

硫酸盐还原细菌($s\varrho O_s$) 的筛选培养及 在两相厌氧工艺中试验研究

张克强^x, 朱文亭^y, 陈志德^z, 张金凤^x

oxu 农业部环境保护科研监测所 农产品污染防治重点开放实验室, 天津 $z\tau\alpha\nu Zx$;

$y u$ 天津大学环境工程系; $z u$ 广东江门海达水净化工程有限公司 p

摘 要 H 通过硫酸盐还原细菌($s\varrho O_s$) 的筛选、培养条件优化及在两相厌氧工艺中产酸相应用硫酸盐还原细菌($s\varrho O_s$) 试验, 选出了一株耐富含硫酸盐高浓度酵母生产废水的脱硫弧菌, 并强化两相厌氧工艺中产酸相硫酸盐还原细菌($s\varrho O_s$) 的活性。

关键词 H 硫酸盐还原细菌($s\varrho O_s$); 两相厌氧工艺

中图分类号 $H\mathfrak{x}$ **文献标识码** $H\Xi$ **文章编号** $H\tau\alpha\nu-\omega\gamma\Gamma\Delta\circ\gamma\alpha\alpha\phi\tau\Gamma-\tau\alpha\Delta\Delta-\tau\alpha$

硫酸盐还原细菌($s\varrho O_s$) 生长条件和代谢途径在厌氧反应器中与产甲烷细菌($\epsilon\phi O_s$) 非常相似, 它对厌氧反应过程和出水后处理有重大影响, 高浓度硫酸盐废水的处理也由此成为一道难题。据文献报道 ^{$\theta x\kappa$} , 两相厌氧发酵工艺中, 产酸相中硫酸盐还原菌($s\varrho O_s$) 含量约为 $\rho y u \nu \sim B u \Delta p \times x \omega^{\circ}$ 个 ν° ∂ , 产甲烷相中含量为 $p \tau \omega i Z z \sim Z \tau \kappa p \times x \omega^{\circ}$ 个 ν° ∂ , 二者之差一般约为 x 个数量级, 单相 $\beta \Xi s O$ 反应器中, 硫酸盐还原菌($s\varrho O_s$) 含量与产甲烷相相类似。由于产酸相与产甲烷相反应器运行条件相差较大, 在不利环境条件(包括酸性条件) 下硫酸盐还原菌($s\varrho O_s$) 比产甲烷菌($\epsilon\phi O_s$) 具有生长优势, 说明了硫酸盐还原菌($s\varrho O_s$) 有较强的环境适应能力。因此可以考虑在产酸相反应器中人为地富集硫酸盐还原菌($s\varrho O_s$) 的含量, 强化硫酸盐还原菌($s\varrho O_s$) 的活性, 通过硫酸盐还原菌($s\varrho O_s$) 的硫酸盐还原作用将 $s\phi_A^{yt}$ 转化为气态 $\Phi_y s$ 或 s^y- 去除, 减轻产甲烷相反应器受到的 $s\phi_A^{yt}$ 负荷, 从而为高浓度硫酸盐废水的处理提供一条新途径 ^{$\theta y\kappa$} 。本文在研究硫酸盐还原菌($s\varrho O_s$) 的生长特性的基础上, 通过强化产酸相硫酸盐还原菌($s\varrho O_s$) 的含量和活性以改善 $s\phi_A^{yt}$ 去除效果。

