；
- (2)功率不大于设计值或设定目标的 90%；

(3)运行时噪声满足设计要求。

4.3.8 变风量空调箱再调适要求如下：

- 1 性能再调适参数主要包括变风量空调箱的出风风量、出口静压、噪声；
- 2 一次风风阀全关，风机侧流量阀全开；调节风机侧流量阀，风量达到设计风量；

分析计算及判定原则

测试参数满足以下要求时，则设备性能满足要求。

(1)风量达到额定值的 95%或设定目标以上；

(2)运行时噪声满足设计要求或设定目标。

4.3.9 末端出风口宜避免对人员常驻区域直吹，若出风口距离人员常驻区域较近，无法避免直吹，风口风量宜具有可调节性。

【条文说明】本条规定是为了人员常驻区域的风速尽量满足 0.2~0.3m/s，风口送出的低温空气一般比室内低 8~10℃，尽可能避免低温空气直吹常驻人员。

4.3.10 人员常驻区域宜保持在室内末端设备的回风口区域。

【条文说明】因出风口送出的低温气体在室内充分混合后流入回风口，回风口区域的风速及温度更加缓和舒适。

4.4 系统平衡再调适

4.4.1 空调风系统（全空气系统、新风系统、送排风系统）、水系统（冷（热）水系统、冷凝水系统和冷却水系统）应进行平衡再调适。

【条文说明】系统平衡再调适通过手动阀门与自动控制阀门的调节，实现冷热量供给与负荷需求的匹配，保证室内空调效果的均匀性和水力系统的可调性。

根据系统的运行特点可分为静态平衡再调适和动态平衡再调适。静态平衡再调适指的是自控系统未投入运行状态下，系统风量、水量初始平衡，动态平衡再调适指的是自控系统投入运行后，系统风量、水量根据负荷变化进行自动调整的平衡。静态平衡是动态平衡的基础和前提，应首先完成静态平衡再调适，以确保各末端具备要求的调节能力。

4.4.2 在主要设备性能再调适、相关管路安装完成并符合要求后应实施系统平衡再调适，并根据系统功能特点制定平衡再调适专项方案。

【条文说明】系统平衡再调适前应根据系统功能特点制定专项调适方案，方案中应包括：

1. 完善、清晰的系统图、子系统图及相关记录表格

2. 图中应标记各管段的风量、水量；

3. 图中应标记各管段上调节阀的编号及状态；

4. 平衡再调适程序；

5. 判定依据。

4.4.3 系统平衡再调适前，应根据设计要求和产品特性，对定风量阀、变风量调节阀和各种形式平衡阀进行检查、初始化和参数预设。

4.4.4 水系统平衡再调适前，应符合下列规定：

- 1 相关设备及水系统的安装质量和清洁程度应符合水系统平衡再调适要求；
(条文说明：什么要求？)
- 2 抽验主管道、末端设备上水过滤器的清洁程度；
- 3 水量调节阀应启闭灵活、关闭严密、动作可靠。

4.4.5 水系统平衡再调适宜采用比例调节法、补偿调节法和回水温度调节法，水系统平衡再调适程序和记录参考附录 C。

4.4.6 风系统平衡再调适前，应符合下列规定：

- 1 相关设备及风道系统的安装质量和清洁程度符合风系统平衡再调适要求；
(条文说明：什么要求？)
- 2 风道系统的漏风试验结果应满足要求；
- 3 调节阀应启闭灵活、关闭严密，具有良好调节性能。

【条文说明】漏风要求严格的风道系统，例如低温送风系统，除完成上述漏风试验、漏风检查外，宜采用红外热像仪进行全面的漏风检查，重点检查风系统内各个连接组件，包括：风阀、静压箱、消声器、弯头、变径风管等。

4.4.7 风系统平衡再调适宜采用流量等比分配法、基准风口调整法和逐段分支调整法，其中流量等比分配法流程参考附录 D。

4.4.8 平衡再调适完成后，应编制平衡再调适报告，至少包括以下内容：

- 1 完善、清晰的系统图、子系统图，图中包含各管段的平衡再调适结果、调节阀的编号及最终状态；
- 2 平衡再调适初始状态下和最终状态下各支路的流量、调节阀状态；
- 3 再调适过程中发现的问题、解决过程和结果。

4.4.9 系统平衡再调适后，风系统和水系统相关的风量、水量应满足设计或规范

要求。

4.5 联合运行再调适

4.5.1 通风空调系统应进行联合运行调适。

【条文说明】联合运行再调适的目的是通过对通风空调系统联合运行时各项功能和系统综合效果验证，确保整个通风空调系统的运转情况良好以及各项功能均可以正常实现。

4.5.2 联合运行调适应在设备性能调适完成、自控系统预检查并符合要求后实施，并在再调适方案基础上，结合系统形式和功能特点制定联合运行调适专项方案（包括逻辑优化程序），根据方案分部开展联合运行调适，再调适结果应符合要求。

4.5.3 联合运行再调适应包括下列内容：

- 1 通风空调系统自控功能验证；
- 2 系统和设备综合性能再调适；
- 3 系统综合效果验证。

4.5.4 通风空调系统自控系统功能验证应包括以下内容：

- 1 传感器校验；
- 2 受控设备单机测试验证；
- 3 系统联合运行再调适。

【条文说明】自控系统功能验证分三个层级：传感器校验、受控设备单机测试、系统联合运行再调适。

传感器校验主要是对现场的传感器进行逐一测试。通过测试确认传感器是否可以正确检测被测区域环境参数，精度符合设计要求，是否可以正确向自控系统反馈传感器数据。

单机测试验证是以被控系统为主线，根据控制逻辑的要求对各设备系统的控制程序进行测试，从而使被控的设备系统可以按照设计的功能需求投入使用。

系统联合运行再调适是在上位机（操作站）端对自控系统所控制的各设备间联动是否正正确进行调适和检查，同时对自控系统的图形界面进行检查。

4.5.5 系统控制功能验证完成后，应进行设备和系统综合性能调适。

【条文说明】设备和系统综合性能调适是指设备性能和自控功能调适完成后，系统基于自控系统运行，观察和记录设备运行状态和参数，对设备和系统的实际性能和功能进行分析和评估。

4.5.6 系统综合效果验证宜在典型工况下开展，应包括下列内容：

1 综合效果验证参数为室内噪声和设备噪声、热舒适性（温度、相对湿度、风速）、室内空气品质（氨、甲醛、苯、总挥发性有机物、氡、臭氧、PM_{2.5}浓度等）、系统能效（冷机实际性能系数、水系统回水温度的一致性、水系统供回水温差、水泵效率、冷源系统能效、单位风量耗功率、新风量、定风量系统平衡度）；

2 测试时应确保系统各设备运行稳定且正常，测试方法符合国家、行业 and 地区相关标准的要求；

3 测试结果应满足现行标准和设计使用要求。

【条文说明】空调系统综合效果测试一般包含室内温度、相对湿度、噪声。对于设置有净化装置的空调系统测试参数还应包括可吸入颗粒物浓度、PM_{2.5}浓度、甲醛、臭氧浓度等参数，对高大空间及有特殊工艺要求的区域测试参数还包括区域温差、风速场、温度梯度等。系统联合运行调适时室内一般没有人员，因此测试CO₂浓度无实际意义，导则中不再要求测试CO₂浓度。

室内PM_{2.5}浓度测试无测试和评价标准，但PM_{2.5}是近年来公众关注的重要指标，因此本导则中提出对PM_{2.5}浓度这个测试项目。测试和评价方案应与业主协商，主要目的为对比分析供暖空调系统在室外环境恶劣的情况下室内PM_{2.5}的浓度。

测试时首先应根据建筑规模、功能设置确定具体数量及选择的区域和房间，然后确定测试参数，并根据相关规范要求确定测点数量和位置，最后布置仪器开展测试工作。测试完成后进行数据导出、整理、分析等工作，最终形成测试结果报告，根据测试结果对综合效果进行整体评价。

4.5.7 水冷式集中冷水系统与变风量组合式空调机组的推荐调适策略见附录 E 和 F。

4.6 交付和培训

4.6.1

4.6.2 运行维护培训应根据所涉及目标设备与系统的规模与复杂程度，分成几次进行，每次时间不宜过长。并宜对培训课程进行录像，作为日后运行维护手册的一部分。

4.6.3 培训应由参与既有建筑机电系统再调适过程的相关专业技术人员组织。

培训的对象应为与目标设备与系统相关的运行维护人员，培训内容与资料应至少包括：

- 1 目标设备与系统常见故障的诊断；
- 2 所实施的调适策略的基本原理以及带来的目标设备与系统运行参数的改变；
- 3 保持调适成果的运行维护要求。

4.6.4 培训完成后应制定运行维护手册，并应包含以下内容：

1 若项目包括新增设备，应提供设备清单，设备清单应包括：设备识别号和名称；制造商名称；供应商联系人；设备位置；安装日期。

2 运行与维护手册应包括以下内容：安装承包商的联系信息；产品数据；测试数据；性能参数与曲线；安装说明；启动程序；运行策略；保养要求；零件清单；故障排除步骤；设计文件；测试、调节与平衡报告；保修信息。

3 涉及通风空调自控系统，点的名称（命名规则一致）、点的类型（输入、输出、设定值）、传感器与执行器类型与精度、对应的设备的名称与类型、所在的控制器名称、报警阈值、控制原理图等相关资料。

