

定标，启航

环境空气质量标准系列文章

指数篇

亚洲清洁空气中心

关于环境空气质量标准系列文章

环境空气质量标准的制定、修订和实施是持续改善空气质量、保护公众健康的重要基础。亚洲清洁空气中心在能源基金会中国的支持下围绕空气质量标准国际经验开展研究, 通过梳理美国、欧盟和亚洲等国家和城市的经验和做法, 并结合中国的需求和现状撰写空气质量标准的系列文章。

关于亚洲清洁空气中心

亚洲清洁空气中心 (Clean Air Asia, 简称 CAA) 是一家国际非营利性组织, 致力于改善亚洲区域空气质量, 打造健康宜居的城市。CAA 成立于 2001 年, 是联合国认可的合作伙伴机构。

CAA 总部位于菲律宾马尼拉, 在中国北京和印度德里设有办公室。CAA 拥有来自全球的 261 个合作伙伴, 并建立了六个亚洲国家网络——印度尼西亚、马来西亚、尼泊尔、菲律宾、斯里兰卡和越南。

CAA 自 2002 年起在中国开展工作, 专注于空气质量管理 and 绿色交通两个领域。2018 年 3 月 12 日, CAA 获得北京市公安局颁发的《境外非政府组织代表机构登记证书》, 在北京设立亚洲清洁空气中心 (菲律宾) 北京代表处。CAA 接受公安部及业务主管单位生态环境部的指导, 在全国范围内开展大气治理领域的能力建设、研究和宣传教育工作。

导读：查看 AQI 如今已经成为了人们的一项日常习惯，以了解空气质量信息和健康指引。此外，AQI 在服务空气质量管理方面也发挥了积极的作用。那么 AQI 是怎么算出来的？AQI 是如何应用在空气质量管理当中的？不同国家的 AQI 含义是否相同？中国目前的 AQI 是否有可以改进之处？这些是本篇文章将要尝试回答的问题。

1. AQI 化繁为简

1.1 何为 AQI？

空气质量指数（Air Quality Index, AQI）是定量描述空气质量状况的无量纲指数。通俗来讲，AQI 就是将环境空气中的各种空气污染物的浓度折算成了一个统一的指数，从而便于公众理解污染程度。环境空气质量标准规定的各种污染物浓度指标较多，并需要具备一定的专业知识才能理解，不易于公众理解和记忆。面对各种污染物的浓度数据时，公众很难去判断当前空气质量的水平。但将这些数据折算为一个简单的数字，再根据数字大小进行分级便可一目了然，使得公众对空气质量状况如何有比较清晰的概念。

运用指数表征空气质量水平是非常普遍的做法，仅在亚洲就有近十个国家运用指数来发布空气质量信息，但各个国家对指数的叫法不一而同。例如，中国是空气质量指数（Air Quality Index）、韩国称为综合空气质量指数（Comprehensive Air-quality Index）、马来西亚是空气污染指数（Air Pollution Index）、新加坡是污染标准指数（Pollutant Standards Index）等。指数对应的空气质量分级会对空气的优劣进行定性，例如“优”、“一般”、“不健康”、“有害”、“敏感人群不健康”等。并且指数分级基本会配以对应的颜色，颜色越深，表明空气质量越差，这种符合人类正常思维的关联非常容易公众理解与记忆。

同时，AQI 也可以揭示空气质量是否会对人体健康产生影响，并针对影响提出相应的建议措施，AQI 越大表明空气质量对健康的有害影响越严重。可以说 AQI 将复杂的空气质量数据翻译成了简单的数字，帮助人们了解空气质量，从而对健康做出防护。表 1、表 2 分别为中国和美国的 AQI 分级与相关信息示例，可以看出不同国家的 AQI 的思路和结构是相似的，只是在具体内容上有所差异。

表 1 中国 AQI 与相关信息

AQI	空气质量级别与表示颜色	对健康的影响	建议采取的措施
0-50	优	空气质量令人满意，基本无空气污染	各类人群可正常活动
51-100	良	空气质量可接受，但某些污染物可能对极少数异常敏感人群健康有较弱影响	极少数异常敏感人群应减少户外活动
101-150	轻度污染	易感人群症状有轻度加剧，健康人群出现刺激症状	儿童、老年人及心脏病、呼吸系统疾病患者应减少长时间、高强度的户外锻炼
151-200	中度污染	进一步加剧易感人群症状，可能对健康人群心脏、呼吸系统有影响	儿童、老年人及心脏病、呼吸系统疾病患者避免长时间、高强度的户外锻炼，一般人群适量减少户外运动
201-300	重度污染	心脏病和肺病患者症状显著加剧，运动耐力降低，健康人群普遍出现症状	儿童、老年人和心脏病、肺病患者应停留在室内，停止户外运动，一般人群减少户外运动
>300	严重污染	健康人群运动耐力降低，有明显强烈症状，提前出现某些疾病	儿童、老年人和病人应当留在室内，避免体力消耗，一般人群应避免户外活动

