T/CECS XXX：201X

**中国工程建设标准化协会标准**

洁净室节能评价技术标准

Technical Standard for Cleanroom Energy Saving Evaluation

（征求意见稿）

2020北京

**前言**

根据中国工程建设标准化协会《关于印发<2018年第一批工程建设协会标准制订、修订计划>的通知》（建标协字〔2018〕015）的要求，编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，并在广泛征求意见的基础上，制定本标准。

本标准共分5章，主要内容包括：总则，术语，基本规定，阶段评价和整体评价，能源绩效评价。

本标准由中国工程建设标准化协会建筑环境与节能专业委员会归口管理，由中国建筑科学研究院有限公司负责具体技术内容的解释，执行过程中如有意见或建议，请寄送解释单位（地址：北京市朝阳区北三环东路30号，邮政编码：100013)。

主编单位：中国建筑科学研究院有限公司

参编单位：中国电子系统工程第四建设有限公司

清华大学

世源科技工程有限公司

中国航空规划设计研究总院有限公司

同济大学

重庆大学

北京科技大学

天津大学

北京联合大学

中国中元国际工程有限公司

北京华勤洁净科技有限公司

武汉华星光电半导体显示技术有限公司

京东方科技集团股份有限公司

北京大学第三医院

苏州安泰空气技术有限公司

南京拓展科技有限公司

东莞市利人净化科技有限公司

南京博森科技有限公司

吴江振达净化工程有限公司

主要起草人：张彦国、崔玉岭、谭松林、赵伟、孟令坤、曹冠朋、张旵东、李先庭、秦学礼、董秀芳、刘燕敏、刘俊杰、李楠、谢慧、马晓钧、李著萱、吴志坚、郜义军、谢彦波、李杨、邓超、王靖凯、谢燕辉、盛伟、宋海龙、冯昕、张铭健、陈紫光

主要审查人：

目 录

[1 总则 3](#_Toc48224329)

[2 术语 4](#_Toc48224330)

[3 基本规定 7](#_Toc48224331)

[4 阶段评价和整体评价 8](#_Toc48224332)

[5 能源绩效评价 9](#_Toc48224333)

[附录A洁净室不同阶段节能评价技术要点和内容 12](#_Toc48224334)

[附录B 洁净室能源绩效参数计算及评价范例 15](#_Toc48224335)

[附录C不同类型洁净室能源绩效参数参考 19](#_Toc48224336)

[本标准用词说明 21](#_Toc48224337)

[引用标准名录 22](#_Toc48224338)

附：[条文说明 23](#_Toc26867710)

Contents

[1 General Provisions](#_Toc26867689) 3

[2 Terms](#_Toc26867690) 4

[3 Basic Requirements](#_Toc26867691) 7

[4 Stage evaluation and overall evaluation](#_Toc26867692) 8

[5 Energy performance evaluation](#_Toc26867696) 9

[Appendix A Main points and content of energy-saving evaluation technology in different stages of clean room](#_Toc26867707) 12

[Appendix B Example of calculation and evaluation of clean room energy performance parameter](#_Toc26867707) 15

[Appendix C Reference for different types of clean room energy performance parameters 1](#_Toc26867707)9

[Explanation of wording in this standard](#_Toc26867708) 21

[List of quoted standards](#_Toc26867709) 22

Addition：Explanation of provisions [2](#_Toc26867710)3

# 1 总则

1. 为贯彻落实绿色发展理念，节约资源，保护环境，对洁净室节能评价提出评价方法、要求和标准，促进洁净室节能技术的应用和发展，制定本标准。
2. 本标准适用于新建、改建和扩建洁净室的节能评价，主要包括电子类洁净室、制药洁净室和生命科学类洁净室等，其他类型洁净室可参考本标准执行。
3. 除进行节能评价外，洁净室在进行节能设计、节能改造等相关工作时，可参照本标准列出的技术要点，结合具体技术措施进行。
4. 洁净室的节能评价除应执行本标准的规定外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

