



# 水利水电国际资讯摘要

## IWHR International Digest

中国水利水电科学研究院 主编: 孟志敏 责编: 孟圆 刘一帆

2021  
**18**  
总310期

综合战略助力实现生物多样性、气候和水资源目标

水相关灾害成为过去50年的主导性灾害

研究发现野火的烟雾能改变云层, 降低降雨概率

发达国家路面行泄通道路面实践



# 综合战略助力实现生物多样性、 气候和水资源目标



当前,国际社会在保护生物多样性和调动自然解决方案遏制全球变暖方面的作为还远远不够。自然地图协会(Nature Map Consortium)的一项新研究表明:将全球30%的土地划为战略性保护区域可以保护70%的陆生植物和脊椎动物物种,维持62%以上的地上、地下脆弱的碳储量,以及68%的洁净水。

11月,各国政府将在格拉斯哥举行《联合国气候变化框架公约》大会。正如最近签订的七国集团签订的“自然契约(G7 Nature Compact)”以及88位政府首脑共同签署的“领导人对自然的承诺(Leaders' Pledge for Nature)”所表明,以减缓和适应措施为基础的自然解决方案将在世界议程中占据重要地位。2022年,在中国主办的《联合国生物多样性公约》缔约方大会上,各国将商议制定新

的“全球生物多样性框架”。拟议的目标包括到2030年保护至少30%的陆地和海洋、实施兼顾生物多样性的综合空间规划来应对陆地和海洋利用的变化。

为遏制大自然的衰退趋势、实现《巴黎协定》目标,需要设计并实施相应的战略,以能更好地管理农业用地、基础设施、生物多样性保护、气候变化减缓和适应、供水和其他需求。“全球生物多样性框架”草案强调了这一点,而哥斯达黎加、中国等国家目前所做的工作也凸显出了在进行空间规划时,需要考虑生物多样性保护如何能够为其他政策目标带来最大益处。

自然地图协会最新发表在《自然、生态和进化》期刊上的一篇文章,提出了一种可以支持此类综合战略实施的空间规划方法。该文章着眼于将具有全球重要性的地区确定为保护区,这样可以同时最

大程度地保护物种免于灭绝、维持脆弱的陆地碳储量、以及维护淡水资源。这是第一次真正将生物多样性、碳和水资源保护同时加以考量、并纳入同一个“全球优先地位地图”。这项工作的另一创新是在分析中加入了一个详尽的植物分布数据集(约占全部植物种类的41%),并设定了物种灭绝风险的具体目标。

研究人员认为,要实施2020年后生物多样性战略,如“全球生物多样性框架”,决策者和各国政府需要明确资源和保护管理能从哪些方面给生物多样性带来最大收益。同时,不应将生物多样性孤立看待。留存自然生态系统中碳储量等其他方面也应与生物多样性一同加以考虑,这样可以在多个目标之间力求取得协同效应、评判得失取舍。

新开发的“全球优先地位地图”显示,在新确定保护区域,比如保护区或社区管理的森林时,质量(位置和管理有效性)比数量(全球分布范围)更重要。为了确保保护质量和实现保护生物多样性的目标,政府和非政府机构应针对物种保护、生态系统健康及其对人类的可用性等设立目标和考核指标,在此基础上确定相应的保护区域。上述的研究为如何进行这一过程提供了指导。

研究人员指出,保护30%的战略规划土地可以给生态保护、气候和供水带来巨大益处。具体来说,将能够保护超过62%的地上和地下脆弱的碳储量以及68%的淡水,同时确保70%以上的陆生植物和脊椎动物免于遭受灭顶之灾。这项工作显示,要实现这些目标,需要战略性地使用自然地图这样的空间规划工具进行保护干预,更需要有效地去管理这些区域。研究提出的此类方法可以帮助决策者优先确定保护区域、明确人类和自然可以获得的益处。为实现长期效益,须对这些地区进行高效公平的管理,包括尊重原住民和当地社区的权利并给他们赋权。

