

前 言

本标准等效采用 IEC 584-1:1995《热电偶 第 1 部分:分度表》中 T 型热电偶分度表和 IEC 584-2:1989《热电偶 第 2 部分:允差》中 T 型热电偶允差。

本标准是对 GB/T 2903—1989《铜-铜镍(康铜)热电偶丝及分度表》进行的修订,本标准与 GB/T 2903—1989(以下简称原标准)有如下的主要差异:

1 原标准采用的是 IPTS-68 温标,本标准采用的是 ITS-90 温标,因而所有的热电动势值都进行了修正。

2 原标准中包含热电偶的分度表,因已有热电偶分度表国家标准,本标准中不再列热电偶分度表。但本标准列出热电偶在主要温度点的热电动势值及允差,以利偶丝的检验。

3 本标准根据 GB/T 1.1—1993 和 GB/T 1.22—1993 要求对原标准作了编辑、文字上的修改。

本标准自实施之日起,同时代替 GB/T 2903—1989。

本标准附录 A 是标准的附录。

本标准附录 B 是提示的附录。

本标准由中华人民共和国机械工业部提出。

本标准由机械工业部仪表功能材料标准化技术委员会归口。

本标准由机械工业部重庆仪表材料研究所负责起草,上海合金有限公司、四川仪表一厂、沈阳合金股份有限公司、武进市电子合金材料厂、天津德塔科技集团有限公司、武进市远东仪表材料厂等单位参加起草。

本标准主要起草人:张泽林、谌立新、王幼德、朱炳银、徐永红、张晓华、陈鸿德。

本标准 1982 年 3 月首次发布,1989 年 3 月第一次修订。

本标准委托机械工业部重庆仪表材料研究所负责解释。

铜-铜镍(康铜)热电偶丝

代替 GB/T 2903—1989

Copper/Copper-Nickel (Constantan) thermocouple wires

1 范围

本标准规定了铜-铜镍热电偶丝的品种规格、技术要求、试验方法、检验规则、供应方式、包装及标志。

本标准适用于制造工业铜-铜镍(康铜)热电偶(T型热电偶)用合金丝(以下简称偶丝)。

2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 16839.1—1997 热电偶 第1部分:分度表

GB/T 16839.2—1997 热电偶 第2部分:允差

GB/T 16701.2—1996 热电偶材料试验方法 第2部分:廉金属热电偶丝热电动势测量方法

JB/T 6819.2—1993 仪表材料术语 测温材料

3 定义

JB/T 6819.2 定义的术语适用于本标准。

4 产品分类

4.1 产品名称、代号及名义化学成分如表1所示。

表1

| 产品名称 | 极性 | 代号 | 名义化学成分,% | |
|-------|----|----|----------|-----|
| | | | Ni | Cu |
| 铜丝 | 正极 | TP | — | 100 |
| 铜镍合金丝 | 负极 | TN | 45 | 55 |

4.2 偶丝等级

偶丝按使用要求和热电特性的允差不同,分为Ⅰ级、Ⅱ级和Ⅲ级,分级条件由技术要求规定。

4.3 偶丝推荐使用温度上限

各种直径的偶丝推荐使用温度上限如表2所示。

表2

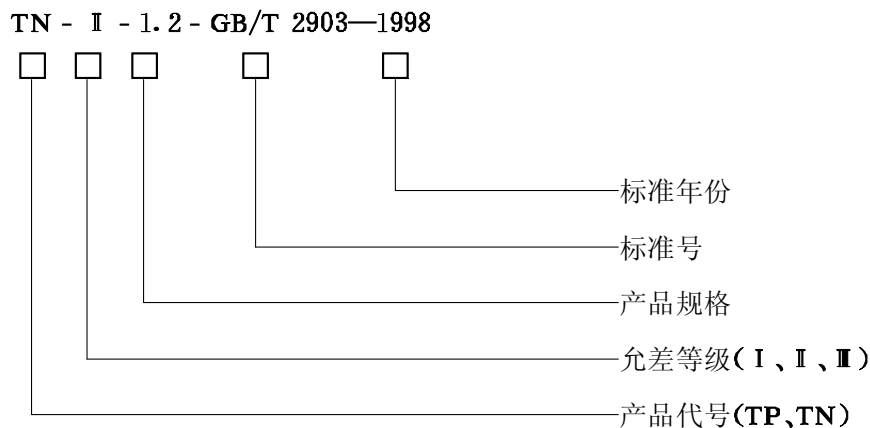
| 偶丝直径,mm | 长期使用温度上限,℃ | 短期使用温度上限,℃ |
|----------|------------|------------|
| 0.2, 0.3 | 150 | 200 |
| 0.5, 0.8 | 200 | 250 |

