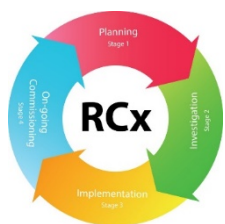
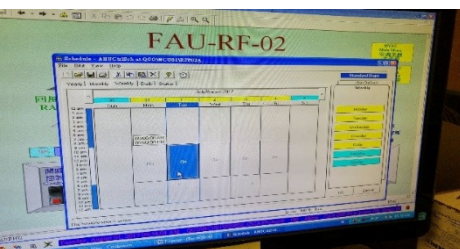




再调适技术指引



2018

(封面后空白页)

目录

页数

1.	引言	1
1.1	背景	1
1.2	再调适的好处	1
1.3	再调适概览和目标	1
1.4	能源审计概要和目标	1
1.5	再调适与能源审计的区别	2
1.6	技术指引的目的	2
2.	释义	3
3.	再调适事前准备	5
3.1	评估内部能力	5
3.2	提高内部能力的培训	5
3.3	聘请第三方服务提供商	5
4.	如何为建筑物进行再调适	6
4.1	概要	6
4.1.1	再调适人员的角色与责任	7
4.1.2	选择合适的再调适服务提供商	9
4.1.3	再调适过程中的时间和资源分配考虑	9
4.2	阶段一：规划	11
4.2.1	收集建筑相关文件	12
4.2.1.1	运行文档：未安装中央控制及监控系统	13
4.2.1.2	运行文档：已安装中央控制及监控系统	13
4.2.2	收集当前设施要求	14
4.2.3	与运行和维护人员执行初步建筑巡查与面谈	14
4.2.4	数据管理和中央控制及监控系统要求	14
4.2.5	对中央控制与监控系统或日志表数据进行初步分析	18
4.2.6	考虑运用能耗模拟（可选项）	23
4.2.7	制定再调适计划	23
4.3	阶段二：调查	25
4.3.1	收集趋势记录数据	26
4.3.2	分析趋势记录数据	29
4.3.3	识别潜在的节能机会	30
4.3.4	设定节能机会的测量和验证方式	31
4.3.5	选择实施的节能机会	36
4.4	阶段三：实施	37
4.4.1	实施所选节能机会	38
4.4.2	执行测量和验证	38
4.4.3	制定再调适最终报告	39
4.4.4	制定持续调适计划	40
4.4.5	为运行和维护人员进行培训	40
4.5	阶段四：持续调适	42

4.6	能耗模拟在再调适的应用 (可选方法)	48
4.6.1	好处与考虑因素	48
4.6.2	建筑能耗模拟工具	51

5. 附录

附录 A	识别节能机会的技术方法案例
------	---------------

6. 辅助数据阶段一至四表格

阶段一表格

表格 1.1	建筑物设计与运行数据清单
表格 1.2	现有设施要求表格
表格 1.3	现场巡查清单
表格 1.4	再调适计划

阶段二表格

表格 2.1	使用便携式数据记录器进行数据收集的仪器
表格 2.2a	冷水机组 - 冷水机组数据收集表格
表格 2.2b	冷水机组 - 冷冻水泵数据收集表格
表格 2.2c	散热系统 - 冷却塔数据收集表格
表格 2.2d	散热系统 - 冷凝水泵数据收集表格
表格 2.2e	热水机组数据表格
表格 2.2f	热水机组数据表格 - 热水水泵数据收集表格
表格 2.2g	配风系统 - 空气处理装置 / 新风装置 / 风机盘管装置 / 室内装置数据收集表
表格 2.3	拟定节能机会列表
表格 2.4	拟定维修装置列表
表格 2.5	调查报告

阶段三表格

表格 3.1	实施报告
--------	------

阶段四表格

表格 4.1	持续调适报告
--------	--------

鸣谢

我们向以下机构在再调适技术上分享的宝贵经验和为制定本技术指引作出的贡献表示衷心感谢。

(排名不分先后)

- 香港绿色建筑议会
- 香港屋宇设备运行及维修行政人员学会
- 澳门机电工程师学会
- 广东省建筑科学研究院集团股份有限公司
- 华南理工大学节能技术研究院
- 清华大学建筑节能研究中心
- 上海市建筑科学研究院

1. 引言

1.1 背景

根据香港环境局、发展局和运输及房屋局于二零一五年五月联合发布的香港都市节能蓝图2015 ~ 2025+，“再调适 (Retro-commissioning)”是促进现有建筑物节能其中一项重要方针。

再调适 (RCx) 是一个具有经济效益的系统性测量过程，通过定期诊断现有建筑物的能耗表现，以找出运行时可优化节能的地方，从而减少能耗费用并提高室内环境品质。

1.2 再调适的好处

采用再调适可以带来很多好处，其中包括以下几点：

- 利用零成本或低成本方案进行建筑节能，可缩短投资回收期；
- 减少运行和维护费用；
- 降低耗能设备/系统的故障发生率，延长设备使用寿命；
- 确保耗能设备/系统在高效区运行，为用户提供舒适健康的工作环境；
- 提升建筑物的资产价值；
- 通过不断积累运行和维护知识和技术，可提升建筑管理人员的运行和维护技能。

1.3 再调适概览和目标

再调适包含“现有建筑调适”，“再行调适”和“持续调适”。再调适分为四个阶段：规划阶段，调查阶段，实行阶段和持续调适阶段。再调适首先收集耗能设备或系统的运行数据，再进行现场测量测试和数据分析从而给出节能机会 (Energy Saving Opportunity, ESO) 建议。通过实行节能机会可提高系统的运行表现，从而提高建筑物的整体能源使用效率及用户舒适度。

1.4 能源审计概要和目标

能源审计涉及对建筑物耗能设备或系统进行系统评估，并确定能源管理机会 (Energy Management Opportunity, EMO)，这可让业主从环境效益和经济效益角度出发，为决策和实行节能机会提供有用的信息。

能源审计先收集和审查与建筑能耗相关的资料，再分析现有设备、系统和设施状况与性能及能耗费用。通过实行在能源审计中确定的能源管理机会，能源审计可实现提高能效和节能降耗。

1.5 再调适与能源审计的区别

相比能源审计，再调适更着重于检查耗能设备/系统是否按照设计或用户需求正常运行，并从中确定优化空间（例如系统控制的设定偏差，传感器不准确，运行时间安排不当，不适当的配风系统和水平衡）。除此之外，再调适过程也会为业主订立节能机会实行和持续调适计划，以让建筑维持在高能效水平。

1.6 技术指引的目的

目前在香港还没有为业主提供有关于再调适的指引，本指引旨在为再调适过程提供基本和明确的程序指导。

为方便业主推行再调适，本指引也提供了相关的检查表格，数据收集表格和报告样板。同时也包括一些再调适中常见的节能机会案例以供参考。

为确保在再调适过程完成后可继续维持再调适的效益，本指引也提出了持续调适的重要性和持久性策略供业主参考。

2. 释义

「**空调 air-conditioning**」：指将空气冷却、加热、除湿、加湿、配送或净化的过程。

「**空气处理装置 air handling unit**」：指包括风机段、冷却及 / 或加热盘管段、空气过滤装置及冷凝水排水装置等功能段的设备。

「**中央控制及监控系统 central control & monitoring system (CCMS)**」：指将安装在建筑物中的各种传感器和控制设备进行连接的集中系统。该系统使得屋宇运行及维护人员可以监控屋宇运行情况及远程控制不同的系统。

「**冷冻/加热水设备 chilled/heated water plant**」：指由冷水机组或热泵，以及配套的冷冻水泵或热水泵组成的系统，并按适用情况配置相应的冷凝水泵、冷却塔/或散热器。

「**冷水机组 chiller**」：指供应冷冻水的空调设备，包括蒸发器、压缩机、冷凝器及调节控制器。

「**制冷性能系数 coefficient of performance (COP) – cooling**」：指空调设备的制冷量与有效输入功率之比。

「**供暖性能系数 coefficient of performance (COP) , heat pump – heating**」：指热泵式空调设备制热量与有效输入功率之比。

「**定风量配风系统 constant air volume (CAV) air distribution system**」：指在送入房间的送风量不变的情况下，通过改变送风温度来控制室内干球温度的系统。

「**电气装置 electrical installation**」：指在建筑物内用以分配或利用电力的固定设备、配电网络或配件。

「**节能机会 energy saving opportunity (ESO)**」：指在再调适分析阶段中确定的节能机会。

「**设备 equipment**」：指任何用作转化、分配、测量或使用电能的器具，例如灯具、空调设备、电动机、电动机驱动器、机器、变压器、仪器、计量器、电路保护器、线路材料、配件及器具等。

「**自动扶梯 escalator**」：应具有香港《升降机及自动梯条例》(第618章)第2条给予该词的不同涵义。

「**谐波 harmonics**」：指一个与基频成整倍数的电磁波周期振荡的成分频率，香港配电系统的基频是 50 赫兹。

「**实施阶段 implementation stage**」：指再调适过程中，实施所选择的节能机会的阶段。并实施验证过程以查看节能机会在节能方面是否取得预期成效。当完成整个实行和验证过程之后，应生成一份再调适报告总结实施阶段的进展。

「**调查阶段 investigation stage**」：是指再调适过程中，涉及深入的系统分析以确定能效方面潜在的差距的阶段。此阶段应生成一份节能机会所需的详细清单，包括估计的节能和投资回

收期。所选择的节能验证方法也应明确提出。选定的节能机会清单应在本阶段结束时确认，并与业主/设施经理达成一致，然后在“实施阶段”实施。

「**电梯 lift**」：应具有香港《升降机及自动梯条例》(第 618 章)第 2 条给予该词的不同涵义。

「**照明装置 lighting installation**」：指在该建筑物内的固定电力照明系统。

「**灯具 luminaire**」：指光线由一支或一组电灯发出的照明装置，应包括作为用以装配及保护电灯的所有必需组件，如需控制器运行，则应包括该控制器。

「**计量器 meter**」：指用以测量、记录或显示电压值、电流值、功率因子、耗电量或负荷需求量、水流量、能源输入 / 输出等的测量仪器。

「**持续调适阶段 on-going commissioning stage**」：是指再调适过程中，以确保屋宇系统能持续保持优化为目标，通过持续地收集数据及持续地对比来实现的阶段。

「**运行数据 operational data**」：指屋宇系统或设备所记录的运行文件。

「**运行档案 operational documentation**」：是指屋宇系统或安装的设备按时间序列所搜集的测量数据。这些数据一般可从便携式数据记录器或中央控制及监控系统收集的。

「**规划阶段 planning stage**」：指收集建筑相关数据如系统图、平面图和电费账单的阶段。为了充分了解建筑机电系统的运行情况运行，应安排进行现场巡查。当完成现场巡查和检查趋势数据后，应订立一份再调适计划，内容包括系统分析和将来现场测量安排。

「**再调适 retro-commissioning**」：指基于资料对现有建筑物进行定期性能检查的系统过程，以便找出运行时可优化节能的地方，从而降低能耗费用并提高室内环境品质。

「**变风量配风系统 variable air volume (VAV) air distribution system**」：指根据空调负荷自动改变空间的送风量来控制该空间干球温度的系统。

「**变频驱动装置 variable speed drive (VSD)**」：电动机的变频驱动器是指在连续频率范围内，控制该电动机速度的驱动器。

3. 再调适事前准备

3.1 评估内部能力

在准备实施再调适时，业主可以先评估自己内部的运行和维护人员，看他们是否有能力实施再调适工作，再调试工作将在后面的章节中详细解释。运行和维护人员熟悉建筑机电系统的安装、运行模式和知晓屋宇内用户的需求，是最适合执行再调适任务的人员。

由于再调适过程中可能涉及现场测量和收集数据，运行和维护人员应检查其是否有足够的测量设备来完成再调适工作。表 2.1 中提供了测量设备清单供参考。

3.2 提高内部能力的培训

培训可以提高内部运行和维护人员的能力，以下是香港机电工程署网站提供的有关于再调适培训的相关资料。

<https://www.rcxrc.emsd.gov.hk/sc>

任何有关内部运行和维护人员培训和购买测量设备的额外费用都应予以考虑。

3.3 聘请第三方服务提供商

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。更多细节将在本指引 4.1.2 节进行讨论。

4. 如何为建筑物进行再调适

4.1 概要

再调适一共分为四个阶段。每一个阶段的主要流程如下：

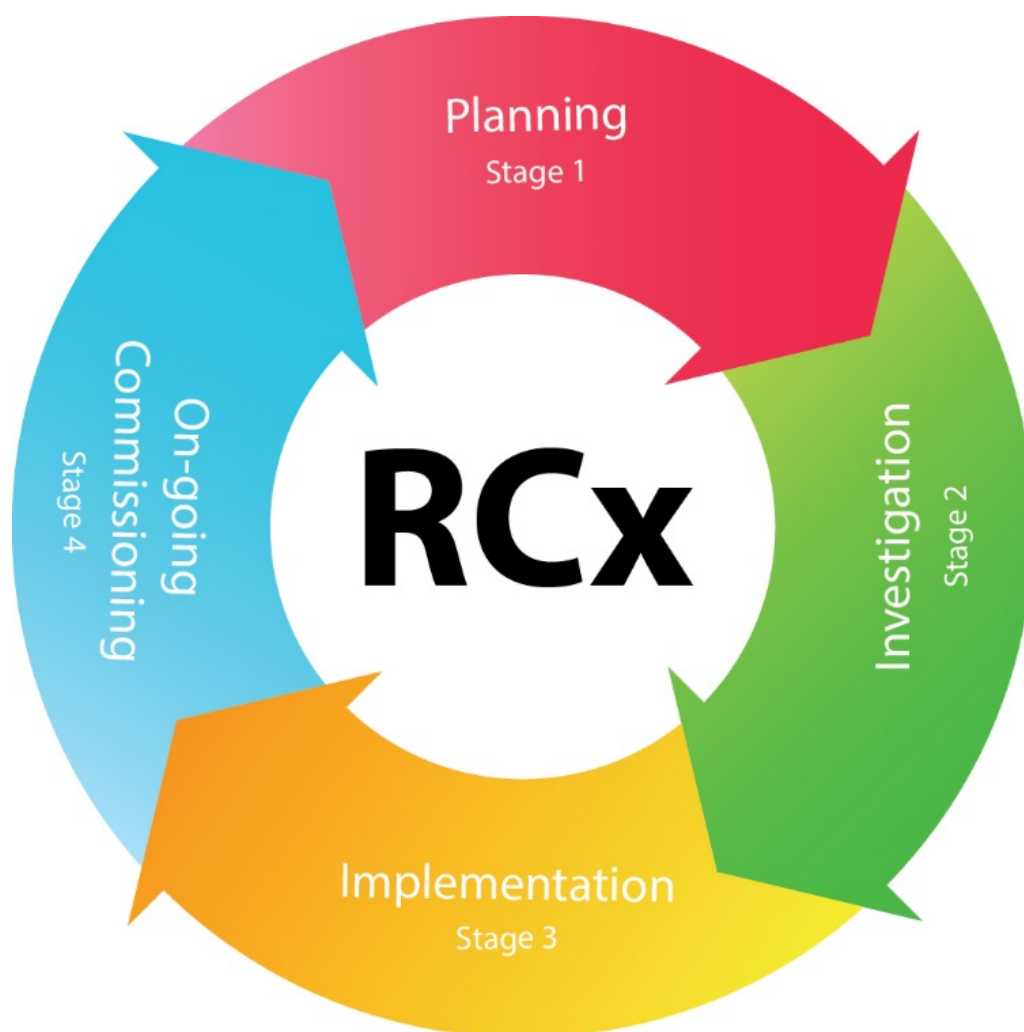


图 4.1 再调适流程

规划阶段的目标是制定一份再调适计划，包括系统分析和现场测量计划，为再调适流程做好充分准备。如果运行和维护手册中的系统信息不足，可从现场巡视和测量中收集。

调查阶段确定导致现有能源使用效率低下及室内环境令人不满意的运行问题，并确定可改善建筑物性能的节能机会。当发现了运行问题并确定了相应的节能机会后，再调适人员应准备一份调查报告，报告包括对建议的节能机会的成本/效益分析、实施细节、测量和验证方法及任何对正常服务运行的预期干扰，以便与相关人员进行讨论。在实施阶段之前，应与业主商定选用的节能机会。

在实施阶段，再调适人员应遵循商定的实施、测量和验证计划，以确保执行适当的措施。应记录实施的测量和验证过程。应定期召开再调适会议，监督实施进度。

在持续调适阶段，再调适人员应制定持续调适计划，以确保维持再调适的效益。此阶段的重要一步是再调适人员应向运行和维护人员提供培训，以实施持续调适计划。

4.1.1 再调适人员的角色与责任

如果业主认为内部运行和维护人员有能力进行再调适，他们可选择自行执行再调适。通常内部的运行和维护人员是进行再调适最合适的人选，因为他们了解建筑的设备 / 服务 / 系统和运行模式。如果没有合适人选，业主可考虑聘请再调适服务提供商进行再调适。

在开始再调适之前，应成立一个包含下列人员的再调适人员：

- (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；
- (5) 再调适服务提供商（可选项）。

在没有再调适服务提供商的情况下，运行和维护人员将担当再调适服务的工作。

若再调适服务提供商参与再调适工作，该提供商及再调适人员的成员一起进行再调适工作，并向业主报告调查结果和节能机会。在实施阶段执行选定的节能机会之前，再调适服务提供商应获得业主对任何拟议的节能机会协议的同意。再调适服务提供商还可以聘请承包商来执行实际的节能机会实施工作和（或）持续调适活动。再调适人员可以参照 IPMVP 等相关国际标准进行测量和验证（Measurement & Verification, M&V）。更多详细信息请参考本指引 4.3.4 节。

下表提供了再调适团队不同成员在流程中每个阶段的责任描述。如果不涉及第三方再调适服务提供商，则责任应由满足资质的运行和维护人员或承包商执行。

	规划	调查	实施	持续调适
业主	定义成功标准 定义业主设施的要求 组织项目启动会议	与服务提供商合作建立节能机会方案 商定拟议将执行的节能机会		验证成功标准 更新业主设施的要求
建筑管理人员	参加项目启动会议	提供访谈和最新的运行维护手册	接受培训，包括应急计划和问答环节	持续更新运行维护手册
运行和维护人员	参加项目启动会议	提供访谈和巡查 更新运行维护手册	接受培训，包括应急计划和问答环节	持续更新运行维护手册
承包商	参加项目启动会议	提供面试和巡视 诊断、测量风平衡和功能测量 商定测量和验证计划	实现节能机会 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
再调适服务提供商（可选项）	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	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	确定能耗基线 验证性能的变化 拍摄照片、屏幕截图和录像	确定能耗和节能量 测量和验证报告 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

	运行要求进行比较	确定零成本或低成本行为和资本更新项目	验证节能机会行动是否具有预期效果	更新档案、竣工图和技术规格书，控制原理图和逻辑顺序
	收集设施资料		提供培训	
	建立基准	为每个节能机会建立初步的测量和验证计划评估		制定运行和维护手册
	确定设施的状态	在成本效益分析的基础上拟定节能机会方案 制定测量和验证计划，并与承包商达成一致。		

表 4.1.1 不同阶段的再调适内容

4.1.2 选择合适的再调适服务提供商

再调适服务提供商的选择应基于具有相关认证、技术知识、经验、时间许可性和沟通技能。

建议选择具有相关再调适项目经验的服务提供商。调适人员最好具有设计和设施实践经验，熟悉能源性能指标，故障排除和控制经验。

《再调适技术指引补充资料》附件 A 中提供了聘用第三方再调适服务提供商的信息摘要列表。这包括业主应提供有助于促进再调适工作的信息，以及再调适服务提供商应提供的工作范围。

4.1.3 再调适过程中的时间和资源分配考虑

如果业主要求对建筑机电系统的现有运行情况进行深入和完整的分析，根据香港机电工程署建筑能源审计业务守则内容，可考虑设定连续三十六个月的数据收集/记录期。对于时间序列的运行数据（例如冷负荷，电表数据等），可以考虑十二个月的收集期，并根据 IPMVP 充分检查制冷、供暖和过渡季节的运行数据趋势。这有助于确定所有潜在的节能机会，也是再调适流程的最终目标。

在资源有限和再调适范围缩小的情况下，建议在最耗能的季节进行测量，因为此时可能出现影响运行的最大潜在问题。这可发挥出再调适过程的最大作用。



4.2 阶段一：规划

以下流程图详细列出了在规划阶段的每个步骤与预期成果。

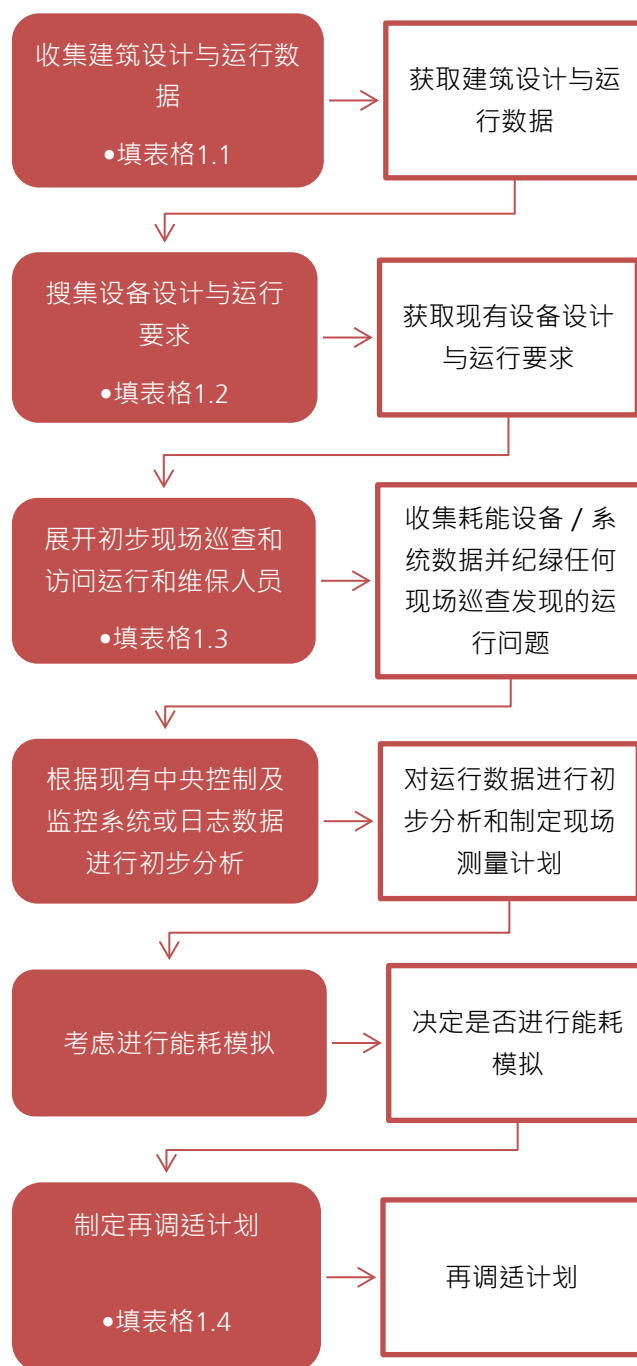


图 4.2 规划阶段工作流程



4.2.1 收集建筑相关文件

再调适人员的第一步是尽量获取所有建筑设计和运行的信息，以熟悉当前的运行情况。在进行再调适过程之前，任何项目所需的最关键文件是运行和维护手册。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。如果建筑物先前已经进行调适，则应更新现有文件以反映建筑物当前的运行状况。

运行和维护手册可考虑按照 ASHRAE Guideline 0-2013 – The Commissioning Process 的建议，其中包括以下部分：

- (a) 系统描述。
- (b) 设计基础文件和设计标准。
- (c) 施工记录文件，技术规格书和批准的文件。
- (d) 运行档案和保养手册。
- (e) 空调系统信息。
- (f) 运行记录保存过程文件，包括样表、日志或其他方法以及每种方法的理由。
- (g) 培训材料。
- (h) 调适过程报告。
- (i) 中央控制及监控系统或屋宇自控点位表。

如果没有运行和维护手册，再调适人员可以进行详细的现场巡视和测试测量，以收集必要的信息，从而更好地了解现有设备的安装情况。

运行和维护手册中的运行文档将根据是否设有中央控制及监控系统的情况而定。后面小节中描述了这两种情况所需的关键信息。

除运行和维护手册外，再调适人员还需要收集暖通空调、电气、照明、排水、电梯和自动扶梯系统示意图和相关平面图，以熟悉设备运作情况和进一步规划现场调查工作。如有中央控制及监控系统或日志数据，再调适人员也应收集，以便在之后阶段进行分析。

再调适人员也应收集过去三年电费账单和电表数据，以分析能耗的类别和建筑运行情况。这些信息有助于再调适人员确定哪些类型的设施设备可能具有更大的节能潜力。

表格 1.1 建筑设计与操作运行数据清单



4.2.1.1 运行文档：未安装中央控制及监控系统

在一些建筑物可能没有安装中央控制及监控系统情况下，检查建筑中暖通空调系统和其他能源相关设备的现有运行状态非常重要。对于与冷水机组关键性能参数计算相关的数据点，应进行全面检查。由于配风系统控制，设备和照明控制覆盖范围较大，建议对此类设备进行抽样检查。

如果没有关于建筑物实际运行状况的文件，例如欠缺暖通空调控制序列，那么可考虑列为规划调查任务的一部分。此报告可以使用简明语言、照片、测量记录和报告组成。可以优先对冷水机房（但不限于此）进行运行状况的检查。由于配风系统、终端设备、生活热水、照明和细小设备的覆盖范围大，建议可在关键位置进行抽样检查。

完成后，运行文档就提供了一种验证系统运行的方法。然后，设施管理人员可以重用这些文档进行反复调适，以确保系统维持高效运作，并在再调适后保持节能。此外，运行文档在持续调适中发挥着关键作用。

4.2.1.2 运行文档：已安装中央控制及监控系统

对于已安装中央控制及监控系统的建筑物，应按粒度监控负责日常控制能耗设备的主要暖通空调参数，使用户能够分析系统性能和其他关键参数如温度、风速、照度等。有关中央控制及监控系统数据要注意的技术事项，请参阅 4.2.4 节了解更多详情。

作为参考，下表提供了制冷系统建议所需的数据点示例。

系统	制冷系统
中央控制及监控系统数据点	冷水流量 冷冻水供、回水温度 冷水机组功率 冷冻水泵功率与变频驱动器运行状态（如有） 冷凝水泵功率（只限水冷式机房） 冷却塔风机功率（只限水冷式机房） 冷却塔风机运行状态 冷水系统旁通阀运行开度状态
记录间隔	可考虑每十五分钟
持续时间	可考虑十二个月或按照客户要求

上述中央控制及监控系统数据点可用于关键绩效指标计算，如冷水机组 COP



4.2.2 收集当前设施要求

本指引提供了一个当前设施要求(CFR)的表格模板，方便用户向建筑物管理人员收集有关数据。此表格中研究了用户舒适性，并且涵盖了空调和照明装置。

再调适人员应将运行和维护手册中列出的运行要求与当前设备运行情况进行比较。然后，利用这些要求来评估现有系统运行是否正确。如果现有系统运行未能满足要求，则可能需要到现场进一步调查运行问题。

表格 1.2 现有设备要求表

4.2.3 与运行和维护人员执行初步建筑巡查与面谈

当已收集到耗能设备和系统的数据后，再调适人员（尤其是运行和维护人员）将进行一次建筑巡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。通过与运行和维护人员的面谈，我们可记录一些可优化或存在运行差距的领域。一些例子如下：

- 系统同时出现过热和过冷现象；
- 设施或设备未按设定运行；
- 设备或照明在无需工作时依然运行，特别是空气处理装置在房间内无人时依然运行；
- 建筑内出现过高的正压或负压，导致门难以开启或关闭；
- 设备或管道出现过热或过冷情况，阀门或其他机械设备发出异常噪音；
- 空间照度过高。

表格 1.3 现场巡查列表

4.2.4 数据管理和中央控制及监控系统要求

为了更好地了解大楼的运行情况，充分收集运行信息和数据以进行进一步分析，可以为再调适人员提供有效的帮助，并确定建筑物内需要集中设置资源的地方。可以通过多种方式实现收集传感器的数据，包括现有的或新的中央控制及监控系统装置以及便携式或固定的数据记录。

由包括传感器和设备的数据点网络生成的数据可以通过安装中央控制及监控系统或其他数据记录设备进行监控。在建立中央控制及监控系统之前，制定要记录的数据点列



并确保中央控制及监控系统具有存储数据点数据的能力非常重要。以下是一些常见的系统数据点列表，建议进行监视和记录。

建议数据点

数据点	地点	单位
冷水机房		
冷冻水供水温度	冷水机房	°C
冷冻水回水温度	冷水机房	°C
冷冻水流量	冷水机房	l/s
单台冷水机功率	冷水机房	kW
单台冷冻水泵功率	冷水机房	kW
单台冷凝水泵功率 (只限于水冷式冷水机房)	冷水机房	kW
单台冷却塔风机功率 (只限于水冷式冷水机房)	冷水机房	kW
热水机房		
热水供水温度	机房	°C
热水回水温度	机房	°C
热水流量	机房	l/s
锅炉或供热设备计量器或燃气表	机房	kWh

表 4.2.4(a) 建议记录中央控制及监控系统的数据点列表

用于深入控制分析的数据点

数据点	地点	单位
冷冻水旁通流量	冷水机房	l/s
冷冻水旁通阀门状态	冷水机房	%
冷冻水压差	冷水机房	kPa
冷冻水泵运行频率	冷水机房	Hz
单台冷水机冷冻水出水温度	冷水机房	°C
单台冷水机冷冻水出水温度设定值	冷水机房	°C
单台冷水机冷冻水回水温度	冷水机房	°C
单台冷水机冷冻水流量	冷水机房	l/s
冷凝水出水温度 (只限于水冷式冷水机房)	冷水机房	°C
冷凝水回水温度 (只限于水冷式冷水机房)	冷水机房	°C
冷凝水压差 (只限于水冷式冷水机房)	冷水机房	kPa



冷却塔风机运行频率 (只限于水冷式冷水机房)	冷却塔电机	Hz
新风装置/空气处理装置送风温度	送风管道	°C
新风装置/空气处理装置回风温度	回风管道	°C
新风装置/空气处理装置风机运行频率	空气处理装置风机电机	Hz
新风装置/空气处理装置回风二氧化碳浓度	回风管道	ppm
新风装置/空气处理装置静压	送风管道	Pa
新风装置/空气处理装置风闸开度	空气处理装置新鲜空气 和回风混合	%
新风装置/空气处理装置冷盘管阀门开度	空气处理装置冷盘管	% 或 开/关
房间空气温度	房间	°C
房间相对湿度	房间	%
总照明功率	不适用	kW
总插座功率	不适用	kW
总电梯和自动扶梯功率	不适用	kW
室外干球温度	不适用	°C
室外湿球温度	不适用	°C
室外湿度	不适用	%

