**北京市大型公共建筑机电系统调适导则**

北京市住房和城乡建设委员会

2019年1月8日

目次

[1 总则 1](#_Toc499659749)

[2 术语 2](#_Toc499659750)

[3 基本规定 3](#_Toc499659751)

[4 供暖空调系统调适技术 10](#_Toc499659752)

[4.1 一般规定 10](#_Toc499659753)

[4.2 调适预检查 12](#_Toc499659754)

[4.3 单机试运转 14](#_Toc499659755)

[4.4 设备性能调适 20](#_Toc499659756)

[4.5 系统平衡调试 20](#_Toc499659757)

[4.6 联合运行调适 31](#_Toc499659758)

[4.7 季节性验证 36](#_Toc499659759)

[5 电气系统调适技术 38](#_Toc499659760)

[5.1 一般规定 38](#_Toc499659761)

[5.2 调适预检查 38](#_Toc499659762)

[5.3 低压装置的检查和测试 40](#_Toc499659763)

[5.4 主要设备和系统检查和测试 43](#_Toc499659764)

[5.5 综合调适 50](#_Toc499659765)

[6 给排水系统调适技术 51](#_Toc499659766)

[6.1 一般规定 51](#_Toc499659767)

[6.2 调适预检查 51](#_Toc499659768)

[6.3 给水系统 52](#_Toc499659769)

[6.4 生活热水系统 55](#_Toc499659770)

[6.5 排水系统 55](#_Toc499659771)

[7 调适验收 57](#_Toc499659772)

[附录A.调适仪表要求 58](#_Toc499659773)

[附录B.问题日志模板 59](#_Toc499659774)

[附录C.风系统平衡调试程序 60](#_Toc499659775)

[附录D.水系统平衡调试程序 63](#_Toc499659776)

[附录E.机电系统调适验收表格 70](#_Toc499659777)

[附录F.管道压力试验程序 71](#_Toc499659778)

[附录G.水系统冲洗程序 72](#_Toc499659779)

[附录H.系统注水程序 73](#_Toc499659780)

**北京市大型公共建筑机电系统调适导则**

# 总则

### 为贯彻落实北京市建筑节能相关政策、法规，确保建筑机电系统工程质量，提高建筑机电系统能效和室内舒适度，规范北京市大型公共建筑机电系统调适工作，编制本导则。

### 本导则适用于北京市2万平方米以上的新建大型公共建筑。其余公共建筑及既有建筑可根据需要参照实施。

### 北京市大型公共建筑机电系统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。

# 术语

### 机电系统调适

通过对建筑机电系统进行检查、测试、调整、优化、验证等工作，使建筑机电系统满足设计和使用要求的程序和方法。

### 控制功能验证

对楼宇自控设备及系统的控制功能及逻辑关系，进行现场单点调试、单机调试、系统联合调适三个层级的验证过程。

### 联合运行调适

基于楼宇自控系统，对机电设备、系统的联合运行效果及功能进行动态验证的过程。

### 季节性验证

在典型季节对供暖空调系统的供热能力、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。

### 项目调适任务书

描述建设（业主）单位对调适目标、使用需求及调适工作要求的文件，包括调适目标、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。

### 调适顾问

由建设（业主）单位指定的顾问单位，牵头组建调适团队，组织实施调适过程，并对调适工作负责。

# 基本规定

### 建筑机电系统在施工阶段应开展机电系统调适。

【条文说明】随着现代建筑各项功能的不断扩展，建筑机电系统的复杂性不断增强，同时机电系统各专业之间的耦合性也越来越紧密。任何一个环节的缺陷都可能造成整个系统无法正常运行或无法达到最佳的运行状态。

机电系统调适作为提升建筑品质、提高机电系统实际运行能效的重要手段，已在欧美等发达国家得到充分重视，美国采暖、制冷与空调工程师学会（ASHRAE）等相关机构和组织制订了相对完善的标准与规范。美国总务管理局（GSA）和美国国家航空航天局(NASA)明确其所有新建建筑和主要的改造项目都要进行机电系统调适作为工程质量的保证手段，同时也是美国绿色建筑（LEED）认证的必要条件。

我国目前机电系统建设主要采用的是以各种施工验收规范为依据的验收机制，主要由施工单位根据国家相关施工验收规范的要求，在竣工阶段前进行建筑机电系统调试工作，调试工作的重点是保证施工质量和主要设备的正常启动运转，而设备与系统的实际性能、不同设备和系统之间的匹配性以及自控功能的验证往往被忽视。

“调适”与传统“调试”之间的区别主要体现在：第一，目标不同：“调试”是保证单一设备和系统满足设计和规范要求；“调适”是保证机电系统的整体性能和实际效果满足设计和使用要求。第二，侧重点不同：“调试”主要侧重于设备性能和系统的平衡性调试；“调适”主要侧重于系统整体性能和控制功能的验证。第三，实施主体不同：“调试”主要由施工安装单位负责组织实施；“调适”主要由调适顾问通过组建由建设（业主）单位、设计单位、施工安装单位以及设备和系统供应商共同组建的调适团队负责实施。第四，实施周期不同：“调试”主要在竣工验收之前实施；“调适”除了竣工验收之前的工作外，还包括竣工交付过程中的物业移交培训和建筑使用后的季节性验证调适。

### 建筑机电系统调适范围包括供暖空调系统、电气系统和给排水系统。

【条文说明】机电系统主要包括供暖空调系统、建筑电气系统、给排水系统、建筑智能化系统、消防系统等方面，本导则仅包括常规通用性的供暖空调系统、建筑电气系统、给排水系统，其它系统可参照本导则执行。

### 调适目标

机电系统调适的目标主要包括：

1. 保证设备和系统安装质量满足相关规范要求；
2. 确保设备的实际性能参数和功能符合设计和使用要求；
3. 系统综合效果和功能满足设计和使用要求；
4. 确保机电系统的安全、可靠和高效运行；
5. 通过对运营管理单位进行培训，提高运营管理水平；
6. 建立完善的系统手册，满足运营管理使用要求。

### 调适仪表

调适所用的仪表准确度和精度等级应满足相关规范要求，且应具有在有效期内的检定、校准或检测证书。

### 调适顾问

调适工作开始前，建设（业主）单位应确定调适顾问，调适顾问负责调适工作的组织、实施、调适结果的验证和培训等相关工作。

【条文说明】建设（业主）单位应选择具备技术能力、经验丰富的单位承担调适顾问工作，考虑到设计单位和施工单位是建设工程利益相关方，建议调适顾问由第三方机构承担。

### 调适团队

调适顾问应建立调适团队并明确各方职责，调适团队一般包括建设（业主）单位、调适顾问、总承包单位、设计单位、监理单位、机电设备供应商和运营管理单位等，各方主要职责如下：

1、建设（业主）单位

1. 确定调适顾问，确认调适目标；
2. 协调其他单位参与、配合调适工作；
3. 对调适成果进行验收、确认。

2、调适顾问

1. 编制项目调适任务书；
2. 编写调适计划；
3. 组建调适团队；
4. 组织召开调适例会；
5. 组织总包、设备供应商编写设备和系统调适方案；
6. 组织调适团队实施设备和系统调适工作；
7. 组织调适过程中出现的技术问题讨论；
8. 对调适结果进行确认、复验；
9. 组织总包、设备供应商等对运营管理单位开展培训工作；
10. 组织编写系统手册；
11. 编写调适报告。

3、总包单位

1. 按照工程建设标准进行施工，对工程整体施工质量负责；
2. 协助调适顾问组织并实施各系统调适工作；
3. 协助调适顾问组织分包单位、设备供应商实施专项调适工作；
4. 参与调适例会；
5. 对调适工作中发现的问题组织进行整改，并提交整改报告。

4、设计单位

1. 按照工程建设标准进行设计，对工程整体的设计质量负责；
2. 对设计分包单位进行监督和管理；
3. 对各专业分包商提供的深化设计图纸进行审查和确认，确保设计文件符合国家规定的设计深度要求；
4. 提供必要的调适依据文件，如室内环境要求、各支路水流量、控制要求等；
5. 参与调适过程中技术问题的解决；
6. 必要时参与最终效果验证。

5、监理单位

1. 参与调适例会；
2. 协助调适顾问开展调适工作，提供相关设备和系统的验收资料。

6、设备供应商

1. 参与调适例会；
2. 提供设备技术参数等相关资料；
3. 协助调适顾问编写设备调适方案；
4. 协助调适顾问开展设备调适工作，确保满足设计和使用要求；
5. 对调适过程中发现有问题的设备进行调整或更换。

7、运营管理单位

1. 参与调适例会；
2. 提出培训要求和建议；
3. 参加培训。

【条文说明】机电系统调适作为保证机电系统实际运行效果的重要措施，需要建设（业主）单位、调适顾问、总承包单位、设计单位、监理单位、机电设备供应商和运营管理单位等各个单位相互配合，尤其是随着目前建筑机电系统日益复杂，系统之间的关联性越来越强，因此建立一个统一的调适团队是保证调适工作开展的前提和基础。

### 项目调适任务书

调适顾问应根据建设（业主）单位的要求、设计文件、标准规范等编制项目调适任务书，包含调适目标、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。

【条文说明】项目调适任务书是调适工作目标的核心文件。以避免建设（业主）单位、设计单位、承包商、运营管理单位等各方由于各自利益和工作内容的不同发生分歧，影响调适的进度和质量，该文件应全面、充分反映建设（业主）单位/建筑的使用者/建筑的运营方的实际需求，将这些需求转化为技术描述性语言，该文件是保障调适工作顺利完成的关键。项目调适任务书应得到建设（业主）单位的确认并持续更新。项目调适任务书应尽量细化、明确，如平衡调试目标、性能调适目标，抽验合格判定等，方便调适的执行。

### 调适计划

调适顾问应制定调适计划，包含建筑基本信息、调适目标、调适范围、调适团队及各方责任人、调适时间计划表等。

【条文说明】在调适项目中，调适计划是一份具有前瞻性的整体规划文件。一般由调适顾问根据项目的具体情况起草并完成，随后在调适项目的首次会议（项目启动会）上，由调适团队的各成员参与讨论，会后调适顾问应针对讨论中提出的各项问题进行整理，并对调适计划进行调整。最终形成全面、可实施、合理的调适计划。调适计划应与项目进度匹配，确保整个调适工作按期完成。调适过程中应根据进程对调适计划进行及时调整和更新。

### 调适例会

机电系统调适应建立例会制度，调适例会由调适顾问主持，调适团队参加。

【条文说明】调适例会制度应在项目启动会上确定，是维持项目调适进程和质量的关键措施。通过会议协调、确定调适过程中的冲突、问题、进度调整等，确保调适团队各方在整个调适过程保持良好的沟通和共识。调适顾问应提前确定会议日程和会议主要内容（问题清单、调适计划调整等）等。对讨论的问题进行整理形成会议记录，记录会议时间、地点、参加会议人员、会议解决的问题，待处理问题的责任方和时间节点。

### 调适记录

调适过程中的检查、测试、验证工作过程及结果均应以表格、照片等形式详细记录。

【条文说明】记录应包含系统信息、位置、时间、结果，操作、见证人员等信息。调适顾问负责调适记录整理、归档，并作为调适报告的依据。

### 问题日志

调适顾问应编写问题日志，记录出现的问题及解决措施。

【条文说明】问题日志是记录调适过程中出现的问题及其解决办法的文件，由调适团队在调适过程中建立，并定期更新。问题日志作为调适过程中重要的质量控制文件，可以详细记录调适过程中出现的所有问题，调适顾问应在调适例会上针对重要或疑难问题组织相关人员进行讨论，提出合理的解决方案并对问题进行持续跟踪，直到问题得到解决或妥善处理。

### 调适报告

调适顾问应及时编制各阶段调适进度报告及调适总报告。

【条文说明】调适过程进度报告是描述调适过程中各项工作的完成情况和成果的文件。调适总报告是描述调适过程和最终的调适成果文件。调适报告宜按专业分别编写。

调适进度报告一般包括：项目进展概况；参与方、工作完成情况、结果；工作中出现的问题及跟踪情况；尚未解决的问题汇总及影响分析；下一阶段的工作计划。

调适总报告一般包括：项目概况；调适范围；调适周期；各系统调适过程、调适结果；发现的问题及处理；遗留问题及分析；后续建议等。

### 培训要求

在机电系统正式投入运行前，调适顾问应组织调适团队对运营管理人员进行培训。

【条文说明】培训旨在帮助建设（业主）单位和物业管理团队建立建筑机电系统各部分的整体认识和理解，帮助建设（业主）单位完善过程资料和文件，建立完善、科学的运行管理体系，确保建筑机电投入使用之后正常、高效运行，满足使用要求，同时实现节能运行，降低运行成本。

