基于管理数据的工业源排放清单校核研究
——以沧州为例

冉海潮[1]，雷团团[1,2]，伯鑫[2]，田飞[3]，屈加豹[2]，马岩[2]，高爽[4]，
陈爱忠[2]，赵晓宏[2]，吕巍[2]，张俊华[5]，李时蓓[2]

(1. 河北科技大学环境科学与工程学院，河北 石家庄 050000；2 生态环境部环境工程评估中心，北京 100012；
3. 山东省环境保护科学研究设计院有限公司，山东 济南 250013；4. 南京大学环境规划设计研究院股份公司，南京 210093；
5. 沧州市生态环境局，河北 沧州 061000)

摘要：基于排污许可、环评等环境管理数据，对沧州市2017年大气污染源排放清单中企业自主填报数据的准确性进行校核，通过填报数据对比筛选出33家疑似问题企业进行实地调研，根据调研结果及污染源在线监测(简称CEMS)数据对清单排放浓度与排放量进行校核，做到清单建立的“事中控制”及“事后校核”。结果显示，事中校核中多数企业在活动水平填报上存在误差，产品产量为主要错误类型，误差率为45.5%；校核前后SO_2、PM_{10}、$PM_{2.5}$排放量变化最为明显，排放差量分别为572.1 t/a、1 368.6 t/a、399.5t/a，误差率分别为53.1%、49.6%、32.4%。通过这种“事中事后校核”的方法，可指导地方在排放清单数据收集过程进行质控，确保清单的准确性。

关键词：校核方法；排放清单；排污许可；EIA；CEMS

DOI：10.14068/j.ceia.2019.04.011

中图分类号：X593 **文献标识码**：A **文章编号**：2095－6444(2019)04－0046－04

Research on the Verification of Industrial Source Emission Inventory Considering Environmental Management Data: Taking Cangzhou as an Example

Ran Haichao[1], Lei Tuantuan[1,2], Bo Xin[2], Tian Fei[3], Qu Jiabao[2], Ma Yan[2], Gao Shuang[4],
Chen Aizhong[2], Zhao Xiaohong[2], Lv Wei[2], Zhang Junhua[5], Li Shibei[2]

(1. School of Science and Technology of Environmental, HeBei University of Science and Technology, Shijiazhuang 050000, China;
2. Appraisal Center for Environment and Engineering, Ministry of Environmental Protection, Beijing 100012, China;
3. Shandong Academy of Enviromental Science Co., Ltd, Jinan 250013, China; 4. Academy of Environmental Planning & Design,
Co., Ltd., Nanjing University, Nanjing 210093, China; 5. Cangzhou Ecology ang Environment Bureau, Cangzhou 061000, China)

Abstract: Based on the environmental management data such as Environmental Permitting and Environmental Impact Assessment, this paper verifies the accuracy of basic data reported by enterprises independently in the air pollution emission inventory of Cangzhou City in 2017. By comparing reported data and environmental management data, 33 enterprises with suspected problems were selected for field investigation, according to the result of investigation and the data of Continuous Emission Monitoring System (CEMS) to verify the concentration and emission inventory, which achieved the “Process Control” and “After Check” of the emission inventory. The results showed that there was a high level of deviation on the activity levels, the main deviation type is production output with deviation rate of 45.5%; The emission changes of SO_2、PM_{10}、$PM_{2.5}$ were the most obvious before and after the verification, the differential emission values were 572.1 t/a、316.6 t/a、399.5t/a respectively, and the deviation rate is 53.1%、49.6%、32.4%

收稿日期：2019－03－04

基金项目：国家重点研发计划项目(2016YFC0208101)；大气重污染成因与治理攻关项目(DQGG0209-07、DQGG0304-07)；河北省重点研发项目(18273705D)；生态环境部区域大气环境管理与重污染天气应对财政专项(2110301)

作者简介：冉海潮(1964—)，男，河北石家庄人，教授，主要研究方向为建筑物火灾早期诊断与控制技术，E-mail: RHC@hebust.edu.cn

通讯作者：李时蓓(1962—)，女，江苏徐州人，研究员，主要研究方向环境质量模型法规化与标准化，E-mail: lisb@acee.org.cn

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

respectively. The method of the "Process Control" and "After Check" can be used to provide guidance on quality control during the data collection, and judge the accuracy of the emission inventory.

