

海南昌江石碌钴铜矿尾矿库重金属污染环境现状调查

何书海 林彰文 杨安富 王小菊 陈盛 杨海莲
(海南省环境科学研究院,海南 海口 570206)

摘要: 为了解海南省昌江县石碌镇钴铜矿尾矿库环境特点,分别采集了矿砂、背景土壤、废水、纳污水体和植物进行分析。结果表明,钴铜矿尾矿库的土壤受 As 和 Cu 污染严重,周边土壤受到不同程度的重金属污染;废水经过尾矿库沉淀处理后,SS、As、Cu、Co、Fe 等监测指标均有所降低,尾矿库起到沉淀吸附处理作用;纳污河流石碌河水质良好;尾矿库内自然生长的菖蒲和水竹均受到重金属不同程度污染,尾矿库内的甘蔗中 Cr、Pb 含量均超过食品中污染物限量标准,表明尾矿库内不宜种植可食用作物。

关键词: 钴铜尾矿;土壤;废水和纳污水体;植物;重金属污染;石碌

中图分类号: X822.5 文献标识码: B 文章编号: 1006-2009(2012)03-0041-06

Investigation on Heavy Metal Pollution of Co and Cu Mine Waste Dump in Changjiang, Hainan Province of China

HE Shu-hai, LIN Zhang-wen, YANG An-fu, WANG Xiao-ju, CHEN Cheng, YANG Hai-ling
(Hainan Research Academy of Environmental Sciences, Haikou, Hainan 570206, China)

Abstract: Co and Cu mine waste dump was investigated on Shilu, Changjiang county, Hainan province of China. The ore, soils, waste water, river water and plant in the waste dump were analyzed for environmental evaluation. The results indicated that the soil in the dump and around the dump was seriously polluted by As and Cu as well as other heavy metals. After mine wastewater had passed the dump for precipitation-absorption reaction, the concentrations of SS, As, Cu, Co and Fe were dropped to keep pollutant carrying Shilu river had good water quality. The plants of *Acorus Calamus Linn* and *Phyllostachys Heteroclada Oliver* were polluted by the heavy metals in the mine waste dump. The concentration of Cr and Pb in the *Saccharum Sinensis Roxb* grown in the dump was higher than national food standard limits to show the soil was inadvisable to grow edible plants for both people and animals.

Key words: Mine waste dump of Co and Cu; Soils; Wastewater and pollutant carrying; Plants; Heavy metal pollution; Shilu

矿山开采造成的重金属污染,引起高度重视^[1-2],开矿过程中产生大量尾矿排入尾矿库,重金属通过介质向环境缓慢释放,对其周围生态系统造成影响。世界矿业所产生的尾矿超过 50 亿 t,国内现有尾矿库 1 万多座,总库容量达 500 亿 m³^[3],采矿业占用和破坏土地达 150 万 hm² ~ 200 万 hm²,每年排放的选矿废水约为 36 亿 t,相当部分的选矿废水未达到“污水综合排放标准”^[4-5]。尾矿库的生态恢复与重建,受到了较多关注,现选择海南省昌江县石碌镇钴铜尾矿库为研究对象,调查

和分析尾矿库区土壤、废水及植被污染状况,为该区域土地的合理利用和修复治理提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 矿区概况

石碌铜钴矿(108°56'2"E, 19°14'31"N)地处海

收稿日期: 2011-11-28; 修订日期: 2012-05-12

基金项目: 海南省重点科技计划项目(090814)

作者简介: 何书海(1981—)男,海南万宁人,工程师,硕士,从事环境监测工作。

南省昌江县石碌镇以西 12 km 处,属于热带海洋季风气候区,每年 5 月—10 月为台风雨季,12 月至翌年 4 月为旱季,四季不明显。年平均气温 28.3 °C,太阳辐射强,年日照时数 2 000 h~2 600 h,年平均蒸发量为 1 700 mm,年平均降雨量为 1 395 mm。矿区内的水系较为发达,昌化江、石碌河为流经矿区的两大河流。石碌的铜钴矿储量大,尤其是钴矿品位之高,闻名于世界。铜钴矿体均在石碌群第六层下部岩性段,其下为石碌群第五层石英绢云母片岩,其上为石碌群第六层中部含铁岩性段。