# 2 术语

1. 洁净室 cleanroom

对空气中悬浮粒子浓度进行分级控制的房间，其设计、建造和运行方式可有效控制室内悬浮粒子的渗入、产生和滞留。

注：1洁净室按空气悬浮粒子浓度进行分级。

2也可以按空气中以及表面化学污染物、微生物或纳米级颗粒物进行分级控制。

3其他相关物理参数，如温度、湿度、压差、气流、振动和静电等，根据需要进行控制。

1. 主要能源使用 significant energy use

在能源消耗中占有较大比例或在能源绩效改进方面有较大潜力的能源使用。

1. 洁净室主要能源使用 significant energy use of cleanroom

洁净室为控制悬浮粒子浓度、压差、气载分子污染物、温度、湿度等特有关键参数的能源消耗。

1. 洁净室节能评价 evaluation of cleanroom energy saving

对洁净室主要能源使用（2.0.3）进行监测、计算、对比和分析，确认洁净室能耗的水平，评价节能技术措施的效果。

1. 能源绩效 energy performance

与能源效率、能源使用和能源消耗有关的、可测量的结果。

1. 能源绩效参数 energy performance indicator

由组织确定，可量化能源绩效的数值或量度。

注：能源绩效参数可由简单的量值、比率或更为复杂的模型表示。

1. 能源基准 energy baseline

用作比较能源绩效的定量参考依据。

注：1能源基准反映的是特定时间段的能源利用状况。

2能源基准可采用影响能源使用、能源消耗的变量来规范，例如：生产水平、度日数（户外温度）等。

3能源基准也可用作能源绩效改进方案实施前后的参照来计算节能量。

1. 基准期 baseline period

用于和报告期（2.0.9）能源绩效进行对比的特定时间段。

1. 报告期 reporting period

用于计算和报告能源绩效所选择的特定时间段，该能源绩效的变化与基准期（2.0.8）相关。

1. 归一化 normalization

通过解释相关变量的变化，以便在等同条件下比较能源绩效，从而不断修正能源数据的过程。

1. 洁净室能源绩效参数 energy performance indicator of cleanroom

由组织确定，符合洁净室技术特点的可量化能源绩效的数值或量度。

1. 单位洁净风量风机功率 specific fan power

输送洁净空气用风机电功率与输送的洁净空气风量比值，单位为W/(m³/h)或J/m³。

1. 单位洁净风量风机能耗 specific fan energy

一定时间内，输送洁净空气用风机能耗与输送的洁净空气风量比值，单位为kW·h/(m³/s)。

1. 单位面积洁净风量 normalized airflow rate

洁净室（区）单位面积输送的洁净空气量，单位为［(m³/s)/m2］或m/s。

1. 洁净功率密度 power intensity for contamination removal

用于去除洁净室空气中污染物的风机功率与净化区域总面积的比值，即洁净室单位面积风机功率，单位为W/m2。

1. 洁净用能密度 energy intensity for contamination removal

用于去除洁净室内空气中污染物的风机全年用电量与净化区域总面积的比值，即洁净室单位面积每年的风机能耗，单位为kW·h/m2。

1. 设施功率密度 power intensity of facility

洁净室综合用能总功率与净化区域总面积的比值，单位为kW/m2。

1. 设施用能密度 energy intensity of facility

洁净室全年综合用能与净化区域总面积的比值，单位为kW·h/m2。

1. 洁净室综合用能 comprehensive energy use of cleanroom

洁净室主要能源使用及其他洁净室常规能耗的综合。

1. 洁净室单位产出能耗 SEU per product

洁净室单位产出所消耗的主要能源使用， 单位为kJ/单位产出、 kW·h/单位产出。

1. 洁净室节能率 energy saving rate of cleanroom

洁净室采用节能措施后，与选定的能源基准相比较，能源绩效参数降低的百分比。

# 3 基本规定

1. 洁净室进行节能评价前，宜按照现行国家标准《能源管理体系 要求》 GB/T 23331中的要求，建立能源管理体系。
2. 洁净室节能评价应首先确定被评价主体，即确定边界，评价主体可以是一台设备、一个洁净系统、包含几个洁净系统的车间等，不宜将整个建筑物作为整体评价。不应包括卫生间、普通公共走廊、普通仓库、普通办公室等非洁净区域。
3. 评价主体确定后，应根据项目特点和需要，确定洁净室主要能源使用的范围，确定合理的能源绩效参数，作为评价目标。
4. 洁净室节能评价分为阶段评价、整体评价和能源绩效评价。其中阶段评价和整体评价为定性评价，能源绩效评价是定量评价，阶段评价不做评价分级，整体评价和能源绩效评价结果分A、AA、AAA三个评价结果。
5. 洁净室节能评价应选择合适的比对样本作为能源基准，包括经节能改造前的系统或设施本身、其他类似的洁净室项目、已有的能源绩效调试数据或基于经验和的计算值并经验证的能效模型等。
6. 为准确进行洁净室节能效果评价，洁净室应根据需要建设能耗监测系统，对洁净室能耗进行方便、准确、长期的监测。
7. 洁净室节能监测用能源计量器的配备和管理应符合现行国家标准《用能单位能源计量器具配备和管理通则》GB17167中的有关规定。检测、监测所用的仪器、传感器等，应经过校准，并在有效期内，应定期进行维护，以保证准确性。
8. 洁净室建设节能监测平台以及对冷水机组、照明设备、中央空调系统、水泵、风机等进行分项监测时，可参照GB/T 28750、DB11/T 975-2013、DB11/T 1210-2015、DB11/T 1211-2015、DB11/T 1411-2017、DB11/T 1536-2018、DB11/T 1537-2018等标准实施，在无法实现直接计量时，可通过拆分、计算等方法，进行间接计量。
9. 洁净室进行节能监测和评价的同时，必须对同时对洁净室关键性能参数进行监测或记录，包括空气洁净度、室内外空气温湿度、压差、气载分子污染物等，洁净室应在满足关键技术参数要求的前提下进行节能效果评价。

# 4 阶段评价和整体评价

1. 进行阶段评价时，应按照附录A中所列不同阶段的评价要点进行评价，查找、分析节能潜力，对于每一条的评价结论分别是“符合、基本符合、不符合”。
2. 整体评价应在洁净室整体投入正常运行一年后进行，应对照附录A中的评价要点，逐一进行。
3. 在对照附录A进行阶段评价或整体评价时，应详细汇总、整理洁净室节能相关的所有资料和数据，包括设计条件、设计图纸、设备资料、调试报告、检测报告、监测运行记录等，对照节能要点要求，确实应用了节能措施并证明有效，效果优于同类洁净室一般水平时，认定该项目符合要求。
4. 应从洁净室全生命周期角度，按照表1所列项目，对洁净室节能进行整体评价。进行整体评价时：10＜符合项目数量≤15的，节能水平为“A”；15＜符合项目数量≤25的，节能水平为“AA”；符合项目数量＞25的，节能水平为“AAA”。

# 5 能源绩效评价

1. 进行能源绩效评价应时，应按照现行国家标准《能源管理体系 能源基准和能源绩效参数》GB/T 36713中的各项要求，根据不同需求，选择相应的洁净室能源绩效参数和能源基准，确定基准期和报告期，进行评价。
2. 洁净室确定能源绩效参数时，可根据洁净室特点和评价目的，参考 表5.0.2进行选择。