表 2(完)

| 偶丝直径,mm | 长期使用温度上限,℃ | 短期使用温度上限,℃ |
|---------|------------|------------|
| 1.0,1.2 | 250 | 300 |
| 1.6,2.0 | 300 | 350 |

4.4 标记示例

产品标记按下列格式表示:



4.5 产品有关物理参数见附录 B(提示的附录)。

5 技术要求

5.1 表面质量

偶丝的表面应颜色均匀、光洁、无油污、无折叠、无裂纹、无毛刺及夹层。允许有不超过直径允差的细小划痕和凹陷及个别暗色斑点。

5.2 尺寸及允许偏差

偶丝的直径及允许偏差应符合表 3 规定。偶丝的圆度应不超过直径的允许偏差。

表 3 mm

| 直径 | 0.2 | 0.3 | 0.5 | 0.8 | 1.0 | 1.2 | 1.6 | 2.0 |
|------|-------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|
| 允许偏差 | -0.04 | | -0.05 | | -0.06 | | -0.08 | |

注:经供需双方协商,允许供应其他规格的偶丝。

5.3 不均匀热电动势

在偶丝整卷(盘)内,其不均匀热电动势应不超过表 4 的规定。

表 4

| 等 级 | 测量端温度,℃ | 不均匀热电动势,μV | |
|-----|---------|------------|-------|
| | | 铜丝 | 铜镍合金丝 |
| I | 200 | 3 | 12 |
| II | 200 | 4 | 22 |
| III | -196 | 4 | 12 |

5.4 热电动势

5.4.1 由偶丝构成的热电偶,当参考端温度为 0℃时,其温度与热电动势的关系应符合 GB/T 16839.1 中 T 型热电偶分度表。其允差应符合 GB/T 16839.2 中的 T 型热电偶允差。热电偶在主要温度点的热电动势值及允差见表 5。热电偶在主要温度点的热电动势率见附录 A(标准的附录)。

5.4.2 由铜与铂、铂与铜镍构成的热电偶,当参考端温度为0℃时,其温度与热电动势的关系应符合表6和表7热电动势值及允差的规定。铜-铂和铂-铜镍在主要分度点的热电动势率及分度表见附录A(标准的附录)。

表5 铜-铜镍热电偶热电动势及允差 μV

| 测量端温度 ℃ | 热电动势 标称值 | I 级 | | II 级 | | III 级 | |
|------------|-------------|-----|---------------|------|---------------|-------|-------------|
| | | 允差 | 热电动势范围 | 允差 | 热电动势范围 | 允差 | 热电动势范围 |
| -196 | -5 539 | | | | | ±48 | 5 491~5 587 |
| -79 | -2 757 | | | | | ±37 | 2 720~2 794 |
| 100 | 4 279 | ±24 | 4 255~4 303 | ±47 | 4 232~4 326 | | |
| 150 | 6 704 | ±30 | 6 674~6 734 | ±56 | 6 648~6 760 | | |
| 200 | 9 288 | ±43 | 9 245~9 331 | ±80 | 9 208~9 368 | | |
| 250 | 12 013 | ±56 | 11 957~12 069 | ±105 | 11 908~12 118 | | |
| 300 | 14 862 | ±70 | 14 792~14 932 | ±130 | 14 732~14 992 | | |
| 350 | 17 818 | ±74 | 17 744~17 892 | ±155 | 17 663~17 973 | | |