铜钴尾矿库(109°01′13.3″E,19°15′24.4″N)位于昌江县石碌镇至霸王岭公路 4 km 南侧之峡谷处。该库于 1974 年—1977 年建设,1978 年 10 月投产使用。库区三面环山,植被良好(低洼处植被覆盖率较高,以自然恢复为主,植物种类较丰富),属低山丘陵地貌。尾矿库大坝坝高 78 m,库尾设置溢流井 72.8 m,其排水口连接涵道通向石碌河,设计总库容 $2.33 \times 10^6 \text{ m}^3$,设计服务年限 18 年,已超过设计服务年限 16 年。

1.2 仪器与试剂

原子荧光光度计(北京吉天仪器有限公司,AFS-830),原子吸收光谱仪(美国 Thermo 公司,SOLAARM6),可调式电热板(Lab Tech Ea35A plus),电子天平(梅特勒,MS204S),pH 计(梅特勒,DELTA320),便携式浊度仪(美国哈希 HACH 公司 2100P-型便携式浊度仪),超纯水机(上海和泰仪器有限公司)。

硝酸、盐酸、氢氟酸、高氯酸均为优级纯(广州化学试剂厂)。

1.3 野外采样

根据尾矿库的分布情况,分别采集土壤、尾矿砂、废水、地表水和植物样品。土壤的采集按文献[6]相关要求,取自表层(0 cm~20 cm)样品等量均匀混合;水样的采集、保存按文献[7]相关要求;植物样品的采集参照文献[8],在确定范围内多点取样,等量均匀混合组成样品。甘蔗去皮选取可食用部分,菖蒲、水竹选用根、茎叶等量混合。具体点位见表 1。

表 1 采样点位及污染特征描述

Table 1 Sampling sites and pollution characteristic

样品类型	样品编号	采样点位描述	备注
尾矿砂	S-1	钴铜尾矿库无水区	钴铜尾矿库鲜样含水率 8.32%
	S-2	钴铜尾矿库中部	钴铜尾矿库鲜样含水率 27.6%
土壤	S-3	上游,离尾矿库约 45 m	砖红壤
	S-4	上游,离尾矿库约 1.3 km	砖红壤
	S-5	上游,离尾矿库约 1.6 km	砖红壤
水	W-1	采矿废水流入尾矿库口处采样	进口废水
	W-2	尾矿库排放口,排入石碌河	出口废水
	W-3	排放口下游,距离排口 1.3 km	地表水
植物	P-1	生长在尾矿库水中,植被生长良好	菖蒲 <i>Acorus Calamus</i> Linn
	P-2	生长在尾矿库水中,植被生长良好	水竹 <i>Phyllostachys Heteroclada</i> Oliver
	P-3	尾矿库内,无水区种植甘蔗	甘蔗 <i>Saccharum Sinensis</i> Roxb
	P-4	上游,离尾矿库约 55 m,对照点位	以甘蔗为对照

1.4 样品制备与分析

土壤监测指标有 pH 值、As、Cu、Zn、Pb、Cd、Cr、Co、Fe 和 Mn。土壤样品自然风干、磨细过 80 目筛,As 元素采用 V(盐酸):V(硝酸):V(纯水)=3:1:4 的溶液消解,原子荧光法测定含量;Cu、Zn、Pb、Cd、Cr、Co、Fe 和 Mn 采用 V(硝酸):V(高氯酸)=1:1 的溶液消解,原子吸收法测定含量。