表 2 美国 AQI 与相关信息

AQI	空气质量级别与表示颜色	对健康的影响	建议采取的措施(PM污染)	建议采取的措施(O3污染)
0-50	优	空气质量令人满意，空气污染造成的风险很低或没有风险	可正常活动。	可正常活动。
51-100	一般	空气质量可接受，但对少部分敏感人群来说，有些污染物会造成一定健康影响	异常敏感人群 考虑减少 长时间和剧烈的户外活动。	异常敏感人群 考虑减少 长时间和剧烈的户外活动。
101-150	对敏感人群不健康	对敏感人群可能造成健康影响，一般公众可能不会受到影响	患有心肺疾病的人群、老年人、儿童、低社经地位的群体应 减少 长时间和剧烈的户外活动。	患有肺部疾病（如哮喘）的人群、老年人、儿童、室外工作者、带有特定遗传变异体的人群、饮食有特定营养物限制的人群应 减少 长时间和剧烈的户外活动。
151-200	不健康	所有人可能都会受到影响，对敏感人群影响更大	患有心肺疾病的人群、老年人、儿童、低社经地位的群体应 避免 长时间和剧烈的户外活动，其他人群应 减少 长时间和剧烈的户外活动。	患有肺部疾病（如哮喘）的人群、老年人、儿童、室外工作者、带有特定遗传变异体的人群、饮食有特定营养物限制的人群应 避免 长时间和剧烈的户外活动，其他人群应 减少 长时间和剧烈的户外活动。
201-300	非常不健康	健康警告：全部人群的健康风险增加	患有心肺疾病的人群、老年人、儿童、低社经地位的群体应 避免 一切户外活动，其他人群应 避免 长时间和剧烈的户外活动。	患有肺部疾病（如哮喘）的人群、老年人、儿童、室外工作者、带有特定遗传变异体的人群、饮食有特定营养物限制的人群应 避免 一切户外活动，其他人群应 避免 长时间和剧烈的户外活动。
301-500	有害	紧急情况健康警戒：全部人群都较易受到影响	所有人应 避免 一切户外活动，患有心肺疾病的人群、老年人、儿童、低社经地位的群体应 待在室内 并减少活动。	所有人应 避免一切 户外活动。

1.2 AQI 如何换算？

那么 AQI 是如何将各种污染物的浓度进行折算的呢？目前不同国家和地区在计算 AQI 时采用了不同的方法，主要包括线性插值法、浓度法、对照法等三种。

其中，中国采用的 AQI 计算方法为**线性插值方法**，指数范围为 0-500，并据此进行级别分类。这也是世界各国最为常用的方法，如美国、印度、韩国、新加坡等国也是依照此法进行 AQI 换算。**浓度法**直接使用各种污染物浓度与其标准限值的比值计算指数，选择各种污染物中最大的指数作为 AQI，并据此进行级别分类，如澳大利亚。**对照法**不做转换，直接对照污染物浓度数值范围确定指数大小并划定级别，如英国、南非、欧盟，其中欧盟不设定具体 AQI 数字，只呈现级别和颜色。虽然各国分级方案和方法不同，但最后都是以不同的级别和颜色来表征空气质量状况。下文以中国 AQI 计算方法为例介绍具体的计算方法。

中国 AQI 计算过程主要分为两步，第一步是计算各项污染物的分指数，第二步是选取各项分指数中最大的作为 AQI，也就是说 AQI 体现的是首要污染物的污染程度。

计算分指数：根据行业标准《环境空气质量指数（AQI）技术规定（试行）》（HJ 633-2012）中空气质量分指数 IAQI 及对应的污染物分级浓度值（如表 3），以六项标准污染物的实测浓度值为基础计算 IAQI。首先看各个污染物实测浓度值落在哪个浓度区间，其 IAQI 便落在对应的分指数区间，具体的 IAQI 数值由线性插值法计算得出。

表 3 空气质量分指数与对应的污染物浓度限值

IAQI	污染物项目浓度限值									
	SO ₂		NO ₂		CO		O ₃		PM _{2.5}	PM ₁₀
	24小时	1小时 ¹	24小时	1小时	24小时	1小时	1小时	8小时滑动	24小时	24小时
	μg/m ³	μg/m ³	μg/m ³	μg/m ³⁽¹⁾	mg/m ³	mg/m ³⁽¹⁾	μg/m ³	μg/m ³	μg/m ³	μg/m ³
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	50	150	40	100	2	5	160	100	35	50
100	150	500	80	200	4	10	200	160	75	150
150	475	650	180	700	14	35	300	215	115	250
200	800	800	280	1200	24	60	400	265	150	350
300	1600	²	565	2340	36	90	800	800	250	420
400	2100	²	750	3090	48	120	1000	³	350	500
500	2620	²	940	3840	60	150	1200	³	500	600

- 说明:
- ¹ SO₂、NO₂、CO 的 1 小时平均浓度限值仅用于实时报，在日报中需要使用 24 小时平均浓度限值。
 - ² SO₂ 的 1 小时平均浓度高于 800μg/m³ 的，不再进行其空气质量分指数计算，按 24 小时平均浓度计算的分指数报告。
 - ³ O₃ 的 8 小时平均浓度值高于 800μg/m³ 的，不再进行其空气质量分指数计算，按 1 小时平均浓度计算的分指数报告。

确定总指数：在各种污染物的所有 IAQI 中，选择最大值作为 AQI。AQI>50 时，IAQI 最大的污染物为首要污染物。若存在 IAQI 并列最大的情况，则并列的污染物均为首要污染物。