4 运行与维护培训资料与录像。

4.7 季节性验证

4.7.1 通风空调系统应在典型工况下验证系统的控制功能、系统实际效果、系统能效。

【条文说明】由于通风空调系统的控制策略、运行方式、实际运行效果存在典型的季节性，其随着为保证在各工况下系统良好运行，应开展针对不同季节的性能验证工作。

4.7.2 联合运行调适工作全部完成并满足要求后，应制定季节性验证方案。

【条文说明】验证方案应获得建设（业主）单位的认可，确保证方案的验证结果符合建设（业主）单位的要求。季节性验证前确保以下工作完成：

1. 设备性能调适后的性能满足设计要求；
2. 系统平衡再调适后末端的水量、风量满足设计要求；
3. 联合运行调适时发现的问题已解决；
4. 评估未解决的问题对现有工作的影响程度，对后续调适工作方案进行适当调整。

4.7.3 季节性验证至少应包括制冷季和过渡季，每个工况宜至少连续验证 5 天。

4.7.4 季节性验证宜基于通风空调自控系统的监测和记录功能开展。

【条文说明】季节性验证时应应对项目的运行记录进行核查，核查实际运行方式是否与系统功能相符，对于不相符的情况进行现场复核、分析，提出分析结果和整改意见。核查的运行记录应至少包括运行人员的工作记录、通风空调自控系统的运行记录。

4.7.5 不同季节的控制功能、系统综合效果验证方法参照 5.5 节，验证结果应符合设计和使用要求。

4.7.6 应对项目的实际能耗情况进行核查，核查系统总能耗、分项能耗的总量、变化趋势、所占比例等是否合理。核查的能耗数据应至少包括账单、能耗监测数据。

4.7.7 验证结果不符合验证方案要求的，应分析诊断并采取整改措施，确保实现最终效果。

5 配电与照明系统再调适技术

5.1 一般规定

- 5.1.1** 配电与照明系统再调适范围应包括建筑低压配电系统及其设备的再调适，以及照明灯具及其控制系统的再调适。
- 5.1.2** 再调适前应设定可量化、可计量的配电与照明系统再调适目标，确保设备运行安全、可靠、经济，性能满足使用要求，能效满足节能运行要求，并进行定期评价。
- 5.1.3** 对配电及照明系统的设备进行更新、更换时，应经过技术经济综合分析，选用节能环保设备产品，其技术性能指标应符合现行有关标准的规定，不得选用国家或地区已明令淘汰的设备产品。
- 5.1.4** 配电与照明系统再调适实施前应开展检查工作，包括资料检查和现场检查。资料检查应包括收集配电与照明系统的基本设备信息、运行维护记录、测试报告等资料；现场检查包括核对系统及设备数量、信息，检查设备及部件运行状态，测试设备性能参数和环境参数。在检测工作基础上，通过计算分析，对系统运行效果和能效状况进行诊断和评价，确定再调适具体对象和项目，制定再调适实施计划。再调适实施计划应包括技术经济分析，以及风险识别和应对措施等内容。
- 5.1.5** 配电与照明系统再调适的实施不应影响建筑的正常运行和使用，并应在满足建筑物使用要求、保证卫生安全和健康、不影响配电与照明系统及设备使用寿命等基础上实施。

5.2 再调适预检查

- 5.2.1** 配电与照明系统再调适预检查应包括资料核查和现场检查。
- 5.2.2** 资料核查应进行设计资料核查、设备资料核查和施工过程资料核查和验收资料预检查。

【条文说明】

1 设计资料检查：收集并查阅配电照明系统设计图纸和竣工图纸，检查其信息和设计参数是否完整，评估设计内容是否考虑了系统再调适的需求；

2 设备资料检查：收集并查阅设备厂商提供的各主要配电照明设备的产品样本、技术说明书、操作说明书、运行维护说明书、技术参数等相关技术资料；

3 施工过程资料检查：重点检查再调适工作相关的施工记录，包括配电照明设备及电缆桥架安装记录、接地电阻检测记录、电缆及母线绝缘电阻检测记录、隐蔽工程的检查记录等，确保当前已完成的施工工作能满足再调适的要求。

5.2.3 现场检查的内容应包括设备参数、设备数量、安装情况、保护措施、标识设置等。

【条文说明】检查内容根据再调适方案确定，主要设备安装情况应符合设计和规范的要求，一般包括如下内容检查：

1. 工作空间、接触途径及维护设施是否足够；
2. 导体的连接；
3. 电缆、保护导体等回路的标识；
4. 电缆选择的大小相对于载流量及电压降值是否足够；
5. 所有器具和电器元件是否正确连接，尤其是插座、灯具、隔离开关、断路器、剩余电流动作保护器和保护导体；
6. 是否设有防火封堵和防止热效应的保护措施；
7. 防止直接接触及带电部分，可将带电部分绝缘、设障碍物或外壳以作保护；
8. 是否设有适当的隔离及开关器件；
9. 保护及指示器件的选择和调校；
10. 电路、熔断器、保护器件、断路器、隔离开关及终端的标志；
11. 用于不利环境的器具及保护措施的选择；
12. 是否具备危险及警告性的告示；
13. 是否具备图表、指示及其他同类的资料；
14. 作保护或开关用途的单极器件，是否仅与相导体连接；
15. 故障防护的方法；
16. 如何防止器件间彼此产生不利影响的措施；
17. 安装方式。

5.3 配电系统再调适

5.3.1 配电系统再调适应在安全、可靠运行的前提下，以降低配电损失，提高电能质量为目标，再调适对象范围应包括从变压器到配电网线路及配电照明设备。

【条文说明】配电损失过高及电能质量过低均降低配电效率，造成不必要的能量损失，以及导线和设备过热，并间接增加了空调系统冷负荷。配电系统再调适应专注于配电网络及设备电能质量，识别并挖掘潜在的节能机会。公共建筑中的配电系统通常包括 10/0.4kV 变压器到 400V 主配电柜出线回路。

5.3.2 当配电系统结构改变或末端负荷发生较大变化时，应及时进行配电系统再调适，并宜每五年进行一次。

5.3.3 配电系统再调适过程中，应识别配电系统中所有可用的计量表具并收集历史数据，当无计量表具时，可安装临时或额外的计量表具，便于挖掘节能潜力和评价再调适前后的效果。

【条文说明】从长期看，安装永久的配电系统计量表具及自动监测系统是提升建筑用能管理能效更为有效的手段。

5.3.4 配电系统再调适应首先对系统及设备的实际运行状况进行评估，应根据其设备类型、能效等级、服役时间、运行时长等信息，制定检查、检测及评估方案，确定再调适优先等级。

【条文说明】配电照明系统是由各类配电照明元件及装置组成的，这些配电照明元件及装置在长期的运行过程中经历着不断地电气和机械磨损、应力、氧化等老化失效进程，而且不同类型的元件及装置，老化进程各不相同。

5.3.5 变压器再调适宜包括：

1 通过检查变压器能效等级，检测变压器的空载损耗与负载损耗，与《电力变压器能效限定值及能效等级》GB20052 中变压器能效等级指标进行对比，当能效等级低于 3 级时，宜进行节能型变压器改造方案的技术经济性分析。

2 通过变压器负载率分析，判断变压器长期负载率是否过高或过低，变压器长期工作负载率不宜大于 75%。当长期负载率过低宜进行替换为容量适合的节能型变压器的技术经济性分析。

【条文说明】变压器更换方案应进行可行性分析以及技术经济性分析，包括变压器容量的调整及能效等级的选择等。

5.3.6 配电系统再调适应包括低压配电系统功率因数检查，包括：

1 检测低压侧总进线处功率因数，功率因数不宜低于 0.9，高压侧功率因数指标，应符合当地供电部门的规定。

2 检测低压配电柜主要出线回路功率因数，当主要回路的无功补偿容量大于100kvar，且供电距离较远时，应进技术经济性分析设置就地无功补偿装置。

3 检查现有补偿装置的有效性及投入使用情况，包括检查无功补偿控制器的设定值是否合理，测试无功补偿装置内电容器的容值是否正常。

【条文说明】功率因数首先应满足当地供电部门的使用要求。补偿装置的容量可根据实际运行的情况计算确定。

5.3.7 配电系统再调适应包括低压总进线处及低压柜主要出线回路的三相电压及电流、配电系统的三相负荷不平衡度的检查，三相电压不平衡度不应超过2%，配电系统的三相负荷不平衡度不宜大于15%。

5.3.8 配电系统再调适应包括低压总进线处及低压柜主要出线回路的谐波值的检查，检查结果应符合下列规定：

1 380V 的电网标称电压，电压总谐波畸变率(THDu)不应超过5%；

2 谐波电流不应超过《电能质量公用电网谐波》GB/T14549中规定的允许值。

当检测结果不符合以上要求时，应根据谐波源的性质、谐波参数等，应提供有针对性的谐波抑制及谐波治理措施，系统中具有较大谐波干扰的地点宜设置滤波装置，并进行技术经济性分析。

【条文说明】随着LED灯具、变频器等非线性设备的大量使用，既有建筑的谐波含量逐年升高，谐波治理可有效的提高电能质量、减少谐波损耗、提高设备使用寿命等。

5.4 照明系统再调适

5.4.1 照明系统再调适应以提高照明质量和照明节能为目标，并根据项目建筑布局、使用功能、使用频率及业主需求确定照明系统再调适区域。

【条文说明】照明再调适区域确定应结合使用者需求，并包含建筑主要功能空间及使用频率较高的空间。照明主要判定和检测依据包括《建筑照明设计标准》GB50034、《照明测量方法》GB/T5700等。

