

与 J_1 有相同元素最高阶和次高阶及 Sylow 2-子群的阶的有限群^①

陈婉平, 陈贵云

西南大学 数学与统计学院, 重庆 400715

摘要: 本文研究了与 J_1 有相同元素最高阶和次高阶及 Sylow 2-子群的阶的有限群, 并得到了这类群的结构.

关键词: 有限群; 元素; Sylow 2-子群; 阶; 结构

中图分类号: O152.1

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2023)07-0031-05

Finite Groups Having the Same Largest and Second Largest Element Orders and Sylow 2-Subgroup's Order with J_1

CHEN Wanping, CHEN Guiyun

School of Mathematics and Statistics, Southwest University, Chongqing 400715, China

Abstract: In this paper, we study the finite groups having the same largest and second largest element orders and Sylow 2-subgroup's order with J_1 , and obtain the structure of these groups.

Key words: finite group; element; Sylow 2-subgroup; order; structure

在有限群的研究中, 群的结构往往可以通过一些数量关系刻画出来, 例如: 著名的 Lagrange 定理、Sylow 定理、Burnside $p^a q^b$ 定理等. 这些定理体现了群的数量刻画的重要性, 而如何用更少的数量关系去刻画群的更多性质是群论学者一直思考的问题. 20 世纪 80 年代初, 施武杰教授提出可以只用群阶和元素阶之集对有限单群进行刻画的猜想. 该猜想提出后, 众多学者对此做了大量的研究, 最终在 2009 年得到完全证明, 即: 所有有限非交换单群都可以通过群阶和元素阶之集唯一确定. 此后, 群论学者开始思考如何弱化该猜想的条件继续研究单群的结构. 例如: 文献[1-3] 只用群阶和最高阶元的阶刻画了散在单群、部分交错群、部分对称群; 文献[4-5] 去掉了群阶这一重要条件, 只用最高阶元的阶和最高阶元的个数及最高阶元中心化子的阶刻画了 Mathieu 群、Janko 群、部分交错群; 文献[6-9] 讨论了与交错群或 Mathieu 群有相同元素的最高阶和次高阶及 Sylow 2-子群的阶的有限群的结构. 当然仅用这 3 个数量条件并不能把单群唯一确定下来, 但是可以得这类群比较具体的结构, 所以本文将继续此研究, 讨论与 J_1 有相同元素的最高阶和次高阶及 Sylow 2-子群的阶的有限群, 并得到了此类群的结构. 本文所涉及的群都是有限群. 设 G 为有限群,

① 收稿日期: 2022-12-01

基金项目: 国家自然科学基金项目(12071376).

作者简介: 陈婉平, 硕士研究生, 主要从事群论的研究.

通信作者: 陈贵云, 教授.

$\Gamma(G)$ 表示 G 的素图, $K_1(G)$ 表示群 G 的最高阶元的阶, $K_2(G)$ 表示群 G 的次高阶元的阶, G_p 表示群 G 的 Sylow p -子群, $|G|_p$ 表示群 G 的 Sylow p -子群的阶, 其他符号都是标准的.

引理 1^[10] 有限群 G 的素图不连通, 则下列结论之一成立:

(i) G 为 Frobenius 群;

(ii) G 为 2-Frobenius 群;

(iii) G 有正规列 $1 \triangleleft H \triangleleft K \triangleleft G$, 使得 H 和 G/K 是 π_1 -群, K/H 是非 Abel 单群, H 是幂零群, 其中 $2 \in \pi_1$, 且 $|G/K| \mid |\text{Out}(K/H)|$.

引理 2^[11] 设有限群 $G = KH$ 是以 K 为核、 H 为补的 Frobenius 群, 则 K 是幂零群, H 的 Sylow 子群是循环群或广义四元数群, $t(G) = 2$, 且 $\Gamma(G)$ 的连通分支为 $\pi(H), \pi(K), |H| \mid (|K| - 1)$.

引理 3^[12] 设有限群 G 是 2-Frobenius 群, 则 $G = ABC$, 其中 $A \triangleleft G$, $AB \triangleleft G$, B, C 为循环群, AB 是以 A 为核、 B 为补的 Frobenius 群, BC 是以 B 为核、 C 为补的 Frobenius 群, $\Gamma(G)$ 恰有两个连通分支, 且 $\pi_1(G) = \pi(A) \cup \pi(C)$, $\pi_2(G) = \pi(B)$.