x 材料及方法

$x u$ 菌种及培养基

菌种: 取自梅山一马利酵母有限公司酵母生产废液常年经过水沟的污泥。

培养基: 配方① H 乳酸钠 $z u B \nu$ 、 $\vartheta \Phi_A \Pi x u \nu \nu$ 、

$\vartheta \xi_y s \phi_A x u \nu \nu$ 、 $\epsilon \nu s \phi_A \tau \omega u \nu$ 、 $\Omega_y \Phi \phi \phi_A \tau \omega i B \nu$ 、 $T \sigma \circ \vartheta \Phi \phi_y$ 、 $o s \phi \phi_y \cdot \Delta \Phi_y \phi \tau \omega i B \nu$ 、 $\Pi \mathfrak{x} \Pi_y \tau \omega u \nu$ 、蒸馏水 $x \tau \alpha \alpha \nu^{\circ}$ ∂ 、 $\mathfrak{z} \Phi \Delta u \nu \sim \Delta i y$ 。配方②: 乙酸钠 $z u B \omega \nu$ 、 $\vartheta \Phi_A \vartheta \phi_z y u \nu \nu$ 、 $\vartheta \xi_y \Pi \phi_z x u \nu \nu$ 、 $\Omega_y \Phi \phi \phi_A \tau \omega i B \nu$ 、 $\Omega \Phi_y \phi \phi_A x u \nu \nu$ 、 $T \sigma \circ \vartheta \Phi_A p_y \rho s \phi_A p \cdot \Delta \Phi_y \phi \tau \omega i B \nu$ 、 $\Pi \mathfrak{x} \Pi_y \tau \omega u \nu$ 、蒸馏水 $x \tau \alpha \alpha \nu^{\circ}$ ∂ 、 $\mathfrak{z} \Phi \Delta u \nu \sim \Delta i y$ 。配方③: 乳酸钠 $\Delta x \nu^{\circ} p B u \nu^{\circ}$ ∂ 、 $\vartheta \Phi_A \Pi x u \nu \nu$ 、 $\Omega_y \Phi \phi \phi_A \tau \omega i B \nu$ 、 $\epsilon \nu s \phi_A \cdot \Delta \Phi_y \phi y u \nu \nu$ 、 $\vartheta \xi_y s \phi_A x u \nu \nu$ 、 $\Pi \mathfrak{x} \Pi_y \tau \omega u \nu$ 、铁屑 $y \nu \nu x \tau \alpha \alpha \nu^{\circ}$ ∂ 、蒸馏水 $x \tau \alpha \alpha \nu^{\circ}$ ∂ 、 $\mathfrak{z} \Phi \Delta u \nu \sim \Delta i B$ 。

$x i y$ 筛选方法

将污泥样品先经过酵母生产废水进行负荷冲击, 具体的办法: 污泥 $B \alpha \omega \nu + E \tau \alpha \alpha \nu^{\circ}$ ∂ 营养液(配方见表 x) + $y \tau \alpha \alpha \nu^{\circ}$ ∂ 酵母生产废水, 常温下培养($\mathfrak{z} \Phi \Delta u y$)。

取上述样品连续富集培养 $y \sim z$ 次, 菌落的观察与分离培养采用滚管法, 所有培养基配制后都以 $\tau \omega u x \epsilon \phi \mathfrak{x}$ 的压力灭菌 $y \omega^{\circ} \chi^2$, 冷却后取出待用, 菌落的计数方法采用 $\epsilon \phi \vartheta$ 方法。

$x u \kappa$ 试验装置为两相厌氧反应器

$x u A$ 在实验室进行菌液培养, 菌数达 $x \omega^{\circ}$ 个 ν° ∂

表 x 人工培养液配方($\nu \nu \nu \partial$)

葡萄糖	$\vartheta \Phi_A \Phi \Pi \phi_z$	$\Omega_y \Phi \phi \phi_A$	$\epsilon \nu \Pi_y \cdot \Gamma \Phi_y \phi$
$x x \Delta \alpha \nu$	$z \Delta \Delta \nu$	$x y B$	$x \tau \alpha \nu$
$\epsilon z s \phi_A \cdot \Delta \Phi_y \phi$	$\Pi \mathfrak{x} \Pi_y \cdot \Gamma \Phi_y \phi$	$T \sigma s \phi_A \cdot \Delta \Phi_y \phi$	$\Pi \mathfrak{x} s \phi_A \cdot B \Phi_y \phi$
$x B$	$\tau \omega u y B$	$y B$	B

$x i B$ 硫酸盐还原菌($s\varrho O_s$) 的细菌数测定

采用三管最可能数法($\epsilon \phi \vartheta$), 操作过程如下。

取反应器混合液数*xw* *l* $\varnothing$, 加入装有小玻璃珠及*Zw* *l* $\varnothing$ 无菌水的锥形瓶中, 振摇*y* *h*, 用玻璃或塑料无菌注射器, 用无菌水将混合液进行*xw* 倍梯度稀释, 再分别接种到相应的硫酸盐还原菌(*s* *ρ* *O*_s) 液体培养基中, 置于*zw* $^{\circ}\text{C}$ 恒温箱中培养*x* 周, 然后观察结果并计数。

y 结果与讨论

yw 菌种筛选和鉴定

经过多次富集筛选共获得*A* 株菌, 其中有一株菌株*Y* Ψ —*x* 培养液浑浊变黑速度最快, 在污泥中数量最多, 是优势细菌。形态观察结果, 能运动的小细菌, 大小为*wuA*~*wuE* $\times$ *xuw*~*yuu* μm ¹, 革兰氏染色阳性,