1.3 AQI 分级与标准

那么 AQI 与空气质量标准是如何对应的呢？以美国为例，美国在确定其 IAQI 分级浓度限值时主要根据其环境空气质量标准和污染物急性健康危害的研究成果而制定，其中 IAQI=50 时对应污染物的年度标准限值，代表了长期暴露在这一浓度下是无害的，当污染物缺少年均值标准时，则选用其短期标准限值的一半或根据能够引起危害的最低污染物浓度而制定；IAQI=100 时对应着污染物的短期标准浓度限值（1 小时、8 小时、24 小时），即当 AQI>100 时代表短期内污染物浓度超标；AQI 为 200 和 300 时的浓度限值则根据重污染应急方案中设定的污染物的“警告(alert)”级别和“警戒(warning)”级别来确定；如今 400 这个分指数级别已取消；AQI 为 500 时的浓度限值是根据污染物的显著有害浓度制定。另外，美国 AQI 中的分级浓度限值会伴随其空气质量标准修订和有关健康风险评估研究成果而及时更新，例如 2012 年美国将 PM_{2.5} 年均值标准由 15μg/m³ 提高为 12μg/m³，其 IAQI=50 时的浓度限值也相应改为 12μg/m³，美国 PM_{2.5} 的 IAQI 分级情况如表 4。

表 4 美国空气质量分指数与 PM 浓度限值

IAQI	污染物项目浓度限值	
	PM _{2.5}	PM ₁₀
	24小时	24小时
	μg/m ³	μg/m ³
0	0	0
50	12	54
100	35.4	154
150	55.4	254
200	150.4	354
300	250.4	424
500	500.4	604

我国 AQI 分级（如表 3）借鉴了美国的 AQI 分级原则。“优”和“良”的分界线，即 IAQI=50 时，与“良”和“轻度污染”的分界线，即 IAQI=100 时，对应的污染物浓度均为其在环境空气质量标准中的标准限值。IAQI=50 时，PM_{2.5}、PM₁₀、SO₂、O₃ 四种污染物对应的浓度是其在环境空气质量标准中的一级限值，NO₂、CO 对应的浓度是一级限值的一半，因为其一级限值与二级限值相同，而二级限值对应了 IAQI=100；IAQI=100 时，六种污染物对应的浓度均是其在环境空气质量标准中的二级限值。所以 IAQI≤100 时的污染物浓度是达标的，AQI≤100 的天数在我国也被称为达标天数或优良天数。AQI 为 200、300、400 和 500 时对应的浓度限值则借鉴了美国过去的取值范围（如今美国已经取消了 400 这个分指数级别）。

2. AQI 服务于公众

2.1 向公众发布信息

多样化的发布方式

及时向公众发布 AQI 可以为公众合理安排生活与出行提供参考信息，发布方式也可以很多样化，使得信息可以通达到各类人群，让公众方便地获取空气质量信息。我国 AQI 发布方式非常丰富，包括政府网站、电视、广播、微博、手机 APP 等多种形式。上海市为了便于公众理解，设计了“空气宝宝”的卡通形象（如图 1），通过其表情与颜色的变化呈现不同空气质量水平，使用这种创新的方式将指数更好地呈现给市民。

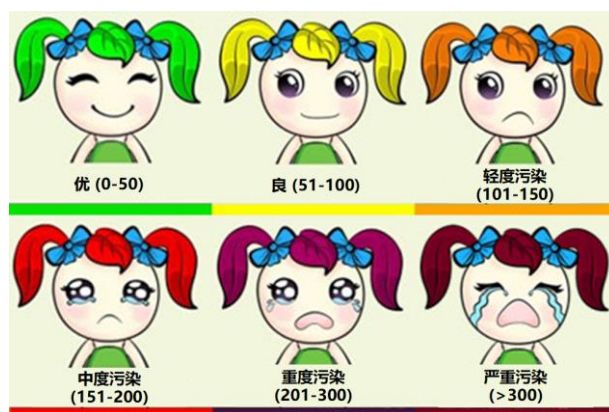


图1 上海市“空气宝宝”卡通形象

自2008年，巴黎热气球公司与AIRPARIF公司（法国政府官方合作的空气质量监测单位）联手，使得城市观光热气球同时具备了空气质量监测能力，还会根据巴黎的环境空气质量改变颜色。热气球基于巴黎6个城市监测站点的环境空气质量数据以及5个路边交通站的空气质量数据，每两个小时更新一次颜色状态，对应5种不同的空气质量指数分级（如图2）。热气球在巴黎城区上空飞行，路线途经人流量密度较大的热门观光区、商业区和埃菲尔铁塔等地标建筑，可以使得在这些区域活动的公众直观地通过气球颜色就了解当前空气质量。

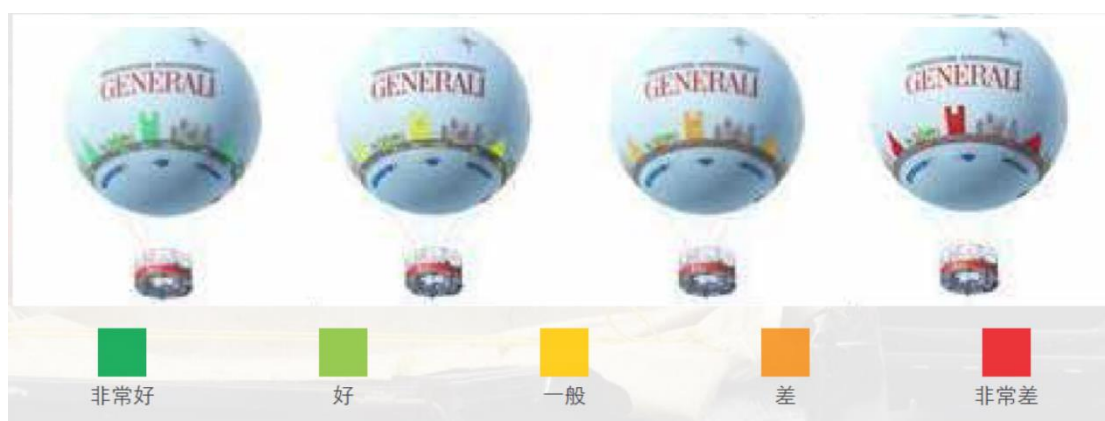


图2 巴黎热气球颜色与空气质量对应示意图

AQI 应结合当前浓度水平，保持时效性

为了确保及时性，除了AQI日报之外，也需要发布小时AQI指数。我国AQI发布的日报周期为24小时，涵盖当日零点之前的24小时；实时报周期为1小时，涵盖每整点时刻前的1小时。

