

中瑞零碳建筑项目

零碳建筑标准：中国与瑞士对比分析

让我们共同打造气候中和的未来
Building a climate-neutral future together



中华人民共和国
住房和城乡建设部



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

intep
skat Swiss Resource Centre and
Consultancies for Development

说明

编辑信息

2025 年 6 月, 版本 1.0

主要作者

Intep-Skat 团队

- Roland Stulz
- 路枫博士
- 朱继龙
- André Ullal 博士

Low-Tech Lab GmbH 团队

- Martin Ménard

Faktor Journalisten AG 团队

- Paul Knüsel
- 中国建筑科学研究院 CABR
- 张时聪博士
- 杨芯岩博士

项目发起与指导方

- 中华人民共和国住房和城乡建设部
- 瑞士联邦外交部发展合作署

目录

1. 摘要	3
2. 中国国家层面零碳建筑标准	4
3. 中国地方层面能源标准	9
4. 瑞士零碳建筑标准	12
5. 中瑞零碳建筑标准比较与展望	18
6. 结论与建议	20

1. 摘要

本报告系统性比较了中国与瑞士在零碳建筑（Zero Emission Building, ZEB）领域的标准体系、实践路径和政策背景，旨在总结两国在建筑碳减排方面的经验并提出未来合作与标准完善的建议。

在中国，建筑节能标准自 20 世纪 80 年代以来持续提升。国家标准已涵盖建筑运行阶段的能源消耗与碳排放控制，近年来逐步引入“近零碳”与“零碳建筑”概念。2019 年颁布的《建筑碳排放计算标准》（GB/T 51366-2019）为建筑生命周期内碳排放的核算奠定了基础。2023 年，《零碳建筑技术标准（征求意见稿）》明确了建筑不同碳排放等级的定义与评估方法，重点关注运行阶段，同时允许通过绿色电力与碳交易机制进行碳抵消。多个地方（如黑龙江、陕西、浙江、深圳、海南）已在具体气候条件下制定补充性技术标准，并通过专家交流吸纳国际经验。

瑞士自 1970 年代起推动建筑节能与脱碳。最新发布的技术标准 SIA 390/1（“气候路径”）基于建筑全生命周期，涵盖施工、运行及交通三大碳排放阶段，提出两个目标值（基础值与雄心值），并基于国家级生命周期数据库（KBOB）进行数据支持。标准还通过 SIA 2032 和 SIA 2039 进一步细化建筑构件与交通相关排放的评估。瑞士经验强调统一热工标准、缩短规范长度、量化用户行为与未来气候变化影响的重要性。

比较结果显示，中瑞两国在建筑脱碳路径上方向一致，但在实施深度、数据系统化与全生命周期视角上仍存在差异。中国标准侧重于运行阶段碳管理，而瑞士标准已全面覆盖建筑生命周期全过程。瑞士广泛使用基于公共数据库的定量方法，并将交通与能源基础设施纳入建筑碳足迹核算。两国均鼓励通过市场机制（如绿色电力证书、碳交易）实现剩余排放的抵消，光伏系统在 ZEB 中均扮演关键角色。

为加快中国建筑行业的低碳转型，报告提出以下建议：

- 拓展标准范围，将建造阶段隐含碳排放纳入 ZEB 考核；
- 建设国家级碳排放因子数据库，覆盖能源、运输与建材；
- 统一建筑围护结构的热工性能要求，提高市场透明度；
- 鼓励地方标准与国家标准对齐，避免规范碎片化；
- 明确光伏电力使用的核算规则，特别是区分自用与并网电量对碳减排贡献的差异；
- 在标准中纳入用户行为与气候变化预测因素，提升计算模型的现实适应性。

2. 中国国家层面零碳建筑标准

中国的能源标准

在过去几十年间，中国持续推动建筑节能标准的提升。相关工作始于 20 世纪 80 年代初，当时建设部开始系统推进建筑能效相关工作，并逐步建立起覆盖五大气候区、适用于各类建筑类型和建筑全生命周期的能效标准体系。

截至 2016 年，中国已分阶段实现了在 20 世纪 80 年代基准基础上分别提升 30%、50% 和 65% 的节能目标。根据最新规划，未来建筑节能水平还将进一步提升，目标为超过 75%。除了对运行阶段能源使用的规范外，标准还对可再生能源的利用设定了强制性要求。

自 2019 年起，随着《建筑碳排放计算标准》（GB/T 51366-2019）的发布，“近零能耗”概念正式被引入标准体系，建筑领域开始更加关注碳排放问题。在此基础上，制定零碳排放标准也被正式提上议程。

未来的发展愿景明确提出：从目前对能源消耗的“双控”（总量控制与强度控制），逐步转向对碳排放的“双控”（总量控制与强度控制），以此进一步推动可再生能源的广泛应用。

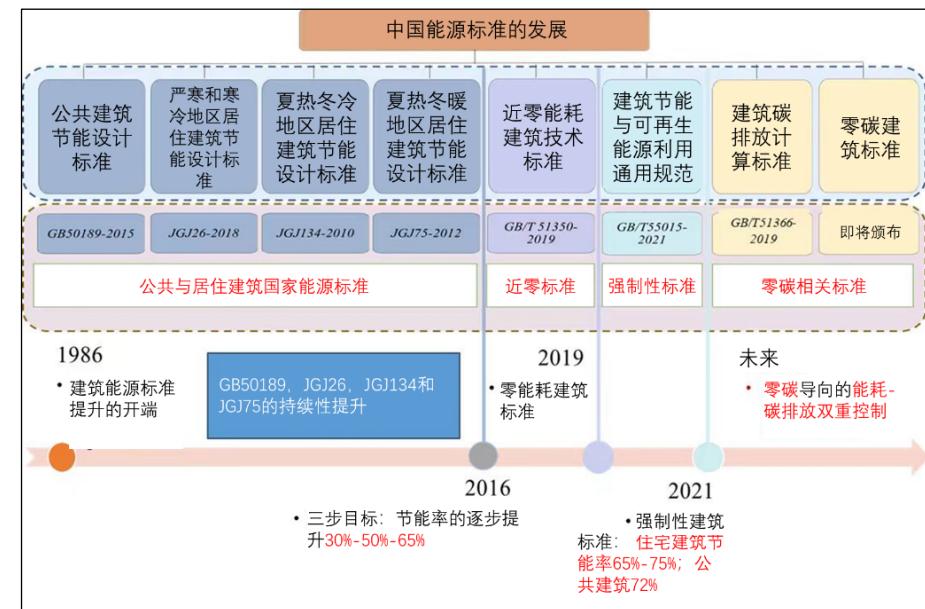


图 1 中国建筑节能与碳排放标准体系，来源：中国建筑科学研究院

从建筑节能

GB55015-2021：建筑节能与可再生能源利用通用规范；强制国家标准，于 2021 年颁布

到近零能耗

GB/T 51350-2019：近零能耗建筑技术标准；推荐性国家标准，于 2019 年颁布

背景

近年来，中国建筑节能标准显著提升，绿色建筑和超低能耗建筑实现了快速发展，既有建筑节能改造工程也取得了明显进展。同时，建筑领域可再生能源的应用规模持续扩大，能源结构不断优化。