加入国家标准物质样品 ESS-3 作为未知样

品的测定以进行分析质量控制,各种元素测定值均在国家标准参比物质的允许误差范围内。

废水监测指标主要有 pH 值、浊度、SS、As、Cu、Zn、Pb、Cd、Cr、Co、Fe 和 Mn;地表水监测指标主要有 pH 值、COD、As、Cu、Zn、Pb、Cd、Cr、Co 和 Mn。各样品的分析方法均按《污水综合排放标准》(GB 8978-1996)和《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002)中相应要求执行^[9-10]。

植物监测指标包括 As、Cu、Pb、Cd、Cr、Co、Fe

和 Mn,各样品的采集、保存及分析方法均按《全国土壤污染状况调查农产品样品采集与分析测试(前处理)》中相应要求执行。植物选用鲜样,样品洗净晾干,用不锈钢剪刀剪成小块,打碎混匀。As 元素采用 V(硝酸):V(高氯酸)=4:1 的溶液消解,原子荧光法测定含量;Cu、Zn、Pb、Cd、Cr、Co、Fe 和 Mn 采用 V(硝酸):V(高氯酸)=1:1 的溶液消解,原子吸收法测定含量。

2 结果与分析

2.1 尾矿库、背景土壤重金属污染状况

2.1.1 尾矿库、背景土壤重金属含量

钴铜矿尾矿库 S-1 和 S-2 的 pH 值与背景区域点位 S-3、S-4 和 S-5 土壤的 pH 值没有明

显的差异,尾矿库尾矿砂的 pH 值均接近当地土壤背景值,表明钴铜矿尾矿库矿砂没有发生酸化;尾矿库样品 S-1 和 S-2 的 As、Cu、Cr、Co 和 Fe 含量较高,但 S-3、S-4 和 S-5 的 Zn、Mn 含量高于 S-1 和 S-2 的均值。与国家土壤环境质量 II 类标准值相比,钴铜矿尾矿库 S-1 和 S-2 的 As、Cu 严重超标(As 超过土壤环境质量的 1 倍~2 倍,Cu 超过土壤环境质量的 4 倍~6 倍),S-3、S-4 和 S-5 的 As、Cu、Zn、Pb、Cd 和 Cr 均低于土壤环境质量 II 类标准值。

背景区域点位土壤的 Zn、Mn 含量高于尾矿砂,这与成土母岩类型有关。岩石的种类决定了化学元素组成及数量分配,因此,微量元素的组成和数量分配由成土母岩决定。见表 2。

表 2 不同采样点 pH 值和样品中的污染物含量
Table 2 pH values and concentration of heavy metals in different sampling sites

样品编号	pH 值	$\omega/(mg \cdot kg^{-1})$								
		As	Cu	Zn	Pb	Cd	Cr	Co	Fe	Mn
S-1	7.00	59.0	660	45.8	59.2	0.030	46.1	1 310	138 000	594
S-2	7.29	55.9	448	32.4	58.5	0.030	29.9	472	29 500	729
均值		57.5	554	39.1	58.9	0.030	38.0	891	83 750	662
S-3	7.40	4.58	17.7	92.5	47.9	0.030	18.5	86.0	21 352	841
S-4	7.49	3.69	12.4	84.5	21.3	0.019	15.1	26.0	5 800	805
S-5	6.60	2.26	9.19	106	16.3	0.012	12.6	13.7	4 597	785
土壤环境质量 II 类标准	6.5~7.5	25	100	250	300	0.6	300			

2.1.2 重金属主成分分析

为了探讨土壤重金属复合污染特征,对土壤中

重金属元素的含量进行了两两相关分析,土壤元素含量相关系数见表 3。

表 3 重金属相关性分析($n=5$)^①
Table 3 Correlation between different coefficients of availability of heavy metal ($n=5$)^①

