

## 28份高结实四倍体糯稻米质检测结果分析

郑明<sup>1,2</sup>, 刘育华<sup>1,3</sup>, 陈柏林<sup>1</sup>, 宋兆健<sup>4</sup>, 张献华<sup>1,4</sup>, 谢春甫<sup>2</sup>, 隗志松<sup>1</sup>, 朱永生<sup>3</sup>, 曹国长<sup>1</sup>, 王群<sup>1</sup>, 陈龙<sup>1</sup>, 汪德龙<sup>1</sup>, 蔡得田<sup>1,4\*</sup> (1. 武汉多倍体生物科技有限公司, 湖北武汉 430345; 2. 湖北省孝感市农业科学院, 湖北孝感 432000; 3. 湖北省武汉市农业科学技术研究院, 湖北武汉 430345; 4. 湖北大学, 湖北武汉 430062)

**摘要** 为了研究28份四倍体糯稻材料直链淀粉含量, 提供样品送检, 结果表明, 3份全指标检测材料中2份达到了优糯标准。另25份直链淀粉单项检测, 直链淀粉<1.5%的5份材料基本上是可靠的, 这是值得投入的目标材料; 其直链淀粉>2.0%的3个材料不属于优质糯稻; 1.5%≤直链淀粉≤2.0%的17个材料达到部颁优质糯稻质量标准, 但由于直链淀粉有较大的波动性, 需进一步试验检测和栽培选育。可见四倍体水稻进行优糯育种具有很好的前景。

**关键词** 四倍体; 糯稻; 米质; 检测

**中图分类号** TS207 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)32-0175-03

### Analysis on Rice Quality Detection Results of 28 High-setting Tetraploid Glutinous Rice

ZHENG Ming<sup>1,2</sup>, LIU Yu-hua<sup>1,3</sup>, CHEN Bo-lin<sup>1</sup> et al (1. Wuhan Polyploid Biotechnology Co., Ltd., Wuhan, Hubei 430345; 2. Xiaogan City Academy of Agricultural Sciences, Xiaogan, Hubei 432000; 3. Wuhan City Academy of Agricultural Sciences, Wuhan, Hubei 430345)

**Abstract** In order to study the amylose content of 28 tetraploid glutinous rice materials, samples were sent for inspection, the results showed that two of the three full-index test materials met the excellent standard. Another 25 parts of amylose single test, amylose <1.5% of the 5 parts of the material was basically reliable, which was worth the target material; its amylose > 2.0% of the three materials were not high quality japonica; 17 materials with 1.5% ≤ amylose ≤ 2.0% reached the quality standard of high quality japonica rice, but due to the large fluctuation of amylose, further testing and cultivation and breeding were needed. It can be seen that tetraploid rice had a good prospect for breeding.

**Key words** Tetraploid; Glutinous rice; Rice quality; Detection

在人类赖以生存的栽培作物中, 既有二倍体如水稻、玉米、高粱、谷子、大麦、亚洲棉、白菜型油菜等, 也有多倍体如小麦、甘薯、马铃薯、陆地棉、海岛棉、花生、甘蓝型和芥菜型油菜等<sup>[1-2]</sup>。自然界由二倍体进化到多倍体是一个漫长的过程, 只要人们发现和掌握了多倍体形成的规律, 便可在较短的时间里, 创造出更多、更好的多倍体新物种, 为人类造福<sup>[3-5]</sup>。中国已故遗传育种学家鲍文奎先生, 在20世纪六七十年代用普通小麦(六倍体)与黑麦(二倍体)杂交, 首先成功地在世界上培育出异源八倍体小黑麦新物种。但同期的多倍体水稻育种进展缓慢, 主要原因在于2个瓶颈问题: 多倍体水稻诱导频率低(5%左右)和多倍体水稻结实率低(<50%)。经过蔡得田团队多年的努力, 选育出2个多倍体减数分裂稳定性基因(polyloid meiosis stability, PMeS)品系, 其自身结实率较高70%左右, 其杂种一代具有75%以上的高结实率<sup>[6-9]</sup>。于1999年提出“综合利用无融合生殖异源多倍体化和体细胞杂交技术”<sup>[10-19]</sup>。于2001年提出“利用远缘杂交和多倍体双重优势进行超级稻选育”的新战略<sup>[20-22]</sup>。王爱云等<sup>[22]</sup>于2005年概述了栽培稻与野生稻远缘杂交和多倍体化在水稻育种中的应用。证明远缘杂交和多倍体化相结合是获得高产优质水稻新品种的一条新途径。证实了优势强、结实率高的四倍体水稻存在, 说明被日美学者和育种界普遍

