

中国建筑能效标准：制定和执行倡议

冯威*、周南*、Stephane de la Rue du Can*、Michael Bendewald**, Ellen Franconi**

1、前言

在全球范围，建筑物消耗的能源超过任何其他部门，温室气体排放约占全球排放量的 40%（IEA 2013a）。中国的城镇化发展推动建筑物存量迅速扩张，导致能源消费量增加。根据中国当前的发展规划，到 2030 年，中国的建筑能耗将超过世界任何其他国家的建筑部门，到 2050 年将增长一倍（IEA 2013a）。

提高中国的建筑物能效是控制全球温室气体排放的一个巨大机遇。虽然在这方面已有很多策略（PI & CCIEE, 2014），但是，建筑物节能的最有效方法还是建筑能效标准方案。这些方案在世界各地都得到验证，能够提高现有建筑的能效，也能对新建楼宇和现有建筑物的大型改造工程产生影响。

可喜的是，针对制定和实施建筑能效标准的最佳实践，不但有广泛的研究，也得到广泛的认同。本文旨在阐明这些国际最佳实践与中国实践之间的差距，提出缩小这种差距的建议，使中国有机会领先于全球。中国已经在实施建筑标准方面采用了许多国际最佳实践（Levine 等人，2012），所以本文假设一个采用了世界上所有最佳实践的国家，然后分析中国的差距。

2、差距分析

国际最佳实践表明，获得最好效果的关键是实施强制性的、可执行的、目标远大的建筑标准和设备标准，以标识体系为辅，并提供财政激励（Levine 等人，2012）。建筑标准应该是一个动态过程的一部分，定期提高标准，通过路线图规划实现目标的途径，并制定相应的配套方案，按照一个结构化的、有时间限制的流程来加以落实（GBPN, 2014）。本节从以下几个方面评估中国实践与国际最佳实践之间的差距：1) 覆盖范围与严格程度；2) 达标过程；3) 产业就绪程度；4) 评级和标识体系；5) 激励制度。

2.1 覆盖范围与严格程度

建筑能效标准应该是强制性的，适用于所有新建和改造的建筑物，才能发挥影响力。此外，严格的能效标准应达到最优水平，部分地区可以采用高于国家标准的地方标准，为其他地区做示范或开展试点项目，为进一步提高标准做准备。

从 1980 年代起，中国就制定广泛的全国性标准和地方标准。全国性标准涵盖建筑物的设计、建造和运行阶段。其中设计标准包括适用于三个主要气候带的三套城市居住标准。各省可以制定高于全国标准的公共（商业）和居住建筑设计规范。某些省级标准（如北京和天津）的能效水平比全国性标准高出大约 10-15%。

* 劳伦斯伯克利国家实验室，伯克利，加利福尼亚州 94720

** 落基山研究所，博尔德，科罗拉多州 80302

中国建筑物的运行平均能耗要比美国和欧洲低得多。然而，这并不一定是因为中国的建筑标准更严格，而是因为建筑物的使用和运行方式不同。符合标准的中国公共建筑物的能耗比美国高 20% 或更高，如果两国建筑都按照美国的方式运行。公共建筑物按中国的方式运行，与最新版本的美国公共建筑节能标准 ASHRAE 90.1-2013 (~100 千瓦时/平方米) 相比，其终端用能强度更高 (~120 千瓦时/平方米，2015)，即使考虑到运行方式的差异也是如此 (图 1)¹。符合中国标准的建筑物按美国方式运行，用能强度会变得更高 (~180 千瓦时/平方米，2015)。如果美国建筑物按中国方式运行，可以比在美国运行节省约 10% 的能源 (Feng 等人，2014)。