但我国目前采用的小时AQI计算方法存在滞后问题，使得PM和O₃实时浓度变化较大时，小时AQI不能很好地对应实际的空气质量水平。这是因为AQI是和标准对应的，计算实时报中的小时AQI时需要使用对应的污染物的小时浓度标准。但我国标准中没有制定颗粒物（PM_{2.5}和PM₁₀）的1小时浓度标准，只有24小时浓度标准。所以在实时报中，颗粒物1小时浓度的IAQI分级浓度限值参照了24小时浓度的IAQI分级浓度限值，是基于24小时滑动平均浓度计算出来的，并不是基于实时的浓度。

这样计算存在的弊端是，颗粒物浓度在 24 小时内如果有较大变化的话，其 IAQI 不能第一时间反映出来，会存在一定的滞后性。这就造成了 AQI 结果与人们对当时空气质量的主观感受存在明显差异的情况，影响了公众对空气质量的判断，不利于公众提前采取防护措施。比如在短期重污染（如沙尘过境）的开始和结束的时候，人们面对重污染开始时的主观感受是污染很重，但是重污染开始前的颗粒物 24 小时的滑动平均浓度并不高，此时其 IAQI 结果可能<100。还有一种情况，重污染刚刚结束时，人们发现空气质量明显变好了，可是颗粒物在过去 24 小时的滑动平均浓度仍然很高，从而导致 IAQI 结果偏高。这些情况都可能造成实时感官和 AQI 数值之间的偏差，从而引发公众对 AQI 数值的质疑。

同理，我国的 O₃ 的 IAQI 使用 8 小时滑动平均和 1 小时平均两个指标同时进行评价，当 O₃ 浓度发生较大变化时，其 IAQI 可能无法及时反映出来。O₃ 污染发生初期，当 1 小时平均的 IAQI>8 小时滑动平均的 IAQI 时，此时 AQI 等于 O₃ 的 1 小时平均的 IAQI，能够真实反映实时的空气质量。但当 O₃ 污染发生末期，当 8 小时滑动平均的 IAQI>1 小时平均的 IAQI，此时 AQI 等于 O₃ 的 8 小时滑动平均的 IAQI，而不是反映实时情况的 1 小时平均的 IAQI，便会出现评价结果与实际空气质量不一致的情况。

由于各国的空气质量标准中普遍都是设定了颗粒物 24 小时标准限值，和我国一样没有 1 小时标准限值，所以在颗粒物的 IAQI 实时报中，为了准确及时的反应颗粒物的污染变化情况，欧美等国专门针对其 IAQI 计算进行了特别规定来实现结果的优化，可供参考借鉴。

英国同样采用最近 24 小时滑动平均值计算 IAQI，但同时结合当前的小时浓度，建立了预警触发机制。其原理是当连续两个小时的颗粒物平均浓度值超过各级别的触发限值后（如表 4）便启用相应的预警信息和健康提示，提醒公众及时采取防护措施应对突发污染。

表 4 英国 AQI 实时报中颗粒物的触发浓度

空气污染级别	触发限值 (μg/m ³)	
	PM _{2.5}	PM ₁₀
中	50	68
高	74	107
很高	101	177

美国采用 NowCast 算法来计算颗粒物的 IAQI，开展 AQI 的实时报。NowCast 算法以过去 12 小时的颗粒物每小时的浓度为基础算出权重值，然后结合每个小时浓度和权重值算出颗粒物的 IAQI。该算法可以使颗粒物的 IAQI 较为迅速的响应空气质量的变化，避免了重污染发生初期时 IAQI 的滞后性，使得人们的主观感受和实际的空气质量趋近一致。

2.2 保护公众健康

除了提供空气质量信息，AQI 更重要的作用是与空气质量标准挂钩，为保护公众健康提供信息和指引，这里包括两层次的涵义，第一是需要关联健康风险，使得公众可以更好地理解不同空气质量对应的健康风险，第二是基于不同程度的健康风险，了解应当采取什么样的防护措施。

关联健康风险

目前包括我国在内的多数国家都是选择污染物中最大的 IAQI 作为 AQI 表征空气质量，这起到了突出首要污染物的作用，却忽视了其他污染物可能产生的综合健康影响，不能揭示空气污染物和人体健康效应之间的复杂关系。具体来说，因为空气污染物对健康产生的影响无法确定阈值，在极低浓度下仍可产生不利健康效应，而只表征最高浓度污染物的 AQI 单一指数无法体现其它较低浓度污染物的健康风险。此外，也不能表征多种污染物同时联合产生的健康风险。

针对 AQI 这个缺陷，加拿大率先启动了长期、多城市的大气污染物浓度与人体健康的流行病学研究，基于长时间序列分析统计法，估算不同污染状况下空气污染所导致的健康风险增幅，获取研究地区主要污染物的健康风险系数，通过计算污染物的健康风险总和，建立了直接表征空气污染对不同人群健康风险增幅效应的地域化量化模型—空气质量健康指数（AQHI）。