表5.0.2 洁净室能源绩效参数

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 能源绩效参数 | 适用条件 | 特点或局限性 |
| 单位洁净风量风机功率SFP | 评价洁净室通过提高风机效率和降低系统阻力产生的节能效果。 | 评价参数单一，只用于评价空气输配系统。 |
| 单位洁净风量风机能耗SFE | 在SFP基础上，还评价洁净室通过值班工况、间歇运行、变频调节等改变运行方式而产生的节能效果，全年运行工况有变化。 | 评价参数较单一，通常采用一年的洁净室风机电耗，只用于评价空气输配系统。 |
| 单位面积洁净风量QN | 评价洁净室通过降低风量而产生的节能效果。 | 评价参数单一，只用于评价空气输配系统。 |
| 洁净功率密度PICR | 评价洁净室通过提高风机效率、降低系统阻力、降低风量而产生的节能效果，也可用于大面积FFU的节能效果。 | 单位面积风机功率值，只表征瞬时最高用能，与运行时间无关。只用于评价空气输配系统。等于SFP和QN的乘积。 |
| 洁净用能密度EICR | 在PICR基础上，还评价洁净室通过值班工况、间歇运行、变频调节等改变运行方式而产生的节能效果，全年运行工况有变化。 | 单位面积风机能量值，通常采用一年的洁净室风机电耗。只用于评价空气输配系统。等于SFE和QN的乘积。 |
| 设施功率密度PI | 评价洁净室综合用能的总设计功率，在PICR基础上，评价空气输配系统在内的多方面节能效果。 | 单位面积功率值，只表征瞬时最高用能，与运行时间无关。用于评价包括空气输配系统、供暖制冷、加湿除湿等多方面节能。 |
| 设施用能密度EI | 在EICR基础上，还评价洁净室通过值班工况、间歇运行、变频调节等改变运行方式而产生的节能效果，全年运行工况有变化。 | 单位面积能量值，通常采用一年的洁净室综合用能。用于评价包括风系统、供暖制冷、加湿除湿等多方面节能。 |
| 单位产出能耗SEUP | 评价洁净室最终效益。 | 最终的产出和很多因素相关，比如不同的生产工艺、不同的原材料价格等，有可能将能耗影响扩大化。 |

1. 在进行能源绩效参数比较，如进行节能率计算时，应进行归一化处理。
2. 当对洁净室单位洁净风量风机能耗SFE、洁净用能密度 EICR、设施用能密度EI进行评价时，其基准期和报告期宜为完整年度，涵盖一个完整气候变化周期和生产周期。也可根据需要设定基准期和报告期，对特定阶段的用能进行评价。
3. 对洁净室节能进行能源绩效参数定量评价，应按以下标准进行评价：
4. 以洁净室自身节能改造前为能源基准：5%＜节能率≤15%的，节能水平为“A”；15%＜节能率≤25%的，节能水平为“AA”；节能率＞25%的，节能水平为“AAA”。
5. 以同类洁净室一般水平为能源基准：2%≤节能率＜5%的，节能水平为“A”；5%≤节能率＜10%的，节能水平为“AA”；节能率≥10%的，节能水平为“AAA”。

# 附录A洁净室不同阶段节能评价技术要点和内容

表A.0.1 洁净室不同阶段节能评价技术要点

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 阶段 | 序号 | 要点 | 评价内容 |
| 用户需求 | 1 | 洁净室污染源评价 | 应有效识别洁净室内所有相关污染源并合理评估、计算其散发强度，优化气流组织，避免过度设计。 |
| 2 | 洁净室性能、参数设定 | 应根据工艺需求 合理确定洁净度级别、自净时间、压差、温湿度、照度、使用率等，设置合理冗余度，避免过度设计。 |
| 3 | 洁净室规模要求 | 工艺合理，避免规模过度。 |
| 4 | 工作人员数量 | 应优化操作人员数量，减少颗粒物和微生物污染。 |
| 5 | 人员着装 | 合理着装，降低人员和服装发尘。 |
| 6 | 工艺设备的负荷 | 选择有较低热湿负荷的工艺设备。 |
| 7 | 工艺设备的适用性 | 选择适合洁净室的工艺设备，降低设备污染。 |
| 8 | 局部屏障技术的应用 | 对于高洁净级别的关键控制区域、需要局部特殊控制的区域等，应采用局部净化设备，使其最小化。 |
| 设计、改造、施工 | 9 | 单向流洁净室 | 在保证单向流置换效果的基础上，降低设计风速。 |
| 10 | 非单向流 | 在对污染源、通风效果和热负荷等进行有效评估和的基础上，降低设计风量。 |
| 11 | 新风量 | 对评估人员健康需求、补充工艺排风和房间空气泄漏、有效控制压力的情况下，尽量降低新风量。 |
| 12 | 排风量 | 通过优化设计，尽量降低排风量，从而降低新风量。 |
| 13 | 照明 | 设计高效、可控的照明系统。 |
| 14 | 洁净系统形式选择 | 根据实际需求，选择合适的净化通风系统，例如采用风机过滤器机组（FFU）还是集中式空调机组（AHU）、一次回风或二次回风等。 |
| 15 | 值班工况 | 在设计中，设置非工作期间的值班工况，维持室内基本参数的前提下，降低能耗。 |
| 16 | 净化空调机组等设备的选择 | 优化空调机组（AHU）的性能，降低机组阻力，选择高效风机，选择高效节能的风机过滤器机组（FFU） |
| 17 | 空气过滤器阻力 | 设计时选择高效低阻的前级过滤器和末端过滤器，根据过滤器全生命周期成本分析结果，设置过滤器。建议扩大过滤面积，降低系统阻力，在过滤器生命周期内整体降低成本和能耗。 |
| 18 | 空气输配系统阻力 | 优化系统设计，降低系统阻力。 |
| 19 | 优化能源站管理 | 优化能源站设计和运行，提高能源效率。 |
| 20 | 优化新风处理 | 采用新风独立处理，新风承担室内湿负荷，避免冷热抵消。 |
| 21 | 采用热回收技术 | 设置排风热回收、冷凝热回收等，有效回收能源。 |
| 22 | 有效利用免费冷热源 | 采用自然冷却（free cooling）、冷冻水回水加热等技术措施。 |
| 23 | 室内环境管理系统的设置 | 设置温湿度、压差、含尘浓度或微生物浓度监测系统，用以对系统节能提供支持。 |
| 24 | 自适应控制系统 | 设置自适应控制系统，根据污染物控制需要调节风量。 |
| 竣工测试 | 25 | 调试和验证 | 竣工后应进行调试和验证，确认系统性能或节能措施的有效性。 |
| 26 | 长期检测 | 应长期检测，验证节能措施有效性，根据结果确定能耗余量。 |
| 运行维护 | 27 | 操作人员培训 | 加强操作人员培训，有效降低人员污染。 |
| 28 | 监测 | 利用温湿度、压力环境监测系统（EMS）、含尘浓度监测系统（PMS）、微生物浓度监测系统（MMS)，进行连续监测，验证节能措施有效性。 |
| 29 | 值班工况 | 空调通风系统在非生产状态启动值班工况，在静态或无人状态采用低态运行。 |
| 30 | 系统关闭 | 在长期不运行时，关闭系统，以便节能。 |
| 31 | 围护结构密闭性 | 在运行中，注意控制洁净室的漏泄，避免增加新风。 |
| 32 | 维修计划 | 制定过滤器更换和设备维护计划，最大限度维持过滤器的低阻力和空调通风系统设备的最高效率。 |
| 33 | 日常清洁 | 良好的日常清洁能有效降低室内污染负荷，进而节能。 |
| 报废停用 | 34 | 停用 | 对于技术落后、能耗极大的洁净室系统，应废弃停用。 |