“全球生物多样性框架”草案中呼吁的综合空间规划地图对实现气候和生物多样性目标必不可少,对于支持自然气候解决方案、改善碳市场和供应链绿色转型也至关重要。研究表明,与强调单一资产保护相比,生物多样性、碳和水资源的综合优化能够最大程度地发挥保护的协同效应。通过在特定地点开展战略性行动,可以在上述三个方面都实现可观的效益。然而,需要所有社会参与者的通力合作才能助力实现全球生物多样性目标和气候目标。

该分析明确了全球范围内在任一特定区域开展保护措施所带来的潜在最大收益,但同时强调,该分析判定的高收益潜力区域仅供分析使用,某一区域是否应划归为保护区,应由国家和当地利益相关方决定。研究还通过定量分析,确认了早先被定义为“生物多样性热点”的许多区域,而这些地区以前仅是基于专家意见划定的。通过纳入迄今为止全球优先事项中一直被忽视的全球生物网(global tree of life)的选定数据——例如爬行动物和植物——研究团队确定了全球范围内被认为对生物多样性至关重要的新区域,其中包括美国东南部和巴尔干地区等。该研究也有助于更新和改善对生物多样性保护具有全球意义的区域信息。

研究团队称,这一方法、数据和全球优先地位地图可用作大规模保护举措的支持工具。此外,这一研究为新一代的综合优先排序和规划工作奠定了基础,所有参与者可利用这个新一代的工具为地区级、国家级和次国家级的保护方案制定提供信息。

可在联合国生物多样性实验室(UN Biodiversity lab)进行全球优先地位地图的交互式数据探索,这一资源可以有效支持决策者、助力生态保护和可持续发展。

---

本文摘译自:

<https://phys.org/news/2021-08-biodiversity-climate-strategies.html>

# 水相关灾害成为过去50年的主导性灾害



根据世界气象组织(WMO)的一项综合分析研究,在过去50年中,与其他各类灾害相比,与水相关的灾害造成的人员伤亡和经济损失可谓“遥遥领先”。

世界气象组织9月2日发布的《世界气象组织天气、气候和极端水事件(1970-2019年)造成的死亡和经济损失图集》显示,过去50年间导致人员伤亡最严重的灾害依次为干旱(65万人死亡)、风暴(57.7232万人死亡)、洪水(5.87万人死亡)和极端温度(5.5736万人死亡)。

该图集显示,在经济损失方面,风暴(5210亿美元)和洪水(1150亿美元)也位列前十。

在过去50年中,洪水和风暴给欧洲造成的经济损失最为严重,累计达3775亿美元。2002年,德国因洪水承受了164.8亿美元的损失,是1970年至2019年间欧洲经济损失最惨重的事件。热浪造成的伤亡人数则最高。

数据显示,这一期间,天气、气候和水相关灾害占全球所有灾害(包括技术危害)的50%,占有报告死亡人数的45%,占有报告经济损失的74%。

## 气候变化

世界气象组织秘书长佩蒂瑞·塔拉斯(Petteri Taalas)教授表示,受气候变化的影响,与天气、气候和水有关的灾害发生频率和强度都在增加。

塔拉斯教授引用了一项快速归因分析指出,由温室气体排放引起的气候变化使热浪发生的可能性至少增加了150倍。近期北美破记录的热浪事件显然与全球变暖有关。他还表示,越来越多的强降雨事件也反映出气候变化的踪迹。随着大气层变暖、承载的水分增多,风暴期间降雨增加、洪水风险升高。任何国家——不论是发达国家还是发展

中国家——都不能幸免，气候变化就在眼前。当务之急是加大对适应气候变化措施的投资，如完善多灾害预警系统。

水最能让人类直接感受到气候变化的影响。为了有效应对水和气候挑战，须将气候变化和水当作一个整体加以探讨。这也是世界气象组织牵头成立新的水与气候联盟的原因，该联盟由多部门组成，致力于开展综合广泛的水与气候行动。

## 欧洲趋势

尽管灾害悲剧不断发生，但由于早期预警和灾害管理系统的持续完善，极端天气造成的死亡人数总体呈下降趋势。2003年和2010年，欧洲热浪造成多人死亡，推动了新的高温健康行动计划和早期预警的出台，在近十年里挽救了许多生命。