培训内容一般包括：系统设置及功能描述；主要设备和系统的操作程序；设备和系统日常检修、维护；设备和系统的故障报警与诊断；系统节能运行管理。

### 系统手册

调适顾问应组织调适团队整理机电系统调适资料、信息，建立系统手册。

【条文说明】系统手册包括：系统设置和功能描述、项目竣工图纸、设计文件、项目调适任务书、调适报告、主要设备和系统的操作和维护手册、培训资料等。系统手册是后期运行管理的重要参考资料，信息资料应按建筑专业进行分类并整理，应同运行维护人员进行协商建立标准化格式和分类，在建立系统手册时，应将项目所涉及的各个部分都包含在内，并搜集系统及部件的各项数据，保存为电子版或纸质版。除此之外，还应提供纸质版的运行手册、服务手册、维护手册、备用设备清单和维修手册。

### 调适复验

在调适过程中，调适顾问应对调适结果进行复验，复验方法及判定标准应在项目调适任务书中明确。

【条文说明】调适复验是对调适结果确认的手段，复验前总包或设备供应商应提供检查、测试、调试等记录文件，复验由调适顾问组织，开展工作前应确定参与复验的单位和具体人员，以便过程中的问题的确认及整改责任落实。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，直到复验结果满足建设（业主）单位项目需求。

### 调适验收

建筑机电系统调适完成后，建设（业主）单位应组织验收，并形成验收记录。

【条文说明】调适验收宜在所有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，根据建设（业主）单位要求亦可以在季节性验证前组织验收，完成季节性验证后再对资料进行补充和完善。

### 偏离处理

当调适结果复验及验收结果与项目调适任务书发生偏离时，应采取必要的整改措施。

【条文说明】

在实际工程中，不可避免出现调适结果与项目调适任务书要求偏离的情况。偏离需求一般采用以下两种方式处理：

（1）对调适结果的偏离进行诊断分析，对发现的问题进行整改，再次实施调适，直到确保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，并和建设（业主）单位充分沟通，确定是否需要修改项目调适任务书。

### 调适条件确认

调适工作开始前，现场的安全防护、清洁卫生等工作应符合调适要求。

### 建筑机电系统调适中采用的工程技术要求，应符合国家现行有关施工质量验收规范的要求。

【条文说明】建筑机电系统涉及的施工质量验收规范包括：《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243-2016、《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》GB 50242-2002、《建筑电气工程施工质量验收规范》GB 50303-2015、《建筑节能工程施工质量验收规范》GB50411-2007等，以上验收规范是在总结了多年设计、材料、施工的经验基础上，按照“验评分离、强化验收、完善手段、过程控制”的方针编制的，包含部分调试、检测方法、测试要求的内容，调适过程涉及的工程技术要求内容应符合其要求。

### 本导则规定了通用性的管理和技术要求，具体项目应根据系统配置、特点及建设（业主）单位要求等制定详细的项目调适任务书和调适方案。

# 供暖空调系统调适技术

## 一般规定

### 供暖空调系统调适完成后，应符合下列规定：

1. 所有系统、设备的性能应满足项目调适任务书和设计使用要求；
2. 与供暖空调系统相关的楼宇自控功能应满足项目调适任务书和设计使用要求；
3. 风系统和水系统的平衡性能应满足项目调适任务书和设计使用要求；
4. 室内综合效果应满足项目调适任务书和设计使用要求。
5. 应确保系统的安全、可靠、高效运行。

### 供暖空调系统的调适范围为暖通空调设备及相关系统，其中：

1. 暖通空调设备主要包括：
2. 冷源设备：冷水（热泵）机组，冷冻水泵，冷却水泵及冷却塔等；
3. 热源设备：燃气锅炉，换热器及热水泵等；
4. 末端设备：组合式空调机组，新风机组，风机盘管，通风机及变风量末端装置（VAVbox）等。
5. 暖通空调系统主要包括：
6. 水系统：供暖热水系统、冷冻水系统和冷却水系统；
7. 风系统：全空气定风量系统、全空气变风量系统、新风系统、送排风系统；
8. 与供暖空调系统相关的楼宇自控系统。

### 供暖空调系统调适一般可分为调适预检查、设备单机试运转、系统平衡调试、设备性能调适、联合运行调适和季节性验证六个阶段。

【条文说明】本条规定了供暖空调系统调适的基本阶段，具体流程见图。



1.流程中各阶段中的任一环节都是闭合的完整流程，以确保调适结果达到项目调适任务书要求。

2.每个阶段开展工作前都要确认该项工作开展的条件，包括该系统和相关系统的安装、调适是否完成等，如空调机组单机试运转调试，除了确认空调设备、系统条件，还要确认相关配电系统的安装，是否有正式电源等。

3.原则上，在本阶段调适结果全部满足要求的条件下，才能进行下一阶段的工作，实际过程中为了提高工作效率，在本阶段的遗留问题较少、且不影响其他系统的性能时，可以考虑进行下一个阶段的工作。

4.各阶段产生的问题，在后续阶段调适过程中需要进行跟踪直至解决，最终调适结束时，对由于各种条件限制没能在调适阶段完成整改的遗留问题，应分析其对效果的影响程度，并提出对应的技术措施和运行建议。

## 调适预检查

### 调适预检查应包括资料核查和现场检查。

【条文说明】调适预检查目的是为了保证整个调适工作所需的资料充分完备、现场系统设备的安装符合设计要求、施工质量无明显缺陷。

### 资料核查应包括设计资料核查、设备资料核查和施工过程资料核查。

【条文说明】调适顾问在调适开始前应收集所需资料，并对资料进行全面核查，核查目的是确保调适开展的条件。其中设计资料核查一般包括：1）供暖空调系统设计图纸、计算书和风系统、水系统的设计参数；2）完整的平衡计算书；3）检修空间充足、检修通道便利；4）楼宇自控图纸完整、自控功能完善，应有完备的自控方案；5）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。设备资料核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。施工过程资料核查一般包括：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）风道漏风量试验记录等。

### 现场检查应进行符合性检查和施工缺陷检查，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. 施工缺陷检查包括检查重点区域、重点设备、系统管路的施工安装情况。

【条文说明】

现场检查是调适顾问通过现场核查，对施工质量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。

施工缺陷检查的工作目的是通过现场检查迅速发现施工过程中存在的问题并及时整改。在工程调适过程中，常见的缺陷主要包括施工缺陷和功能缺陷两类。施工缺陷如风管瘪管、软管过长、阀门漏装、减震措施不到位等；功能缺陷如管道安装位置不当、设备及主要部件未留检修空间、室内温控器安装位置不当等。

施工缺陷检查至少包括以下内容：

1. 重点区域的施工缺陷检查，主要包括：
2. 机房设备的布置是否满足运输、安装、检修、测试的要求；
3. 机房通风是否满足规范要求；
4. 机房围护结构是否采用隔声处理；
5. 设备机房是否有给水排水措施。
6. 重点设备的施工缺陷检查，主要包括：
7. 设备机组的外表是否有损伤；
8. 设备组件内的密封是否良好；
9. 阀门、执行器等配件是否齐全；
10. 水阀、风阀、水过滤器、压力表、温度计等配件的安装是否便于观察、维修和操作。
11. 水系统、风系统、制冷剂系统管路的施工缺陷检查，主要包括：
12. 管路支架安装是否满足规范要求；
13. 管路的安装是否满足防火规范要求；
14. 管路部件安装是否易于操作；
15. 管路的位置标高走向是否满足设计要求。

### 围护结构采用幕墙的项目，应检查幕墙系统的气密性和保温性能。

【条文说明】幕墙系统渗漏现象普遍，影响室内供暖空调效果，应关注幕墙的气密性和保温性能。对于与空调、照明、自控多专业结合的双层幕墙系统，应由相关的多个专业共同确定幕墙系统、供暖空调系统及配套的楼宇自控系统的设计意图、功能、运行方式，并在施工过程中确保多个系统共同运行时的功能能够满足标准和设计要求。

### 楼宇自控系统的调适预检查应包括：

1. 楼宇自控所有相关系统和设备的资料核查；
2. 楼宇自控系统施工质量核查，核查结果应满足国家标准《智能建筑工程质量验收规范》GB 50339的要求。

【条文说明】楼宇自控系统的传感器、控制台、柜、箱一般在暖通空调设备安装完成后进行，因此，应根据工程进度安排，在联合运行调适前完成与供暖空调系统相关的楼宇自控系统预检查。

楼宇自控系统资料核查应至少包括设计说明、设备材料表、系统图、监控原理图、监控点表、平面图、安装大样图、监控机房、竖井设备平面布置图、控制器箱内设备布置和配线连接图、控制算法配置表、接口文件。

## 单机试运转

### 供暖空调系统的冷热源设备、末端设备应进行单机试运转。

【条文说明】单机试运转的目的是考核单台设备的机械性能，确保设备的正常、稳定运行。单机试运转是设备性能调适开展的必要条件。

### 单机试运转前，应符合下列要求：

1. 调适预检查发现的问题已整改完成；
2. 相关设备及管路的安装状态、安装质量和清洁程度符合单机试运转要求；
3. 相关电气系统和设备的安全性和供电稳定性符合单机试运转要求。

【条文说明】无论从哪个阶段介入调适工作，在开展单机试运转前都应通过资料核查、现场确认等方式确认前期发现的问题是否整改完成并达标。单机试运转前应检查电气系统安装情况，确保供电稳定、相关设备的安全保护装置符合要求，保证人员及设备安全。

### 开展单机试运转前，调适顾问应会同设备供应商编制相关设备的启动运转程序和对应的记录表格。

### 水泵单机试运转宜按以下方法实施：

1. 启动前检查
2. 水泵及附属设备安装完成，水管路打压试验已完成，安装质量符合相关规定；
3. 检查相关水系统管路阀门的设置状态，关闭试运转水泵出口的流量调节阀；
4. 检查管路的水质和水过滤器的清洁程度，符合试运行要求。
5. 试运转
6. 点动启动水泵，检查水泵运行方向是否正确，有无异常振动、声响，有无漏水现象，监测电流无过载现象；
7. 启动水泵，监测启动电流和运行电流，电流应各相平衡且无过载现象，待稳定后观察进、出水管段压力表显示值的波动范围值，满足设计要求后，逐渐打开水泵出水阀门，直至全部打开，系统正常运行；
8. 连续运转2h后，测试水泵轴承外壳温度，测定滑动轴承外壳最高温度不超过70℃，滚动轴承外壳温度不超过75℃；
9. 水泵连续运行期间应无异常振动和噪音；
10. 检查填料压盖滴水情况，普通填料泄漏量应符合相关标准要求；
11. 记录稳定运行状态下的水量、进出口水管段压力、电流、电压和输入功率、轴承温度、填料压盖滴水情况等。

【条文说明】在多级泵系统和二级泵系统中，水泵单机试运转应进行分级进行，并确认相关管路清洁，在对某级水泵试运转时应隔离其他级管路，避免其他级管路进入污物；各级所有水泵都完成单机试运转后才能启动后续整个水系统的调适工作。

### 冷却塔单机试运转宜按以下方法实施：

1. 启动前检查
2. 冷却塔及附属设备安装完成，安装质量应符合相关规定；
3. 冷却塔集水盘应清理干净，自动补水阀动作灵活，准确；用手盘动风机叶片，应灵活，无异常现象；填料整齐、整洁，无污物；
4. 校验冷却塔内补水、溢水的水位，排污水管通畅；
5. 水管路打压试验及冲洗已完成并合格，冷却水管道系统应无堵塞；
6. 所有阀门按照试运转要求进行设置；
7. 确认对应冷却水泵单机试运转已完成。
8. 试运转
9. 点动启动风机，检查冷却塔风机的转向是否正确，星-三角启动的电路顺序是否正确，有无异常振动、声响，监测电流无过载现象；
10. 启动冷却塔风机和冷却水泵，监测并记录风机的启动电流和运行电流，电流应各相平衡且无过载现象；
11. 冷却水在填料上布水应均匀，不存在明显漂水现象；
12. 系统循环试运行不应少于2h，运行中无异常情况出现，冷却塔本体应稳固、无异常振动和声响；
13. 记录试运转实验结果，包括测试期间室外气象参数、进出口水温、飘水情况、噪声、电流、电压和输入功率等。