# 附录B 洁净室能源绩效参数计算及评价范例

B .0. 1 范例：

一间100 m2，4 m层高的ISO 7（万级）洁净室，每年生产产品10000个。业内同类洁净室单位产品能效一般水平为8.5kW·h/个。

改造前：实测风机送风量为16000 m³/h（4.444 m³/s），送风机功率为5.5 kW，全压950Pa，每天24小时全负荷运行，全年风机外其他空调通风系统（加热、制冷、加湿除湿等）能耗80000kW·h。

节能改造后：实测风机送风量为10000 m³/h（2.778 m³/s），送风机功率为3 kW，全压850Pa，每天全负荷运行8小时，低负荷（1.5 kW）运行16小时，全年风机外其他空调通风系统（加热、制冷、加湿除湿等）能耗降低到60000kW·h。

试计算其改造后PICR、SFP、QN、EICR、SFE、EI、洁净系统的单位产出能耗(SEUP)以及全年综合能耗节能率$η$，并选择全年综合能耗指标做能源绩效节能评价。

B .0. 2 计算结果如下：

1 洁净功率密度（power intensity for contamination removal, PICR）

用于去除洁净室空气中污染物的风机功率与净化区域总面积的比值，即洁净室单位面积风机功率，单位为W/m2，计算公式如下：

$PICR=\frac{\sum\_{}^{}P\_{e}}{A}$ （1）

式中： *A*——洁净室的地面面积，㎡；

*PICR*——用于去除污染物的功率强度，W/㎡；

$ \sum\_{}^{}P\_{e}$——风机总功率，W。

故：$PICR=\frac{3000W}{100m^{2}} $= 30W/m2

2 风机单位洁净风量耗功率（specific fan power, SFP）

SFP是通过测量运行条件下机组风量和电能输入来确定的。确定风量和功率后，通过将功率（单位：W）除以流量（单位：m3/h或 m3/s）来计算SFP，计算公式如下：

$SFP=\frac{P\_{e}}{Q}$ （2）

式中：$P\_{e}$——风机功率，W；

*Q*——风量，m³/h或 m³/s；

SFP——单位洁净风量风机功率，W/（m3/h）或J/m³。

故：$SFP= \frac{3000W}{10000 m³/h }=0.333W/(m^{3}/h)=\frac{3000W}{2.778 m³/s }=1080 J/m³$

注：同样系统SFP值越低越好，本案例中，实测风机的全压是850Pa，实际系统单位风量的耗功率是1080J/m3，其比例就是风机全效率，本案例中，改造后的风机全效率为78.7%，改造前的风机全效率为76.8%，略有提高，本案例通过降低风量和系统阻力降低能耗，在风机效率方面的改善不大。

3 单位面积洁净风量（normalized airflow rate, Q N）

洁净室（区）单位面积输送的洁净空气量，计算公式如下：

$Q\_{N}=\frac{Q}{A}$ （3）

式中：A——洁净室面积，㎡；

*Q*——风量，m³/s；

 QN——单位面积洁净风量，m/s或（m³/s）/m2。

故：$Q\_{N}= \frac{2.778m³/s}{100m^{2}}≈0.028 (m³/s)/m^{2}$

单位洁净风量风机耗功率（SFP）和单位面积洁净风量（QN）是PICR的两个子指标，可以由这两个子指标计算得出，即：

$PICR= SFP × Q\_{N}=1080×0.028=30W/m^{2}$（4）

这两个子指标的优点在于它分别显示了效率和有效性。效率由通过空气处理系统输送一立方米空气所需的能量表示。有效性表现为清除洁净室地板上污染物所需的空气量。对于这两个指标，值越低表示能耗越低。

4 洁净用能密度（energy intensity of contamination removal, EICR）

将一年内为洁净室、区域或设备服务的所有风机系统的能耗总和除以洁净室、区域或设备的占地面积，当洁净室具有值班工况的时候，可以通过计算该指标来评价洁净室一年的能耗情况。