表6 铜-铂热电偶热电动势及允差 μV

| 测量端温度 ℃ | 热电动势 标称值 | I 级 | | II 级 | | III 级 | |
|------------|-------------|-----|-------------|------|-------------|-------|-----------|
| | | 允差 | 热电动势范围 | 允差 | 热电动势范围 | 允差 | 热电动势范围 |
| -196 | -212 | | | | | ±10 | -202~-222 |
| -79 | -332 | | | | | ±7 | -325~-339 |
| 100 | 773 | ±12 | 761~785 | ±15 | 758~788 | | |
| 150 | 1 275 | ±12 | 1 263~1 287 | ±15 | 1 260~1 290 | | |
| 200 | 1 837 | ±12 | 1 825~1 849 | ±15 | 1 822~1 852 | | |
| 250 | 2 462 | ±12 | 2 450~2 474 | ±15 | 1 447~1 477 | | |
| 300 | 3 149 | ±12 | 3 137~3 161 | ±15 | 3 134~2 164 | | |
| 350 | 3 892 | ±12 | 3 880~3 904 | ±15 | 3 877~3 907 | | |

表7 铂-铜镍热电偶热电动势及允差 μV

| 测量端温度 ℃ | 热电动势 标称值 | I 级 | | II 级 | | III 级 | |
|------------|-------------|-----|---------------|------|---------------|-------|---------------|
| | | 允差 | 热电动势范围 | 允差 | 热电动势范围 | 允差 | 热电动势范围 |
| -196 | -5 327 | | | | | ±38 | -5 289~-5 365 |
| -79 | -2 426 | | | | | ±30 | -2 396~-2 456 |
| 100 | 3 505 | ±12 | 3 493~3 517 | ±32 | 3 473~3 537 | | |
| 150 | 5 430 | ±18 | 5 412~5 448 | ±41 | 5 389~5 471 | | |
| 200 | 7 451 | ±31 | 7 420~7 582 | ±65 | 7 386~7 516 | | |
| 250 | 9 551 | ±44 | 9 507~9 595 | ±90 | 9 461~9 641 | | |
| 300 | 11 713 | ±58 | 11 655~11 771 | ±115 | 11 598~11 828 | | |
| 350 | 13 926 | ±62 | 13 864~13 988 | ±140 | 13 786~14 066 | | |

注

1 单极热电动势的 III 级允差供参考,出厂成品应按表 5 配对的 II 级允差为依据。

2 经供需双方协议,并在订货合同中注明,允许正负极配对供货,配对热电动势及允差应符合表 5 规定。

5.5 稳定性

由各种规格偶丝构成的热电偶,在空气中按表 8 规定的温度连续加热 200 h,其加热前后在该温度

点热电动势变化的绝对值不超过表 8 的规定。

表 8

| 偶丝直径,mm | 试验温度,℃ | 热电动势变化, μV | 相当于温度值,℃ |
|---------|--------|-----------------------|----------|
| 0.2,0.3 | 190±10 | 80 | 1.50 |
| 0.5,0.8 | 240±10 | 100 | 1.88 |
| 1.0,1.2 | 290±10 | 130 | 2.25 |
| 1.6,2.0 | 340±10 | 150 | 2.62 |

6 试验方法

6.1 表面质量

表面质量用目力观察。

6.2 尺寸测量

偶丝的直径和圆度用精确度不低于 0.01 mm 千分尺在偶丝的另一截面两个垂直的方向上进行测量,每卷(盘)偶丝至少应测量三个不同部位。

6.3 不均匀热电动势试验

将在同一卷(盘)偶丝两端所取试样的一端与 $\phi 0.5$ mm 的铂丝(铂丝的 $R_{100}/R_0 \geq 1.3920$)焊接在一起作为测量端,放进热电偶检定炉内,参考端置于 0℃,在表 4 规定的试验温度中保温 2 h,测量其对铂热电动势。同一卷(盘)偶丝试样间的对铂热电动势最大差值为其不均匀热电动势值。

6.4 热电动势测量

按 GB/T 16701.2 规定方法进行,试验温度按表 9 规定。

表 9

| 偶丝直径,mm | 试验温度,℃ | | |
|-----------------|--------|------|-----|
| 0.2,0.3,0.5 | -79 | -196 | |
| 0.2,0.3,0.5,0.8 | 100 | 200 | |
| 1.0,1.2,1.6,2.0 | 100 | 200 | 250 |