5.4.2 照明质量的再调适参数宜包括照度、照度均匀度、显色指数、眩光等，各再调适区域的再调适参数结果应满足相关标准的规定和使用要求，当不满足标准规定和使用要求时，应结合技术经济分析调整再调适方案。

【条文说明】各功能区应避免过度照明，照度宜控制在设计或功能需求范围的110%以内。

5.4.3 照明节能再调适参数可包括灯具效能、照明功率密度、照明控制模式等，照明节能再调适不应降低合理的照明质量，并应符合下列规定：

1 抽检现有主要使用灯具类型的效能，当灯具效能较低时，应经技术经济分析替换为 LED 等高效能灯具。

2 抽检各个主要使用区域的照明功率密度，当超过照明功率密度现行标准值时，应进行照明系统调整。

3 检查各区域采用就地控制灯具的控制模式。当房间灯具数量在 2 盏及以上时应采用分组控制模式，且每个开关所控制的光源数不宜多于 6 盏。

【条文说明】照明节能再调适应结合照明质量再调适，不能降低合理的照明质量，即节能再调适后的照明质量应满足相关标准及合理的使用需求。当灯具效能较低或照明功率密度超过现行标准值时，应开展技术经济分析，替换为 LED 等高效能灯具。

5.4.4 照明控制系统再调适应先复核系统的控制方式，分区域梳理现有系统控制方式，与业主协调、确认使用需求，并制定本次再调适的控制方式。控制方式宜包含“时钟控制”、“照度自动调节控制”、“动静探测控制”、“区域场景控制”、“手动遥控控制”等组合。根据控制方式进行照明控制系统的再调适。

【条文说明】制定控制方式时应复核照明回路的设置情况，宜基于现有照明回路现状、节能性及业主需求制定控制逻辑。

5.4.5 对于没有安保要求的间歇性使用空间，宜采用时序控制的自动调光、启停控制、人员行动感应控制等控制措施。

5.4.6 根据不同照明场所的需要，对于具备调光能力的系统，宜根据自然采光条件及用户需求，合理调节照度。具有天然采光的区域应能独立控制。

5.4.7 室外道路照明，应随日出日落季节性时间变化及时调整开关时间。

6 给排水系统再调适技术

6.1 一般规定

6.1.1 给排水系统再调适范围应包括水箱、水泵、系统管路、卫生器具、传感器和控制装置。

6.1.2 给排水系统再调适能实现以下目标：

- 1、所有设备、系统安装和性能应满足设计要求；
- 2、与给排水系统相关的所有自动控制功能经过验证，且满足设计和规范要求，系统整体在不同工况下的控制逻辑应正确。

6.1.3 给排水设备进行更新、更换时，应综合技术、经济分析，选用节能环保产品，其技术性能指标应符合现行建设工程标准和机电产品标准的规定，不得选用国家已明令淘汰的产品。（考虑放到基本规定，前面通风空调和配电照明也一样）

6.1.4 给排水系统再调适分为再调适预检查和设备系统再调适。

【条文说明】给排水系统检查和测试的内容应包括但不限于本导则条文中所列项目，当测试数据与标准规范或设计要求之间存在偏差时，应进行说明和分析。所有检查及测试结果应记录在测试记录表中。

6.2 再调适预检查

6.2.1 给排水系统再调适预检查应包括资料核查和现场检查。

6.2.2 资料检查应包括设计资料核查、设备资料核查、施工过程资料核查和验收资料核查。

【条文说明】承包商在再调适启动时应提供所需资料清单，并对业主方提交的资料进行核查，核查目的是确保再调适开展符合条件。

设计资料核查：收集并查阅给排水系统设计图纸，检查其信息和设计参数是否完整，收集并查阅系统的楼宇自控图纸，检查设计的楼宇自控功能是否完善，楼宇自控系统与给排水系统的匹配程度是否满足要求等。

设备资料核查：收集并查阅设备厂商提供的各主要设备的产品样本、技术说明书、运行维护说明书、技术参数等相关技术资料。

6.2.3 现场检查应包括核对系统及设备数量、信息，检查设备及部件运行状态，

测试设备性能参数和环境参数。

6.2.4 对系统运行效果和能效状况进行诊断和评价，确定再调适具体对象和项目，制定再调适实施方案。

【条文说明】再调适实施方案应包括技术经济分析，以及风险识别和应对措施等内容。

6.2.5 给排水系统再调适的实施不应影响建筑的正常运行和使用，应在满足建筑物使用要求、保证卫生安全和健康、不影响给排水系统及设备使用寿命等基础上实施。

6.3 给水系统再调适

6.3.1 给水系统再调适前，应符合下列要求：

- 1 给水设备、管路及阀门、龙头等部件安装完毕，安装质量符合相关要求；
- 2 对再调适预检查工作中发现的问题整改完毕；
- 3 存在未解决的问题时，应评估其对现有工作的影响程度，后续对再调适方案进行适当调整；
- 4 水系统管路、部件完成冲洗、消毒、压力试验，试验记录齐全，结果满足规范要求。

6.3.2 给水系统再调适前应检查以下内容：

1 充水前检查

- (1)确认水处理装置安装、再调适完毕且满足使用要求；
- (2)确认水系统水箱排污、溢水通畅；
- (3)确认设备、部件、止回阀、泄压阀安装正确、功能正常；
- (4)水箱、水龙头、过滤器等已经清洗，且满足要求；
- (5)补水系统连接正确。

2 机械检查

- (1)水泵
 - ①水泵叶轮自由转动；
 - ②减震措施安装到位；
 - ③皮带轮松紧合适；
 - ④轴承清洁且润滑适当。
- (2)电动阀和浮球开关

①阀门安装方式正确，正常动作；

②阀杆润滑适当。

3 配电检查

(1)接线盒内外清洁；

(2)确认配电系统安装完成且符合设计和规范要求，控制按钮安装正确；

(3)电缆规格型号符合设计且安全防护措施到位。

6.3.3 对所有水箱进行注水实验，浮球阀正常工作、水箱满水状态下，管路连接点应无渗漏。

6.3.4 变频水泵的试运转及再调适宜符合以下规定：

1 检查水泵及水箱安装基础状况，水泵减振系统是否调整，测量仪表是否安装到位；

2 检查水系统管路、阀门、软接及配电等安装是否符合规范要求，确认具备单机运转条件；

3 启动水泵观察压力、电流等运行参数是否正常，是否存在异响和振动；

4 通过控制器面板设定压力参数，观察水泵自动启停功能及变频控制是否正常，观察压力变化是否满足控制要求。

6.3.5 水泵性能再调适见 5.3.2 条。

6.3.6 给水泵组性能实验应在自动和手动模式下分别验证，设计流量、扬程、压力控制范围和精度应满足设计要求。

6.3.7 给水系统中各设备、部件及用水点的压力和流量均达到设计要求后，应无渗漏、损坏。

6.3.8 洗面盆及龙头检查与再调适应符合下列要求：

1 角阀能完全打开，龙头出水应通顺；

2 面盆溢满排水口接驳无渗漏，面盆去水应通顺。

6.3.9 淋浴器检查与再调适应符合下列要求：

1 冷水出水水源流量应满足使用要求；

2 热水水源温度变化时间及流量、混合水温应满足使用要求；

3 淋浴间地漏去水应通顺，无堵塞。

6.4 排水系统再调适

6.4.1 排水系统再调适前，应符合下列要求：

- 1 排水系统安装完成，安装质量符合相关要求；
- 2 再调适预检查工作中发现的问题已整改完毕；
- 3 检查确认隐蔽排水管道在隐蔽时已按规范要求完成灌水试验，且试验记录完整。

6.4.2 水压试验宜按以下要求进行：

- 1 对排水立管各末端进行密封；
- 2 将立管灌满水至最低卫生设备的水位，观察是否有渗漏现象；
- 3 记录试验数据，包括测试日期、试验位置、试验结果等。

6.4.3 排水系统的水平干管、主立管应按规范要求进行通球试验，通球球径不小于排水管道管径的 2/3，通球率必须达到 100%。

【条文说明】通球试验主要目的是检查管路是否通畅，一般只选择最高层卫生间最里面的一个坐便器进行试验，试验用球是塑料球，球从顶层的坐便孔里放入加水冲，在地面的排水井里观察球是否能出来。

6.4.4 卫生器具应做满水（通水）试验。关闭排水口，放水后，水位超过溢流孔时，水流应顺利溢出；打开排水口时，排水应该迅速排出。关闭排水口时应立即停止水流，龙头四周不应有水渗出；检查冲洗器具的灵敏度和可靠程度。

6.4.5 地漏应进行去水检查与再调适，将水源注入地漏内，检查地漏去水是否通顺。

6.4.6 污水泵的试运转及再调适宜按以下程序实施：

- 1 检查污水泵及相应控制系统安装是否符合要求、潜水泵吸入口处有无异物堵塞，确认是否具备再调适条件；
- 2 集水坑内放水，水位升至高于停泵限位液面时，手动启动水泵，观察液面是否下降，是否存在振动和异响，同时观察启动电流和运行电流是否正常；
- 3 水泵调成自动模式，放水到集水坑内，检查水泵控制功能是否正常，以及各限位控制的灵敏度及正确性。