从1970年到2019年，欧洲共记录了1672起灾害，累计造成159438人死亡，经济损失达4765亿美元。在记录的灾害中，洪水(38%)和风暴(32%)

是最多见的灾害事件，但极端温度造成的死亡人数占比最高(93%)，50年中有148109人因此丧生。

2003年和2010年的两次极端热浪造成的死亡人数最多(占比80%)，共造成127946人死亡。仅这两次事件便一举拉高了欧洲的死亡人数。图集的其中一章提到，2003年热浪造成的死亡人数占欧洲死亡总人数的一半(45%)，在15个受影响的国家中，共有72210人丧生。

在欧洲范围内，按类型划分的灾害分布情况显示，河流洪水(22%)、一般性风暴(14%)和一般性洪水(10%)是欧洲最普遍的灾害。

《世界气象组织天气、气候和极端水事件(1970-2019年)造成的死亡和经济损失图集》(简称《图集》)在9月联合国大会召开前发布。《图集》以灾害流行病学研究中心(CRED)的紧急事件数据库(EM-DAT)为基础编纂。除了编纂此图集，世界气象组织还开展了一系列其他举措，旨在为决策者提供有关天气和气候极端情况以及全球气候状况的科学数据。

**Table 7. Top 10 disasters in Europe ranked according to reported (a) deaths and (b) economic losses (1970–2019)**

(a)	Disaster type	Year	Country	Deaths
1	Extreme temperature	2010	Russian Federation	55 736
2	Extreme temperature	2003	Italy	20 089
3	Extreme temperature	2003	France	19 490
4	Extreme temperature	2003	Spain	15 090
5	Extreme temperature	2003	Germany	9 355
6	Extreme temperature	2015	France	3 275
7	Extreme temperature	2003	Portugal	2 696
8	Extreme temperature	2006	France	1 388
9	Extreme temperature	2003	Belgium	1 175
10	Extreme temperature	2003	Switzerland	1 039
(b)	Disaster type	Year	Country	Economic losses (in US\$ billion)
1	Flood	2002	Germany	16.48
2	Flood	1994	Italy	16.03
3	Flood	2013	Germany	13.86
4	Storm	1999	France	12.27
5	Flood	2000	Italy	11.87
6	Flood	1983	Spain	10.0
7	Drought	1990	Spain	8.81
8	Flood	2000	United Kingdom	8.75
9	Storm	2007	Germany	6.78
10	Storm	1990	United Kingdom	6.65

**Table 3. Top 10 disasters in Asia ranked according to (a) reported deaths and (b) economic losses (1970–2019). TC indicates disasters caused by tropical cyclones.**

(a)	Disaster type	Year	Country	Deaths
1	Storm ( <i>Bhola</i> )	1970	Bangladesh	300 000
2	Storm ( <i>Gorky</i> )	1991	Bangladesh	138 866
3	Storm ( <i>Nargis</i> )	2008	Myanmar	138 366
4	Flood	1974	Bangladesh	28 700
5	Flood	1975	China	20 000
6	Storm (TC)	1985	Bangladesh	15 000
7	Storm (TC)	1977	India	14 204
8	Storm (05B)	1999	India	9 843
9	Storm (TC)	1971	India	9 658
10	Flood	1980	China	6 200
(b)	Disaster type	Year	Country	Economic losses (in US\$ billion)
1	Flood	1998	China	47.02
2	Flood	2011	Thailand	44.45
3	Flood	1995	Democratic People's Republic of Korea	25.17
4	Extreme temperature	2008	China	25.06
5	Drought	1994	China	23.72
6	Flood	2016	China	22.92
7	Flood	2010	China	21.10
8	Flood	1996	China	20.52
9	Storm ( <i>Mireille</i> )	1991	Japan	18.76
10	Flood	2014	India	16.90

本文摘译自：

<https://public.wmo.int/en/media/press-release/water-related-hazards-dominate-disasters-past-50-years>

