

## 温州市部分公共场所集中空调冷却水军团菌污染状况

章乐怡, 洪程基, 李毅, 郑文力, 马雪莲

**摘要:** [目的] 了解温州市公共场所集中空调冷却水中军团菌污染状况。[方法] 分别于2010年、2011年共抽取温州市区30家公共场所[包括医院、宾馆(酒店)、超市(商场)]集中空调系统的冷却水126份。采用分离病原培养法及荧光定量聚合酶链反应(PCR)法进行军团菌检测。[结果] 公共场所冷却塔水的军团菌检出率, 2010年为62.50%, 2011年为33.93%。共分离56株军团菌菌株, 33株为嗜肺军团菌Lp1~15型, 以Lp6、Lp1型为优势血清型, 其中Lp6型占19.64%(11/56), Lp1型占17.86%(10/56), 而且主要分布于医院检出的菌株中。荧光定量PCR法检测结果显示, 56株军团菌16S rRNA均为阳性; 且有35株mip基因检测阳性, 阳性率为62.50%。[结论] 温州市公共场所集中空调冷却水存在军团菌污染, 以嗜肺军团菌Lp6、Lp1型为优势菌型。

**关键词:** 军团菌; 空调冷却水; mip基因

**Legionella Pollution in Cooling Water of Central Air Conditioning Systems in Public Places of Wenzhou**  
**ZHANG Le-yi, HONG Cheng-ji, LI Yi, ZHENG Wen-li, MA Xue-lian (Wenzhou Center for Disease Control and Prevention, Zhejiang 325000, China)** · The authors declare they have no actual or potential competing financial interests.

**Abstract:** [Objective] To investigate *Legionella* pollution in cooling water of central air conditioning system in public places of Wenzhou. [Methods] A total of 126 water samples of cooling towers were collected from 30 public places (hospitals, hotels, and supermarkets) of Wenzhou in 2010 and 2011. Isolated pathogen cultivation and fluorescent quantitative polymerase chain reaction (PCR) were used to detect *Legionella* organisms in the water samples. [Results] In 2010 and 2011, the positive rates of *Legionella* were 62.50% and 33.93%, respectively. Of the 56 strains isolated, 33 were identified as *Legionella pneumophila* Lp1-15, of which 19.64% was Lp6 (11/56) and 17.86% was Lp1 (10/56) and both were predominant serological types and principally derived from hospitals. According to the results of fluorescent quantitative PCR detection, positive 16S rRNA genes were found in 56 *Legionella* isolates, of which 35 isolates showed mip gene positive, accounting for 62.50%. [Conclusion] *Legionella* pollution is commonly found in the cooling water of central air conditioning systems in Wenzhou public places, and Lp6 and Lp1 are predominant serological types.

**Key Words:** *Legionella*; air conditioning cooling water; mip gene

军团菌(*Legionella*)是引起军团菌病的病原菌, 广泛存在于天然淡水和人工水域环境中, 其中以集中空调系统冷却水为最。集中空调冷却水中嗜肺军团菌是引起人群呼吸系统病(军团病)暴发的主要病因, 是建筑物空调系统污染对人群健康的最大威胁。迄今, 我国大陆已有多起军团菌病的报道<sup>[1]</sup>, 涉及的病原体主要有嗜肺军团菌、米克戴德军团菌、博杰曼军团菌和佐丹军团菌等。自军团菌病暴发以来, 已有许多成熟的方法应用于军团菌检测鉴定, 但传统的军团菌分离培养法难度大、耗时长, 血清学检测则存在一定的交叉反应。荧光定量聚合酶链反应(PCR)法是一种定量检测军团菌的特异、快速、敏感的方法, 可区分嗜肺与非嗜肺军团菌属。*16S rRNA*基因片段在军团菌属中较为保守, 所以具有更好的属特异性<sup>[2]</sup>。*mip*基因

[基金项目]温州市2010科技计划项目(编号: Y20100022)