6.4.7 所有排水泵应能在泵房通过紧急停止按钮停止运行，测试每组排水泵的先

后启动顺序和自动交替功能是否正常。

7 再调适效果验收

7.1.1 再调适完成后，各系统应满足以下要求：

- 1 设备的性能参数应符合再调试方案要求；
- 2 设备和系统安装质量应满足相关规范要求 and 再调试方案要求；
- 3 经过良好的平衡再调适，且再调适结果应满足再调试方案要求；
- 4 系统所有自动控制功能经过验证，且验证结果应满足本导则要求；
- 5 系统不同工况下控制逻辑正确，且控制精度应满足设计要求；
- 6 系统使用效果、能效应满足再调试方案要求。

【条文说明】机电系统再调适的最终目标是满足再调试团队指定的再调试方案要求，过程中的复验及最终验收的主要依据文件是细化的业主单位项目需求书，本条规定了再调适应该满足的基本要求。

7.1.2 机电系统再调适完成后应组织验收，确认各系统按本导则要求实施再调适工作，且再调适资料完整、有效。

7.1.3 再调适验收应由业主单位组织，建筑管理人员、运行维护人员、承包商、再调适技术服务商参加，再调适验收合格后应形成各方确认的验收记录存档

【条文说明】再调适验收宜在所有再调适工作结束后进行，实际工程项目为了和其他验收工作保持一致，根据业主要求亦可以在再调适各阶段验证，完成阶段性验证后再对资料进行补充和完善。

7.1.4 建筑机电系统再调适验收，应对以下资料进行审核：

- 1 再调适方案；
- 2 各专业再调适预检查及问题日志；
- 3 阶段再调适报告；
- 4 再调适总报告；
- 5 培训记录；
- 6 系统手册；
- 7 其他再调适过程中形成的资料。

7.1.5 根据目标设备与系统的运行特点，既有建筑再调适项目将分别采用一次或二次验收的方式。

7.1.6 当再调适实施阶段周期超过 1 个季度时,可按实际工程情况设置阶段验收。
再调适实施阶段全部完成后应进行最终验收。

【条文说明】承包商应与业主明确商定所采用的计算方法,以便承包商在实施阶段根据商定的测量和验证方式执行相同的计算方法以确定实际节能情况。

7.1.7 再调适各阶段过程中,应对再调适结果进行复验,复验方法及判定标准应在项目再调适方案中明确。

【条文说明】再调适复验是对再调适结果确认的手段,对于复验过程中发现的问题,应汇总记录并制订整改措施。整改完成后,应进行第二次复验,直到复验结果满足要求。

7.1.8 再调适的验收有三种基本方法: 1、各专业参数计量:可测量再调适前和再调适后的一个或多个关键参数的变化量; 2、耗电量计量。主要对比基准期和报告期内的电费账单数据及天气数据的变化量; 3、节能量模拟。收集建筑信息,通过市场上有的一系列建筑能耗模拟软件,模拟出该建筑基准能耗,并与再调适后的实测能耗进行比对,计算节能量。

【条文说明】各专业参数计量,主要应用于由业主要求对一个或多个参数进行再调适,可根据一定周期内调适前后一个或多个参数的变化量进行验收。耗电量计量主要应用于当存在多个不同系统、设备进行再调适并互相影响,难以单一判断某个或多个参数的变化量。节能量模拟主要应用于没有可用的基准资料及设施的许多系统都有节能量的影响的情况下。

7.1.9 当再调适结果、复验结果与项目再调适方案要求发生偏离时,应采取必要的整改措施。

按照再调适方案,逐一阐述再调适实施措施的情况。若实际实施再调适结果与再调适方案有差异,应阐明差异产生的原因以及改变的必要性;若工期延误,应说明延误原因。

【条文说明】在实际工程中,不可避免出现再调适结果与项目再调适方案要求偏离的情况。偏离需求一般采用以下两种方式处理:

1. 对再调适结果的偏离进行分析,对发现的问题进行整改,再次实施再调适,直到确保再调适结果能够满足要求。

2. 对于难于通过整改达到需求的问题,评估该问题对后续使用和效果的影响程度,并和业主单位充分沟通,确定是否需要修改项目再调适方案。

7.1.10 当目标设备与系统的运行以及再调适效果验证与时间、气象参数等因素无

关时，再调适项目采用一次验收的形式完成项目验收。验收宜在再调适策略实施完成后3个月内进行，验收内容为确认再调适策略完成情况以及再调适效果验证，由业主与再调适团队在服务条款中明确。

7.1.11 当目标设备与系统的运行以及再调适效果验证与时间、人员、气象参数等因素相关时，再调适项目采用二次验收的形式完成项目验收。第一次验收宜在再调适策略实施完成后3个月内进行，验收内容为确认再调适策略的完成情况，由业主与再调适团队在服务条款中明确；第二次验收，根据目标设备与系统的运行以及再调适效果验证与时间、人员、气象参数等因素的相关程度，确定从3个月到1年不等的季节性再调适期；在季节性再调适期满后3个月内进行。验收内容为再调适效果的验证，由业主与再调适团队在服务条款中明确。

附录 A 不同阶段再调适团队主要负责工作表

	计划阶段	勘查阶段	实施阶段		最终验收阶段
			再调适实施	阶段验收	
业主	制定再调适要求 提供项目 组织项目启动会议	与服务提供商合作建立再调适方案 商定将执行的再调适方案		验收阶段性再调适结果	验收再调适效果 更新业主对设施的管理要求
建筑管理人员	参加项目启动会议	提供相关资料和最新的运行维护手册	接受培训，了解再调适方案并实施	更新运行维护手册	更新运行维护手册
运行和维护人员；	参加项目启动会议	提供相关资料和巡查更新运行维护手册	接受培训，了解再调适方案并实施	更新运行维护手册	更新运行维护手册
承包商；	参加项目启动会议	测量风平衡和功能测量 根据调试要求确定诊断测试内容 商定测量和验证计划	实现再调适对所有系统和设备进行功能测量 提供培训 安装测量和验证设备	如有需要，对担保索赔作出响应	如有需要，对担保索赔作出响应
再调适服务提供商	参加项目启动会议 审查运行维护手册 将当前的设施要求与运行和维护手册中的运行要求进行比较 收集设施资料 建立基准 确定设施的状态	设施工作人员访谈和巡查 检查数据趋势，报警摘要和维修记录 外观检查 确定零成本或低成本行为和资本更新项目 为每个设备再调适建立初步的测量和验证计划评估	确定能耗基线 验证性能的变化 拍摄照片、屏幕截图和录像 验证再调适实施是否具有预期效果 提供培训 编写再调适报告	提交该阶段再调适成果及情况报告 对在实施过程中发现的问题执行跟进计划 制定下一阶段调适计划 更新档案、竣工图和技术规格书，控制原理图和逻辑顺序 制定阶段性运行和维护手册	验证再调适效果 交付再调适报告 对在实施过程中发现的问题执行跟进计划 制定持续调适计划 更新档案、竣工图和技术规格书，控制原理图和逻辑顺序

		在成本效益分析的基础上拟定再调适方案			制定最终运行和维护手册
		制定测量和验证计划, 并与承包商达成一致.			

附录 B 再调适仪表要求

分类	测量参数 (单位)	检测仪器	仪表准确度
风系统参数	空气温度 (°C)	玻璃水银温度计、电阻温度计、热电偶、温度计等各类温度计 (仪)	≤±0.5°C
	风速(m/s)	风速仪\毕托管和微压计	≤0.5m/s
	风量 (m ³ /h)	毕托管和微压计\风速仪\风量罩	≤5%
	动压、静压(Pa)	毕托管和微压显示计	≤1%
	大气压力(Pa)	大气压力计	≤2hPa
水系统参数	水温度 (°C)	玻璃水银温度计、铂电阻温度计等各类温度计 (仪)	≤0.2°C (空调) ≤0.5°C (采暖)
	水流量 m ³ /h	超声波流量计或其它型式流量计	≤1.5%
	水系统压力	压力仪表	0.4 级
室内环境参数	温度 (°C)	温度计 (仪)	≤0.5°C 热响应时间应不大于 90 秒
	相对湿度 (%RH)	相对湿度仪	≤5%RH
	噪声 (dB (A))	声级计	0.5dB (A)
	照度 (lx)	照度仪	≤4%读数
	风速 (m/s)	风速仪	≤5%读数
	静压差 (Pa)	微压计	≤1%
	二氧化碳 (ppm)	二氧化碳红外线气体分析器	/
电参数	电流 (A)	交流电流表、交流钳形电流表	不低于 2 级
	电压 (V)	电压表	不低于 1 级
	功率 (kW)	功率表或电流电压表	不低于 1.5 级
	功率因数	功率因数表	不低于 1.5 级
	转速 (r/min)	各类接触式、非接触式转速表	不低于 1.5 级
以上为检测仪器的基本要求,检测仪器的选择须根据检测量程范围和检测精度的要求进行确定。			

附录 C 水系统平衡再调适程序

C.0.1 静态水力平衡调节

C.0.2 准备工作

- 1 校核设计院提供的水系统每个分支的空调冷热水设计流量是否合理；
- 2 检查水泵、新风机组、空调机组和风机盘管的水过滤器是否已清洗干净；
- 3 检查空调冷热水管路的手动阀门（包括蝶阀、闸阀、静态平衡阀）是否处于全部打开状态，且阀门开度可调；
- 4 检查新风机组、空调机组和风机盘管的冷热水电动阀是否可以正常工作，且处于完全开启状态；
- 5 检查系统静压是否足够，以防止真空和气蚀；
- 6 检查一、二次水泵的开启台数是否符合设计要求；
- 7 在水系统平面图和系统图上详细标注设计流量。
- 8 准备好平衡再调适所需的记录表格和设备。