2013 年，对应 WHO 发布的空气质量指导值，中国香港特区政府联合当地高校重新审定了空气质量目标，并效仿加拿大的做法对空气质量指数进行了一次升级，将此前的空气污染指数（API）变更为空气质量与健康指数（AQHI）。目前世界范围内成熟使用 AQHI 进行空气质量评价和预报的仅有加拿大和中国香港特区，不同之处在于加拿大的 AQHI 纳入了死亡风险的考量，而中国香港特区采用本地发病率数据作为基础。

AQHI 充分考虑了本地的污染特征和污染物健康风险研究结果，将其整合到空气质量指数中，可用于评估多种空气污染物的综合健康效应，进而估计空气污染对人群的急性健康影响，相比于 AQI 能够更加综合评估空气质量变化对健康的影响，是一种可有效应对空气质量变化，并准确评估健康风险的综合性指标。由于 AQHI 与健康风险直接相关，其对公众提供健康指引和出行建议方面具有很强的针对性，能够最大限度地为公众提供健康风险信息参考。

加拿大和中国香港的 AQHI 范围都是 1-10，级别划分略有不同（如图 3），各种级别也有相应的健康指引。以中国香港的健康指引为例（如表 5），其对不同群体分类清楚，考虑周到，而且特别强调了避免停留在交通繁忙的地方，关注了交通空气污染的问题。

加拿大	低风险			中风险			高风险				非常高
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	10+
中国香港	低			中			高	甚高			严重
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	10+

图 3 加拿大和中国香港 AQHI 分级示意图

表 5 中国香港 AQHI 的健康指引

健康风险级别	AQHI	易受空气污染影响的人士		户外工作雇员 *	一般市民
		心脏病或呼吸系统疾病患者 #	儿童及长者		
低	1 - 3	可正常活动。	可正常活动。	可正常活动。	可正常活动。
中	4 - 6	一般可正常活动，但个别出现症状的人士应考虑减少户外体力消耗。	可正常活动。	可正常活动。	可正常活动。
高	7	应减少户外体力消耗，以及减少在户外逗留的时间，特别在交通繁忙地方。在参与体育活动前应咨询医生意见，在体能活动期间应多作歇息。	应减少户外体力消耗，以及减少在户外逗留的时间，特别在交通繁忙地方。	可正常活动。	可正常活动。
甚高	8-10	应尽量减少户外体力消耗，以及尽量减少在户外逗留的时间，特别在交通繁忙地方。	应尽量减少户外体力消耗，以及尽量减少在户外逗留的时间，特别在交通繁忙地方。	从事重体力劳动的户外工作雇员的雇主应评估户外工作的风险，并采取适当的预防措施保障雇员的健康，例如减少户外体力消耗，以及减少在户外逗留的时间，特别在交通繁忙地方。	应减少户外体力消耗，以及减少在户外逗留的时间，特别在交通繁忙地方。
严重	10+	应避免户外体力消耗，以及避免在户外逗留，特别在交通繁忙地方。	应避免户外体力消耗，以及避免在户外逗留，特别在交通繁忙地方。	所有户外工作雇员的雇主应评估户外工作的风险，并采取适当的预防措施保障雇员的健康，例如减少户外体力消耗，以及减少在户外逗留的时间，特别在交通繁忙地方。	应尽量减少户外体力消耗，以及尽量减少在户外逗留的时间，特别在交通繁忙地方。

* 忠告不适用于易受空气污染影响的人士。
例如冠状心脏病及其他心血管疾病、哮喘及慢性阻碍气管疾病，包括慢性支气管炎和肺气肿。

作为第一批国家环境健康风险管理试点地区，我国丽水市云和县也基于类似方法在 2019 年发布了《丽水市空气质量健康指数（AQHI）技术规定（初稿）》，并于今年开始在网页端和移动端发布 AQHI 指数（如图 4），成为内地首个官方发布 AQHI 的地区。未来将会有更多的市（县）作为试点地区开展本地 AQHI 的相关研究，这些试点地区将会形成可复制、可推广的环境与健康管理工作经验，逐渐在全国各地推广。



图 4 丽水市云和县发布平台网页截图

提供健康指引

AQI 和环境空气质量标准限值是紧密联系的，标准限值又是基于污染物对健康影响的研究确定的。标准限值设定的严格与否决定了其 AQI 对应健康风险的大小。如果标准限值设定较为宽松，其 AQI 显示空气质量较好时，其健康风险也可能较大。所以，如果 AQI 是基于较为宽松的空气质量标准换算的，其结果对健康风险可能存在乐观的低估。

相同的污染物浓度下，各国 AQI 级别差异明显，我国 AQI 级别相对较为宽松。

以 $\text{PM}_{2.5}$ 为例，图 5 展示了部分国家 $\text{PM}_{2.5}$ 24 小时平均浓度与其对应的 IAQI 级别，以日均浓度 $500\mu\text{g}/\text{m}^3$ 为上限展示 $\text{PM}_{2.5}$ 的 IAQI 分级情况，当浓度 $>500\mu\text{g}/\text{m}^3$ 时，等级与 $500\mu\text{g}/\text{m}^3$ 时相同，各级别颜色为其官方实际使用的颜色。