计算公式如下：

$EICR=\frac{E\_{e}}{A}$ （5）

式中：$E\_{e}$——风机一定时间内电能，kW·h；

*A*——洁净室面积，m2；

EICR——kW·h/m2。

故：$EICR=\frac{3kW×8h×365+1.5kW×16h×365}{100m^{2}}=\frac{17520 kW•h}{100m^{2}}= 175.2$ kW•h/ m2

5 单位洁净风量风机能耗（specific fan energy, SFE）

输送洁净空气用风机能耗与输送的洁净空气流量比值，计算公式如下：

$SFE=\frac{E\_{e}}{Q}$ （6）

式中：$E\_{e}$——风机一定时间内电能，kW·h；

*Q*——风量，m³/s；

SFE——单位洁净风量风机能耗，kW·h/（m³/s）。

故：$SFE= \frac{EICR}{AFR}=\frac{175.2 kW•h/ m^{2}}{0.028 (m³/s)/m^{2}} ≈ 6257.1 kW•h/(m³/s)$

可得：$EICR= SFE × Q\_{N} $（7）

6 设施用能密度（energy intensity of facility，EI）

洁净室全年综合用能与净化区域总面积的比值，单位为kW·h/m2，计算公式如下：

$EI=\frac{E}{A}= \frac{E\_{e}+ E\_{q}}{A}$ （8）

式中：$E\_{e}$——风机电能，kW·h；

$E\_{q}$——除风机外的设备电能，kW·h；

*E*——全年综合用能，kW·h；

*A*——洁净室面积，m2；

EI——设施用能密度，kW·h/m2。

故：$EI= \frac{17520 kW•h +60000 kW•h}{100 m^{2}}= 775.2 $kW•h/m2

7 洁净室单位产出能耗（significant energy use per product，SEUP）

洁净室出产单位产品所消耗的主要能源使用(SEUP)，计算公式如下：

$SEUP=\frac{E}{N}$ （9）

式中：*E*——全年综合用能，kW·h；

N——产品数量，个。

故：$SEUP=\frac{77520}{10000}=7.752$ kW·h/个。

8 洁净室节能率$η$

节能率是洁净室采用节能措施后，与选定的能源基准相比较，能源绩效参数降低的百分比。

如果选取的比较基准是改造前的洁净室本身，且洁净面积不变，

选取设施用能密度EI值进行节能率计算：

由上述算例，同理可以得出改造前的EI值为1281.8 kW·h/m2，因为面积不变，设施密度节能率就是综合用能节能率：

故：$η= \frac{1281.8-775.2}{1281.8} ×100 \%≈39.5 \%$

选取PICR值进行节能率计算，因为洁净室面积不变，PICR节能率就是风机功率的节能率：

故：$η=\frac{5.5kW-3kW}{5.5kW} ×100 \%≈45.5 \%$

选取业内单位产品能效一般水平做能源基准，改造前、后SEUP分别为12.818kW·h/个和7.752kW·h/个，业内单位产品能效一般水平8.5kW·h/个。

故：$η=\frac{8.5kW•h/个-7.752kW•h/个}{8.5kW•h/个} ×100 \%≈9.6 \%$

洁净室单位产品能效的节能率是9.6%。

9 全年综合能耗节能评价

以洁净室自身节能改造前为能源基准：

39.5% ＞ 25%，依据5.0.5-1的规定，该洁净室全年综合能耗节能改造水平为“AAA”。

45.5% ＞ 25%，依据5.0.5-1的规定，该洁净室洁净功率密度节能改造水平为“AAA”。

以同类洁净室一般水平为能源基准：

5%≤$η$＜10%的，依据5.0.5-2的规定，该洁净室洁净功率密度节能水平为“AA”。

由范例计算可知，按照不同能源绩效参数计算的节能率并不相同，根据不同能源基准进行评价的结果也可能不一样，节能评价时必须注明相应的能源绩效参数。

# 附录C不同类型洁净室能源绩效参数参考

C .0. 1 不同类型、系统方式洁净室之间的能耗水平差别很大，此外地域差别、运行维护管理的差别、监测精度等，对能耗数值的统计结果都有很大影响，本标准列出的一些数值供参考。

C. 0. 2 电子类洁净室进行节能评价时，应区分不同净化空调系统形式，包括一次（二次）回风系统、MAU+RCU系统、MAU+FFU+DC系统等。

C. 0. 3 制药类洁净室进行节能评价时，可按照产品类型不同，分为无菌药品、原料药、生物药品（如疫苗、注射剂）、血液制品、中药制剂等。无菌药品生产所需的洁净区可分为A级、B级、C级、D级。表C. 0. 1和表C. 0. 2给出一些制药类洁净室能源绩效参数值，供参考。

表C. 0. 3 制药类洁净室单位洁净风量风机功率（SFP）限值

|  |  |
| --- | --- |
| 系统形式 | SFP〔W/（m3/h〕 |
| 系统设送、回风管 | 0.87① |
| 系统只设送风管 | 0.61② |

注：1 空调系统全压为2000Pa,电机效率0.85，风机效率0.75时的计算值。

2 空调系统全压为1400Pa,电机效率0.85，风机效率0.75时的计算值。

表C. 0. 2 制药类洁净室能源绩效参数参考值见表。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 参数 | 洁净等级 | 说明 |
| B级 | C级 | D级 |
| PICR （W/m2） | 130~160 | 67~80 | 40~53 | 单位面积的风机能耗 |
| EICR（kW·h/m2） | 1170~1400 | 580~700 | 350~467 | 单位面积的风机全年的能耗 |
| EI（kW·h/ m2） | 4200~6300 | 2400~3800 | 900~1200 | 单位面积全年能耗，不同项目数值相差较大，仅作为参考 |