C.0.3 调节方法

常用的静态水力平衡调节方法有比例调节法和补偿调节法。

1 比例调节法

(1)适用条件

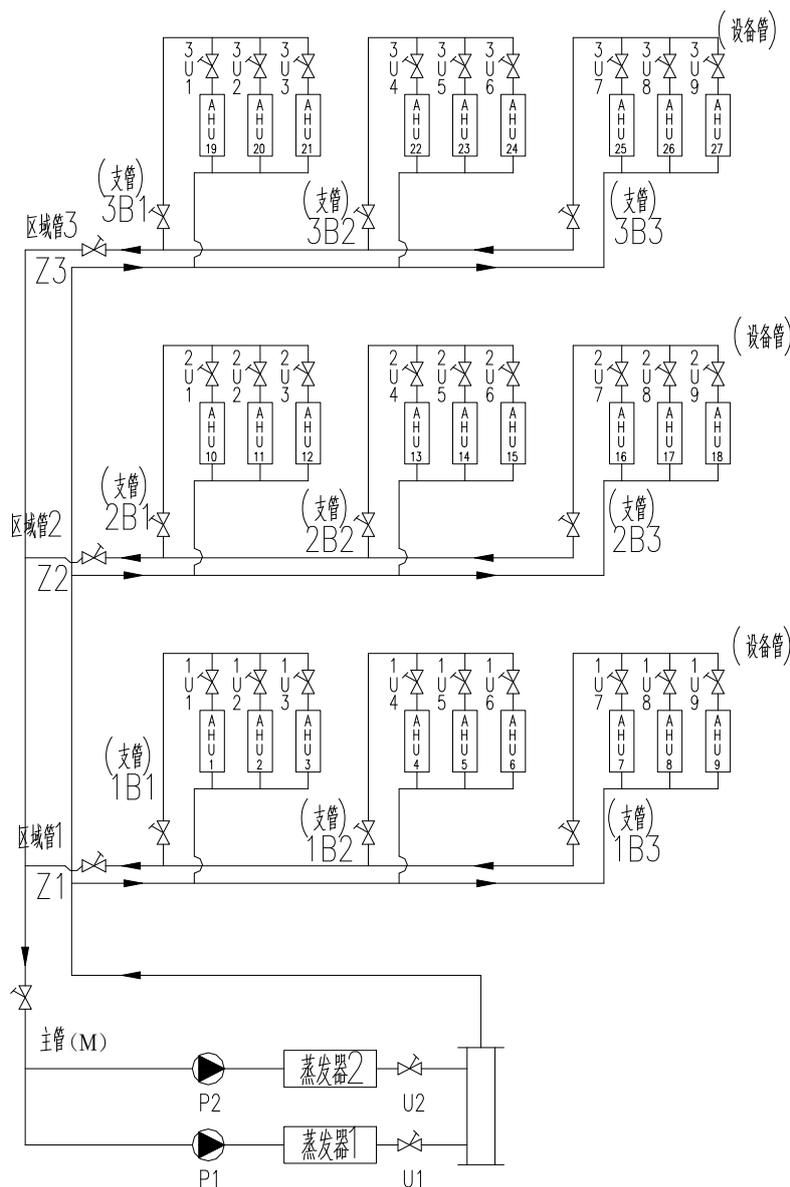
- ①每个支路的阻抗不发生变化；
- ②每个支路均安装具有良好调节特性的水利平衡阀。

(2)再调适范围

干管上的各立管间的平衡、立管上的各支管间的平衡、支管上各末端装置间的平衡。

(3)再调适步骤

a.支管上各末端装置间的平衡



附录图 1.1 分区空调冷冻水系统图

- a.1 启动并联冷冻水泵（P1 和 P2），此时冷水机组可以不运转。
- a.2 首先测量记录主管平衡阀（M）的总流量以及其与设计流量的流量比。
若总流量低于设计流量，可能是手动阀、平衡阀及温控阀等未全开，或管路中有气体，或（Y 型）过滤器堵塞，或水泵扬程不足。须逐一排除，找到并解决问题。
- a.3 逐一记录其他所有平衡阀的流量及其流量比，此时最不利环路上的阀门如 3U9，可能测不到流量，可不必理会。测量时无顺序要求。
- a.4 找出流量比值最大的区域管平衡阀，例如 Z1，通常为离水泵最近者，但也可能例外。
- a.5 找出区域平衡管 Z1 中流量比最大的支管阀例如 1B1，此支路及时应最先

进行平衡调节的管路。第一次测量的结果，即是实施平衡调节前的原始水系统状态。

a.6 在第一轮测量的结果中，找出支管阀 1B1 中流量比最小的设备管平衡阀例如 1U3，以此阀作为指标阀，保持其全开状态。此时，1U3 的流量可能低于设计流量，即其流量比小于 1。

a.7 将一台平衡阀测量计接在此指标阀（1U3）上，在以下步骤中测量其他设备管平衡阀（1U1、1U2）时，观察其流量比值的变化（可利用无线对讲机远方测试者通话，比对流量比值）。

a.8 调节主管平衡阀 M，使其流量在 100%至 110%设计流量间，例如取 110%，亦即流量比=1.10。

a.9 缓缓关小支管阀 1B1 中流量比值最大的设备管平衡阀（例如 1U1），使其流量比值降至 1.10。

a.10 继续关小流量比值次大的设备管平衡阀（例如 1U2），使其流量比值同样降至 1.10。

a.11 将所有流量比大于 1.10 的设备管平衡阀关小，使流量比值降至 1.10。

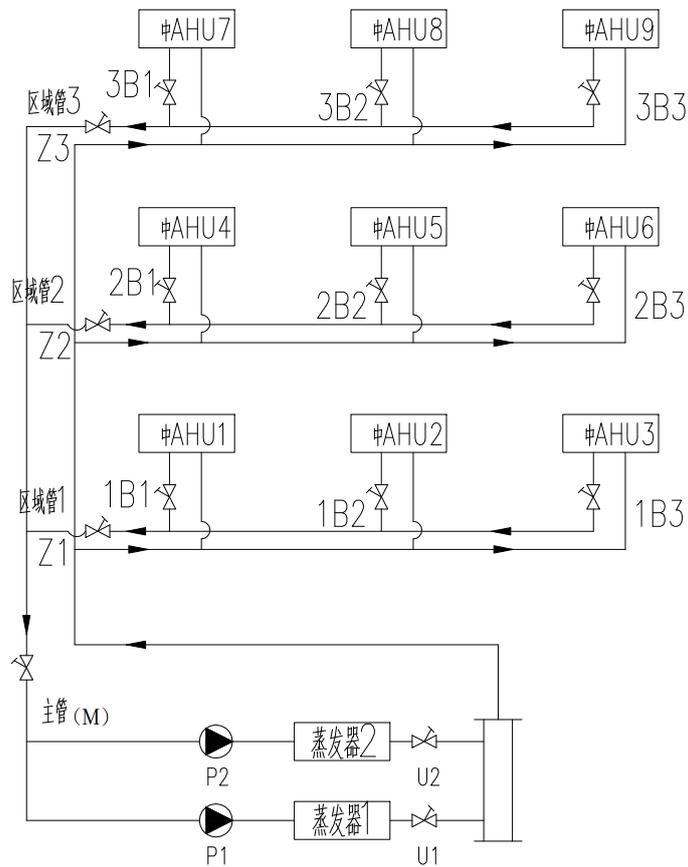
注：此时指标阀 1U3 的流量比值亦逐渐上升。

a.12 继续测量原流量比值小于 1.10 之设备管平衡阀，此次测量，将发现其流量比值上升，若上升至流量比 >1.10 ，将其流量比值调回 1.10。

在完成 1B1 支管中最后一个设备管平衡阀的测量和调节后，我们会发现之前完成的设备管平衡阀其流量比值已经变化，不再是 1.10 了。因此，我们需要重复 a.7 到 a.12 的步骤，直至 1B1 支管上所有设备管平衡阀的流量比值相等且等于 1.10。完成 1B1 支管调节后，我们将重复上述步骤，依次完成 Z1 区域管中流量比值次大的支管阀比如 1B2 的设备管平衡阀（1U4、1U5 和 1U6），直到属于同一区域管 Z1 的设备管平衡阀完成平衡调节为止。

同上步骤，继续对区域管 Z2 的设备管平衡阀 2U1~2U9 和 Z3 的设备管平衡阀 3U1~3U9 进行测量调节，直到完成所有设备管平衡阀的平衡调节工作。

b.立管上各支管间的平衡



附录图 1.2 设备管路平衡后采用“中 AHU”