在 2016 年发布的国家建筑节能设计标准基础上，近零能耗建筑在各气候区的节能效果尤为显著：在严寒和寒冷地区，近零能耗居住建筑的能源消耗降低了 70% 至 75% 以上，且已不再依赖传统供暖方式；在夏热冬暖和夏热冬冷地区，其居住建筑的能耗下降超过 60%；而近零能耗公共建筑在各类气候区的平均能耗降幅也超过 60%。

标准的发展过程

随着建筑节能理念的不断深化，中国逐步形成了从“超低能耗建筑”到“零能耗建筑”的发展路径，并在标准体系中明确了各阶段建筑的定义和技术要求。

■ 超低能耗建筑

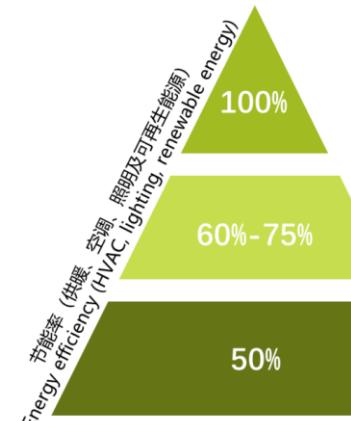
- 超低能耗建筑因地制宜，充分适应当地气候条件，通过采用被动式建筑技术，显著降低建筑本体的能源需求。同时，通过提升建筑系统的能效水平，在低能耗运行的前提下，营造健康、舒适的室内环境。

■ 近零能耗建筑

- 在超低能耗建筑的基础上，近零能耗建筑同样依赖被动式技术降低能源需求，并进一步整合高效建筑系统。在此基础上，积极利用可再生能源，实现绝大部分能源的自给自足，显著减少对传统能源的依赖，从而在保持低能耗的同时，提升建筑运行的可持续性。

■ 零能耗建筑

- 零能耗建筑是在实现极致能效的基础上，通过建筑现场或其附近区域生产的可再生能源，使其年均产能大于或等于建筑自身全年所需能源总量。



零能耗建筑/Zero energy building

适应气候特征和自然条件，通过被动式技术手段，最大限度降低建筑供暖供冷需求，最大幅度提高能源设备与系统效率，充分利用建筑物本体及周边或外购的可再生能源，使可再生能源全年供能大于等于建筑物全年全部用能的建筑。

近零能耗建筑/Nearly zero energy building

适应气候特征和自然条件，通过被动式技术手段，最大限度降低建筑供暖供冷需求，最大幅度提高能源设备与系统效率，利用可再生能源，优化能源系统运行，以最少的能源消耗提供舒适室内环境。

超低能耗建筑/Ultra-low energy building

适应气候特征和自然条件，通过被动式技术手段，大幅降低建筑供暖供冷需求，提高能源设备与系统效率，以更少的能源消耗提供舒适室内环境的建筑。

图 2 中国近零能耗建筑技术标准，来源：中国建筑科学研究院

GB/T 51366 – 2019 建筑碳排放计算标准

推荐性国家标准，颁布于 2019 年 4 月 9 日

UDC

中华人民共和国国家标准



P

GB/T 51366-2019

建筑碳排放计算标准

Standard for building carbon emission calculation

2019-04-09 发布

2019-12-01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部 联合发布
国家市场监督管理总局

图 3 建筑碳排放计算标准, 来源: 中华人民共和国住房和城乡建设部

为落实国家关于应对气候变化和推进节能减排的政策目标, 中国于 2019 年由住房和城乡建设部发布了国家标准《建筑碳排放计算标准》(GB/T 51366-2019)。该标准自 2019 年 12 月起正式实施, 旨在规范建筑碳排放的计算方法, 推动资源节约与环境保护。

该标准适用于新建、扩建及改建的民用建筑, 涵盖建筑全生命周期中材料生产与运输、施工与拆除以及运营三个阶段的碳排放计算。标准中明确了各阶段的碳排放计算方法及相关参数, 为建筑碳排放的系统评估提供了技术依据, 并为未来制定更加细化的碳排放标准奠定了基础。

根据标准, 碳排放的计算过程可分为以下三个阶段:

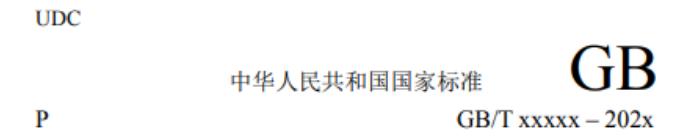
- 建筑材料的生产与运输阶段,
- 施工与拆除阶段,
- 运营阶段。

每一阶段的碳排放量可分别计算, 最终累计为建筑全生命周期的总碳排放量, 亦可用于碳抵消量的核算。计算范围涵盖《政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 国家温室气体清单指南》中列明的所有主要温室气体类型。

该标准既可在建筑设计阶段使用, 也可在施工完成后应用。通过推广标准化的碳排放计算方法, 推动建筑行业在设计初期就加强对节能与减碳的关注。同时, 建筑企业和建材企业也将提升其在碳排放核算、报告、检测与第三方验证方面的意识和能力, 为实现建筑领域的低碳转型提供技术支撑。

《零碳建筑技术标准》征求意见稿

2023 年 7 月 19 日, 中华人民共和国住房和城乡建设部发布了《零碳建筑技术标准(征求意见稿)》。该标准在我国“双碳”战略背景下提出, 旨在推动建筑行业实现碳达峰与碳中和目标, 为低碳、近零碳及零碳建筑和区域的建设与评估提供技术依据。