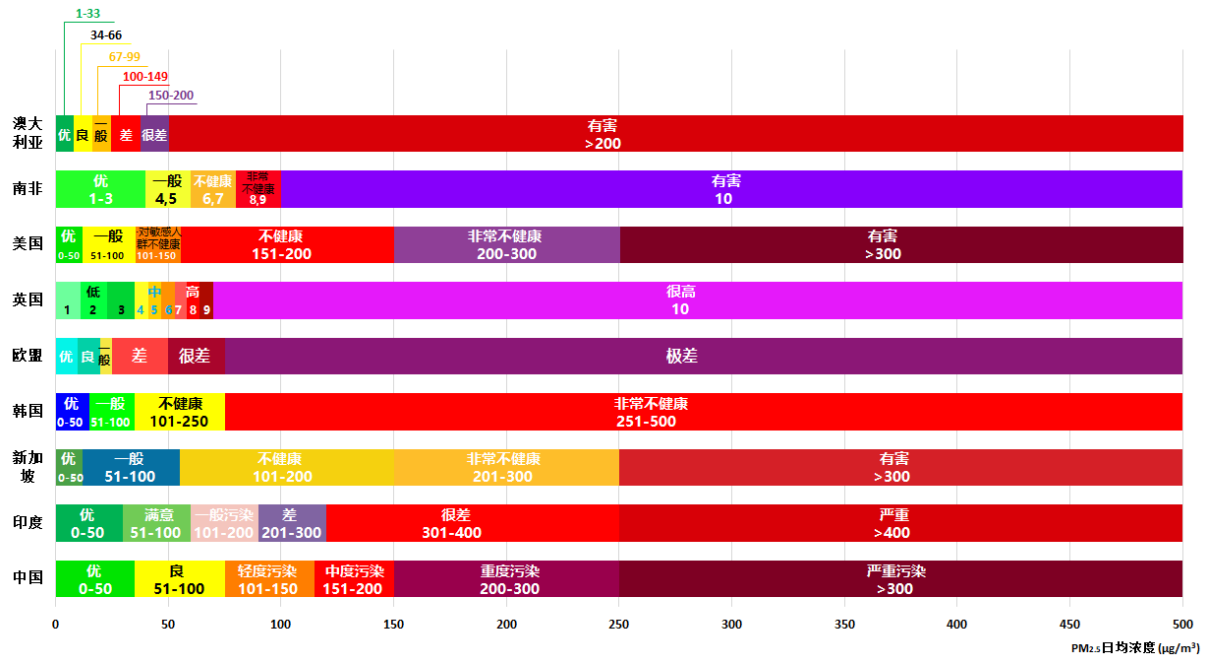


图 5 不同国家 $\text{PM}_{2.5}$ 24 小时平均浓度与 IAQI 级别示意图

可以看到，在相同的 $\text{PM}_{2.5}$ 日均浓度下，各国对应的空气质量级别是完全不同的，这就决定了相应的健康指引也存在差异。以 $\text{PM}_{2.5}$ 24 小时平均浓度为 $60\mu\text{g}/\text{m}^3$ 为例（如图 6），在我国对应的 IAQI 级别是良，相应的健康指导是正常人群可以正常活动。与我国相近的只有南非， $60\mu\text{g}/\text{m}^3$ 正好是“一般”与“不健康”的分界线，超过 $60\mu\text{g}/\text{m}^3$ 空气质量便是“不健康”， $\leq 60\mu\text{g}/\text{m}^3$ 时级别则为“一般”，正常人群可以正常活动。对于其他国家，对应的 IAQI 级别均较差，具体说法包括：不健康、有害、高度污染、很差。其中，澳大利亚的“有害”级别是其所有级别中污染最严重的，英国和欧盟对应的是污染第二严重的级别，美国和新加坡对应的污染第三严重的级别。这四个国家和地区的健康指导也都是减少或避免户外活动。

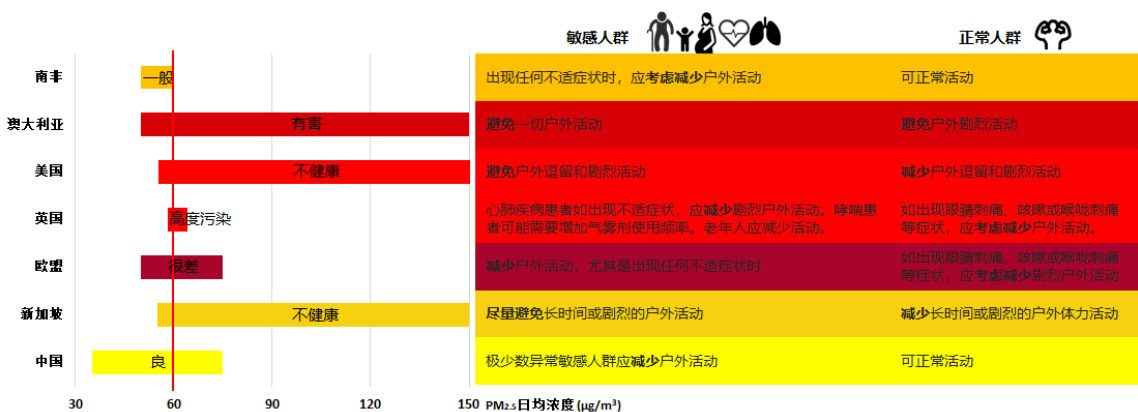


图 6 不同国家的健康指引（以 $\text{PM}_{2.5}$ 日均浓度 $=60\mu\text{g}/\text{m}^3$ 为例）

这些差异主要是因为各国的空气质量标准限值不同，我国的标准相对于其他国家就较为宽松，所以相应的指数分级也不如其他国家严格。即使 PM_{2.5} 日均浓度 60μg/m³ 在我国空气质量级别为“良”，但其在澳大利亚已经是最严重的污染级别了。但即使在澳大利亚的“优”级别下，空气质量对健康就没有任何损害了么？答案是否定的。因为空气污染物对健康的损害是没有阈值的，即使级别是优，空气中污染物的浓度也不可能是 0，那么空气对健康的损害依然存在，只是影响程度相对减小而已。