完成设备管平衡阀平衡调节后，原各支管阀中各设备管阀对同一支管而言，就如同将原来单个的 AHU 组合成一台型号更大的“中 AHU”（如附录图 1.2），因此所有支管平衡阀(1B1~1B3, 2B1~2B3 及 3B1~3B3)之平衡作业与前述设备管平衡阀的步骤一样，其重点如下：

b.1 测量记录原流量比值最大的区域管阀 Z1 中的各支管阀(1B1、1B2 及 1B3)的流量及流量比值，以流量比值最小的支管平衡阀(例如 1B3)为指标阀。此指标阀（1B3）暂时保持全开状态，不调节。

b.2 将使用于步骤 a.7 中的设备管指标阀测量计，改接到此支管指标阀(1B3)上。

b.3 缓缓关小流量比值最大的支管平衡阀(例如 1B1)，使流量比值=1.10。

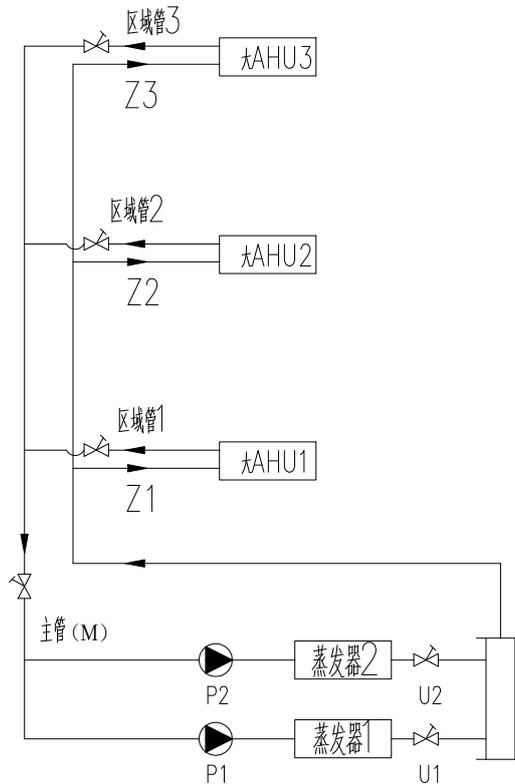
b.4 缓缓关小流量比值次大的支管平衡阀(例如 1B2)，使流量比值=1.10。

b.5 观察指标阀 1B3 的流量比值，若流量比值 >1.10 ，则将其调节为流量比值=1.10。

b.6 根据上述步骤，依序调节各支管平衡阀(2B1~2B3 及 3B1~3B3)，使其

流量比值等于 1.10。

c. 干管上各立管间的平衡



附录图 1.3 支管路平衡后采用“大 AHU”

完成支管平衡作业后，原各支管平衡阀（1B1、1B2 及 1B3），对区域管平衡阀 Z1 而言，就如同一台“大 AHU”（如附录图 1.3），因此所有区域管平衡阀（Z1、Z2 及 Z3）的平衡作业，如同前述支管平衡阀的平衡步骤一样，其重点如下（此时所有区域管平衡阀（Z1、Z2 及 Z3）仍为全开状态，但其流量比值已不同于初步测量时之流量比值）：

c.1 测量记录各区域管平衡阀（Z1、Z2 及 Z3）的流量及流量比值，以流量比值最小的区域管平衡阀例如 Z3 为指标阀。此指标阀 Z3 暂时保持全开状态，不调整。

c.2 将接于 b.2 中的指标阀测量计，改接到此区域管指标阀（Z3）上。

c.3 缓缓关小流量比值最大的区域管平衡阀（例如 Z1），使流量比值降为 1.10。

c.4 缓缓关小流量比值次大的区域管平衡阀（例如 Z2），使流量比值降为 1.10。

c.5 观察 Z3 的流量比值，若流量比 > 1.10 ，则将其调节为流量比 $= 1.10$ ；若流量比 < 1.10 ，则重新测量调节主管阀（M），使指标阀 Z3 的流量比值上升至 1.10。

d.干管的调整方法

干管上仅有一只平衡阀（M），故没有平衡问题，只有调整过程：

d.1 缓慢调节主管平衡阀（M）至流量比=1.00，并观察区域管指标阀（Z3）的测量计。

d.2 若 Z3 阀之流量比值等于 1.00，则其他所有平衡阀之流量比值亦应接近 1.00。

d.3 将阀 Z3 之流量计改接至初步测量中 FR 值最小之设备阀(例如 3U9)，若其流量比值等于 1.00，则完成冷水系统之平衡调整作业，否则继续微调流量比值 $\neq 1.00$ 之平衡阀。

d.4 将所有测得的数据记录下来，供编写水力平衡作业报告书用。基本上，设备管路、支管及区域管之平衡阀的重点是执行平衡作业，使各管路先达到平衡状态，即流量比值相等，但尚未调节至设计流量值（即流量比值=1.00）；而主管平衡阀的重点是执行调整作业，当主管平衡阀调节至流量比值=1.00 时，所有管路亦将自动以比例被调整为设计流量值而完成此水系统之平衡调整作业。

这时，系统中所有的水力平衡阀的实际流量均等于设计流量，实现了水力平衡。但是，由于并联系统的每个分支的管道流程和阀门弯头等配件有差异，造成各并联平衡阀两端的压差不相等。因此，当进行后一个平衡阀的调节时，将会影响到前面已经调节过的平衡阀，且对其相邻的支路影响最大。当个别平衡阀开度调节比较大的时候，则需对其相邻支路再次进行测量和调节。

2 补偿调节法

补偿调节法也是根据一致性等比失调原理，上游用户的调节会引起下游用户之间发生一致性等比失调。因此像比例调节一样，从最下游用户开始调节，由远到近把被调用户调节到基准用户。其他用户的调节会引起基准用户水力失调度的改变，但基准用户水力失调的改变又可以通过所在分支调节阀（称为合作阀）的再调整得以还原。各支线之间的调整也是如此。这种通过合作阀再调节来保持基准用户水力失调度维持在某一数值的调节方法称为补偿法。

C.0.4 动态水力平衡

动态水力平衡即在系统运行过程中，各个末端设备的流量均能达到随瞬时负荷改变的瞬时要求流量；而且各个末端设备的流量只随设备负荷的变化而变化，

而不受系统压力波动的影响。动态水力平衡调节主要利用动态平衡阀进行调节，每种平衡阀的功能和特性不同，调节方法不同。

附录 D 风系统平衡再调适程序

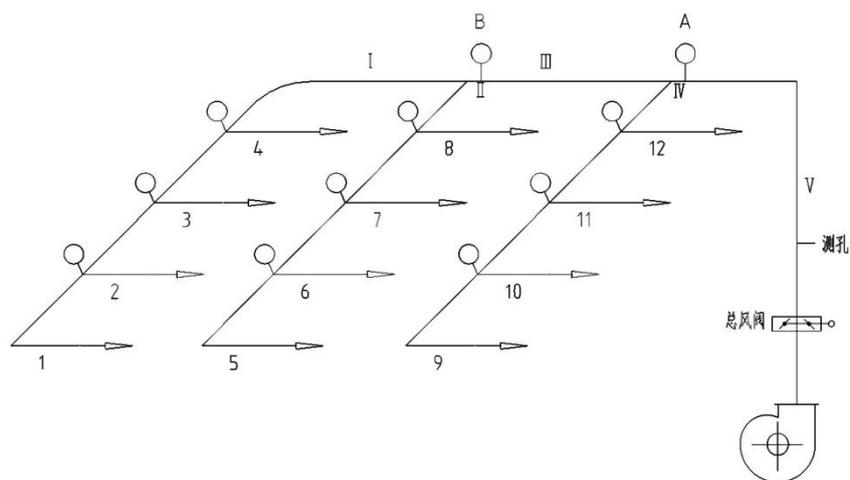
D.0.1 准备工作

- 1 检查、确认风机已经完成单机试运转再调适，风系统正常运行；
- 2 检查、确认风系统各末端风口安装符合设计要求，无漏风。
- 3 检查风系统管路的手动调节阀是否处于全部打开状态，且阀门开度可调；
- 4 检查、确认系统防火阀处于全开状态；
- 5 在风系统平面图和系统图上详细标注设计风量。
- 6 准备好平衡再调适所需的记录表格、仪器和设备。

D.0.2 再调适方法

目前使用的风量调整方法有流量等比分配法、基准风口调整法再调适时可根据空调系统的具体情况采用相应的方法进行调整。

1 基准风口法的再调适步骤



附录图 3.1 系统风量平衡调节示意图

将系统支路及末端调节阀全部打开，总阀门处于实际运行某位置。然后启动风机，初测全部风口的风量，计算初测风量与设计风量的比值（百分比），并列于记录表格中。

(1) 在各支路中选择比值最小的风口作为基准风口，进行初调。

(2) 先调整各支路中最不利的支路，一般为系统中最远的支路。用两套测试仪器同时测定该支路基准风口（如风口 1）和另一风口的风量（如风口 2），调整另一个风口（风口 2）前的调节阀，使两个风口的风量比值近似相等；之后，基准风口的测试仪器不动，将另一套测试仪器移到另一风口（如风口 3），再调

节另一风口前的调节阀，使两个风口的风量比值近似相等。如此进行下去，直至此支路各个风口的风量比值均与基准风口的风量比值近似相等为止。

(3) 同理调整其它支路，各支路的风口风量调整完后，再由远及近，调整两个支路（如支路I和支路II）上的手动调节阀（如手动调节阀B），使两支路风量的比值近似相等，如此进行下去。