# 研究发现野火的烟雾能改变云层，降低降雨概率



2021年8月18日，加州北部科珀维尔附近，一架消防直升机飞过浓烟。截至8月22日，这场大火已经烧毁了超过72.4万英亩的土地，摧毁了1259座建筑。

新的研究发现，烟雾可能增加云层降雨难度，从而加重干旱，形成一个“可怕的”反馈回路。

2018年夏天，美国西部遭遇了有史以来最严重的野火高发季，滚滚浓烟直冲云霄。大气科学家辛西娅·图伊(Cynthia Twohy)和同事花费数周时间，驾驶一架巨大的C-130研究飞机在烟雾中穿梭。浓厚的烟雾时不时让飞机内的灯光变得昏暗不明，研究人员甚至无法看到外面的云。

根据该研究团队发表在《地理物理研究通讯(Geophysical Research Letters)》上的一项研究，烟雾颗粒使部分云层更加浓密，并与小水滴结合得更加紧密——这使得云层中的水不太可能以雨的形式落下。

研究团队并没有直接将云层变化与美国西部正在发生的干旱联系起来，但在极其干燥、越来越容易发生火灾的西部，这种反馈回路很可能会进一步加剧干旱、延长火灾周期。

## 颗粒增多, 降雨减少

当大气层中的水蒸气附着在空气中漂浮着的微小颗粒上、凝结成小水滴时, 就形成了云。

但空气中的水是有限的, 特别是在美国西部干旱地区的夏季。如果有限的水只有少量粘性颗粒可以附着, 水最终便会聚集在那些极少量的小颗粒上, 形成大水滴。但如果存在很多小颗粒, 那么水就会分散开, 形成无数个闪闪发光的小水滴。

烟羽中的颗粒自然不算少。大火吞噬一切, 将烟屑抛入大气层中: 深色的、烧焦的有机物碎片; 粘稠的焦油颗粒; 棕色的灰烬等等。这些深色颗粒往往会聚集成直径约100纳米的小团簇, 一粒细玉米淀粉的大小, 这恰恰是形成云滴的适当大小。

2018年大火时期, 该研究团队直接从飞机外的空气中收集了云滴。果然发现, 烟羽内部的云滴数量大约是无烟云层的五倍, 而体积只为后者的一半。尽管科学家们此前从未从被烟雾改变的云层中收集过云滴, 但这一发现本身并不出乎意料。糟糕的是这一发现所蕴含的意义。由较小云滴组成的云不太可能形成降雨——因为云滴不够重, 会一直漂浮在空中、无法落到地面。

## 烟雾抑制降雨

除美国西部之外, 其他地方也显见了这种效应。亚马逊、南非和印度尼西亚等地的火灾均将巨大的烟柱推向大气层, 而细小颗粒发挥的作用与在美国西部相同——云层中小水滴密布、降水困难。

大火也影响到了大气层本身。烟雾颗粒是深色的, 因此会吸收阳光, 使自身和周围的空气变暖。同时, 在其帮助下形成的浓密云层是明亮的, 因此会反

射大量阳光、阻碍地面变暖。这样一来, 温暖地面和高处冷空气之间的温差减少了。但这种温差正是产生形成风暴云中对流上升气流的原因。

科学家们估计, 非洲中部火灾高发季时, 在对流受到抑制和云滴太小难以产生降雨的共同作用下, 烟雾弥漫地区的降水量进一步减少, 由此可能形成一个导致更多火灾发生的恶性循环。马达加斯加也发生了同样的情况。在过去几十年中, 该地的降水量减少了约20%, 其部分原因就是人类引起的火灾。

而在某些情况下, 烟雾可能会起到相反的作用——增加降水。在潮湿的亚马逊地区, 大气物理学较为复杂, 烟雾会压制低空云层, 引发高层大气中形成风暴云。

总体而言, 气候模型表明, 烟雾引起的降雨量下降可能会发生在全球大部分地区。令人担忧的是, 气候变化如同缭绕迷局, 各种动因交织在一起, 只会推动情况进一步恶化。

## “可怕的”的反馈回路

虽然研究人员并没有将空气中增多的烟雾与美国西部降雨量的变化直接联系起来, 但美国西部在火灾高发季的降雨量比过去少是已知事实。1979年以来, 夏季的降雨天数每十年减少约4%。这导致了易燃烧的干燥植被增加。在过去的二十年中, 美国西部的野火和大气中的烟雾均大量增加。2018年, 进入大气层的燃烧物比20世纪平均高出了近两倍; 2020年, 高出了近三倍。