Key words: Verification Method; Emission Inventory; Environmental Permitting; Environmental Impact Assessment; CEMS

为了解各地大气污染物排放情况及管控措施实施效果,2014 年以来我国相继颁布各项污染物排放清单编制指南,并开展大气污染源排放清单编制工作。随着研究的深入,排放清单编制的技术方法不断得到完善,但由于研究者所掌握的活动水平等数据不同,造成清单结果各有差距,如 Qi 等[1]与陈必新[2]建立的 2013 年京津冀地区火电清单,颗粒物在相同基准年、相同活动水平及污染治理措施下,排放量差距较大,因此对建立的排放清单进行数据校核成为重中之重。

在排放清单校核中,国内外学者已开展了大量的研究,如潘月云等[3]通过对比不同清单的排放量、排放源贡献率及时空分布等来验证清单的准确性; 石颖颖等[4]通过卫星观测结果与源清单排放趋势的差异评估清单的不确定性; Zheng 等[5]通过测定 VOCs 排放源谱,根据排放源谱中各成分对大气的贡献率与清单结果的贡献率是否一致来验证清单建立的准确度; Tang 等[6]基于观测结果和模型模拟值之间的误差,并利用空气质量模型反演来验证所建立清单的可靠性; 钟流举等[7]采用蒙特卡洛的方法定量分析排放清单的不确定性。沧州市工业结构复杂且体量大[8],工艺过程源和工业燃煤源是主要贡献源,因此工业源排放清单建立的准确性至关重要,而上述校核方法都是在清单建立之后进行验证,对基础数据的质控环节未能体现。

为解决上述问题,本研究基于沧州市环评、排污许可等环境管理数据,对 2017 年沧州市企业填报的清单数据进行校核,筛选出疑似问题企业进行现场调研,并结合 CEMS 在线监测数据对填报数据计算出的排放浓度及排放量进行校核,评估各项参数的误差范围。本研究所使用的方法,旨在清单建立过程中利用环境管理数据对企业自主填报数据的准确性进行校核,以保证清单数据质量,为沧州市建立工业源排放清单提出有效的改进方法。

1　材料与方法

1.1　研究对象及数据来源

沧州市位于河北省的东南部,作为"京津冀"大气污染物传输通道中的东南路径,在京津冀及周边区域大气污染传输中起着重要作用,因此对沧州市大气污染源排放清单进行校核研究很有必要。本研究区域为沧州市,基准年份为 2017 年。

本研究所使用的原始数据为环境影响评价(http://www.china-eia.com/)、排污许可(http://www.mep.gov.cn/home/rdq/pwxk/)、CEMS 等环境管理数据及实地调研数据。

1.2　筛选和校核方法

环评报告编制前会进行详细的工程分析工作,使环评报告拥有企业大量的基础数据[9],因此采用此数据与填报的企业位置、产品种类、各工序产排污情况、燃料使用类型及用量进行对比校核; 利用排污许可数据中详细的使用管理台账记录及执行报告等信息[10],对清单所需产品产能、原辅料使用类型及用量、末端治理设施、排气筒参数(高度、直径、温度、流速)与填报数据进行对比分析(参数校核依据见表 1),将填报数据与环境管理数据误差率在 60% 及以上的定为疑似问题企业。

基于上述方法在沧州市 14 117 家工业企业中筛选疑似问题企业,从筛选的问题企业中抽样进行现场调研对数据进行复核,形成一套新的基础数据,并以此数据及 CEMS 数据重新计算企业排放量及浓度,来校核填报数据的排放量及浓度。排放量及浓度计算采用指南推荐[11]及本团队已有成果[12-14]中使用的方法。

2　结果与讨论

2.1　筛选结果分析

本研究通过对比填报数据与各环境管理数据的差异,从 14 117 家企业中筛选出问题企业 33 家进行现场调研、分析,包括铸造企业 11 家、非金属矿物制品企业 4 家、石油化工企业 4 家、医药制造企业 2 家、橡胶制品企业 1 家、塑料制品企业 3 家、玻璃制品企业 1 家、金属制品企业 3 家、汽车整车制造企业 2 家、火电企业 2 家,共有 33 本环评报告书(表)、6 本排污许可报告、2 家 CEMS 在线监测数据企业。