认为的, 导致多倍体水稻育种不能成功的结实率低的瓶颈问题已经解决。一个由二倍体向多倍体, 由品种间杂种向亚种间、种间杂种优势利用的水稻育种的重大变革时期已经到来<sup>[23-26]</sup>。

四倍体水稻选育技术, 作为颠覆性创新技术, 越来越受到国家重视和专家好评<sup>[27-31]</sup>。经过17年研究, 蔡得田带领的武汉多倍体水稻研发团队已获得7项发明专利授权, 4项申请发明专利, 建立五大技术体系, 选育的多倍体水稻结实率达到85%, 使多倍体水稻育种成为新绿色革命的推动者。关于多倍体育性: 人工获得的多倍体往往有不育的特性, 选择育性好结实性好的品系是一个很繁杂漫长的过程。笔者比较符合育种目标的28份四倍体糯稻高结实材料, 提供稻谷样品, 送检农业部食品质量监督检验测试中心(武汉)检验, 对获得的米质检测结果进行分析, 以期对田间选育者以引导和对遗传育种人及相关人员以参考。

### 1 材料与方法

**1.1 材料来源** 数据材料来源于武汉多倍体生物科技有限公司, 送检农业部食品质量监督检验测试中心(武汉)检验报告。送检材料是武汉多倍体生物科技有限公司, 在武汉科研育种基地的各类四倍体水稻材料中, 选择符合育种目标的四倍体糯稻材料。

**1.2 调查方法** 对28份四倍体水稻高结实材料提供稻谷样品, 送检农业部食品质量监督检验测试中心(武汉)检验, 获得米质检测结果。其中3份糯稻送检材料, 针对部标等级直接影响的7项指标: 1出糙率(%), 2整精米率(%), 3垩白度(%), 4透明度级, 5碱消值级, 6胶稠度(mm), 7直链淀粉(%), 逐步进行分析, 得出所需的结果。另25份糯稻送检材料, 只进行直链淀粉(%)单项检测。

**基金项目** 武汉市科技计划项目(2017020899010100); 湖北省农业科学院与孝感市人民政府科技合作共建协议(孝农业文[2011]60号); 湖北省农业科技创新中心资助项目(2007-620-001-03); 湖北省农业厅优质稻研究开发项目(鄂农函[2002]73号)。

**作者简介** 郑明(1966—), 男, 湖北孝感人, 正高级高级农艺师, 农业推广硕士, 从事水稻育种和栽培研究。\*通讯作者, 教授, 硕士, 从事多倍体水稻遗传和育种研究。

**收稿日期** 2018-03-11

## 2 结果与分析

**2.1 3份四倍体糯稻高结实材料米质全指标检测结果** 28份四倍体糯稻高结实材料米质检测中有3份是进行全指标检测(包含部颁标准的7项主要指标),其中2份达到了优糯标准,优质率占比66.67%,且直链淀粉含量都是1.5%,以2

倍体水稻糯稻标准,可认定为稳定可靠优质糯稻材料。因为2倍体水稻糯稻直链淀粉含量 $<1.5\%$ 时,在不同年份间直链淀粉含量现有资料还未发现其直链淀粉 $>2.0\%$ 的。直链淀粉含量 $>2.0\%$ 的1份占比33.33%, $1.5\% \leq$ 直链淀粉 $\leq 2.0\%$ 的占比为0。可见四倍体水稻进行糯稻育种具有很好的前景。