征求意见稿，来源：中华人民共和国住房和城乡建设部

该标准系统界定了低碳建筑、近零碳建筑、零碳建筑，以及对应的低碳、近零碳和零碳区域的术语和技术要求。标准的适用范围涵盖新建建筑与既有建筑的改造项目，并适用于上述建筑或区域在设计、施工、运营及评估全过程中的碳排放管理。

标准重点关注建筑和区域的运行阶段碳排放，通过综合运用节能设计、高效设备、可再生能源等手段，最大限度降低建筑的能源需求与碳排放水平。对于不可避免的剩余碳排放，建筑可通过使用绿色电力、购买碳抵消证书（如二氧化碳排放权证）等方式进行碳补偿，以实现运营阶段的“零碳”目标。

该标准的制定意在支撑国家“2030年前实现碳达峰、2060年前实现碳中和”的战略目标。其核心目标包括：

- 降低建筑运行能耗；
- 提高能源利用效率；
- 营造健康、舒适的室内环境；
- 推动可再生能源的广泛应用；
- 引导建筑及其所在区域向低碳、近零碳乃至零碳水平逐步迈进。

《零碳建筑技术标准》的发布，标志着我国在建筑领域由“节能导向”向“碳减排导向”的转变迈出了关键一步。

目录

1. 总则
2. 术语
3. 技术指标
4. 建筑降碳设计
5. 区域降碳设计
6. 低碳建造

20xx-xx-xx 发布

20xx-xx-xx 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部
国家市场监督管理总局
联合发布

图 4 零碳建筑技术标准，2023年7月19日由中华人民共和国住房和城乡建设部发布的

7. 低碳运行
8. 检测与判定
9. 碳抵消
10. 附录 A-D

标准摘要

■ 建筑运行阶段的三个目标等级

- 低碳建筑
- 近零碳建筑
- 零碳建筑（包括碳抵消机制）

■ 全过程零碳建筑

- 建筑建材、建造和运行全过程的总碳排放量不大于零的建筑。

■ 基准建筑：达到 GB55015-2021 要求的建筑

■ 区域的三个目标等级

- 低碳区域
- 近零碳区域
- 零碳区域（包括碳抵消机制）

■ 碳排放要求的两个等级（请注意，这两个要求是可选择的，而非全部需要达到标准）

- 建筑碳排放强度，单位为 kg CO₂/m²a
- 建筑降碳率，单位为%，同基准建筑碳排放强度的比值

■ 考虑的碳排放

- 直接碳排放：来自场地内直接燃烧化石能源（GHG 范围 1）
- 间接碳排放：来自场地外电力生产与区域供暖（GHG 范围 2）
- 隐含碳排放：来自于建筑建造和建材运输（仅对全过程零碳建筑生效，GHG 范围 3）

■ 碳抵消机制

- 绿色电力交易：交易经认证的绿色电力
- 碳排放权交易：交易碳排放权

■ 碳排放因子

- 燃料：依据建筑碳排放计算标准 GB/T 51366-2019
- 电力：500g/kWh（依据该标准中的 8.3.4 节）

3. 中国地方层面能源标准

技术原则

中国各省制定的地方能源标准在总体上是对国家建筑能源标准的有益补充。这些标准在延续国家标准基本框架的基础上，结合本地区的气候特点、建筑市场状况和文化背景，对计算方法和技术要求进行了细化和完善。地方能源标准不仅具有技术指导意义，还常作为制定地方强制性或自愿性建筑规范、激励政策和支持项目的基础。

作为中国零碳建筑项目的重要组成部分，项目团队组织开展了针对海南省、深圳市、浙江省、陕西省和黑龙江省的地方能源标准专题专家交流。以下内容汇总了来自瑞方专家的主要观察结果与建议。

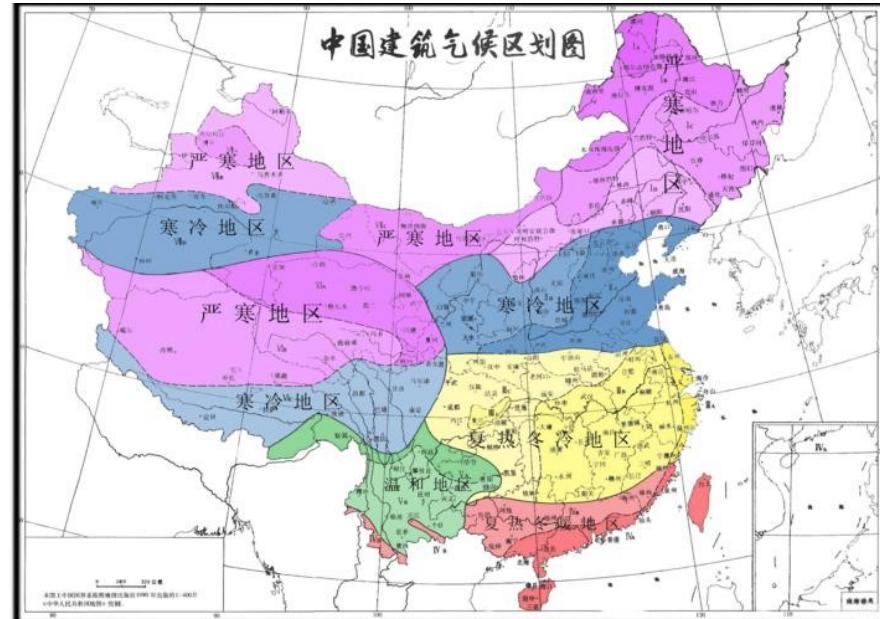


图 5 中国气候区划分, 来源: 中国建筑科学研究院

严寒气候区: 黑龙江省

地方标准	黑龙江省超低能耗居住/公共建筑节能设计标准, 2022年9月
参考号/编号	DB23/T 3337-222 / DB23/T 3335-222
要求	建筑年供暖指标
零碳建筑项目交流	在哈尔滨会见当地建筑标准编制团队代表, 2024年4月23日

部分瑞方专家的意见

- 不建议采用直接电加热方式进行空间供暖和生活热水供应，以避免高能耗和高碳排放。

- 建议燃气锅炉的使用应严格限制，仅可用于覆盖供暖系统的峰值负荷需求。
- 建议提高空气源热泵的性能系数（COP）最低要求，以提升整体系统能效，减少运行阶段碳排放。