### 电制冷冷水（热泵）机组单机试运转宜按以下方法实施：

1. 启动前检查
2. 冷水（热泵）机组及附属设备安装完成，安装质量应符合相关规定；
3. 继电器、安全阀的整定值，应符合随机技术文件的规定，控制系统动作应灵敏、可靠；
4. 冷冻机油的规格和油面高度、冲洗润滑系统等应符合随机技术文件的规定；
5. 所有阀门按照试运转要求进行设置；
6. 冷冻水泵、冷却水泵、冷却塔单机试运转完成；冷冻（却）水系统应运行稳定，管路水质水压符合相关标准规定；

2 依次进行冷水（热泵）机组空负荷试运转、空气负荷试运转、负荷试运转、吹扫、抽真空试验、密封性试验、系统检漏等试验,具体试验方法参见《制冷设备、空气分离设备安装工程施工及验收规范》GB50274-2010和随机技术文件的要求；

3 冷水（热泵）机组负荷试运转，应符合下列要求：

1. 应按要求供给冷却介质、制冷剂；启动运转的程序应符合随机技术文件的规定；
2. 润滑油油温、油压、渗油量应符合《制冷设备、空气分离设备安装工程施工及验收规范》GB50274-2010相关规定；
3. 运转应平稳、无异常声响和剧烈振动；各连接和密封部位不应有松动、漏气、漏油等现象；
4. 吸、排气的压力和温度应在正常工作范围内；
5. 根据现场情况和设备技术文件的规定，确定在最小负荷下所需运转的时间，并作好记录。

4 冷水（冷泵）机组单机试运转实验记录应包括下列内容：

1. 油箱油面高度和各部位供油情况；
2. 润滑油的压力和温度；
3. 吸排气的压力和温度；
4. 冷冻水和冷却水的进出口 温度、压力；
5. 运动部件有无异常声响，各连接部位有无松动、漏气、漏油、漏水等现象；
6. 电动机的电流、电压和温升；
7. 能量调节装置动作是否灵敏，浮球阀及其他液位计工作是否稳定；
8. 机组的噪声和振动。

### 燃气锅炉单机试运转宜按以下方法实施：

1. 启动前检查
2. 对设备和系统进行机械检查，确保阀门、排水、排烟装置、泄压阀等附件的安装质量和功能正常；
3. 确保锅炉系统内无异物；
4. 热水管路和供气管路连接质量符合相关标准的要求；
5. 供气系统的压力测试已完成，供气压力正常，供气类型正确；
6. 燃气过滤器网装置已正确安装；
7. 安全性能检查已完成并符合相关规定。
8. 单机试运转
9. 启动应按循环水泵、燃气调压站、引风机、送风机、排烟阀门、炉膛吹扫、锅炉点火、检漏、燃烧设备的顺序进行；
10. 点火测试前应检查软化水箱的存水量，上水设备应无故障，燃料充足；
11. 锅炉水位达到水位表最低水位线以上，压力表正常指示，各排污排气阀门开关正常；
12. 依次完成试点火测试、安全关闭功能测试、燃气系统安全保护功能测试，具体测试方法参见设备随机技术文件；
13. 记录试运转实验结果，包括热水系统、燃烧器、排烟设备的运行参数。

### 风机试运转检查宜按以下方法实施：

1. 启动前检查
2. 风机安装完成，安装质量应符合相关规定；
3. 检查轴流风机安装方向，风机、轴承和电机的连接应正确，减振装置、皮带和皮带轮应配备正确，皮带具有适合的张力；
4. 管路系统阀门的开启、关闭状态应正确。
5. 试运转
6. 点动启动风机，检查风机运转方向是否正确，有无异常振动、声响，星-三角启动的电路顺序是否正确，监测电流无过载现象；
7. 启动风机，监测风机启动电流和运行电流，电流应各相平衡且无过载现象；运行期间应无异常振动、噪声；
8. 记录试运转实验结果，包括风量、进出口静压、电流、电压和输入功率等。

### 组合式空调机组、新风机组单机试运转宜按以下方法实施：

1. 启动前检查
2. 组合式空调机组、新风机组及附属管路安装完成，安装质量应符合相关规定；
3. 过滤器、表冷器等各功能段安装良好、功能正常，机组检查门、机组内照明应正常；风管、空调箱、过滤器等卫生清洁；
4. 机组进出口阀门调节性灵活，阀门的开启、关闭状态正确。
5. 试运转
6. 点动启动机组，检查机组风机运转方向是否正确，有无异常振动、声响，星-三角启动的电路顺序是否正确，监测电流无过载现象；
7. 启动机组，监测机组风机启动电流和运行电流，电流应各相平衡且无过载现象；运行期间应无异常振动、噪声；
8. 组合式空调机组、新风机组及相关管路应无明显漏风；
9. 测试并记录送（回）风主管路静压，过滤器前后静压差；
10. 如果机组运行过程中产生冷凝水，检查记录冷凝水是否可正常排出；
11. 记录试运转实验结果，包括噪声、机组电流、电压、输入功率、风量、静压和振动等。

### 风机盘管单机试运转宜按以下方法实施：

1. 启动前检查
2. 风机盘管安装完成，安装质量应符合相关规定；
3. 风管和风口连接紧密，无漏风现象，风机盘管换热翅片清洁、无明显破损；
4. 温控（三速）开关、电动阀、风机盘管线路连接正确。
5. 试运转
6. 启动风机盘管设备，应无异常振动和噪声；
7. 调整温控（三速）开关的档位或状态，风机运行动作状态应正确。

### VAVbox单机试运转检查宜按以下方法实施：

1. 启动前检查
2. VAVbox安装完成，安装质量应符合相关规定；
3. 风管和风口连接紧密，无漏风现象；
4. 带风机变风量箱、电缆配件及调节风阀、温度传感器、风量传感器、电源接线及控制线路等应安装完成，并符合要求；
5. 电源接线及控制线路应完成；
6. 对于风机动力型的VAVbox，应进行启动运转
7. 点动启动风机，检查风机运行方向是否正确，有无异常振动、声响；
8. 对于有调速装置的还应调节旋钮，检查转速控制是否正常；
9. 若带电加热器，测试无一次风情况下，能否启动电加热器、电加热器过热保护功能是否正常。

## 系统平衡调试

### 空调风系统（全空气系统、新风系统、送排风系统）、水系统（冷冻水系统、冷却水系统、供热热水系统）应进行平衡调试。

【条文说明】系统平衡调试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调试和动态平衡调试。静态平衡调试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，动态平衡调试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调试，以确保各末端具备要求的调节能力。

### 系统平衡调试应在主要设备单机试运转、相关管路安装完成并符合要求后实施，应根据系统功能特点制定平衡调试专项方案。

【条文说明】系统平衡调试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. 平衡调试程序；
5. 判定依据。

### 系统平衡调试前，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。

### 风系统平衡调试前，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调试要求；
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。

### 风系统平衡调试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C。

### 水系统平衡调试前，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调试要求；
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。

### 水系统平衡调试宜采用比例调节法、补偿调节法和回水温度调节法，水系统平衡调试程序和记录参考附录D。

### 平衡调试完成后，应编制平衡调试报告，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调试结果、调节阀的编号及最终状态；
2. 平衡调试初始状态下和最终状态下各支路的流量、调节阀状态；
3. 调试过程中发现的问题、解决过程和结果。

### 系统平衡调试后，风系统和水系统相关的风量、水量应满足设计或规范要求。

## 设备性能调适

### 供暖空调系统的冷热源设备、末端设备应进行性能调适。

【条文说明】设备性能调适目的是确保单个设备的性能和功能达到设计和使用要求。设备性能调适宜在典型制冷、制热工况下进行，如需要过渡季开展性能调适工作，可以通过调整相关系统、设备、部件状态，使调适对象工况接近设计工况。4.5.3-4.5.12条给出了常用设备通用的性能调适方法，具体项目的设备调适应根据项目特点、性能要求制定有针对性的调适方案。

### 设备性能调适应在单机试运转、系统平衡调试完成并符合要求、正式供电后实施。

### 设备性能调适前应制定详细的调适方案，明确调适的工况参数、调适方法和判定原则。

【条文说明】设备性能受室外气候参数、室内建筑负荷、现场测试条件等诸多因素的影响，导致设备性能调适过程中的性能测试工况可能会与产品标准要求工况会存在偏差，因此在调适方案中应根据现场的实际情况予以明确明确确。

### 水泵的性能调适方法应符合下列规定：

1. 设备启动
2. 检查相关设备的阀门开启状态或设定值，保证符合测试要求；
3. 启动水泵，启动方法参见4.3.3条；
4. 正常稳定运行0.5h，运行期间无异常振动、噪音，三相电压、电流宜平衡且稳定；水泵前后压力应稳定。
5. 性能调适
6. 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；
7. 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；
8. 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；
9. 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。
10. 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。

* + - * + 流量与设计流量的偏差小于±8%；
        + H-Q、N-Q、η-Q性能曲线符合设备相关技术文件规定。

【条文说明】

1. 水泵扬程的计算公式：



式中，—水泵后测点位置横截面中心相对基准面的高度，m；

—水泵前测点位置横截面中心相对基准面的高度，m；

—水泵后测点位置横截面中心的表压，pa；

—水泵前测点位置横截面中心的表压，pa；

—水的平均密度，kg/m3；

—水泵后测点位置轴向流速的平均值，m/s；

—水泵前测点位置轴向流速的平均值，m/s；

—自由落体加速度，m/s2；

2、水泵效率按下式计算：

式中，—水泵平均流量，m3/h；

—水泵平均输入功率，kW。

### 冷却塔性能调适方法应符合下列规定：

1. 系统工况
2. 冷负荷宜接近设计负荷工况；
3. 冷水机组、冷冻水泵、冷却水泵及末端设备宜按设计要求开启；
4. 室外空气湿球温度应在10～31℃，环境风速小于4m/s，阵风小于7m/s，无雨；
5. 检查相关设备的阀门开启状态，保证符合测试要求。
6. 设备启动
7. 依次开启水泵、冷却塔、冷水机组，设备启动方法参见第4.3.5条；
8. 正常稳定运行0.5h，运行期间无异常振动、噪音，三相电压、电流宜平衡且稳定。
9. 性能调适
10. 性能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；
11. 测试方法应符合国家标准《玻璃纤维增强塑料冷却塔》GB/T 7190.1-2008的要求；
12. 现场应具备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；
13. 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。
14. 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。

* + - * + 冷却塔的热力性能达到95%以上；
        + 噪声满足GB/T 7190.1第5.2条表2要求；
        + G型塔（工业型冷却塔）耗电比不大于0.05kW/（m3/h），其他型塔（普通型、低噪声型和超低噪声型）不大于0.035 kW/（m3/h）。

【条文说明】

1、干湿球温度计安装在距进风口外2～5m，距地面1.5m处。温度计宜避开阳光直射，通风良好；气压计的测点布置位置同上，也可选用附近气象站的相应参数；流量测量装置应安装在进塔水管上，测点距前后局部阻力构件均需有（5～7）倍管径长度；进塔水温测点应布置在靠近冷却塔的压力管内，横流塔也可布置在配水槽内；出塔温度测点应布置在出水管或回水沟内；空气流量宜采用毕托管和微压计在冷却塔的出风口处测量；当无条件时，也可采用风速仪在冷却塔进风口处测量。