表 4.2.4(b)额外记录中央控制及监控系统的数据点列表

如果没有适当的规划和实施，在需要额外硬件的情况下，数据监控的设置和安装可能会导致高昂的费用成本。建议在建立系统监控之前，考虑到业主或用户的要求，创建一个要监控点的清单，并根据它们对项目的作用确定优先次序。首先确定必要的的数据点，如果预算允许，那么可以考虑新增对建筑性能分析有价值的的数据点。如果要在现有的中央控制及监控系统新增监控点，则需要在现有的系统上进行配置，并且可能需要额外的控制器和带宽。业主可向中央控制及监控系统服务提供商查询有关系统设定和数据收集选项的更多信息。

记录间隔和周期

数据记录的时间间隔会影响从建筑机电系统收集的的信息的质量。一般情况下，建议监控点的记录间隔大多数为 15 分钟（参考 ASHRAE guideline 14：2014 - Measurement of Energy, Demand and Water Savings），在某些情况下，也可以接受 30 到 60 分钟的数据记录间隔。在通过中央控制及监控系统设置数据记录时，应考虑系统和控制器的内存限制，特别是在实现较短的记录间隔（如 1 分钟）情况下，这可能会导致更高的安装和运行成本。有关详细信息，请参阅“资料存储”部分。



存储记录数据的持续时间可能因数据类型及其分析用途而异。通常对于受天气影响运行的系统，建议数据可以存储至少 12 个月或覆盖一个完整季节变化周期，以便全面检查不同季节的运行趋势。

对于使用临时数据记录仪的系统（即便便携式数据记录仪），可以考虑在每个季节收集 1 至 2 周的数据内来分析不同气候时的性能表现，这可以缩短数据存储时间。

有些系统可以为分析提供有用的信息，但变化不大或不太受天气影响的设备如照明和小设备等，如果不能安装永久性数据记录仪，则可以在较短的时间内进行测量。记录 1 周的数据便足以了解一个工作周的运行模式，并可以推断用于较长时间的分析。

数据格式和标记

不同的中央控制及监控系统供货商导出的数据可以是不同格式或不同文件类型。

中央控制及监控系统数据存盘必须能够以简单的文件结构（如 CSV 或 TXT 文件）输出数据，以便在所选的分析工具中进行分析。数据输出至少应该提供数据点名称、记录的数值和相关的时间戳。CSV 和 TXT 文件与电子表格工具和其地数据分析工具兼容，让用户可以查看这些数据。

在再调适技术指引附加数据册中附件 C 中有常见的数据格式模板供进一步参考。

数据存储

如中央控制及监控系统控制器的数据记录仪用于存储数据记录的内存是有限的，数据存储的持续时间可以取决于可用的内存储器 and 数据的记录间隔，通常当达至内存容量，旧数据将被新数据覆盖，这可能从 1 至 10 天不等。为了克服这种情况，应定期将控制器上的数据存盘至中央数据存储中，以避免数据流失。存盘至中央数据存储中的时间间隔应小于控制器上可用的数据记录存储持续时间。数据应存盘在中央控制及监控系统的文件系统中、能够存储大数据集的数据库或其他第三方数据存储解决方案中。数据分析工具除具有分析功能外，有些还具有存储数据的能力。

数据存盘文件的大小因存储格式和存储数据的方法而异。在一个示例文件中，以 15 分钟间隔记录了 10 个数据点 365 天，其格式类似于常用电子表格表格（每排代表一个数据点，头排为时间记录，见附加数据册附录 C 样本 1），存储在 CSV 文件需要大约 3Mb 的数据存储空间。



4.2.5 对中央控制与监控系统或日志表数据进行初步分析

再调适人员应根据中央控制及监控系统或日志表的数据进行分析并检查数据的准确度和合理性。初步分析中应包括以下项目：

1. 冷水机组
2. 散热系统
3. 水系统
4. 配风系统
5. 电气系统
6. 照明系统
7. 电梯和自动扶梯

通过初步分析，再调适人员可以评估现有建筑物机电系统目前的运行情况，制定新的现场测量计划，并初步确定需要进一步调查的运行故障项目。

下面的示例详细说明了再调适人员应该检查的常见错误运行。这些例子涉及在温暖气候中常见的对暖通空调系统能效和（或）耐久性产生不利影响的问题。

水系统 - 控制快速变化 - 空气处理装置冷盘管水阀控制

情况

空气处理装置（AHU）中的冷盘管设有调节阀以调节冷冻水的流量，以满足设定点要求。

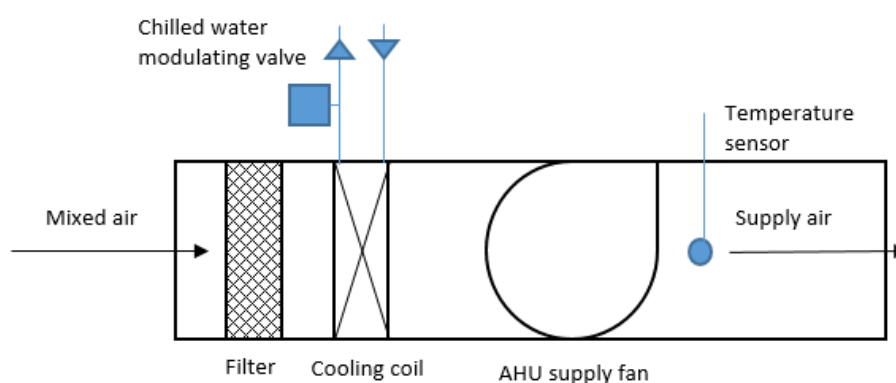


图 4.2.5(a)冷冻水阀数据点位置示意图

故障识别

在这个示例中（参见图 4.2.5(b)），冷盘管水阀在 0% 到 40%（绿线）之间进行快速调节，因此难以保持稳定的送风温度（蓝线）。

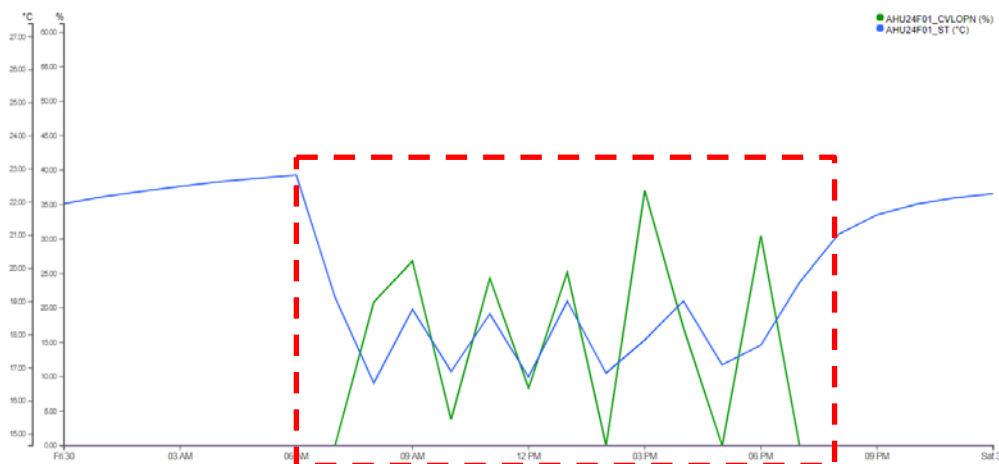


图 4.2.5(b)快速调节水阀示例

建议措施

这可能是由于系统中的控制设定点和区间设定范围不合理引起，应进一步检查。

水系统 - 额定制动功率比较 - 冷冻水泵额定制动功率比较

情况

设备供应商提供泵和其他部件的额定功率，但重在验证所安装部件的实际功率。

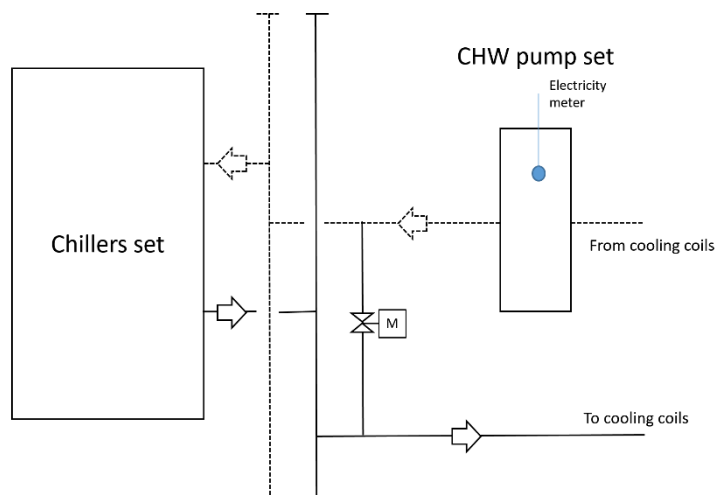


图 4.2.5(c)冷冻水泵电表数据点位置示意图

故障识别

在本例中，根据运行和维护手册，冷冻水泵额定制动功率为 11.9kW。然而，从能量计记录显示的功耗却在 26.5kW 到 40kW 之间（见下图）。

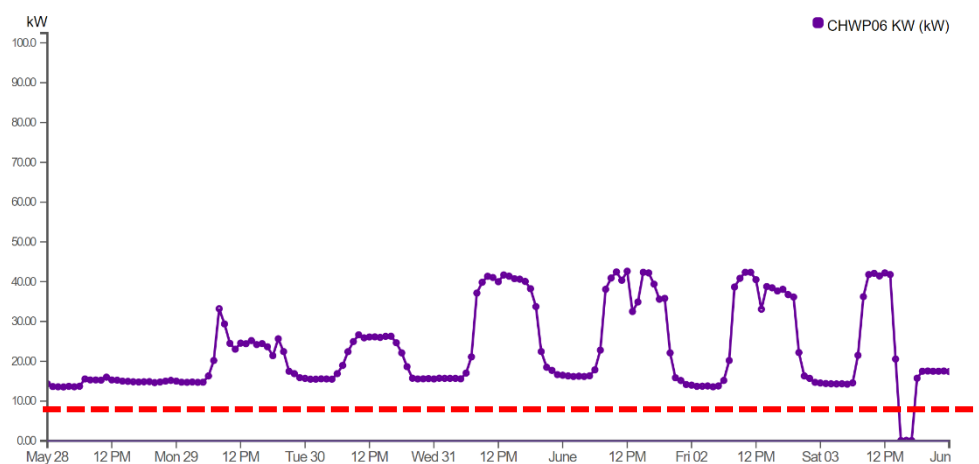


图 4.2.5(d)测量耗电量和额定功率对比示例

建议行动

应检查记录数据点的位置。此外，应检查电表，确保已校准。

配风系统 - 运行时间 - 空气处理装置超时运行

情况

在暖通空调配风系统，记录的数据可用于测量与运行时间有关的超时问题。在设定的运行时间以外工作，导致空调系统不必要的能耗。

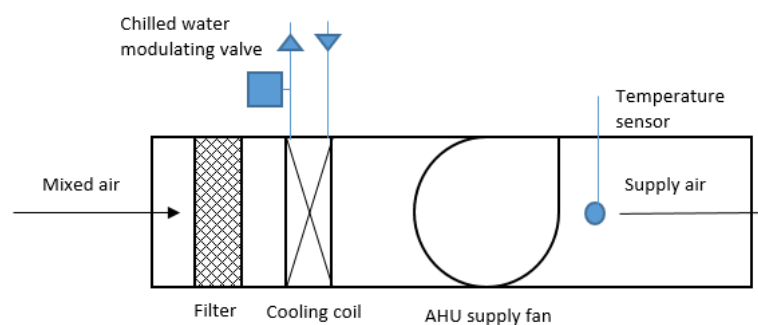


图 4.2.5(e) 空气处理装置点位置示意图

故障识别

从以下的图表 (图 4.2.5(f)) 中可以看出，空气处理装置超出了预定时间 (早上 6:00 到晚上 7:00) 运行。在预定的工作时间外测量到气流量 (~1000 l/s)。

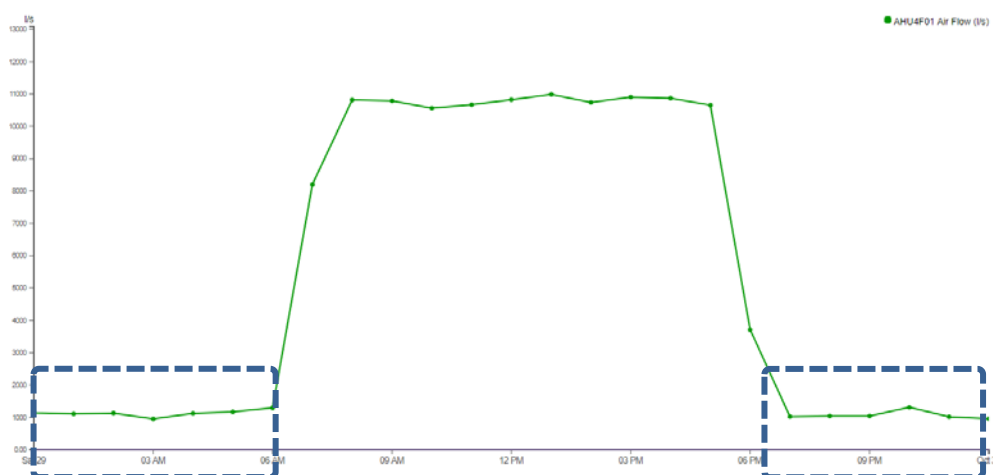


图 4.2.5(f)空气处理装置超时运行数据示例

建议措施

检查运行时间设定，确保非运行时间运行是有意的。应检查控制模式以确保它不被手动模式覆盖。

配风系统 - 运行时间 - 新鲜空气处理机组超时运行

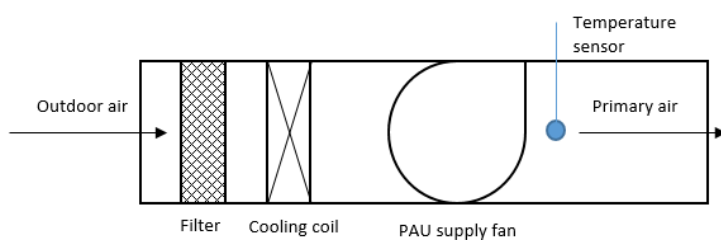


图 4.2.5(g)新鲜空气处理装置数据点位置示意图

情况

新风处理装置运行时间为上午 8:30 至下午 6:30。

故障识别

如下图所示 (图 4.2.5(h))，可以看到上午 6 点到 9 点之间的气温下降。这时段不属于新风处理装置的预定运行时间表，从而导致浪费能耗。

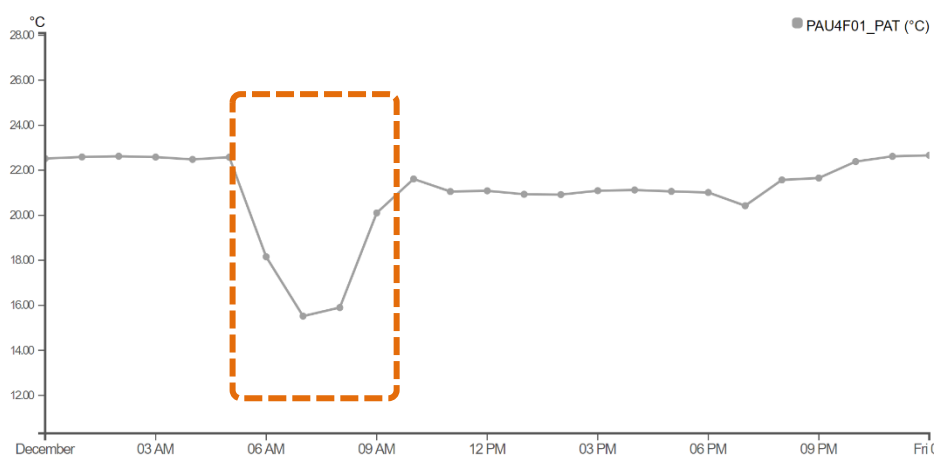


图 4.2.5(h)新鲜空气处理机组超时运行数据示例

建议措施

应检查已设定的运行时间表。也应检查冷盘管的水阀，以确保正常运作。

照明系统 — 夜间照明能耗

情况

非工作时间内照明应关闭。

故障识别

下图表显示夜间照明能耗显著。

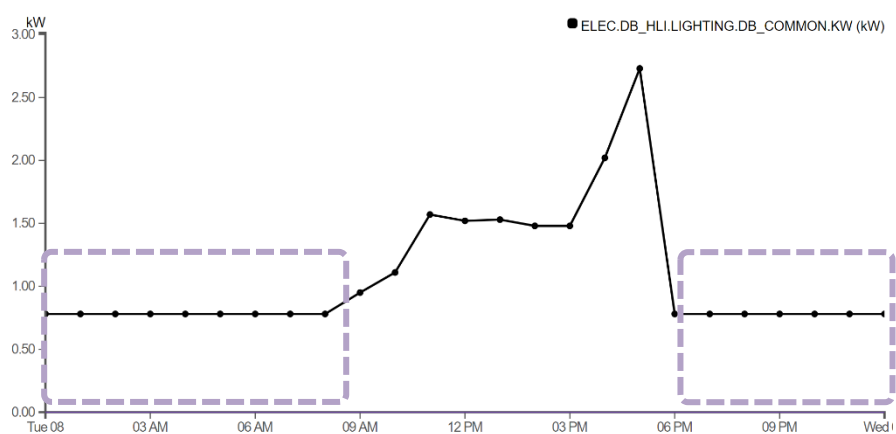


图 4.2.5(i)照明超时运行数据示例

建议措施

检查是否故意开灯。如果有自动控制设定，可检查时间设定。



建筑物小型设备 - 观察到显著的基础负荷

情况

夜间设备负荷应减少为仅维持必需持续运行的设备的能耗。

故障识别

观察到夜间有非必要的设备运行（注意：一些基本负荷可能需要持续运行，例如冰箱）。

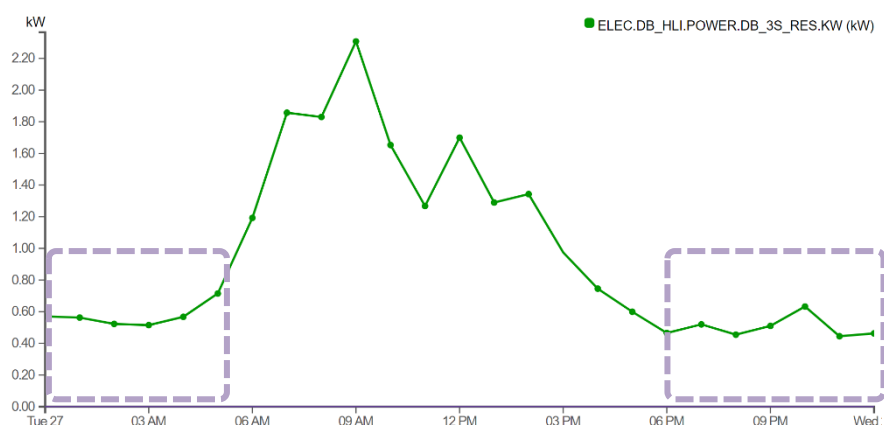


图 4.2.5(j)小型设备超时运行数据示例

建议措施

应识别任何不需持续运行的设备并将其关闭。

4.2.6 考虑运用能耗模拟（可选项）

如果有足够的建筑数据，业主可考虑利用能耗模拟进行分析。在某些情况下，当数据有限时，可利用计算机模拟和历史天气参数来推断超过一年的表现。

能耗模拟可用于 (1) 精确地评估建筑物的能耗分布 (2) 评估能源成本节省并帮助选择合适的措施实施。

详情请参阅第 4.6 节 - 能耗模拟再调适的应用 (可选项)。

4.2.7 制定再调适计划

再调适人员应制定一份再调适计划，总结在规划阶段的发现内容，计划在再调适过程中优化现有建筑的后续措施，其中包括以下项目：

规划阶段的调查结果摘要

- 建筑再调适计划
- 对中央控制及监控系统或日志表数据的初步分析
- 能耗模拟初步分析（可选项）

在其他阶段采取的行动

- 现场测量计划
- 需要收集的数据
- 需要验证的数据

本指引提供了再调适计划的示例，以供进一步参考。

表格 1.4 再调适计划样本



4.3 阶段二：调查

在调查阶段中的程序和预期成果如下所示：

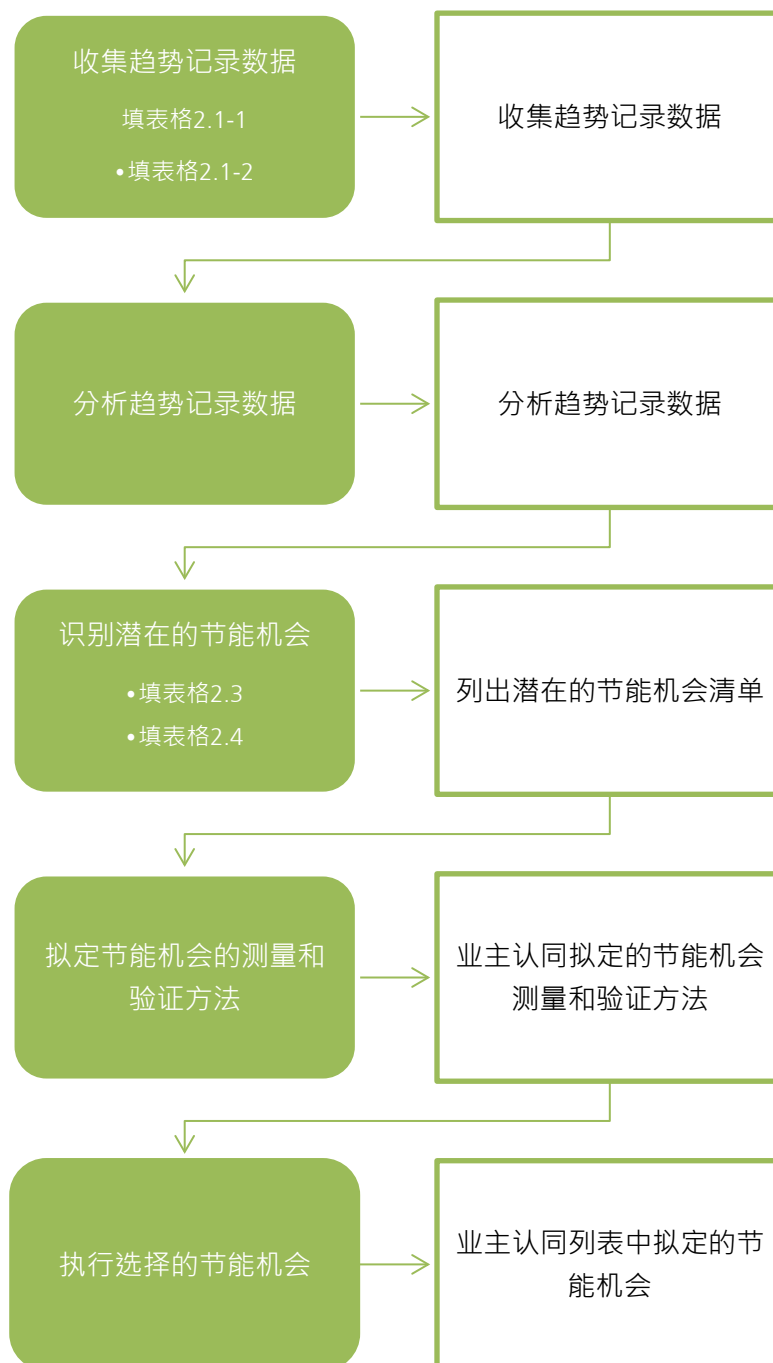


图 4.3 调查阶段的流程表

4.3.1 收集趋势记录数据

在收集按时间序列运行的数据过程中，时间间隔通常为 15 分钟到 1 小时不等。再调适人员可以直接从中央控制及监控系统收集趋势记录的数据，前提是：a) 建筑物已安装中央控制及监控系统，b) 有充足和准确的趋势记录数据以进行分析。

但对于没有安装中央控制及监控系统、中央控制及监控系统的数据存储或展示有所限制的建筑物，再调适人员可使用便携式数据记录仪来收集数据。

中央控制及监控系统如何收集趋势记录数据

- 通常可以从中央控制及监控系统直接收集大量数据。
- 确定每个数据点位，并对有关被测量/控制的内容提供有效的描述。可考虑使用标签。
- 确保传感器运作正常，并在必要时对其进行校准。
- 中央控制及监控系统收集数据的间隔将根据数据的类型和分析方法的不同而有所不同，但通常是以分钟（即15分钟，30分钟...）至每小时为间隔。
- 数据收集至少应该覆盖一个完整的运行周期（一天、一周、一个月、一年...），这取决于建筑物的运行和季节变化。例如，办公楼的照明时间表运行周期可能为一周，并且它们在一年中不会有太大变化。另一方面，冷却塔的性能在一年中会有所不同。因此建议收集一年的数据，以便进行年度分析即包含各个季节。

便携式数据记录仪如何收集趋势记录数据

- 使用便携式数据记录仪时，建议测量周期为至少一周，以便分析更有意义。
- 应在最有可能发生运行问题的季节收集数据。
- 如果这些数据准备用于测量和验证，应保证测试的质量，以确保数据是按测量和验证计划中的要求测得。

表格 2.1 提供数据仪的列表

表格 2.2a 至 2.2g 提供数据收集表样本

使用中央控制及监控系统数据作为分析基础时通常面临的问题可分为：

a) 数据数量问题和 b) 数据质量问题。



数量问题指的是缺乏部分或全部的数据。数据的部分损失也称为缺口。质量问题可能由技术问题引起，例如电池电量低或存储容量不足。另一方面，数据质量也指报告中出现错误的数据。

虽然数据量问题通常可在逐个案例上解决，但是数据质量问题并不容易识别。这两种类型的问题应在利用得到的数据进行建筑性能分析之前解决。

在本节中，列出了数据质量问题的常见示例。

数值超出范围 - 数值在合理范围之外（高于或低于）

情况

在这个例子中，空气处理装置的送风温度范围通常在 10°C 到 15°C 之间，回风温度范围在 17°C 到 23°C 之间。

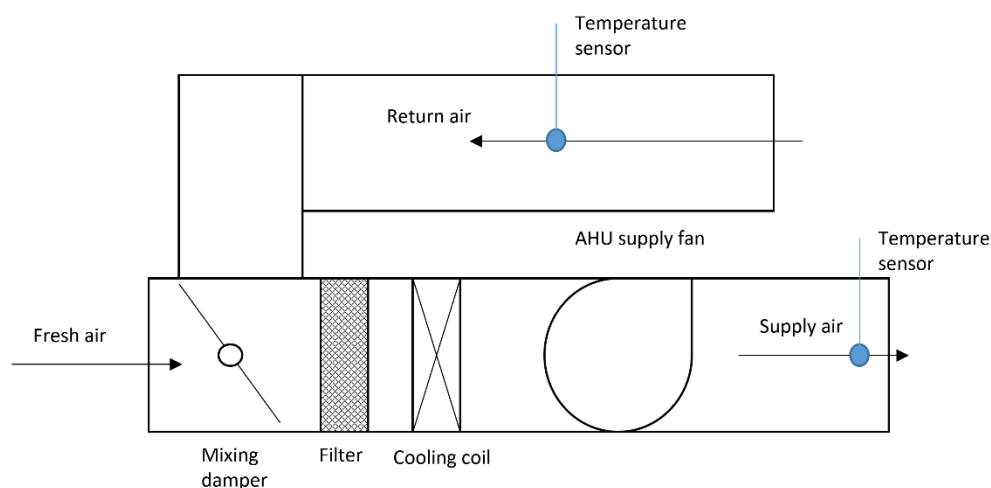


图 4.3.1(a) 空气处理装置送风和回风温度数据点位置示意图

识别数据质量问题

在下图（图 4.3.1(b)）中可以看到，回风温度传感器经常记录极低的温度。

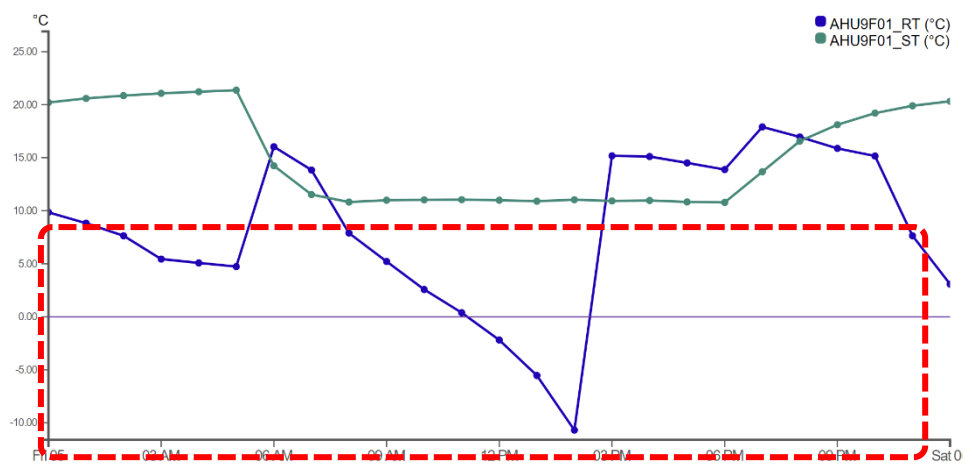


图 4.3.1(b)温度超出范围数据示例

建议行动

建议检查传感器是否有故障。

传感器校准或位置 - 类似传感器之间的读数出现大差异

情况

在下图中，安装在天花板上的温度传感器（圆圈内标记为“T”）分布在多用途教室中。

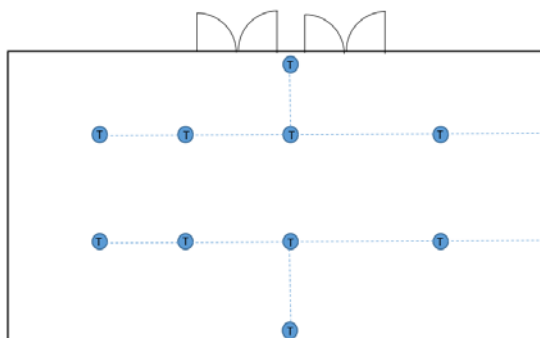


图 4.3.1(c)室温传感器数据点位置示意图

识别数据质量问题

该图显示了多功能教室的室温数值。传感器之间的温差高达 7°C。

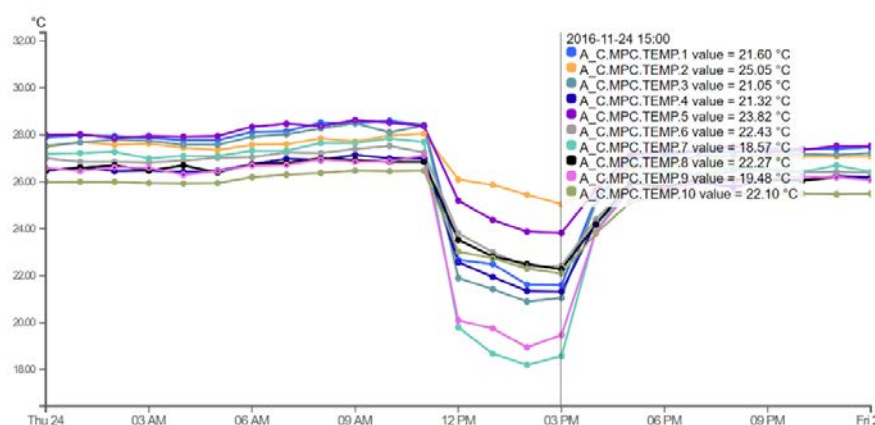


图 4.3.1(d)传感器读取不一致数据的示例

建议措施

传感器需要重新校准和(或)重新排列传感器位置,以避免过于接近空气送风口,导致室温读数不准确。

4.3.2 分析趋势记录数据

当解决了数据量和质量问题,再调适人员就可以使用趋势记录数据更好地分析能耗设备或系统的运行趋势,并确定需要改进运行的区域。

作为初步分析步骤,再调适人员应绘制运行数据的趋势,以便可视化:

(1) 室内空气温度、冷冻水供回水温度、冷冻水流量等各种关键参数的小时、日、周、月的变化趋势。

(2) 比较参数以评估一个参数在另一个参数改变时如何变化,例如总的冷水机组负荷如何随总冷负荷变化。

从图表中,再调适人员将发现哪些节能机会可能导致低效率能源应用或恶劣室内环境,如室内温度经常高过或低于设定值,或夜间运行冷水机的性能系数低于可接受范围。通过分析趋势记录数据,可推测出潜在的运行问题。

在暖通空调方面,不同传感器或电表之间的比较是测量和诊断运行故障的有效方式。因为建筑物中机电的设备和系统之间存在明显的相互作用。

这些比较通常由熟悉系统实际运行情况的人员或有经验的建筑机电顾问进行。因此本指引将不详细介绍这些类型的分析,但提供了一个示例以作说明。



阀门开度 - 当不运行时，空气处理装置冷冻水冷盘管水阀仍保持打开状态

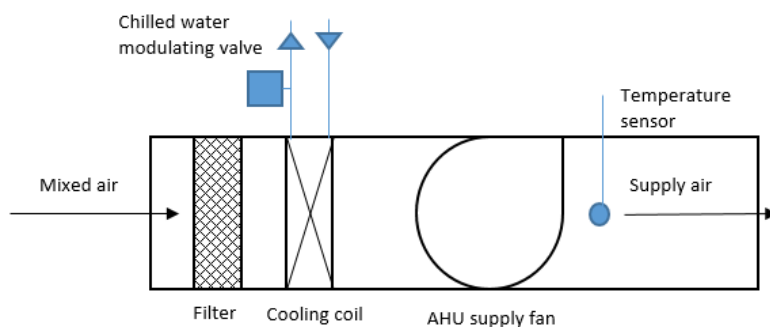


图 4.3.2(a) 空气处理装置冷冻水阀数据点位置示意图

情况

空气处理装置冷冻水冷盘管水阀应根据机组的运行情况控制在开、关或调节的开度位置。

故障识别

在下面的示例（图 4.3.2(b)）中，尽管风机（棕色线）已经停止运行，但机组的冷盘管流量（蓝色）仍然在运行。

建议措施

阀门开度应作定期检查。应检查运行时间设置。

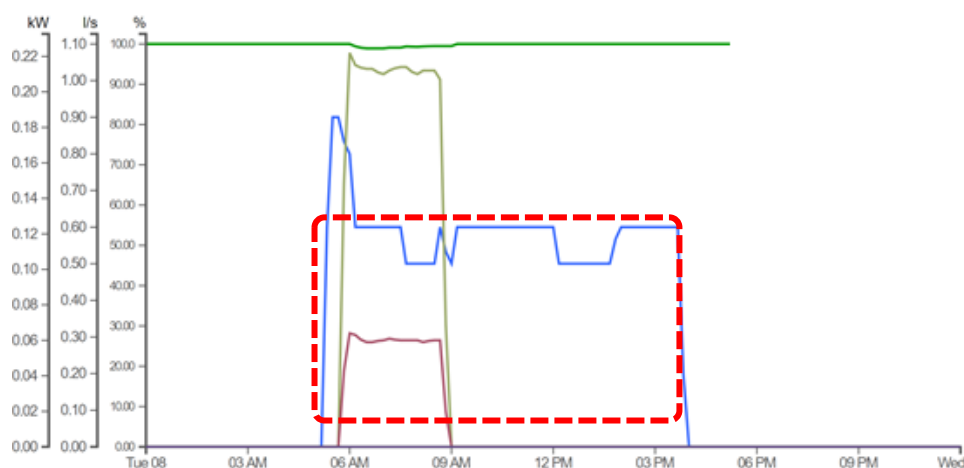


图 4.3.2(b) 阀门开度不一致的数据示例

4.3.3 识别潜在的节能机会

当在设备和系统调查测量结果的帮助下找出所有潜在的运行问题时，就能识别出节能机会。再调适人员将制定一份节能机会列表，其中详细列出节能效果，回收期，实施期

对正常运行的干预与节能的测量和验证方法。节能计算的步骤应清楚地向业主展示。此外，如果实施节能机会需要维修设备，则应清楚列出拟定维修的设备清单供业主考虑。

表格 2.3 提供潜在节能机会列表

表格 2.4 提供建議維修物品列表

4.3.4 设定节能机会的测量和验证方式

业主能够在测量和验证实施后以可靠、透明、公正和可重复的方式确定节能机会的有效性。

为确保上述效果，每个拟定的节能机会都应向业主汇报详细的节能估值、计算方法、实施成本和初步的测量和验证计划。再调适团队应与业主明确商定所采用的计算方法，以便再调适小组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。

根据每个节能机会的性质，每个项目的节能计算会有所不同。根据 EVO 10000-1:2014 – International Performance Measurement and Verification Protocol – Core Concepts，存在四种测量和验证选项；下面介绍了每个选项的整体描述。其他代替方法可参考 ISO 17741:2016 - General technical rules for measurement, calculation and verification of energy savings of projects 和 ASHRAE Guideline 14:2014 - Measurement of Energy Demand and Water Savings。

选项 A - 节能机会隔离：关键参数测量

此选项通过在测量边界内最重要的关键参数和其他次要参数来预计节能机会的节省。这种方法对节省的预计带来不确定性，但是当估计的参数或多或少已知时，它是高成本效益的测量和验证选择。

例如，如果节能机会需要用更高效的照明设备替换现有的照明设备时，更换前后的用电量需求将是关键参数。在这种情况下，照明设备的运行时间应由所有相关方估算并达成一致，确保节能机会前后计算的运行时间相同，以确保测量和验证方法与之前相同。还应估计因内部照明热量减少（以及测量边界以外的其他影响）对暖通空调性能造成的影响。在本例中，在节能机会安装前后的现场（实时）或短期（几天）测量便足以估算节能量。

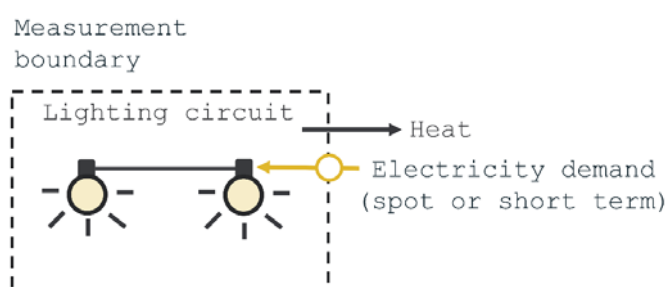


图 4.3.4(a)测量和验证选项 A 示例说明

选项 B - 节能机会隔离：测量所有参数

此选项通过在相关测量边界内测量所有与能源相关的参数来预计节能机会的节省。此方法通过比较实施节能机会前后各子项计量数据的能耗使用情况来预计节省量。

例如一个节能机会需要使用新的冷水机组替换旧的冷水机组。测试应在实施前后分别进行耗电量和制冷量的测量。这些测量结果将用于计算可提高的效率值及节能效益。如果有中央控制及监控系统，可以在传感器校准后用于数据收集。建议采用 1 年的基准期，也可按季节的不同计算冷水机组效率。在没有中央控制及监控系统的情况下，应考虑安装电表和能量表的成本。数据采集可以考虑使用 IPMVP 中提供的测试数据采集方式和公式进行样本测量并作为估计样本相对精度、置信水平和变异系数。

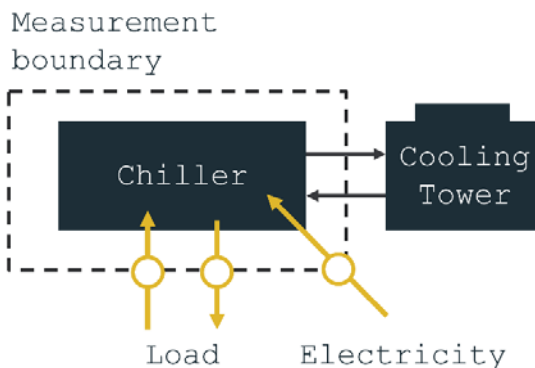


图 4.3.4(b)测量与验证选项 B 示例说明

选项 C - 全部设施

计量全部设施使用的电费数据，根据空调度日数(CCD) 和其他设施考虑天气变化而调整运行来估计整个设施的节能。如果设施的性能取决于天气，建议至少有 12 个月的基准周期（不应少于 9 个月，包括供冷高峰期）。这项建议是由 EVO 10000-1:2014– International Performance Measurement and Verification Protocol – Core Concepts 提出。

如果已安装中央控制及监控系统，可以用来确定可能对能耗产生影响的设施调整，如运行时间和冷却设定值。如果没有安装中央控制及监控系统，则需要与运行和维护人员密切联络，以便从建筑日志中获得此信息。

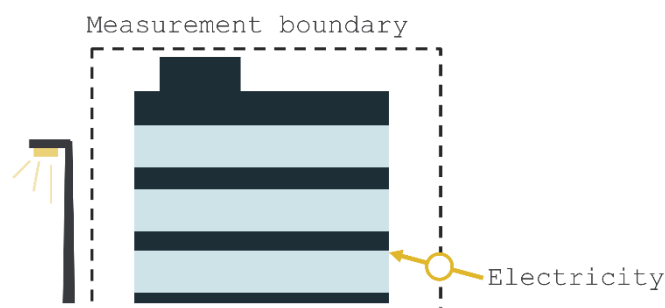


图 4.3.4(c)测量和验证选项 C 示例说明

选项 D-校准模拟

在校准模拟选项的情况下，使用能耗模型直接提供估计的节省量。当实施多个节能机会并且需要分别估计节省时，此选项最为有用。此外，当基准数据有限或不存在时，例如同步进行计量装置安装与实施节能机会，选项 D 也很有用。

在所有情况下，应估计模型的不确定性，以确定模型是否在可接受的校准范围内，从而准确地估计节省（参考 ASHRAE Guideline 14:2014 Annex C）。

对于这个选项，有否安装中央控制及监控系统情况下获得的数据与选项 C 描述相同。

这种方法的附加好处包括在实际实施节能机会之前进行模拟分析，以便作出正确的选择，以及在持续调适阶段提供基准检验。然而，备选方案 D 是一个进阶的备选方案，因为它需要有建立模型的专业知识和对建筑特点有深入了解，这都会对测量和验证的成本产生影响。

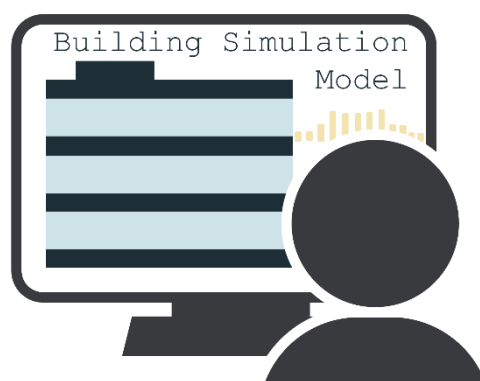


图 4.3.4 (d) 测量和验证选项 D 示例图

下表总结了用于估算节省每个测量和验证选项的主要特点，关于这些的详细信息可参考 EVO International Performance Measurement and Verification Protocol (IPMVP)，EVO 10000 - 1:2014。

途径	测量和验证选项	需要的测量及讯息	应用
节能机会隔离	选项 A	基准期和报告期内的一个关键参数。	可根据运行日程表计算运作日间的照明节能机会。
	选项 B	基准期和报告期内的所有重要变量。	变频驱动装置，冷水机组。
全设施计量	选项 C	基准期和报告期内的电费账单数据。 天气数据和其他建筑物的调整。	要实施多个节能机会或一个节能机会的预期节省能耗高于 10%。
校准模拟	选项 D	一般建筑信息。 基准期或报告期内的 重要变量。 天气数据和其他建筑物的调整。	没有可用的基准资料。 设施的许多系统都受到节能机会的影响。

表 4.3.4(a)测量和验证选项总结表

美国能源部国家可再生能源实验室的报告中提出了另一种选择，称为“认定方法 Deemed Approach”，即当提议的节能机会相对普遍、其估计节能量较少并处于设备层面时，评估人员可以认定为节省而不需模拟它们。建议使用电子表格工具计算节能量并遵守报告中提出的功能要求。有关详细信息，请参阅 National Renewable Energy Laboratory Chapter 16: Retrocommissioning Evaluation Protocol Report。

一般而言，测量和验证的成本取决于要计量的变数数量、所需的计量仪表数量、计量仪表保养费用、基准期和报告周期的长短、所需的分析、汇报频率和不确定性限制。对于选项 D 的情况，应考虑建立和校准建筑能耗模型的费用。个别个案可能会有额外的测量和验证费用。IPMVP 中 EVO 10100-1:2018 – Uncertainty Assessment 用于评估计量、取样和建模的不确定性。

测量和验证预算应考虑预期节省、回收期 and 可接受的不确定性。一般而言，普遍接受测量和验证的预算不应高于预期或已实现节省的 10%。如需进一步参考，请参阅 IPMVP 中 EVO 10000-1:2012 Concepts and Options for Determining Energy and Water Savings Volume。

在下表（表 4.3.4(b)）中，列出了非详尽的节能机会清单，并包括建议的选项。EVO 1000-1:2014 中，附件 A 提供了一个流程图，有助于根据成本和预期节能量确定哪种测量和验证选项较适合。此外，附件 B 列出了一系列更全面的情景及其建议的选项。

情景	建议选项				
	A	B	C	D	Deemed Approach
- 预计节省少于设施总耗量的 10%。 - 节能机会可以在合理的测量边界内隔离。 - 大部份参数可以估计，仅考虑对单个关键参数进行测量。	✓				
- 预计节省少于设施总耗量的 10%。 - 节能机会可以在合理的测量边界内隔离。 - 由于高变异性，所有重要参数都应通过传感器和能量计进行测量。		✓			
- 要实施多个节能机会或一个节能机会的预期节省能耗高于 10%。 - 可取得实施节能机会前后的实用数据。 - 不需要单独评估节能机会的影响。			✓		

• 需要评估节能机会对整个设施的影响。 • 可取得实施节能机会后的实用数据，但实施前的数据不完整或完全不存在。 • 需要单独评估节能机会的影响。				✓	
• 提议的节能机会相对普遍、其估计节能量较少仅在设备层面。					✓

表 4.3.4(b)针对不同情况的建议测量和验证选项

最后，每个建议节能机会都应附有一份初步的测量和验证计划，其中应包括以下章节（如 ISO 50015 - 2014 所界定）：

1. 所选项在测量和验证边界内的能源使用记录文件
2. 确定适当的基准周期
3. 确定建立数据收集计划所需的信息
4. 确定基准期的所需数据
5. 确定现有能耗数据
6. 确定所需的测量和验证设备

4.3.5 选择实施的节能机会

再调适人员应基于对潜在改进和节能机会的成本效益进行分析，与业主讨论所要实施的选项。

根据经验，应先确定无额外成本的行动项目，再确定低成本行动项目，最后确定重大的改造项目，尤其关注高能耗设备。

应在实施阶段之前与业主就测量和验证方法和计算方法达成协议，初步的测量和验证计划应更新至 ISO 50015 - 2014 所确定的最终版本。它将确保测量和验证过程中的六个基本步骤得以实现的，这些步骤为：

1. 制定测量和验证计划，其中包括选择 EVO 1000 - 1:2014 中界定的测量和验证选项
2. 收集数据
3. 验证节能机会的实施
4. 进行测量和验证分析
5. 建立测量和验证报告
6. 如有必要，重复上述过程

4.4 阶段三：实施

实施阶段的程序和预期可交付的成果如下所示：

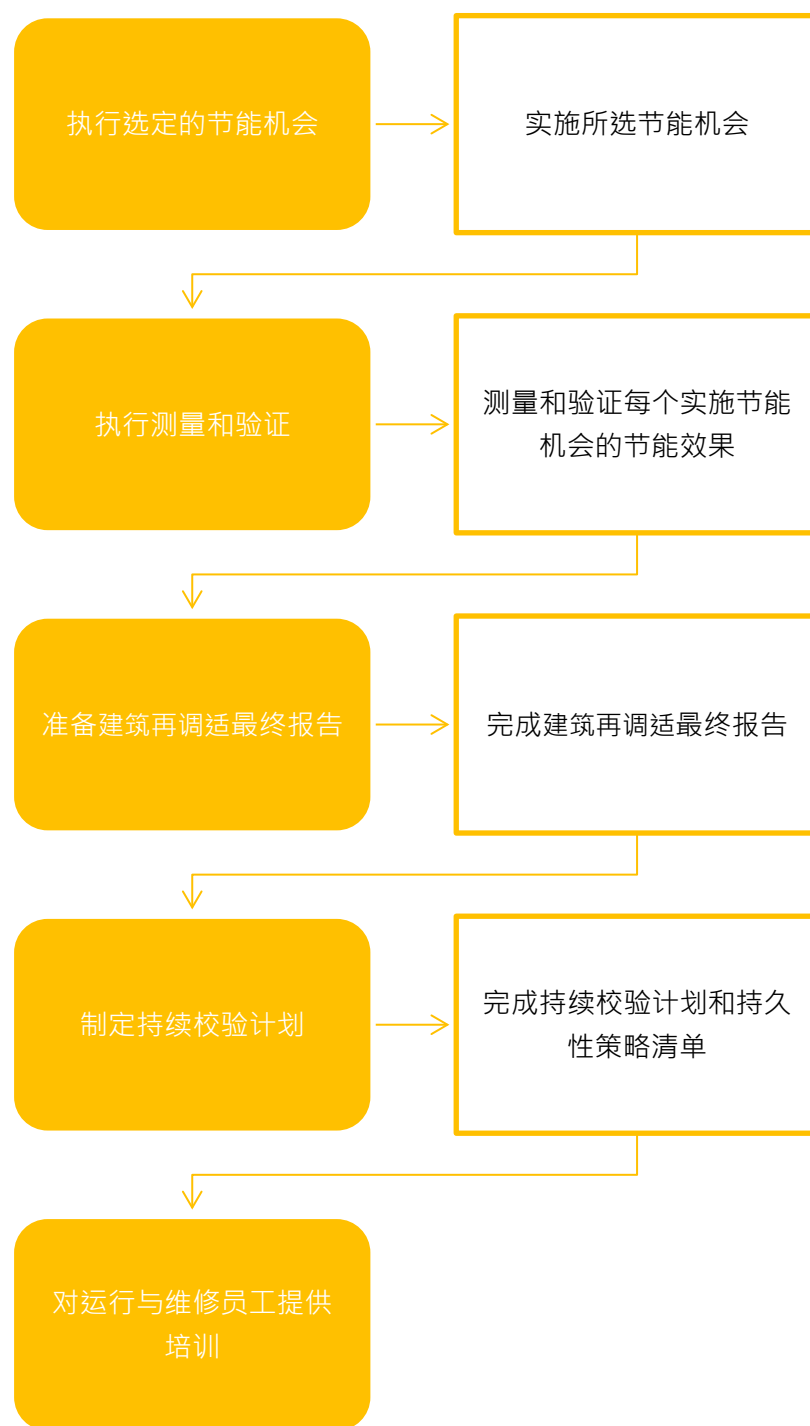


图 4.4 实施阶段流程表

4.4.1 实施所选节能机会

建筑物的运行和维护人员可自行实施所选的节能机会。如有需要，业主也可聘请承包商执行所选的节能机会及相关的实施工作。在实施计划中，每个节能机会都应该有清晰的描述。再调适人员可选择最合适的节能机会，然后组织和确定再调适实施计划所需的工作。

业主可选择分阶段执行实施计划以符合预算或减少对系统运行的干扰。因此再调适人员应与业主和运行和维护人员讨论以便各方同意再调适实施计划。

4.4.2 执行测量和验证

在实施所选的节能机会后，再调适人员应收集实施后的数据，然后核实节能情况。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节能效果。此过程应根据第 4.3.4 节设定的节能机会中制定的测量和验证方式测试进行。

测量和验证报告通常包括（如 ISO 50015 - 2014 所界定）：

1. 已实施的节能机会清单
2. 计划但未实施的节能机会
3. 已实施的节能机会与原计划的差别
4. 设施调整记录文件
5. 能耗表现或能耗改善结果

实施后的数据可用于更新节能估算。这些数据也可用于为建筑机电系统的性能建立新的基准。新的基准可用在设备或系统的生命周期中建立标准或参数以跟踪改良后表现是否运行正常。

请注意，对于某些依赖季节的节能机会（例如空调和采暖节能机会），可能无法在实施阶段进行完整的测量和验证计算，但这个阶段可以在适当的季节或天气条件发生之前完成。在这些情况下，应发布初次测量和验证报告（第 0 年），仅包含拟定的（预测的）节能量。之后的报告（第 1 年，第 2 年，第 n 年...）将在持续调适阶段发布。所有测量、验证报告和计算方法都应该与 0 年建立的方法保持一致。

下图显示不同再调适阶段的测量和验证步骤。

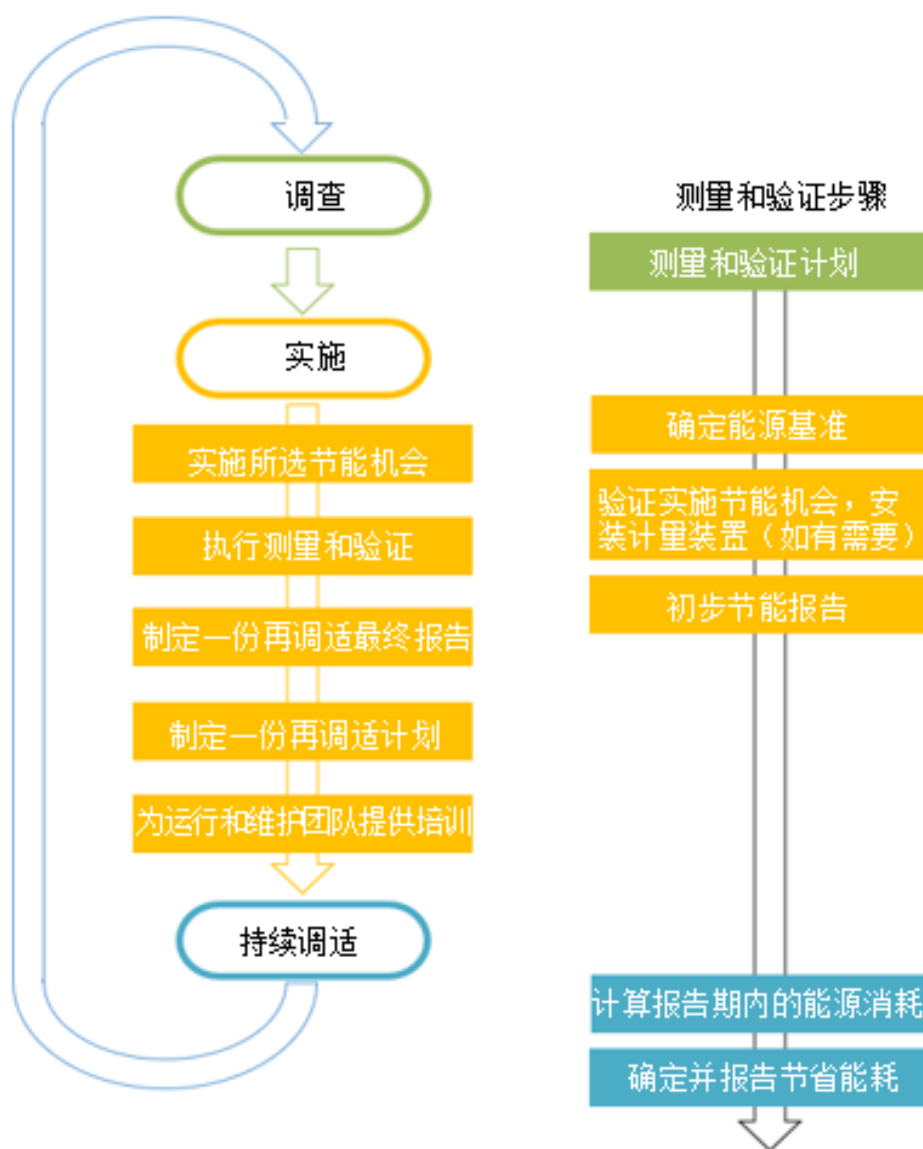


图 4.4.2 再调适阶段和测量和验证步骤

4.4.3 制定再调适最终报告

最终报告是该再调适项目的综合记录，该记录可成为运行和维护人员现场资源的一部份。最终报告的具体内容应包括但不限于以下内容：

- 摘要
- 现有设施运行需求
- 调查结果与实施措施的描述
- 更新节省估算和实际改良成本
- 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
- 所有设备与系统调查的测量和结果
- 建议进行再行调适的频率
- 完整的记录修订或全新控制序列（或列明相关信息的存放位置）
- 保养新改进的建议
- 培训摘要包括培训材料
- 一份要求用于进一步研究的重要改善清单

4.4.4 制定持续调适计划

为了确保再调适项目的好处在项目完成后得以持续，再调适人员应协助业主确定有效地维持新改良表现的最佳策略，以下是可行策略的例子：

- 制定更新文件档案的政策和程序
- 为内部员工提供持续培训
- 确保高效的运行性能
- 追踪能源和系统性能
- 定期为建筑进行反复调适，密切关注原再调适的改进处仍然有效
- 制定持续调适计划
- 把持续收集的运行数据导入模拟模型（如有）中进行持续能耗分析和预测

4.4.5 为运行和维护人员进行培训

建筑营运方、经理、运行和维护人员应具备正确的知识和技能以确保再调适的好处得以长期维持。再调适人员应在项目结束时为运行和维护人员制定和举行额外培训，提供机会让员工了解如何维护再调适的改进。以下是培训的例子：

- 一个培训课程包括进行室内研讨会和一些关于建筑设备的实践示范，培训可考虑录像
- 在一定时期后举行一次后续会议，这段时间的目的是让参训人员有足够的时间考虑相关后续问题并在会议讨论处理
- 通过对持续调适阶段的关键绩效指标分析，向员工提供解释，使他们更了解大楼的性能表现
- 开展运行和维护人员的问答环节

- 录像训练用作将来参考和培训新的运行和维护队伍的资源

4.5 阶段四：持续调适

持续调适阶段的程序和预期成果如下所示：

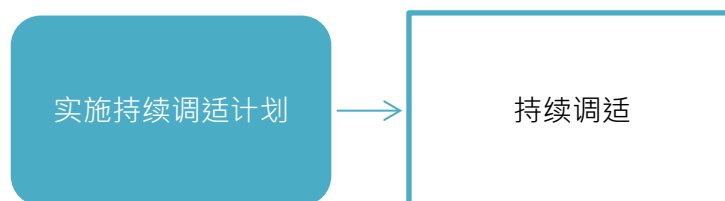


图 4.5(a)持续调适阶段流程表

在这个阶段中，持续调适将重点放在维持建筑机电系统以最有效的方式运行。此过程（计划或非计划）都应持续出现在整个建筑的生命周期。为实现这目标，需要不断收集数据并与之前的再调适所述的建议进行比较以确保持续实施改进。

如果决定以定期方式进行持续调适，建议 3 至 5 年进行一次。更好的方法是通过监控式调适（Monitoring Based Commissioning MB, Cx）的持续调适策略，这也是 LEED 评级系统中的评分要求之一。通过监控式调适旨在向建筑营运方提供持续反馈，建立预测基准、检验基准、追踪性能（能耗、用户和工作人员表现）的变化并加强沟通。此外，通过监控式调适可以用作建筑机电系统的预防措施，专门针对用户投诉和其他紧急纠正措施。

监控式调适的推荐工作流程包括传感器校准、数据收集、准备用于分析的数据、数据分析、关键绩效指标计算或估计以及报告运行问题（如有）。在报告运行问题的情况下，应该执行纠正措施，同时可在建筑手册中记录解决方案，并且通过监控式调适追踪建筑性能。



图 4.5(b)持续调适流程表

关键绩效指标(KPI)样本：

1. 设备或机房性能系数
2. 冷水机组的冷冻水温差及趋近温度
3. 整体建筑用电量
4. 系统用电量

设备或机房性能系数

由于空调系统是建筑物内的主要能源消耗者之一，确保其全年维持高效运行尤其重要。在实施改进空调系统节能机会后，定期监控其性能系数可用作保持系统在最佳状态的指标。

如果有足够的信息，冷水机组性能系数 (COP) 可以计算出来。下表提供了《建筑物能源审核实务守则》建议的冷水机组性能系数计算。

设备	测量
冷水机组性能系数	制冷量 kW
	Σ 冷水机、冷却塔风机、冷冻水及冷凝水泵 kW

表 4.5(a)冷水机组性能系数计算实例

冷水机组的冷冻水温差及趋近温度

在具有一次环路和二次环路的典型冷水系统中，一次环路通常是恒定流量，而二次环路将是可变流量以提供空调末端的供冷需求。解耦器旁路管道将一次二次环路分开。

实际上，特别是在部分负荷运行期间，当二次环路流量未能按实际需求或负荷作相应的调整时，会发生二次环路所需的流量超过一次环路的流量的情况，导致倒流现象出现，冷冻水回水经旁路管道与冷冻水供水混合，使末端设备的供水温度升高，从而冷冻水温差低于设计值，导致冷水系统可能无法像预期的那样有效运行。