元素	As	Cu	Zn	Pb	Cd	Cr	Co	Fe	Mn
As	1								
Cu	0.928*	1							
Zn	-0.975**	-0.893*	1						
Pb	0.824	0.794	-0.816	1					
Cd	0.657	0.625	-0.707	0.935*	1				
Cr	0.916*	0.973**	-0.818	0.817	0.688	1			

续表

元素	As	Cu	Zn	Pb	Cd	Cr	Co	Fe	Mn
Co	0.863	0.949*	-0.730	0.718	0.573	0.986**	1		
Fe	0.745	0.865	-0.590	0.659	0.543	0.945*	0.979**	1	
Mn	-0.856	-0.937*	0.71	-0.571	-0.377	-0.931*	-0.966**	-0.921*	1

①* : $P < 0.05$; ** : $P < 0.01$

Zn 与 As、Cr 与 Cu、Co 与 Cr、Fe 与 Co、Mn 与 Co 在土壤中存在极显著相关性; Cu 与 As、Cu 与 Zn、Cd 与 Pb、Cu 与 Co、Fe 与 Cr、Cu 与 Mn、Cr 与 Mn、Fe 与 Mn 存在显著的相关性, 而 Pb、Cd 与其余 7 种元素的相关性较差, 均未达到显著水平。这说明除了 Pb、Cd 以外, As、Cu、Zn、Cr、Co、Fe 和

Mn 均存在不同程度的相关性, 表明研究区存在这种 7 种重金属不同程度复合污染或具有同源性。

2.2 尾矿库废水及纳污水体的调查与监测

铜钴矿进口废水经过尾矿库沉淀处理后, 沿着涵洞直接流入石碌河, 分别在废水进口、出口及石碌河下游处采集水样, 监测结果见表 4。

表 4 不同点位废水和纳污水体监测结果

Table 4 Monitoring result in waste water for different sampling sites

样品编号	pH 值	浊度	$\rho / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$										
			COD	SS	As	Cu	Zn	Pb	Cd	Cr	Co	Fe	Mn
W-1	7.02	3.9		67	0.006	0.009	0.007	—	—	—	0.011	3.25	0.155
W-2	7.87	1.8		7	0.001	0.003	0.007	—	—	—	—	0.26	0.428
最高允许排放 浓度一类标准	6~9			100	0.5	0.5	2.0	1.0	0.1	1.5			2.0
W-3	6.93		13	4	0.001	0.002	0.001	—	—	—	—	0.10	0.36
地表水环境质 量 II 类标准值	6~9		15		0.05	0.01	1.0	0.01	0.005	0.05			

钴铜尾矿库进出口废水的 pH 值、SS、As、Cu、Zn、Pb、Cd、Cr、Mn 等质量浓度最大值均符合《污水综合排放标准》(GB 8978-1996) 表 4 中一级标准要求。根据尾矿库进出口监测值, 排放口除了 Mn 元素含量大于进口 Zn 元素持平外, 其他项目值均低于进口, 其原因可能为废水流经库区, 受到区域背景土壤、人为活动和地表径流迁移等方面影响, 使得水体中 Mn 元素含量逐渐增加, W-3 样品中 Mn 元素含量同样高于 W-1。

石碌河下游 1.3 km 处所监测项目的 pH 值、COD、As、Cu、Zn、Pb、Cd、Cr、Hg 等质量浓度最大值均符合《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002) 中 II 类标准限值, 结果显示目前石碌河水质良好, 受到尾矿库废水影响较小。

从监测结果可知, 钴铜矿废水进入尾矿库沉淀处理后, pH 值有所上升, 浊度、SS、As、Cu、Co、Fe 等指标均有所降低, 部分重金属沉淀在尾矿砂中, 起到沉淀处理作用, 这可能归于尾矿砂和水系沉积物

对 As、Cu、Co、Fe 具有较强的吸附力^[9-10]; 经过尾矿库后流出的废水偏弱碱性, 不利于土壤中重金属溶解, 导致废水中部分元素含量有所降低, 减少排放废水对纳污水体影响。