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 1 参数校核表

Table 1 Emission inentory parameter checklist

校核参数	环评	排污许可	CEMS	使用原因
企业位置	√			基于精确至秒的经纬度坐标
产品种类	√			基于项目建设前大量工程分析基础
排气筒参数		√		基于精准至各个主要排放口的烟囱高度、直径、温度等信息
产排污节点	√			基于项目建设前大量工程分析基础
原辅材料类型及用量		√		根据保存 3 年的详细的原辅材料用量管理台账记录及执行报告
燃料类型及用量	√			基于长期稳定需求分析燃料使用情况
产品产量		√		根据保存 3 年的详细的燃料使用管理台账记录及执行报告
末端治理设施		√		根据实际建设与设备采购情况给出具体设施与处理效率
排放浓度			√	可准确监测企业具体排放浓度
时间谱			√	可动态反映污染物实际排放变化
排放量	根据校核出的问题参数经实地调研后重新核算企业排放量			

分析发现,填报的原辅材料用量、产品产量与排污许可数据存在的差异分别为 11.9% 和 25.1%,燃料用量、末端治理设施与环评数据的差异分别为 15.8% 和 3.1%,排放浓度与 CEMS 在线监测数据的差异最大,达 42.8%,结果见表 2。

表 2 校核前数据与参考数据误差比例

Table 2 Deviation between pre-calibration data and reference data

校核参数	填报数据与参考数据的误差比例(%)		
	环评数据	排污许可数据	CEMS 数据
原辅材料用量	/	11.9	/
燃料用量	15.8	/	/
产品产量	/	25.1	/
末端治理设施	3.1	/	/
排放浓度	/	/	42.8

注: 误差比例为各误差类型校核前后总量的比值。

2.2 填报数据验证

在对筛选的 33 家企业进行校核时,发现填报数据的主要错误类型为活动水平(产品产量、燃料使用类型及用量、原辅材料使用类型及用量) 和末端治理设施(不填或者少填) 填报有误,在活动水平误差中产品产量误差率最高,达 45.5%,错因主要是企业将实际的产品差量填为环评报告或排污许可中的设计产量或允许产能,其次是燃料使用量及使用类型,填报误差率分别为 39.4% 和 27.3%,最后是原辅材料使用量及类型,填报误差率为 15.2% 和 18.2%; 调研的 33 家企业均覆盖末端治理设备,但填报时多数企业对治理设施存在少填或不填的现象,填报误差率分别为 12.2% 和 15.1%。

2.3 校核结果分析

2.3.1 CEMS 校核分析

填报数据与 CEMS 在线监测数据计算的企业月变化时间谱信息如图 1 所示,研究对象为调研的 2 家有 CEMS 数据的燃煤电厂,填报数据显示两企业 SO_2、NO_x、烟尘三者排放的时间变化趋势相同且数值相等,排放主要集中在 12 月、1 月; CEMS 在线监测结果显示三种污染物排放趋势各异,但总体变化趋势为 11 月到次年 3 月(采暖) 污染物排放量有升高趋势,4 月至 9 月排放量较之前有所下降。在污染物各月排放量占比上可以看出,A 企业在 12 月各种污染物排放占比最大,B 企业在 3 月 SO_2 和烟尘排污量最大,而 NO_x 在 12 月排放占比最大。从时间谱来看采用两种数据计算的排放量差距均较小。

填报数据与 CEMS 数据计算出的排放量与浓度如表 3 所示。结果显示,两组数据计算出的两企业污染物排放量中 SO_2 差距最为明显,填报数据排放量分别高出 CEMS 数据结果的 3.3 倍和 1.6 倍; 而在浓度结果上填报数据中除烟尘低于超低排放限值外,SO_2、NO_x 均等于超低排放限制,而 CEMS 在线监测数据计算的浓度远远小于超低排放限制,其中 A 企业的 SO_2 浓度变化幅度最明显,低于限值近 3.1 倍,据两企业监督性监测报告[15] 显示,2017 年 A 企业 SO_2、NO_x、烟尘的浓度分别为 8.0 mg/m^3、32.5 mg/m^3、4.4 mg/m^3; B 企业三者排放浓度分别为 17.4 mg/m^3、30.3 mg/m^3、2.1mg/m^3,表明 CEMS 数据计算结果与监督性监测报