C. 0. 4 生命科学类洁净室可分为医院洁净室（洁净手术部、洁净病房等）和洁净动物房等，洁净手术室进行节能评价时可分为Ⅰ级、Ⅱ级、Ⅲ级、Ⅳ级。医院手术部空调系统年能耗现状约为460~550kW·h/m2。

# 本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

 1）表示很严格，非这样做不可的用词：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”；

 2）表示严格，在正常情况下均应这样做的用词：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”；

 3）表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的用词：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

 4）表示有选择，在一定条件下可以这样做的用词，采用“可”。

2 标准中指明应按其他有关标准执行的写法为：

“应符合……的规定”或“应按……执行”。

# 引用标准名录

《能源管理体系 要求》GB/T 23331-2012/ISO 50001:2011

《能源管理体系 能源基准和能源绩效参数》GB/T 36713-2018

《洁净室及相关受控环境 节能指南》GB/T 36527-2018

《节能量测量和验证技术通则》GB/T 28750-2012

《用能单位能源计量器具配备和管理通则》GB 17167-2006

《节能监测技术通则》GB/T 15316-2009

《Cleanrooms and associated controlled environments—Part 16:Energy efficiency in cleanrooms and separative devices》ISO 14644-16 ：2019

《节能建筑评价标准》GB/T 50668-2011

《工业建筑节能设计统一标准》GB 51245-2017

《公共建筑节能设计标准》GB 50189-2015

《公共建筑节能检测标准》JGJ/T 177-2009

《公共建筑节能评价标准》DB11/T 1198-2015

《公共建筑节能设计标准》DB11/T 687-2015

《节能监测服务平台建设规范》DB11/T 1411-2017

《水泵节能监测》DB11/T 1536-2018

《风机节能监测》DB11/T 1537-2018

《冷水机组节能监测》DB11/T 975-2013

《中央空调系统运行节能监测》DB11/T 1211-2015

《工业照明设备运行节能监测》DB11/T 1210-2015

洁净室节能评价技术标准

Technical Standard for Cleanroom Energy Saving Evaluations

**条文说明**

目录

[1 总则 25](#_Toc26868289)

[2 术语 27](#_Toc26868290)

[3 基本规定 31](#_Toc26868291)

[4 阶段评价和整体评价 32](#_Toc26868295)

[5 能源绩效评价 33](#_Toc26868299)

# 1 总则

1. 现代高科技产业迅速发展，人们对实验、研究和生产环境的要求越来越高，而洁净室作为一种能够有效保障产品质量、可靠性以及人员的健康安全的设施，已被广泛应用于电子、制药、生命科学、航空航天、食品等领域。由于洁净室在生产或操作过程中需要对室内环境参数进行严格控制，导致在相同规模下的能耗需求较普通建筑高很多。目前，国家对环境保护、节约能源等问题高度重视，洁净类建筑的节能潜力空间逐渐得到关注。

为切实降低洁净室能耗，必须要有统一的、适合洁净室技术特点的评价指标、方法和技术标准。目前，针对普通工业建筑、公共建筑与居住建筑等的节能评价标准规范不断完善，然而其在节约用能、室内环境控制指标的评价方面，主要以人员舒适性达到要求作为前提条件，而对于洁净室这类室内环境应优先满足特殊生产工艺及操作环境要求的建筑，由于其在营造洁净环境过程中对风量、压力、室内热湿环境有特殊的要求，不同行业采用洁净空调系统形式也不尽相同，且空调单位风量的耗功率较普通建筑空调系统也要高，导致洁净类建筑用能水平与普通建筑存在较大差异，对其的节能评价应针对洁净类建筑的特殊性开展。

因此，为适应我国洁净类型建筑在节能和管理的需要，促进我国节能减排政策的不断深入，国内洁净室类建筑急需制订能耗指标体系与评价方法。该标准的制定，能够切实符合电子、制药、生命科学等领域中监管部门、设计院及使用方的需求和期望，减少能源消耗成本和不必要的浪费，填补行业标准空白，使各方在节能管理方面有据可依，有理可循。同时，提高了我国的在节能指标量化评价方面的水平，促进我国洁净类建筑高效、低耗、合理的建设和发展，具有重大意义。

1. 洁净技术的不断发展，人们对电子、制药、生命科学等行业洁净室的运行、管理的需求以及相应要求有了更加深入的理解和新的共识。鉴于该类建筑的运行常年处于能耗占比较高的状态，且由于我国目前还未有专门针对各类洁净室在保证正常运行时应符合的节能综合评价标准，导致该类建筑在能耗计量过程中无法进行量化评价。因此，建立不同类型洁净室的能耗指标体系与评价方法，成为目前亟待解决的问题。洁净室类别很多，特点各不相同，采用的系统形式也有很大区别，本标准除列出洁净室通用的评价要求外，对几种最典型的洁净室进行了规定，其余各类洁净室均可以选取相关相近的类型作参考。
2. 本标准为洁净室评价技术标准，其中很多技术要求是和洁净室节能技术相关的，洁净室有特有的技术特点，也有和其他工业建筑通用的节能方式方法，对于具体的技术措施，不在本标准内展开。
3. 本条强调参与评价的洁净室尚应执行国家法律法规和其他洁净、安全、环保、节能、卫生等方面相关的国家现行有关标准、规范的规定。如：GB 50591《洁净室施工及验收规范》、GB 50710《电子工程节能设计规范》、GB 50073《洁净厂房设计规范》、GB 50333《医院洁净手术部建筑技术规范》、GB 50457《医药工业洁净厂房设计标准》、GB51110《洁净厂房施工及质量验收规范》、兽药生产质量管理规范（2020年修订）、药品生产质量管理规范（2010年修订）及最新修订附录、GB 14925《实验动物 环境及设施》、GB 50447《实验动物设施建筑技术规范》、GB50378《绿色建筑节能评价标准》、GB/T 50878《绿色工业建筑评价标准》、GB/T 50668《节能建筑评价标准》、GB/T 51153《绿色医院建筑评价标准》、DB11/T 1198《公共建筑节能评价标准》、DB11／T1249《居住建筑节能评价技术规范》等。