2.3 尾矿库植物对土壤中重金属元素的富集

尾矿库植物样菖蒲、水竹和甘蔗中的 As、Cu、Co、Fe、Mn 等元素含量均高于 P-4 中元素含量, 但不同植物体内的重金属含量也存在差异, 由此可见不同植物种类对重金属的吸收能力也存在差异。从植物体内重金属含量观察, 自然生长植物菖蒲和水竹的 As、Cu、Cr、Co、Fe、Mn 含量分别高于尾矿库区甘蔗元素含量, 说明尾矿库内菖蒲、水竹对 As、Cu、Co、Fe、Mn 有一定富集作用, 并且对 As、Cu、Co、Fe、Mn 等有害元素有较强的吸收能力和耐性, 这 2 种植物是否可作为 As、Cu、Co、Fe、Mn 污染治理的有效修复物种, 还需要进一步深入研究。

根据食品中污染物限量标准 (GB 2762-2005), 库区甘蔗和对照甘蔗中 Cr(水果规定限值

0.5 mg/kg) 和 Pb(水果规定限值 0.1 mg/kg) 已超过食品中污染规定限值^[11]。因此在尾矿库影响范围内种植的可食用植物,其食用安全性受严重威胁,防止 Cr、Pb 重金属通过土壤—作物的传输进入人食物链,影响人体健康,见表 5。

表 5 不同植物对土壤中重金属的富集 mg/kg
Table 5 Pollutant contents of in plants mg/kg

样品编号	As	Cu	Pb	Cd	Cr	Co	Fe	Mn
P-1	1.24	3.37	—	—	1.57	3.46	345	28.9
P-2	1.47	3.26	0.8	—	5.12	4.62	505	17.4
P-3	—	0.62	0.5	—	1.25	0.31	27.4	2.53
P-4	—	0.23	0.6	—	1.16	—	11.4	2.31

3 结果与讨论

3.1 结果

(1)根据国家土壤环境质量 II 类标准,铜钴矿尾矿库 S-1 和 S-2 的 As、Cu 严重超标,S-3、S-4 和 S-5 的 As、Cu、Zn、Pb、Cd 和 Cr 均低于土壤环境质量 II 类标准值。

(2)研究区的 As、Cu、Zn、Cr、Co、Fe 和 Mn 均存在不同程度的相关性,说明这 7 种重金属不同程度复合污染或具有同源性,表明周边土壤受到不同程度的重金属污染。

(3)钴铜尾矿库进出口废水的 pH 值、SS、As、Cu、Zn、Pb、Cd 等质量浓度最大值均符合《污水综合排放标准》(GB 8978-1996)中最高允许排放浓度一级标准值。

(4)纳污水体所监测项目的 pH 值、COD、As、Cu、Zn、Pb、Cd、Cr 等质量浓度最大值均符合《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002)中 II 类标准限值,表示目前石碌河水水质良好,受到尾矿库废水影响较小。

(5)菖蒲、水竹对 As、Cu、Co、Fe、Mn 有一定富集作用,并且对 As、Cu、Co、Fe、Mn 等有害元素有较强的吸收能力和耐性,是否可以作为 As、Cu、Co、Fe 污染治理的有效修复物种,还需要进一步研究。研究结果还表明,尾矿库内不适宜种植甘蔗,甘蔗中 Cr、Pb 重金属含量已超过食品中污染规定限值,其食用的安全性必须高度重视,防止 Cr、Pb 重金属通过土壤—作物的传输进入人的食物链,造成植物食品污染。

3.2 讨论

土壤酸碱度是土壤环境质量的一个重要化学

指标,影响土壤中重金属存在形态、有效性及迁移转化,且对重金属活性和生物有效性影响较大,过高的土壤 pH 值对重金属具有固定化作用^[11-14]。昌江钴铜矿尾矿库土壤和废水的 pH 值范围 7.00~7.87,说明尾矿没有发生酸化。