在高负荷或峰值负荷情况下，可以对冷冻水供水与回水的温差进行监控并与设计值进行比较，如果温差远低于设计值，则应进一步调查以找出存在的问题。

系统温差减小的原因可能是由于盘管结垢或堵塞，控制阀老化，流量控制和设定值不匹配。

下面的示意图说明应该监视的数据点位置，以识别系统温差问题。

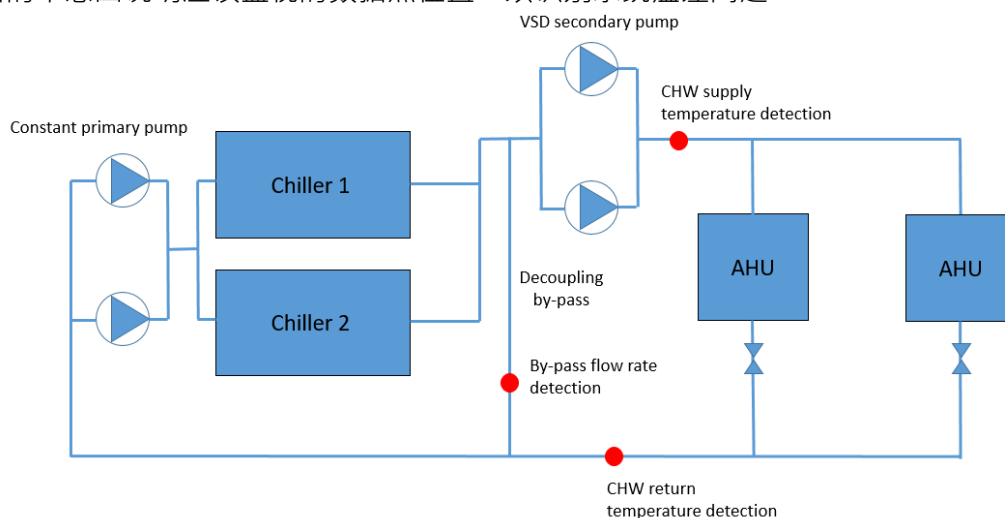


图 4.5(c)用于系统温差减小分析在一次定流量和二次变流量的监控点

即使只有一次环路，也可能出现系统温差降低的问题，在定流量系统的中较有可能发生。当冷负荷需求减少时，过量的冷冻水供水将通过旁路管道。这导致冷冻水回水水温过低，从而降低冷水机组性能系数。

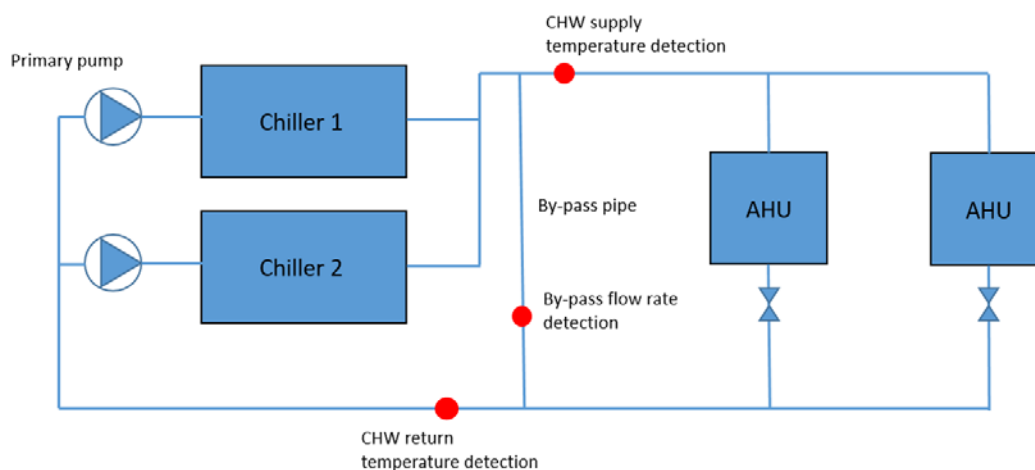


图 4.5(d)用于分析在一级泵系统中温差降低的监控点

可以监视以下数据点以评估是否发生系统温差降低现象。

- 冷冻水供、回水温差
- 设计温差设定值
- 一二次环路管路流量
- 旁路管道流量



整体建筑用电量

电费账单是反映已再调适建筑物运行表现与往年相比的重要指标。然而，由于天气和运行时间的潜在变化，不可能在相同时间之间计算这个关键绩效指标进行直接比较。为了对现行电费和往年电费进行有效比较，需要进行回归分析以计算调整后的基准调整后的基准表示在基准相同的运行条件下，电费账单应有的数额。空调度日数和运行时间是回归分析最常见的输入，但也可以考虑其他有据可查的自变量。普通电子表格工具适用于进行回归分析。

下面显示了基准调整的示例。并提交了再调适后第一年和第二年的电费账单。运用了空调度日数 (CDD) 归一化作调整，因为在再调适之后的第二年气温比第一年暖，因此需要将额外的供冷能耗包括在基准中进行比较。除了室外天气，还有其他可能影响关键绩效指标的因素，这些因素包括房间使用的变化、建筑要求的变化和运作模式的变化等。在下面的例子中，可注意到第二年和第一年之间的用电费用增加了 20%，但在将基准调整为第二年的较暖的天气后，估计增幅约为 7%。

再调适后第一年 (基准)			再调适后第二年		
月份	CDD	用电量 原基准	CDD	用电量	调整基准
一月	17	3,965	18	4,322	3,668
二月	26	3,224	26	4,224	3,899
三月	90	4,588	100	6,160	5,821
四月	160	7,578	254	10,476	9,809
五月	327	10,876	385	13,885	13,194
六月	357	10,893	427	14,583	14,284
七月	442	12,983	541	17,930	17,210
八月	454	15,845	511	17,550	16,436
九月	357	14,505	406	14,934	13,739
十月	256	11,406	322	12,538	11,559
十一月	138	7,691	162	8,078	7,428
十二月	40	4,169	36	4,784	4,157

4.5(b)电费回归调整示例

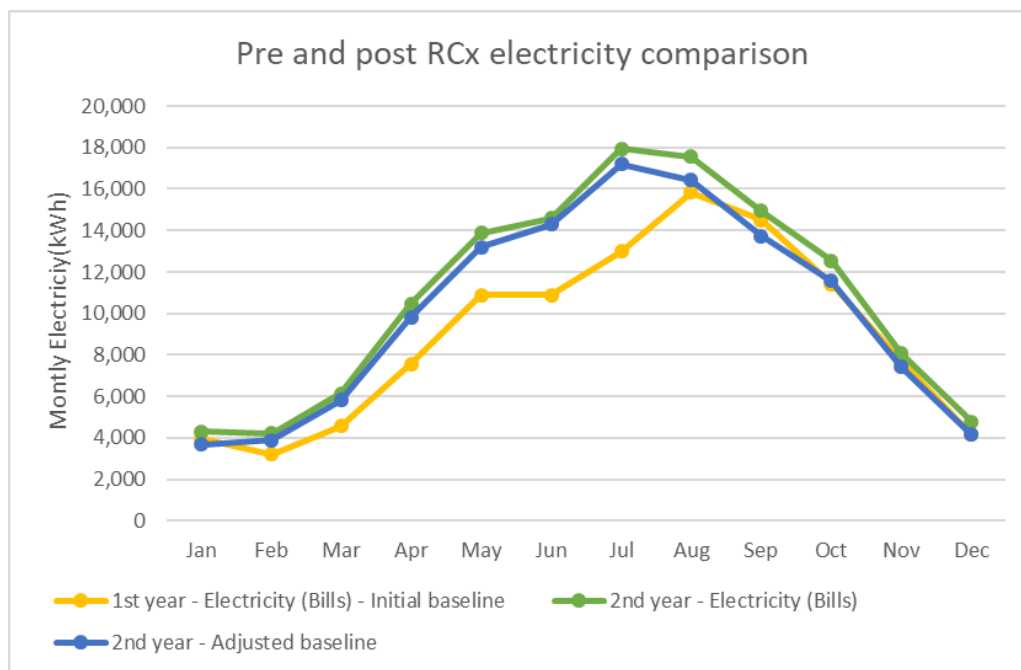


图 4.5(c)回归调整后电费比较

系统用电量 (通过实施节能机会)

除了查看整体建筑用电量外，用户还可以考虑通过测量和验证过程，按照实施和验证的节能机会监控个别系统的用电量。与整体建筑用电量类似，应考虑进行回归分析，以考虑可能影响能耗的因素。

最后，如出现以下情况：

- 调整后的基准和收集的数据之间存在很大差异；
- 与建筑能耗模型相比，电力消耗较高；
- 与基准相比，效率显著下降。

可以考虑以下运行操作，例如：

- 检视正在进行的员工培训；
- 检视控制、序列和运行；
- 可再次进行再调适过程。

4.6 能耗模拟在再调适的应用 (可选方法)

为了现有建筑确认最佳的改良和节能机会，可以通过巡查哪些耗能设备 / 系统消耗最多能源来确定。如果建筑里在不同耗能设备 / 系统上安装了分项计量器，就能了解建筑每年的各项能耗数据。

但是香港的许多现有建筑并没有安装这类分项计量器。在这种情况下，可考虑使用能耗模拟软件配合现有系统数据、运行时间和电费数据来建立能耗模型。

当有详细测试测量数据时，建立能耗模拟模型也是有利于再调适情况，因为可利用运行数据进行一系列能耗模拟策略以进一步加强再调适进程。这方面的例子包括：

- (1) 利用运行数据改进能耗模型预测，使其与实际建筑物性能更加接近 (校准)。这将使再调适人员能够更准确地评估在不同情况下可以实现的潜在能源或成本节约。
- (2) 准备一个配合最新运行数据的更新能耗模型，可提供一个准确的基准在完成连续调适后作比较之用。
- (3) 进行测量和验证，准确衡量在建筑物中实施节能建议所节省的费用。
- (4) 将能源模型作为高价值资产提供给客户。能源模型有多种用途，包括用作未来重新设计或节能机会评估的项目或用于再调适，以确保在实施阶段进行初始测量和验证后期的持续节省。

一般而言，能耗模拟在再调适中的应用包括：

- (1) 在没有测试测量数据的情况下，准确评估现有建筑物能源使用细分的方法；
- (2) 确定模拟结果 (建筑物的设计性能) 与能源账单 (建筑物的实际性能) 之间存在差距的原因；
- (3) 更好地估算已确定的节能机会可实现的能耗和成本节省；
- (4) 使用校准的能耗模型进行测量和验证。

4.6.1 好处与考虑因素

如之前介绍能耗模拟可长期为再调适带来好处，详情如下：

- (1) 即使运行数据有限，模拟计算也可以提供详细的建筑能耗细分。由于可能未能在所有能耗设备上安装分项计量器，为了合理地预测出不同建筑机电系统的能耗情况，能耗模型可根据现有的信息和电费账单来完成能耗细分情况。此外，即使只有几天的信息 (如当使用便携式数据收集仪)，也可以预测不同建筑机电系统的全年能耗。例子如图4.6.1(a)和4.6.1(b)显示。

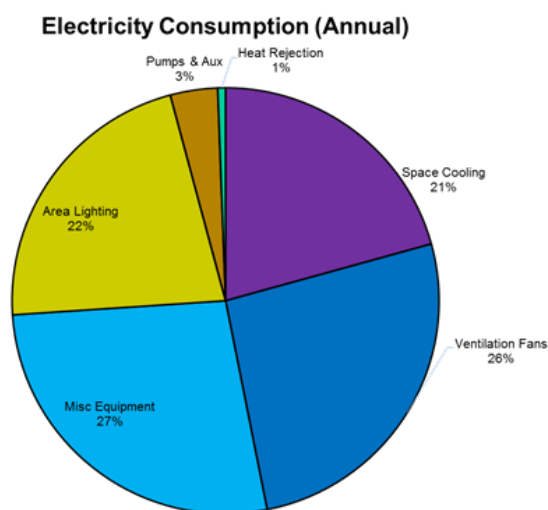


图4.6.1(a)各类机电设备系统能耗饼图统计

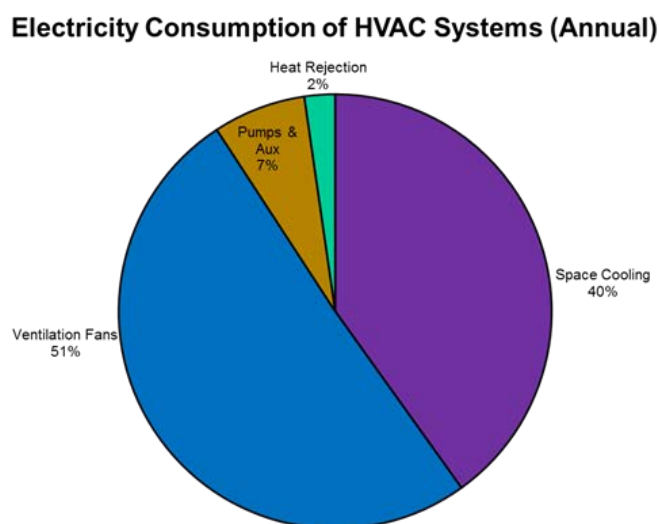


图4.6.1(b)各类空调系统能耗饼图统计

- (2) 即使没有可用于现有建筑物机电系统的信息，模拟计算也可以预测能源使用。通过专业假设设定能耗模型，并且基于先前的电费账单和其他建筑机电系统的信息，仍然可以估算这些建筑机电系统的能耗，从而确认提高建筑机电系统效率的节能机会。

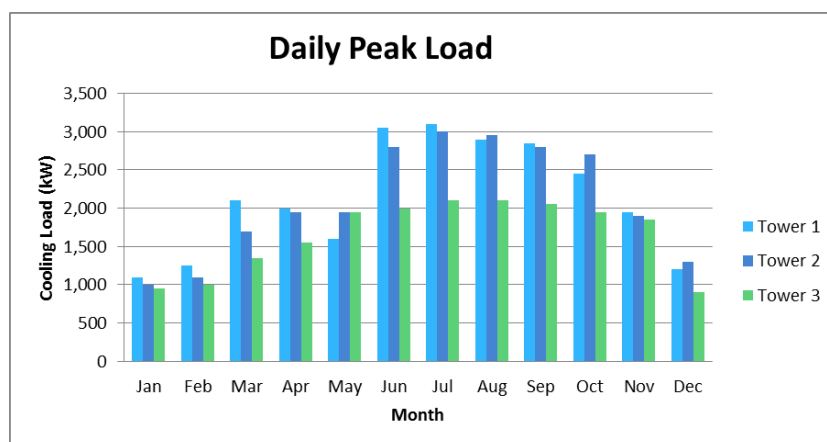


图 4.6.1(c)每日冷负荷峰值图

- (3) 能耗模型可用于估算实施不同节能机会的潜在回报。基于 (1) 和 (2) 中详述的原因而建立的能耗模型为建筑物的当前的运行提供了基准模型。随后可以更新该模型以模拟不同的运行或节能机会情景，然后将其与基准模型进行比较，以更好地估计通过实施调查阶段中确定的潜在节能机会可以实现的能耗和(或)节省的成本。这样可以改进对所识别的每个节能机会投资回收期的估计，从而帮助业主/选择最具成本效益的节能机会来实施。下图 4.6.1(d)是这方面的一个示例。

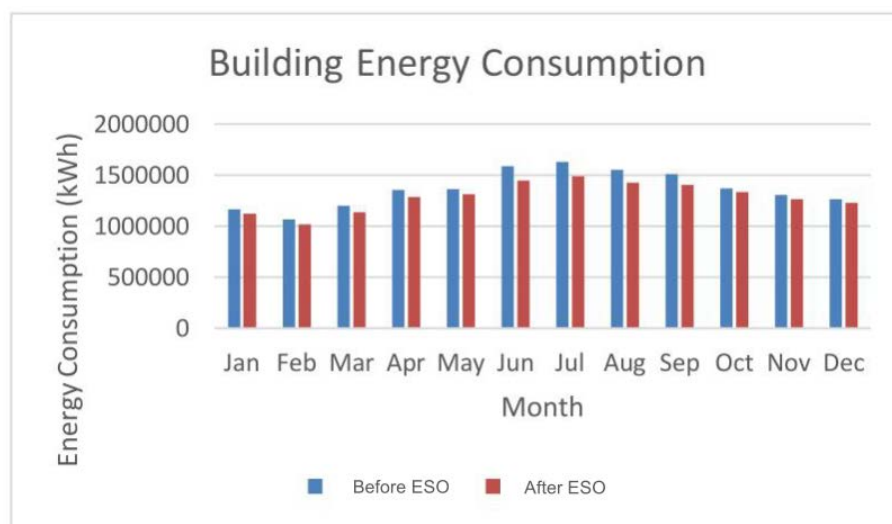


图 4.6.1(d)节能机遇实施前每月建筑能耗与预测能耗的比较

- (4) 基准模型还可用于识别任何设备故障或运行不当的建筑机电系统。当将基本模型的能耗与电费账单比较时，如果后者的能耗明显较高，可能指示出一些建筑机电系统运行不正常，或者某些设备（如传感器）故障。进一步分析可用于确定可能实施的补救措施，以使系统复原到最佳的运行效率状态。

虽然能耗模拟为监控和管理建筑物的能效提供了一个平台，但在建立模型之前有两大因素需要注意：

- (1) **用于模拟计算所需的数据** - 虽然在缺乏一些建筑机电系统的运行数据的情况下也可建立能耗模型(基于以前的电费账单和专业假设)，但能耗模型的准确性将受到影响。这可能导致对提出节能机会的节能估算做出不准确的估计，因此有必要收集以下数据作为设定模型之用：
 - a. 建筑物信息(如平面图、剖面图、面积、形状、楼高、楼层数量、朝向、用途等)
 - b. 外墙的热工性能(如墙和窗的 U 值，窗的遮阳系数)
 - c. 空调系统设定和运行(如机电平面图、泵与风机流量、温度设定、系统类型、运行时间、设备控制策略等)
 - d. 设备效率(如冷水机组性能系数、泵效率、风机与电机效率、锅炉效率等)
 - e. 照明、设备功率密度、人员使用密度和其他负荷(如电梯与自动扶梯、水泵、室外照明、生活热水)
 - f. 采取的节能机会(如再生能源、热回收、按需控制通风、日光或活动传感器)
- (2) **建立模型的额外工作** - 虽然运用能耗模型有一定好处，但可能会涉及额外成本和建模型的工作。然而考虑到在识别和纠正建筑物的低效率运行方面节省的中至长期节能效益和经济效益，以及具有在实施前准确评估不同节能机会的节能和回收期的价值，能耗模拟在再调适过程中还是值得考虑的事项。

4.6.2 建筑能耗模拟工具

市场上有一系列建筑能耗模拟软件程序，客户可根据建筑规模和所涉及的系统选择合适软件。

下表列出了一系列可用的建筑能耗模拟软件程序。

(注意：这不是一个明确的列表，其他适当软件也可作考虑。任何用于能耗模拟的程序，均应符合香港机电工程署的《屋宇装备安装工程能源效益实务守则》附录 A 第二节所列的要求。)

免费能耗模拟工具

软件程序：	信息来源：
BEEP	www.bse.polyu.edu.hk/research/BEP/BEEP/BEEP.htm
Energy Plus	energyplus.net/
eQuest	www.doe2.com/eQuest
ESP-r	www.esru.strath.ac.uk/Programs/ESP-r.htm

表 4.6.2(a)免费能耗模拟工具清单

商业能耗模拟工具

软件程序：	信息来源：
Design Builder	www.designbuilder.co.uk
Ener-Win	pages.suddenlink.net/enerwin/
HAP	www.carrier.com/commercial/en/us/software/hvac-system-design/hourly-analysis-program/
IES <VE>	www.iesve.com
TAS	www.edsl.net/tas-engineering/
Trace 700	www.trane.com/TRACE
TRNSYS	www.trnsys.com/

表 4.6.2(b)商业能耗模拟工具清单

有关如何进行能耗模拟的进一步参考，请参阅香港机电工程署的《屋宇装备安装工程能源效益实务守则》附录 A。

附录 A

识别节能机会的技术方法案例

附录 A - 节能机会技术识别方法案例

本节中所列举的案例并不一定是明确的或详尽的。在再调适过程中，可以识别出一些可能的节能机会和/或建筑物运行的改善措施。再调适人员将在他们自己对趋势记录数据的分析中仔细发现真正潜在的运行问题。

节能机会可能涉及不同的建筑设备系统/装置，但不限于：

1. 空调系统 (冷水机组);
2. 空调系统 (散热系统);
3. 空调系统 (配风系统);
4. 空调系统 (水系统);
5. 电气系统 ;
6. 照明系统 ;
7. 其他

以下是不同识别节能机会的技术方法。

感谢香港绿色建筑议会为再调适提供一些实例。

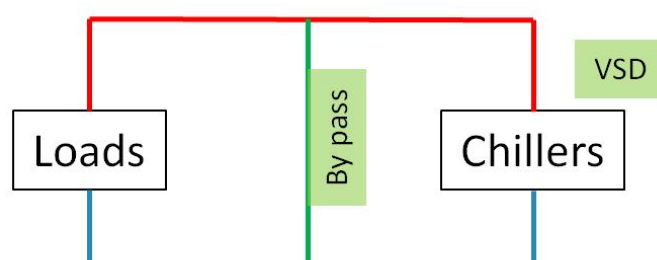
案例一 - 空调系统 (冷水机组)

节能机会：

- 冷水机组排序优化-更多的冷水机组在部分负荷下运行

背景信息：

该建筑物由 4 台变频风冷冷水机组 (3 用 1 备) 和 4 台冷冻水泵 (3 用 1 备) 提供冷冻水。冷冻水设有压差旁路系统，并配有变频驱动装置调节冷冻水泵转速。



Simplified schematic (For indicative only)

图 A.1 (a) 冷冻水环路简单原理图

设施 / 设备：

冷水机组

现场测量 · 观察和发现：

下面的图 A.1 (b) 图中 y 轴表示单台冷水机组运行时电流相对满负荷安培的百分比，X 轴为冷水机组的冷负荷百分比。黄色虚线是一条假想的线，表示单台冷水机组的电流百分比与各种冷水机组组合的负荷百分比之间的比例关系。这条线可作为一个粗略的参考，显示不同的冷水机组组合在不同负荷下的性能。

将总负荷范围在 25% 至 70% 之间的运行数据输入到图中。

观察如下：

1. 当负荷为总负荷的 30% 至 50% 之间时冷水机组的运行台数有两种组合方式 (2 台冷水机组和 3 台冷水机组)。
2. 当两台冷水机组在接近满负荷运行时，电流的百分比应保持在 1 (100%) 的水平，而不是下降该水平以下。

3. 在较低的部分负荷下，电流百分比低于参考线。这表明在部分负荷情况下，冷水机组的运行性能系数较高。图 A.1 (c) 显示制造商的性能曲线符合这一发现。

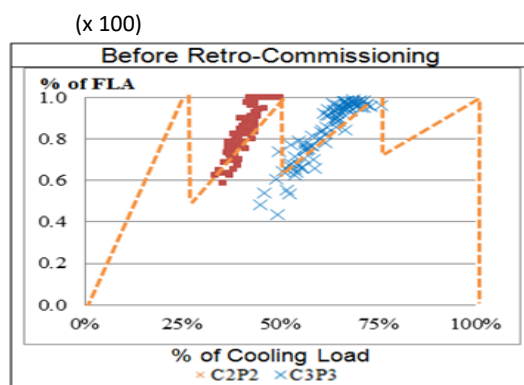


图 A.1 (b) 电流 % vs 冷负荷% (再调适前)

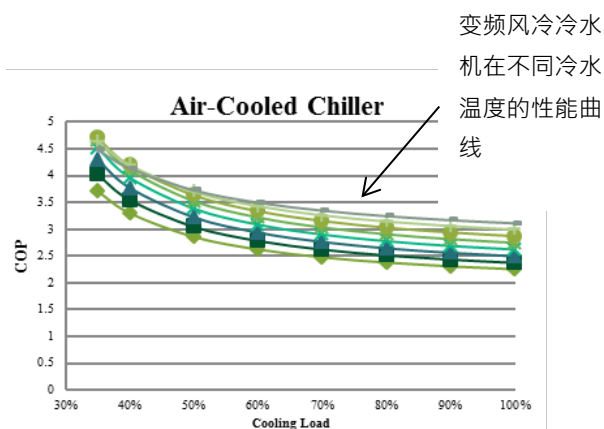


图 A.1 (c) COP vs 冷负荷%

建议：

建议运行 3 台冷水机组合以满足低至 40% 的负荷百分比和 2 台冷水机组合以满足低至 30% 的负荷百分比。图 A.1 (d) 显示了采用上述策略后的性能。

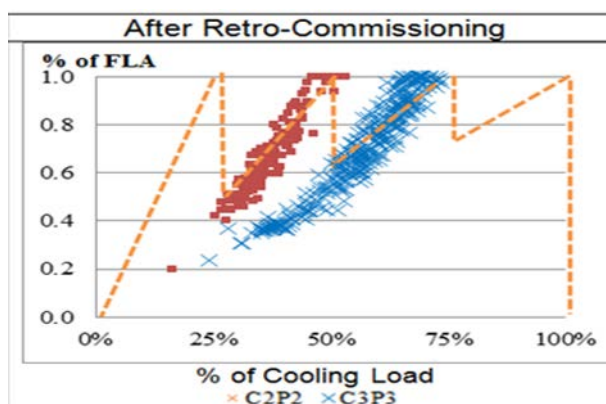


图 A.1 (d) FLA % vs 冷负荷% (再调适后)

节能估算：

如图 A.1 (e) 所示，实施冷水机组排序改进后，两种组合的性能系数 (COP) 平均提高了 8.2%。估计，每年的节省能耗约为 4.8%。

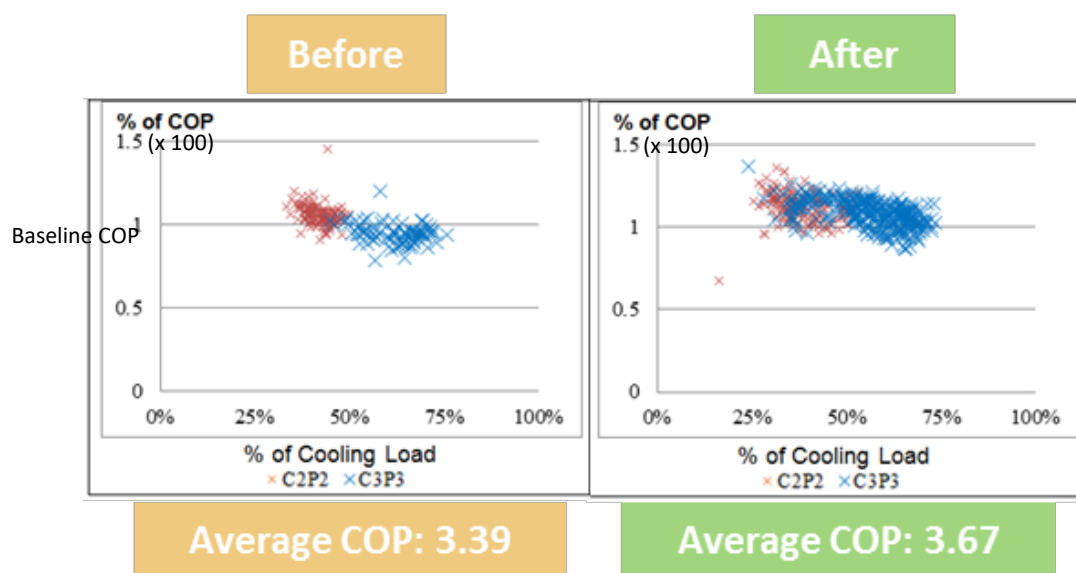


图 A.1(e) 再调适前后 COP 比较

备注：

100% COP = 基准 COP (再调适前) = 3.39

108.2% COP = 改善 COP (再调适后) = 3.67

案例二 - 空调系统 (冷水机组)

节能机会：

添加待机模式以防止在低负荷运行时激活无油冷水机的切断功能

背景信息：

该建筑由 2 套风冷冷水机组(一用一备)提供冷冻水。其中一台冷水机组是无油离心式冷冻机组(常用冷水机 - 新)配备两组压缩机，另一台是风冷式螺杆冷水机组(备用冷水机 - 旧)配备四组压缩机。压缩机的最小承载能力约为 20-30%。冷水系统设有压差旁通管道，定频冷冻水泵数量与冷水机组相同。

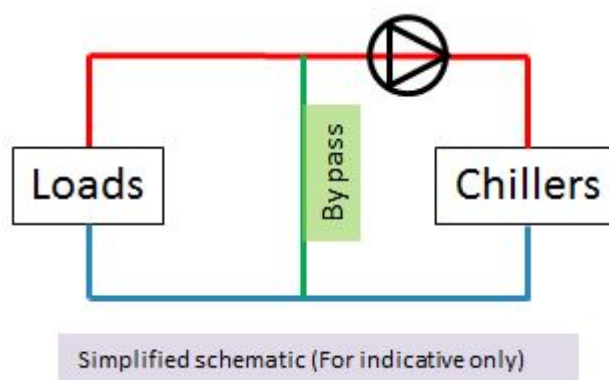


图 A.2(a)冷冻水环路示意图

设施/设备：

冷水机组

现场测量，观察和发现：

1. 在高峰期，无油冷水机组的运行容量仅为其额定容量的 50-60%。
2. 设有压差旁通的定频冷水系统，在冷冻水温差仅为三摄氏度或以下时，将导致大量的冷冻水需要通过旁通管道回流至冷水机组。
3. 当环境温度降至 20°C 以下时，冷负荷将降至满负荷的 15% 以下，并触发冷水机组的切断保护功能。为防止无油冷水机组跳闸，在低负荷下运行风冷螺杆冷水机组，将降低整个机组的性能系数。
4. 图 A.2(c)显示了无油冷水机组与螺杆冷水机组性能系数的比较。