3. AQI 应用于管理

3.1 AQI 优良天数用于设定年度目标和考核

优良天数，又称达标天数，即 AQI≤100 的天数，已经成为我国各级政府在环境类规划中的重要目标与考核指标之一。相关的十三五规划、蓝天保卫战行动计划、年度大气污染防治工作方案中均会设定年度优良天数或优良天数比率的目标，部分国家层面的政策和相关目标如表 6。

表 6 国家层面政策与其中优良天数目标

政策名称	相关目标
中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要	2020年，地级及以上城市空气质量优良天数比率>80%
“十三五”生态环境保护规划	2020年，地级及以上城市空气质量优良天数比率>80%
打赢蓝天保卫战三年行动计划	2020年，地级及以上城市空气质量优良天数比率达到80%
2019年全国大气污染防治工作要点	2019年，全国地级及以上城市平均优良天数比率达到79.4%

对于地方政府，AQI 优良天数同时也是上级政府考核其生态环境工作的一个重要指标。根据各地发布的环境空气质量考核办法，未完成既定目标的地方政府将会面临问责、扣缴资金等惩罚措施。

以成都市为例，市财政局按照“有奖有罚，奖罚总金额持平”的原则，设立环境空气质量激励资金。其中 AQI 优良天数考核奖励占激励资金的 40%，完成目标即可获得相应的资金奖励。未完成 AQI 优良天数年度目标的，扣缴财政资金 100 万元，同时按照比年度目标值每减少 1 天给予 10 万元财政扣款；如未完成年度目标且优良天数还同比减少，则按照每减少 1 天给予 20 万元财政扣缴。此外，市政府还将约谈区（市）县政府及其相关部门有关负责人。

3.2 AQI 预报用于重污染预警

目前我国各省、市的重污染天气预警分级标准统一采用 AQI 进行划分，依据 AQI 预测结果，将空气重污染预警分为不同的级别。以《北京市空气重污染应急预案（2018 年修订）》为例，

依据 AQI 预测结果，空气重污染预警被分为 3 个级别，由轻到重依次为黄色预警、橙色预警和红色预警。

- **黄色预警**：预测全市空气质量指数日均值 >200 将持续 2 天（48 小时）及以上，且短时出现重度污染，未达到高级别预警条件时。
- **橙色预警**：预测全市空气质量指数日均值 >200 将持续 3 天（72 小时）及以上，且未达到高级别预警条件时。
- **红色预警**：预测全市空气质量指数日均值 >200 将持续 4 天（96 小时）及以上，且预测日均值 >300 将持续 2 天（48 小时）及以上时；或预测全市空气质量指数日均值达到 500 时。

每个预警级别还有相应的健康防护指引、倡议性减排和强制性减排措施作为应急措施。当预警发布后，各项应急措施启动，以实现污染物浓度的“削峰降速”。当预测或监测 AQI 改善到相应级别预警启动标准以下，且将持续 36 小时以上，或收到生态环境部发布的区域应急联动解除预警信息时，则预警可以解除。

2016 年 12 月 14 日，北京市 AQI 预测结果近期将发生重污染，生态环境部紧急召开重污染预报决策会商部长专题会。会商结果显示，16 日起北京将发生当年秋冬季以来最重的持续性空气重污染，持续时间多达 6 天。于是，京、津、冀、晋、鲁、豫六省市共 55 个城市发布预警并启动空气重污染应急措施，其中 27 个城市发布重污染天气红色预警。应急措施包括机动车限号、工地停工、企业限产等措施。事后根据数值模拟结果，在以上区域发布预警并启动应急措施的减排情景下，北京 $PM_{2.5}$ 浓度相比没有措施的情景下平均降低约 25%。显著的改善效果得益于前期的准确预测，和及时大范围的预警发布与应急启动。

3.3 AQI 作为国家卫生城市评选的硬性指标

中国还有将 AQI 应用于城市管理考核的创举，将 AQI 作为国家卫生城市评选的硬性考核指标。国家卫生城市是衡量一个城市整体卫生管理水平的最高荣誉，是对一个城市卫生管理的总体评价，是一个城市综合实力、城市品位、文明程度和健康水平的集中体现。空气质量的好坏直接影响到城市居民的身体健康。所以《国家卫生城市标准（2014 版）》、《国家卫生城市评审与管理办法》明确要求 AQI 是评选国家卫生城市的硬性指标，标准要求国家卫生城市必须符合 AQI 优良天数 ≥ 300 天的条件。这有利于持续改善城市居民生活环境和生活质量，提高市民对健康生活的获得感和幸福感。

综上所述，在我国，AQI 在政府管理工作中用途广泛，不仅用于重污染预警和应急，在短期指导减排行动以减少重污染的程度和持续时间，还可作为政府部门制定和考核空气质量改善目标的工具，甚至用于评估整个城市的综合环境卫生情况。这些都得益于我国近年来空气质量管理水平的快速提高，相比其他国家可以说后发先至。其他国家对于 AQI 的应用相对较少。欧美地区空气质量整体较好，空气重污染情况极少发生，往往是因为森林野火等突发情况造成污染物浓度过高，因而并不能像中国一样基于预测的 AQI 提前启动应急措施做到未雨绸缪，往往是在实施监测的污染物浓度过高后采取一些应对措施。