2、冷却塔热力性能计算公式：

式中，—实测冷却能力与设计冷却能力的百分比，%；

—实测的进出塔水温差，℃；

—修正到标准设计工况后的进出塔水温差，℃

3、冷却塔的风机耗电比计算公式：

式中，—风机耗电比，kW/（m3/h）；

—电动机实际消耗有功功率，kW；

—冷却水流量，m3/h。

4、冷却塔性能调适判定原则应根据设计要求确定，本条款参考GB/T 7190.1第5.1.2条、第5.2条、第5.3条。

### 电制冷冷水（热泵）机组性能调适方法应符合下列规定：

1. 系统工况
2. 应在典型制冷工况进行，系统负荷不宜小于实际运行最大负荷的60％，且运行机组负荷不宜小于其额定负荷的80％，并处于稳定状态；
3. 冷水出水温度应在6～9℃之间；水冷冷水(热泵)机组冷却水进水温度应在29～32℃之间；风冷冷水(热泵)机组要求室外干球温度在32～35℃之间；
4. 冷却塔、冷冻水泵、冷却水泵、末端设备及阀门开启状态或设定值应处于设计工况。
5. 设备启动
6. 电制冷冷水（热泵）机组启动方法参见4.3.6条；
7. 正常稳定运行0.5h，运行期间无异常振动、噪音，三相电压、电流宜平衡且稳定。
8. 性能调适
9. 性能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；
10. 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；
11. 根据现场条件，合理确定测试仪表安装位置和方式；
12. 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。
13. 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。

* + - * + 制冷量达到设计值的95%以上；
        + 机组消耗总电功率不大于设计值的110%；
        + 冷水(热泵)机组的实际性能系数（COP）满足《公共建筑节能设计标准》GB 50189第4.2.10条的要求。

【条文说明】冷水机组性能测试时宜选择夏季冷负荷接近设计负荷的工况，如无此条件，根据实际情况调整系统工况，或通过开启室内的外门窗等措施增加冷负荷。测试时，末端设备（如AHU、FCU等）需全部开启。应根据水系统阀门调节流量的特点，设计合理的阀门调节策略，实现在较大范围内流量的均匀调节。

1、COP计算方法

式中，—性能系数；

—制冷量，kW；

—冷水机组功率，kW

2、COP判定原则应根据设计要求确定，本条款参照《公共建筑节能设计标准》GB 50189第4.2.10条。

### 燃气锅炉性能调适方法应符合下列规定：

1. 系统工况
2. 燃气锅炉瞬时运行负荷率不应小于30％；
3. 热水泵、换热器已调适完成；
4. 检查相关设备的阀门开启状态，保证符合测试要求。
5. 设备启动
6. 一次开启热水泵、燃气锅炉，设备启动方法参见第4.3.7条；
7. 正常稳定运行0.5h，设备运行期间无异常振动、噪音，三相电压、电流宜平衡且稳定。
8. 性能调适
9. 性能调适参数主要包含燃气消耗量、燃气压力和温度、排烟温度、循环水流量、供水和回水温度；
10. 测试方法应符合国家标准《生活锅炉热效率及热工试验方法》GB/T 10820的要求；
11. 调整锅炉入口水温、热水流量，使其达到或接近设计要求；
12. 正常稳定运行2h，记录运行数据；
13. 运行期间无异常振动、噪音，供气系统及安全设备状态、供水系统、排烟系统、锅炉设备的安全设备功能正常。
14. 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。

* + - * + 锅炉供热量达到设计值的97%以上；
        + 燃气锅炉的热效率达到GB 50189第4.2.5条要求。

【条文说明】1、锅炉热效率计算方法

式中，—锅炉热效率，%；

—锅炉供热量，kJ/h；

—气体燃料消耗量（标态），m3/h；

—气体燃料收到基低发热量（标态），kJ/m3

### 组合式空调机组、新风机组性能调适方法应符合下列规定：

1. 系统工况
2. 宜选择夏季冷负荷或冬季热负荷接近设计负荷的工况；
3. 系统所在管路的风阀全开、机组的水阀全开、平衡阀的设定值应处于设计工况；
4. 冷（热）源系统的调适已完成。
5. 设备启动
6. 组合式空调机组、新风机组启动方法参见4.3.9条；
7. 正常稳定运行0.5h，运行期间无异常振动、噪音和泄漏，三相电压、电流宜平衡且稳定；
8. 性能调适
9. 新风机组性能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调适参数还应包括新风量、回风量及送风量；
10. 测试方法应符合国家标准《组合式空调机组》GB/T 14294的要求；
11. 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；
12. 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；
13. 机组稳定运行15min后记录数据。
14. 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。

* + - * + 风量达到设计值的95%以上；
        + 机组功率不大于设计值的90%；
        + 机组运行时噪声满足设计和使用要求；
        + 机组供冷量和供热量的实测值不低于额定值的95%；
        + 风机单位风量耗功率应满足《公共建筑节能设计标准》GB50189第4.3.22条的要求。

【条文说明】1、机组供冷量计算方法

机组供热量计算方法

—机组供冷量（供热量），kW；

W—盘管水流量，kg/s；

—水的定压比热，kJ/(kg·K);

—进出水温度，℃；

2、风机单位风量耗功率计算方法

式中，—风机单位风量耗功率，W/(m3/h)；

—风机输入功率（W）;

—风机的实际风量（m3/h）。

3、组合式空调机组的判定原则应根据设计要求确定，本条款参照《组合式空调机组》GB/T 14294第6.3.3、6.3.6和《公共建筑节能设计标准》GB 50189第4.3.22条。

### 风机盘管性能调适方法应符合下列规定：

1. 系统工况
2. 宜选择夏季冷负荷、冬季热负荷接近设计负荷的工况；
3. 水泵、冷水机组等冷热源设备性能调适完成；
4. 风机盘管的水阀处于全开状态。
5. 设备启动
6. 风机盘管启动方法参见4.3.10条；
7. 运行期间无异常振动、噪音和泄漏等情况；三相电压、电流宜平衡且稳定。
8. 性能调适
9. 性能调适参数主要包含风量、送风温度、相对湿度；
10. 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；
11. 机组稳定运行15min后，测量送风温度、相对湿度，记录数据。
12. 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。

* + - * + 风量达到设计值的95%以上；
        + 运行时噪声满足设计要求。

### 风机性能调适方法应符合下列规定：

1. 设备启动
2. 风机启动方法参见第4.3.8条；
3. 正常稳定运行0.5h，运行期间无异常振动、噪音等情况；三相电压、电流宜平衡且稳定；
4. 性能调适
5. 性能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；
6. 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。
7. 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。

* + - * + 风量达到设计值的95%以上；
        + 功率不大于设计值的90%；
        + 运行时噪声满足设计要求。

【条文说明】风机的判定原则应根据设计要求确定，本条款参照《一般用途离心通风机技术条件》JB/T10563第3.2.2条。

### 风机动力型VAVbox性能调适方法应符合下列规定：

1. 设备启动
2. 风机动力型VAVbox启动方法参见4.3.11条；
3. 运行期间无异常振动、噪音。
4. 性能调适
5. 性能调适参数主要包括VAVbox出风风量、出口静压、噪声；
6. 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；
7. 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。

* + - * + 风量达到额定值的95%以上；
        + 运行时噪声满足设计要求。

【条文说明】单风道VAVbox内无风机，不需要进行性能调适。风机动力型VAVbox的判定原则应根据设计要求确定，本条款参照《一般用途离心通风机技术条件》JB/T10563第3.2.2条。

### 风机、水泵、制冷机组和空调机组等机械运动设备宜进行振动性能测试，具体符合下列规定：

1. 在设备性能调适完成后进行；
2. 水泵、风机、制冷机组和空调机组的振动测试方法应满足现行标准要求；
3. 振动的限定值参照设备标准或产品标称确定。

【条文说明】水泵振动限值参照《泵的振动测量与评价方法》GB/T 29531-20136.3.3的要求。风机振动限值参照《通风机诊断检测及其限值》JB/T 8689-2014附录A的要求。《蒸气压缩循环冷水（热泵）机组第1部分：工业或商业用及类似用途的冷水（热泵）机组》GB／T 18430．1-2007中参照第6.3.6.2条的要求。《组合式空调机组》GB/T 14294-2008中7.5.11条。

## 联合运行调适

### 供暖空调系统应进行联合运行调适。

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

### 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，并应根据系统形式和功能特点制定联合运行调适专项方案。

### 联合运行调适应包括下列内容：

1. 供暖空调系统自控功能验证；
2. 系统和设备综合性能调适；
3. 系统综合效果验证。

### 供暖空调系统自控系统功能验证应包括以下内容：

1. 现场控制设备单点调试；
2. 受控设备单机调试验证；
3. 系统联合运行调适。

【条文说明】自控系统功能验证分三个层级：现场控制设备单点调试、受控设备单机调试、系统联合运行调适。

现场单点调试主要是对现场的控制盘箱及其各控制点位所监控的末端设备进行逐一调试。通过单点调试确认控制器是否可以正确输出控制命令、正确读取末端设备或被控设备所发出的各类信号；确认末端传感器是否可以正确检测被测区域环境参数；确认末端执行器是否可以正确按照控制命令进行动作。

单机调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调试，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确进行调适和检查，同时对自控系统的图形界面进行检查。

### 传感器、执行器和现场控制器安装应规范、合理、便于维护，供电应符合设计要求，功能应符合下列规定：

1. 传感器、执行器：
2. 检查所有传感器的型号、精度、量程与所配仪表是否相符，并进行刻度误差校验，应达到产品技术文件要求；
3. 执行器应进行动作特性校验，执行器的动作和动作顺序应与设计的工艺要求相符；
4. 控制器读取的传感器数据、执行器状态应与现场的测量值、状态一致；
5. 调节阀和其他执行机构应作调节性能模拟试验，测定全行程距离与全行程时间，调整限位开关位置，标出满行程的分度值，均应达到产品技术文件要求。
6. 现场控制器：
7. 通讯功能验证、单点功能验证应完成，并符合技术文件要求；
8. 控制器应作模拟试验，模拟试验时宜断开执行机构，调节特性的校验及动作试验与调整，均应达到产品技术文件要求；
9. 模拟现场控制器失电，重新恢复供电后，控制器应能自动恢复失电前设置的运行状态；
10. 模拟上位机停机状态，现场控制器应能正常工作；
11. 模拟现场控制器与上位机通信网络中断，现场设备应能保持正常的自动运行状态，且上位机应有控制器离线故障报警信号；
12. 现场控制器时钟应与上位机时钟保持同步。

【条文说明】控制功能验证包括现场调试和上位机调试，为保证传感器准确、执行器动作正确、控制器功能正常，应在现场进行调试。

### 供暖空调系统设备的监测参数、安全保护、启停控制和单机设备自动控制的功能验证应正常。

【条文说明】

主要供暖空调设备的常用控制功能详见下表，具体项目根据系统形式和要求确定。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 设备 | 监测参数 | 安全保护功能 | 启停控制功能 | 单机设备自动控制功能 |
| 冷水（热泵）机组 | 蒸发器、冷凝器的进、出口温度、压力、水流开关状态；  启停和故障状态 | 根据设备故障或断水信号关闭冷水机组；  防止冷却水温低于允许的下限温度 | 通过设备自带控制单元和时间表实现冷水机组的启停 | 设定和修改冷冻水、冷却水供水温度/压力的设定值 |
| 燃气锅炉 | 锅炉、热交换器的进、出口温度；  分、集水器的温度和压力（或压差）；  启停和故障状态 | 根据设备故障或断水信号关闭锅炉；  根据膨胀水箱高、低液位的报警信号进行排水或补水 | 通过设备自带控制单元实现锅炉的启停 | 设定和修改热水供水温度的设定值 |
| 水泵 | 启停状态、频率 | 根据设备故障信号关闭水泵；  具有过流保护功能 | 实现远程启停 | 通过变频器设定值的改变控制水泵转速 |
| 冷却塔 | 风机运行状态、集水盘液位 | 有电加热器等防冻装置的冷却塔应具有过流保护功能；  根据集水盘高、低液位的报警信号进行排水或补水 | 实现启停控制 | 对于变频运行的风机，通过改变变频器频率值，风机转速应能相应进行改变 |
| 组合式空调机组和新风机组 | 室内、外空气的温度、湿度；机组的送风温度；空气冷却器/加热器出口的冷/热水温度；空气过滤器进出口的压差开关状态；风机、水阀、风阀等设备的启停状态和开关参数；冬季有冻结可能性的地区，还应能监测防冻开关的状态 | 风机的故障报警；空气过滤器压差超限时的堵塞报警；冬季有冻结可能性的地区，还应具有防冻报警和自动保护的功能 | 风机停止时，新/送风阀和水阀连锁关闭；  按时间表启停风机 | 自动调节水阀、风阀的开度、风机转速；  设定和修改供冷/供热/过渡季工况；  设定和修改服务区域空气温度的设定值 |
| 风机盘管 | 室内温度和设定值；供冷、供热工况转换开关的状态；当采用干式风机盘管时，还应监测室内的露点温度或相对湿度 | 风机的故障报警；当采用干式风机盘管时，还应具有结露报警和关闭相应水阀的保护功能 | 实现启停控制 | 根据设定温度调节水阀开启状态 |
| 风机 | 风机的启停和故障状态 | 风机的故障报警；空气过滤器压差超限时的堵塞报警 | 应能实现风机启停的远程控制，实现按时间表的自动启停功能 | 根据变频器设定的变化调节风机转速的功能 |
| VAVbox | 室内温度的设定值和实测值；运行状态（占用、非占用、待机等）；一次风风量、风阀开度；风机开启状态；再热水阀开度 | 使用电加热的再热盘管的过热保护功能 | 实现启停控制 | 根据室内设定温度调节一次风阀、再热盘管、风机启停的功能 |