6.5 稳定性试验

先将正负极偶丝焊成热电偶,并与二等标准铂铑 10-铂热电偶捆扎在一起(标准偶的测量端应套上一端封闭的高温氧化铝管),装入热电偶检定炉内,试样插入炉内的深度不小于 300 mm。炉温升到表 8 规定的温度后,开始测量其热电动势,且每隔一小时测量一次,当其热电动势值稳定在 $60 \mu\text{V}$ 范围内时,以该热电动势作为第一次测量值 E_0 ,同时记录时间,作为稳定性试验的起始时间,连续保温并每隔数小时监测热电动势,200 h 内所测热电动势值 E 与 E_0 的最大差值 $\delta = |E - E_0|$ 为其稳定性值。

7 检验规则

7.1 检验分类

产品检验分为出厂检验和型式检验。

7.1.1 出厂检验

偶丝应经制造厂质量检验部门进行出厂检验合格并附有产品质量合格证,方可出厂。

出厂检验项目:

- a) 表面质量;
- b) 尺寸;
- c) 不均匀热电动势;
- d) 热电动势。

7.1.2 型式检验

按本标准规定的全部试验项目进行。有下列情况之一时,一般应进行型式检验:

- a) 新产品或老产品转厂生产的试制定型鉴定;
- b) 正常生产后,如原材料、工艺有较大改变时;
- c) 正常生产时,每年应不少于一次检验;
- d) 产品长期停产后,恢复生产时;
- e) 出厂检验结果与上次型式检验有较大差异时;
- f) 国家质量监督机构提出进行型式检验的要求时。

7.2 抽样规则

7.2.1 出厂检验应从生产的每卷(盘)偶丝的头、尾两端各取约 1.1 m 进行检验,其中表面质量和尺寸(7.1.1 的 a)、b))两项应对整卷(盘)偶丝检验。

7.2.2 型式检验应从生产厂的成品库中任意抽取正、负极各不少于 3 卷(盘)的偶丝,在头部取约 5.5 m,尾部取约 1.1 m 进行检验。其中表面质量和尺寸应对整卷(盘)偶丝检验。

7.3 判定规则

7.3.1 出厂检验时,只要有一项不合格,则判定该卷(盘)产品为不合格产品。

7.3.2 型式检验时,只要有一项不合格,则应加倍抽样进行全部复检。若仍有一项不合格,则判定型式检验不合格。

8 供应方式、包装及标志

8.1 供应方式

8.1.1 偶丝应经退火供应。偶丝表面应具有一层均匀的氧化膜。若用户要求,允许以光亮丝供应。

8.1.2 每卷(盘)偶丝只能由一根丝材绕成,不得有接头,扭转及结节。

8.1.3 每卷(盘)偶丝重量应不小于表 10 的规定。

表 10

| 偶丝直径,mm | 重量,kg |
|-----------------|-------|
| 0.2,0.3 | 0.1 |
| 0.5,0.8 | 0.5 |
| 1.0,1.2,1.6,2.0 | 1.0 |

注:对于大量使用偶丝的用户,卷的重量可由供需双方协议。

8.2 包装

除 $\varnothing 0.3$ mm 和 $\varnothing 0.5$ mm 的偶丝可卷绕在线盘上外,其余规格的偶丝可绕成卷状,每卷至少捆扎两处,每卷(盘)用防潮材料包装。

8.3 标志

8.3.1 每卷(盘)偶丝的标志应包括下列内容:

- a) 制造厂名或商标;
- b) 产品名称、标记;
- c) 产品编号;
- d) 偶丝尺寸规格;
- e) 每卷(盘)偶丝的毛重和净重;
- f) 出厂年、月、日。

8.3.2 每卷(盘)偶丝的产品合格证书上应标明:

- a) 制造厂名或商标;
- b) 产品名称;

- c) 产品编号;
- d) 偶丝尺寸规格或标记;
- e) 本产品符合 GB/T 2903—1998;
- f) 每卷(盘)的毛重和净重;
- g) 出厂年、月、日。

附录 A
(标准的附录)