表*y* 无机盐对硫酸盐还原菌(*s* *ρ* *O*_s) 生长的影响

无机盐	$\Omega_y\Phi\phi\phi_A$	$\epsilon_{vs}\phi_A\cdot\Delta\Phi_y\phi$	$T\sigma_s\phi_A$	$T\sigma o\vartheta\Phi_{Ap,os}\phi_{Ap_y}\cdot\Delta\Phi_y\phi$	$I\mathbb{E}I\mathbb{I}_y$	铁屑
菌数(两次实验结果平均值) 单位(个 <i>v</i> <i>l</i> $\varnothing$)	<i>y</i> $\times$ <i>xw</i> ^{<i>f</i>}	<i>xB</i> $\times$ <i>xw</i> ^{<i>h</i>}	Γ $\times$ <i>xw</i> ^{<i>f</i>}	$\Delta u\epsilon$ $\times$ <i>xw</i> ^{<i>f</i>}	<i>y</i> $\times$ <i>xw</i> ^{<i>B</i>}	<i>BiE</i> $\times$ <i>xw</i> ^{<i>f</i>}

由表*y* 可知, 在基础培养基中, 铁对硫酸盐还原菌(*s* *ρ* *O*_s) 的生长具有重要作用, 其中*T* $\sigma o\vartheta\Phi_{Ap_y}$ *os* $\phi_{Ap_y}\cdot\Delta\Phi_y\phi$ 的作用效果尤为明显。实验还发现, 同时加入*T* $\sigma o\vartheta\Phi_{Ap_y}$ *os* $\phi_{Ap_y}\cdot\Delta\Phi_y\phi$ 与铁屑的培养液中, 硫酸盐还原菌(*s* *ρ* *O*_s) 菌数可高达*Z* $\times$ *xw*^{*F*} 个*v* *l* $\varnothing$ 。

yuk 碳源对硫酸盐还原菌(*s* *ρ* *O*_s) 生长的影响

在培养基*θ* $\vartheta\Phi_AI\mathbb{I}$ *xuwv*、*θ* ξ_y *s* ϕ_A *xuwv*、 $\Omega_y\Phi\phi\phi_A$ *wuBv*、 $\epsilon_{vs}\phi_A\cdot\Delta\Phi_y\phi$ *yuwv*、 $I\mathbb{E}I\mathbb{I}_y$ *wuwv*、*T* $\sigma o\vartheta\Phi_{Ap_y}$ *os* $\phi_{Ap_y}\cdot\Delta\Phi_y\phi$ *wuI**Bv*、 $\Phi\Delta uw\sim\Delta uy$ *xwaw* *l* $\varnothing$ κ 中各加入碳源*wuB* $\%$, 实验结果如表*z*。

表*z* 不同碳源对硫酸盐还原菌(*s* *ρ* *O*_s) 生长的影响

碳源	乳酸钠	乙酸钠	葡萄糖	淀粉	蔗糖
菌数(两次结果平均值)	ΓuB $\times$ <i>xw</i> ^{<i>d</i>}	Γuw $\times$ <i>xw</i> ^{<i>d</i>}	ϑP	ϑP	ϑP
单位(个 <i>v</i> <i>l</i> $\varnothing$)					

由表*z* 可知, 硫酸盐还原菌(*s* *ρ* *O*_s) 可以乳酸钠、乙酸钠作为碳源, 尤以乳酸钠效果最佳, 利用蔗糖、淀粉、葡萄糖作为碳源时, 未能检测到硫酸盐还原菌(*s* *ρ* *O*_s), 这说明硫酸盐还原菌(*s* *ρ* *O*_s) 在产酸相反应器与其它诸如产氢产乙酸细菌群是相辅相成的。

yua Φ 值对硫酸盐还原菌(*s* *ρ* *O*_s) 生长的影响

改变培养基*h* Φ 值对硫酸盐还原菌(*s* *ρ* *O*_s) 生长的影响见图*x*。

由图*x* 可见, 该菌的最适*h* Φ 值为 $\Delta\sim E$, 在酸性条件下也能生长, 但*h* Φ 值过高或过低对硫酸盐还原菌(*s* *ρ* *O*_s) 的生长均产生抑制作用。