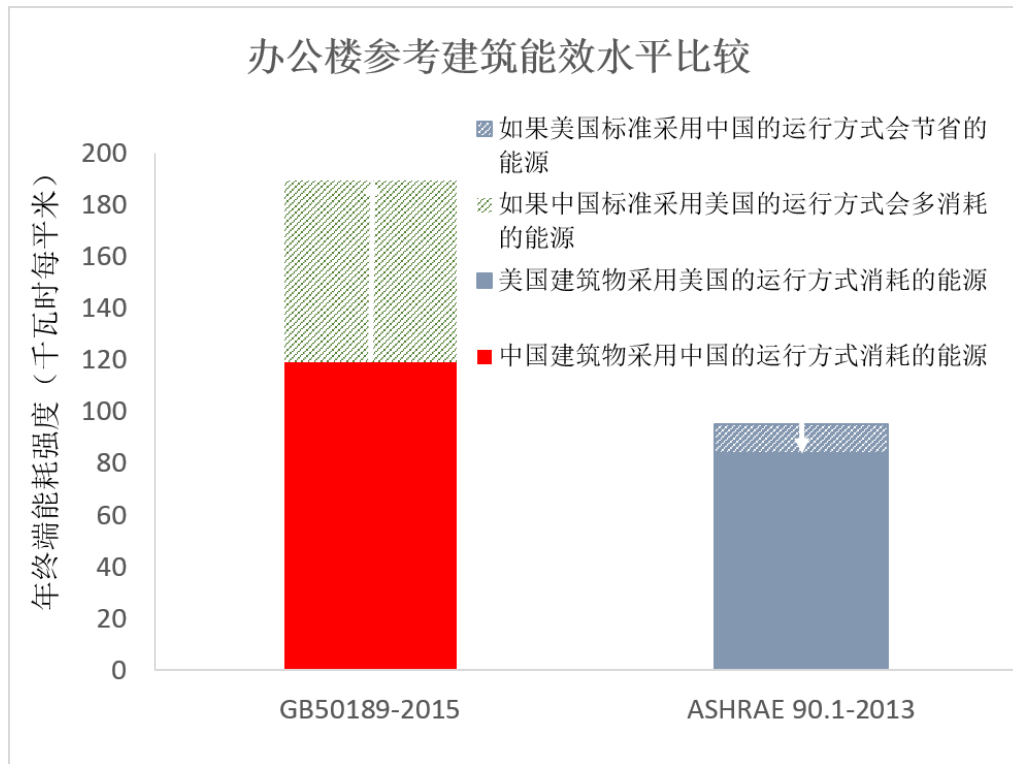


图 1：中国与美国公共建筑节能标准的能效比较 (Feng 等人，2014)

2.2 达标过程

建筑能效标准的有效性取决于达标水平，这就需要严格的监督、核查和执行体系。处罚措施包括停工、暂扣许可证和罚款。达标程序和执行程序需要公开透明，并记录在案，以确保所有利益相关方都能充分了解相关要求和处罚。国际最佳实践表明，使用达标检查软件 (如美国的 REScheck 或 COMcheck) 能简化达标检查和评估的过程。此外，这也是个人完成达标检查和评估，接受培训并注册的最佳实践 (如葡萄牙和丹麦的建筑评估师注册)。

在中国，监督和执行新建筑能效标准的办法是，在项目审批过程中对新建工程进行定期检查，对竣工项目进行随机抽查。新建工程的定期检查有一套“循环系统”，包括行政审批的四个阶段

¹ 美国 ASHRAE 90.1 标准测算的建筑能效是根据一项办公楼 (符合美国能源部建筑能效标准) 研究而确定的。本文提及的中国和美国建筑物都包括照明、供暖、通风和空调 (暖通空调)、插座负荷、生活热水等受监管的主要终端用能。但是，中国标准一般只根据照明和暖通空调来衡量建筑能效。

(Levine 等人, 2012)。如果竣工项目不符合标准, 将无法获得建设委员会的批准, 并被视为违规建筑, 不得出售或使用。除了暂扣使用许可证以外, 政府还在 2007 年颁行了其他处罚措施, 包括吊销执照、罚款、要求不达标的建筑物或建筑物构件进行整改。

根据中国住建部 (MOHURD) 数据, 达标率在过去 15 年里显著提高并一直保持稳定 (图 2)。独立的市级检查证实了住建部报告的高达标率 (Evans, Shui, Halverson & Delgado, 2010)。然而, 这项达标率检查并未包括: 1) 中小城市和农村地区; 2) 竣工后阶段。