以美国首都华盛顿哥伦比亚特区的空气重污染应急方案为例，方案根据不同污染物的浓度设定了警告、警戒、和紧急三个级别，这三个级别的浓度分布对应了 AQI 为 200、300 和 400 时。当任何一个监测点位的任何污染物实测值达到了相应的级别后，市长便可宣布启动应急方案，对公众提出行为建议，并有权控制任何即将或已经对公众健康和环境造成危害的排放源。同理，新加坡的雾霾应急行动方案中也要求，当 PSI (与 AQI 叫法不同，但意义相同) >100 时达到“不健康”级别后，可启动行动方案。

4. 小结与建议

AQI 在满足公众环境知情权和政府从事空气质量管理方面都发挥了重要的作用。使用 AQI 来分级表征空气质量状况，并提供相应的健康指引，可以使公众更容易理解空气质量状况，并提前做好防护。生态环境部门利用 AQI 设定年度目标和考核、以及重污染预警，不仅可以推动地方政府提高空气质量管理能力，并且在重污染期间有效的实现“削峰、降速”。

AQI 应用至今仍存在部分问题急需解决。如我国 AQI 实时报中颗粒物和 O_3 的滑动平均时段评价结果具有一定的滞后性，这就使得相应的健康指引改变不够及时，不利于公众提前采取防护措施。而英美对 AQI 实时报计算进行了优化使评价结果与公众感受一致。建议我国对目前 AQI 实时报中颗粒物和 O_3 的 IAQI 计算方法进行优化，研究适合中国国情的方法，解决 AQI 实时报评价结果的滞后问题，在计算时可结合当前污染物浓度水平，使其能够及时反映空气质量的变化。

相同的污染物浓度下，不同国家 AQI 级别差异明显，因为各国的空气质量标准限值不同。由于我国的标准相对其他国家较为宽松，所以使得我国 AQI 级别也相对“乐观”，特定浓度下我国的“良”可能是其他国家的“不健康/有害/高度污染/很差”。这些不同的级别决定了相应的健康指引也存在较大差异，使得健康指引也较为宽松。随着我国未来进一步收紧空气质量标准，也应更新 AQI 分级标准，使得标准和指数都能够更充分保护公众健康，并且对应的健康指引也需要“升级”。

此外，当前的健康指引较为简化，未能建立起不同污染物健康风险和相应敏感人群之间的关联。所以可以参考美国，对不同污染物（特别是主要的超标污染物 $PM_{2.5}$ 和 O_3 ）提出更有针对性的健康指引，也应更加明确不同污染物的敏感人群的范围，从而更好地为公众出行提供服务。

AQHI 可以揭示空气污染物和人体健康之间的“无阈值”暴露反应关系以及多种污染物同时联合产生的健康风险。由于 AQHI 与健康风险直接相关，能够最大限度地为公众提供健康风险信息参考。目前我国仅有丽水市云和县作为第一批国家环境健康风险管理试点地区开始于今年发布 AQHI，建议将其建立和使用 AQHI 的经验在全国推广，便于更多地区建立自己的本地化 AQHI。

参考文献

生态环境部. (HJ 633-2012)环境空气质量指数 AQI 技术规定[S]. 北京：中国环境科学出版社, 2012.

UK Department for Environment, Food & Rural Affairs. Update on Implementation of the DAQI [R]. 2013. UK

USEPA. <https://www.airnow.gov/faqs/how-nowcast-algorithm-used-report>.

USEPA. Technical Assistance Document for the Reporting of Daily Air Quality – the Air Quality Index (AQI). September 2018.

王帅, 杜丽, 王瑞斌等. 国内外环境空气质量指数分析和比较[J]. 中国环境监测, 2013 (06): 63-70.

潘本锋, 宫正宇, 王帅, 郑皓皓. 环境空气质量指数在应用中存在的问题及建议[J]. 中国环境监测, 2015, 31(1): 64-67

倪洋, 樊琳, 曾强, 等. 空气质量健康指数的构建及应用的研究进展[J]. 环境与职业医学, 2017, 34(12): 1117-1122.

Wong, T.W., Tam, W.W.S., Lau, A.K.H., Ng, S.K.W., Yu, I.T.S., Wong, A.H.S., & Yeung, D. (2012). 空气污染指数发布系统研究. 标书编号. AP 07-085. 香港: 香港中文大学.

云和县空气质量健康指数发布平台, http://aqhi.yunhe.gov.cn/index.html#/realtime_monitor
成都市人民政府. 成都市环境空气质量考核办法(2018 年修订). 2018.

北京市人民政府. 北京市空气重污染应急预案(2018 年修订). 2018.

全国爱国卫生运动委员会. 国家卫生城市标准(2014 版). 2014.

Washington D.C. District Department of the Environment. Revised Air Quality Emergency Episode Plan for the District of Columbia. 2014

印度 AQI 网站. <https://cpcb.nic.in/national-air-quality-index>.

新加坡 AQI 网站. <https://www.haze.gov.sg>.

韩国 AQI 网站. http://www.airkorea.or.kr/eng/khaiInfo?pMENU_NO=166.

欧盟 AQI 网站. <https://airindex.eea.europa.eu>.

英国 AQI 网站. <https://uk-air.defra.gov.uk/air-pollution/daq>

美国 AQI 网站. <https://airnow.gov/index.cfm?action=aqibasics.aqi>

南非AQI网站. <https://saaqis.environment.gov.za>