yub 温度对硫酸盐还原菌(*s* *ρ* *O*_s) 生长的影响

改变培养温度对硫酸盐还原菌(*s* *ρ* *O*_s) 生长的

不形成芽孢。在以乳酸盐为碳源的培养基中生长良好, 并可与亚铁离子生成黑色的硫化物沉淀。也能利用乙酸盐和 Φ_y 作生长基质, 不能利用葡萄糖。初步认定, *Y* Ψ —*x* 是脱硫弧菌属(*Prostothobae*)^{*θzκ*}, 滚管中生长的硫酸盐还原菌(*s* *ρ* *O*_s) 菌落外观黑色, 锥形形, 直径*wuB*~*xuB* μm ¹ 左右。

yty 无机盐对生长的影响

在培养基*θ* 乳酸钠($\Delta u\%$) *Buw* *l* $\varnothing$ 、 $\vartheta\Phi_AI\mathbb{I}$ *xuwv*、*θ* ξ_y *s* ϕ_A *xuwv*、 $\Phi\Delta uw\sim\Delta uy$ *xwaw* *l* $\varnothing$ 蒸馏水*κ* 中加入各种无机盐 $\theta wuBv$ $\Omega_y\Phi\phi\phi_A$ 、*yuwv* $\epsilon_{vs}\phi_A\cdot\Delta\Phi_y\phi$ 、*wuBv* *T* $\sigma_s\phi_A$ 、*wuI**Bv* *T* $\sigma o\vartheta\Phi_{Ap,os}\phi_{Ap_y}\cdot\Delta\Phi_y\phi$ 、*wuwv* $I\mathbb{E}I\mathbb{I}_y$ 、铁屑*y* $\%$ κ , 考察对硫酸盐还原菌(*s* *ρ* *O*_s) 的生长影响, 结果见表*y*。

图*x* Φ 值对硫酸盐还原菌*s* *ρ* *O*_s *p* 的生长影响

影响见图*y*。由图*y* 可知, 该菌最佳培养温度为*yB* $^{\circ}\text{C}$ ~*zB* $^{\circ}\text{C}$ 。

图*y* 温度对硫酸盐还原菌*s* *ρ* *O*_s *p* 的生长影响

yul Γ 两相厌氧工艺中不同运行条件下硫酸盐还原细菌(*s* *ρ* *O*_s) 的分布

从不同运行负荷下, 两相反应器硫酸盐还原菌(*s* *ρ* *O*_s) 的测定结果可以看出, 两相厌氧发酵工艺中, 产酸相反应器中, 硫酸盐还原菌(*s* *ρ* *O*_s) 含量在不同的运行负荷下变化不大, 均在*oBiE*~ ΓuAp $\times$ *xw*^{*d*} 个*v* *l* $\varnothing$ 范围之内。产甲烷相反应器的硫酸盐还原菌

($s \varrho O_s$) 含量在不同运行负荷下变化也很小, 均在 $oBiZ \sim \Gamma iZp \times \pi \omega^\theta$ 个 $v \mid \partial$ 范围之内, 这与文献报道结果相符, 同时文献也说明产甲烷相反应器硫酸盐还原菌($s \varrho O_s$) 含量与单相反应器相类似, 与产酸相反应器相比其硫酸盐还原菌($s \varrho O_s$) 含量也略低一些 ^{θ_{Ak}} 。由此可见, 虽然两个反应器运行条件相差极大, 但二者的硫酸盐还原菌($s \varrho O_s$) 含量却差异较小, 这说明硫酸盐还原菌($s \varrho O_s$) 具有较强的环境适应能力。

$y i \Delta$ 在产酸相反应器中, 不投加或投加硫酸盐还原菌($s \varrho O_s$) 室内富集物, 硫酸盐还原菌($s \varrho O_s$) 菌数变化

在产酸相反应器稳定运行阶段, 根据 $w i w \%$ (体积比) 投加硫酸盐还原菌($s \varrho O_s$) 富集物(连续投加两次), 监测产酸相反应器硫酸盐还原菌($s \varrho O_s$) 数变化情况, 结果表明, 在产酸相反应器投加硫酸盐还原菌($s \varrho O_s$) 富集物, 发酵液中硫酸盐还原菌($s \varrho O_s$) 菌数比未投加硫酸盐还原菌($s \varrho O_s$) 富集物时高一个数量级, 而且在连续两个月监测过程中, 只是在初期有些波动, 中后期基本处于稳定状态, 这可能与硫酸盐还原菌($s \varrho O_s$) 适应利用反应器中产乙酸脱氢菌群的产物有关。这也说明可以在产酸相反应器人为地富集硫酸盐还原菌($s \varrho O_s$) 的含量, 强化硫酸盐还原菌($s \varrho O_s$) 的活性。