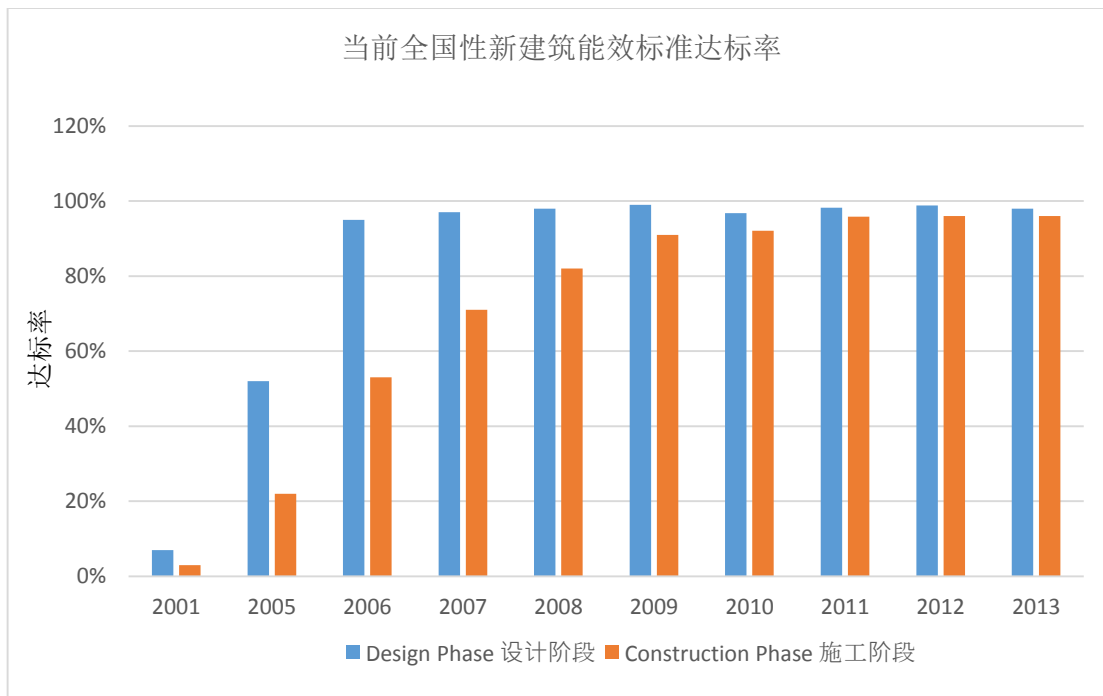


图 2: 中国全国性建筑标准达标率

资料来源: 中国建筑节能协会

有证据表明, 上述两个领域的达标率非常低。中小城市的执行难包括人手不足、缺乏建筑能效领域的专门知识, 达标检查只能依赖过时的纸质文件而没有电子文件。此外, 中小城市的市长还会在吸引房地产开发商和执行严格的建筑能效标准面前左右为难。最后, 开发商及其代表往往自行组织竣工后检查, 缺乏政府监督。

2.3 产业就绪程度

一套行之有效的方案可以促使建筑产业开发新技术和新设计, 满足更严格的标准, 往往是通过规模经济压低增量成本来实现这一点。关键是要有一套全国性的能效标准目标, 以及关键利益方的合作。举例来说, 有些欧盟国家制定了今后一段时间的一系列目标, 旨在 2020 年或稍后实现净零能耗。美国 ASHRAE 也为建筑业提供了一个平台, 可以对节能标准的制定和改善发挥持续影响。

在中国, 建筑产业很难预测标准何时会更新以及更新到什么程度。住建部决定修订标准时, 会启动一个多方参与的流程, 开展研究 (如成本效益分析) 和制定修订计划 (图 3)。中国建筑科学研究院

是研究、制定和修订标准的技术主导，负责组织一个由大学、当地建筑科研院所、设计院、开发商和建筑技术公司的专家组成的标准修订委员会。每一次更新大约需要三年时间，包括研究、起草征求意见稿、技术评审委员会评审和住建部验收。