尾矿是矿区污染主要污染源^[4],尾矿库的尾矿在常年的风化和水营力作用下等改变了矿砂、废水中有害元素组成,降低了土壤和水的环境质量,并与周边的土壤形成明显差异,并最终影响到农作物的食用安全性。尾矿库建立对废水、尾矿砂重金属和有毒元素去除和沉淀起较好的效果,废水进入尾矿库沉淀处理后,对部分重金属有一定吸附作用,使得排放废水中部分重金属含量下降,降低对石碌河水水质影响。

综合分析土壤与植物体内重金属含量有直接的相关性,在 As、Cu、Co、Fe 元素污染区域采集植物,其植物中 As、Cu、Co、Fe 等元素含量也相对高。不同植物体内的重金属含量也存在差异,自然生长植物菖蒲和水竹中的 As、Cu、Cr、Co、Fe 含量高,表明菖蒲、水竹对 As、Cu、Co、Fe 有一定富集作用,目前尚无菖蒲、水竹对重金属富集相关报道,菖蒲、水竹是否可以作为 As、Cu、Co、Fe 污染治理的有效修复物种,还需要进一步研究。相关研究表明能在重金属污染的土壤中自然生长旺盛,并成为钴铜尾矿库的优势植物,却未表现出重金属所产生的毒害作用,可能与其生长在高含量重金属的环境中所形成的生理机制有关^[2],因而使大多数生长在重金属积累土壤的富集型植物,同时具有重金属耐性的特征。

4 结语

铜钴矿的开采导致矿区环境与生态均受到不同程度的影响,矿区环境治理要根据环境现状,制定科学合理、实用有效、经济可行的治理方法。

(1)开采矿床的尾矿是影响矿区土壤、水以及植物环境质量的主要因素。因此,矿区生态环境治理的重点是尾矿库,只要对矿区执行规范化、合理开采及治理好尾矿的排放,矿区生态环境问题可以得到缓解。

(2)铜钴矿开采后尾矿库生态环境恶劣,原有生物生存条件受到严重破坏,如何选择适合植物治理尾矿,应根据“适者生存”自然法则,在尾矿库区开展自然生长植物调查,从其生长的优势种中选择,

对其进行针对性地修复,避免在尾矿库内种植作物以减少矿区重金属污染在食物链中扩散。经现场调查和监测结果表明,尾矿库菖蒲、水竹等植被生长良好,对有害元素As、Cu、Co、Fe具有一定耐性和较好的富集效应,作为As、Cu、Co、Fe污染治理的有效修复物种,还需要进一步研究。

(3)对于昌江钴铜矿尾矿库应采取保护措施,防止农民私自在尾矿库中复垦,以避免经土壤—作物的传输进入人食物链,造成食品污染。

[参考文献]