再调适之前

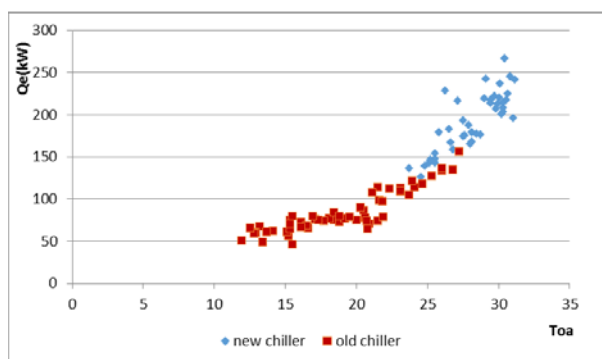


图 A.2(b)冷负荷与室外环境温度比对 (再调适前)

Q_e (kW) – 冷负荷

T_{oa} – 室外环境温度

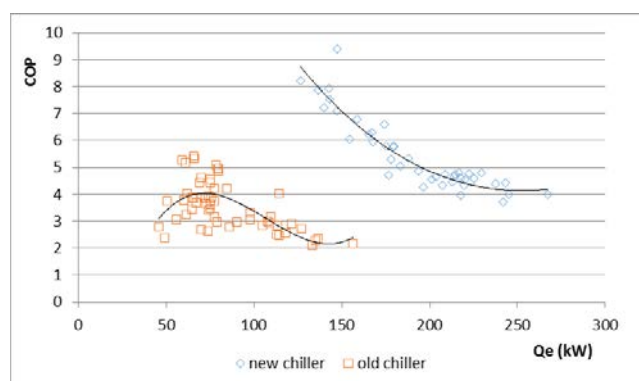


图 A.2(c)冷水机组性能系数与冷负荷比对 (再调适前)

建议：

提出了两项建议：

1. 通过将系统转换为变流量一级泵系统，保持冷水机的冷冻水温差不低于 5°C (这将在稍后阶段实施)。
2. 与冷水机组制造商合作，修改低温切断控制，使冷水机组切换到待机模式 (压缩机停止运作)，而不是在冷冻水低于切断温度时使冷水机组跳闸。当冷冻水温度升高到冷水机组正常运行温度范围时，压缩机将自动加入运行。这消除了使用螺杆式冷水机组的需要，从而提高整体冷水机组的性能系数。

节能估算：

上述建议实施后，当环境温度低于 20°C 时，可运行无油冷水机组。图 A.2(d)和图 A.2(e)比较了实施前后的性能。

再调适之后

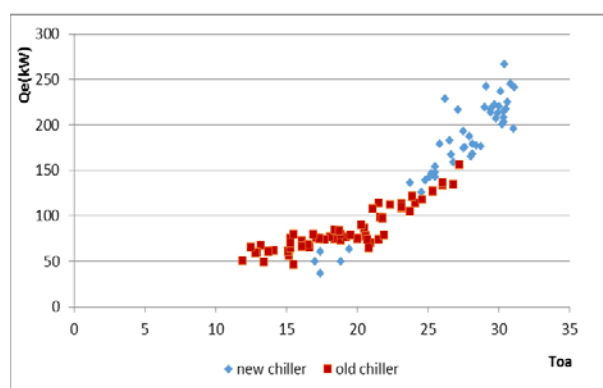


图 A.2(d)冷负荷与室外环境温度比对（再调适前后）

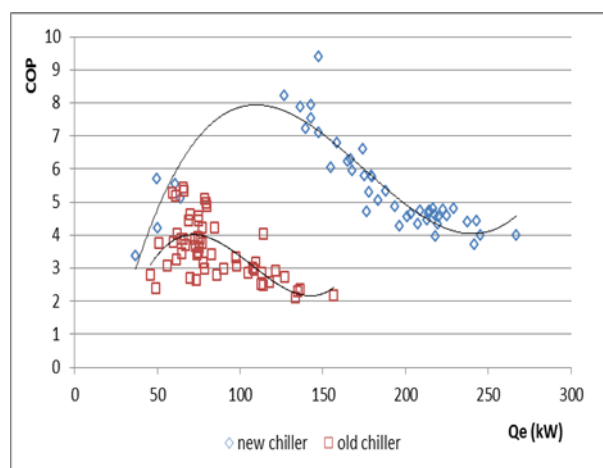


图 A.2(e)冷水机组性能系数与冷负荷比对（再调适前后）

案例三 - 空调系统 (冷水机组)

节能机会：

透过设定冷水供水温度以调整冷水机组的负荷比例，从而提高冷水机效率

背景信息：

在一幢建筑物里，有 2 台水冷式冷水机（一台 350kW 定频螺杆式冷水机组和 1 台 350kW 变频螺杆式冷水机组供应冷冻水。根据不同的冷负荷需求，定频冷水机和变频冷水机将一起运行。

设施/设备：

冷水机组1号（350kW定频螺杆式冷水机）和冷水机组2号（350kW变频螺杆式冷水机）

现场测量，观察和发现：

- 冷冻水流量的趋势记录；
- 冷冻水温差的趋势记录；
- 运行冷水机组设备功率输入趋势记录

通过上述收集的数据，现有的冷水机组负荷分布如下：

	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
室外气温 (°C)	16	15.5	17.5	23.6	26.7	29.4	29.8	28.4	27.9	26.8	22.3	19.6
建筑物冷负荷 (kW)	211	222	229	422	457	510	528	535	524	457	394	239

表 A.3(a)2016 年气候参数（源自香港天文台）和建筑物 2016 年冷负荷

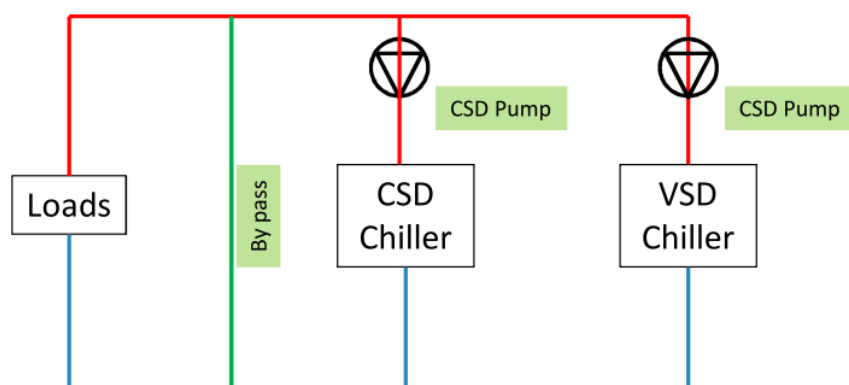


图 A.3(a)冷水机组水系统示意图

	冷水机 1	冷水机 2
冷水机类型	定频	变频
现有冷冻水供水温度设定值	7°C	7°C
现有冷水机组平均负荷系数的分布	60%	60%

表 A.3(b)现有冷水机负荷分布

	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
冷水机 1 (定频) COP	NA	NA	NA	4.04	3.97	3.56	3.56	3.56	3.56	3.97	3.85	NA
冷水机 2 (变频) COP	5.36	5.36	4.8	4.19	4.38	3.81	3.68	3.68	3.68	4.38	4.64	6.22

表 A.3(c)冷冻水供水温度设定值重置前每月的性能系数

根据定频和变频冷水机组的特性，可以看出定频机组在接近全负荷情况下具有较高的能效，而变频机组在其部分负荷情况下具有较高的性能系数。因此，应适当调整冷水机组负荷分布，使定频冷水机承受更高负荷，而变频冷水机承受较少负荷。结果冷水机组装置的整体能效得到改善。

冷水机组的性能曲线图应从冷水机供货商获得，这是审查冷水机能效的重要工具。

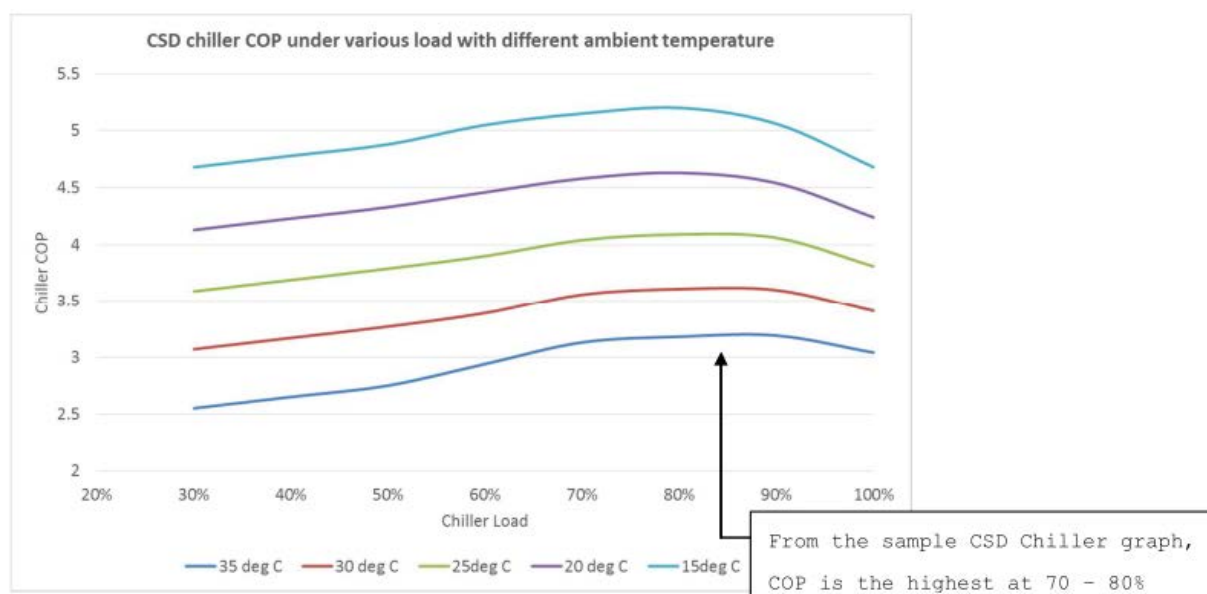


图 A.3(b)350kW 定频风冷式螺杆式冷水机性能系数示例图

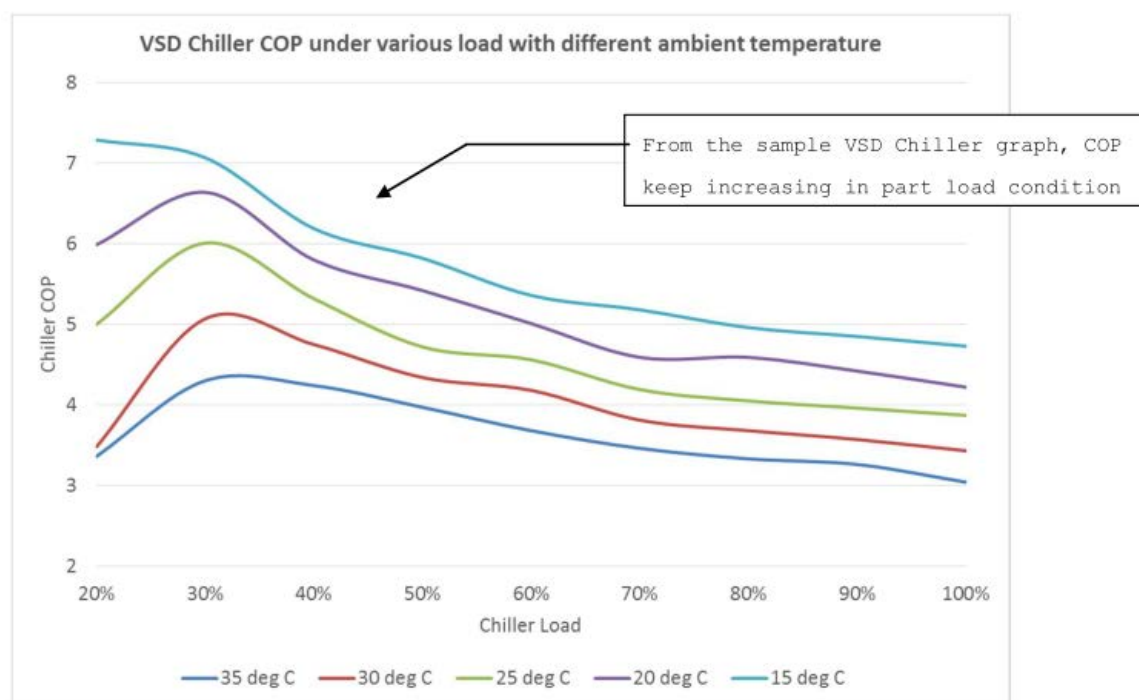


图 A.3(c)350kW 变频风冷式螺杆式冷水机性能系数示例图

建议：

为了获得更高的性能系数，建议重新考虑定频与变频机组承担的负荷，以便定频冷水机可承受更多负荷，同时变频冷水机承受更少的负荷，从而提高其整体的性能系数。我们从图 A.3(b)和图 A.3(c)观察到，可以按照表 A.3(d)所建议的负荷分配使冷水机组 1 和冷水机组 2 在更高的性能系数下运行。

	冷水机组 1	冷水机组 2
冷水机组类型	定频	变频
建议冷冻水供水温度设定值	6.5°C	7.5°C
建议冷水机组平均负荷系数分布	70%	50%

表 A.3 (d) 建议冷水机组负荷分布

	一月	二月	三月	四月	五月	六月	七月	八月	九月	十月	十一月	十二月
冷水机组 1 (定频) COP	NA	NA	NA	4.07	4.07	3.61	3.61	3.61	3.61	4.07	3.97	NA
冷水机组 2 (变频驱动) COP	5.36	5.36	4.8	4.56	4.64	4	4	4	4	4.64	4.72	6.22

表 A.3 (e) 冷冻水供水温度设定值重置后每月性能系数

节能估算：

- 冷水机组 1 号和冷水机组 2 号在四月至十一月运行
- 冷冻水供水温度重置如上表 A.3 (d)
- 办公运行时间
周一至周五：早上八时至下午六时
- 估算再调适之前两台冷水机组的年耗电量：353,370kWh
- 估算再调适之后两台冷水机组的年耗电量：343,450kWh

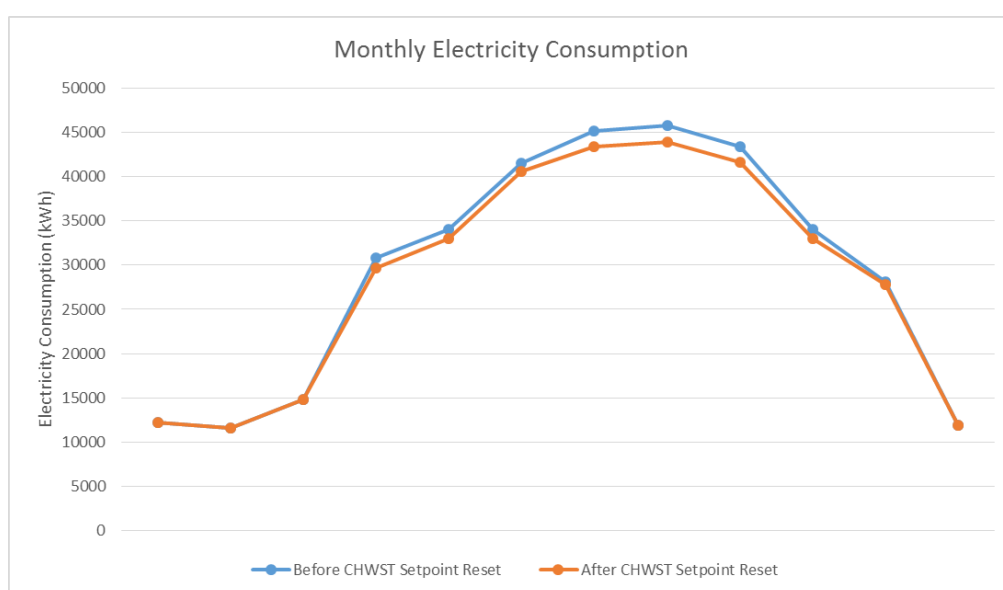


图 A.3 (d) 冷冻水供水温度设定值重置前后的月耗电量

全年电量节省 = 9,920kWh (大约 3% 全年冷水机用电量)

在实施阶段仍有进一步调整的空间，这可能会增加该策略的节能效果。

案例四 - 空调系统 (冷水机组)

节能机会：

通过改造考虑评估现有的冷水机组性能

背景信息：

在 6 月，当环境温度约为 30°C 时，所有的 (四台) 冷水机组都投入运行，其中部分冷水机组压缩机出现故障正在维修。冷水机组在最大限值为 85% 的满负荷安培下运行，如图 A.4(b) 所示。在该工况下，冷冻供水温度无法达到 8.5°C 的设定点。

另一方面，即使手动关闭旁通管道上的阀，压差旁通阀也总是部分开启的。因此，从冷水机供应的冷冻水将通过旁通管道再次回流到冷水机。结果，如图 A.4(c) 所示，冷冻水的温差约为 3.5°C 或更低，这表示当恒定流量的冷冻水通过冷水机组时，机组冷量输出约降为 60% 或更低。

由于定频冷冻水泵直接连接到单独冷水机组而没有通过一个共同的集管连接，这种配置降低了在系统运行期间控制冷水机组流量的灵活性 (例如，三台泵不能搭配四台冷水机组)，特别是当一些冷水机组的压缩机正在维修时。

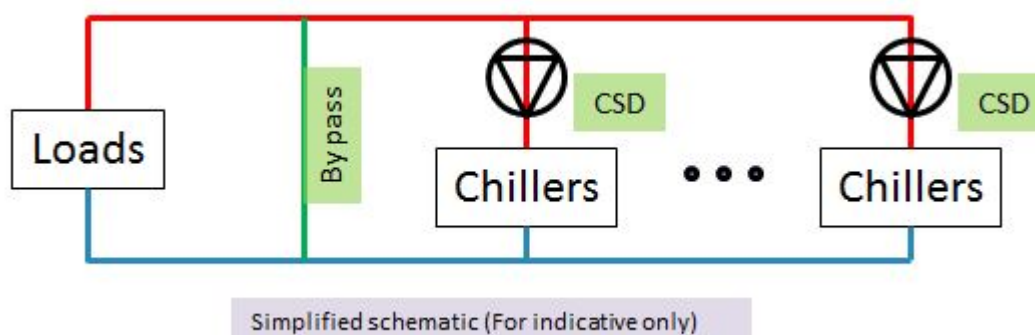


图 A.4(a)冷水机组系统示意图

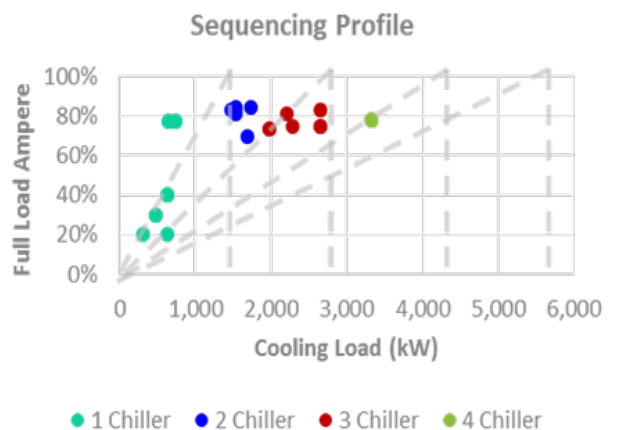


图 A.4(b)冷水机组满负荷安培与冷负荷(kW)对比

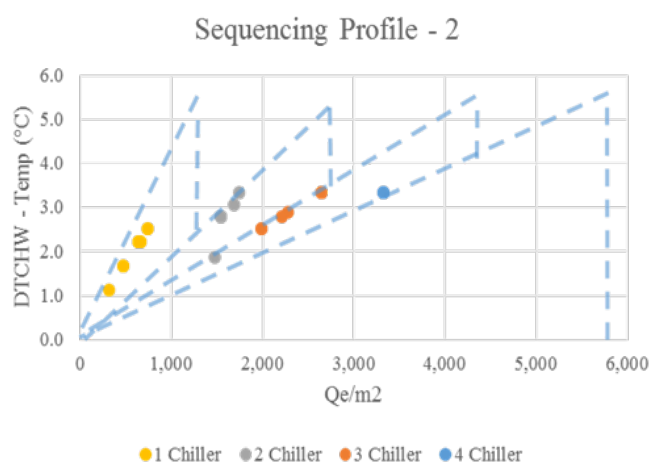


图 A.4(c)冷水机组冷冻水温差与冷负荷对比

设施/设备：

某建筑物由四台风冷式往复式冷水机组 (三用一备) 供冷，四台冷冻水泵 (三用一备)。每台冷水机组均配备四个压缩机。冷冻水设有压差旁通系统，每个冷冻水泵直接连接到单独的冷水机组 (冷冻水定流量通过冷水机组)。

现场测量，观察和发现：

1. 冷水机组已经运行了超过 20 年。在现场检查期间，一些冷水机组正在维修中。
 2. 冷冻水供水温度未能达到 8.5°C 的设定值。
 3. 从图 A.4(b)所见，需要更多的冷水机组来满足负荷要求。
 4. 图 A.4(c)表示冷水机上的冷冻水温差非常小 (少于 3°C)，表明冷冻水供水通过压差旁通管道流至回水管中。
 5. 运行人员为冷水机组设定了 85% 的满负荷电流限制，以防止其发生故障。
- 上述情况表明，冷水机组太旧，而且已经严重老化。

建议：

建议如下：

1. 更换冷水机组。下一节将展示一项评估各种替代方案的研究。
2. 将冷水系统转换为可变流量系统。需要将冷冻水泵与通用集管连接，并在所有冷冻水泵上安装变频驱动装置。

客户同意进行重大改造工作，因此根据原始情况 (所有 (4 台) 冷水机组均进行更换) 进行了情景分析 (如表 A.4 所示)。结果表明如果所有冷水机组都被更换，估计投资回本期将为 9 - 10 年。对于方案一和方案二，如果只更换部分冷水机组，投资回本期将分别缩短为 8 年和 6 年。但是，使用方案二 (仅替换两台冷水机组)，与原始情况相比，每年节能量仅减少 10%。建议选择方案三，即只更换两台制冷量较高的冷水机组，可以实现更高的节能效果和更短的投资回收期。总之，情景分析表明，考虑建筑物的实际运行情况以及空调系统的效率来确定改造计划尤其重要。

	Original	Option 1	Option 2	Option 3
Chiller	4 x 400 TR Air-cooled (VSD)	3 x 400 TR Air-cooled (VSD)	2 x 400 TR Air-cooled (VSD)	2 x 450 TR Air-cooled (VSD)
Estimated Payback	9-10 years	8 years	6 years	5.5-6 years
Annual Saving (kWh)	1,365,000	1,365,000	1,210,000	1,490,000

表 A.4 冷水机组更换选项回收计算

节能机会：

提升冷水机组控制系统从而改进运行效率

在建筑物中，冷水机组包括一组 1000kW 风冷螺杆式冷水机和两套 1000kW 的热回收螺杆式冷水机，用于日间模式或高需求运行时间。用于白天模式运行的冷水机组是一个二次环路设计，运行一次环路和二次环路冷冻水泵来输送系统中的冷冻水（四台 9kW 一次环路和三台 34.0kW 二次环路冷冻水泵）。

在夜间运行模式中，两套风冷式螺杆热泵（300kW）在压差旁通管设计上运行三台 9kW 的一次环路冷冻水泵。

冷水机组

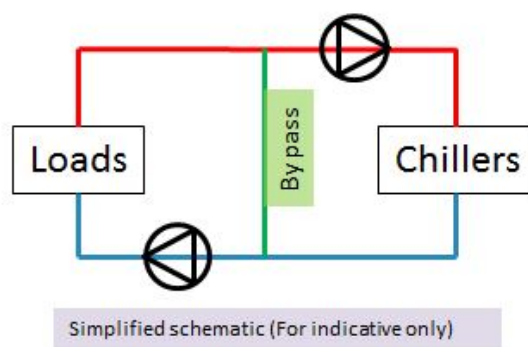
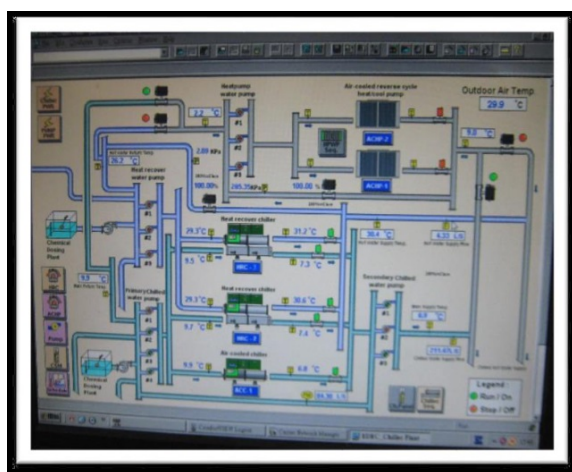


图 A.5 冷水机组简单框图

流量计无法提供准确可靠的读数，现有冷水机组的控制逻辑无法在文件中显示或识别。此外，运行数据没有保存用于分析冷水机组过去性能的记录。

现场测量冷冻水流量与现有冷水机组控制和监控系统的读数之间存在不一致情况。因此，冷水机组未能监控实际需求并根据实际情况提供适当的控制功能。

建议：

修理或更换冷冻水流量传感器以及冷水机组的自动控制系统，以便识别实际的负荷曲线并制定合理的控制程序，满足冷负荷需求并调节冷水机性能。

节能估算：

- 日间模式运行（十二月至四月）冷冻水温度重置（1.5°C）
- 减少二次环路冷冻水泵的额外运行（从六月到十一月的工作日每天节省三小时）
- 调整冷水机夜间运行模式用于设备停机（十二月至四月）
- 防止夜间冷冻水泵额外运行（五月至十一月）

每年节省电量=10,000 kWh (a) + 7,300 kWh (b) + 68,000 kWh (c) + 8,000 kWh (d) = 93,300kWh

备注：

- (a) 日间模式运行的冷冻水温度重置
- (b) 减少二次环路冷冻水泵的额外运行
- (c) 优化夜间模式冷水机的运行，以便设备停机
- (d) 减少夜间模式冷冻水泵额外的运行

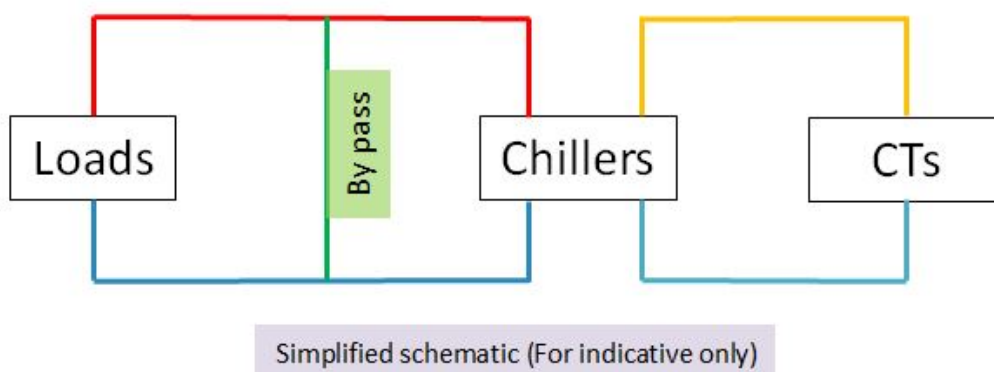
案例六 - 空调系统（散热系统）

节能机会：

优化冷却塔控制以降低冷凝水进入冷水机组的温度

背景信息：

该建筑物由四台离心式冷水机组（两用两备）提供冷冻水，淡水冷却塔和冷凝水泵以一对一的方式连接。冷却塔、冷凝水泵和冷水机组串联连接在公共集管。冷却塔风机配有变频驱动装置控制转速。



图A.6(a)冷水机组系统示意图

设施/设备：

冷却塔和冷凝水泵

现场测量，观察和发现：

冷却塔的趋近温度范围为 6°C 至 12°C，而即使室外湿球温度降至 20°C 以下，冷却塔出水温度也未降至 26°C 以下，如图 A.6(b)和图 A.6(c)所示。

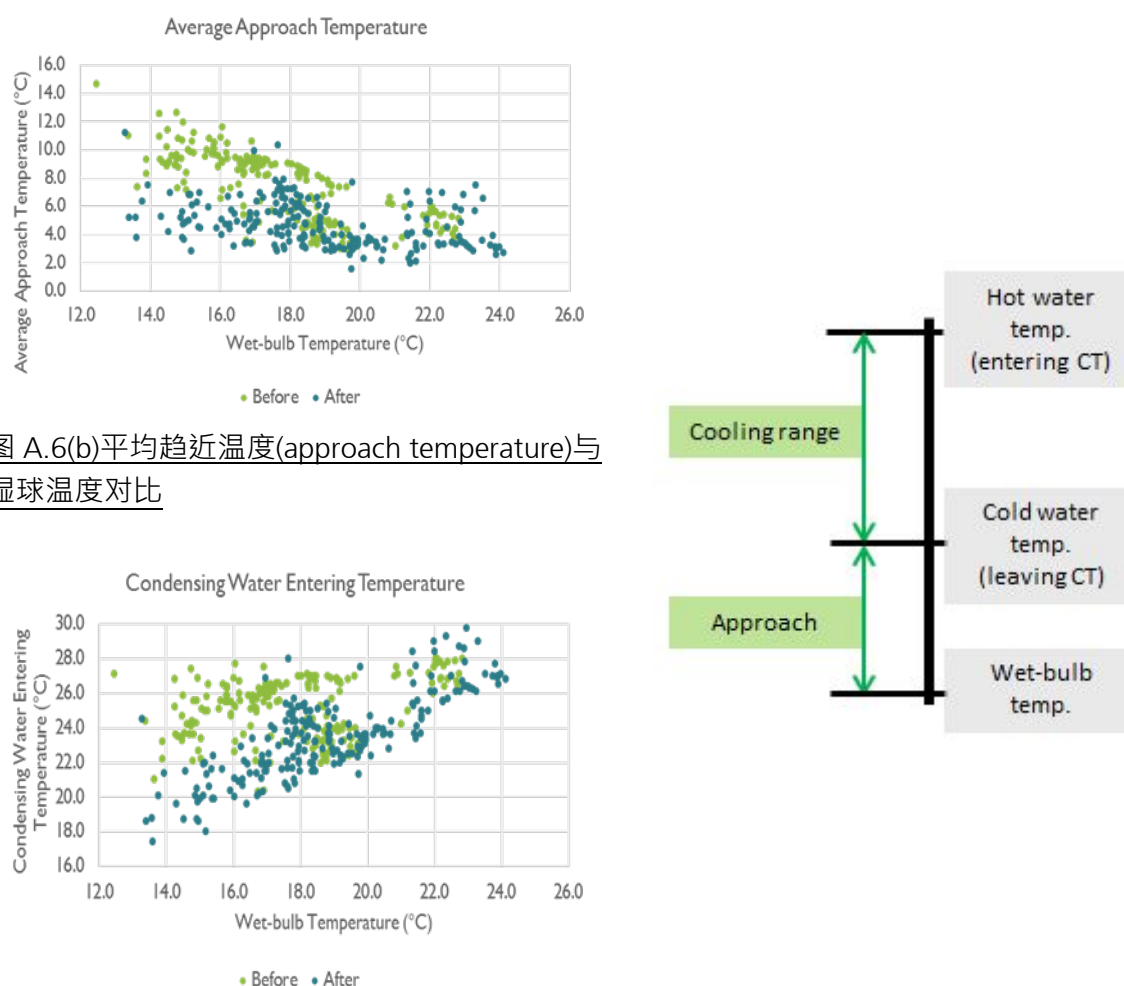


图 A.6(b)平均趋近温度(approach temperature)与湿球温度对比

图 A.6(c)冷凝器进水温度与湿球温度对比

建议：

其目的是在较低湿球温度 (例如 14°C 至 28°C) 期间将趋近温度降低到建议的 2°C 至 8°C 的范围内。冷却塔出水温度等于湿球温度和冷却塔趋近温度的总和，应能从 30°C (28 + 2) 降至 22°C (14 + 8)。