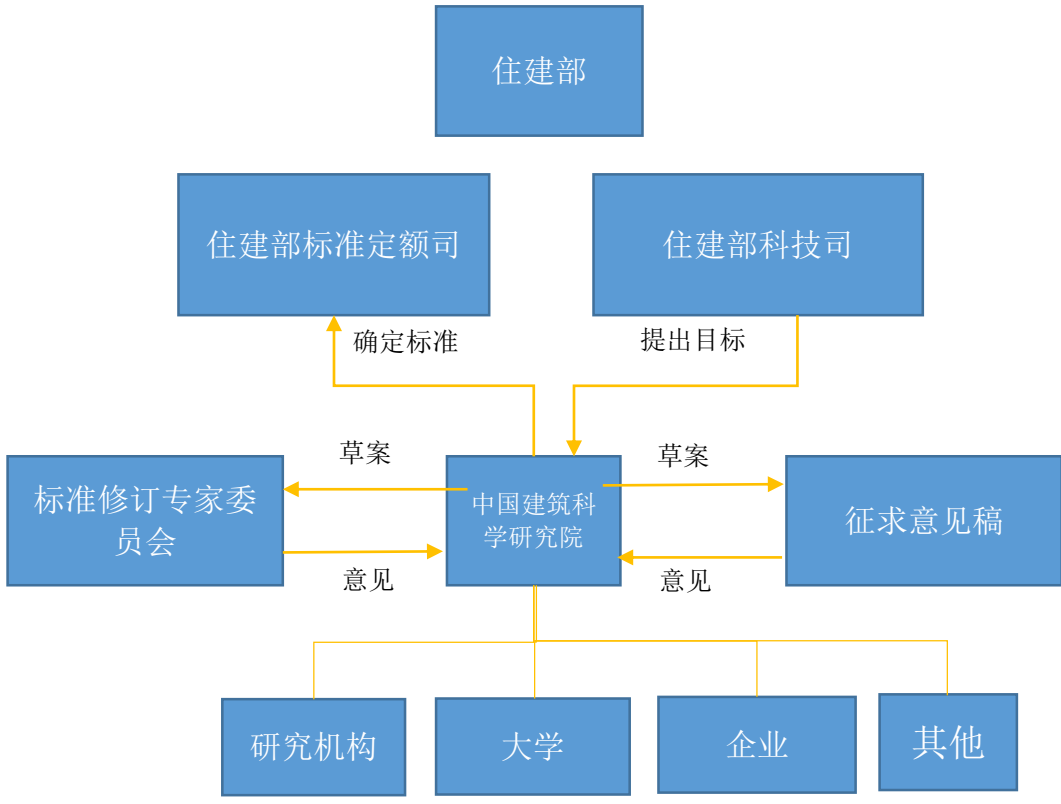


图 3：中国全国性建筑标准制定流程

目前，中国建筑产业并没有可以持续参与标准制定流程的平台。只有在修订标准时才会邀请利益相关方参与。从住建部批准新标准到标准的最终生效，通常会有六个月的准备期，用来培训住建部地方部门的执行人员、房地产开发商和产业其他部门，为新标准做准备。

2.4 评级和标识体系

对建筑物的实际能效进行评级和标识，可以通过市场力量来奖励高于规范要求的建筑物，促进不满足要求的建筑物升级改造。² 评级和标识往往跟踪衡量建筑物运行时的能效，与设计 and 建造方案旨在实现的能效或有差异，因此是保持建筑物低用能的重要工具。最后，政府要求公共建筑带头实现高能效评级，也会促进市场普及并提振市场价值。

这方面的最佳实践有许多种，可以强制认证，也可以自愿认证；可以给出提高能效的建议，也可以给出评级，这些评级有时强制性公开披露，有时并不公开，而是供业主参考查阅。欧洲建筑能效指令（EPBD）是一项强制性计划，包括如何有效地提高建筑能效的建议（Levine 等人，2012）。澳大利亚的建筑环境评估体系（NABERS）是一项自愿性计划，为评级提供简洁明了且可靠的标准。爱

² 公用事业费用较低，有时舒适度还会提高，这样的节能措施会提振高能效建筑带给住户的价格。

尔兰政府制定了国家行政系统（NAS），对能源使用进行统计分析，制定现有建筑物的能效基准。在这三个国家和地区，不同类别，大小超过一定限值的建筑物都必须向有关方面披露能效评级后，方可出售或出租。