### 楼宇自控系统中央控制站软件的功能调适宜包括以下项目：

1. 中央管理工作站及分站功能检测，包括：显示和记录功能、控制和管理功能、控制参数设定功能、数据的存储和统计功能等；
2. 中央管理工作站及分站系统的控制命令系统响应时间和报警信号响应速度的实时性检测；
3. 中央管理工作站及分站系统可靠性检测；
4. 应用软件编程功能检查及设备、网络故障时的自检功能检查；
5. 系统的冗余配置及系统可扩展性检查。

### 系统控制功能验证宜采用以下两种方法：

1. 在楼宇自控界面上改变被试设备、系统的设定值，观察被试设备、系统在运行状态发生改变后的控制功能是否正常；
2. 改变设备、系统的运行状态，观察楼宇自控系统的功能是否实现。

### 冷热源系统的控制功能验证宜包括下列内容：

1. 各设备启停连锁控制功能和报警功能验证；
2. 冷水（热泵）机组台数、加减载控制功能验证；
3. 冷冻水、冷却水温度控制回路验证；
4. 冷水（热泵）机组和冷冻水泵联合运行控制功能验证；
5. 冷却塔台数、加减载控制功能验证。

### 水系统的控制功能验证宜包括下列内容：

1. 一级泵系统中，水泵台数及变频调节功能、旁通调节阀控制功能；
2. 二级泵及多级泵系统中，负荷侧各级水泵变流量控制功能。

### 风系统的控制功能验证宜包括下列内容：

1. 送风温度、相对湿度、送风量的控制功能验证；
2. 可变新风比和全新风的控制验证；
3. 变风量系统中风机变速控制方式验证。

### 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。

### 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、PM2.5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，测试方法符合国家和行业相关标准的要求；
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、PM2.5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PM2.5浓度测试无测试和评价标准，但PM2.5是近年来公众关注的重要指标，因此本导则中提出对PM2.5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PM2.5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。

### 对于高大空间区域，宜测试实际运行工况下的速度场、温度场，测试结果满足标准和设计要求。

### 对于厨房、卫生间等特殊区域，应能维持相对微负压，房间负压值宜为5～10Pa。

## 季节性验证

### 供暖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】由于供暖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。

### 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，确保验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. 系统平衡调试后末端的水量、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。

### 季节性验证至少应包括制冷季和供暖季，根据系统的特性可增加过渡季， 每个工况宜至少连续验证5天。

### 季节性验证宜基于楼宇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、楼宇自控系统的运行记录。

### 不同季节的控制功能、系统综合效果验证方法参照4.6节，验证结果应符合设计和使用要求。

### 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。

### 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。

# 电气系统调适技术

## 一般规定

### 电气系统调适工作目标

1. 保证设备和系统安装质量符合规范要求；
2. 保证设备和系统使用中的安全性和可靠性；
3. 保证设备和系统的性能符合设计及规范要求。

### 电气系统调适范围为民用建筑工频交流电压1000V及以下的低压电气系统。

### 电气系统调适可分为调适预检查、低压装置的检查及测试、主要设备和系统检查和测试、综合调适。

【条文说明】

1、调适预检查

调适预检查目的是为了保证整个调适工作所需的资料充分完备、现场系统设备的安装符合设计要求、施工质量无明显缺陷。

2、低压装置的检查及测试

调适顾问应对低压装置进行检查及测试，以符合标准规范中的要求。

3、主要设备和系统检查和测试

检查和测试的目的是验证设备和系统满足设计、标准规范中规定的功能及性能要求。

4、综合调适

综合调适主要指电气系统送电调适。

所有检查及测试结果应由调适顾问记录在测试记录表中，这些表格应包含在调适顾问的方案中。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。

## 调适预检查

### 调适预检查应包括资料核查和现场检查。

### 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。

【条文说明】1、设计资料检查：收集并查阅电气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电气设备的产品样本、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：重点检查调适工作相关的施工记录，包括电气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调适的要求。

### 现场检查应进行安装情况、保护措施、标识设置等方面检查。

【条文说明】检查内容根据调适方案确定，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;

17、安装方式。

## 低压装置的检查和测试

### 低压装置的检查和测试主要包括：

1. 保护导体的连续性；
2. 绝缘电阻；
3. 极性；
4. 接地电阻；
5. 接地故障回路阻抗；
6. 各项保护器件的功能。

【条文说明】在通电前应进行保护导体的连续性、绝缘电阻、极性、接地电阻的测试，通电后应进行接地故障回路阻抗、剩余电流动作保护器等保护器件的测试,保证其电气特性符合安全性的要求。

### 所有保护导体，包括用作等电位连接的所有导体及任何非电气装置金属部分，均应作连续性测试。

【条文说明】保护导体电气连续性测试的目的是为了避免使用电器产品时操作人员可能受到电击的危害，当产品发生绝缘故障时，保护导体需能将故障电流导入大地，确保操作人员的人身安全。

测试前应确认所测试部分处于未通电状态，应在零地端子排的位置把中性线及保护导体互相连接，然后使用连续性测试仪在每一配电回路的地线和中性线之间进行检验，该处所显示的读数应接近于零。并使用万用表蜂鸣档检测所有电器设备的外露导电部分和接地紧固件之间的电气连续情况。

### 绝缘电阻测试应符合以下规定：

1. 低压成套配电柜和馈电线路的每路配电开关及保护装置的相间和相对地间的绝缘电阻值不应小于0.5 MΩ；
2. 低压装置的外露非带电金属部分与所有带电部分之间的绝缘电阻不应低于0.5 MΩ；
3. 灯具、电缆、母线等装置的绝缘电阻限定值遵照《建筑电气安装工程施工质量验收规范》GB 50303中的相关规定。

【条文说明】应使用相应电压等级的直流电兆欧表来测量绝缘电阻，小心确保测试中器具的绝缘能够抵受测试电压而不致损坏。应分开测试主配电柜及每个配电电路。对大型装置进行这种测试时，可以按装置的用电点分成多组。

在测量时，当所有熔断器熔体已妥善装好，所有开关和断路器处于闭合位置，以及线路的所有极或相皆已作电气性连接时，其对地的绝缘电阻不应低于0.5 MΩ。

### 低压装置应进行极性测试，以确保

1. 所有熔断器、单极保护和控制器件及开关只装设在相导线上；
2. 零线接地的电路中如有螺丝灯座，其螺丝触点已连接至该零线导体；
3. 电路已正确地连接至各插座及类似的附件。

### 低压系统中，配电变压器中性点的接地电阻不宜超过4Ω，综合接地系统接地电阻应小于1Ω。其它电气系统接地电阻允许值满足《民用建筑电气设计规范》JGJ 16的规定。

【条文说明】应使用接地电阻测试仪测量接地电阻。在接地极与测试棒间的距离应足够远，确保彼此的电阻地带不会重叠。距离不少于测试仪制造商所建议的数值。

常用的测量接地电阻的方法是三极法中的直线法：沿被测接地极E’使电位探测针P’和电流探测针C’依直线彼此相距至少为D（被测接地装置的最大对角线长度），插入地中，且电位探测针P’要插入接地极E’和电流探测针C’之间。用导线将E’、P’、C’分别接于仪表上相应的端钮E、P、C上。接地极E’的实测接地电阻，就是E’与P’之间的电压降值除以E’与C’之间电流值。

具体要求、检查和测试方法可参见《建筑物防雷装置检测技术规范》GB/T 21431和《接地装置特性参数测量导则》DL／T475。

如已连接电源，亦可使用下列方法测量接地电阻值。环路阻抗测试仪应连接至装置供电点的相线和接地之间，进行接地回路阻抗测试。这项阻抗读数可视为接地电阻值。

### 低压成套配电柜和配电箱(盘)内末端用电回路中，所设过电流保护电器兼作故障防护时，应在回路末端测量接地故障回路阻抗，且回路阻抗应满足下式要求：



【条文说明】确保在故障时，流经电路的电流足够使保护器件及时切断电路，以避免在装置内任何外露可导电部分和外界可导电部分之间的电压带来危险。接地故障回路阻抗的数值，应使用接地故障回路阻抗测试仪来测量，其刻度应以欧姆计算。在开始测试前，必须检查接地导体已接至接地装置，但等电位导体与接地装置间的连接需临时断开，以免这部分额外的接地回路影响测试结果。在测试期间，外露可导电部分会引起电位升高，应该采取措施确保测试人员及其他人员免遭电击。

### 剩余电流动作保护器应在施加额定剩余动作电流的情况下测试动作时间，且测试值应符合设计或设备技术参数要求。测试期间应该把负载断开，测试位置符合下列要求：

1. 插座回路RCD 的测试应通过末端插座来进行，因为线路保护接地导体的连接有效性可通过末端插座检查，而插座保护接地导体的连接有效性可通过插座检测器来检验；
2. 干线回路RCD 的测试宜在RCD 出口处进行测试；
3. 其他回路RCD 的测试应在回路末端对RCD 进行测试。

【条文说明】设计一般以保护电器额定动作电流为依据选择保护电器，因此应将“实际动作时间”作为工程必检项目。在测量“实际动作时间”时，以RCD 额定剩余动作电流，测试保护电器动作时间RCD 测试仪表接入任意相导体和接地导体通过仪表内负载（电阻）产生额定剩余动作电流，并同时监测相导体对接地导体电压消失时间，此时间即为保护电器实际动作时间，其数值不应大于设计限值。

而“实际动作电流”可作为选测项目，其测试以阶梯递增电流，测试保护电器实际动作电流RCD 测试仪表接入任意相导体和接地导体，通过仪表内负载（电阻）产生固定步长的剩余电流，同时监测相导体对接地导体电压，仪表显示电压消失时的电流即为保护电器实际动作电流，其数值不应大于额定剩余动作电流值。

### 微型断路器、塑壳断路器、空气断路器、熔断器式开关、隔离器、开关及指示器件等保护器件，应以人工操作方式检查其功能。

### 对于负载特性大多为非线性且对电能质量有较高要求的低压电气系统，应作谐波专项检测。检测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)限值为5％；
2. 谐波电流不应超过《电能质量 公用电网谐波》GB/T 14549中规定的允许值。

## 主要设备和系统检查和测试

### 主要设备和系统的检查和测试主要包括：

1. 防雷接地系统检查和测试；
2. 变压器检查和测试；
3. 柴油发电机检查和测试；
4. 低压配电干线检查和测试；
5. 低压配电柜检查和测试；
6. 电路开关切换检查；
7. UPS和EPS检查和测试；
8. 照明装置检查和测试。

【条文说明】针对电气系统中具体的主要设备性能和系统分项功能，进行安全性确认和特有的功能性能方面的检查和测试，以确定其除符合安全性的要求外，同时在功能性能方面满足设计和使用规范要求。

### 防雷接地系统检查和测试应符合下列要求：

1. （检查）接闪器与防雷引下线应采用焊接或卡接器连接，防雷引下线与接地装置应采用焊接或螺栓连接；
2. 变配电室及电气竖井内接地干线应与接地装置可靠连接；
3. 所有接地装置和引下线的位置应避开存放危险品的场所、柴油罐和易燃品仓库等危险位置；
4. 接地电阻测试结果应满足设计要求；
5. 避雷网和接地体之间、局部等电位联结等应进行连续性测试。