为了达到降低趋近温度的目的，建议通过改变冷却塔的数量 (而不是一对一设定) 和冷却塔风机的转速，控制冷却塔出水温度从 30°C 到 22°C。

根据冷却塔的性能数据计算出趋近温度的建议值。当趋近温度的平均值高于建议值时，将多启动一台冷却塔，当趋近温度仍不能满足建议值时，冷却塔风机转速将从 30 赫兹开始逐渐增加。

节能估算：

实施上述策略后，冷却塔的能耗平均增加了 5kW，如图 A.6(d)所示，冷水机的能耗降低了 10kW，如图 A.6(e)所示。预测每年可以节省约 3.2%冷水机组的用电量。

未来几个月仍有进一步调整的空间，这可能会增加这项策略的节能效果。

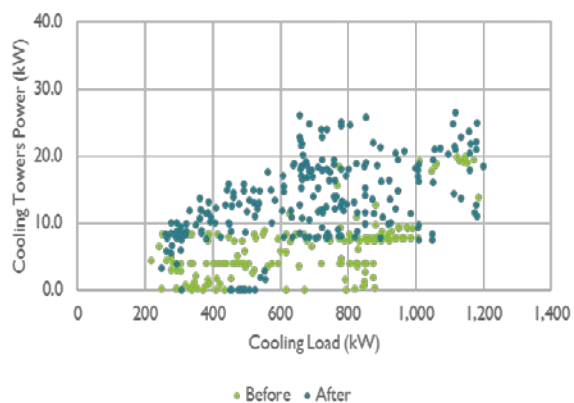


图 A.6(d)冷却塔功率与冷负荷对比

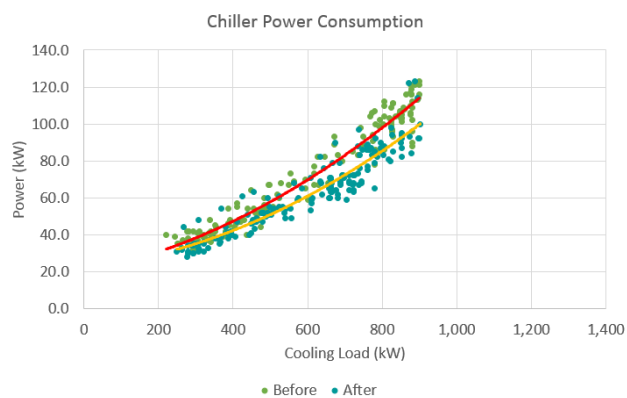


图 A.6(e) 冷水机组功率与冷负荷对比

案例七 - 空调系统 (配风系统)

节能机会

调节室内空气温度控制器

背景信息：

在办公室里，变风量配风系统是为外围区域送风，而定风量配风系统则用于内部区域送风。空气处理装置的送风温度为 15°C，空间温度控制器设置为 25°C。

设施/设备：

室内温度控制器

现场测量，观察和发现：

室内气温的趋势记录

室内空气温度随时间变化。从下图可以看出，室内空气平均温度低于的建议设定值 24 至 25.5°C（绿色部分代表办公时间）。发现由于送风温度过低，用户会阻挡某些区域的空调送风口。

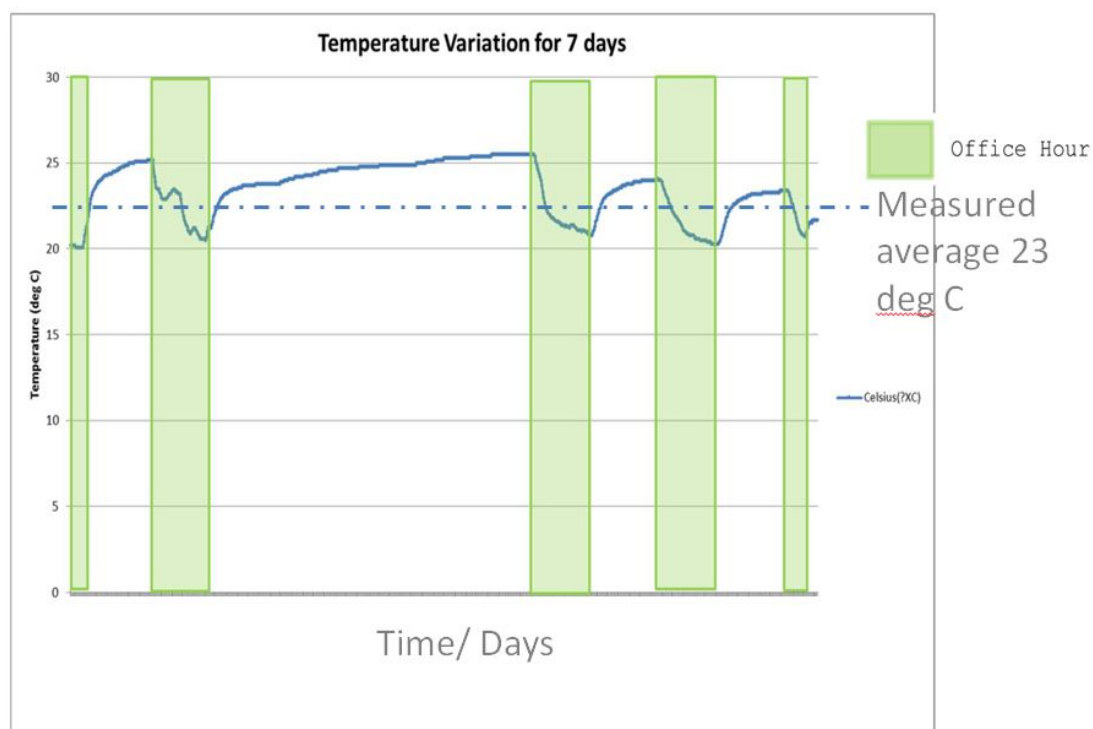


图 A.7(a)典型办公室七天的温度变化图表

建议：

建议通过将温度控制器设置为 24°C来调节室内空气温度，同时保持空调机组的送风温度不变，降低风机转速以降低送风量。可以减少风机的能耗。

节能估算：

现状

空气处理装置送风温度：15°C

测量回风平均温度：23°

$DT_1 \text{ 温差} = 23 - 15 = 8^\circ\text{C}$

提议情况

空气处理装置送风温度：15°C

目标回风温度：24°C

$DT_2 \text{ 温差} = 24 - 15 = 9^\circ\text{C}$

根据 ASHRAE Standard 90.1-2013 表 G3.1.3.15，其部分负荷性能特征应如下。

风机部分负荷率	满负荷功率分数
0.00	0.00
0.10	0.03
0.20	0.07
0.30	0.13
0.40	0.21
0.50	0.3
0.60	0.41
0.70	0.54
0.80	0.68
0.90	0.83
1.00	1.00

风机部分负荷率指 (现在流量(l/s) / 额定流量(l/s))

表 A.7(a)ASHRAE Standard 90.1-2013 风机电机部分负荷性能特点

	再调适之前	再调适之后
测量当前流量(l/s)	4450	3600
风机额定流量(l/s)	4600	4600
风机部分负荷率	0.97	0.78
满负荷功率系数	0.95	0.65

表 A.7(b)空气处理装置送风量在再调适前后比较

测量时间内所有空气处理装置的耗电量 (再调适之前)

= **590 kW** - (1)

通过调节室内空气温度设定值从而降低风机送风量，计算一小时内所有空气处理装置的耗电量：

每小时耗电量：

= 再调适前能耗 (额定能耗) x 再调适后全负荷功率系数

$$= \frac{590}{0.95} \times 0.65 = \mathbf{404 \text{ kW}} - (2)$$

假设空气处理装置从星期一到星期五，早上八点运行到下午六点。

每年可采用类似冷负荷的小时数：662 小时

➤ 计算再调适后所有空气处理装置的全年节省能耗：

$$= ((1) - (2)) \times 662 \text{ 小时}$$

$$= (590 \text{ kWh} - 404 \text{ kWh}) \times 662 = 123,132 \text{ kWh} - (A)$$

➤ 测量再调适前所有空气处理装置的全年能耗：

$$= 1,348,950 \text{ kWh} - (B)$$

全年空气处理装置节省用电量大约 $(A) / (B) \times 100\% = 9\%$ 。

案例八 - 空调系统 (配风系统)

节能机会：

调整新风装置运行时间

背景信息：

空气处理装置在星期一早上七点三十分启动和星期二至五早上八点启动。

设施/设备：

空气处理装置(AHUs)和新风装置(PAUs)



照片 A.8 空气处理装置

现场测量，观察和发现：

通过检查控制逻辑，发现新风装置与空气处理装置互联并以相同的时间表运行。

建议：

早上延迟启动新风装置，以减少在预冷期间处理室外空气所需的冷量。因此可以修改新风装置的控制逻辑，以便新风装置仅在建筑物的正常运行前十五分钟启动。

节能估算：

假设：

- 新风装置的风机潜在节省能耗为25kW；
- 由于减少了新鲜空气冷负荷，冷水机组潜在的节省能耗为120kW；
- 从运行中节省：
 - 星期一延迟启动一小时十五分钟
 - 星期二至五延迟启动四十五分钟
 - 星期一至五提早停机三十分钟

全年节省用电

= (潜在节能) x (一星期节省运作小时) x 星期数量

= 49,000kWh

案例九 - 空调系统 (配风系统)

节能机会：

检查和调整变风量配风系统的压力设置

背景信息：

检查和调整变风量配风系统的压力设置

设施/设备：

空气处理装置 (AHUs) 和变风量箱



照片 A.9 空气处理装置中央控制及监控系统接口

现场测量，观察和发现：

在再调适检查期间发现欠缺一些变风量箱的气流读数，而且这些变风量箱中的空气阻尼器的位置总是完全打开。里面的压力传感器可能堵塞或失效或设置偏离变风量箱的设计压力或流量值。

建议：

建议维修或更换故障传感器并查看变风量箱的设置，以便根据实际需求提供冷量。这可以减少空气处理装置的送风量，将降低风机功率和系统能耗。

节能估算：

假设：

- 估算风机能耗节省：18KW
- 星期一至五每天八小时运作

全年用电量节省

= (潜在节能) x (每天运作小时) x 日数 x 周数

= 36,000 kWh

案例十 – 空调系统 (水系统)

节能机会：

在非办公时间调整冷水供水温度

背景信息：

在建筑物中，有两台风冷式螺杆式冷水机（一用一备，每台具有 300 kW 的制冷量），用于非办公时间运行。这两台冷水机为以下区域提供冷冻水：风机盘管装置用于电气开关房、程控交换机房、办公区和培训室。这些冷水机的冷冻水供水温度设计和运行均为 7°C。

冷水机运行时间表如下：

星期一至五，凌晨到早上七时和晚上九时到凌晨（五十小时）

星期六，凌晨到早上七时和下午五时到凌晨（十四小时）

星期日，全日（二十四小时）

设施/设备：

非办公时间冷水机（300kW）



照片 A.10 风冷式冷水机组

现场测量，观察和发现：

通过检查冷水机组性能的技术数据，可以通过在非办公时间设置更高的冷冻水供水温度来减少冷水机组的能耗。

建议：

建议在非办公时间，建筑运行人员可以提高冷冻水供水温度。提高冷水机组输送的冷冻水供水温度大约为 9°C，其比原先运行设置高 2°C。

节能估算：

- 一单位冷水机组的运行周期；
- 冷冻水供水温度提高 2°C；
- 非办公时间运行冷水机组
 - 星期一至五，凌晨到早上七时和晚上九时到凌晨
 - 星期六，凌晨到早上七时和下午五时到凌晨
 - 星期日，全日
- 冷水机组平均能耗估计节省约 6%

全年用电量节省

$$\begin{aligned} &= (\text{潜在节能}) \times (\text{一星期节省运作小时}) \times \text{星期数量} \\ &= 8000\text{kWh} \end{aligned}$$

案例十一 - 空调系统 (水系统)

节能机会：

在非办公时间调整冷水流量

背景信息：

通过检查冷冻水供回水温的温差，改善冷水系统设备的运行。

设施/设备：

所涉及的设备：冷冻水泵 (额定泵功率 9kW)



照片 A.11 冷冻水泵

现场测量，观察和发现：

从夜间模式下的冷冻水供水和回水温度的测量结果观察到小温差 (2.7°C) 现象。测量冷冻水流量为 20.7 l/s 。

基于冷冻水供回水温差为 5°C 考虑，所需的冷冻水流量计算为 11.5 l/s ，实际流量几乎是所需冷冻水流量的两倍。

建议：

建议在非办公时间或周期内调节降低冷冻水泵流量，改善冷水系统设备的性能。

节能估算：

假设：

- 泵功率从13.5kW减少到8kW
- 运作时间：
 - 星期一至五，凌晨到早上七时和晚上九时到凌晨
 - 星期六，凌晨到早上七时和下午五时到凌晨
 - 星期日，全日

全日用电量节省

= (潜在节能) x (一星期节省运作小时) x 星期数量

= 25,000kWh

节能机会： 审查配电网的电能质量

电气装置包括从电源到与最后子电路连接的电气设备之间的配电网建设。过高的配电损失和电能质量低均降低配电网络的效率，造成不必要的能量损失，以及导线和设备过热，可能要空调系统施加额外的冷负荷。再调适将专注于配电网的电能质量来识别可能的节能机会。

在再调适过程中，再调适人员应识别配电网络中所有可用的计量器并收集历史数据。如果没有计量器，可以安装临时或额外的计量器，以便于评估节能机会后的节能效果。从长远来看，安装永久计量器和电力监控系统来跟踪建筑物的能耗表现是一个很好的做法。

建筑物中的配电网络

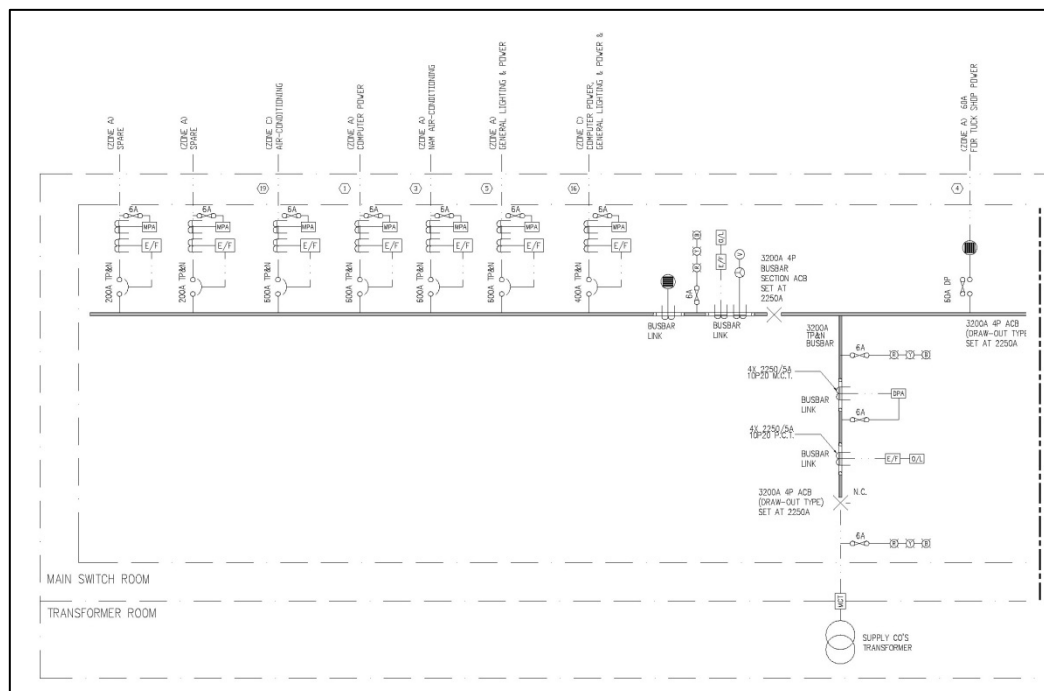


图 A.12(a)配电网络示意图

现场测量·观察和发现：

1. 总功率因数(TPF)

诸如感应电动机的无功负荷引起无功功率，该无功功率增加了电路中的电流，但不会进行生产性工作。功率因数一词，比率范围从0到1，用于描述负荷的生产工作范围。该比率由执行生产性工作的实际功率与执行生产性和非生产性工作的失真功率的比例，接近1的功率因数意味着高效能负荷。

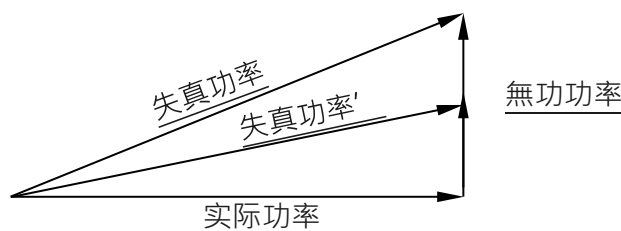


图 A.12(b)用于失真功率，实际功率和无功功率的功率三角形

（注：失真功率'是指功率因数校正后的失真功率）

当 TPF 低于电力供货商的最低要求时，应提供相关的校正装置。超出最低要求，可以使用适当尺寸的校正装置进一步增强总功率因数。通过改善电路的总功率因数所实现的节能将等于失真功率的减少幅度。

2. 总谐波失真(THD)

由安装在建筑物中的非线性负载（例如荧光灯控制装置、频率逆变器、计算机等）产生的谐波电流增加了配电网络中的能量损失。谐波电流还会加热导体和设备，从而增加空调系统的冷却需求，并对配电网络造成其他有害影响。

谐波电流会对配电网络产生重大影响和浪费能量。当总谐波失真率百分比超过规定限值时，应提供谐波校正装置。总谐波失真率百分比越低，浪费的功率或能量越少。

3. 测量与改进总功率因数和总谐波失真率

如果测量的总功率因数和总谐波失真率落入不可接受的范围，应根据测量结果提供适当尺寸的校正装置。



照片 A.12 400A 电路计量装置

此外，在电气设备的调查中，识别无功负荷和非线性负载的大小和位置应该是重要的一环。在降低电能质量的负荷附近，校正功率因数和谐波电流更为有效。因此，再调适人员不应将调查局限于主电路、次主电路和馈线电路。测量总功率因数和总谐波失真率应在可行的范围内尽量伸展至下游和最终电路。当发现导致高功率质量退化的特定负荷或一组负荷（如数字频率逆变器）时，最好提供接近负荷的校正装置。另一方面，考虑到成本效益，总功率因数和总谐波失真率的群组校正也是可以接受的。

提高电气装置的电能质量可减少电路中的能源浪费，并最大限度地减少相关的不必要影响，如加热导体和保护装置跳闸。在能源成本方面，建筑物的能源费用（kWh）和需求费用（kVA）均可随着电能质量的提高而降低。

节能估算：

提高电路的功率因数可减少不需要的无功电流。无功电流本身不会导致能耗。然而，无功电流增加了配电网的铜损耗。提高功率因数所达到的节能主要得益于降低铜损耗。这种节能幅度一般较低。

另一方面，以电费收费和需求收费两项收费（kWh）收费的建筑物，通过降低用电高峰需求值，提高建筑的 TPF 可以直接降低需求收费。这大大降低了建筑物的电费。

降低铜损耗的节能形式 Energy saving form reducing copper loss:

铜损耗 = I^2R &

通过安装和运行适当的功率因数校正装置，建筑物或电路的功率因数（PF）从 0.85 增至 0.95。

通过提高功率因数来降低损耗分数的方法为：

$$[1-(PF/PF')^2] \times 100\% \text{ (note 1)}$$

当：

PF = 没有校正装置的电路的原始功率因数

PF' = 用附加功率因数校正装置运行的电路的功率因数

当 PF 从 0.85 提高到 0.95 时，损耗率降低：

$$[1-(0.85/0.95)^2] \times 100\% = 20\%$$

假设没有校正装置的电路的原始铜损耗约为 2%，减少的铜损耗为 0.4% (= 原始铜损耗 (2%) x 20%)。因此，当在负荷侧使用有适当功率因数校正装置运行校正装置时，可节省 0.4% 的用电量。

由于每年电费为港币 4,000,000 元，能源收费和需求收费分别约为电费的 85% 及 15%。

当使用适当的功率因数校正装置运行校正装置时，由于铜损耗的降低而节省的年电费计算如下：

$$= \$4,000,000 \times 85\% \times 0.4\%$$

$$= \$13,600$$

需求费用节省：

峰值需求的减少可以通过以下方式计算：

$$(1 - TPF / TPF') \times 100\% \text{ (note2)}$$

当：

TPF = 建筑物的原始 TPF

TPF' = TPF 改进后建筑物的 TPF

减少峰值需求 (kVA)

$$= (1 - 0.85/0.95) \times 100\% = 10.5\%$$

由于需求费用占电费的 15%，每年节省电费为

$$= \$4,000,000 \times 15\% \times 10.5\%$$

$$= \$63,000$$

总节省

改进建筑物的总功率因数可直接降低年电费：

$$= \$13,600 + \$63,000$$

$$= \$76,600$$

配电网的计量和监测：

电费单只提供建筑物每月的总用电量。了解每个装置或部件的电能质量和电力消耗对分析建筑物的能耗表现很重要。

计量设施和监控设施将提供电力消耗数据和电能质量数据，用于执行节能机会后的节能评估分析，并协助业主管理建筑物的能耗表现。

案例十三 - 照明系统

节能机会：
调整照明水平

背景信息：

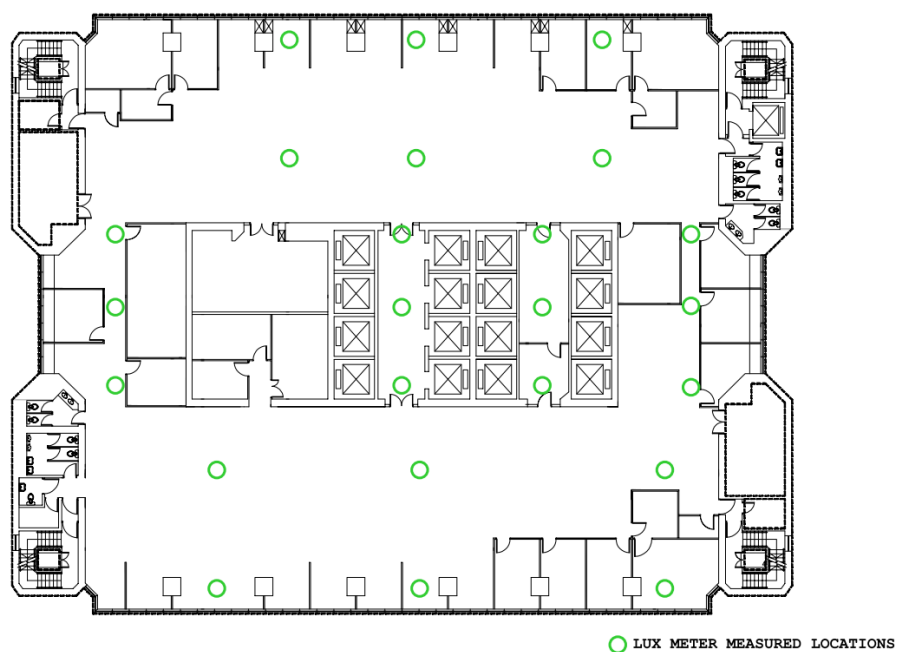
检查和审查不同功能区的照明水平。

设施/设备：

功能区的照明装置

现场测量，观察和发现：

- 使用勒克斯计量器检查该区域的照明水平。
- 根据当前设施要求和国际标准检查测量结果。
- 估计调整照明布局和/或识别减少灯具的可能性。



图A.13典型办公室的平面图

节能估算：

假设办公室里有 30 支 T5 荧光灯具，其中 5 支可以拆下。

N = 现有灯总数

N' = 提议灯总数

P = 每盏灯的功率 (W)

D = 每天运行小时 (小时/日)

A = 全年运行日 (日)

假设 T5 1500 荧光灯具功率 = 35 W

全年节能量(kWh) = (N - N') * P * D * A

全年节能量(kWh) = (275) * 35 * 8 * (240)
= 18,480 kWh

案例十四 - 其他

节能机会：
调整设备运行时间

背景信息：

仅用定时器来控制调整设备的运行时间，特别是那些没有与屋宇控制系统连接的设备。

设施/设备：

空气处理装置，由定时器控制风机和照明装置。

现场测量，观察和发现：

- 使用配有记录仪的功率表或安培表来连续测量一段时间设备的日常运行。
- 建议测量期间应包括工作日及节假日。
- 根据建筑物或功能区的工作时间测量结果，以微调设施或设备的运行时间。

节能估算：

节能量 = 设备额定功率 x 减少运行时间

案例十五 - 其他

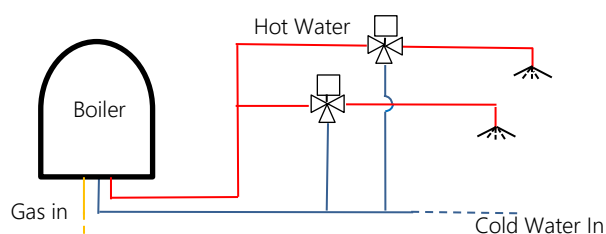
节能机会：
调整燃烧效率

背景信息：

调整燃气或空气比例，以提高燃气锅炉的燃烧效率。

设施/设备：

燃气锅炉为淋浴室和洗手间、温水游泳池、厨房和茶水间等供应热水。



图A.15(a)热水环路示意图



现场测量，观察和发现：

- 测量锅炉排气中烟气中的一氧化碳（CO）含量；
- 如果烟气中一氧化碳含量过高，则锅炉在运行过程中可能发生了不完全燃烧现象；
- 调整燃气与空气的比例，以提高燃烧效率，使排气中含有最大量的二氧化碳和最少量的一氧化碳；
- 理论燃烧比可参考图A.15(b)

节能估算：

$$\text{一氧化碳}\%_{(\text{从燃烧中产生})} = (\text{测量一氧化碳}_{\text{in ppm}} / \text{一氧化碳密度}_{\text{in kg/m}^3}) / 1000 - \text{一氧化碳}\%_{(\text{从燃气})}$$

$$\text{多余燃气}\%_{\text{燃烧中}} = \text{一氧化碳}\%_{(\text{从燃烧中产生})}$$

$$\text{全年燃气节省} = (\text{全年燃气耗量}) \times (\text{多余燃气}\%_{\text{燃烧中}})$$

例子：

锅炉每年的燃气消耗约为 18,195 单位，每年的费用约为 221,311 元。

根据现场测量，测得的CO浓度为78ppm。

$$\begin{aligned}\text{一氧化碳}\%_{\text{(从燃烧中产生)}} &= (78 / 1.4^{*1}) / 1000 - 2.1\%^{*2} \\ &= 5.3\% - 2.1\% \\ &= 3.2\%\end{aligned}$$

$$\text{多余燃气}\%_{\text{燃烧中}} = 3.2\%$$

$$\text{全年燃气节省量} = (\text{全年燃气用量}) \times (\text{多余燃气百分比}_{\text{燃烧中}})$$

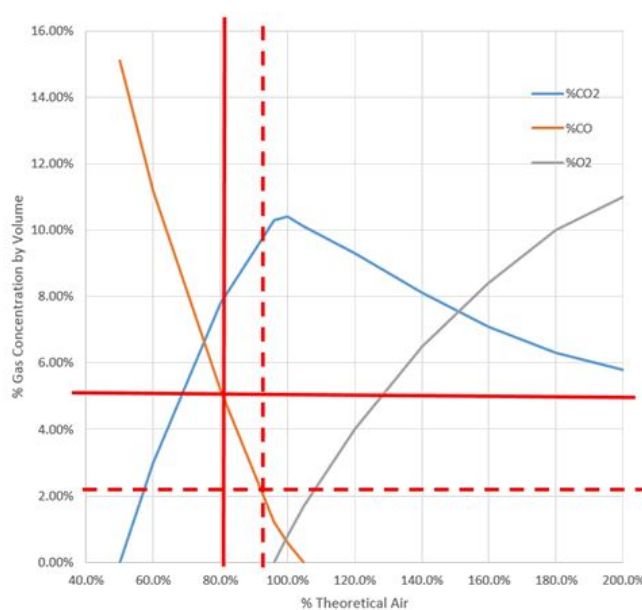
$$\begin{aligned}\text{Annual Fuel gas saving} &= 18,195 \times 3.2\% \\ &= 582 \text{ 单位} \\ &= 27,936 \text{ MJ}^{*3} \\ &\sim \$ 7,000\end{aligned}$$

备注：

*1 一氧化碳密度 $\text{in kg/m}^3 = 1.14 \text{ kg/m}^3$

*2 在该研究中，燃料气体一氧化碳的浓度范围为1%至3.1%。一氧化碳浓度的平均值为2.1%。

*3 每个单位燃料气体代表48MJ的热值。



圈 A.15(b)理论燃烧

案例十六 - 其他（使用计算机模拟）

节能机会：

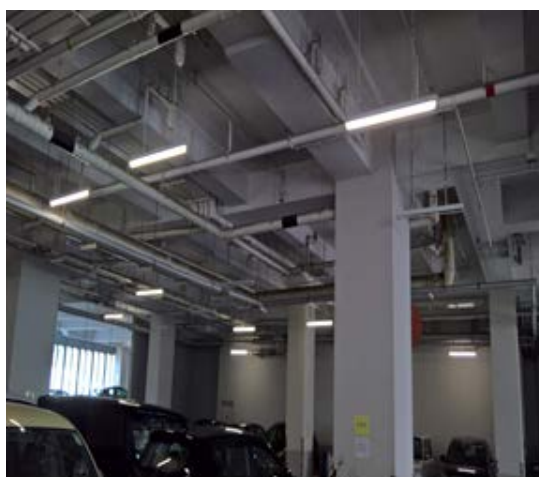
采用日光照明（使用计算机模拟）

背景信息：

人工照明可能是办公楼能耗的主要来源。对于示例建筑物，照明能耗占总电力消耗近百分之三。目前，除主入口大厅外，建筑物内没有安装采光传感器。因此，即使日间通过天然光使空间拥有良好照明时，照明器具仍继续运行。