中国的评级和标识体系较新，分为两类，一个是绿色建筑评价标识（GBEL），另一个是建筑能效测评标识（BEEL），都是由住建部于2008年建立的。GBEL是自愿项目，包括绿色建筑设计标识（GBDL），和评价建筑物运行的绿色建筑标识（GBL）。GBDL从能效、土地利用、用水效率、建筑材料资源利用效率、室内环境质量、运行管理等方面对建筑物给予一到三颗星的评级。BEEL注重节能项目，与美国的“资产评级”概念非常接近，建筑物必须获得BEEL标识，才能申请GBDL标识。此外，中国的建设项目也采用“能源和环境设计领先”（LEED）认证，这是一套国际性的绿色建筑自愿认证系统，评估标准与GBL类似，分为银级、金级、白金级三类。

中国的绿色建筑标识体系面临着其他新项目同样的挑战，主要是缺乏建筑能效评估的专业知识，后续成本较高，以及缺乏监管等。BEEL体系采用建模仿真评价系统，非常复杂，只有少数经验丰富的专家能使用这套软件。这就导致评价成本高，打击了自愿参与的积极性，致使大部分试点项目成为中央资金资助的示范性项目（Mo, Burt, Hao, Cheng, Burr, & Kemkar, 2010）。其次，有实际测量值的BEEL评级与GBEL的理论性星级评级如何整合到一起，也是个难题。实际测量评级比理论评级花费更高，所以使用率较低，因为没有鼓励开发商和业主支付额外成本的激励机制（Mo, Burt, Hao, Cheng, Burr, & Kemkar, 2010）。此外，当前参加GBEL评级的专家包括评价制度起草者、达标监督制度起草者、项目设计顾问等，第三方监督不足，可能会阻碍GBEL体系的普及。

政府要求公共建筑实现高于能效标准的评级，这有助于促进市场需求，最终为这些有标识认证的高能效建筑创造价值。在美国，2015年3月，总统签署13693号行政命令，要求加快实现联邦可持续性目标；4月份通过《2015能效改进法案》（Energy Efficiency Improvement Act），8月份通过《清洁电力法案》（Clean Power Plan），促使联邦机构进一步提高联邦办公大楼的节能目标，利用更多可再生能源，甚至实现净零能耗。³政府以身作则，可以提振超标准高能效建筑的市场需求，从而提高这类建筑的市场价值，最终加快节能建筑的普及，实现更进一步的节能目标。

2.5 支持计划

尽管节能措施有很高的成本效益潜力，但业主要对高于规范要求的能效措施进行投资，仍面临重重障碍，其根源就在于前期成本较高。因此，以直接支付（例如退税）或低成本融资为形式的财政激励可以发挥关键作用，鼓励业主和企业投资于能效。

一些国家直接把这种激励措施与获得某些级别的特定建筑认证捆绑在一起。在美国，有不少州和市政府鼓励业主获得认证。比如，康涅狄格州执行“绿色建筑税收抵免”，即对达到或超过LEED金级认证标准的建筑物业主和商用物业开发商实行税收激励⁴。又比如，德国的kfw计划向达到或高出认证等级的建设工程和改造项目提供低息贷款和资助。

3

http://blog.rmi.org/blog_2015_10_08_2015_energy_exchange_taking_energy_retrofits_further_with_the_federal_government

⁴ <https://www.cga.ct.gov/2015/rpt/pdf/2015-R-0061.pdf>

中国改造空调市场的激励计划居世界前列（De La Rue du, 2015），18个月内支出了18.5亿美元补贴制造商，帮助它们通过更严格的标准；但在建筑能效方面，却没有重大的国家激励制度。虽然推出了一些经济激励措施，支持固定资产投资、生产和使用新型墙体材料（Li, Shui, 2015），但中央政府只对大城市拨款。2011年，40个城市经选定可获得每平方米20元人民币（3美元）的国家补助，以达到政府建筑和大型公共建筑能源强度分别降低20%和30%的目标（Levine等人，2012）。中央政府还拨款5000万元人民币（800万美元）支持绿色生态城市和生态区建设，但力度太小，难以发挥实质性的影响。最近，财政部和住建部联合宣布，对达到GBEL二星级和三星级的绿色建筑提供财政激励。虽然这些措施令人鼓舞，但资金利用和总体成效的相关信息很少。