[作者简介]章乐怡(1973—), 女, 学士, 副主任技师; 研究方向: 微生物检验; E-mail: zhleyi@126.com

[作者单位]温州市疾病预防控制中心, 浙江 325000

的表达产物是迄今所公认的嗜肺军团菌的主要毒力因子之一, 为嗜肺军团菌所特有<sup>[3-4]</sup>。另*mip*基因有足够的序列差异来区别嗜肺军团菌与非嗜肺军团菌, 在检测嗜肺军团菌方面具有100%特异性和100%敏感性<sup>[5]</sup>。本项目拟采用传统分离培养法和荧光定量PCR法相结合的方法, 对温州市公共场所集中空调系统冷却水中军团菌进行检测, 以了解其污染状况, 建立该市外环境中军团菌快速检测方法, 为制定该地区军团病的监测防治措施和控制该病流行提供科学依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 材料

1.1.1 主要培养基 炭粉酵母浸出物培养基(BCYE)、无L-半胱氨酸BCYE(BCYE-cys)琼脂购自上海科玛嘉微生物试剂有限公司, 军团菌选择性培养基(GVPC)(在BCYE琼脂基础上, 加入甘氨酸、万古霉素、多粘菌素B和放线菌酮)购自英国OXOID公司; 均在有效期内使用。

1.1.2 诊断试剂 嗜肺军团菌诊断血清( Lp1~Lp15 血清型、博杰曼血清型、米克戴德血清型等)购自日本生研株式会社及上海科玛嘉微生物试剂有限公司, 同时使用两套血清进行对照, 均在有效期内使用。

1.1.3 主要仪器 荧光定量 PCR 仪 (MJ-option II 型)由美国 Bio-Rad 公司生产。

1.1.4 引物与探针 嗜肺军团菌 *16S rRNA* 基因及 *mip* 基因引物与探针由上海超世生物科技公司合成, 在有效期内使用。

## 1.2 方法

1.2.1 样品采集 采用多阶段随机抽样方法。第一阶段先分层, 即分大型医院、大型超市(商场)、三星以上宾馆(酒店)3层。第二阶段在每层中采用单纯随机抽样法, 抽取5家医院、5家超市(商场), 20家宾馆(酒店)进行固定点采样。采样时间均为2010和2011年的7—8月, 每个场所均为单次采样。上述单位的空调使用年限均在3年以上。5家医院共采集25座冷却塔(35份冷却水); 25家超市(商场)、宾馆(酒店)共采集71座冷却塔(91份冷却水)。2010年样品采集方法: 医院的病房楼和门诊楼均为独立的集中空调系统, 故分别采2座冷却塔, 在每座冷却塔对角线同时采集2份冷却水; 其他场所, 每场所同时采2份冷却水, 有1~2座独立冷却塔则采集1座塔, 每塔取2份冷却水; 有2座以上独立冷却塔则采集2座塔, 每塔取1份冷却水。2011年样品采集方法: 根据2010年检测结果, 扩大冷却塔采集数量, 医院采集3座冷却塔, 每座冷却塔取1份水; 其他场所, 有2座及以上冷却塔的采集2座冷却塔, 各取1份水, 只有1座冷却塔则同时采集2份冷却水。每份样本采集500mL, 避光常温送检。

1.2.2 军团菌分离与鉴定 (1)军团菌分离: 参照文献<sup>[6]</sup>进行操作, 水样前处理参照浙江省疾病预防控制中心军团菌培训班资料, 选取酸处理方法进行。取200mL水样, 用孔径0.45μm滤膜经抽滤系统集菌后, 用无菌剪刀将滤膜剪碎置于无菌试管中, 用剩余的5mL原水样将其充分溶解后进行酸处理, 作用10min后, 加入0.03mol/L的KOH, 调pH值至7.0左右。分别取0.1mL处理过的样品接种于军团菌选择性培养基GVPC上, 用三角环涂布均匀后置于5%CO<sub>2</sub>培养箱中, 37℃孵育10d, 逐日观察结果, 挑取可疑菌落做初步鉴定。(2)初步鉴定: 从每个GVPC平板上至少选择3个可疑军团菌菌落分别接种到BCYE及血琼脂平板上, 在5%CO<sub>2</sub>, 37℃条件下培养至少2d, 在BCYE平板上生长而在BCYE-cye平板及血琼脂上不生长的初步认定为军团菌, 疑似菌落再进行血清学凝集试验、生化试验、军团菌属和种的特异基因PCR扩增。(3)冷却塔水军团菌定量方法: 参照胡元玮等<sup>[7]</sup>的定量计算公式, 结合本实验室剂量, 每毫升冷却水中的军团菌数=平板上的军团菌菌落数÷