设施/设备：

停车场的照明设备



照片A.16停车场照明

现场测量，观察和发现：

(1) 收集趋势记录数据

没有安装计量器监控和记录每个楼层的照明能耗。只是根据如下的预设运行时间表控制照明设备。

地点	建筑运行时间表
办公区，食堂，电梯大堂，厕所，停车场	24 小时
景观区	18:15 - 06:15 (星期一至日)
走廊	06:00 - 24:00 (星期一至五)
健身房	08:00 - 24:00 (星期一至日)

表A.16(a)照明设备运行时间表示例

(2) 通过模拟分析收集的趋势记录数据

将运行时间表与照明数量和灯泡类型一起输入到 3D 模拟模型中，以模拟现实生活中的照明运行。每月模拟照明能耗如下所示。

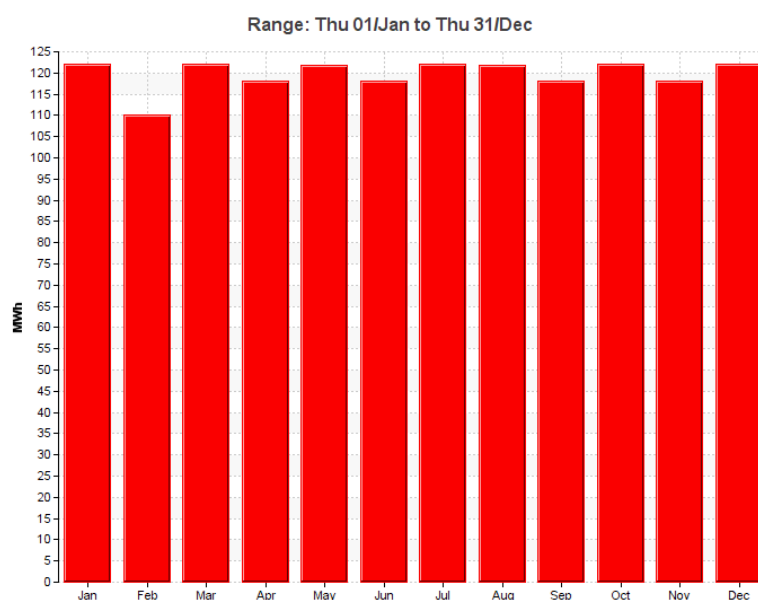


图 A.16(a)模拟照明每月能耗的示例

(3) 识别节能机会

建议在所有周边空间和白天接收直接太阳照射的停车场安装日光传感器。这些日光传感器可感知空间内的照明水平，并在空间内的勒克斯水平超过允许限制时关闭照明设备。以这种方式，可以节省照明能耗以及用于冷却空间的能耗。适用空间建议的允许勒克斯级别如下：

空间类型	典型照明水平 (lux)
办公室	300-500*
停车场	50**
走廊	100***
餐厅	200***
更衣室	200***

* CIBSE (Chartered Institute of Building Services Engineers) Lighting Guide 07: Offices (2005)

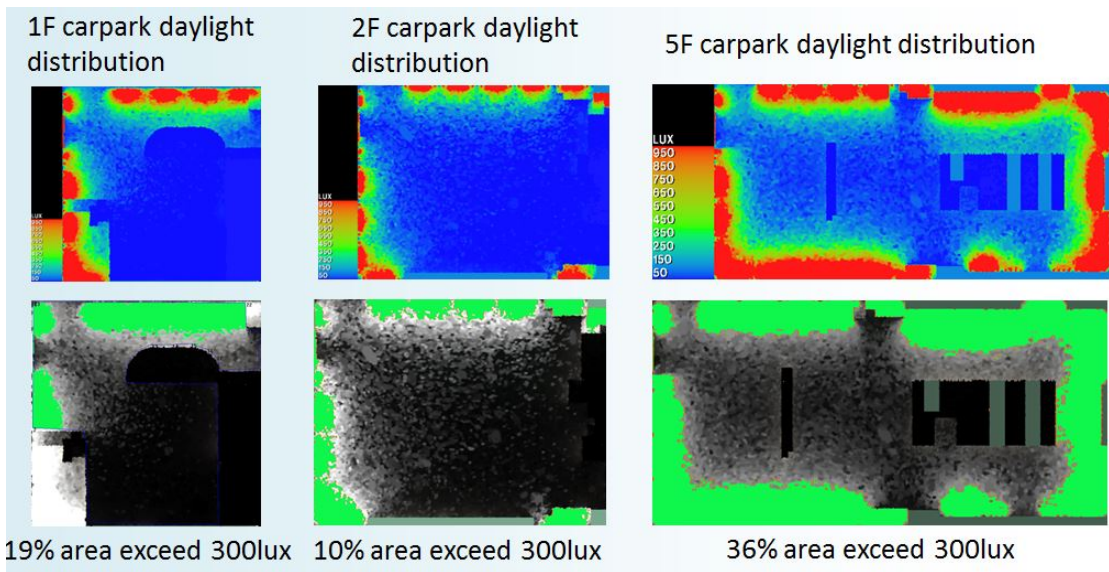
** 香港劳工处职业环境卫生指引 - 照明 (2011).

*** British Standard BSEN 12464-1:2011 Light and lighting – Lighting of work places

表 A.16(b)照明控制的照明水平示例

(4) 原理

日光传感器连接到照明系统开关，当传感器的位置测量到足够的日光水平时，电信号将被发送到照明开关以自动关闭照明设备。



图A.16(b)停车场采光模拟结果

节能估算：
估计的节能量 (kWh) 约为照明能耗的 1%至 3%。

案例十七 - 其他 (使用计算机模拟)

节能机会：

改善冷水机组的性能 (通过计算机模拟)

背景信息：

有两台热回收变频离心式冷水机和两台变频离心式冷水机，每台制冷量为 1900kW。还有一台小型螺杆式冷水机 (800kW) 和一台小型风冷式冷水机 (500kW)，主要用于低负荷状态。

冷水机组的运行控制基于建筑物负荷需求 (范围从 300kW 到 3500kW) 和冷水机组的累积运行时间。根据现场维保人员的数据和描述，一到两个大型冷水机组足以满足全年的建筑负荷需求。小型螺杆式冷水机组用于夜间服务。

每台冷水机组与一套冷冻水泵和冷凝水泵相连。冷凝水环路中有四个冷却塔。根据现场维保人员的数据和描述，最多运行两个冷却塔便足以提供全年的散热需求。

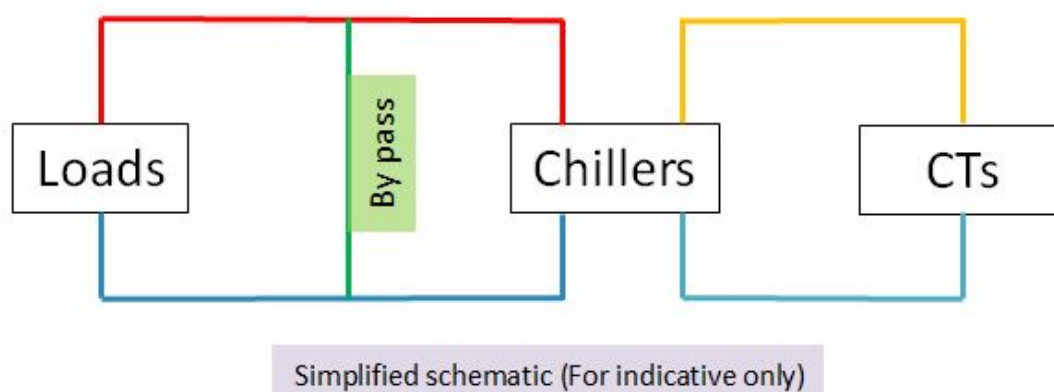


图 A.17(a)冷水机组水系统示意图

设施/设备：

冷水机、冷冻水泵、冷却塔和冷凝水泵



照片A.17冷水机组设备

现场测量，观察和发现：

中央控制及监控系统目前没有趋势记录功能，现场手动提取了五天的数据进行快速调查。已提取的数据包括以下内容：

- 冷冻水流量
- 冷冻水温差
- 冷凝水流量
- 冷凝水温差
- 冷却塔、冷凝水和冷冻水泵能耗
- 冷水机能耗

(1) 分析收集的趋势记录数据

由于实际的数据有限，因此使用 3D 模拟模型尽可能地反映建筑物的运行情况。对于冷水机组调整，进行了以下分析。

- 建筑物冷负荷曲线分析
- 冷水机部分负荷性能曲线分析
- 冷凝水温的变化
- 排序调整
- 多台冷却塔配置

在这示例建筑物中，大多数楼层都是二十四小时运行，冷负荷需求范围从 300kW 到 3500kW 之间。冷负荷曲线如下。

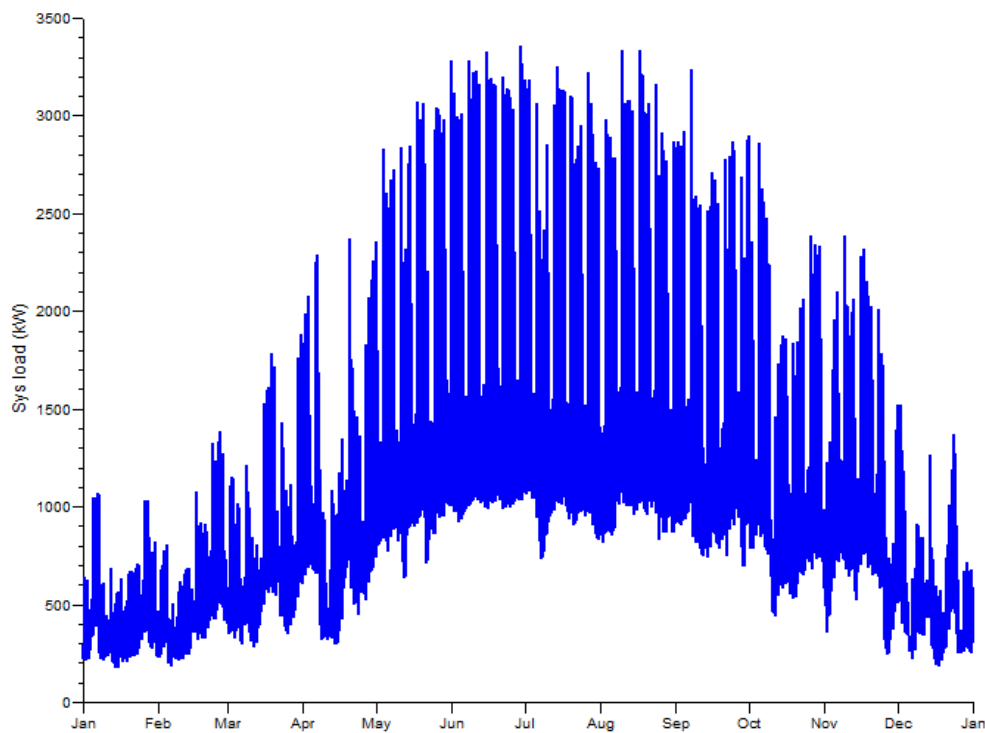


图 A.17(b)建筑冷负荷曲线示例

每月冷负荷需求如下。

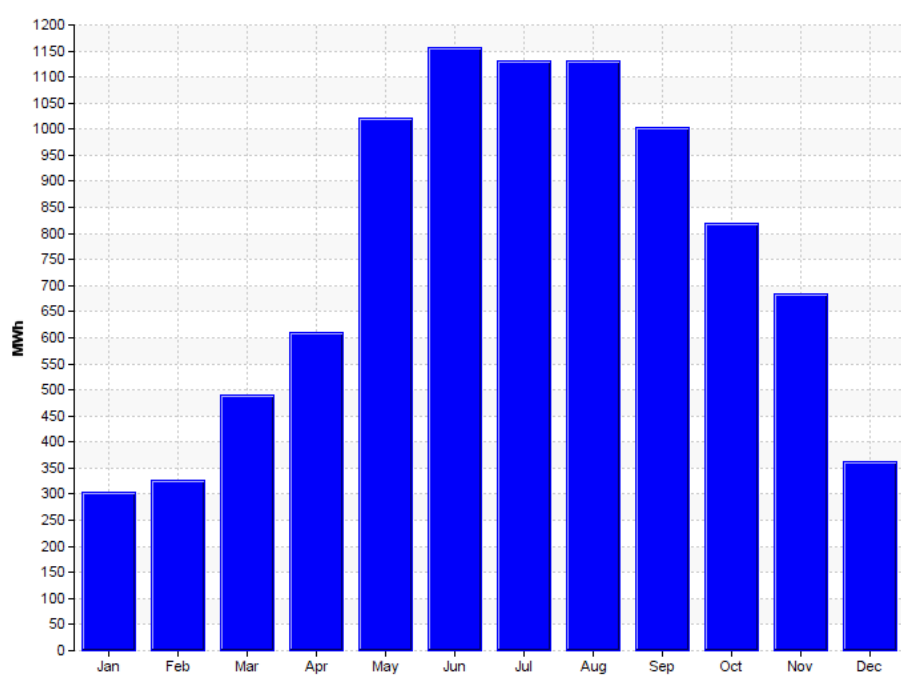


图 A.17(c)建筑物每月冷负荷需求示例

(2) 识别节能机会

冷凝水温度控制

冷凝水供水温度目前不受控制，仅取决于室外天气条件。在室外湿球温度低的冬季和春季期间，通过进一步降低冷凝器水温，将有机会节约能源。

目标是达到二至六度的趋近温度，这将使冷水机组在不超出冷却塔极限的情况下以更高的效率运行。

2015 年室外湿球温度如下所示。

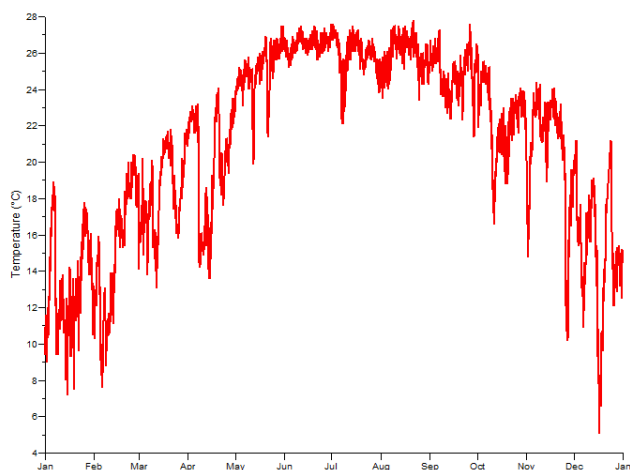


图 A.17(d)室外湿球温度示例

下图比较了趋近温度（蓝线）和目标冷凝水供水温度（红线）。

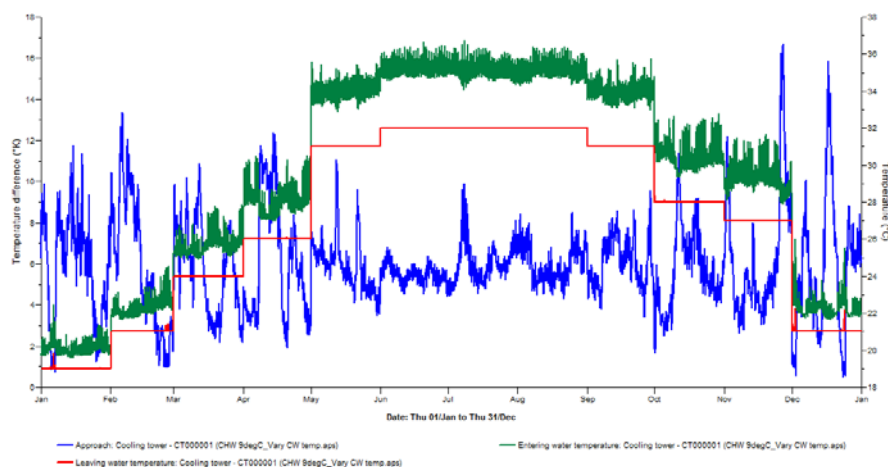


图 A.17(e)冷凝器水温和趋近温度示例

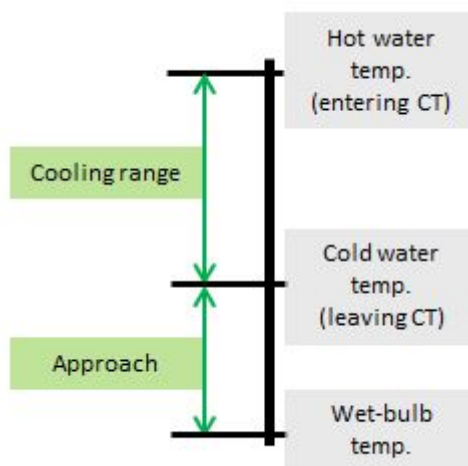


图 A.17(f)趋近温度解释

趋近温度 是冷凝水离开冷却塔的温度和进入空气湿球温度之间的温度差

冷却塔配置

为了使冷却塔中变频驱动装置发挥最大性能，建议即使只需要运行一台冷水机时，也可运行两台冷却塔作散热（N+1 安排）。这样冷却塔风机将低速运行从而提升效率和降低风机功率。

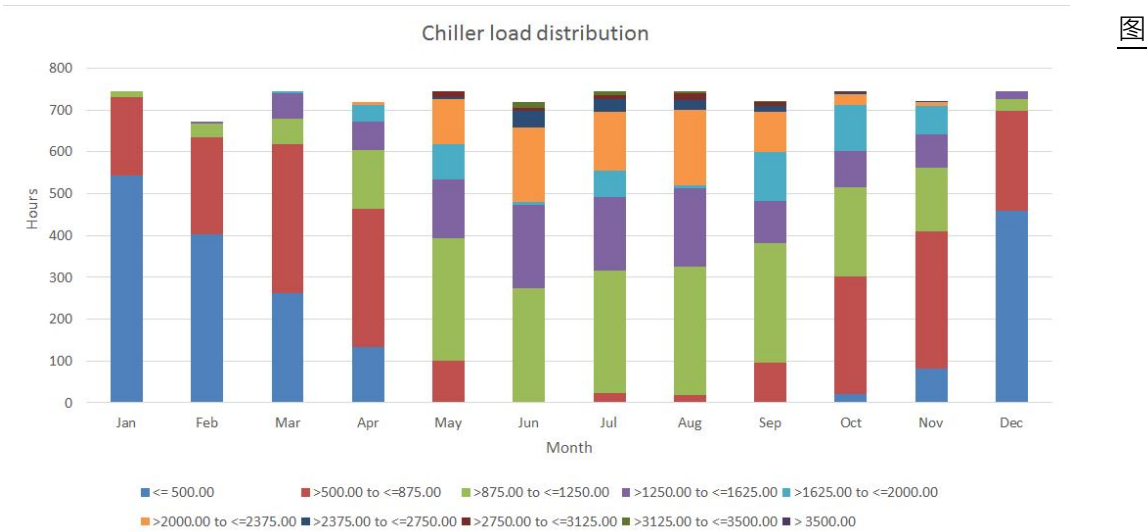
原理

根据室外湿球温度，建议考虑调整冷凝水供水温度，以尽量提高冷水机组的效率。

根据冷却塔中变频风机的特性，建议考虑以较低转速运行冷却塔风机。即使在低负荷情况下也可以通过运行多个冷却塔实现。

冷水机组排序

每个月的冷负荷范围分布估计如下。该图表显示了每月冷负荷范围的频率。



A.17(g)每月冷负荷范围 (%小时)

上图用于分析不同冷水机排序模式的机会。这需与冷水机部分负荷性能图 (图 A.17(h)) 一起进行分析，以便更好地了解如何在最高效率的情况下运行冷水机。

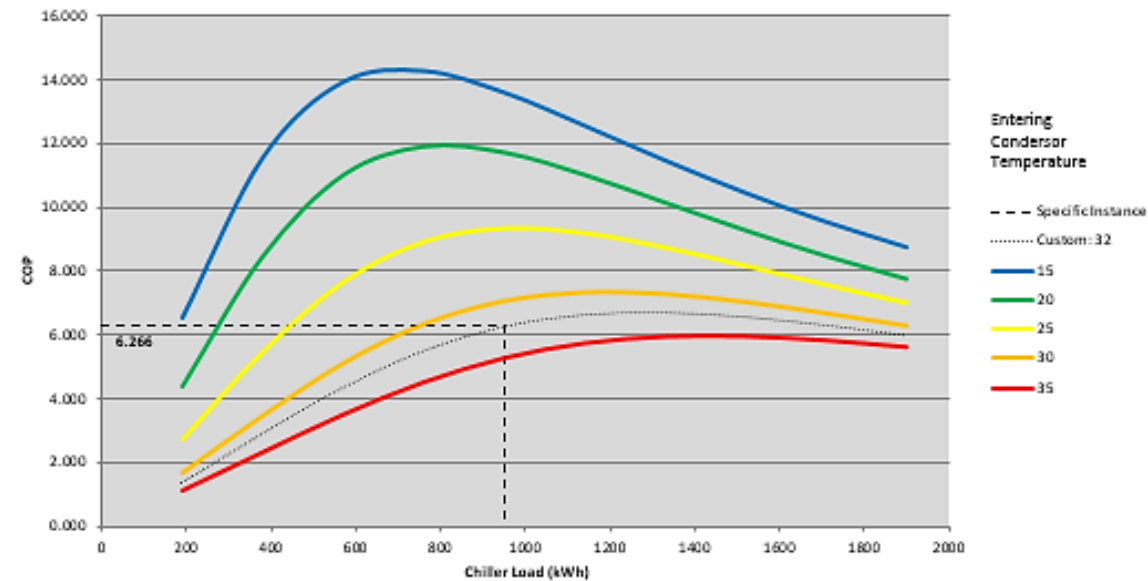


图 A.17(h)通用变频冷水机性能曲线

从上面的冷水机曲线，不同季节的冷水机负荷范围优化如下。

Season period	Condenser water temperature (°C)	Optimal cooling load range (kW)
Spring (March to May)	24 – 29	900 – 1200
Summer (June to August)	31	1200 – 1400
Autumn (September to November)	28 - 30	1100 – 1200
Winter (December to February)	20 - 22	750 – 900

表 A.17(a)冷负荷范围

建议在低负荷情况下 (上至 1700kW) 运行一台大型变频冷水机，在中等负荷情况下 (1700kW 至 3000kW) 运行两台大型变频冷水机，在高负荷情况下 (3000kW 及以上) 运行三台大型变频冷水机。

为了在低负荷情况下利用变频冷水机的高效率特性。建议使用两台变频离心式冷水机和两台热回收变频离心式冷水机，即使在低负荷情况下也能运行。小型螺杆式冷水机和小型风冷式冷水机应仅作为备用冷水机。

Operation Mode	Building load	No. of chiller required	Chiller to operate	No of cooling tower to operate
A	< 500kW	1	WCC1	2
B	500kW < and < 1700kW	1	HRC1/HRC2/WCC2/WCC3	2
C	1700kW < and < 3000kW	2	HRC1/HRC2/WCC2/WCC3 and HRC1/HRC2/WCC2/WCC3	3
D	> 3000kW	3	HRC1/HRC2/WCC2/WCC3 and HRC1/HRC2/WCC2/WCC3 and HRC1/HRC2/WCC2/WCC3	4

表 A.17(b)冷水机组运作时间

再调适技术指引

附录A – 识别节能机会的技术方法案例

	Loading range	Suggested operation mode	Loading range	Suggested operation mode	Loading range	Suggested operation mode	Remarks
January	< 500kW	A	500kW < and < 1700kW	B	> 1700kW	B	Note 1
February	< 500kW	A	500kW < and < 1700kW	B	> 1700kW	B	Note 1
March	< 500kW	A	500kW < and < 1700kW	B	> 1700kW	B	Note 1
April	< 500kW	A	500kW < and < 1700kW	B	> 1700kW	B	Note 1
May	500kW < and < 1700kW	B	1700kW < and < 3000kW	C	> 3000kW	C	-
June	500kW < and < 1700kW	B	1700kW < and < 3000kW	C	> 3000kW	C	-
July	500kW < and < 1700kW	B	1700kW < and < 3000kW	C	> 3000kW	D	-
August	500kW < and < 1700kW	B	1700kW < and < 3000kW	C	> 3000kW	D	-
September	500kW < and < 1700kW	B	1700kW < and < 3000kW	C	> 3000kW	D	-
October	< 500kW	A	500kW < and < 1700kW	B	> 1700kW	B	Note 1
November	< 500kW	A	500kW < and < 1700kW	B	> 1700kW	B	Note 1
December	< 500kW	A	500kW < and < 1700kW	B	> 1700kW	B	Note 1

Notes

1. If loading more than 1 chiller capacity, extra chiller to be kick in

表 A.17(c) 冷水机组每月运作模式

例如，5 月份，估计建筑负荷在白天约为 2000-2800kW，在夜间约为 600-1000kW。因此，建议在整个实施阶段白天运行两台变频冷水机，在夜间运行一台变频冷水机。

节能估算：

冷水机组系统的总节能量 (kWh) 估计约为 5%至 10%。

重新校验技术指引

辅助数据 - 阶段一至四表格

辅助数据

阶段一至四表格

阶段一至四表格

表格 1.1 - 建筑物设计与运行数据清单

(A)	一般建筑属性		
	建筑类型		
	建筑平面图	☐ 有	☐ 没有
	使用时间表	☐ 有	☐ 没有
	总建筑面积 (m ²)		
	认证日期 (DD/MM/YY)		
	近期重大改造 (DD/MM/YY)		
	信息收集联系人		
(B)	建筑机电系统信息		
	机电图纸 (系统原理图和设备布局图)		
	空调系统	☐ 有	☐ 没有
	电气系统	☐ 有	☐ 没有
	照明系统	☐ 有	☐ 没有
	排水系统	☐ 有	☐ 没有
	电梯与自动扶梯	☐ 有	☐ 没有
	AA&I 工作 (示意图和设备布局图)		
	机电图纸 (系统原理图和设备布局图)	☐ 有	☐ 没有
	空调系统	☐ 有	☐ 没有
	电气系统	☐ 有	☐ 没有
	照明系统	☐ 有	☐ 没有
	排水系统	☐ 有	☐ 没有
	电梯与自动扶梯		

备注：请修改表格以适应个别情况

重新校验技术指引

辅助数据 - 阶段一至四表格

空调系统			
风冷冷水机组	设备信息：	☐ 有	☐ 没有
	目录：	☐ 有	☐ 没有
水冷冷水机组	设备信息：	☐ 有	☐ 没有
	目录：	☐ 有	☐ 没有
冷冻水泵	设备信息：	☐ 有	☐ 没有
	目录：	☐ 有	☐ 没有
冷却塔	设备信息：	☐ 有	☐ 没有
	目录：	☐ 有	☐ 没有
冷凝水泵	设备信息：	☐ 有	☐ 没有
	目录：	☐ 有	☐ 没有
海水水泵	设备信息：	☐ 有	☐ 没有
	目录：	☐ 有	☐ 没有
VRV系统	设备信息：	☐ 有	☐ 没有
	目录：	☐ 有	☐ 没有
分体式空调系统	设备信息：	☐ 有	☐ 没有
	目录：	☐ 有	☐ 没有
新风机或空气处理机组	设备信息：	☐ 有	☐ 没有
	目录：	☐ 有	☐ 没有
其它空调设备	设备信息：	☐ 有	☐ 没有
	目录：	☐ 有	☐ 没有
照明系统			
照明设备资料		☐ 有	☐ 没有
照明设备运行时间表		☐ 有	☐ 没有
照明控制装置	设备信息：	☐ 有	☐ 没有
	目录：	☐ 有	☐ 没有
电梯与自动扶梯系统			
客梯	设备信息：	☐ 有	☐ 没有
	目录：	☐ 有	☐ 没有
货梯	设备信息：	☐ 有	☐ 没有
	目录：	☐ 有	☐ 没有
自动扶梯	设备信息：	☐ 有	☐ 没有
	目录：	☐ 有	☐ 没有
排水系统			
水泵	设备信息：	☐ 有	☐ 没有
	目录：	☐ 有	☐ 没有
电气系统			
计量	设备信息：	☐ 有	☐ 没有
	目录：	☐ 有	☐ 没有
安装了总谐波和功率因数校正装置		☐ 有	☐ 没有
安装变频器		☐ 有	☐ 没有

备注：请修改表格以适应个别情况

备注：请修改表格以适应个别情况

一般			
设备操作时间表		☐ 有	☐ 没有
冷水机组/水泵/新风机/空气处理机组等趋势记录数据		☐ 有	☐ 没有
条件记录		☐ 有	☐ 没有
	如果没有，请具体说明：		
过去36个月的日常维护记录		☐ 有	☐ 没有
	如果没有，请具体说明：		
运行和维护手册		☐ 有	☐ 没有
过去36个月的电费账单		☐ 有	☐ 没有
	如果没有，请具体说明		
过去36个月的天然气账单		☐ 有	☐ 没有
	如果没有，请具体说明		
中央控制及监控系统过去36个月的数据		☐ 有	☐ 没有
	如果没有，请具体说明		
近期能源审计报告		☐ 有	☐ 没有
室内空气质量认证		☐ 有	☐ 没有
	如果没有，请具体说明		

表格 1.2 - 现有设施要求表格

楼层	楼层描述	空调设备				机械通风设备				照明水平	使用地区运作时间表	
		温度（℃）		湿度（%）		新风进气量（l/s）		排气量（l/s）				
		现有用户要求		现有用户要求		现有用户要求		现有用户要求		现有用户要求	现有用户要求	
		季节：		季节：		季节：		季节：			季节：	
											平日：	
											星期六：	
											星期日：	
		季节：		季节：		季节：		季节：			季节：	
											平日：	
											星期六：	
											星期日：	
		季节：		季节：		季节：		季节：			季节：	
											平日：	
											星期六：	
											星期日：	
		季节：		季节：		季节：		季节：			季节：	
											平日：	
											星期六：	
											星期日：	
		季节：		季节：		季节：		季节：			季节：	
											平日：	
											星期六：	
											星期日：	
		季节：		季节：		季节：		季节：			季节：	
											平日：	
											星期六：	
											星期日：	