3、 建议

3.1 覆盖范围与严格程度

3.1.1 制定长期路线图

为进一步严格规范要求，政府可以制定一套长期路线图，明确目标、途径、关键政策和时间表。长期路线图将引导未来建筑标准的更新，有助目标的建立。制定一套长期的能效路线图将有助于调节未来的建筑能耗。此外，长期规划也将给产业发出信号，以合理成本做好准备，也能让执行和达标机构更清楚地了解情况。

住建部正在制定2030年建筑能效路线图，进一步降低建筑物能耗。根据住建部的指引，中国建筑科学研究院制定了一套路线图草案，说明今后每5年更新一次标准（图4）。这样的路线图应当通过法律手段来推广和执行。改善路线图规划的潜在领域包括：基准与国际最佳实践（如ASHRAE标准）接轨，强化标准的严格程度，根据实际能效（即结果）确定具体标准等。

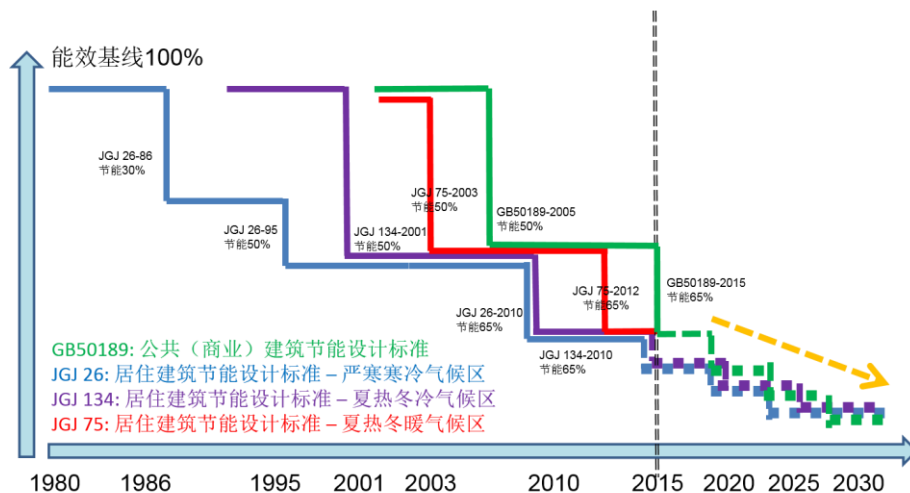


图 4：商业和居住建筑节能标准更新初步路线图，每 5 年为一个更新周期

资料来源：中国建筑科学研究院

3.1.2 加大资金投入，支持建筑能效标准的制定和管理

为进一步制定和管理建筑标准，需要进行更多的定量研究，以揭示加强标准严格性的潜力所在。这些研究包括针对特定经济区域的成本效益分析，以及满足经济和环境目标的影响。应持续提供大量资金，最终目的是建立长期目标，比如要达到“净零或近零能耗”。例如，美国能源部建立了建筑标准扶持计划，为标准的研究、制定，以及达标提供支持。通过这样的国家级建筑标准专项资金计划持续提供支持，效果非常显著。

3.2 达标过程

3.2.1 由政府机构或独立第三方对竣工后项目进行强制性检查和报告，而不是开发商自行报告

竣工后建筑物的达标情况往往由开发商或代表企业报告。应该由政府机构或准政府第三方机构进行强制性检查，而且要在达标后才能颁发许可证，允许居住或运行。

3.2.2 提高达标检查执行人员的能力和独立性

对建筑能效有一个基本了解有助于执行机构进行达标性检查和执行规范。有些国家推行经中央机构认可的培训，由中央机构定期检查，保证培训质量。此外，将第三方认证执行人员引入执行过程，有助于降低成本和提高效率，还可以建立一支独立的执行队伍；同时把第三方营利性达标检查公司纳入市场，扩大市场规模。