(200÷5÷2×0.1)=平板上的军团菌菌落数÷2。式中, 括号中的内容表达为在冷却水检验过程中, 每毫升水中军团菌被稀释倍数, 即200mL冷却水经滤膜过滤后被5mL水稀释(÷5), 再按1mL水样被1mL酸液稀释(÷2), 以及接种琼脂平板时仅用0.1mL(×0.1)。同一冷却塔若有2份水样同时检出军团菌, 则取2份冷却水军团菌含量的平均值。(4)分子生物学方法: 参照朱水荣等<sup>[8]</sup>设计的引物和探针, 针对军团菌属*16S rRNA*基因和嗜肺军团菌*mip*基因保守序列, *16S rRNA*探针5'端标记报告荧光染料羧基荧光素, 3'端标记TaqMan-MGB修饰基因; *mip*基因探针5'端标记六氯-6-甲基荧光素, 3'端标记TaqMan-MGB。总反应体系为25μL, 包括CS qPCR Master Mix(优化的缓冲液、三磷酸脱氧核糖核苷、化学修饰的Taq CE DNA聚合酶和MgCl<sub>2</sub>溶液混合物)12.5μL, *16S rRNA*和*mip*基因上、下游引物(10 μmol/L)各1 μL, *mip*、*16S rRNA*探针1 μL, 模板DNA2 μL, 用ddH<sub>2</sub>O补足至25 μL。反应条件为95℃ 10s, 1个循环; 95℃ 5s, 60℃ 20s, 40个循环。

## 1.3 统计分析

采用SPSS13.0软件进行数据统计分析, 以率、构成比为主要指标, 率的比较采用χ<sup>2</sup>检验, 检验水准α=0.05。

## 2 结果

### 2.1 集中空调系统冷却水军团菌检出率

2010年检测温州市公共场所集中空调40座冷却塔, 有25座冷却塔检出军团菌, 检出率为62.50%。各场所冷却塔军团菌检出率见表1。共检测65份冷却水, 有35份冷却水检出军团菌, 检出率为53.85%。各场所冷却水军团菌检出率见表2。其中25座冷却塔同时采集2份冷却水, 结果有10座冷却塔的2份冷却水均为阳性, 有2座冷却塔均是1份冷却水检出军团菌, 1份未检出。另13个冷却塔的2份冷却水均阴性。

2011年检测温州市公共场所集中空调56座冷却塔, 有19座冷却塔检出军团菌, 检出率为33.93%。各场所冷却塔军团菌检出率见表1。共检测61份冷却水, 有20份冷却水检出军团菌, 检出率为32.79%。各场所冷却水军团菌检出率见表2。其中, 5座冷却塔同时采集2份冷却水, 均未检出军团菌。

2011年的冷却塔军团菌检出率(33.93%)与2010年(62.50%)相比, 差异有统计学意义( $\chi^2=7.672, P<0.05$ ), 见表1。两年数据合并后, 医院、宾馆(酒店)、超市(商场)冷却塔的军团菌检出率分别为64.00%、34.48%、61.54%, 见表1。不同场所的冷却塔军团菌检出率差异有统计学意义( $\chi^2=7.625, P<0.05$ ); 医院与宾馆(酒店)比较, 差异有统计学意义( $\chi^2=6.197, P<0.05$ ); 医院与超市(商场)比较, 差异无统计学意义( $\chi^2=0.022, P>0.05$ )。

表1 2010—2011年温州市公共场所集中空调冷却塔军团菌检测结果

场所类别	2010年			2011年			合计		
	冷却塔数(座)	检出数	检出率(%)	冷却塔数(座)	检出数	检出率(%)	冷却塔数(座)	检出数	检出率(%)
医院	10	9	90.00	15	7	46.67	25	16	64.00
宾馆(酒店)	24	12	50.00	34	8	23.53	58	20	34.48
超市(商场)	6	4	66.67	7	4	57.14	13	8	61.54
合计	40	25	62.50	56	19	33.93	96	44	45.84