对标准的总体评价

- 标准内容覆盖面广，体系结构完整；
- 涵盖了建筑围护结构及所有主要建筑系统，具有较强的实用性；
- 兼具计算规范与设计指南的双重功能，便于设计人员和审查机构参考与实施。

寒冷气候区：陕西省

地方标准	陕西省建筑碳排放评价标准，征求意见稿 2024年
要求	住宅及公共建筑（办公楼、酒店、购物中心等）的碳排放评估指标，包括隐含碳排放评估指标。
零碳建筑项目交流	与当地建筑标准编制团队代表进行线上和线下交流，2024年4月

来自瑞士专家的意见参见一般性建议

夏热冬冷气候区：浙江省

地方标准	浙江省超低能耗公共建筑节能设计标准，征求意见稿
要求	暂无
零碳建筑项目交流	与当地建筑标准编制团队代表进行线上和线下交流，2024年4月

来自瑞士专家的意见参见一般性建议

夏热冬暖气候区：深圳市

地方标准	深圳市超低能耗建筑技术导则，2021年8月
要求	建筑供暖年耗热量、供冷年耗冷量，以及供暖空调照明生活热水电梯一次能源消耗量

零碳建筑项目交流 与当地建筑标准编制团队代表进行线上和线下交流，2024年4月

来自瑞士专家的意见参见一般性建议

夏热冬暖气候区：海南省

地方标准	海南省超低能耗建筑技术导则，2022年12月
要求	居住和公共建筑的能耗和碳排放指标
零碳建筑项目交流	与当地建筑标准编制团队代表进行线上和线下交流，2023年10月

部分瑞士专家意见（节选）

- 建议进一步严格外墙传热系数的要求，由现行的 $0.300.80 \text{ W/m}^2\text{K}$ 收紧至 $0.200.25 \text{ W/m}^2\text{K}$ ，以提升围护结构的热工性能。
- 建议将窗户传热系数的要求从 $2.52.8 \text{ W/m}^2\text{K}$ 降低至 $1.01.2 \text{ W/m}^2\text{K}$ ，以显著减少冷热负荷。
- 建议在标准中增加空气除湿的节能控制要求，以应对湿热气候区的实际运行问题。
- 应明确指出：在热湿气候条件下，自然通风的效果存在局限性，不能作为普遍的节能措施。
- 当前部分地区提出的外墙和屋顶传热系数限值为 $0.1 \text{ W/m}^2\text{K}$ ，虽有助于实现低能耗目标，但需采用厚度达 25 厘米的保温层，经济性和可行性需进一步评估。
- 对于窗和天窗提出的传热系数限值为 $1.0 \text{ W/m}^2\text{K}$ ，该建议被认为是合理且适用于温暖气候区的设计要求。

一般性建议

为推动中国建筑行业向高效能、低碳化发展，建议在全国范围内实现各气候区热传导系数（U 值）要求的统一。

关于未来地方建筑节能标准审查与协调的总体建议：

- 当前，地方标准之间存在一定程度的碎片化与差异性，这给建筑设计、施工、审批及监管等各方带来不必要的复杂性与成本负担。
- 建议在制定地方标准时尽可能与国家标准保持一致，仅在确有必要时进行适度调整，避免偏离国家政策导向。
- 建议在全国范围内统一建筑围护结构（如外墙、屋顶、尤其是窗户）的传热系数最低要求，以提升建筑热工性能的一致性与建筑产品市场的可预见性。
- 在战略层面，应设定具有引导性的建筑总能耗或碳排放“雄心值”，同时在构造层面设定各类构件或产品的最低能效要求（即产品标准）。
- 为提高标准的可读性与实用性，建议简化技术标准和实施指南的篇幅。《深圳零碳建筑评价标准》可作为内容精炼、结构清晰的优秀范例。
- 应充分考虑能源性能差距，即用户实际行为与能源模拟之间的偏差，将更贴近真实使用情景的假设纳入能源计算模型。
- 技术要求应前瞻性地考虑气候变化影响，例如在多数气候条件下，自然通风可能在未来不再能满足夏季室内热舒适要求，应适当提出替代性策略。

简要见解：瑞士与中国部分城市年平均气温的比较，瑞士虽国土面积不大，却包含从寒冷山区到温暖南部的多种气候类型。然而，其建筑保温标准在全国范围内保持一致。这种标准化做法不仅提升了建筑市场的透明度和效率，也有效推动了建筑行业向低碳转型的进程。

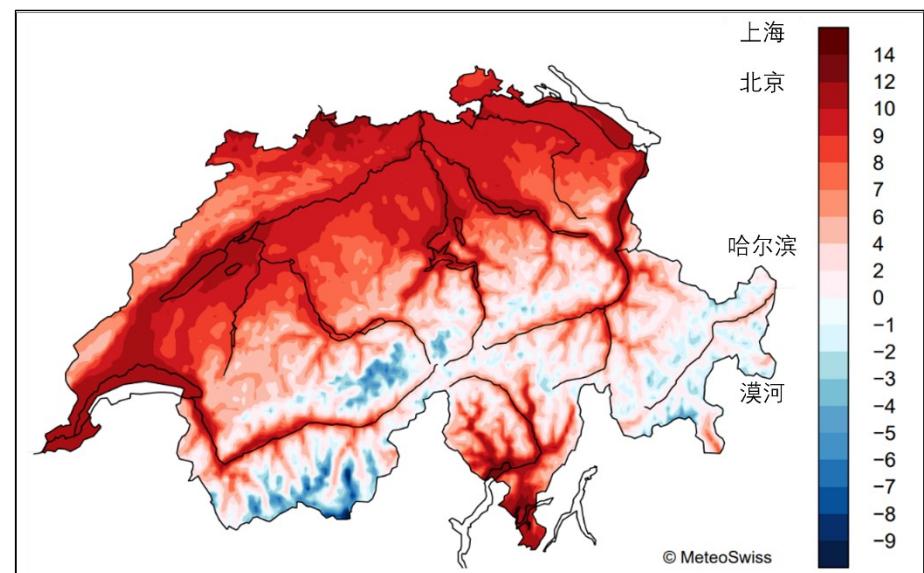
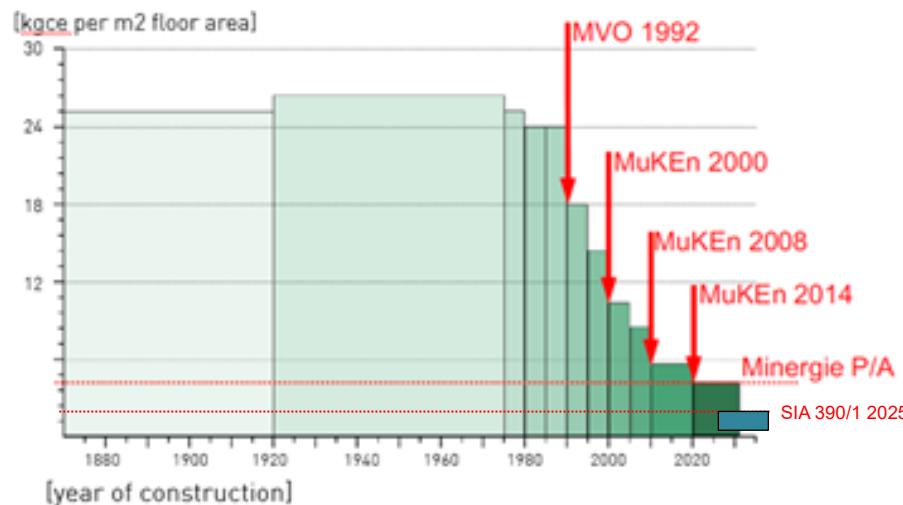