表 3 污染物排放量及浓度校核

Table 3 The verification of the air pollutant emission and concetration

企业	污染物	排放量(t/a)		浓度(mg/m^3)	
		填报数据	CEMS 数据	填报数据	CEMS 数据
A 企业	SO_2	654.9	196.3	35.0	11.1
	NO_x	935.6	536.8	50.0	30.6
	烟尘	54.2	29.9	2.8	1.7
B 企业	SO_2	488.3	299.5	35.0	17.6
	NO_x	697.6	536.8	50.0	31.4
	烟尘	40.5	37.6	2.9	2.2

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

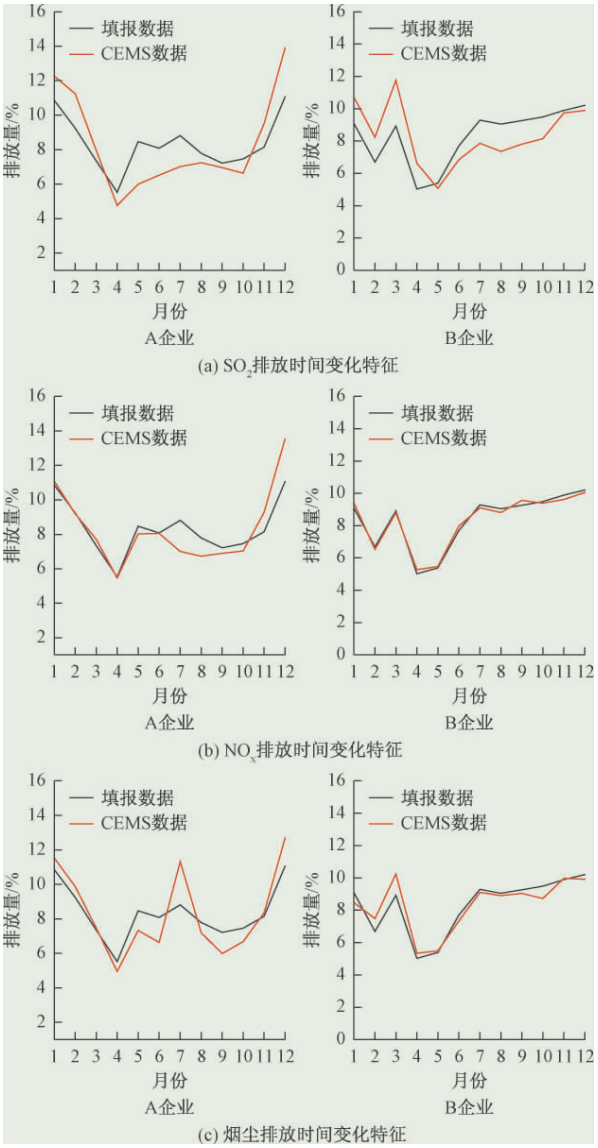


图 1　填报数据与 CEMS 数据时间谱校核

Fig. 1　The verification of time spectrum of resport data and CEMS data on power plant

告结果更为接近,也更能显示企业真实排放水平。

2.3.2　排放量校核分析

校核后的排放量除两家火电企业采用 CEMS 数据计算出外,其余 31 家企业通过实地调研形成的基础数据重新核算其排放量。校核前后各污染物排放量的变化如表 4 所示,校核前 SO_2、NO_x、CO、PM_{10}、$PM_{2.5}$、BC、OC、VOCs、NH_3 排放量分别为 1 077.8 t/a、2 535.1 t/a、3 278.1 t/a、2 757.5 t/a、1 234.6 t/a、162.1 t/a、193.1 t/a、6 421.1 t/a、3.3t/a,校核后 SO_2、NO_x、CO、PM_{10}、$PM_{2.5}$、BC、OC、VOCs、NH_3 排放量分别为 505.7 t/a、2 602.8 t/a、2 961.5 t/a、1 388.8 t/a、835.1 t/a、162.0 t/a、192.5 t/a、6 271.8 t/a、1.3t/a,从校核结果中可看出,校核前后排放量中 SO_2 下降趋势最为明显下降 53.1%,沧州铸造业中通过提标改造逐渐淘汰冲天炉工艺,因此燃料实际使用量比填报数据量小,致使 SO_2 排放量大幅下降; 其次是 PM_{10}、$PM_{2.5}$,分别下降 49.6% 和 32.4%,在 33 家调研企业中颗粒物排放占比最大的行业是非金属矿物制品业,而校核后这些企业产品产量下降是造成 PM_{10}、$PM_{2.5}$ 排放量下降的主因; CO、BC、OC、VOCs、NH_3 分别下降 9.7%、0.1%、0.2%、2.3%、28.9%; 而 NO_x 呈现升高趋势,涨幅 2.6%,主要与燃料中天然气使用量有小幅增长有关。