表2 2010—2011年温州市公共场所集中空调冷却水军团菌检测结果

场所类别	2010年			2011年		
	冷却水(份)	检出数	检出率(%)	冷却水(份)	检出数	检出率(%)
医院	20	16	80.00	15	7	46.67
宾馆(酒店)	35	14	40.00	36	9	25.00
超市(商场)	10	5	50.00	10	4	30.00
合计	65	35	53.85	61	20	32.79

## 2.2 集中空调系统冷却水军团菌定量检测结果

两年有44座冷却塔的冷却水中检出军团菌，其中冷却水军团菌含量>300 cfu/mL的冷却塔有1座；100~299 cfu/mL者有0座；10~99 cfu/mL者有13座；<10 cfu/mL者有30座。

## 2.3 军团菌的血清型分布情况

从55份军团菌阳性的冷却水中共检出56株军团菌菌株（有1份水样检出2个型别的军团菌），其中38株菌株血清已能分型：33株为Lp1~15型，5株为博杰曼军团菌。33株Lp1~15型的军团菌构成为：10株Lp1（2010年6株，2011年4株），11株Lp6（2010年5株，2011年6株），4株Lp5（2010年3株，2011年1株），4株Lp3（2010年3株，2011年1株），3株Lp7（2010年2株，2011年1株），1株Lp12（2010年检出）。两年检出的军团菌血清型均以Lp6、Lp1型为优势血清型。其中，医院的冷却水中检出菌株以Lp1、Lp6型为主；宾馆（酒店）以Lp5、Lp6型为主；超市（商场）则以Lp1、Lp3型为主。各类场所军团菌血清型的分布及构成比见表3。

表3 56株军团菌血清型分布情况

血清型	医院(n=24)		宾馆(酒店)(n=23)		超市(商场)(n=9)		合计(n=56)	
	检出数	构成比(%)	检出数	构成比(%)	检出数	构成比(%)	检出数	构成比(%)
Lp1	5	20.83	2	8.70	3	33.33	10	17.86
Lp3	0	0.00	1	4.35	3	33.33	4	7.14
Lp5	0	0.00	4	17.39	0	0.00	4	7.14
Lp6	8	33.33	3	13.04	0	0.00	11	19.64
Lp7	2	8.33	1	4.35	0	0.00	3	5.36
Lp12	0	0.00	0	0.00	1	11.11	1	1.79
博杰曼	3	12.50	2	8.70	0	0.00	5	8.93
其他	6	25.00	10	43.48	2	22.22	18	32.14

## 2.4 荧光定量PCR结果

利用mip基因和军团菌16S rRNA基因的引物，对56株培养检出的军团菌菌株进行PCR扩增，结果有56株军团菌16S rRNA均为阳性，阳性率为100.00%。56株菌株中有35株mip基因检测阳性，阳性率为62.50%。

另对35份冷却水浓缩水样直接用PCR扩增检测，结果26份水样军团菌16S rRNA阳性，2份mip基因阳性。这35份水样用培养法检测，检出21株军团菌，这些菌株经PCR检测军团菌16S rRNA均呈阳性，17株mip基因阳性。其中6份水样16S rRNA阳性，培养法未检出军团菌。

## 3 讨论

研究资料显示，空调系统循环使用的冷却水中有足够的无机盐、有机物以及适宜的温度，提供了军团菌繁殖的条件，空调通风系统将其形成含菌的气溶胶传播<sup>[9]</sup>。中央空调冷却塔已被公认为军团菌的一个重要传染源。本调查研究发现，温州市部分公共场所集中空调冷却塔水军团菌污染比较严重。结果显示，2010年冷却塔军团菌检出率高达62.50%，虽然2011年比2010年明显降低，但检出率仍高达33.93%，医院污染更为严重。冷却水中军团菌血清型分布较复杂，但两年的优势菌型均为嗜肺军团菌Lp6型和Lp1型，这与我国流行的军团菌菌型以Lp1型、Lp6型为主相符<sup>[10]</sup>。也与其他城市冷却塔水中军团菌的报道接近，其中北京市以Lp1、Lp5和Lp6型为多<sup>[11]</sup>，金华市以Lp1、Lp6和Lp9为优势菌型<sup>[7]</sup>。说明温州市集中空调冷却水中存在多菌型嗜肺军团菌，且优势菌型与国内流行