图 6 瑞士气候区：夏季平均温度；同中国城市的对比，来源：MeteoSwiss

4. 瑞士零碳建筑标准

背景

瑞士气候特点为冬季寒冷、夏季温和。早在 20 世纪 70 年代，瑞士便启动了向零碳排放建筑 (Zero Emission Building, ZEB) 转型的进程，并制定了相关的建筑热工性能技术规范 (TER)，同时兼顾了建筑的卫生和热舒适性要求。最初的工作重点集中在提高建筑能效，自 20 世纪 90 年代起，逐步将关注点扩展至温室气体 (碳) 排放。目前，瑞士绝大多数新建建筑均已配备以可再生能源为基础的供暖系统。在建筑热工技术规范 (TER) 的框架下，越来越多的州政府规定在新建及改造项目中禁止使用化石燃料供暖系统，这一趋势进一步加快了建筑领域的脱碳进程。



自愿性减排路径

2006 年，瑞士工程师和建筑师协会 (SIA) 首次提出了关于建筑全生命周期能效控制的要求。到 2011 年，该框架被进一步发展为一项技术指南，将温室气体排放系统性地纳入节能标准体系中。研究表明，在瑞士，尤其是新建建筑中，施工阶段所产生的温室气体排放远高于运营阶段。这一发现促使瑞士进一步强化对建筑全过程碳排放的监管。随后，该指南历经两次修订，并最终于 2025 年 2 月正式发布为技术标准 SIA 390/1《气候路径》。在与中国专家的交流中，瑞方代表分享了过去 20 年间该标准的制定经验与技术演进过程。

SIA 导则	主要要求
SIA 节能路径2006	一次能源
SIA 节能路径2011	一次能源和温室气体 (GHG)
SIA 节能路径2017	一次能源和温室气体 (GHG)
SIA 气候路径2025	温室气体 (GHG) / 碳排放



气候路径 SIA 390/1 (2025 年发布)

主要特点

SIA 390/1 是一项自愿性技术标准，以温室气体排放强度（单位：kg CO₂eq/m²a）为核心评价指标，突出应对气候变化的目标。该标准具有以下几个显著特征：

- 全面的生命周期视角：覆盖建筑的施工阶段、运行阶段以及与建筑位置相关的交通排放；
- 适用范围广泛：涵盖住宅、办公、教育、零售和餐饮等多种建筑类型；
- 操作性强：提供结构清晰的表格工具，便于在建筑设计初期对碳排放进行量化分析与优化。

目标设定

标准设定了两个碳排放目标等级：

- 目标值 B (基础值)：与国家气候政策保持一致
- 目标值 A (雄心值)：与《巴黎协定》中 IPCC 设定的 1.5°C 温控路径相一致

上述目标值综合考虑了施工、运行以及交通所产生的碳排放。此外，标准还提出了额外要求，即仅针对施工与运行阶段的碳排放进行更严格控制。SIA 390/1 标准将每五年进行一次技术审查和更新，以确保碳排放目标与国家政策、技术进展和气候科学保持一致。

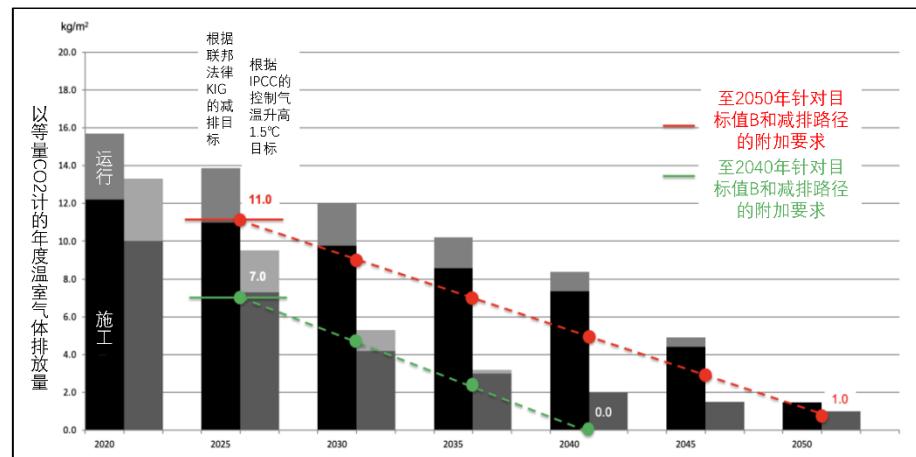


图 9 瑞士温室气体排放的目标路径 (黑色柱) 和气候路径 SIA 390/1 的要求 (A 级 (雄心值) - 绿色; B 级 (基础值) - 红色)，来源：SIA