# 2 术语

* + 1. 本条定义出自ISO14644-1：2015《 Cleanrooms and associated controlled environments —Part 1: Classification of air cleanliness by particle concentration》中3.1.1，洁净室最重要的控制参数是室内空气中的悬浮粒子浓度，除此之外，为控制粒子浓度，需要控制压差、气流等，为符合工艺要求或人员需要，需要控制温湿度，医药类和电子类洁净室需要控制微生物和气载分子污染物等。
		2. GB/T 23331-2012/ISO 50001:2011《能源管理体系 要求》等同采用ISO 50001:2011，在ISO 5001：2018中，SEU修改为“能源消耗量大和/或在能源绩效改进方面潜力大的能源使用”。确定不同领域的SEU十分关键，可以明确评价主体范围，即评价洁净室特有的节能措施。
		3. 洁净室与一般建筑的最根本区别，是空气中的悬浮粒子严格分级可控，即便是需要控制微生物限度的医疗生物类洁净室，也以控制悬浮粒子浓度进行分级为基础，所以，洁净室的节能，应以控制悬浮粒子的洁净通风系统节能为主。为控制洁净度级别，洁净室需要控制压差，很多洁净室需要控制气载分子污染物（如电子类洁净室的酸、碱、金属离子、动物房的氨等），所以洁净室新风、排风也是洁净室节能的重要内容。

此外，对于温湿度控制产生的能耗，虽然温湿度不是洁净室特有控制参数，但洁净室的温湿度控制有独有的特点：精度高，围护结构严密，内区多，发热高，很多时候需要全年供冷，所以为控制温湿度的冷热源能耗，也是洁净室不同于普通建筑的能耗特点。

而洁净室为控制噪声、振动等产生的能耗，不属于洁净室特有能耗领域，应根据需要确定是否归入评价范围之内。

* + 1. 普通工业或民用建筑的能耗特点和节能评价，已有相应的研究和方法，不在本标准评价范围之内，本标准针对洁净室特有能耗特点，对其进行能耗评价。

洁净室的节能评价，首先应确定“主要能源使用（SEU）”的范围，选取适合的能源绩效参数（EnPI），在报告期内进行对应的监测和计算，和事先确定的基准期内的能源基准（EnB）进行对比和分析，评价能源绩效水平。

各参数关系如GB/T 36713-2018中图2所示：



* + 1. 通常的能源绩效参数，包括：1、直接测量的数值，如照明能耗（kW·h）、月最高负荷（kW）等；2、测量值的比率，如单位产品能耗（kJ/单位产品）、发电效率（%）等；3、统计模型，如不同入住率和处于不同气候带的酒店能源绩效；4、工程模型，如建立了运行时间和空调系统类型等的建筑能耗模型等。
		2. 洁净室节能评价的比对样本或能源基准，可以是经节能改造前的设施本身，也可以是其他类似的洁净室项目、已有的能源绩效调试数据或基于经验和的计算值并经验证的能效模型。
		3. 报告期的选择和设定，应和基准期一致。
		4. 归一化的目的，就是尽量使比较对象条件一致，消除变量对能源绩效最终结果的影响，在等同条件下进行能源绩效比较，这样才有可比性，节能才有意义。
		5. 本标准列出的洁净室能源绩效参数包括但不限于单位洁净风量风机功率SFP（2.0.12）、单位洁净风量风机能耗SFE（2.0.13）、单位面积洁净风量QN（2.0.14）、洁净功率密度PICR（2.0.15）、洁净用能密度EICR（2.0.16）、设施功率密度PI（2.0.17）、设施用能密度EI（2.0.18）、单位产出能耗SEUP（2.0.20）。这些参数主要为直接测量数值和测量值比率，对于洁净室统计模型和工程模型绩效参数。
		6. 本条目可参考ISO 14644-16:2019，附录D.4。

单位洁净风量耗功率即为输送到洁净室内单位体积洁净空气所消耗的风机功率，不考虑过滤效率和最终送到洁净室内洁净空气压差的区别，主要用来评价风机效率和系统阻力，即洁净空气的输送效率。单位为W/(m³/h)或J/m³，1 W/(m³/h)=3600J/m³，对于同一系统SFP值越低越节能。在GB 50189-2015《公共建筑节能设计标准》 中4.3.22，定义为风道系统单位风量耗功率Ws，对于风量大于10000m3/h的民用公共建筑，Ws的最高限值推荐为0.24到0.30［W/（m3/h）］（即864到1080 J/m³），在GB50333-2013《医院洁净手术部建筑技术规范》中8.1.11，对于新风机组和空调机组的Ws值，按照不同类型和型式，推荐最高限制为0.41到0.74［W/（m3/h）］（即1476到2664 J/m³）。当风机计算出的SFP指标单位为J/m3时，和风机压头Pa是同一单位，SFP指标实际是评价系统克服压差阻力方面的能量，和系统阻力成正比，和风机效率成反比。

* + 1. 本条目可参考ISO 14644-16:2019，附录D.4。

通常，SFE通常是一年的风机耗电量和风量的比值，除风机功率外，耗电量还和风机的运行时间和频率控制相关。

* + 1. 洁净室节能的重要途径，除了降低系统阻力，再有就是提高洁净空气排除污染的效率，即降低洁净室风量，对于不同级别的洁净室，尽可能降低单位面积洁净室的风量。
		2. 参见ISO 14644-16:2019，附录D.4，指净化用空气处理机组（包括但不限于新风机组、循环机组和排风机组）的风机运行状态下的输入电功率除以洁净室（区）总占地面积。