### 变压器检查和测试应符合下列要求：

1. 检查、测试方案应保证人员或财产的安全，应具备完善的预防措施；
2. 检查接地系统型式和要求，如为TN系统，则装置中所有外露可导电部分应通过保护导体与电源系统的接地点连接，该保护导体应在各相关变压器或发电机处或其附近接地；
3. 电源系统的接地点无中性点时，应将一根相导体接地，在任何情况下不允许将相导体做PEN导体；
4. 消防、安全遮栏等设施应完备，各种标志牌悬挂齐全；
5. 记录变压器的铭牌参数；
6. 测试变压器接地电阻，变压器中性点的接地电阻不宜超过4Ω；
7. 见证变压器的试运行过程。

【条文说明】推荐的试运行过程包括：

1. 经过检查和测试，变压器一切正常后，可以投入试运行；
2. 注意变压器必须在温控器超温报警和跳闸报警接入用户二次报警电路后方可投入试运行；
3. 再一次检查变压器的分接位置是否与铭牌和分接位置标志牌一致；
4. 当为有载调压变压器时，在空载的情况下,应将有载分接开关作一次循环操作，检查变压器输出电压是否符合要求，开关操作是否正常；
5. 变压器试运行应注意冲击电流、空载电流、一、二次电压，正常后可投入24h空载运行；
6. 带负载后，注意观察温度显示是否正常，在三相负载平衡的情况下，三相温度应相差不大；
7. 所有这些检测过程都应该做好记录，存档备查；
8. 在试运行正常后，可合闸正式运行。

### 柴油发电机检查和测试应符合下列要求：

1. 机房应具备的良好的照明、通风设施；警告标牌悬挂齐全，消防设备准备完善；机组减震措施完备；
2. 引擎外部应无损伤、缺件，紧固件紧固状态良好，发电机输出线或控制线无损伤、松动；
3. 检查燃油箱的安装位置及供油/回油管路的口径和安装满足设计要求；
4. 蓄电瓶应满足该机型启动系统对电压/容量的使用要求；
5. 检查启动电机、发电机的接线是否符合要求；
6. 检查发动机冷却系统是否已加注防冻液，加水过程是否已充分排气并使膨胀水箱保留5%的空间，水滤器通水开关是否已打开；
7. 消音器应无破损，排气管应安装牢固、清洁无异物、并用隔热材料包裹；
8. 测试发电机组至配电柜馈电线路的相间、相对地间的绝缘电阻，低压馈电线路的绝缘电阻不应小于0.5MΩ；
9. 柴油发电机组的调试宜按照如下步骤进行：
10. 对远程及就地启动功能进行试验，并检查相序；
11. 检查低油压报警、高水温报警、漏油漏水漏气报警、启动失败报警、低油压停机、高水温停机功能；
12. 记录空载状态下的电压、频率、冷却液温度、机油压力、发电机充电系统电压；
13. 记录满载状态下的电压、频率、功率因数、电流、冷却液温度、机油压力、发电机充电系统电压；

### 低压配电干线检查和测试应符合下列要求：

1. 金属电缆支架与PE端应可靠连接，对于暗敷部位查阅隐蔽工程检查记录；
2. 配电柜（箱）、桥架、母线等安装牢固程度、外观完好程度、型号规格和安装位置应符合设计要求；
3. 核查母线的绝缘电阻测试记录文件；
4. 电缆头应可靠固定，检查电气元器件或设备端子是否承受额外应力；
5. 电缆连接器与导线截面应匹配；
6. 测试低压配电干线系统（包括电缆、母线）的电气连续性、绝缘电阻、极性、接地故障回路阻抗和其他参数，应满足相关标准要求；
7. 上电前应进行电缆绝缘测试，绝缘电阻大于10MΩ。
8. 确认上述检查和各项参数测试无误后进行送电试运行；
9. 低压配电干线通电后，对接合部位进行红外线扫描，检查接触部分温度是否异常升高。

【条文说明】电缆绝缘测试可采用如下测试方法：

将线路上的开关刀闸、仪表、设备等用电开关全部置于断开位置，将地线（PE）和零线（N线）从各自端子排上拆下，然后对相间、相地间、零地间，1kV电缆选用1kV兆欧表，对电缆进行测试，绝缘电阻在10MΩ以上。

### 低压配电柜检查和测试应符合下列要求：

1. 柜（箱）内应有无杂物，安装符合质量评定标准，相色、铭牌号应齐全。柜（箱）的接线端子应有编号，且清晰、工整、不易脱色；
2. 进线电缆吊牌应包含电缆始端、终端，电缆型号等内容；
3. 配电室内成套低压出线柜、各层配电柜的外露可导电部分（包括金属钢架、金属基础底座、装有电器的可开启金属门）应单独与保护导体（PE）连接紧密，连接导线应采用截面积不小于4mm2的黄绿色绝缘铜芯软导线；
4. 接地端子排和零线端子排上连接的PE线和N线数量，应与本配电柜（箱）进线及出线数量相对应；
5. 柜（箱）应有可靠的防电击保护，柜内PE排应设置有裸露的连接外部PE线的端子；
6. 成套抽屉柜应做如下检查：
7. 检查调整抽屉柜滑道，抽屉推拉应灵活，无卡阻碰撞现象；
8. 机械联锁动作应准确、可靠。断路器、空气开关分闸后，隔离触头才可以分开，抽屉才可以拉出；
9. 抽屉推入时，接地触头应比主触头先接触，拉出时应比主触头后断开；
10. 所有的触头不应有机械损伤的痕迹；
11. 抽屉与柜体间的二次回路连接插件接线应准确、可靠；
12. 记录断路器、空气开关型号及分断电流、短路电流等参数。
13. 检查柜（箱）内配线是否整齐、无铰接现象，同一电器器件端子上的导线连接不应多于2根；
14. 检查明敷接地干线沿长度方向每隔15－100mm是否已分别涂以黄色和绿色相间的条纹；
15. 依据施工设计图纸及变更文件，核对柜内的元件规格、型号和安装位置；核对各导线的截面规格；逐线检查柜内各设备间的连线及由柜内设备引至端子排的连线；
16. 柜（箱）的布置及安全间距应符合设计要求；
17. 对设计有防火要求的柜（箱），检查进出口部位是否已做防火封堵，并封堵严密；
18. 柜（箱）的金属框架和基础型钢与PE端子之间的连接应做连续性测试；
19. 柜外部PE线与柜内PE排的连接应做连续性测试；
20. 测试低压配电柜（箱）线路的线间和线对地间绝缘电阻值，馈电线路不应小于0.5MΩ ，二次回路不应小于1MΩ；
21. 柜（箱）的二次接线应做交流工频耐压实验，回路中的电子元件不应参加交流工频耐压试验。当绝缘电阻值大于10 MΩ时，用2500V兆欧表测试1min，应无闪络击穿现象；当绝缘电阻在1-10MΩ时，做1000V交流工频耐压试验，时间为1min，应无闪络击穿现象；
22. 对柜（箱）的保护装置进行动作试验；
23. 应对柜（箱）的控制回路进行模拟动作试验；
24. 配电柜（箱）的剩余电流动作保护器应在施加额定剩余动作电流的情况下测试动作时间，测试值应符合设计要求。

【条文说明】断开电气线路的主回路开关出线处，电动机等电气设备不受电，接通控制电源，检查各部的电压是否符合规定，信号灯继电器等工作是否正常；操作各按钮或开关，相应的各继电器、接触器的吸合和释放都应迅速，各相关信号灯指示要符合图纸要求；用人工模拟的方法试动各保护元件，应能实现迅速、准确、可靠的保护功能；手动各行程开关，检查其限位作用的方向性及可靠性；对设有电气联锁环节的设备，应根据原理图检查联锁功能。

### 电路开关切换检查，应符合设计和使用要求。

【条文说明】主要进行以下几方面的切换检查：

1、照明电路的开关切换，以确保照明电路装置对应于照明开关、保护装置和标志；

2、切换通用电源电路以确保电路对应于诸如漏电保护装置之类的保护装置，并且保护装置能按照设计指定执行；

3、主开关/隔离开关保证相应电路由主开关/隔离开关正确控制；

4、所有主电路和分电路的切换，例如电气元件、电缆馈线、地下电缆等，以确保连接电路的正确隔离；

5、切换所有切换开关以确保切换顺序符合设计要求。

### UPS和EPS检查和测试应符合下列要求：

1. UPS（EPS）环境温度、湿度应符合产品说明书要求，使用环境无漏水、可燃气体、较大灰尘等；
2. UPS（EPS）和放置电池的金属柜（箱）的外露可导电部分（金属框架、金属基础和金属门）应单独接地并可靠连接；
3. UPS（EPS）系统与上级配电柜（箱）的地线应可靠连接；
4. 各电子元件及配线应牢固；
5. 蓄电池无裂纹鼓肚损伤；
6. UPS（EPS）系统一次接线应全部完毕，且接线正确；
7. UPS（EPS）所用蓄电池应已充满，并达到使用条件；
8. 记录UPS（EPS）和电池的型号规格；
9. 系统调试按照如下步骤进行：
10. 测试UPS的输入端、输出端对地间的绝缘电阻，阻值不应小于2MΩ；UPS及EPS 连线及出线的线间、线对地间绝缘电阻值不应小于0.5MΩ；
11. 将UPS柜内各开关断开，测量输入、旁路电源的电压、频率、相序、功率参数；
12. 输入电源参数符合要求后，合上旁路电源、工作电源、直流电源开关。启动逆变器，将逆变器输出与旁路电源相核对；
13. 在空载、50%负荷、满载情况下测量UPS每相输入、输出电流、电压、功率因数、频率等；
14. 检查蓄电池供电时蓄电池组输出电压/电流、UPS输出电压/电流、电池放电时间是否符合设计要求；
15. 经过空载试运行试验48小时无误后，进行带负载运行试验，并观察电压、电流等指示正常后可验收交付使用。
16. 测试UPS的噪声，输出额定电流为5A及以下的小型UPS，其噪声不大于30dB(A)，大型UPS的噪声不大于45dB(A)。

### 照明装置检查和测试应符合下列要求：

1. 灯具固定应牢固可靠，质量大于10kg的灯具，固定装置及悬吊装置应按灯具重量的5倍恒定均布载荷做强度试验，且持续时间不得小于15min；
2. 灯具回路控制应与照明配电箱及回路的标识一致；开关与灯具控制顺序相对应；
3. I类灯具外露可导电部分须采用铜芯软导线与保护导体可靠连接，连接处应设置接地标识，铜芯软导线的截面积应与进入灯具的电源线截面积相同；
4. 照明调试前宜检查照明控制箱内部接线、开关的分合，合格后对开关进行绝缘检查，灯具绝缘电阻不应小于2 MΩ，线路绝缘电阻不应小于1 MΩ；
5. 宜按照如下流程开展通电调试工作：将所有开关处于分开状态，送电至照明控制箱主开关的上柱头，然后合上主开关，一次仅对一个回路单独通电试灯，检查灯具是否发光，有无不亮，发光闪烁不稳定等现象，如此全部回路完成后将所有的回路全部合上，再检查灯具的发光情况，亮灯一小时若未出现异常则表明灯具调试合格；
6. 应急照明系统宜按照如下流程实施功能检查试验：
7. 将应急照明灯通电，充电24小时进行试验：
8. 利用灯具的试验按钮检查能否切换到应急状态；
9. 断开电源，检查灯具能否在应急状态下工作30分钟。
10. 应对典型区域的照度、照明功率密度等参数进行测试，测试结果应符合设计要求；
11. 照明装置的照明质量和控制方式应按以下方法进行测试：
12. 在进行照明测量和测试之前，应根据指定的色温、射灯的角度及外部泛光灯的瞄准角检查所有照明装置；
13. 测量每个区域或房间的照度水平和照明功率密度，应符合设计的照度要求；
14. 评估各区域或房间的照明均匀度，应满足项目调适任务书或设计要求；
15. 所有分组的灯具应通过对应开关或定时器的手动操作进行测试；
16. 对于集中控制的灯具，专业承包商应与负责此类计算机控制系统的其他承包商协调；
17. 对于由物体感应器控制的灯具，应对灯具的“开”和“关”进行测试，以验证物体感应器的功能和灵敏度；
18. 对与由日照传感器控制的灯具应进行测试，以验证将照度水平保持在预设范围内的调光功能。