表1 3份四倍体糯稻高结实材料米质检测结果中7项指标变化

Table 1 Changes of 7 indicators in the test results of 3 high-setting tetraploid glutinous rice materials

| 品种名称<br>Variety name | 分析编号<br>Analysis number | 部标等级<br>Standard grade of agriculture ministry | 出糙率<br>Roughness rate % | 精米率<br>Milled rice ratio// % | 整精米率<br>Whole milled rice rate// % | 粒长<br>Grain length mm | 粒型长/宽比<br>Grain length/width ratio | 垩白粒率<br>Chalkiness rate % | 垩白度<br>Chalk degree % | 直链淀粉<br>Amylose % | 胶稠度<br>Gel consistency mm | 碱消值级<br>Alkali depletion level | 透明度级<br>Transparency level | 水分<br>Water % |
|----------------------|-------------------------|--|-------------------------|------------------------------|------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------|-----------------------|-------------------|---------------------------|--------------------------------|----------------------------|---------------|
| 24                   | 2017K0174               | 非优糯  | 76.6                    | 67.7                         | 62.7                               | 7.1                   | 2.9                                | 糯米                        | 糯米                    | 2.1               | 95                        | 4.0                            | 2                          | 11.4          |
| 35                   | 2017K0185               | 优糯   | 74.5                    | 65.6                         | 62.1                               | 6.7                   | 2.6                                | 糯米                        | 糯米                    | 1.5               | 100                       | 4.0                            | 2                          | 10.8          |
| 36                   | 2017K0186               | 优糯   | 75.2                    | 66.3                         | 62.0                               | 6.7                   | 2.6                                | 糯米                        | 糯米                    | 1.5               | 100                       | 4.0                            | 2                          | 10.8          |

**2.2 25份四倍体糯稻高结实材料直链淀粉含量单项检测结果** 25份四倍体糯稻高结实材料直链淀粉含量单项检测结果表明(表2和图1),其中直链淀粉含量 $>2.0\%$ 的有3份,占供试材料25份的比例为12%, $1.5\% \leq$ 直链淀粉 $\leq 2.0\%$ 的材料有17份,占供试材料(25份)的比例为68%,直链淀粉 $<1.5\%$ 的材料有5份,占供试材料(25份)的比例为20%。这里直链淀粉 $<1.5\%$ 的5份材料基本上是可靠的优质糯稻,因为即使不同年度间气候栽培条件有所变化,现有资料还未发现其直链淀粉 $>2.0\%$ 的。这是值得投入较多时间和精力

的四倍体水稻育种的目标材料。直链淀粉 $>2.0\%$ 的3份材料不属于优质糯稻,基本上不适合于原粮粗加工等食品生产,但如果这3份材料具有较高的经济学产量,即单位面积稻谷产量较高,或可作为工业糯米胶、固体黏合剂、食品工业酿酒、制饴糖等应用。 $1.5\% \leq$ 直链淀粉 $\leq 2.0\%$ 的17份材料在本年度直链淀粉含量达到部颁优质糯稻质量标准,但由于直链淀粉含量在年度间不同地域、不同栽培条件下有较大的波动性,即不同条件下,是否稳定符合优质糯稻标准需进一步试验检测,要在不同年度、不同季节、不同地域、不同栽培管理中进行进一步论证,旨在将其优劣分别开来,再依其经济价值进行进一步的栽培选育,或利用现代人工智能包括实

表2 农业部食品质量监督检验测试中心(武汉)检验报告

Table 2 Inspection report of Agricultural Food Quality Supervision, Inspection and Testing Center (Wuhan)