(4) 各支路送风口的送风量和支路送风量再调适完后，最后调节总送风道上的手动调节阀，使总送风量等于设计总送风量，则系统风量平衡再调适工作基本完成。

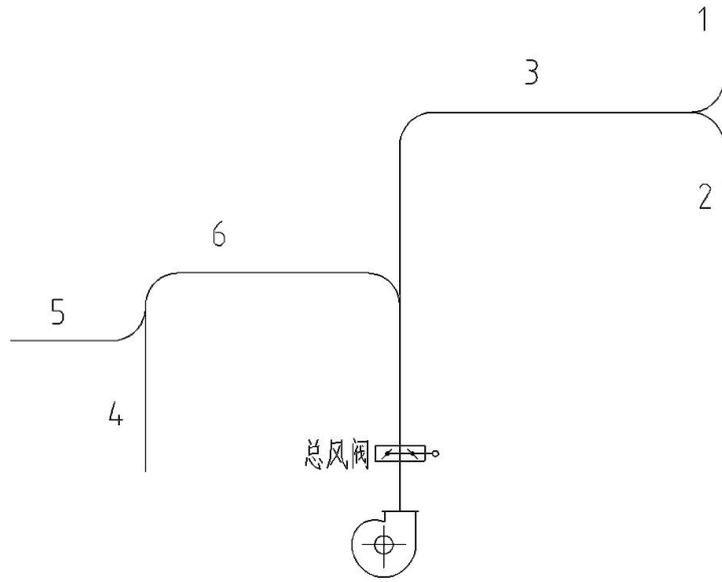
(5) 但总送风量和各风口的送风量能否达到设计风量，尚取决于送风机的出风率是否与设计选择相符。若达不到设计要求就应寻找原因，进行其它方面的调整。调整达到要求后，在阀门的把柄上用油漆做好标记，并将阀位固定。

(6) 在再调适前应将各支路风道及系统总风道上的调节阀开度调至 80%~85%的位置，以利于运行时自动控制的调节并保证系统在较好的工况下运行。

(7) 风量测定值的允许偏差：风口风量测定值与设计值的允许偏差为 15%；系统总风量的测定值应大于设计风量 10%，但不得超过 20%。

2 流量等比分配法（也称动压等比分配法）

此方法用于支路较少，且风口调整试验装置（如调节阀、可调的风口等）不完善的系统。系统风量的调整一般是从最不利的环路开始，逐步调向风机出风段。如附录图 3.2 所示，先测量支管 1 和 2 的风量，并用支管上的阀门调整两支管的风量，使支管 1 和 2 风量的比值与二者设计风量的比值近似相等。然后测量并调整支路 4 和 5、支管 3 和 6 的风量，使其风量的比值与设计风量的比值都近似相等。最后测量并调整风机的总风量，使其等于设计总风量。这一方法称“流量等比分配法”。调整达到要求后，在阀门的把柄上用油漆记上标记，并将阀位固定。



附录图 3.2 流量等比分配法管网风量平衡图

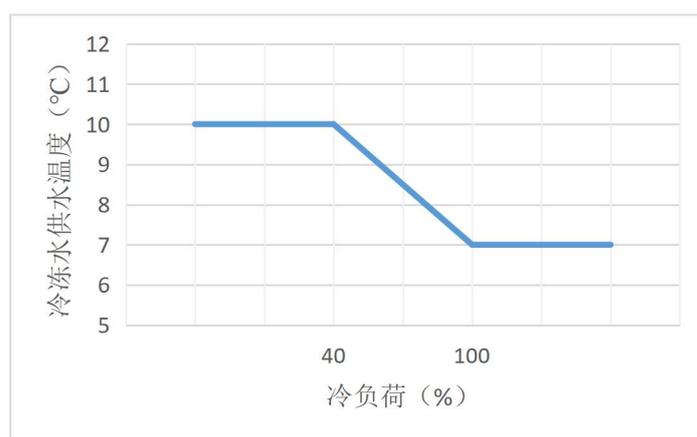
附录 E 集中空调冷水系统再调适策略

E.0.1 冷冻水温最佳实践控制策略

制冷机的效率与冷冻水温存在一定的线性关系。空调机组以及风机盘管中的换热器的大小是按照建筑的设计负荷选定的，在部分负荷下，这些换热器的换热面积都是过大的。因此，为我们在部分负荷的条件下，提高冷冻水供水温度创造了条件。

最佳实践控制策略：

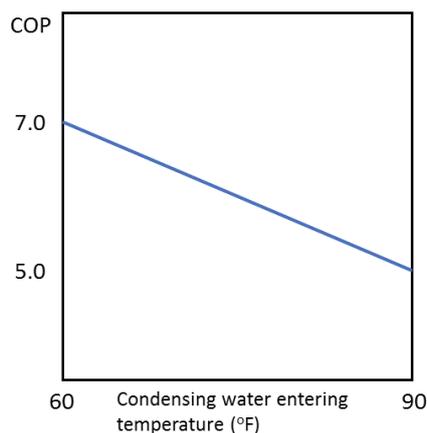
常用的冷冻水变供水温度控制逻辑有基于室外温度的、基于二次冷水泵转速的以及基于建筑冷负荷的。这其中，最佳实践控制逻辑为基于建筑冷负荷的冷冻水变供水温度控制，如附录图 4.1 所示。当建筑中没有冷水侧热计量表的时候，也就是没有实时的建筑冷负荷数据时，可以考虑基于室外温度和二次冷水泵转速的冷冻水变供水温度控制，其逻辑与附录图 4.1 所示的类似。



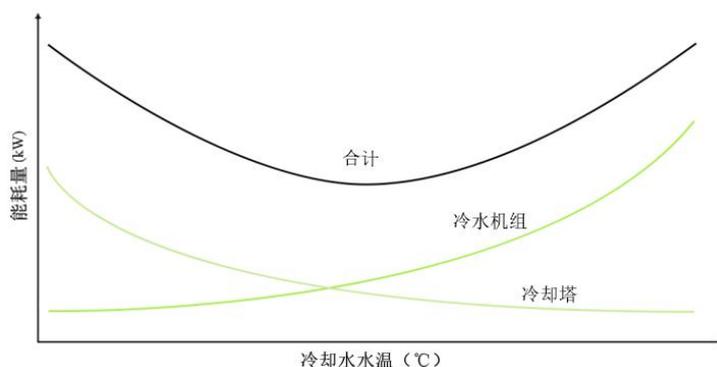
附录图 4.1 基于建筑冷负荷的冷冻水变供水温度控制逻辑

E.0.2 冷却水温最佳实践控制策略

对于制冷机来说，冷却水的供水温度越低，制冷机的能耗就越少，如附录图 4.2.1；对于冷却塔来说，风机运行的台数越多或者转速越快，冷却水的供水温度就会越低，此时风机的能耗就越高。因此存在一个最优的冷却水供水温度，使得风机和制冷机的总能耗最低，如附录图 4.2.2 所示。



附录图 4.2.1 冷却水温度对冷水机组 COP 影响示意图



附录图 4.2.2 冷却水温度对制冷系统能耗影响示意图

最佳实践控制策略：

根据式 5-1，按照室外空气湿球温度变冷却水供水温度设定值。

$$T_{c.sp} = T_{wb} + 3 \sim 4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

式中， $T_{c.sp}$ —冷却水供水温度设定值， $^\circ\text{C}$ ；

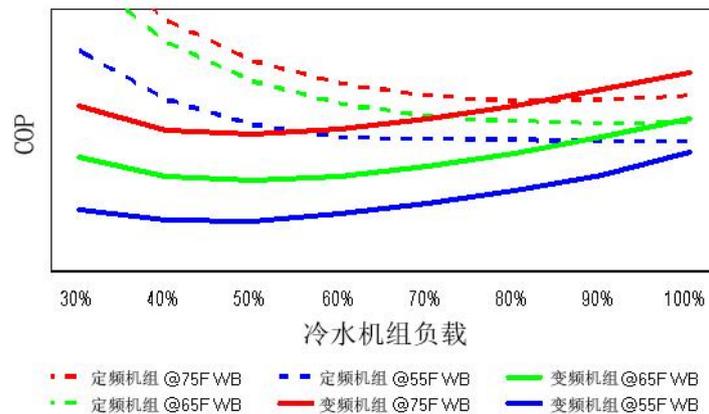
T_{wb} —室外空气湿球温度， $^\circ\text{C}$ 。

E.0.3 多台制冷机启停最佳实践控制策略

出于备用以及控制的需求，一个建筑中通常采用 2 台或更多的制冷机。由于制冷机的运行效率与其部分负荷率相关，如附录图 4.3 所示。因此如何加载和卸载这些制冷机将影响制冷系统的整体运行效率。多数制冷机的最高效率出现在负荷率 80~90% 的范围内。对于变频制冷机，其最高效率一般出现在负荷率 40%~50% 的区间。

制冷设备效率

在不同负荷和室外湿球温度下定（变）频冷水机组



附录图 4.3 制冷机效率与负荷率关系曲线图

最佳实践控制策略：

依据厂家数据获得制冷机运行效率与负荷率的关系曲线，选择运行效率最高的制冷机为主制冷机，当制冷机效率相同时，以均衡运行时间为基础，轮流作为主制冷机。主制冷机启动以后，当建筑冷负荷达到该冷机额定容量的 90%时，启动备用制冷机。如果有 2 台以上的制冷机，则依据同样原则依次启动其他备用制冷机。2 台以上的制冷机同时运行时，当建筑冷负荷降低至每一台运行制冷机额定容量的 30%时，应停止 1 台制冷机，以此类推，直到主制冷机单独运行。

当建筑中没有安装冷水侧热计量表的时候，即没有实时的建筑冷负荷数据时，可以考虑使用制冷机控制系统内的输出参数，比如负载或压缩机电流与额定值的比率，或者二次冷水泵的转速比来作为建筑冷负荷的近似值。如果是定水量系统，则可以用冷冻水供回水温差与设计温差的比值。