引理 4^[8] 设有限群 G 有 2 阶无不动点自同构 σ , 则 G 为 Abel 群, 且 $\sigma(g) = g^{-1} (\forall g \in G)$.

Janko 群 J_1 的阶为 $2^3 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 7 \cdot 11 \cdot 19$, 元素的最高阶为 19, 次高阶为 15. 本文我们证明如下结论:

定理 1 设有限群 G 的 Sylow 2-子群的阶是 2^3 , $K_1(G) = 19$, $K_2(G) = 15$, 则 G 同构于下列群之一:

(i) $G = KH$ 是以 K 为 Frobenius 核的 Frobenius 群, $|G| = 2^3 \cdot 3^a \cdot 5 \cdot 7^c \cdot 19^f$, 其中 $a = 1, 2, c = 0, 1, f \geq 1$, K 为初等 Abel 19-群, H_2 为 8 阶循环群或四元数群, H_3, H_5, H_7 为循环群;

(ii) $G/H \cong J_1$, $|G| = 2^3 \cdot 3^a \cdot 5^b \cdot 7^c \cdot 11^d \cdot 19^f$, 其中 $a, b, c, d, f \geq 1$, H 为 p -群 ($p = 3, 5, 7$) 或幂零 $\{3, 5\}$ -群, 且 $\text{Exp}(H) = p, 9, 15$.

证 由 $K_1(G) = 19, K_2(G) = 15$, 及 $|G|_2 = 2^3$ 可设

$$|G| = 2^3 \cdot 3^a \cdot 5^b \cdot 7^c \cdot 11^d \cdot 13^e \cdot 19^f \quad a, b, f \geq 1; c, d, e \geq 0$$

且易知 19 是 $\Gamma(G)$ 的孤立点, 因此 G 的素图不连通. 由引理 1, 我们按如下 3 种情形进行讨论:

情形 1 若 G 为 Frobenius 群, 由引理 2 可设 $G = KH$, 其中

$$\{2, 3, 5\} \subseteq \pi(H) \subseteq \{2, 3, 5, 7, 11, 13\} \quad \pi(K) = \{19\}$$

若 $H \triangleleft G$, 考虑 K 在 H_2 上的作用知 K 必然平凡作用在 H_2 上, 得 G 有 38 阶元, 矛盾. 因此 $K \triangleleft G$ 为 Frobenius 核, H 为 Frobenius 补. 进而 H 中的 2 阶元可以共轭作用于 K , 且该作用是无不动点的. 从而由引理 4 知 K 为 Abel 群, 故 K 为初等 Abel 19-群. 再由 $K_1(G) = 19$, 及 $\pi(H)$ 是 $\Gamma(G)$ 的一个连通分支知 $(|H|, 11 \cdot 13) = 1$, 即 $\pi(H) = \{2, 3, 5\}, \{2, 3, 5, 7\}$.

若 $\pi(H) = \{2, 3, 5\}$, 由于 H 的 Sylow 子群只能是循环群或广义四元数群, 从而 H_2 为 8 阶循环群或四元数群, H_3, H_5 都是循环群, 又因 $K_1(G) = 19, K_2(G) = 15$, 所以 $1 \leq a \leq 2, b = 1$.

若 $\pi(H) = \{2, 3, 5, 7\}$, 同理可得 H_2 为循环群或四元数群, H_3, H_5, H_7 为循环群, 且 $1 \leq a \leq 2, b = 1, c = 1$, 结论 (i) 成立.

情形 2 若 G 为 2-Frobenius 群, 则由引理 3 知 $G = ABC$, 其中

$$\{2, 3, 5\} \subseteq \pi(A) \subseteq \pi(C) \subseteq \{2, 3, 5, 7, 11, 13\} \quad \pi(B) = \{19\}$$

由于 B 为 Frobenius 群 AB 的补, 因此 B 的 Sylow 19-子群为循环群, 从而 $|B| = 19$. 再由 BC 是以 B 为核、 C 为补的 Frobenius 群, 故 $|C| \mid (|B| - 1)$, 即 $|C| \mid 18$, 从而 $|A|_2 = 4, 8$, 所以 B 在 A_2 上的作用平凡, 导致 G 有 38 阶元, 矛盾. 因此 G 不是 2-Frobenius 群.