洁净室PICR值还可以用“单位洁净风量风机功率”和“单位面积洁净风量”相乘得到。

* + 1. 参见ISO 14644-16:2019，附录D.5，指净化用空气处理机组（包括但不限于新风机组、循环机组和排风机组）的风机在全年不同运行状态下的总耗电量除以洁净室（区）总占地面积。该指标考虑了洁净室不同时期的运行状态，包括值班模式、调低风量、动态调节、停机等运行控制策略。
		2. 洁净室综合用能总功率（包括供暖、制冷、加湿、除湿、照明等项目中的部分或全部）除以洁净室（区）总占地面积。该指标考虑了洁净室的选址位置、围护结构情况、气候条件等影响，但不反应洁净室运行情况。
		3. 洁净室在不同运行状态下全年用能总量（包括供暖、制冷、加湿、除湿、照明等）除以洁净室（区）总占地面积。该指标考虑了洁净室的选址位置、围护结构情况、气候条件、运行等影响。
		4. 不同洁净室的洁净室综合用能的统计口径不一定相同，洁净室主要能源使用为控制悬浮粒子浓度、温度、湿度、压差、气载分子污染物等关键参数的能源消耗，其他常规能耗包括照明、工艺、水、气等全部或部分能耗，洁净室综合用能指洁净室运行所有能耗之和。
		5. 对于电子类洁净厂房，单位产品能效可以是出产单位面积玻璃基板的洁净室能耗，或者单位面积洁净室能耗等；对于疫苗生产洁净厂房，可以是单批疫苗的洁净室能耗；对于医院洁净手术室，可以是单台手术洁净室能耗；对于医院常规洁净室，如洁净病房，可以是每病床的洁净室能耗；对于动物房，可以是单位饲养动物的洁净室能耗。等等。
		6. 在进行洁净室节能定量评价时，应计算其节能率，计算出来的节能率，应注明是哪种能源绩效参数的节能率。

# 3 基本规定

* + 1. 按照《能源管理体系 要求》GB/T 23331-2012/ISO 50001:2011建立能源管理体系，可明确工作的组织者、管理者、主体、目标、责任、结果等，有效推进节能工作。
		2. 一些情况下，可能无法完全明确划分主体的边界，但需要尽量将与洁净室节能无关的项目剔除。
		3. 一些情况下，可能无法完全明确划分主体的边界，但需要尽量将与洁净室节能无关的项目剔除。
		4. 洁净室节能评价的实施方目前并无明确规定，一般应由具有相关技术能力、并为业内认可的第三方进行。对于阶段评价，可由业主自己进行。
		5. 能源基准的确定十分关键，但无论如何，由于很多条件都会不同，都在变化，不会有一个完美的可供比对的能源基准。介于很多条件所限，能源基准可能是不同时期的洁净室本身，可能是其他实际工程，可能是模拟计算的数据模型，也可能是实际工程是计算模型的结合等。
		6. 如果没有准确的数据支撑，节能实施的效果和意义将无从谈起。洁净室进行节能监测的基本要求应符合现行国家标准《节能监测技术通则》GB/T15316中的规定。
		7. 关于节能测量，有国标GB/T 28750-2012《节能量测量和验证技术通则》，以及北京市系列节能标准，包括：《冷水机组节能监测》DB11/T 975-2013、《工业照明设备运行节能监测》DB11/T 1210-2015、《中央空调系统运行节能监测》DB11/T 1211-2015、《节能监测服务平台建设规范》DB11/T 1411-2017、《水泵节能监测》DB11/T 1536-2018、《风机节能监测》DB11/T 1537-2018等，其中的方法可供参照使用。
		8. 在满足参数要求的前提下，洁净室的节能才有意义，所以对洁净室进行评价的同时，必须进行洁净室关键技术参数的监测评价。关键技术参数的选择和设置，应由洁净室使用者根据需要确定。

# 4 阶段评价和整体评价

* + 1. 阶段评价的主要目的，是指导洁净室明确节能要点，在不同阶段，发现节能机会，尤其是在设计初期，能对洁净室整个生命周期能耗进行评估，提前做好规划设计，避免今后节能升级改造。对于新项目，可以从设计阶段即进行节能评价；对于既有项目，可以针对运行管理等不同阶段进行评价；对于改造项目，可以从各个阶段进行评价，找出改造重点。
		2. 评价要点中，很多需要在实际运行后才能进行有效识别和评价，运行一段时间后，一些问题会暴露出来，运行方会进行相应的调整，最终确认能够或无法实现既定节能目标。
		3. 附录A中的很多项目需要进行主观分析评判，需要评价方对文件、数据、措施、效果等方面进行全面、准确的分析，得出科学合理的评价结果。
		4. 对洁净室节能进行A、AA和AAA评价，参考了《节能建筑评价标准》GB/T 50668-2011中的设置。但由于洁净室不同节能技术点的重要性不便准确划分，因此没有划分“控制项”、“一般项”、“优选项”，以节能措施的全面性，即符合项目的数量进行定性评价。

# 5 能源绩效评价

5.0.3 可以通过分析、计算、指定条件检测等方法，进行归一化处理，消除相关变量对结果的影响，使其具有可比性。可能对结果有影响的变量包括天气因素、室内负荷等，但变量对结果影响不大或无法进行归一化处理时，应在结果中说明。

5.0.4 一年的周期，能覆盖一个完整的生产周期和气候变化周期，可有效代表节能措施产生的整体效果。有时如果只对某一特定周期进行评价时，比如天气最不利期间、生产最集中时期等，也可根据需要设定，但应在结果中说明。

5.0.5 对洁净室能源绩效节能进行A、AA和AAA评价时，应注明具体使用的能源绩效参数和条件。