3　结论与建议

在“事中控制”环节中发现活动水平在清单填报时错误率最高,在“事后校核”中, CEMS 数据计算出的企业排放浓度更能显示真实排放水平,通过本研究方法可实际指导排放清单数据收集工作,保证数据的真实可靠性,判断清单的准确度。调研发现,由于企业填报人员对环保认知的偏差,导致数据填报错误,尤以活动水平中产品产量填报错误最为显著,错误率达 45.5%,因此在今后的清单数据收集过程中应着重加强此方面审核工作。

目前,国内在排放清单的“事中控制”环节管理较为薄弱,需综合利用多方面数据、技术手段等提高基础数据质量,并应衔接整合各口径环境管理数据以辅助排放清单基础数据审核工作,以保证排放清单建立的准确性。

表 4　校核前后排放量(t/a)

Table 4　The air pollutant emission before and after the verification(t/a)

污染物	SO_2	NO_x	CO	PM_{10}	$PM_{2.5}$	BC	OC	VOCs	NH_3
校核前	1 077.8	2 535.1	3 278.1	2 757.5	1 234.6	162.1	193.1	6 421.1	3.3
校核后	505.7	2 602.8	2 961.5	1 388.8	835.1	162.0	192.5	6 271.8	1.3
差量	-572.1	+67.7	-316.6	-1 368.7	-399.5	-0.1	-0.6	-30.7	-2.0
误差比例	-53.1%	+2.6%	-9.7%	-49.6%	-32.4%	-0.1%	-0.2%	-2.3%	-28.9

注: 误差比例为校核前后排放量差量与校核前排放量的比值　“+”表示排放量增长,“-”表示排放。

(下转第 54 页)

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 1 导则修订前后预测结果变化情况

Table 1 Changes in forecast results before and after the revision of the guidelines

区域类别	预测点位置	总预测点数/个	2008 版导则预测点超标情况			2018 版导则超标情况		
			超标预测点数/个		超标预测点特征	超标预测点数/个		超标预测点特征
			昼间(超标范围)	夜间(超标范围)		昼间(超标范围)	夜间(超标范围)	
居民、文教区	水平距离 7.5 m 内	10	8(2 ~ 7.5 dB)	9(3 ~ 10.5 dB)	埋深 < 34 m	6(2.2 ~ 5.1 dB)	9(0.9 ~ 8.1 dB)	埋深 < 34 m
	水平距离 7.5 m 外	130	24(0.2 ~ 4.3 dB)	54(0.1 ~ 7.3 dB)	水平距离 < 35 m,埋深 < 28 m,直线距离 < 41 m	28(0.1 ~ 3.8 dB)	79(0.1 ~ 6.8 dB)	水平距离 < 60 m,埋深 < 30 m,直线距离 < 62.5 m
交通干线道路两侧	水平距离 7.5 m 内	225	34(0.1 ~ 4.7 dB)	92(0.1 ~ 7.7 dB)	埋深 < 32m	5(0.1 ~ 0.9 dB)	47(0.2 ~ 3.9 dB)	埋深 < 32 m
	水平距离 7.5 m 外	859	4(0.1 ~ 1.7 dB)	51(0.1 ~ 4.7 dB)	水平距离 < 23m,埋深 < 28m,直线距离 < 32m	1(0.7 dB)	44(0.1 ~ 3.7 dB)	水平距离 < 23 m,埋深 < 28 m,直线距离 < 30 m

注:直线距离为预测点至轨道中心线之间的直线距离,水平距离为预测点至轨道中心线之间沿水平方向的距离。

参考文献(References):

[1] 顾保南, 杨照, 徐雷, 等. 1997—2017 年中国城市轨道交通发展统计分析[J]. 城市轨道交通研究, 2018, 21(5): 85-89.