碳排放计算方法

运行阶段碳排放

- 建筑运行阶段的能耗计算依据瑞士建筑协会标准 SIA 380《建筑能耗计算指南》进行，其方法论与中国的 GB/T 51350-2019《近零能耗建筑技术标准》相当。
- 能源的碳排放因子来自瑞士官方的 KBOB 生命周期数据库。
- 所有运行能源消耗项均纳入计算范围，包括：供暖、制冷、通风、照明、家电及建筑内交通设施（如电梯）。
- 每种能源的年需求量乘以相应的碳当量系数，得出该能源的年碳排放量。
- 在满足特定条件下，长期绿色电力或绿色天然气采购合同可被计入碳排放核算中，作为低碳能源来源。

施工阶段碳排放

- 施工阶段碳排放计算依据 SIA 2032《隐含能耗——建筑施工的生命周期评

估》技术指南，与中国的 GB/T 51366-2019 标准第 5 章 内容相对应。

- 建筑材料的碳排放因子同样来源于 KBOB 生命周期数据库。
- 各类建筑构件（如屋顶、墙体、窗户等）的标准使用寿命由 SIA 2032 明确规定。
- 每个构件的生命周期碳排放量除以其标准使用寿命，即可换算为年均碳排放值。
- 同时考虑构件在使用周期内因更换与废弃所产生的额外碳排放。
- 最终，施工阶段的年碳排放总量将与建筑总供暖面积进行归一化处理，得出单位面积碳强度指标。

交通相关碳排放

- 建筑的实际使用将带来一定的交通活动，交通排放量取决于建筑的位置及其所配套的交通模式（即“交通概念”）。
- 相关碳排放计算依据 SIA 2039《交通——建筑位置对能源需求的影响》指南，建立在瑞士国家交通调查的经验数据基础上。
- 随着汽车、自行车等交通方式的电气化发展，相关基础设施对建筑配套能源系统提出更高要求。
- 因此，交通基础设施的合理规划与优化，已成为建筑设计与运营阶段不可忽视的重要组成部分，也逐渐成为建筑师、工程师和开发方需重点考虑的议题。

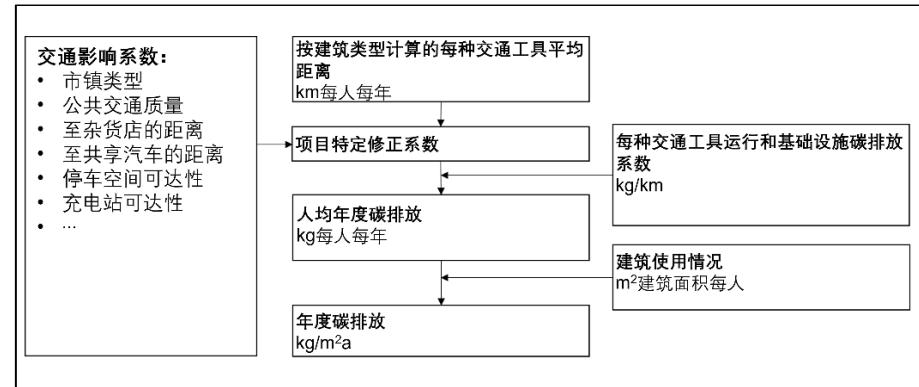


图 10 与建筑相关的交通碳排放计算，依据技术规定 SIA 2039，来源：SIA

SIA 390/1 的目标值与额外要求

根据 SIA 390/1 标准，建筑的总碳排放量以每平方米建筑面积每年产生的二氧化碳当量 (kg CO₂eq/m²a) 进行计量，涵盖施工、运行以及与交通相关的碳排放。

- 对于新建住宅建筑，目标值设定为 15 kg/(m²a)，而翻新建筑的目标值为 13 kg/(m²a)。差异主要源于新建建筑在施工阶段通常产生更高的碳排放。
- 截至 2024 年，瑞士平均住宅建筑的实际碳排放水平约为 44 kg/(m²a)，是新建建筑目标值的近三倍，表明当前仍存在较大减排潜力。

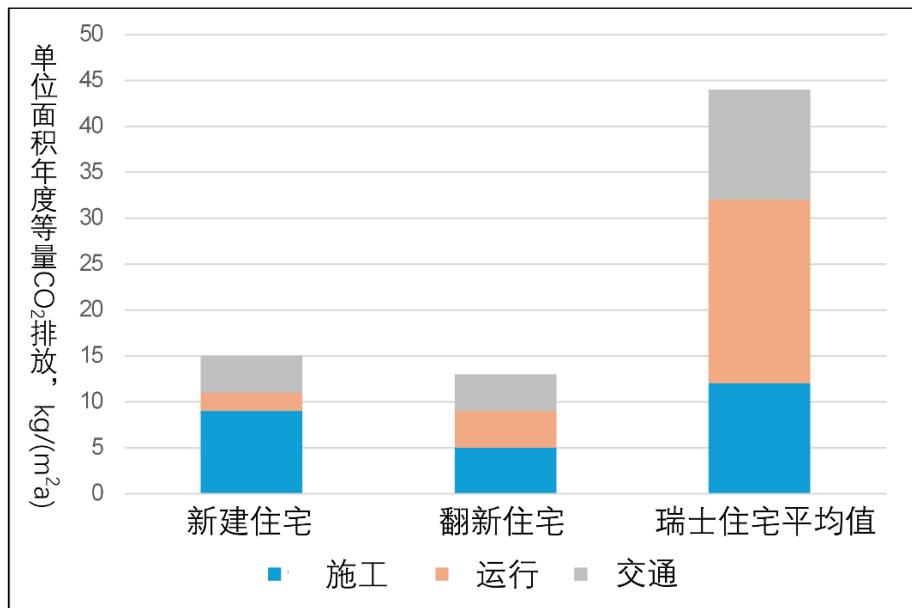


图 11 根据 SIA 390/1 标准, 住宅建筑的碳排放目标值及额外要求 (以每平方米建筑面积每年产生的二氧化碳当量 $(kg\ CO_2eq/m^2a)$ 为单位), 来源: SIA

额外要求: 施工与运行阶段的强化标准

SIA 390/1 除了目标值外, 还设定了更具挑战性的“额外要求”, 仅覆盖施工与运行阶段的碳排放:

新建建筑的额外要求为 $11\ kg/(m^2a)$, 这一数值在实际项目中仅在满足以下前提条件下才能实现:

- 建筑设计紧凑且高度节能;
- 应用高效的建筑技术;
- 配备覆盖率较高的大型光伏系统。

翻新建筑的额外要求为 $9\ kg/(m^2a)$, 在技术和经济条件允许的情况下, 相对更容易达成。

施工阶段碳排放占比分析

- 新建建筑的施工阶段碳排放总量通常在 $500\text{--}700\ kg/m^2$ 之间。根据建筑构件的使用寿命折算为年均值后, 施工碳排放强度约为 $9\text{--}13\ kg/(m^2a)$ 。这意味着施工阶段碳排放量通常是运行阶段的 4 至 5 倍, 构成建筑总碳排放的主体部分。
- 与之相比, 翻新建筑由于保留大量既有结构, 其施工碳排放显著低于新建建筑; 然而, 运行阶段因建筑物原有条件限制, 其能源消耗及碳排放可能略高于新建建筑。

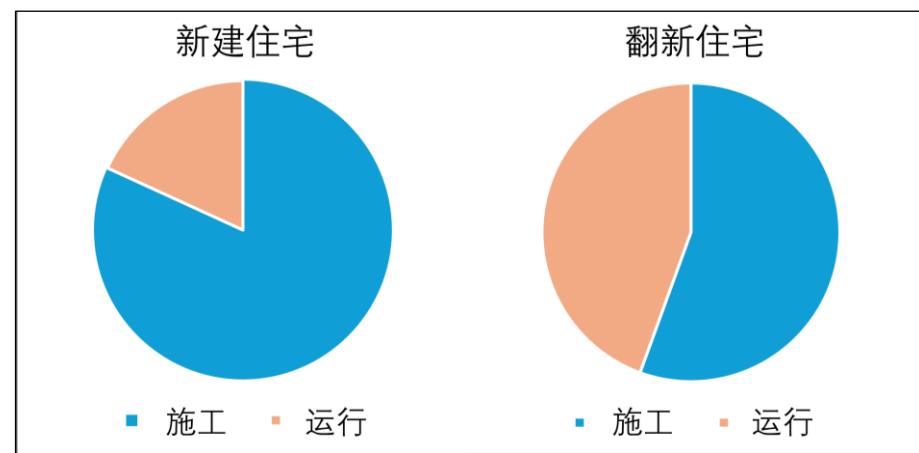


图 12 建筑生命周期中温室气体排放的占比, 来源: SIA

光伏系统的计入原则（依据 SIA 390/1）

根据 SIA 390/1 标准，建筑配套的光伏系统在碳排放评估中应根据其电力使用方式与可再生能源证书（COO）的归属情况分别处理：

- 光伏系统产生的电力一般分为自用部分和并网输出部分。
- 光伏电力所有者可因并网电力获得上网电价补偿，并可额外获得与发电量对应的可再生能源证书（COO）。

COO 的处理影响计入规则：

若出售 COO：

- 仅建筑自用的光伏电力可被计入建筑的能源系统与碳排放评估中；
- 输出至电网的部分因所有权及碳减排权利已转移，不得计入建筑物。

若保留 COO：

- 则全年总发电量（包括自用和并网输出）均可计入建筑用能系统，用于抵消建筑的碳排放。

此规则对于装配大型光伏系统、年发电量覆盖建筑大部分用电需求的项目尤为重要。仅在光伏系统的 COO 未被出售的情况下，其发电潜力才能在碳排放核算中充分体现其减排价值和经济效益。

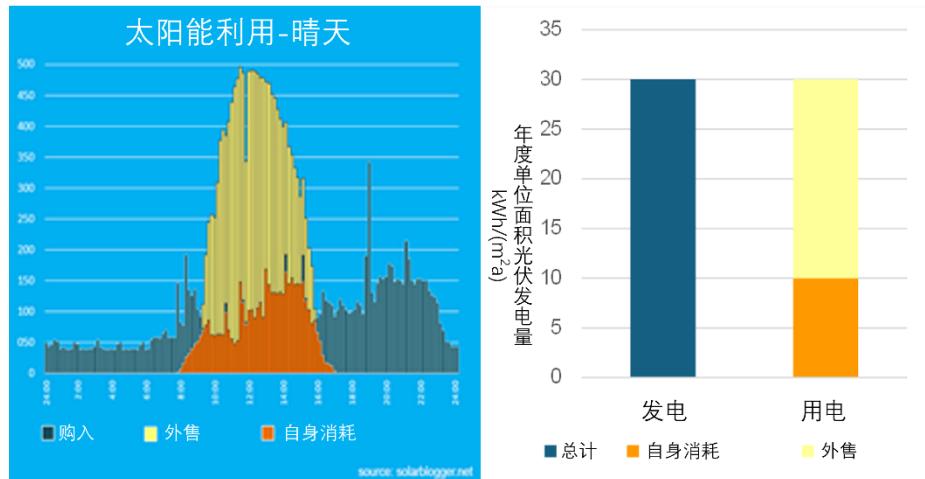


图 13 依据 SIA 390/1 对光伏系统进行计费

SIA 390/1 目标值

新建建筑	建筑类型（以kg/(m ² a)为单位）							
	居住	办公	小学	中学	大学	购物商场	超市	饭店
施工	9	9	9	9	9	9	9	9
运行	2	3	2	2	3	5	27	7
交通	4	7	3	5	8	6	20	24
目标值 B	15	19	14	16	20	20	56	40
目标值 A	10	14	9	11	14	13	40	33

翻新建筑	建筑类型 (以kg/(m ² a)为单位)							
	居住	办公	小学	中学	大学	购物商场	超市	饭店
施工	5	5	5	5	5	5	5	5
运行	4	5	4	4	5	7	29	9
交通	4	7	3	5	8	6	20	24
目标值 B	13	17	12	14	18	18	54	38
目标值 A	10	14	9	11	14	13	40	33

5. 中瑞零碳建筑标准比较与展望

	中国	瑞士
指标	二氧化碳 (CO_2)	温室气体 ($\text{CO}_{2,\text{eq}}$)
建筑功能	居住, 办公, 酒店, 商业, 学校	居住, 办公, 学校, 商业, 饭店
建筑生命周期	运行阶段	运行, 施工, (交通)
电力碳排放因子	500 g/kWh	125 g/kWh
碳排放强度 (目标值)	约10 kg/m ² a	2 kg/m ² a (施工阶段为9 kg/m ² a)