菌型相符。

本研究数据表明，军团菌广泛存在于所调查医院的集中空调冷却塔水中，且医院的35份集中空调冷却水中有5份检出嗜肺军团菌Lp1型，这些菌株均携带毒力基因。Lp1型是引起军团病的主要病原体，空调冷却水中嗜肺军团菌Lp1型达到一定浓度，可能引起人群感染军团病甚至暴发<sup>[12]</sup>。本研究所调查医院的集中空调大多运行年限较长，使用频率高，加之医院内人口密集，人流量大，各种潜在的病原多，都是造成医院冷却塔高污染率的原因。同时，冷却塔军团菌污染对医院内易感人群的健康也造成潜在威胁。近年来医院内感染越来越受到重视，但院内军团菌感染途径是否需要将冷却塔污染的因素加以考虑是一个值得探讨的问题。在医院的采样过程中发现，某些冷却塔设置于露台上，冷却塔的旁边就是医务人员办公室，冷却水形成的雾化水直接飘进办公室的窗户。一旦冷却水中的军团菌数量累积到一定的量，将有可能引起人员的感染。美国多次军团菌的医院性暴发均有医护人员发病的报道，分离到的军团菌均有毒力加强的迹象<sup>[13]</sup>。因此，提议医院方今后应将集中空调冷却水军团菌检测纳入医院感染控制工作中。

集中空调系统冷却水军团菌定量检测结果表明，44座冷却塔中有13座在10~99 cfu/mL之间，有1座冷却塔的军团菌计数大于300 cfu/mL。军团菌计数较高的冷却塔均分布在医院。美国职业安全与健康署(OSHA)公布并推荐了PathCon实验室提出的饮用水系统中军团菌浓度的卫生指标，其中冷却塔水中的军团菌浓度<100 cfu/mL，指出军团菌的浓度超过此水平，则表明军团菌的浓度正在接近暴发的水平<sup>[14]</sup>，故定量检测冷却

塔军团菌对该菌的风险评估有一定的意义。

在方法学上,本研究采用荧光定量PCR法与细菌培养法对35份冷却水进行检测,结果表明,荧光定量PCR法的阳性率略高于培养法。培养法阳性者PCR法结果均阳性。对于*mip*毒力基因的检测,56株军团菌中有35株*mip*基因阳性,携带率为62.50%。因基层单位军团菌血清不够齐全,故对于一些不能用血清分型的菌株,可以结合PCR法综合判断。

在采集水样的方法设计上,本研究存在一定缺陷。2010年1座冷却塔同时采集2份冷却水的场所较多,检测结果表明,同一冷却塔中的2份冷却水结果基本一致。为更全面地了解这些场所的污染情况,在2011年扩大冷却塔采集数量,有2座冷却塔以上的场所均采集2座塔,每座冷却塔采集1份水。总冷却水样份数基本一致。为避免同一冷却塔重复水样阳性率对结果的影响,在两年结果数据进行分析比较时采用冷却塔军团菌阳性率。在今后的研究工作中应更全面地考虑样品采集对结果的影响,两年的采样原则一致更有利数据的分析与研究。

综上所述,建议卫生行政部门及其他有关部门对温州市公共场所集中空调系统冷却水加强管理,制定一套可操作性强的细则,对其位置、清洗方式、消毒方法、水质检测报告都要作出规定,形成一套完善的方案,彻底改善该市集中空调冷却水的卫生状况。