这一新的研究表明, 烟雾会抑制降雨量, 从而阻碍扑灭火灾或将火灾及时掐灭。这种效应会对美国西部或全球产生多大的影响, 目前仍是未知。

本文摘译自:

<https://www.nationalgeographic.com/environment/article/wildfire-smoke-is-transforming-clouds-making-rainfall-less-likely>

# 发达国家路面行泄通道路面实践

道路雨水排放是一项复杂的系统工程,但传统设计通常仅侧重于雨水管网,而忽视了道路路面在雨水排放中的角色;实际上,道路路面是城市雨水排放必不可少环节。除了提供基本的漫流途径、对雨水进行有序汇集,在高重现期降雨发生时,道路路面可转变为涝水行泄通道,用于排除超出管网承载能力的雨水,发挥排涝除险的关键作用。目前,国内逐步认识到路面行泄通道的重要性,但相关研究、工程实践尚不成熟,落地实施较为困难。这部分的缺失导致城市的雨水排放乃至内涝防治工程整体能力有所不足。

部分发达国家及地区在经历多年的实践及研究后,逐渐形成了各自较为完整的道路路面排水理论。本文基于对发达国家及地区在道路路面排水方面主要内容的梳理,重点介绍了应对超出管网承载能力雨水的路面行泄通道设计在发达国家的基本思路、设计标准,分析了相关的设计计算方法;结合国内现有研究实践,总结先进做法对国内路面行泄通道设计的启示。

## 1 发达国家对路面行泄通道的研究实践

### 1.1 路面行泄通道设计总体思路

英美等发达国家的城市雨水排放通常不仅局限于单一的排水设施,而是遵照系统的规划设计理念。对道路雨水排放而言,当发生小概率降雨事件如25~100年一遇时,即高重现期降雨,雨水管网排水能力不足,路面行泄通道相应启用,充当径流的行泄空间,控制积水对周边地块、建筑产生的风险。

因此,路面行泄通道设计总体思路即为,日常情况下,道路承担基本的交通运输功能;当发生高重现期降雨时,径流超出低影响开发设施、雨水管网的承载能力、道路路面的允许漫幅及水深,在部分或全部交通中断的情况下,道路路面功能转换为明渠。超出管网承载能力的雨水通过路缘石、机动车道、人行道及坡度形成的几何空间蓄积、传输,排入就近的滞洪区、低影响开发设施或接纳水体。此时应基于公众安全及财产损失可接受的流速等参数,针对道路断面进行评估和设计。

此外,发达国家对路面行泄通道一般遵照区域性设计的原则。因地形、坡度及高程控制对于道路雨水排放而言具有直接的影响,故在规划阶段就整体考虑了区域的道路雨水排放设计,通常在顺应自然地形的同时,充分利用道路竖向,布置路面行泄通道。

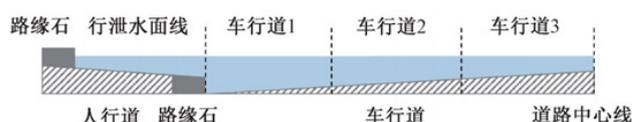


图1 高重现期下道路过水断面（半幅路）

### 1.2 路面行泄通道的设计标准

发达国家和地区道路雨水排放涉及的标准一般包括设计标准和校核标准,采用暴雨重现期和风险控制类限值等表征。设计标准主要用于道路下雨水管网量级的确认;校核标准则类似于国内的内涝防治设计标准,考察道路雨水排放系统中全部设施的综合排水情况。因此,为设计应对超出管网承载能力雨水的路面行泄通道,需通过道路雨水排放标准的设计标准与校核标准配合使用,从中获得道路路面所需分担的径流量。