- [1] 秦建桥,夏北成,胡萌,等. 广东大宝山矿区尾矿库植被演替分析[J]. 农业环境科学学报, 2009, 28(10): 2085-2091.
- [2] 刘月莉,伍钧,唐亚,等. 四川甘洛锌矿区优势植物的重金属含量[J]. 生态学报, 2009, 29(4): 2020-2025.
- [3] 甘风伟,方维萱,魏宁,等. 试论多金属矿山尾矿库区受损景观生态调查研究方法[J]. 中国矿业, 2009, 18(5): 42-44, 52.
- [4] 廖香俊. 海南石碌铁矿矿区环境地球化学及环境治理研究[D]. 武汉: 中国地质大学, 2008.
- [5] 束文圣,张志权,蓝崇玉,等. 中国矿业废弃地的复垦对策研究[J]. 生态科学, 2000, 19(2): 24-29.
- [6] 国家环境保护总局. HJ/T 166-2004 土壤环境监测技术规范[S]. 北京: 中国环境出版社, 2004.
- [7] 环境保护部. HJ 493-2009. 水质采样 样品的保存和管理技术规定[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2009.
- [8] 中华人民共和国农业部. NY/T 788-2004 农药残留试验准则[S]. 北京: 中国农业出版社, 2004.
- [9] 冯艳红,林玉锁,张孝飞,等. 苏南地区农村河塘底泥中重金属污染调查与评价[J]. 环境监测管理与技术, 2007, 19(5): 19-22.
- [10] 陈小威,刘文华,刘芬,等. 湘江(株洲段)沉积物重金属污染现状及生态风险评价[J]. 环境监测管理与技术, 2011, 23(1): 42-46.
- [11] 中华人民共和国卫生部. GB 2762-2005 食品中污染物限量标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 2005.
- [12] 雷冬梅,段昌群,王明. 云南不同矿区废弃地土壤肥力与重金属污染评价[J]. 农业环境科学学报, 2007, 26(2): 612-616.
- [13] 王庆仁,刘秀梅,崔岩山,等. 我国几个工矿与污灌土壤金属污染状况及原因探讨[J]. 环境科学学报, 2002, 22(3): 354-358.
- [14] CLEMENTA R, WALKER D J, ROIG A, et al. Heavy metal bioavailability in a soil affected by mineral sulphides contamination following the mine spillage at Aznalcollar (Spain) [J]. Biodegradation, 2003, 14(3): 199-205.

· 简讯 ·

世界银行: 中国实现“十二五”减排目标须城市低碳

中国新闻网消息 日前,世界银行在北京发布了《中国可持续性低碳城市发展》。该报告称,中国的城市走低碳发展之路,有助于实现国家降低单位GDP能源强度和碳强度的目标,同时更加宜居,效率更高,更有竞争力,最终实现可持续发展。据估计,城市产生的与能源有关的温室气体占总排放量的70%。鉴于未来20年中国预计将增加3.5亿城市居民,实行低碳发展,刻不容缓。

世界银行中国局局长罗兰德在报告发布会上说“中国要实现‘十二五’规划把碳强度降低17%的指标,城市减少排放至关重要。报告提出了一个行动框架供中国的城市借鉴,有些城市已经采取这些措施来促进经济发展与低碳增长。”

报告指出,工业和发电是中国城市碳排放的主要来源,据估计这两项各占城市碳排放量的40%,其余的20%则来自交通、建筑和废弃物。

报告建议说,要实现低碳增长,城市需要在多条战线同时行动。由于碳排放与城市的形态密切相关,因此影响土地利用和空间发展的措施是最重要的。空间发展还具有很强的“锁定”效应:城市一旦发展和确定了自身的形态,要想重新改造几乎是不可能的,因为建筑环境在很大程度上是不可逆转的,改造的成本高昂。此外,城市需要建设节能效率高的建筑物和工业,需要发展可以替代私家车的交通系统,需要建立对水、污水和固体废弃物的高效管理。而且,城市需要将应对气候变化的措施纳入规划、投资决策和应急预案中。

报告还强调,需要针对具体部门的具体问题采取措施,特别是针对能源、交通以及水资源、废弃物管理等市政服务采取具体措施。报告根据中国各城市和世行项目的经验,针对这些部门提出了具体的建议。

在能源方面,报告建议城市领导人应鼓励发展清洁能源,包括通过最大限度地使用可再生能源,加强能源需求管理中市场化方式的作用。在城市交通方面,城市应改善公共交通服务质量,促进多方式公共交通服务一体化,在条件成熟的情况下增加电动车的使用。在水资源管理方面,城市应考虑紧凑型城市发展模式,以达到基础设施需求与抽水成本的最小化。城市须重新评估其取水策略和污水处理方式,最大限度地减少能源使用,并通过适当的定价策略加强对需求的管理。

摘自 www.jshb.gov.cn 2012-05-11