[2] 周以毅. 地铁列车振动环境影响预测问题研究[C]//中国科学技术协会, 广东省人民政府. 第十七届中国科协年会——分 7 综合轨道交通体系学术沙龙论文集. 北京: 中国科学技术协会学会学术部, 2015: 5.

[3] 杜蕴慧, 宣昊, 辜小安, 等. 城市轨道交通振动源强环评预测问题与建议[J]. 环境影响评价, 2014(6): 28-30.

[4] 谢咏梅, 杜蕴慧. 城市轨道交通环境影响评价存在的问题及对策[J]. 都市快轨交通, 2014, 27(4): 5-8.

[5] 辜小安. 城市轨道交通环境影响评价中地下线路振动源强取值存在的问题与建议[J]. 铁路节能环保与安全卫生, 2013, 3(5): 211-216.

[6] 金学健, 李双, 李成, 等. 近距离隧道轨道列车同时运行引起的环境振动[J]. 振动与冲击, 2017, 36(6): 218-222.

(上接第 49 页)

参考文献(References):

[1] Qi J, Zheng B, Li M, et al. A high-resolution air pollutants emission inventory in 2013 for Beijing-Tian-Hebei region, China [J]. Atmosspheric environment, 2017, 170(Dec): 156-168.

[2] 陈必新. 京津冀地区火电行业排放特征及其对空气质量的影响研究[D]. 浙江大学, 2016.

[3] 潘月云, 李楠, 郑君瑜, 等. 广东省人为源大气污染物排放清单及特征研究[J]. 环境科学学报, 2015, 35(9): 2655-2669.

[4] 石颖颖, 李莉, 陈勇航, 等. 基于 OMI 数据的长三角地区 NO_x 排放清单校验[J]. 环境科学研究, 2017, 30(6): 825-834.

[5] Zheng J Y, Shao M, Che W W, et al. Speciated VOC emission inventory and spatial patterns of ozone formation potential in the Pearl River Delta, China [J]. Environmental Science & Technology, 2009, 43(22): 8580-8586.

[6] Tang X, Zhu J, Wang Z F, et al. Inversion of CO emissions over Beijing and its surrounding areas with ensemble Kalman filter[J]. Atmospheric Environment, 2013, 81: 676-686.

[7] 钟流举, 郑君瑜, 雷国强, 等. 大气污染物排放源清单不确定性定量分析方法及案例研究[J]. 环境科学研究, 2007(4): 15-20.

[8] 高爽, 伯鑫, 马岩, 等. 基于 SOA 转化机制的沧州市重点企业秋冬季大气污染模拟[J]. 环境科学, 2019, (4): 1-13.

[9] 潘鹏, 赵晓宏, 朱美, 等. "新时代"环境影响评价大数据的新思考[J]. 环境影响评价, 2018, 40(6): 30-33 + 37.

[10] 邹世英, 潘鹏, 刘大钧, 等. 国家排污许可管理信息平台若干思考[J]. 环境影响评价, 2018, 40(1): 10-14.

[11] 贺克斌. 城市大气污染物排放清单编制技术手册 2017 [R]. 北京: 清华大学环境学院, 2017.

[12] 伯鑫, 王刚, 温柔, 等. 京津冀地区火电企业的大气污染影响[J]. 中国环境科学, 2015(2): 364-373.

[13] 伯鑫. 中国电力行业大气污染物排放时间特征谱研究[A]. 中国环境科学学会. 2017 中国环境科学学会科学与技术年会论文集(第一卷)[C]. 中国环境科学学会, 2017: 6.

[14] 崔建升, 屈加豹, 伯鑫, 等. 基于在线监测的 2015 年中国火电排放清单[J]. 中国环境科学, 2018, 38(6): 2062-2074.

[15] 河北省环境保护厅. 河北省国家重点监控企业自行监测信息公开平台[EB/OL]. http://121.28.49.84:8003/#.

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net