3.2.3 为更科学更全面的达标检查程序开发软件工具和指导

中国建筑标准要有针对性地强化整体建筑物能效达标程序，并提供详细的建模指导。美国的 **ASHRAE** 和 **COMNET** 组织是制定标准和指南的良好范例。有限的能效测评方法也非常重要，它利用简化的软件工具来比较主要用能系统之间的能效。在美国，**COMcheck** 和 **REScheck** 都是成熟的公共建筑和居住达标检查软件，分别支持 **ASHRAE90.1** 和 **IECC** 标准。中国可以开发同类软件，为达标检查人员提供适当培训，将极大促进达标检查和执行过程。数字化建筑信息和数字化执行也非常重要，可以加强执行的工作流程，增加透明度。

3.2.4 增强小城市的能力

上述建议应优先考虑较小的城市，这里才是最需要改善达标和执行程序的地方。

3.3 产业就绪程度

有必要让来自政府机构、产业、研究机构、开发商、公用事业和非政府组织的关键利益相关方参与标准的制定。建立专业学会（如 **ASHRAE**）或同类机构有助于利益相关方更多开展针对标准升级与研究的定期讨论，互相借鉴在标准制定和实施过程中得到的经验和教训，有利于未来标准的制定。

3.4 评级和标识体系

3.4.1 鼓励申请评级和标识

中国的现行评价体系需要更广泛地普及，在明确节能机会方面要更有效。可以通过提升人员能力，降低认证成本，确定普通的效益好的节能措施供业主考虑等做法，来实现这一点。开展试点项目，强制性采用建筑能效标识和能效公示，有助于建筑节能标识体系的推广。最后，通过第三方评估（如 LEED 采用第三方的做法）确保评估质量的做法，也可以建立对评价体系的信心和推广。

3.4.2 让市场来评估建筑能效

由于建筑能效数据不公开，所以不能在建筑投资和评估过程中加以适当考虑。需要开发提高市场意识和促进能效公示的程序，让能效的投资价值得到充分理解。认证体系所收集的信息可以存储在中央数据库，日后用于能效比对，鼓励市场代理提高建筑能效（与同类建筑相比）。

3.4.3 政府可以以身作则，提高市场价值

中国各级政府可以以身作则，为公共建筑制定更高标准，承诺政府拥有和租用的建筑物实现最高能效标准。

3.5 激励制度

3.5.1 评估替代性激励制度

许多国家都面临同一个问题：什么样的激励措施可以用最低的成本达到最佳的节能效果？重要的是要认真持续评估各种激励机制，相互比较，为下一步措施做好准备。国际上更常见的做法是，将激励计划的资金拨出 2%-4% 用于评估，在项目启动前评估预期效果，在项目完成后评估实际效果（Zhou, 2012）。在制定激励计划之前开展全面研究，设计出适当的激励计划，确定资金流向、受益方和市场部门，也很重要。对此前激励计划的效果进行事后评估，也能为今后的激励计划提供有益的参考。

3.5.2 试点新的创新性激励制度

为了不断完善财政激励政策组合，要对创新性的最佳实践进行试点。创新策略可以包括能效技术融资，退税和补贴。例如，欧盟每年都会对一系列激励措施进行部署、评估、完善（Levine 等人，2012）。

表 1 差距分析和建议汇总

项目	差距分析	建议
覆盖范围与严格程度	中国的建筑标准涵盖了全国各气候带的居住和公共建筑，但在严格程度上不及国际最佳实践，符合标准的中国公共建筑物的能耗要比美国更高。	<ul style="list-style-type: none"> ● 制定一套长期能效标准严格程度路线图 ● 向建筑标准的制定和管理加大资金支持力度（包括国家级专属项目）
达标过程	中国大城市建筑物在设计和建造阶段的达标率很高，但中小城市有待提高。无论城市大小，竣工后的检查过程都不是由政府机构进行的。	<ul style="list-style-type: none"> ● 由政府机构或独立第三方进行强制性竣工后检查和报告，而不是由开发商自行报告 ● 提高中小城市的监管能力 ● 提高达标检查人员的能力和独立性 ● 为更科学更全面的达标检查程序开发软件工具和指引
产业就绪程度	对产业来说，很难预测标准何时更新以及更新到什么程度。	<ul style="list-style-type: none"> ● 为利益相关方的参与创建一个平台 ● 尽量缩小地方性规范和全国性规范之间的差距，消除市场混乱
评级和标识体系	认证体系是自愿性的，如果认证协议更容易查阅，更加标准化，将有利于认证体系的发展。	<ul style="list-style-type: none"> ● 促进建筑能效评价体系的推广（包括试点公示项目） ● 让市场评估建筑物的能效 ● 政府可以以身作则，帮助提高节能建筑的市场价值
激励制度	最近已经实施了一些激励方案，但效果有待评估。	<ul style="list-style-type: none"> ● 拨出专项资金，研究设计激励计划的最有效机制，评估激励计划的效果 ● 试点新的创新性激励制度