发达国家和地区的雨水管网的设计标准通常较高,与商业区、居住区、相关的道路5年一遇以上,重要路段则10年一遇以上(见表1)。另一方面,校核标准多数以50年、100年一遇起步,并辅以安全限值(见表2)。例如美国校核降雨通常选用100年一遇,同时要求一条车道仍可通行,部分地区同时检验道路的水深和流速;与美国相似,澳大利亚常用100年一遇作为校核标准,并详细明确了高重现期降雨下,相邻建筑地层标高、行人和机动车安全的限值;英国指出超出管网承载能力的雨水设计重现期暂没有标准,多数情况下以30~200年一遇为合适,而对超出管网承载能力的径流的流速与水深乘积、流速平方与水深的乘积提出分别小于等于 $0.5 \text{ m}^2/\text{s}$ 、 $1.23 \text{ m}^3/\text{s}^2$ 的要求。

表 1 不同国家及地区雨水管网设计要求

国家或地区	道路分类或区域类型		设计重现期/年
美国	车流量较大或分车道或双向车道	<70 km/h	10
		>70 km/h	10
		凹点	50
	次干路	<70 km/h	10
		>70 km/h	10
		凹点	10
街坊路	低平均日交通量	5	
	高平均日交通量	10	
	凹点	10	
美国科罗拉多州	街坊路	2~5(取决于地方标准)	
	次干路		
	主干路		
	快速路		
澳大利亚	除街坊路以外的其他道路的道路路面		10
	街坊路		5
欧盟(满管不漫溢时) <sup>[12]</sup>	乡村地区		1
	居住区		2
	城市中心/工业区/商业区		5
	地铁/下穿通道		10
欧盟(管网漫溢时) <sup>[12]</sup>	影响程度	区域类型	重现期
	非常低	远离建筑的道路或开放空间	1
	低	农业用地(例如牧场、耕地)	2
	低到中	用于公共设施的开放空间	3
	中	邻近建筑的道路和开放空间	5
	中到高	建筑(除了地下室)	10
高	建筑地下室或地下通道	30	
非常高	重要的公共基础设施	50	

### 1.3 路面行泄通道设计计算方法

#### 1.3.1 传统设计计算方法

雨水管网的传统设计一般基于推理公式进行手工计算, 类比于此, 亦可将其作为路面行泄通道的设计计算方法。以澳大利亚为代表, 这一设计思路主要包括以下几个步骤:

- 根据区域地形等因素划定集水区, 在集区内基于道路的断面、几何参数计算道路路面过水能力。
- 选择高重现期降雨设计标准, 扣除雨水管网设计标准, 计算差值对应的重现期, 即道路路面需应对的设计重现期。
- 根据各条道路的过水能力、设计重现期获得各道路路面可服务的不透水面积。
- 利用集水区面积及径流系数得出设计服务面积, 对比设计服务面积和可服务面积, 能力不足则调整方案。

表 2 不同国家及地区道路校核要求

国家或地区	校核重现期/年	道路分类或区域类型	最大水深、受淹区域或其他限制要求
美国科罗拉多州	100 年一遇	街坊路	居住区、公建、商业建筑、工业建筑的地面线与 100 年一遇水面线或建筑的最低进水点之间不得少于 12 in。边沟水面线的深度不得超过 12 in。
		主干路/快速路	居住区、公建、商业建筑、工业建筑的地面线与 100 年一遇水面线或建筑的最低进水点之间不得少于 12 in。水深不得超过道路中心线, 以便救护车通行。边沟水面线的深度不得超过 12 in
澳大利亚	一般采用 100 年一遇	道路相邻建筑地层标高高于道路标高	全部径流应在道路范围内; 峰值水面线应在相邻建筑的地层标高以下 300 mm
		道路相邻建筑的地层标高与路缘石标高差值小于 350 mm; ①人行道与路缘石的高差大于等于 100 mm; ②人行道与路缘石的高差小于 100 mm; ③没有路缘石	①路缘石以上的水深应限制在 50 mm; ②水深应限制在与人行道相连的路缘石顶部以防止水流从道路进入相邻建筑; ③以上的深度从路缘石的理论高度开始计算
			行人安全方面; 无显著危险: 水深×流速≤0.6 m <sup>2</sup> /s; 显著危险: 水深×流速≤0.4 m <sup>2</sup> /s
英国	一般采用 30~200 年		水深×流速≤0.5 m <sup>2</sup> /s, 水深×流速 <sup>2</sup> ≤1.23 m <sup>3</sup> /s <sup>2</sup>