| 品种名称<br>Variety name | 分析编号<br>Analysis number | 部标等级<br>Standard grade of agriculture ministry | 出糙率<br>Roughness rate % | 精米率<br>Milled rice ratio// % | 整精米率<br>Whole milled rice rate// % | 粒长<br>Grain length mm | 粒型长/宽比<br>Grain length/width ratio | 垩白粒率<br>Chalkiness rate % | 垩白度<br>Chalk degree % | 直链淀粉<br>Amylose % | 胶稠度<br>Gel consistency mm | 碱消值级<br>Alkali depletion level | 透明度级<br>Transparency level | 水分<br>Water % |
|----------------------|-------------------------|--|-------------------------|------------------------------|------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------|-----------------------|-------------------|---------------------------|--------------------------------|----------------------------|---------------|
| 24                   | 2017K0174               | 非优糯  | 76.6                    | 67.7                         | 62.7                               | 7.1                   | 2.9                                | 糯米                        | 糯米                    | 2.1               | 95                        | 4.0                            | 2                          | 11.4          |
| 35                   | 2017K0185               | 优糯   | 74.5                    | 65.6                         | 62.1                               | 6.7                   | 2.6                                | 糯米                        | 糯米                    | 1.5               | 100                       | 4.0                            | 2                          | 10.8          |
| 36                   | 2017K0186               | 优糯   | 75.2                    | 66.3                         | 62.0                               | 6.7                   | 2.6                                | 糯米                        | 糯米                    | 1.5               | 100                       | 4.0                            | 2                          | 10.8          |
| M <sub>1</sub>       | 2017K0194               | 优糯   |                         |                              |                                    |                       |                                    |                           |                       | 1.8               |                           |                                |                            |               |
| M <sub>2</sub>       | 2017K0195               | 优糯   |                         |                              |                                    |                       |                                    |                           |                       | 1.7               |                           |                                |                            |               |
| M <sub>3</sub>       | 2017K0196               | 优糯   |                         |                              |                                    |                       |                                    |                           |                       | 1.6               |                           |                                |                            |               |
| M <sub>4</sub>       | 2017K0197               | 非优糯  |                         |                              |                                    |                       |                                    |                           |                       | 2.9               |                           |                                |                            |               |
| M <sub>5</sub>       | 2017K0198               | 优糯   |                         |                              |                                    |                       |                                    |                           |                       | 1.9               |                           |                                |                            |               |
| M <sub>6</sub>       | 2017K0199               | 优糯   |                         |                              |                                    |                       |                                    |                           |                       | 1.7               |                           |                                |                            |               |
| M <sub>7</sub>       | 2017K0200               | 优糯   |                         |                              |                                    |                       |                                    |                           |                       | 1.7               |                           |                                |                            |               |
| M <sub>8</sub>       | 2017K0201               | 优糯   |                         |                              |                                    |                       |                                    |                           |                       | 1.6               |                           |                                |                            |               |
| M <sub>9</sub>       | 2017K0202               | 优糯   |                         |                              |                                    |                       |                                    |                           |                       | 1.6               |                           |                                |                            |               |
| M <sub>10</sub>      | 2017K0203               | 优糯   |                         |                              |                                    |                       |                                    |                           |                       | 1.7               |                           |                                |                            |               |
| M <sub>11</sub>      | 2017K0204               | 优糯   |                         |                              |                                    |                       |                                    |                           |                       | 1.7               |                           |                                |                            |               |
| M <sub>12</sub>      | 2017K0205               | 优糯   |                         |                              |                                    |                       |                                    |                           |                       | 1.8               |                           |                                |                            |               |
| M <sub>13</sub>      | 2017K0206               | 优糯   |                         |                              |                                    |                       |                                    |                           |                       | 1.6               |                           |                                |                            |               |
| M <sub>14</sub>      | 2017K0207               | 优糯   |                         |                              |                                    |                       |                                    |                           |                       | 1.6               |                           |                                |                            |               |
| M <sub>15</sub>      | 2017K0208               | 优糯   |                         |                              |                                    |                       |                                    |                           |                       | 1.4               |                           |                                |                            |               |
| M <sub>16</sub>      | 2017K0209               | 优糯   |                         |                              |                                    |                       |                                    |                           |                       | 1.2               |                           |                                |                            |               |
| M <sub>17</sub>      | 2017K0210               | 非优糯  |                         |                              |                                    |                       |                                    |                           |                       | 2.0               |                           |                                |                            |               |
| M <sub>18</sub>      | 2017K0211               | 优糯   |                         |                              |                                    |                       |                                    |                           |                       | 1.7               |                           |                                |                            |               |
| M <sub>19</sub>      | 2017K0212               | 非优糯  |                         |                              |                                    |                       |                                    |                           |                       | 2.1               |                           |                                |                            |               |
| M <sub>20</sub>      | 2017K0213               | 非优糯  |                         |                              |                                    |                       |                                    |                           |                       | 2.0               |                           |                                |                            |               |
| M <sub>21</sub>      | 2017K0214               | 优糯   |                         |                              |                                    |                       |                                    |                           |                       | 1.6               |                           |                                |                            |               |
| M <sub>22</sub>      | 2017K0215               | 优糯   |                         |                              |                                    |                       |                                    |                           |                       | 1.4               |                           |                                |                            |               |
| M <sub>23</sub>      | 2017K0216               | 优糯   |                         |                              |                                    |                       |                                    |                           |                       | 1.4               |                           |                                |                            |               |
| M <sub>24</sub>      | 2017K0217               | 优糯   |                         |                              |                                    |                       |                                    |                           |                       | 1.3               |                           |                                |                            |               |
| M <sub>25</sub>      | 2017K0218               | 非优糯  |                         |                              |                                    |                       |                                    |                           |                       | 3.1               |                           |                                |                            |               |