情形 3 设 G 有正规列 $1 \triangleleft H \triangleleft K \triangleleft G$, 使得 H 和 G/K 是 π_1 -群, K/H 是非 Abel 单群, H 是幂零群, 其中 $2 \in \pi_1$, 且 $|G/K| \mid |\text{Out}(K/H)|$. 下面根据 d, e 的取值分为 4 种情形进行讨论:

情形 3.1 设 $d, e \geq 1$. 此时

$$|G| = 2^3 \cdot 3^a \cdot 5^b \cdot 7^c \cdot 11^d \cdot 13^e \cdot 19^f \quad a, b, d, e, f \geq 1; c \geq 0$$

由 $K_1(G) = 19, K_2(G) = 15$ 可知 11, 13, 19 是 $\Gamma(G)$ 的孤立点, 则 11, 13, 19 也是 $\Gamma(K/H)$ 的孤立点, 故

$t(K/H) \geq 4$. 由文献[13] 知, 满足连通分支数大于等于 4 且素图的孤立点为 11, 13, 19 的单群只可能为 ${}^2B_2(q)$, 即 K/H 只可能同构于 ${}^2B_2(q)$. 若 $K/H \cong {}^2B_2(q)$ (阶分量为 $q^2, q - \sqrt{2q} + 1, q + \sqrt{2q} + 1, q - 1$). 因为 $q = 2^{2m+1} (m \in \mathbb{N}_+)$, 所以 $q^2 = 2^{4m+2} \geq 2^6$ 与 $|K/H|_2 \leq 2^3$ 矛盾, 故此类群不存在.

情形 3.2 设 $d \geq 1, e = 0$. 此时

$$|G| = 2^3 \cdot 3^a \cdot 5^b \cdot 7^c \cdot 11^d \cdot 19^f \quad a, b, d, f \geq 1; c \geq 0$$

同情形 3.1 可知 11, 19 为 $\Gamma(K/H)$ 的孤立点, 因此 $t(K/H) \geq 3$. 分 $t(K/H) > 3$ 和 $t(K/H) = 3$ 两种情形讨论:

当 $t(K/H) > 3$ 时, 由文献[13] 和 $|K/H|_2 \leq |G|_2 = 2^3$ 知 K/H 只可能同构于 J_1 , 即

$$K/H \cong J_1(2^3 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 7 \cdot 11 \cdot 19)$$

由 $|\text{Out}(J_1)| = 1$ 可知 $|G/K| = 1$, 故 $G/H \cong J_1$, 此时 $|H| = 3^{a-1} \cdot 5^{b-1} \cdot 7^{c-1}$. 因为 $K_1(G) = 19$, $K_2(G) = 15$, 所以 H 为 p -群或幂零 $\{3, 5\}$ -群, 且满足结论(ii) 之条件.

当 $t(K/H) = 3$ 时, 由文献[13] 中给出的单群阶分量表得 K/H 可能同构于下列群之一:

$$A_p, A_1(q), {}^2D_p(3) (p = 2^m + 1), G_2(q), {}^2G_2(q), {}^2D_{p+1}(2) (p = 2^m - 1), F_4(q), {}^2F_4(q).$$

若 $K/H \cong A_p$, 由于 $p, p-2$ 为奇阶分量且为素数, 因此 $p = 19, p-2 = 11$, 显然不存在这样的 p , 故 $K/H \not\cong A_p$.

若 $K/H \cong A_1(q)$, 对 q 分 3 种情况讨论:

(a) 当 $2 \mid q$ 时, 设 $q = 2^m (m \in \mathbb{N}_+)$, 由 K/H 有 3 个阶分量 $q, q+1, q-1$ 可知 $q+1 = 11^d, 19^f$, 进而

$$q = 11^d - 1 = 10(11^{d-1} + 11^{d-2} + \cdots + 1)$$

或

$$q = 19^f - 1 = 18(19^{f-1} + 19^{f-2} + \cdots + 1)$$

与 $q = 2^m$ 矛盾.