备注：请修改表格以适应个别情况

辅助数据 - 阶段一至四表格

水冷式 / 风冷式冷水机组 / 热泵：

[illegible]

备注：请修改表格以适应个别情况。

现场设备拍照记录	
任何视觉检测的缺陷（如无法到达设定值、超出控制范围、感应器错误、欠缺监控仪器、控制设置磨损、设备停止不当等）：	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

备注：请修改表格以适应个别情况。

辅助数据 - 阶段一至四表格

[illegible]

现场设备拍照记录	
任何视觉检测的缺陷:	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

TG-RCx 2018

辅助数据 - 阶段一至四表格

[illegible]

现场设备拍照记录	
----------	--

1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

TG-RCx 2018

冷凝水泵

现场检视清单

☐ 散热系统

冷凝水泵

设备代号	安装年份	位置	额定流量	额定功率	品牌	型号	驱动器类型
			(l/s)	(kW)			(CSD / VSD)

备注：请修改表格以适应个别情况。

现场设备拍照记录

任何视觉检测的缺陷:

1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

备注：请修改表格以适应个别情况。

辅助数据 - 阶段一至四表格

[illegible]

备注：请修改表格以适应个别情况。

现场设备拍照记录	
任何视觉检测的缺陷:	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

备注：请修改表格以适应个别情况。

辅助数据 - 阶段一至四表格

[illegible]

备注：请修改表格以适应个别情况。

[illegible]

备注：请修改表格以适应个别情况。

新风装置 / 空气处理装置

现场检视清单

☐ 新风机/空气处理机组

新风机/空气处理机组

设备代号	安装年份	位置	额定流量	额定功率	品牌	型号	驱动器类型
			(l/s)	(kW)			(CSD / VSD)

备注：请修改表格以适应个别情况。

现场设备拍照记录

任何视觉检测的缺陷:

1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

备注：请修改表格以适应个别情况。

辅助数据 - 阶段一至四表格

[illegible]

备注：请修改表格以适应个别情况。

现场设备拍照记录	
任何视觉检测的缺陷:	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

备注：请修改表格以适应个别情况。

辅助数据 - 阶段一至四表格

[illegible]

现场设备拍照记录	
任何视觉检测的缺陷:	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

表格 1.3 / 第 9 页

电梯机房 / 自动扶梯机房

现场检视清单									
☐ 电梯机房/自动扶梯机房									
电梯机房/自动扶梯机房									
设备代号	安装年份	位置	乘载重量	额定功率	品牌	型号	驱动器类型 (e.g. VVVF / DC)	待机功能	减速装置
			(kg)	(kW)				(Y / N)	(Y / N)

备注请修改表格以适应个别情况。

现场设备拍照记录	
任何视觉检测的缺陷:	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	

备注：请修改表格以适应个别情况。

[项目名称]

再调适计划

[建筑物名称]

[日期]

文件编号.:
[XXXXXXXXXXXX]

目录

1.	引言
1.1	执行摘要
1.2	建筑物的一般描述
1.3	再调适目标
1.4	规划阶段的工作范围
1.5	再调适人员成员
1.6	再调适主程序
2.	四种能耗系统概述
2.1	整年能耗
2.2	空调系统
2.3	电力系统
2.4	照明系统
2.5	电梯和自动扶梯系统
3.	当前的设施要求
4.	初步分析
4.1	现有冷水机组效率
4.2	冷水机组冷负荷概述
4.2.1	白天高峰冷负荷
4.2.2	总负荷因子与总装机容量对比
4.2.3	冷水机组平均负荷系数
4.3	冷负荷的出现时间
5.	初步分析 (能耗模拟) [可选项]
5.1	模拟计划
5.2	输入参数
5.3	模拟结果
6.	数据验证和现场测试测量计划
6.1	数据验证
6.2	数据收集
6.3	现场测试测量计划

引言

1.1 执行摘要

本段应包括但不限于：

- 总结本阶段的初步调查结果
- 提出潜在的节能领域
- 提出下一阶段的时间框架和资源

1.2 建筑物的一般描述

本段应包括但不限于：

- 建筑物位置
- 竣工年份
- 楼层数量
- 不同散热方法下的冷水机组总冷却容量
- 冷水机组简介



图 1.1a: [建筑物位置]

1.3 再调适目标

本段应包括但不限于：

- 再调适简介
- 想要达到的目的

1.4 规划阶段的工作范围

本段应包括但不限于：

- 项目开工日期
- 规划阶段的工作范围

1.5 再调适人员

参与再调适成员如下

成员	姓名	联络电话	公司
业主			
建筑管理人员			
运行和维护人员			
承包商			
再调适服务提供商			

表 1.4a:再调适成员列表

1.6 再调适主程序

一份再调适主程序应在此附上。

2. 四种能耗系统概述

2.1 整年能源消耗

本段应包括但不限于：

- 描述当前年度能耗表现（按电费账单）
- 描述当前年度能耗表现（按照模拟）[可选项]
- 描述总能耗细分

	空调系统安装	照明和小设备安装	电梯安装	水管和排水安装	其他	总和
能耗(MJ)						
百分比						

表 2.1a: 过去 12 个月能耗总量细分

	空调系统安装	照明和小设备安装	电梯安装	水管和排水安装	其他	总和
能耗(MJ)						
百分比						

表 2.1b: 过去 12 个月能耗总量细分（按照模拟）[可选项]

总能耗细分

2.2 空调系统

冷水机组

本段应包括但不限于：

- 详细说明冷水机组（即水冷 / 风冷式冷水机组 / 热泵等、各类冷水机组的制冷能力、机组运行时间、服务区、冷水机组控制系统）
- 建筑物的现有管道示意图
- 现有冷水机组的概述（例如，不同运行模式 / 季节条件下的控制设定 / 设定点）（参见表 2.2a）
- 现有冷冻水泵概述（参见表 2.2b）
- 现有冷水机组的运行时间表（参见表 2.2c）
- 详细描述不同的运行模式
- 不同运行模式下的冷却能力
- 在不同运行模式下的服务区域

设备 代号	位置	安装容量 (Ton)	冷冻水温度 (°C)		流量 (L/s)	蒸发器	冷凝器	额定功 率(kW)	品牌	型号	驱动器类型 (e.g.CSD/VSD)
			供水	回水		压力 (kPa)	压力 (kPa)				

表 2.2a: 现有冷水机组摘要

设备代号	位置	流量(L/s)	额定功率 (kW)	品牌	型号	驱动器类型 (e.g.CSD/VSD)

表 2.2b: 现有冷冻水泵摘要

表 2.2c: 现有冷水机组的运行时间表



现有冷水机组原理示意图

图 2.2a: 现有冷水机组原理示意图

2.3 电力系统

电力安装

本段应包括但不限于：

- 对现有电力系统的描述，包括电力原理图的描述
- 识别变压器/发电机服务的主要物品
- 使用的电容器组的描述
- 识别电容器组的位置
- 使用的谐波滤波器的描述
- 识别谐波滤波器位置



图 2.3a: 电力线路图

2.4 照明系统

2.4.1 照明安装

本段应包括但不限于：

- 现有照明系统的描述，包括典型的灯
- 现有照明控制系统的说明
- 确定采用的任何节能机会，如活动和日光传感器



图 2.4a: 照明布局

图 2.4b: 照明时间表

2.5 电梯和自动扶梯系统

电梯和自动扶梯安装

本段应包括但不限于：

- 说明现有的电梯和自动扶梯系统，包括电梯和自动扶梯的数量、驱动器类型和服务楼层
- 确定所采取的任何节能机会

升降机

设备型号	品牌	乘载容量 (Kg)	速度 (m/s)	服务 楼层	功率 (kW)	运行时间	驱动器类型 (如 VSD/ VVVF)	待机功能 (有/否)	减速装置 (有/否)

自动扶梯

设备型号	品牌	乘载容量 (Kg)	速度(m/s)	服务 楼层	功率 (kW)	运行时间	驱动器类型 (e.g. VSD/ VVVF)	待机功能 (有/否)	减速装置 (有/否)

3. 当前的设施要求

本段应包括但不限于：

- 描述当前用户对空调供应和机械通风（温度、湿度、排风量）需求的信息
- 描述当前用户对照明(Lux 水平)需求的信息
- 描述地区用户使用时间

详情请参阅表格 1.2 - 现行设施要求表格。

4. 初步的分析及发现

4.1 现有冷水机组效率分析

本段应包括但不限于：

- 描述建筑物的冷负荷概况
- 描述能耗情况
- 描述现有冷水机组的性能及其 COP 值



图 4.1a: 建筑物的冷负荷



图 4.1b: 现有冷水机组的效率

4.2 冷水机组冷负荷概述

4.2.1 白天高峰冷负荷

本段应包括但不限于：

- 冷水机组的冷负荷分布
- 全年最高冷负荷
- 夏季和冬季冷负荷概述



图 4.2.1a: 高峰冷负荷概述

4.2.2 总负荷因子与总安装容量对比

本段应包括但不限于：

- 冷水机组全年的负荷系数
- 每台冷水机组的冷水机组的负荷系数
- 分析冷水机组和相应的附件（例如泵、热交换装置等）的运行排序



图 4.1.2a: 峰值负荷系数与总装机容量的比较

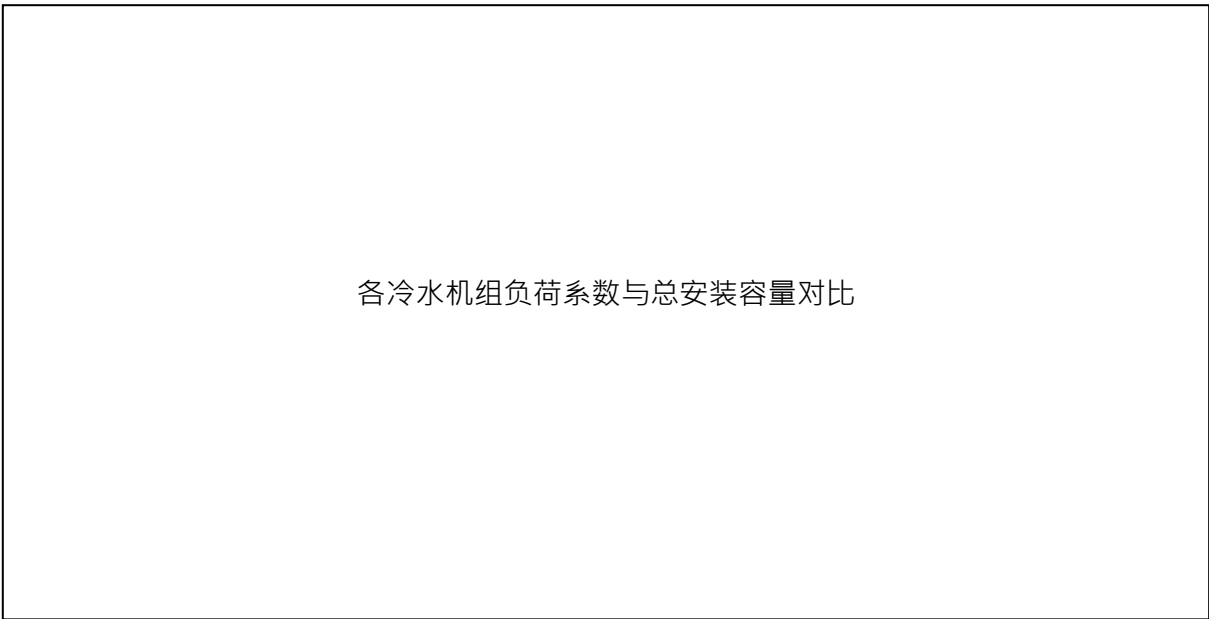


图 4.1.2b: 各冷水机组负荷系数与总安装容量对比

机组位置	冷负荷峰值(kW)	总安装冷却容量(kW)	负荷系数
细分	冷却容量 (kW)	安装容量的负荷系数	
冷水机 A			
冷水机 B			
冷水机 C			
冷水机 D			

图 4.1.2c: 冷水机的峰值负荷系数

4.2.3 冷水机组平均负荷系数

本段应包括但不限于：

- 全年各冷水机组负荷系数的描述和分析



图 4.2.3a: 每个冷水机组在其容量范围内的平均负荷系数

机组位置	冷水机组	平均负荷系数 (夏季: 六月至九月)

量 4.2.3b: 各冷水机组在夏季的平均负荷系数

4.3 冷负荷的出现时间

4.3.1 本段应包括但不限于：

- 冷负荷出现时间的描述和分析



图 4.3.1a: 白天冷负荷出现时间的百分比

5. 初步分析 (能耗模拟) [可选项]

5.1 模拟计划

本段应包括但不限于：

- 整个模拟计划六个步骤的描述：
 - 步骤一：收集数据
 - 步骤二：能耗模型的校准（第一阶段分析）
 - 步骤三：与能源账单校准 Calibration on the utilities bills
 - 步骤四：模拟最近建筑物表现（第二阶段分析）
 - 步骤五：表现差距测量
 - 步骤六：持续调适

5.2 输入参数

- 输入参数示例

	模型输入组件
围护结构	
1	外墙 U 值(W/m ² .K)
2	屋顶 U 值(W/m ² .K)
3	窗户 U 值(W/m ² .K)
4	窗户遮阳系数
5	窗户与墙的比率整体(%)
室内负荷	
6	占用密度 (人占平方米)
7	照明功率 (W/m ²)
8	办公室插座设备 (W/m ²)
室调系统	
8	冷水机组系统
9	冷冻水分配系统
10	室内设计温度 (°C)
11	冷水机容量 (kW)
12	冷水机 COP
13	泵和风机流量和功率
14	分体式空调装置 COP

5.3 模拟结果

本段应包括但不限于：

- 说明模拟结果，包括能源审计报告与模拟之间的环境温度比较（如果没有能源审计报告，应使用记录的数据计算能耗）
- 说明能源审计报告与模拟之间的年度能耗比较（如果没有能源审计报告，应使用记录的数据计算能源消耗）

(kWh)	空调系统装置	照明及小设备装置	电梯装置	水管及排水装置	其他	总和
模拟						
能源审计报告						
偏差						

图 5.3c: 模拟结果与能源审计报告整年能耗比较



图 5.3d: 总能耗细分

6. 数据验证和现场测量计划

6.1 数据验证

数据验证的目的是验证传感器的准确性，并检查测量资料是否与读数有很大的偏差。如果发生这种情况，则需要在日志表数据及其分析上进行校正。

本段应包括但不限于：

- 澄清核实数据的必要性
- 在现场测量计划中列出必要的验证数据，这些数据应附在本节中

6.2 数据收集

数据收集旨在收集和存储中央控制及监控系统或运行和维护人员要收集的数据项，以了解设备或系统的表现。这些数据需要进一步分析，以确定系统是否有任何异常或改进的地方。

本段应包括但不限于：

- 澄清收集数据的必要性
- 列出应在现场测量计划中收集的必要数据并附加于本节中

6.3 现场测量计划

网站测量计划旨在收集需要验证和收集的项目列表。一些项目可以从初步分析和收集的资料中建立。

在不同的运行模式下，现场测量计划应考虑以下几方面：

- 水冷式冷水机和冷冻水环路
- 散热环路
- 配风系统环路
- 电力系统
- 照明系统
- 电梯与自动扶梯系统

下一页提供了一个现场测量计划样本

现场测试测量计划

修定：

修定日期：

项目	测量清单	目的	方法	使用的设备	量测周期	位置	日期	备注
A. 水冷式冷水机和冷冻水环路(低层)								
B. 冷凝水系统								
C. 高层冷冻水环路								
D. 夜间模式(风冷式冷冻水环路)								
E. 配风系统								
F. 照明系统								
G. 电力系统								
H. 电梯与自动扶梯系统								

表格 2.1 - 使用便携式数据记录器进行数据收集的仪器

(A)	暖通空调测量仪器	测量参数/备注	测量范围	准确度	分辨率	运行和维护人员	承包商	再调适服务提供商
	电压表	电压	0 ~ 600V	读数 $\pm 2\%$	1V	✓	✓	✓
	电流表	电流	0 ~ 400 A	读数 $\pm 2\%$	0.1 A	✓	✓	✓
	电能表	有功功率(kW)	根据要测量的设备， 用户应决定合适的仪器尺寸	读数 $\pm 1.5\%$	0.1kW		✓	✓
	功率因数表	功率因数 / 视在功率(kVA) 计算	0 ~ 1	± 0.06	0.01			✓
	电能质量分析仪	谐波含量 / 其他电力参数	1000V	读数 $\pm 1.5\%$	0.1V			✓
			2500A	读数 $\pm 3\%$	0.1A			
			60 · 000 Ω	读数 $\pm 1\%$	0.1 Ω			
			500Hz	读数 $\pm 0.5\%$	01Hz			
	静压测量表	气流压力和速度	0 ~ 2kPa	读数 $\pm 0.5\%$	5Pa		✓	✓
	数字式风速计	气流速度	0.25 ~ 12.5 m/s	读数 $\pm 5\%$	0.1 m/s		✓	✓
	叶片式风速计	通过盘管、进气口或排出的 气流速度。如非不稳定，通 常流速为 0.25m/s 至 15m/s	0.25 ~ 15 m/s	读数 $\pm 5\%$	0.1 m/s		✓	✓

再调适技术指引

辅助数据 - 阶段一至四表格

	罩式风速表	出风口气流	根据出风口的尺寸， 用户应该选择合适的 罩子尺寸来测量气流	读数±5%	0.5 l/s		✓	
	压力表	液体压力	0 ~ 7000kPa	读数±0.5%	100kPa		✓	
	管夹式超声波 流量计	液体流量或速度	0 ~ 9 m/s	读数±1%	0.0001 m/s			✓
	温度计	干球温度 (°C)	0°C ~ 50°C	读数±1%	0.1°C	✓		
	吊带式干湿度 计 (温度计)	干湿球温度 (°C)	0°C ~ 50°C	读数±1%	NA	✓		
	可携式电子温 度计		0°C ~ 50°C	读数±1%	0.1°C	✓		
	红外遥感测温 枪	用于测量因绝缘不当或泄漏 而造成的能量损失	0°C ~ 80°C	读数±1%	0.1°C			✓
	带温度探头的 数字温度计	正常热空气/蒸汽流内的温 度(铂金探头用于温度为 0 至 100°C，热电偶探头可用 于高达 1，200°C)	0°C ~ 100°C	读数±1%	0.1°C		✓	✓
	二氧化碳传感 器	二氧化碳浓度 (ppm)	0 ~ 2500 ppm	±50 ppm	1 ppm			✓
(B)	电力测量仪器	测量参数/备注	测量范围	准确度	分辨率	运行和维护 人员	承包商	再调适服 务提供商
	电压表	电压	0 ~ 600V	读数±2%	1V	✓	✓	✓
	电流表	电流	0 ~ 100 A	读数±2%	0.1 A	✓	✓	✓

	电能表	有功功率(kW)	根据要测量的设备， 用户应决定合适的仪器尺寸	读数±1.5%	0.1kW			✓
	功率因数表	功率因数表 / 视在功率 (kVA)计算	0 ~ 1	±0.06	0.01			✓
	电能质量分析仪	谐波含量 / 其他电力参数	1000V	读数±1.5%	0.1V			✓
			2500A	读数± 3%	0.1A			
			60,000Ω	读数±1%	0.1Ω			
			500Hz	读数±0.5%	01Hz			
(C)	照明测量仪器	测量参数/备注	测量范围	准确度	分辨率	运行和维护 人员	承包商	再调适服 务提供商
	亮度计 (照度计)	勒克斯水平 (照明 / 照明水平)	0 ~ 9,999 lux	读数±4% (0- 9,999 lux)	1 lux	✓		✓
			≥ 10,000 lux	读数±5% (≥ 10,000 lux)	10 / 100 lux			
(D)	电梯与自动扶梯测量仪器	测量参数/备注	测量范围	准确度	分辨率	运行和维护 人员	承包商	再调适服 务提供商
	电压表	电压	0 ~ 600V	读数±2%	1V	✓	✓	✓
	电流表	电流	0 ~ 100 A	读数±2%	0.1 A	✓	✓	✓
	电能表	有功功率(kW)	根据要测量的设备， 用户应决定合适的仪器尺寸	读数±1.5%	0.1kW			✓
	功率因数表	功率因数表 / 视在功率 (kVA)计算	0 ~ 1	±0.06	0.01			✓

再调适技术指引

辅助数据 - 阶段一至四表格

	电能质量分析仪	谐波含量 / 其他电力参数	1000V	读数±1.5%	0.1V			✓
			2500A	读数± 3%	0.1A			
			60,000Ω	读数± 1%	0.1Ω			
			500Hz	读数± 0.5%	01Hz			

建议所有测量设备每12个月重新校准一次，以确保良好的精准度。

请注意，所有数据记录仪和现场测量均应由经过认证的专业人员进行，并遵守健康和安全法规。

辅助数据 - 阶段一至四表格

表格 2.2a - 冷水机组 - 冷水机组数据收集表

[illegible]

备注：请修改表格以适应个别情况。

辅助数据 - 阶段一至四表格

表格 2.2b / - 冷水机组 - 冷水机组数据收集表

[illegible]

备注：请修改表格以适应个别情况。

辅助数据 - 阶段一至四表格

[illegible]

备注：请修改表格以适应个别情况。

辅助数据 - 阶段一至四表格

表格 2.2d - 散热系统 - 冷凝水泵数据收集表

[illegible]

备注：请修改表格以适应个别情况。

辅助数据 - 阶段一至四表格

[illegible]

备注：请修改表格以适应个别情况。

辅助数据 - 阶段一至四表格

中央热水机组 – 热水泵规范

中央控制及监察记录数据/现场测量收集的热水泵数据

称号：

位置：

型号：

日期
(DD/MM/YYYY):

环境空气温度

平均：

最高：

最低：

相对湿度(%):

时间间隔

热水泵01

热水泵02

热水泵03

整体热水泵

流量 (l/s)

运行电
流 (Amp)

压差(kPa)

电源
输入
(kW)

流量 (l/s)

运行电
流 (Amp)

压差(kPa)

电源
输入
(kW)

流量 (l/s)

运行电
流 (Amp)

压差(kPa)

电源
输入
(kW)

流量 (l/s)

运行电
流 (Amp)

压差(kPa)

电源
输入
(kW)

TG-RCx 2018

辅助数据 - 阶段一至四表格

表格 2.2g- 配风系统 - 空气处理装置 / 新风装置 / 风机盘管装置 / 室内单位数据收集表

[illegible]

备注：请修改表格以适应个别情况。

表格 2.3 – 拟定节能机会列表

系统调整工程									
项目	再调适的描述(包括预期结果和能耗基准)	估计年度的节能 (kWh)	提议负责员工	实施周期	回报周期	测量和验证法(*)	分配给现有系统	实施	
								☐ 有	☐ 否
								☐ 有	☐ 否
								☐ 有	☐ 否
								☐ 有	☐ 否
								☐ 有	☐ 否
								☐ 有	☐ 否
								☐ 有	☐ 否
								☐ 有	☐ 否
								☐ 有	☐ 否
								☐ 有	☐ 否
								☐ 有	☐ 否

升级工程									
项目	再调适的描述(包括预期结果和能耗基准)	估计年度的节能 (kWh)	提议负责员工	实施周期	回报周期	测量和验证法(*)	分配给现有系统	实施	
								☐ 有	☐ 否
								☐ 有	☐ 否
								☐ 有	☐ 否
								☐ 有	☐ 否
								☐ 有	☐ 否
								☐ 有	☐ 否
								☐ 有	☐ 否
								☐ 有	☐ 否
								☐ 有	☐ 否
								☐ 有	☐ 否

重新校验技术指引

辅助数据 - 阶段一至四表格

备注：请修改表格以适应个别情况。

全年节能 (kWh):

备注： (a) 通过比较电费账单

(b) 通过测量

(c) 通过能耗模拟

(d) 其他

表格 2.4 – 拟定维修装置列表

维修工程

项目	维修项目说明	再调适实施效果论证	提议负责 员工	实施周期

备注：请修改表格以适应个别情况。

[項目名稱]

调查报告

[建筑物名称]

[日期]

文件编号

[XXXXXXXXXXXX]

目录

- 1. 引言**
 - 1.1 执行摘要
 - 1.2 建筑物的一般描述
 - 2. 中央屋宇装备系统配置**
 - 2.1 暖通空调系统
 - 2.2 电力系统
 - 2.3 照明系统
 - 2.4 电梯与自动扶梯系统
 - 3. 收集的建筑信息摘要**
 - 3.1 收集项目摘要表
 - 4. 与保养人员进行现场测量的结果**
 - 4.1 第一阶段（规划阶段）的工作描述
 - 4.2 测量照片
 - 4.3 相关各方的联络名单
 - 5. 调查和改进期间遇到的困难**
 - 5.1 调查阶段遇到的困难
 - 5.2 改进建议
 - 6. 现场测量和调查结果的详细信息**
 - 6.1 验证数据
 - 6.2 收集数据
 - 6.3 现场测试测量计划
 - 6.4 主要发现和优化方法
 - 7. 建议的节能机会的详细计算**
 - 7.1 节能机会 1 XXXXXXXXXX
 - 7.2 节能机会 2 XXXXXXXXXX
 - 7.3 节能机会 3 XXXXXXXXXX
 - 7.4 整体节能表
 - 8. 测量和验证（测量和验证计划）**
- 附录 1 – 建筑物当前运行清单
- 附录 2 – 现场测试测量计划
- 附录 3 – 现场测试测量计划的方法说明
- 附录 4 – 建议维修项目
- 附录 5 – 提议的节能机会

测量和验证计划样板

[节能机会名称] 测量和验证计划 [日期]

情况

在本节中，应说明该设施的状况。还要包括每个节能机会概括描述、实施后的预期效果和节能量。应提出当前的限制，并包括图片和其他相关节能机会的信息。

计划

节能机会目的

描述节能机会如何减少能耗。包括对运行的潜在影响。

IPMVP 选项和测量边界

描述选项（A、B、C 或 D）和测量边界。确定如何考虑对测量边界外的能耗影响。

基准周期

基准周期的长度，包括独立变量的列表。

报告周期

报告（或改装后）期间的长度。包括负责数据收集。

调整的依据

与天气无关的运行变化。

分析程序

说明计算方法。例子如下：

$$S = ABL - Actual \pm Non - routine \ adjustments$$

当：

S = 节省能源 kWh

ABL = 调整基准，通常根据天气和运行时间进行调整

$Actual$ = 实际能耗

Non – routine adjustments = 在调整后的基准中没有考虑到会影响能源使用的建筑业运行的调整。

$$\text{节省成本} = S * \text{能源价格表}$$

使用的能源价格表

包括高峰期和非高峰期成本。

计量器规范

用于计量和验证过程的仪表特性。包括精准度、负责阅读的数据和频率。包括在数读数错误或不正确的情况下要采取的措施。

监控责任

指定谁负责监视所选节能机会的正确功能。

定义利益相关者

参与选定的节能机会的利益相关者。

预期精准度

列出不确定性的来源。计算精准度和可信度。

预算

包括计量器、保养、人工和报告费用。

报告格式

用于在议定报告期提出节能的报告。

质量保证程序

列出测量和验证过程中的主要风险，包括数据缺口、未记录的非例行调整。

对于选项 A，包括：

- 所使用的关键和非关键参数的合理性。
- 设备检查时间表。

对于选项 D，包括：

- 所选软件的名称和版本。
- 输入数据和测量任何参数的方法。
- 从模拟输出相关数据。
- 达到的精确性，考虑 ASHARE Guidelines 14。

测量和验证报告样板

执行摘要

报告概述，包括显示估计节省的表

	总能耗节省 (每年 kWh)	总能源成本节省(每年\$)
建议节省		
当前报告已验证的节省		

背景

项目信息：

项目：	
客户名称	
地点坐标	
设施说明	
资金合伙人 (如有)	
节能机会	

测量和验证信息：

框架	
测量和验证计划	参考包含 测量 和 验证 计划的文件
IPMVP 选项	定义测量和验证选项
测量	
测量策略	临时记录器 / 分表 / 能源账单等
测量边界	清晰的测量边界
监控期	如十二个月
分析	
节省决定	避免能量/标准能量
常规调整的基础	空调度日数、工作时间等。
目标不确定性	信心 / 精准度 (如 90/10)
报告	
报告时间表	例子： 年份 0 报告 –紧接完成节能机会后。 年份 1 报告 –完成节能机会后十二个月。 年份 2 报告 –完成节能机会后二十四个月。

节省信息：

	总能耗节省 (每年 kWh)	总能源成本节省(每年\$)
建议节省		
报告 0 验证节省		
报告 1 验证节省		
...		

项目节省验证

测量和报告周期

这些周期应该与测量和验证计划一致

分析概述

包括用于基准调整（如天气）和非常规基准调整（如设定点温度）的信息。同时，更新使用的能源价格表。

观察数据与节能计算

以表格或图表的形式呈现数据

间隔	独立变量	测量能源使用 (kWh)	调整基准能源使用 (kWh)	能源节省 (kWh)	节省成本 (\$)	评论/更正
一月						
二月						
...						

结论

讨论结果及所测量出的运行问题，定义实际节省是否与预测值一致，并为下一个报告期提出建议。

附录 A：原始观测数据

包含所有已记录的数据，并用于估计节能量。

附录 B：节省计算

包含用于确定节能机会节省的所有计算。

[项目名称]

实施报告

[建筑物名称]

[日期]

文件编号：
[XXXXXXXXXXXX]

目录

1.	引言
1.1	执行摘要
1.2	业主运行要求
2.	每个节能机会的方法
2.1	节能机会的方法 1 XXXXXXXXXX
2.2	节能机会的方法 2 XXXXXXXXXX
2.3	节能机会的方法 3 XXXXXXXXXX
3.	测量和验证
3.1	节能机会 1 数据分析与验证
3.2	节能机会 2 数据分析与验证
3.3	节能机会 3 数据分析与验证
4.	结论
4.1	节能机会实际节省总表
4.2	一份要求作进一步调查的重要改善清单

持续调适报告

[建筑物名称]

[日期]

文件编号：

[XXXXXXXXXX]

目录

- 1. 引言
 - 1.1 执行摘要
- 2. 文件记录政策和程序
 - 2.1 空调系统
 - 2.2 电力系统
 - 2.3 照明系统
 - 2.4 电梯与自动扶梯系统
- 3. 关键绩效指标使用
- 4. 为运行和维护人员提供培训建议