实验室分子技术手段,与田间育种技术相结合,进行选择培育工作。

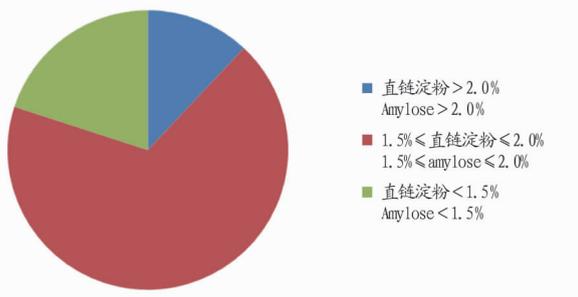


图1 25份四倍体糯稻高结实材料直链淀粉单项检测结果分布比例

Fig.1 Distribution ratio of single-label test results of 25 parts of tetraploid indica rice high-strength material amylose

### 3 结论与讨论

(1) 28份四倍体糯稻高结实材料米质检测中有3份进行全指标检测(包含部颁标准的7项主要指标),其中2份达到了优糯标准,优质率占比66.67%。可见四倍体水稻进行糯稻育种具有很好的前景。

(2) 25份四倍体糯稻高结实材料直链淀粉含量单项检测结果表明,直链淀粉<1.5%的5份材料基本上是可靠的优质糯稻,这是值得投入较多时间和精力四倍体水稻育种的目標材料;其直链淀粉>2.0%有3份材料不属于优质糯稻,基本上不适合于原粮粗加工等食品生产;1.5%≤直链淀粉≤2.0%的有17份,需进一步试验检测,进行选择培育工作。

(3) 2倍体水稻糯稻直链淀粉为1.5%~2.0%时,在不同年份或不同地域高温灌浆或其他恶劣条件下,直链淀粉含量有变化。有较多上年度1.5%≤直链淀粉≤2.0%的材料,在试验年度直链淀粉>2.0%,成为非优质糯稻。四倍体水稻糯稻有没有这种现象有待进一步研究。

### 参考文献

- [1] 何金华,程杏安,刘向东.同源四倍体水稻花粉母细胞减数分裂染色体构型及异常行为[C]//中国细胞生物学学会第九次会员代表大会暨青年学术大会论文摘要集.广州:中国细胞生物学学会,2007:51-55.
- [2] 陈才良,谢国生,蔡得田,等.南京11四倍体水稻无融合生殖现象初报[J].华中农业大学学报,1997,16(5):323-325.
- [3] 晏春庚,李宗道.苳麻多倍体育种研究进展[J].湖南农业科学,1997(4):30-31.
- [4] 刘雪红,崔素芹,刘南南,等.冬枣多倍体育种研究进展[J].湖南农业科学,2011(18):16-18,30.
- [5] 霍宪起,韩敬.秋水仙碱诱导三色董多倍体的研究[J].湖南农业科学,2009(10):126-128,131.