铜-铜镍热电偶丝的热电动势率及单极对铂分度表

A1 铜-铜镍,铜-铂,铂-铜镍热电偶在主要温度点的热电动势率(塞贝克系数 S)如表 A1 所示。

表 A1

| 温度 ℃ | $S, \mu V/^\circ C$ | | |
|---------|---------------------|-------|-------|
| | 铜-铜镍 | 铜-铂 | 铂-铜镍 |
| -196 | 16.30 | -4.26 | 20.56 |
| -79 | 30.77 | 2.32 | 28.45 |
| 0 | 38.75 | 5.88 | 32.83 |
| 100 | 46.78 | 9.39 | 37.39 |
| 200 | 53.15 | 11.89 | 41.26 |
| 300 | 58.09 | 14.31 | 43.78 |
| 400 | 61.80 | 16.31 | 45.49 |

A2 铜(TP)-铂(Pt-67)分度表如表 A2 所示。

表 A2 铜(TP)-铂(Pt-67)分度表 (参考端温度为 0℃)

| 温度 ℃ | 0 | -10 | -20 | -30 | -40 | -50 | -60 | -70 | -80 | -90 |
|---------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 热电动势, μV | | | | | | | | | |
| -200 | -195 | -150 | -106 | -64 | -29 | -1 | 16 | 20 | | |
| -100 | -369 | -378 | -382 | -379 | -370 | -356 | -335 | -308 | -275 | -237 |
| 0 | 0 | -57 | -110 | -158 | -203 | -243 | -278 | -309 | -334 | -354 |
| 温度 ℃ | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |
| | 热电动势, μV | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 61 | 125 | 193 | 265 | 341 | 421 | 504 | 591 | 681 |
| 100 | 773 | 869 | 966 | 1 067 | 1 169 | 1 275 | 1 382 | 1 492 | 1 604 | 1 719 |
| 200 | 1 837 | 1 957 | 2 080 | 2 205 | 2 332 | 2 462 | 2 595 | 2 730 | 2 867 | 3 007 |
| 300 | 3 149 | 3 293 | 3 439 | 3 588 | 3 739 | 3 892 | 4 048 | 4 206 | 4 366 | 4 527 |
| 400 | 4 690 | | | | | | | | | |

铜(TP)-铂(Pt-67)的分度表是由下列多项式计算出来的:

$$E = \sum_{i=0}^n c_i t^i \quad \mu V$$

式中系数为

| 温度范围 | -270℃~0℃ | 0℃~400℃ |
|------|---------------------------------------|--|
| | $c_0=0.0$ | $c_0=0.0$ |
| | $c_1=5.8945482297$ | $c_1=5.8945482265$ |
| | $c_2=2.1773546167 \times 10^{-2}$ | $c_2=1.5091347652 \times 10^{-2}$ |
| | $c_3=2.8267617331 \times 10^{-4}$ | $c_3=1.3859883242 \times 10^{-4}$ |
| | $c_4=2.2561290632 \times 10^{-6}$ | $c_4=-1.8273511649 \times 10^{-8}$ |
| | $c_5=9.5020269020 \times 10^{-7}$ | $c_5=1.0336356491 \times 10^{-8}$ |
| | $c_6=2.4127168233 \times 10^{-8}$ | $c_6=-3.0658265534 \times 10^{-11}$ |
| | $c_7=3.9107475678 \times 10^{-10}$ | $c_7=4.6815308235 \times 10^{-14}$ |
| | $c_8=4.2174034766 \times 10^{-12}$ | $c_8=-2.9740716812 \times 10^{-17}$ |
| | $c_9=3.0946718904 \times 10^{-14}$ | $c_9=1.4745034313 \times 10^{-21}$ |
| | $c_{10}=1.5519300339 \times 10^{-16}$ | $c_{10}=-3.6594053087 \times 10^{-26}$ |
| | $c_{11}=5.2358609811 \times 10^{-19}$ | |
| | $c_{12}=1.1363837913 \times 10^{-21}$ | |
| | $c_{13}=1.4330540792 \times 10^{-24}$ | |
| | $c_{14}=7.9795153927 \times 10^{-28}$ | |