(b) 当 $4 \mid q+1$ 时, 由 K/H 有 3 个阶分量 $q+1, q, \frac{q-1}{2}$ 可知 $q = 11^d, \frac{q-1}{2} = 19^f$ 或 $q = 19^f, \frac{q-1}{2} = 11^d$, 此时

$$19^f = \frac{q-1}{2} = \frac{11^d-1}{2}$$

或

$$11^d = \frac{q-1}{2} = \frac{19^f-1}{2}$$

即 $5 \mid 19^f$ 或 $9 \mid 11^d$, 矛盾.

(c) 当 $4 \mid q-1$ 时, 由 K/H 有 3 个阶分量 $q-1, q, \frac{q+1}{2}$ 可知 $q = 11^d, 19^f$. 若 $q = 11^d$, 此时 $19^f = \frac{q+1}{2} = \frac{11^d+1}{2}$. 如果 $2 \nmid d$, 则

$$11^d + 1 = (11 + 1)((-1)^{d-1} 11^{d-1} + \cdots + 1)$$

故 $6 \mid 19^f$, 矛盾. 因此 $2 \mid d$. 于是令 $d = 2t$, 此时

$$q - 1 = 11^d - 1 = (11^t - 1)(11^t + 1)$$

如果 $2 \nmid t$, 则由

$$q + 1 = 11^d + 1 = 11^{2t} + 1$$

知

$$\frac{11^2 + 1}{2} \mid \frac{11^{2t} + 1}{2} = \frac{q + 1}{2} = 19^f$$

矛盾. 故 $2 \mid t$, 令 $t = 2r$, 即 $d = 4r$, 此时

$$q - 1 = 11^d - 1 = (11^r - 1)(11^r + 1)(11^{2r} + 1)$$

如果 $2 \nmid r$, 则

$$\frac{11^4 + 1}{2} \mid \frac{11^{4r} + 1}{2} = \frac{q + 1}{2} = 19^f$$

矛盾. 故 $2 \mid r$, 令 $r = 2k$, 即 $d = 8k$, 此时

$$q - 1 = 11^d - 1 = (11^k - 1)(11^k + 1)(11^{2k} + 1)(11^{4k} + 1)$$

如果 $2 \nmid k$, 则

$$\frac{11^8 + 1}{2} \mid \frac{11^{8k} + 1}{2} = \frac{q + 1}{2} = 19^f$$

矛盾. 故 $2 \mid k$, 令 $k = 2s$, 则

$$d = 16s$$

$$q - 1 = 11^d - 1 = (11^s - 1)(11^s + 1)(11^{2s} + 1)(11^{4s} + 1)(11^{8s} + 1)$$

由于 $11^s - 1, 11^s + 1, 11^{2s} + 1, 11^{4s} + 1, 11^{8s} + 1$ 中任意两个数的最大公约数为 2, 因此 $q - 1$ 至少含有 5 个不同的素因子, 这与 $\pi(q - 1) \subseteq \{2, 3, 5, 7\}$ 矛盾. 若 $q = 19^f$, 同理可推出矛盾. 因此 $K/H \not\cong A_1(q)$.

若 $K/H \cong {}^2D_p(3)$ ($p = 2^m + 1, m \geq 2, m \in \mathbb{N}_+$), 则 $p - 1 = 2^m \geq 4$, K/H 的第一个阶分量中 $\prod_{i=1}^{p-1} (3^{2i} - 1)$ 有因子 $(3^2 - 1)(3^4 - 1)(3^6 - 1)(3^8 - 1)$, 易知 $41 \mid 3^8 - 1$, 但 $|K/H|$ 中不含素因子 41, 矛盾. 故 $K/H \not\cong {}^2D_p(3)$.

若 $K/H \cong G_2(q)$ ($q = 3^m, m \in \mathbb{N}_+$), 由于 K/H 有 3 个阶分量: $q^6(q^2 - 1)^2, q^2 + q + 1, q^2 - q + 1$, 此时 $q^6(q^2 - 1)^2 = 3^{6m}(3^m + 1)^2(3^m - 1)^2$, 因此

$$2^4 \mid 3^{6m}(3^m + 1)^2(3^m - 1)^2 = q^6(q^2 - 1)^2$$

与 $|K/H|_2 \leq |G|_2 = 2^3$ 矛盾.