E.0.4 水系统管路变静压优化控制策略

水系统变静压控制策略通过改变静压设定值来改变管路特性曲线，从而降低水泵能耗。

最佳实践控制策略：

在最大和最小水系统供回水管路静压差之间，调节静压差设定值，保证在所有该管路对应的换热器上的电动调节阀最大的开度保持在 90%。

附录 F 变风量组合式空调机组再调适策略

F.0.1 变送风温度控制策略

送风温度是变风量空调机组最重要的控制参数之一。如果夏季工况送风温度过低，空调机组会额外增加其潜热负荷，而且由于末端最小风量的限制，可能造成室内温度过低，影响热舒适。如果送风温度过高，夏季工况下，在潮湿的气候下，室内湿度将无法达到舒适性要求，且风机能耗将增加。因此，变送风温度的优化控制策略的目的是在满足热舒适的前提下，将风机与冷源的综合能耗最小化。每个项目的运行条件不一样，因此其优化的变送风温度控制策略需要一个全面的技术分析来获得。如果条件不允许做那样一个彻底的技术分析，则可以采用如下根据工程实践总结的最佳控制策略。

最佳实践控制策略：

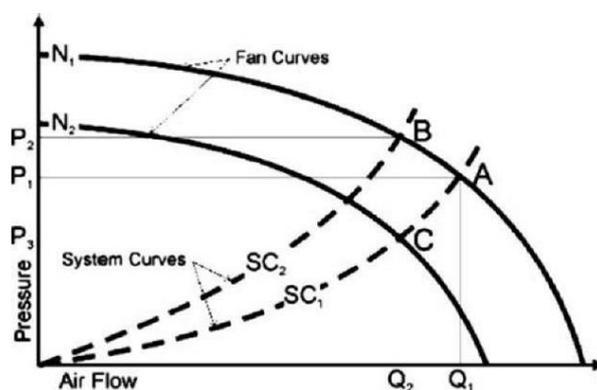
1 当室外空气含湿量高于 0.009g/kg ，或者露点温度高于 13°C ，或者风机转速比高于 70% 时，送风温度设定值为 13°C 。通常楼宇自控系统测量的是室外空气相对湿度。含湿量或露点温度可以根据室外干球温度和相对湿度计算获得。风机能耗与其转速成指数关系，当风机转速高于 70% ，风机能耗的增长将超过由于负荷减少而减少的制冷机能耗，因此不宜采用较高的送风温度。

2 当室外空气含湿量低于 0.009 同时风机转速比小于 50% 时，送风温度应该在 $13^{\circ}\text{C}\sim 18^{\circ}\text{C}$ 的范围内调节，维持送风风机的转速比在 50% 。即当送风风机转速比小于 50% ，将送风温度提高 0.5°C （也可选取较小步长，比如 0.2°C ），等待 $15\sim 20$ 分钟，如果送风风机转速继续上升，送风温度要再提高一个步长，直到送风风机转速比降至 50% ；同理，当送风风机转速比小于 50% 时，则要将送风温度降低一个步长，直到送风风机转速比回复到 50% 。

F.0.2 变静压控制策略

风机的运行取决于风机本身的性能曲线以及管路特性曲线，如附录图 5.1 所示，图中， N_1 和 N_2 代表同一风机在不同转速下的风机性能曲线， SC_1 和 SC_2 代表两个不同的管路特性曲线。风系统管路特性可以这样理解：当风管内静压过高时，如果需要提供同样的风量，变风量末端箱的一次风阀需要关小，以消耗过多的静压，因此管路特性就会上升，由 SC_1 上升到 SC_2 ，也就是说，变风量系统的管路特性代表了不同的变风量末端箱一次风阀开度的总和。

当管路所需总风量为 Q_2 时，由图可知，理论上我们有无数的风机转速与管路特性曲线的组合，比如图中的 B 点与 C 点来实现所需要的风量 Q_2 。我们可以选择较高的管路静压比如 B 点，也可以选择较小的管路静压比如 C 点，然而由于风机的压头在 C 点要比在 B 点小，因此提供同样的流量，B 点的风机能耗要高于 C 点的风机能耗。然而，风机的压头又不能过低，过低的话，最不利环路上的变风量末端箱可能得不到所需的压头来提供所需要的风量。变风量空调机组变静压控制策略的目的就是在部分负荷条件下，在合理的范围内，不断改变风管静压的设定值，使风机的能耗最小。



附录图 5.1 风机性能曲线与管路特性曲线关系图

最佳实践控制策略：

在最大和最小风管静压值之间，调节静压设定值，保证在所有变风量末端箱中，最大的一次风阀开度保持在 90%。

最大静压值的测定可采用如下方法：确定该风系统的最不利环路，在静压测点后的所有变风量末端箱均在设计一次风量工况下运行，通过调小静压测点前的变风量末端箱的一次风量，使最不利末端的变风量末端箱在一次风阀全开的状态下，达到一次风量设计值的 90%~100%，此时的静压点的静压反馈值作为最大风管静压值。通常最大静压值的确定可以在风系统平衡调节的过程中同时完成。

最小静压值的确定可采用如下方法：将由该变风量空调机组负责送风的所有变风量末端箱设定在最小风量，逐步降低送风风机转速，直到某一个变风量末端箱的一次风阀达到 90%开度，此时的静压点静压测量值为最小静压值。最小静压值的确定同样可以与风系统平衡调节一同完成。

F.0.3 回风风机控制策略

在较大的变风量空调机组中，通常会安装回风风机。送风风机负责由新风入

口到送风管末端的压力损失，回风风机负责回风管到排风口的压力损失。回风风机转速控制的目的是维持合理的送风和回风平衡，以确保空调区域相对室外保持一定的正压，通常在 20Pa 左右。

最佳实践控制策略：

由于建筑室内外要求的压差较小（20Pa），目前的压力传感器在这个测量范围上，精度还不能满足控制的要求，因此回风风机的速度控制通常不直接以建筑室内外压差为控制目标参数，而是采用控制送风与回风风量差的方法进行控制，因此要求空调机组安装测量送风风量与回风风量的传感器。送风与回风风量差的设定值应该在风系统平衡调节时一并完成，做法如下：通过改变送风风机与回风风机的转速改变送风与回风风量差，比如送风风量控制在 20000m³/h，回风风量控制在 16000m³/h，则送风与回风风量差为 4000m³/h，这时测量该机组对应的空调区域的室内外压差是否在 20Pa 左右，如果不是则 65 相应增加或减少送风与回风风量差，直到室内外压差在 20Pa，这时测得的室内外压差即为回风风机转速控制的设定值。

F.0.4 新风量控制策略

新风量的摄入对建筑能耗和舒适性的影响很大，过多的摄入新风将增加系统的冷、热负荷，过少的话又无法保证室内的新风要求。对于使用空气源节能器的变风量空调机组来说，在空气源节能器运行期间，新风的摄入量一般会超过室内需要的新风量。新风量的控制主要是在夏季，要求机组提供最小新风量的时候。

最佳实践控制策略：

通常当室外空气焓值高于回风焓值时，我们将关闭新风风阀到最小开度位置。这个最小开度，是根据回风 CO₂ 的浓度，保证回风 CO₂ 的浓度比室外 CO₂ 的浓度高 500ppm 来确定的。比如，初始设定最小新风风阀开度为 10%，如果回风 CO₂ 的浓度为 1200ppm，比室外 CO₂ 的浓度 450ppm 高了 750ppm，这时需要将最小新风风阀开度增大，直到回风 CO₂ 的浓度降到 950ppm。反之，则减小新风风阀开度。

F.0.5 空气源节能器控制策略

当变风量空调机组对应的空调区域有较大的内区和内部负荷时，通常这些区域需要全年供冷，当室外空气温度较低时，空调机组可以利用室外空气作为冷源，

为这些区域供冷，而不必启动制冷机。而空气源节能器就是通过调节机组的新风、回风以及排风风阀将室外空气与回风混合到机组要求的送风温度。

最佳实践控制策略：

当室外空气焓值高于机组回风焓值时，停止空气源节能器的运行，将新风与排风风阀调节到最小开度，回风风阀调节到对应的最大开度。

当室外空气焓值低于机组回风焓值时，启动空气源节能器。这时，如果室外空气干球温度小于或等于机组送风温度设定值，则同时调节新风与回风风阀开度，新风与回风的混风温度调节到送风温度设定值；如果室外空气干球温度高于机组送风温度设定值，则将新风风阀全开，回风风阀全关。

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 1 《公共建筑机电系统调试技术导则》 T CECS 764
- 2 《建筑工程施工质量验收统一标准》 GB 50300
- 3 《建筑节能工程施工质量验收标准》 GB 50411
- 4 《通风与空调工程施工质量验收规范》 GB 50243
- 5 《绿色建筑评价标准》 GB/T 50378
- 6 《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》 GB 50242
- 7 《公共建筑节能设计标准》 GB50189
- 8 《广东省建筑节能工程施工质量验收规范》 DBJ15-65
- 9 《广东省公共建筑节能设计标准》 DBJ15-51
- 10 《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》 GB 50736
- 11 《公共建筑节能设计标准》 GB 50189
- 12 《建筑节能工程施工质量验收标准》 GB 50411
- 13 《可再生能源建筑应用工程评价标准》 GB/T 50801
- 14 《近零能耗建筑技术标准》 GB/T 51350
- 15 《蓄冷空调系统的测试和评价方法》 GB/T 19412
- 16 《室内空气质量标准》 GB/T 18883
- 17 《采暖通风与空气调节工程检测技术规程》 JGJ/T 260
- 18 《城镇供水管网漏水探测技术规程》 CJJ 159