A3 铂(Pt-67)-铜镍(TN)分度表见表 A3。

表 A3 铂(Pt-67)-铜镍(TN)分度表 (参考端温度为 0℃)

| 温度 ℃ | 0 | -10 | -20 | -30 | -40 | -50 | -60 | -70 | -80 | -90 |
|---------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 热电动势, μV | | | | | | | | | |
| -200 | -5 408 | -5 603 | -5 783 | -5 942 | -6 076 | -6 179 | -6 248 | -6 277 | | |
| -100 | -3 010 | -3 279 | -3 541 | -3 798 | -4 049 | -4 293 | -4 531 | -4 762 | -4 986 | -5 202 |
| 0 | 0 | -326 | -647 | -962 | -1 272 | -1 576 | -1 874 | -2 167 | -2 454 | -2 735 |
| 温度 ℃ | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |
| | 热电动势, μV | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 330 | 665 | 1 004 | 1 347 | 1 695 | 2 047 | 2 405 | 2 767 | 3 134 |
| 100 | 3 505 | 3 881 | 4 262 | 4 647 | 5 036 | 5 430 | 5 827 | 6 228 | 6 632 | 7 040 |
| 200 | 7 451 | 7 865 | 8 283 | 8 703 | 9 126 | 9 551 | 9 979 | 10 409 | 10 842 | 11 276 |
| 300 | 11 713 | 12 152 | 12 593 | 13 035 | 13 480 | 13 926 | 14 374 | 14 824 | 15 275 | 15 728 |
| 400 | 16 182 | | | | | | | | | |

铂(Pt-67)-铜镍(TN)的分度表是由下列多项式计算出来的：

$$E = \sum_{i=0}^n c_i t^i \quad \mu V$$

式中系数为

| 温度范围 | -270℃~0℃ | 0℃~400℃ |
|------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| | $c_0=0.0$ | $c_0=0.0$ |
| | $c_1=3.2853558134 \times 10$ | $c_1=3.2853558138 \times 10$ |
| | $c_2=2.2420888181 \times 10^{-2}$ | $c_2=1.8200880227 \times 10^{-2}$ |
| | $c_3=-1.6423294226 \times 10^{-4}$ | $c_3=6.7583601624 \times 10^{-6}$ |
| | $c_4=-2.5283170780 \times 10^{-6}$ | $c_4=-3.6087451975 \times 10^{-7}$ |
| | $c_5=-4.8822494609 \times 10^{-8}$ | $c_5=6.6052443623 \times 10^{-10}$ |
| | $c_6=-1.4760116404 \times 10^{-9}$ | $c_6=-1.5749323771 \times 10^{-13}$ |
| | $c_7=-3.0363214731 \times 10^{-11}$ | $c_7=-1.3361729442 \times 10^{-16}$ |

| 温度范围 | -270℃~0℃ | 0℃~400℃ |
|----------|---------------------------------|---------------------------------|
| c_8 | $-3.6800948830 \times 10^{-13}$ | $2.2278151391 \times 10^{-18}$ |
| c_9 | $-2.7331969785 \times 10^{-15}$ | $-1.4745034313 \times 10^{-21}$ |
| c_{10} | $-1.2677055605 \times 10^{-17}$ | $3.6594053087 \times 10^{-25}$ |
| c_{11} | $-3.5899475247 \times 10^{-20}$ | |
| c_{12} | $-5.6829864280 \times 10^{-23}$ | |
| c_{13} | $-3.8551373085 \times 10^{-26}$ | |

附录 B

(提示的附录)

铜丝及铜镍合金丝的物理参数

偶丝熔点、密度、电阻率、平均电阻温度系数、抗拉强度及伸长率如表 B1 所示。

表 B1

| 名 称 | 铜 丝 | 铜镍合金丝 |
|--|-------|-------|
| 熔点,℃ | 1 084 | 1 220 |
| 20℃时的密度,g/cm ³ | 8.9 | 8.8 |
| 20℃时的电阻率,μΩ·cm | 1.71 | 49.0 |
| 20℃~400℃范围内平均电阻温度系数,×10 ⁻⁴ /℃ | 43.0 | 0.5 |
| 抗拉强度,MPa | ≥196 | ≥390 |
| 伸长率(L ₀ =100 mm),% | ≥30 | ≥25 |