·作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

#### 参考文献:

- [1] 邵祝军. 军团菌病的监测与防治[J]. 疾病监测, 2005, 20(6): 281-282.
- [2] HAYDEN RT, UHL JR, QIAN X, et al. Direct detection of *Legionella* species from bronchoalveolar lavage and open lung biopsy specimens: comparison of LightCycler PCR, in situ hybridization, direct fluorescence antigen detection and culture[J]. J Clin Microbiol, 2001, 39(7): 2618-2626.
- [3] TEMPLETON K E, SCHELTINGA S A, SILLEKENS P, et al. Development and clinical evaluation of an internally controlled, single-tube multiplex real-time PCR assay for detection of *Legionella* pneumophila and other *Legionella* species[J]. J Clin Microbiol, 2003, 41(9): 4016-4021.
- [4] WILSON DA, YEN- LIEBERMAN B, REISCHL U, et al. Detection of *Legionella pneumophila* by real-time PCR for the *mip* gene[J]. J Clin Microbiol, 2003, 41(7): 3327-3330.
- [5] GINEVRA C, BARRANGER C, ROS A, et al. Development and evaluation of chlamylege, a new commercial test allowing simultaneous detection and identification of *Legionella*, *Chlamydophila pneumoniae* and *mycoplasma pneumoniae* in clinical respiratory specimens by multiplex PCR[J]. J Clin Microbiol, 2005, 43(7): 3247-3254.
- [6] 中华人民共和国卫生部. 公共场所集中空调通风系统卫生规范 [EB/OL]. (2003-08-19)[2012-05-01]. <http://www.moh.gov.cn/zwgkzt/pgw/201210/56035.shtml>.
- [7] 胡元玮, 徐卸佐, 朱淑英, 等. 公共场所中央空调系统军团菌污染环节的调查[J]. 中国卫生检验杂志, 2010, 20(4): 879-880, 900.
- [8] 朱水荣, 金大智, 张政, 等. Taqman-MGB 双重探针 PCR 技术检测军团菌[J]. 中国人兽共患病学报, 2009, 25(2): 174-178.
- [9] 金银龙, 刘凡, 苏志, 等. 集中空调污染与健康危害的控制[M]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [10] 贾文祥, 陈锦英, 江丽芳, 等. 医学微生物学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2010.
- [11] 彭晓昊, 裴红生, 黎新宇, 等. 北京市大饭店空调冷却塔军团菌污染现况及人群感染水平研究[J]. 中华流行病学杂志, 2000, 21(4): 289-291.
- [12] 王秀英, 余淑苑, 李思果, 等. 深圳市酒店集中空调通风系统军团菌污染情况调查与分析[J]. 华南预防医学, 2006, 32(3): 70-71.
- [13] VISCA P, GOLDONI P, LUCK PC, et al. Multiple types of *Legionella pneumophila* serogroup 6 in a hospital heated-water system associated with sporadic infections[J]. J Clin Microbiol, 1999, 37(7): 2189-2196.
- [14] 胡巍, 张濛, 高葆真, 等. 在生活饮用水卫生标准中新增军团菌项目的探讨[J]. 中国公共卫生管理, 2008, 24(1): 98-100.

(收稿日期: 2012-05-22)

(英文编审: 金克峙; 编辑: 郭薇薇; 校对: 王晓宇)

(上接第 273 页)

- securing future workplace health and wellbeing[J]. Ind Health, 2012, 50(4): 261-266.
- [3] MURRAY CJ, LOPEZ A D. Global mortality, disability, and the contribution of risk factors: Global Burden of Disease Study[J]. Lancet, 1997, 349(9063): 1436-1442.
- [4] 佚名. 2005 年全国安全生产伤亡事故情况、主要特点及存在的问题[J]. 林业劳动安全, 2006, 19(1): 44-46.
- [5] 赵瑞华. 全世界每年发生工伤事故和经济损失情况[J]. 劳动保护, 2001, (12): 48-49.
- [6] LEIGH J P. Economic burden of occupational injury and illness in the United States[J]. Milbank Q, 2011, 89(4): 728-772.
- [7] HO C K, YEN Y L, CHANG C H, et al. Case-control study on the prevention of occupational eye injuries[J]. Kaohsiung J Med Sci, 2008, 24(1): 10-16.

- [8] 李临, 杜飞平, 青玲. 某企业职工职业卫生知识调查[J]. 职业卫生与病伤, 2008, 23(3): 158-160.
- [9] 郑步云, 范峥峰, 孙扣红, 等. 培训提高劳动者职业卫生知识、意识、行为研究[J]. 职业卫生与应急救援, 2011, 29(4): 183-185.
- [10] 刘金英. 某大型企业工人职业卫生知识水平调查[J]. 中国公共卫生, 2009, 25(7): 881.
- [11] 倪建华, 李晋麟. 有机溶剂接触人员知识、态度、行为调查分析[J]. 中国职业医学, 2007, 34(1): 66, 68.
- [12] 许细, 乌建国, 朱靳良, 等. 某建筑工地职工职业安全知识、态度、行为的调查[J]. 环境与职业医学, 2003, 20(1): 45-49.

(收稿日期: 2012-06-27)

(英文编审: 金克峙; 编辑: 郭薇薇; 校对: 郭薇薇)