- [6] 黄群策,孙梅元,邓启云.多倍体水稻及其潜在价值[J].杂交水稻,2001,16(1):1-3.
- [7] 北京市农业科学院多倍体小组.八倍体小黑麦的培育和试种[J].中国农业科学,1975,8(1):36-52.
- [8] 周小鹭,李集临.八倍体小黑麦与普通小麦杂交后代的细胞遗传学研究[J].哈尔滨师范大学自然科学学报,2007,23(1):90-95.
- [9] 蔡得田,宋兆建,王维,等.一种高蛋白多倍体水稻品种的选育方法:CN201410149934.1[P].2014-09-10.
- [10] 蔡得田,陈冬玲,陈建国,等.多倍体水稻选育与进化育种学[C]//2005年全国作物遗传育种学术研讨会暨中国作物学会分子育种分会成立大会论文集(一).成都:《西南农业学报》编辑部,2005:110-120.
- [11] 蔡得田,袁隆平,卢兴桂.二十一世纪水稻育种新战略II.利用远缘杂交和多倍体双重优势进行超级稻育种[J].作物学报,2001,27(1):110-116.
- [12] 张静.特异多倍体水稻材料的胚胎学与细胞学研究[D].雅安:四川农业大学,2001.
- [13] 黄群策,代西梅.水稻同源多倍体的研究策略[J].杂交水稻,2006,21(2):1-4.
- [14] 马永峰,陈建国,刘幼琪,等.水稻光温敏不育系培矮64s二倍体与四倍体颖花性状和剑叶性状的比较[J].湖北大学学报(自然科学版),2002,24(4):359-363.
- [15] 蒋震涛,范昆华,张建军,等.水稻体细胞同源四倍体无性系诱导及遗传特性[J].上海农业学报,1993,9(1):6-10.
- [16] 刘建新,陈建国,陈冬玲,等.强优势多倍体杂交水稻亲本的生长特性和开花习性[J].中国农业科学,2008,41(11):3456-3464.
- [17] 宋兆建,杜超群,胡亚平,等.栽培稻与疣粒野生稻杂种二倍体和四倍体的鉴定及比较[J].作物学报,2010,36(7):1144-1152.
- [18] 黄雅琴,黄群策.稻属植物染色体组多倍化的研究进展[J].中国稻米,2009(6):19-23.
- [19] 刘建新,陈建国,陈冬玲,等.水稻籼粳杂种多倍体亲本开花习性的研究[J].湖北大学学报(自然科学版),2004,26(3):248-252.
- [20] 杨江义,陶大云,胡凤益,等.非洲栽培稻形态生理及与亚洲栽培稻种间育性研究[J].西南农业大学学报,1997,19(2):145-147.
- [21] 杜超群.栽培稻/野生稻杂种及杂种多倍体的创造和研究[D].武汉:湖北大学,2006.
- [22] 王爱云,陈冬玲,蔡得田.远缘杂交和异源多倍体化技术在水稻育种中的应用[J].植物科学学报,2005,23(5):491-495.
- [23] 王建.水稻种间杂种花粉不育的细胞学研究和不育基因的精细定位[D].南京:南京农业大学,2013.
- [24] 胡凤益,陶大云,杨友琼,等.栽培稻种间杂种营养优势研究[J].西南大学学报(自然科学版),2002,24(2):146-150.
- [25] 杨莺.长雄野生稻和亚洲栽培稻种间杂种不育基因S44(1)的精细定位[D].昆明:云南大学,2013.
- [26] 傅雪琳,刘向东,卢永根.亚洲栽培稻与短花药野生稻种间杂交障碍观察[J].华南农业大学学报,2013,34(3):287-291.
- [27] 黄群策,代西梅,梁芳.同源四倍体水稻与非洲栽培稻杂交的后效性研究[J].杂交水稻,2005,20(4):66-68.
- [28] 李守涛.栽培稻与长雄野生稻杂种多倍体诱导及其后代育种学特性研究[D].武汉:湖北大学,2009.
- [29] 张琦.稻属基因组间异源多倍体(AACCDD, AACD)的创建和鉴定[D].武汉:湖北大学,2008.
- [30] 刘如亮.基于SSR技术的稻属不同野生稻基因组的比较研究[D].武汉:中南民族大学,2011.
- [31] 祝剑峰.异源多倍体水稻(AACCDD)的胚胎学与生殖不育性的研究[D].武汉:湖北大学,2006.

## 科技论文写作规范——缩略语

采用国际上惯用的缩略语。如名词术语 DNA(脱氧核糖核酸)、RNA(核糖核酸)、ATP(三磷酸腺苷)、ABA(脱落酸)、ADP(二磷酸腺苷)、CK(对照)、CV(变异系数)、CMS(细胞质雄性不育性)、IAA(吲哚乙酸)、LD(致死剂量)、NAR(净同化率)、PMC(花粉母细胞)、LAI(叶面积指数)、LSD(最小显著差)、RGR(相对增长率)、单位名缩略语 IRRI(国际水稻研究所)、FAO(联合国粮农组织)等。对于文中有些需要临时写成缩写的词(如表及图中由于篇幅关系以及文中经常出现的词而写起来又很长时),则可取各主要词首字母写成缩写,但需在第一次出现处写出全称,表及图中则用注解形式在下方注明,以便读者理解。