#### 1.3.2 水文水力学模型设计计算方法

城市水文水力学模型自19世纪提出至今, 在发达国家的使用已十分普遍, 除常见的管网、河道规划、设计、预测、评估或管理工作, 部分国家和地区将路面行泄通道的分析也耦合进模型, 将降雨、径流、积水等过程经由模型运算。以英国为代表, 建筑行业研究与咨询协会提出的超出管网承载能力雨水的处理就大量借助了水文水力学模型。这一设计方法主要包括以下几个步骤:

● 使用降雨事件、地形模型识别地表水流走向;对比水流走向和区域路网,明确实际的排水路径,即路面行泄通道。

● 构建雨水管网模型、行泄通道的路面模型(可采用明渠形式),通过检查井连接,形成管网-路面排水系统模型。

● 重新模拟降雨事件下,考察路面行泄通道的水深与径流流速是否符合要求,必要时调整设计,如放大管径、增加调蓄设施等。

## 1.4 其他设计要点

### 1.4.1 路面行泄通道在新旧区的侧重

对于新建的区域,发达国家的经验显示,在规划阶段应尽早考虑整个区域的道路雨水排放系统的设计;同时,区域中路面行泄路径的选取应顺应自然地形。在我国,建设用地竖向规划承担这一任务,故竖向规划应充分考虑路面行泄通道的需要。

对于旧区而言,重点应当解决既有条件下的积水情况。例如英国建筑行业研究与咨询协会出版的城镇内涝管理报告中,提供了大量已建城区涝水治理的案例。这些案例均在明确引起内涝原因的基础上,利用路面坡度调整、路缘石和低影响开发设施的建设等措施,妥善处理了发生超出管网承载能力降雨时造成的积水。

### 1.4.2 道路坡度的设置

出于排水需求,发达国家的排水设计多对路面坡度做出规定。值得注意的是,英国等欧洲国家一般对坡度的要求更多基于地形,没有在一定设计速度下严格规定纵坡指标;而美国设计手册也指出在地势非常平缓或道路变坡点上,路面径流将更多利用横向排水:在凹形或凸形竖曲线的位置应考虑加大道路横坡。

针对横坡,美国综合排水所需的合理坡度范围及机动车舒适安全行驶的需要,提出了常见路段的横坡选择范围。由表3可见,依据路面划分的类型具有不同的取值范围,且随着车道数量的增加,远离道路中心线的车道横坡可逐渐加大。

### 1.4.3 路面行泄通道排除径流的出口

使用道路路面作为行泄通道时,通常可配合周边环境条件,除一般河道、沟渠及其他水体外,在当前海绵城市建设的背景下,低影响开发设施、调蓄设施等也是良好的选择。英国建筑行业研究与咨询协

表3 美国道路横坡取值

路面类型	路面类型	横坡范围
高等级路面	2 车道	0.015~0.020
	3 车道及以上,两个方向	最低 0.015;每车道增加 0.005 到 0.010;最高 0.040
中等级路面		0.015~0.030
低等级路面		0.020~0.060
路肩	沥青或水泥	0.020~0.060
	建有路缘石	≥0.040

会提供的多数案例即充分结合了公园绿地、植草沟、滞留塘进行建设。

## 2 国内研究实践及启示

目前,国内与排水或道路工程相关的一些规范针涉了部分路面行泄通道的内容。例如2016年发布的《城乡建设用地竖向规划规范》提到道路作为临时行洪通道的路边径流深度、径流深度与流速乘积的限值;2017年,住房和城乡建设部发布的《城镇内涝防治技术规范》(GB 51222-2017)指出了应对超出管网承载能力的雨水应预设道路行泄通道,并提出相关规定。

国内学术界对路面行泄通道也逐步开启了一些研究。李俊奇等结合国内海绵城市的建设理念,提出了大排水系统的规划设计方法;程小文等梳理了以案例介绍了行泄通道的规划布设;李贞子等总结了我国古代城镇道路雨水排放的建设情况;吕恒等在优化提升雨洪模型的基础上,定量分析了道路作为行泄通道的排水作用。此外,还有一些工程或研究将海绵城市的要求与道路路面排水相结合。