审稿专家

以下审稿专家为本文提供了颇有价值的意见和建议，本文作者特此致谢。

- Greg Bergtold, 陶氏化学
- 贾卫东, 中建方程投资发展有限公司副总经理
- Adam Hinge, ASHRAE 标准委员会, 可持续能源合作伙伴项目执行总监
- Brian Holuj, 美国能源部国际科技专家
- Steve Nadel, 美国节能经济委员会执行总监
- Greg Turner, 霍尼韦尔
- Mark Weick, 陶氏化学
- 武涌, 中国建筑节能协会会长
- Samuel Xiang, 霍尼韦尔
- 徐伟, 中国建筑科学院建筑环境与节能研究院院长

参考资料:

Evans M., MA Halverson, B Shui, A Delgado (PNNL). 2010. Enforcing Building Energy Codes in China: Progress and Comparative Lessons

de la Rue du Can, Stephane, Greg Leventis, and Nihar Shah. Lessons Learned From Incentive Programs for Efficient Air Conditioners: A Review., Lawrence Berkeley National Laboratory, LBNL-191145

Global Buildings Performance Network (GBPN). 2014. Designing And Implementing Best Practice Building Codes: Insights From Policy Makers – Policy Paper • July 2014
http://www.gbpn.org/sites/default/files/05_Design%20and%20implementation%20of%20best%20practice%20building%20codes.pdf

IEA 2013a. International Energy Agency. 2013. “Transition to Sustainable Buildings: Strategies and Opportunities to 2050,” OECD/IEA, Paris

IEA 2013b. International Energy Agency. 2013. “Policy Pathways: Modernising Building Energy Codes “
<http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/policy-pathways-modernising-building-energy-codes.html>

Levine, Mark D., Stephane de la Rue du Can, Nina Zheng, Christopher J. Williams, Jennifer Amann, and Dan Staniaszek, 2012. Building Energy-Efficiency Best Practice Policies and Policy Packages, Lawrence Berkeley National Laboratory, Report LBNL-6006E. <https://china.lbl.gov/publications/building-energy-efficiency-best>

Li j., B. Shui. 2015. A comprehensive analysis of building energy efficiency policies in China: status quo and development perspective. Journal of Cleaner Production 90 (2015) 326e344

Mo, Kevin, Lane Burt, Bin Hao, Jie Cheng, Andrew Burr, and Sonal Kemkar, “Comparative Analysis of US and China Building Energy Rating and Labeling Systems,” 2010.

Paulson institute & China Center for International Economic Exchanges, 2014. “21st Century Buildings: Optimizing Building Performance for a Sustainable Future”

Sha Yu, Jiyong Eom, Meredydd Evans, Leon Clarke. 2014. A long-term, integrated impact assessment of alternative building energy code scenarios in China. Energy Policy Journal, Volume 67, April 2014, Pages 626–639

Feng, Wei, Ke Huang, Shicong Zhang, Mark Levin, Nan Zhou. “Evaluation of Energy Savings of the New Chinese Commercial Building Energy Standard”, Proceedings of the American Council for An Energy-Efficient Economy 2014 Summer Study on Energy Efficiency. Washington DC: ACEEE.

Nan Zhou, John Romankiewicz, Edward Vine, Nina Khanna, and David Fridley, 2012. “International Review of Frameworks for Impact Evaluation of Appliance Standards, Labeling, and Incentives”, LBNL report.

简称:

ASHRAE: 美国采暖制冷和空调工程师协会

IECC: 国际节能标准

MOHURD: 住房和城乡建设部

CABEE: 中国建筑节能协会