若 $K/H \cong {}^2G_2(q)$ ($q = 3^{2m+1}, m \in \mathbb{N}_+$), 由于 K/H 有 3 个阶分量: $q^3(q^2 - 1), q - \sqrt{3q} + 1, q + \sqrt{3q} + 1$, 此时 $q^3(q^2 - 1) = 3^{6m+3}(3^{2m+1} + 1)(3^{2m+1} - 1)$ 为偶阶分量. 因为 $2m + 1$ 为奇数, 所以

$$3^{2m+1} + 1 = (3 + 1)(3^{2m} - 3^{2m-1} + \cdots - 3 + 1) = 4(3^{2m} - 3^{2m-1} + \cdots - 3 + 1)$$

且

$$3^{2m+1} - 1 = (3 - 1)(3^{2m} + 3^{2m-1} + \cdots + 3 + 1) = 2(3^{2m} + 3^{2m-1} + \cdots + 3 + 1)$$

于是

$$q^3(q^2 - 1) = 8 \cdot 3^{6m+3}(3^{2m} - 3^{2m-1} + \cdots - 3 + 1)(3^{2m} + 3^{2m-1} + \cdots + 3 + 1)$$

而 $3^{2m} - 3^{2m-1} + \cdots - 3 + 1$ 与 $3^{2m} + 3^{2m-1} + \cdots + 3 + 1$ 互素, 因此 $q^3(q^2 - 1)$ 至少含有 4 个不同的素因子. 又因 $\pi(q^3(q^2 - 1)) \subseteq \{2, 3, 5, 7\}$, 故 $\pi(q^3(q^2 - 1)) = \{2, 3, 5, 7\}$. 因为

$$3^{2m+1} \pm 1 = 3 \cdot 3^{2m} \pm 1 \equiv 3(-1)^m \pm 1 \pmod{5}$$

即当 m 为奇数时, $3^{2m+1} \pm 1 \equiv -3 \pm 1 \pmod{5}$; 当 m 为偶数时, $3^{2m+1} \pm 1 \equiv 3 \pm 1 \pmod{5}$. 所以 $5 \nmid (3^{2m+1} \pm 1)$, 进而 $5 \nmid q^3(q^2 - 1)$, 与 $\pi(q^3(q^2 - 1)) = \{2, 3, 5, 7\}$ 矛盾.

若 $K/H \cong {}^2D_{p+1}(2)$, 由 $p = 2^m - 1$ ($m \geq 2, m \in \mathbb{N}_+$) 知 $p > 2$, 则 K/H 的第一个阶分量中 $2^{p(p+1)} > 2^6$, 矛盾于 $|K/H|_2 \leq |G|_2 = 2^3$.

若 $K/H \cong F_4(q)$, 由 $q = 2^m$ ($m \in \mathbb{N}_+$) 知 K/H 的第一个阶分量中 $q^{24} = 2^{24m} \geq 2^{24}$, 矛盾于 $|K/H|_2 \leq |G|_2 = 2^3$.

若 $K/H \cong {}^2F_4(q)$, 由 $q = 2^{2m+1}$ ($m \in \mathbb{N}_+$) 知 K/H 的第一个阶分量中 $q^{12} = 2^{24m+12} \geq 2^{12}$, 矛盾于 $|K/H|_2 \leq |G|_2 = 2^3$.

情形 3.3 设 $e \geq 1, d = 0$. 此时

$$|G| = 2^3 \cdot 3^a \cdot 5^b \cdot 7^c \cdot 13^e \cdot 19^f \quad a, b, e, f \geq 1; c \geq 0$$

由 $K_1(G) = 19$ 可知 13, 19 是 $\Gamma(G)$ 的孤立点, 因此 13, 19 也是 $\Gamma(K/H)$ 的孤立点, 故 $t(K/H) \geq 3$. 与情形 3.2 一样, 分 $t(K/H) > 3$ 和 $t(K/H) = 3$ 两种情形进行讨论, 同理可证这样的单群 K/H 是不存在的.