总体而言,国内在路面行泄通道方面已有一定的研究基础:规范性文件提出了相关理念或标准限值,学术研究方向包括了海绵城市道路设计、排水要素理论计算或施工技术。但更为深入的道路雨水排放系统理论阐述、路面行泄通道设计方法、细节还未能完全明确,不利于其实际工程落地。几个关键问题总结如下:

(1)缺乏整体设计的理念,道路雨水排放系统需重新梳理构建。由发达国家的经验可知,道路雨水排放需要有系统的规划设计理念,而不是仅依靠雨水管网。路面行泄通道作为及其重要的道路雨水排放设施,与雨水管网、低影响开发设施相互衔接,在必要时发挥径流传输的作用。

然而长期以来,国内城市的道路雨水排放系统仅由雨水管网构成。虽然随着城市建设的进步,国内逐步认识到道路雨水排放系统不仅局限于排除低重现期降雨的雨水管网,但是目前适应新形势的道路雨水排放系统尚未得到清晰的界定,系统内部组成元素间相互关联与作用关系亦未得到明确,导致路面行泄通道缺乏顶层设计。

因此,应首先整体梳理构建道路雨水排放系统,厘清其组成部分、各部分间的关系,明确路面行泄通道的顶层设计。

(2)城市竖向规划对道路雨水排放考虑不足。发达国家明确了在新区建设中前期规划对于雨水排放工程的重要性。对城市道路而言,设计通常以竖向规划、道路专项规划等为上位规划。其中,如何有序组织地表径流,形成地面雨水排放路径,很大程度上直接由竖向规划引导。

当前,国内城市在进行竖向规划时,通常没有充分考虑路面行泄通道的排水需求。因此,下一步应研究对城市竖向规划的优化,明确如何将路面行泄通道的排水需求与竖向规划相结合,提出竖向规划应增加的内容、相应的编制方法等。

(3)研究路面行泄通道设计思路与方法。作为落地的关键环节,提出具体的设计思路与方法才能提高路面行泄通道的实施性。以“新区规划引领、旧区问题导向”为首要原则,应重点探索适合于国内城市应对超出管网承载能力雨水时道路作为行泄通道的设计方法及要点。

(4)促进各专业协同。部分发达国家将详尽的排水设计并入道路工程中,保证了专业间良好的协作性。而我国的道路、排水设计通常参照不同专业的设计规范,由于所参照的相关规范未能统一目标,即无法为道路雨水排放服务。例如,为满足道路与周边地块标高的协调,且遵循规范所提纵坡不小于0.3%的要求,设计往往形成锯齿形道路纵坡面,造成人为的低洼点,反而容易引起积水。

目前,排水方面的认知逐步进步发展,但最终落地实现还需通过道路工程作为载体。因此建议各类研究成果不仅用于支撑排水方面的规范性文件,道路相关的规范性文件也应充分融入城市排水、内涝防治的需求。

(5)细化道路雨水排放标准。由发达国家道路设计的规范性文件可知,不同类别的道路在抵御不同级别降雨时不是“一刀切”要求,而是被赋予了不同的标准,这能够更好地区分交通优先级、利用可淹没空间。因此,我国可结合自身道路工程的做法,在排水方面针对道路路面进行更为详细的划分,以供选用。同时,细化道路路面雨水排放在控制条件方面的标准,包括降低行人及行车风险的参数等。

### 3 结语

部分发达国家和地区较为完备的理论体系详细阐述了路面行泄通道的通识、标准,主要排水要素的计算方法,规划设计思路等。国内在这一方面可借鉴发达国家和地区的先进做法,今后应在转变设计思路的情况下,深入研究道路雨水排放系统,完善竖向规划编制方法,以及研究适用于国内路面行泄通道的排水标准和设计方法。



欢迎关注中国水科院微信公众号  
地址:北京市海淀区复兴路甲一号  
本刊联系方式:中国水科院国际合作处  
联系邮箱:dic@iwahr.com

原文标题:路面行泄通道,发达国家这样做。摘自“给排水”微信公众号9月9日发布文章。