### 对于安装有谐波吸收装置的电路，应验证该器具符合谐波治理的要求。

## 综合调适

### 综合调适应在低压电气系统内所有低压装置完成检查与测试、各主要设备和系统完成检查与测试开展后进行。

### 送电前应检查以下内容：

1. 各级开关与电缆、母线排的连接是否牢固；
2. 地线端子排与接地极可靠连接；
3. 所有开关的极性、相序及熔断器的额定值；
4. 蓄电池供电、并联供电运行正常；
5. 过载、接地故障保护电器和电流互感器极性均测试正常；
6. 开关和空气断路器正常动作；
7. 已设立危险和警告标志。

### 送电过程应符合下列规定：

1. 确认低压配电柜所有分路开关断开，合主进线开关，应检查电压表三相电压；
2. 在低压联络柜内，在开关的上下侧进行同相校对；
3. 合低压配电柜分路开关，对主干线电缆、母线空载送电，送电顺序应由上级配电箱往下级配电箱逐级逐回路送电；
4. 观察过电流、接地故障等保护继电器，是否存在故障指示；
5. 有双电源互投配电箱柜时应做切换电源调试；
6. 持续观察约30min，看是否有异味或异常噪音，一切正常则正式送电完成。

### 电气系统正式送电完成后，应配合各机电专业进行联合调适，调适过程中，根据工艺要求实现相应联动控制功能。

# 给排水系统调适技术

## 一般规定

### 给排水系统调适完成后，所有设备、系统安装和性能应满足设计要求，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正确。

### 给排系统调试范围为室内给水系统、生活热水系统、排水系统和相关自控系统，包括水箱、给水泵、排污泵、生活热水泵、系统管路和卫生器具。

### 给排水系统调适分为调适预检查和设备系统调适。

【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由调适顾问记录在测试记录表中，这些表格应包含在调试顾问的方案中。

## 调适预检查

### 调适预检查应包括相关系统和设备的资料核查和施工现场检查。

### 资料核查应进行设计资料核查、设备资料核查、施工过程资料核查。

【条文说明】调适顾问在调试启动时应提供所需资料清单，并对提交的资料进行抽查，核查目的是确保调适开展的条件。

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。

施工过程资料核查：核查调适工作相关的施工记录，包括设备及管路安装记录、打压实验记录、隐蔽工程的检查记录。

### 现场检查包括主要设备和系统的符合性检查和施工缺陷检查。

### 主要设备、系统安装后应进行符合性检查，检查内容包括设备安装位置、设备编号及铭牌是否满足设计要求。

【条文说明】符合性检查的工作目的主要为核实给排水系统的各相关系统、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。符合性检查是在调试前对典型的设备、系统进行抽查。

### 施工缺陷检查主要通过现场检查和必要的测试手段发现施工过程中存在的问题，保证设备和系统的施工质量符合规范要求。

【条文说明】在工程调适过程中，常见的缺陷主要包括施工缺陷和功能缺陷两类。施工缺陷如：阀门漏装、减震措施不到位等，这些缺陷会影响系统的正常运行和性能；功能缺陷如：管道安装位置不当、设备及主要部件未留检修空间等，这些缺陷影响检修、调节、控制及使用功能，缺陷检查是在调试前对典型的设备、系统进行抽查。

1. 重点区域的缺陷检查应包括以下内容：
2. 设备安装位置是否满足检修、测试的要求；
3. 机房通风是否满足规范要求；
4. 机房围护结构是否采用隔声处理；
5. 设备机房是否有给水排水措施；
6. 重点设备的缺陷检查应包括以下内容：
7. 设备机组的外表是否有损伤；
8. 密封是否良好；
9. 阀门、执行器等配件是否齐全；
10. 水阀、风阀、水过滤器、压力表、温度计等安装是否便于观察、维修和操作。
11. 管路的施工缺陷检查应包括以下内容：
12. 管路支架安装是否满足规范要求；
13. 管路的安装是否满足防火规范要求；
14. 管路部件安装是否易于操作；
15. 管路的位置标高走向是否满足设计要求。

## 给水系统

### 给水系统调适前，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，安装质量符合要求；
2. 调适预检查工作已完成，发现的问题已整改完成；
3. 评估未解决的问题对现有工作的影响程度，对后续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。

### 给水系统调适前应检查以下内容：

1. 充水前应检查
2. 检查确认水处理装置安装、调试完毕且满足使用要求；
3. 检查确认水系统水箱排污、溢水通畅；
4. 检查确认设备、部件、止回阀、泄压阀安装正确、功能正常；
5. 水箱、水龙头、过滤器等已经清洗，且满足要求；
6. 补水系统正确连接。
7. 机械检查
8. 水泵

* 水泵叶轮自由转动；
* 减震措施安装到位；
* 皮带轮松紧合适；
* 轴承清洁且润滑适当。

1. 电动阀和浮球开关

* 检查阀门安装方式正确；
* 阀门正常动作；
* 阀杆润滑适当。

1. 配电检查

* 检查确认配电系统安装完成且符合设计和规范要求；
* 检查确认控制按钮正确安装；
* 接线盒内外清洁；
* 电缆规格型号符合设计且安全防护措施到位。

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

### 变频水泵的试运转及调试宜按以下程序实施：

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。

### 水泵单机试运转程序参见4.3.4条。

### 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。

### 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。

### 洗面盆及龙头检查与调试应符合下列要求：

1. 角阀应完全打开；
2. 龙头出水应通顺；
3. 面盆溢满排水口接驳无渗漏，面盆去水应通顺。

### 淋浴器检查与调试应符合下列要求：

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。

## 生活热水系统

### 生活热水系统管路冲洗、水箱注水试验、管道压力试验及泵组调适要求同给水系统。

### 热水锅炉及辅助系统和太阳能生活热水系统调适由设备厂商专业人员进行调试，调适记录应存档。

### 生活热水系统应进行水温检查测试，末端用水点的热水出水时间及水温应满足设计及使用要求。

### 洗面盆、龙头和淋浴器检查、调适，要求同给水系统。

## 排水系统

### 排水系统调适前，应符合下列要求：

1. 排水系统安装完成，安装质量符合要求；
2. 调适预检查工作已完成，发现的问题已整改完成；
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。

### 水压试验宜按以下方法实施：

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。

### 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，通球试验一般只做最高层的选择卫生间最里面的一个坐便器做，试验用球是塑料球，球从顶层的坐便孔里放进去加水冲，在地面的排水井里观察球是否能出来。

### 卫生器具应做满水试验，放水后，观察水位超过溢流孔时，水流能否顺利溢出；按下排水按钮，排水应该迅速排出。关闭水嘴后应立即停止水流，龙头四周不得有水渗出；检查冲洗器具的灵敏度和可靠程度。

### 地漏应进行去水检查与调试，将水源注入地漏内，检查地漏去水是否通顺，有否堵塞。

### 污水泵的试运转及调试宜按以下程序实施：

1. 检查污水泵及相应控制系统安装符合要求、潜水泵吸入口处有无异物堵塞，确认是否具备调试条件；
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，检查液面是否下降，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，各限位控制的灵敏度及正确性。

### 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选择和自动交替功能是否正常。

# 调适验收

### 调适完成后，各系统应满足下列要求

1. 设备的性能参数符合建设（业主）单位项目需求；
2. 设备和系统安装质量满足相关规范要求和建设（业主）单位项目需求；
3. 经过良好的平衡调试，且调适结果满足建设（业主）单位项目需求；
4. 系统所有自动控制功能经过验证，且验证结果满足本导则要求；
5. 系统不同工况下控制逻辑正确，且控制精度满足设计要求；
6. 系统使用效果、能效满足建设（业主）单位项目需求。

【条文说明】机电系统调适的最终目标是满足建设（业主）单位项目需求，过程中的复验及最终验收的主要依据文件是细化的建设（业主）单位项目需求书，本条规定了调适应该满足的基本要求。

### 机电系统调适完成后应组织验收，确认各系统按本导则要求实施调适工作，且调适资料完整、有效。

### 调适验收应由建设单位组织，调适顾问、施工单位、设计单位、监理单位参加，调适验收合格后应形成各方确认的验收记录存档。验收表格可参照附录E。

### 建筑机电系统调适验收，应对以下资料进行审核，并纳入竣工资料：

1. 调适计划；
2. 项目调适任务书；
3. 各专业调适预检查记录；
4. 各阶段调适、复验记录；
5. 问题日志；
6. 阶段调适报告；
7. 调适总报告；
8. 培训记录；
9. 系统手册；
10. 其他调适过程中形成的资料。

# 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 | 送、回风温度（℃） | 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℃ |
| 风速(m/s) | 风速仪\毕托管和微压计 | ≤ 0.5m/s |
| 风量（m3/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 | ≤ 2 hPa |
| 水系统参数 | 水温度（℃）） | 玻璃水银温度计、 铂电阻温度计等各类温度计（仪） | ≤0.2℃（空调）  ≤0.5℃（采暖） |
| 水流量m3/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（℃） | 温度计（仪） | ≤0.5℃  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 | 0.5 dB（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。 | | | |

# 问题日志模板

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 问题编号： |  | 发生日期： |  |
| 问题简述： |  | 归属系统或设备： |  |
| 发生地点： |  | 预计解决时间： |  |
| 问题详细描述 | 记录人： | | |
| 解决问题的责任人员/单位： |  | 解决日期： |  |
| 问题解决对OPR或设计造成的更改 |  | | |
| 解决问题的方法或措施简述： |  | | |
| 问题解决情况验收/测试结果 | 验收人：  年 月 日 | | |
| 甲方对问题解决结果及OPR或设计更改的意见 | 甲方（签字/盖章）：  年 月 日 | | |
| 备 注 |  | | |

# 风系统平衡调试程序

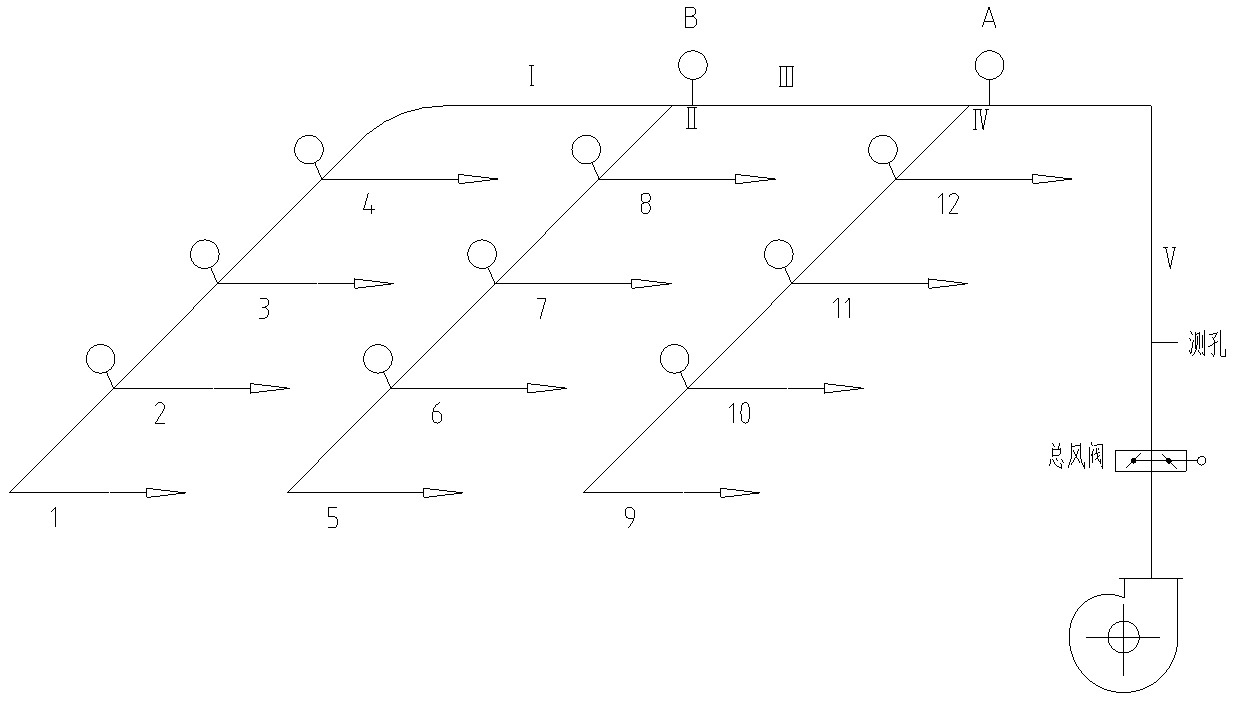
## C.1准备工作

1. 检查、确认风机已经完成单机试运转调试，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. 准备好平衡调试所需的记录表格、仪器和设备。