情形 3.4 设 $d, e = 0$. 此时

$$|G| = 2^3 \cdot 3^a \cdot 5^b \cdot 7^c \cdot 19^f \quad a, b, f \geq 1; c \geq 0$$

且 19 是 $\Gamma(G)$ 的孤立点, 故 $19 \in \pi(K/H) \subseteq \{2, 3, 5, 7, 19\}$, 则 K/H 可能是单 K_3 -群、单 K_4 -群、 $2^{a_1} 3^{a_2} 5^{a_3} 7^{a_4} 19^{a_5}$ 单群 ($a_i \in \mathbb{N}, i=1, 2, \dots, 5$). 而由文献[14]知单 K_3 -群的阶不含素因子 19, 因此 K/H 不是单 K_3 -群.

若 K/H 是单 K_4 -群, 则由文献[15]知 K/H 可能同构于下列群之一:

$$L_2(19)(2^5 \cdot 3^2 \cdot 5 \cdot 19), L_3(7)(2^5 \cdot 3^3 \cdot 7^3 \cdot 19), U_3(2^3)(2^9 \cdot 3^4 \cdot 7 \cdot 19).$$

若 K/H 是 $2^{a_1} 3^{a_2} 5^{a_3} 7^{a_4} 19^{a_5}$ 单群, 则由文献[16]知 K/H 可能同构于下列群之一:

$$A_3(7)(2^9 \cdot 3^4 \cdot 5^2 \cdot 7^6 \cdot 19), {}^2A_2(19)(2^5 \cdot 3^2 \cdot 5^2 \cdot 7^3 \cdot 19^3).$$

但是这些群的 Sylow 2-子群的阶都大于 2^3 , 与 $|K/H|_2 \leq 2^3$ 矛盾. 所以此类群不存在.

参考文献:

- [1] HE L G, CHEN G Y, XU H J. A New Characterization of Sporadic Simple Groups [J]. Italian Journal of Pure and Applied Mathematics, 2013, 30: 373-392.
- [2] 何立官, 陈贵云. 关于一些交错单群的新刻画 [J]. 重庆师范大学学报(自然科学版), 2013, 30(2): 46-49.
- [3] 何立官, 陈贵云. 关于一些对称群的新刻画 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2013, 38(6): 1-3.
- [4] HE L G, CHEN G Y. An New Characterization of Mathieu Groups [J]. Advances in Mathematics (China), 2017, 46(5): 729-734.
- [5] 何立官, 陈贵云. 关于 Janko 群的新刻画 [J]. 四川师范大学学报(自然科学版), 2018, 41(3): 314-318.
- [6] 吴莲, 于宝娟, 陈贵云. 2-Sylow 子群的阶及元素最高阶和次高阶与 A_8 相同的有限群 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2019, 44(12): 1-5.
- [7] 于宝娟, 吴莲, 陈贵云. 2-Sylow 子群的阶及元素最高阶与次高阶与 A_9 相同的有限群 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2020, 45(2): 1-6.
- [8] 于宝娟. 2-Sylow 子群的阶及元素最高阶与次高阶与 A_9 或 A_{10} 相同的有限群 [D]. 重庆: 西南大学, 2020.
- [9] 吴莲. 2-Sylow 子群的阶及元素最高阶和次高阶与 Mathieu 群相同的有限群 [D]. 重庆: 西南大学, 2020.
- [10] WILLIAMS J S. Prime Graph Components of Finite Groups [J]. Journal of Algebra, 1981, 69(2): 487-513.
- [11] 高丽, 汪忠碧, 陈贵云. 用极大交换子群阶的集合刻画 S_n [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2022, 47(4): 21-24.
- [12] 陈贵云. Frobenius 群与 2-Frobenius 群的结构 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 1995, 20(5): 485-487.
- [13] CHEN G Y. A New Characterization of Sporadic Simple Groups [J]. Algebra Colloq, 1996, 3(1): 49-58.
- [14] 施武杰. 关于单 K_3 -群 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 1988(3): 5-8.
- [15] 王晓峰. K_4 单群的分类定理 [J]. 科学通报, 1990(14): 79-80.
- [16] 曹珍富. 关于阶为 $2^{a_1} 3^{a_2} 5^{a_3} 7^{a_4} 19^{a_5}$ 的单群 [J]. 数学年刊 A 辑(中文版), 1995(2): 244-250.

责任编辑 廖坤