二氧化碳排放强度

典型的零能耗建筑 (ZEB) 通常完全依赖电力作为其主要能源来源。因此, 所使用电力的二氧化碳排放强度对其运行阶段的碳足迹具有决定性影响。在瑞士, 电力生产结构以低碳能源为主, 电力系统本身的碳排放强度约为 32 gCO₂/kWh。然而, 由于冬季期间需从邻国进口部分基于化石燃料的电力, 平均终端用户电力组合的碳强度约为 125 gCO₂/kWh。随着可再生能源 (特别是风能和光伏) 装机容量的持续增长, 预计到 2030 年, 瑞士终端电力组合的碳排放强度将进一步下降至约 94 gCO₂/kWh。

相比之下, 中国的电力结构目前仍以煤炭为主, 导致其平均电力碳排放强度显著偏高, 平均约为 500 克/千瓦时 (范围 2, 仅含购电环节) 或 614 克/千瓦时 (范围 2 和 3, 包括购电及相关上游排放)。

因此, 无论是在瑞士还是中国, 实现建筑“零碳”目标的关键在于: 最大限度地通过大规模光伏系统减少对高碳电网电力的依赖, 从而显著降低运行阶段

的碳排放水平。

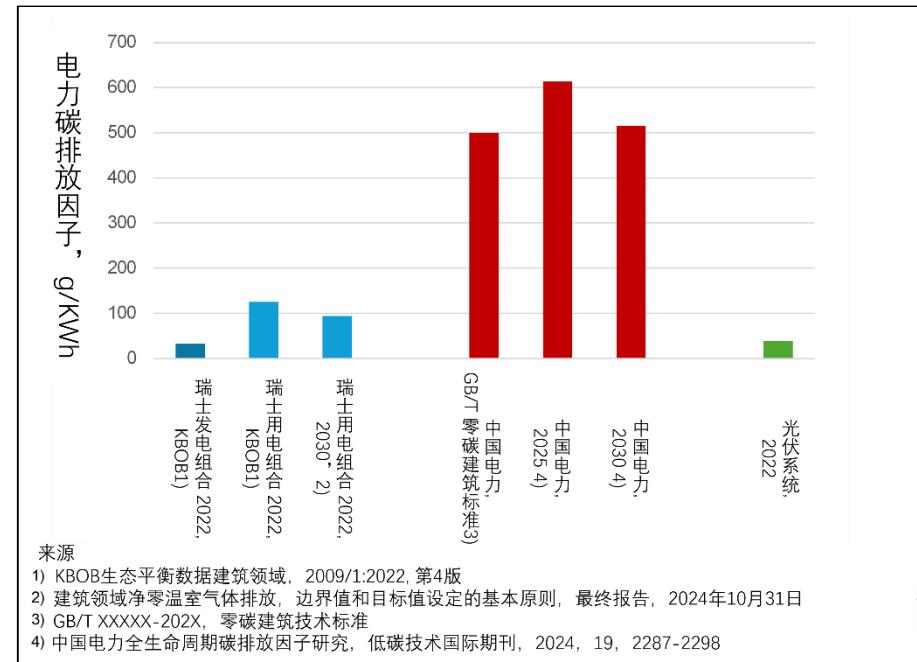


图 14 瑞士 (CH) 和中国 (CN) 电网电力碳排放强度对比

尚待规范的问题

当前, 在建筑全生命周期碳排放评估中, 以下关键问题尚未在现有标准中得到统一或充分规范:

- 生物碳的核算方法:

- 如何在生命周期评估中准确计算并分配生物质材料 (如木材) 在碳吸收与释

放过程中的贡献，尚缺乏一致的规则。

■ 矿物材料的碳封存效应：

- 部分矿物基建筑材料（如混凝土）在使用期或废弃后具备一定的碳吸附能力，其在生命周期内的碳封存作用如何计量仍不明确。

■ 负排放技术的纳入方式：

- 针对包括碳捕集与封存（CCS）、生物能源与碳捕集（BECCS）等负排放技术，当前尚无清晰机制指导其在建筑碳排放核算中的角色与边界设定。

6. 结论与建议

结论

中国和瑞士已分别建立了可比性的零碳建筑技术标准体系，但在适用范围和核算深度上存在一定差异。

- 中国标准主要聚焦于运行阶段的碳排放控制，逐步引入近零碳与零碳建筑的评估框架，并结合市场机制推动绿色转型。
- 瑞士标准则在强制性法规基础上，通过瑞士建筑师与工程师协会（SIA）制定的《气候路径 SIA 390/1》，实现了建筑全生命周期碳排放的系统管理，涵盖施工、运行及与交通相关的排放。
- 两国在标准中均引入了市场机制作为辅助手段，如绿色电力证书（COO）用于抵消不可避免的剩余碳排放。光伏系统在两国 ZEB 实践中都具有关键作用，尤其是在屋顶和立面集成方面。
- 值得强调的是，在开展建筑全生命周期碳排放评估时，瑞士通过使用标准化的材料与能源流模型，结合由国家机构 KBOB 提供的开放式生命周期数据库，确保了评估的一致性与可比性。技术规范 SIA 2032（施工阶段）与 SIA 2031（运行与系统层面）则进一步为详细核算提供依据。

建议

- 拓展 ZEB 评估范围至施工阶段碳排放
- 鉴于新建建筑在施工阶段的碳排放通常高于其运行阶段，应将施工阶段纳入 ZEB 的强制评估范围，实现真正的全生命周期碳管理。
- 规范光伏电力计入规则
- 对于并网光伏系统，应在碳排放核算中明确区分建筑自用电量与外部输电量，并结合绿色电力证书的归属，建立透明、公正的核算方法。
- 建立全国性碳排放因子数据库
- 为提升碳排放核算的科学性与一致性，建议中国建立一个涵盖能源来源、运输方式与建筑材料的全国统一碳排放因子数据库，并定期更新。这将有助于标准的落地实施，促进零能耗建筑设计的广泛推广。



让我们共同打造气候中和的未来
Building a climate-neutral future together

中瑞零碳建筑项目是由瑞士联邦发展合作署和中华人民共和国住房和城乡建设部共同发起并在其全面指导与支持下，由瑞士 intep-skat 联合团队与中国建筑科学研究院共同实施完成的中瑞国家级合作项目。



中华人民共和国
住房和城乡建设部

IBE 环能科技 
中国建筑节能协会
CHINA ASSOCIATION OF BUILDING ENERGY EFFICIENCY

21



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

intep
skat
Swiss Resource Centre and
Consultancies for Development