## C.2调试方法

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

### **C.2.1基准风口法的调适步骤**



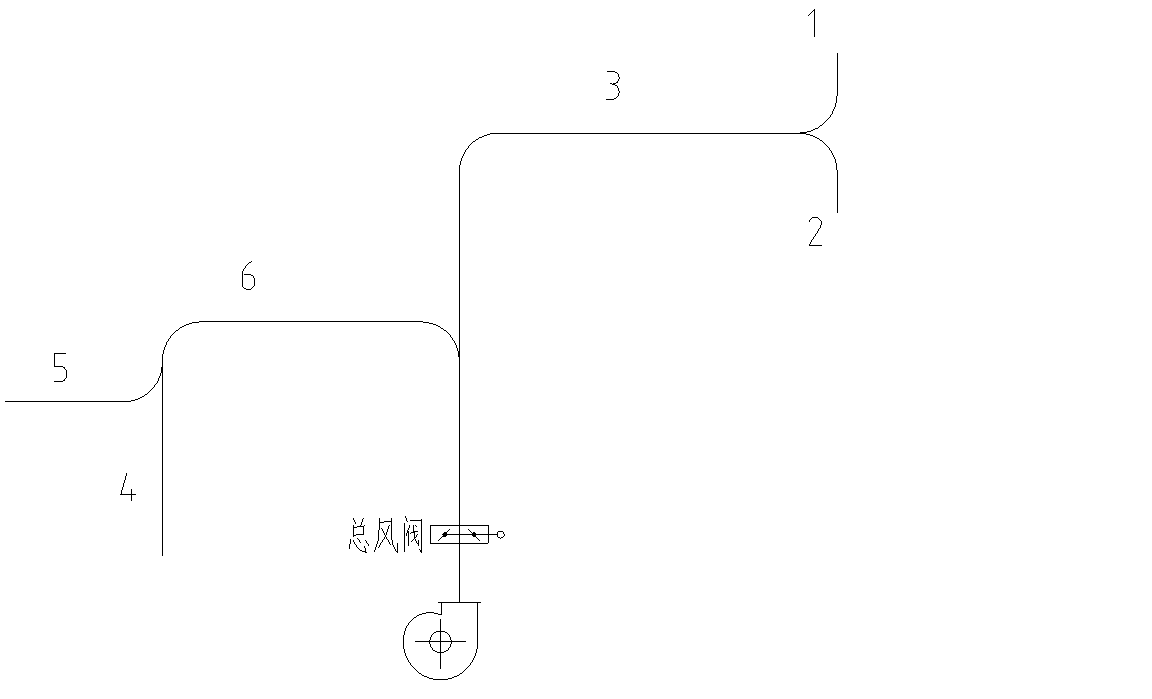
图C.2-1系统风量平衡调节示意图

以图C.2-1为例，具体步骤如下：

1. 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，系统其它。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。
2. 在各支路中选择比值最小的风口作为基准风口，进行初调。
3. 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。
4. 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。
5. 各支路送风口的送风量和支路送风量调适完后，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，则系统风量平衡调试工作基本完成。
6. 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。
7. 在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。
8. 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%。

### **C.2.2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。如图C.2-2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“风量等比分配法”。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。



C.2-2流量等比分配法管网风量平衡图

# 水系统平衡调试程序

## D.1静态水力平衡调节

### **D.1.1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. 准备好平衡调试所需的记录表格和设备。

### **D.1.2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

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

* 调适步骤

1. 支管上各末端装置间的平衡

图D.1-1分区空调冷冻水系统图

1. 启动并联冷冻水泵（P1和P2），此时冷水机组可以不运转。
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。
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。
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。
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。
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。
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）。
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。
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。
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。
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。
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.12.7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。

1. 立管上各支管间的平衡

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”（如图D.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：

图D.1-2 设备管路平衡后采用“中AHU”

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。
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。
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。
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。
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。
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。
7. 干管上各立管间的平衡

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”（如图D.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）：

图D.1-3 支管路平衡后采用“大AHU”

* 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。
  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。
  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。
  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。
  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。

1. 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：

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。
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。
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，则完成冷水系統之平衡调整作业，否则继续微调流量比值≠1.00之平衡阀。
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。

## D.2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。

# 机电系统调适验收表格

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 工程名称 |  | | |
| 调适顾问 |  | 项目负责人 |  |
| 总包单位 |  | 项目负责人 |  |
| 设计单位 |  | 项目负责人 |  |
| 监理单位 |  | 项目负责人 |  |
| 分项工程验收记录 | | | |
| 分项 | 验收内容 | 验收记录 | 判定 |
| 供暖空调系统 | 调适实施内容 |  |  |
| 调试过程文件  （记录、阶段报告、问题日志、复验单等） |  |  |
| 调试报告 |  |  |
| 现场抽验记录 |  |  |
| 电气系统 | 调适实施内容 |  |  |
| 调试过程文件  （记录、阶段报告、问题日志、复验单等） |  |  |
| 调试报告 |  |  |
| 现场抽验记录 |  |  |
| 给排水系统 | 调适实施内容 |  |  |
| 调试过程文件  （记录、阶段报告、问题日志、复验单等） |  |  |
| 调试报告 |  |  |
| 现场抽验记录 |  |  |
| 系统手册 |  |  |  |
| 培训 |  |  |  |
| 验收结论 |  | | |
| 验收单位确认 | 调适顾问 |  | |
| 总包单位 |  | |
| 建设单位 |  | |
| 设计单位 |  | |
| 监理单位 |  | |

# 管道压力试验程序

1. 管道压力试验宜按以下程序实施：
2. 管道的压力试验应在保温之前完成并得到认可；
3. 管道压力试验适用于水系统和制冷剂系统；
4. 应制定管道压力试验的方案，方案中应明确不同分区水系统的试验压力，应明确指出无法承担最大试验压力的部位，试验期间进行隔离，随后单独进行压力试验；
5. 管道压力试验前应对焊接质量进行检查，或核查焊接质量的检查记录；
6. 制冷剂管路应用氮气进行压力试验，试验压力应参考随设备技术文件的规定，无规定时参考下表。对于使用混合工质制冷剂的系统，应参考厂家建议的试验流程和试验压力。

表F.1-1 不同制冷剂系统气密性试验压力（MPa）

|  |  |
| --- | --- |
| 制冷剂 | 试验压力 |
| R22、R404A、R407C、R502、R717 | ≥1.8 |
| R134a | ≥1.2 |

试验压力参照国家标准《制冷设备、空气分离设备安装工程施工及验收规范》GB50274-2010第2.1.4节规定。

# 水系统冲洗程序

水系统冲洗宜按以下程序实施：

1. 无论施工期间采取了何种预防措施以保持管道内部清洁，本阶段都应遵循以下流程来冲洗系统；
2. 制定管道冲洗方案，根据系统特点，将系统进行划分，确保每个管路可自行排水，以确保最佳的冲洗效果；
3. 对于部分设备应隔离，并单独进行清洗，包括容易被污物堵塞、污物容易沉积的设备，例如：水泵、冷水机组、喷嘴、冷却塔的积水盘、水罐等；
4. 宜采用循环水利用设备，减少冲洗用水；
5. 宜从上到下进行清洗，从最低点排出污水。宜先冲洗小管径管道，再冲洗大管径管道；
6. 冲洗时尽量提供冲洗水流的流速；
7. 判定系统管路冲洗、排污合格的条件是目测排出口的水色和透明度与入口的水对比应相近，且无可见杂物；
8. 当系统继续运行2h以上，水质保持稳定后，方可与设备相贯通；
9. 根据情况，可用系统自循环方式进行管路清洁。但必须应在水泵试运转工作完成之后实施；
10. 根据需要，可按照标准规定进行化学清洁，化学清洁之后应进行防腐蚀处理。

# 系统注水程序

1. 确认系统状态，包括：

* 确认有特殊要求的阀门已按照厂家要求进行安装，例如中高温系统下使用的阀门应进行特殊润滑处理；
* 确认压力试验已完成；
* 系统已按照0的要求完成冲洗；
* 能提供持续稳定的供水；
* 根据需要，具备补水的处理能力；

1. 系统注水前应检查：

* 压力表、温度计、排气阀等部件已安装；
* 系统排水通畅，无阻塞；
* 加热盘管、冷却盘管等热交换器的水管连接正确，确保水流方向正确；
* 控制阀门和止回阀安装方向正确；
* 泄压阀安装正确，并确认泄压功能正常；
* 管道伸缩补偿器安装正确，可正常动作；
* 过滤器内过滤网等级和材料正确；
* 根据要求确认水箱盖是否安装正确；
* 排水阀应关闭，确认其他阀门按照系统注水方案都处于正确的开启或关闭状态；

1. 系统注水时应检查：

* 确保水箱充满后持续至少24小时，在此期间检查所有接口是否存在漏水，记录并整改；
* 在系统注水前，应再次确认系统完成了彻底冲洗，并清洁或更换所有过滤网；
* 注水时应从低向高注水，便于系统排气。检查注水前后排气阀的状态，进行必要的修正，避免气堵或过度溢流。使用高压水源注水时注意不要超过管路最大承受压力。

# 引用标准

1. 《通风与空调工程施工质量验收规范》GB 50243
2. 《通风与空调工程施工规范》GB 50738
3. 《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》GB 50736
4. 《制冷设备、空气分离设备安装工程施工及验收规范》GB 50274
5. 《变风量空调系统工程技术规程》JGJ 343
6. 《回转动力泵水力性能验收试验》GB 3216
7. 《玻璃纤维增强塑料冷却塔》GB/T 7190.1
8. 《公共建筑节能设计标准》GB 50189
9. 《蒸气压缩循环冷水（热泵）机组第1部分：工业或商业用及类似用途的冷水（热泵）机组》GB/T 18430.1
10. 《生活锅炉热效率及热工试验方法》GB/T 10820
11. 《组合式空调机组》GB/T 14294
12. 《风机盘管机组》GB/T 19232
13. 《泵的振动测量与评价方法》GB/T 29531
14. 《离心机 分离机 机械振动测试方法》GB/T 10895
15. 《通风机诊断检测及其限值》JB/T 8689
16. 《智能建筑设计标准》GB/T 503146
17. 《智能建筑工程质量验收规范》GB 50339
18. 《智能建筑工程检测规程》CECS 182
19. 《建筑电气安装工程施工质量验收规范》GB 50303
20. 《民用建筑电气设计规范》JGJ 16
21. 《低压配电设计规范》GB 50054
22. 《电气装置安装工程电缆线路施工及验收规范》GB 50168
23. 《电气装置安装工程盘、柜及二次回路结线施工及验收规范》GB 50171
24. 《电气装置安装工程接地装置施工及验收规范》GB 50169
25. 《建筑物防雷装置检测技术规范》GB/T 21431
26. 《建筑节能工程施工质量验收规范》GB 50411
27. 《接地装置特性参数测量导则》DL／T475
28. 《低压配电系统的电涌保护器（SPD）》GB 18802.1/IEC 61643-1
29. 《建筑物电气装置第5-54部分：电气设备的选择和安装接地配置、保护导体和保护联结导体》16895.3
30. 《建筑物电气装置第4-41部分:安全防护电击防护》16895.21
31. 《建筑给水排水设计规范》GB 50015
32. 《建筑给水排水及采暖工程施工质量验收规范》50242
33. 《公共建筑给水排水系统节能运行管理技术规程》DB11/T 1248
34. 《建筑给水排水设备器材术语 》GB/T 16662
35. 《建筑给水排水薄壁不锈钢管连接技术规程 》CECS 277