$y i E$ 投加硫酸盐还原菌($s \varrho O_s$) 后, 硫酸盐转化状态

在产酸相反应器中, 不投加或投加硫酸盐还原菌($s \varrho O_s$) 后, 硫酸盐去除结果如图 $z A$ 。从图 $z A$ 可知, 投加硫酸盐还原菌($s \varrho O_s$) 之后, 加速 $s \phi_A^{y t}$ 转化为 s^{y-} , s^{y-} 可能以 Φ_{ys} 形式溢出或以 $T \sigma s$ 形式沉淀下来, $s \phi_A^{y t}$ 去除率提高 $\pi \omega \%$ 左右。

z 小结

$z w$ 筛选出了一株耐富含硫酸盐高浓度酵母生产废水的脱硫弧菌。

$z u y$ 该菌最佳培养基及培养条件为: 乳酸钠 $o \Delta v \%$ $p B i w \mid \partial \mid \vartheta \Phi_A \Pi x i w v \mid \Omega_y \Phi \phi \phi_A w i B v \mid \epsilon v s \phi_A \bullet \Delta \Phi_y \phi y i w v \mid \vartheta \xi_y s \phi_A x i w v \mid \Pi \Xi \Pi_y w i w v \mid$ 铁屑 $y v v x i w v \mid \partial \mid$ 蒸

图 z 酵母生产废水处理中试产酸相出水 ϕ_o 空气吹脱后 $p s \phi_A^{y t}$ 浓度曲线

图 A 酵母生产废水处理中试验产酸相反应器 o 空气吹脱后 $p s \phi_A^{y t}$ 的变化曲线

馏水 $x i a v \mid \partial \mid \Phi \Delta i w \sim E i w \mid$ 温度 $y B^\circ C \sim z B^\circ C$ 。

$z i w$ 通过往产酸相反应器中投加硫酸盐还原菌($s \varrho O_s$) 富集物以强化硫酸盐还原菌($s \varrho O_s$) 的生长优势, 是解决高浓度硫酸盐有机废水处理行之有效的方法。

参考文献:

- $\theta x \kappa$ 左剑恶 u 含硫酸盐有机废水的厌氧生物处理 $\theta \Psi \kappa u$ 环境科学 $s x Z Z x s(z) \mid \Gamma \Delta - \Delta x u$
- $\theta y \kappa$ 张克强 u 富含硫酸盐高浓度酵母生产废水预处理技术研究 $\theta P \kappa u$ 天津 I 天津大学 $s x Z Z Z u$
- $\theta z \kappa$ 中国科学院微生物所(译) u 伯杰氏细菌鉴定手册(第 E 版) $\theta \in \kappa u$ 北京: 科学出版社 $s x Z E A u$
- $\theta A \kappa$ 杨景亮 u 废水中硫酸盐生物还原技术研究 $\theta \Psi \kappa u$ 环境科学研究 $s x Z Z s x y(z) \mid \Gamma - Z u$

作者简介:

张克强 $\theta x Z E - p$, 男, 助理研究员。 $x Z Z u$ 年工作以来, 参加与主持多项部或市级科研项目, 其中“光合细菌生产与应用”获 $x Z Z A$ 年度天津市科技进步三等奖, 第三完成人。

$$\begin{aligned}
 & s \pi^6 \sigma^2 \chi^2 v s X_2 \pi^9 o \xi^8 \chi^3 2 \quad 3 \tau \quad s^9 o \tau \xi^8 \sigma - \rho \sigma \rho^9 \pi \chi^2 v \quad O \xi^8 \pi^6 \chi^2 o s \varrho O_i p \quad \xi^2 \rho \\
 & \quad \alpha \varphi \sigma \chi^6 \quad \beta^8 \chi^6 \chi^6 \xi^8 \chi^3 2 \quad \chi^2 \quad \xi \quad P^3 9 o o \sigma - \phi \varphi \xi^7 \sigma \rho \quad \Xi^2 \xi \sigma^6 3 o \chi \tau \quad \phi^6 3 \pi \sigma^7 7 \\
 & \quad \eta \Phi \Xi \vartheta T \quad \Omega \mu^6 \chi^2 v^x s \quad \eta \Phi \beta \quad \delta \sigma^2 \mu \chi^2 v^y s \quad \Pi \Phi \Sigma \vartheta \quad \eta \chi \rho \sigma^x \quad s \eta \Phi \Xi \vartheta T \quad \Psi \chi^2 \mu \sigma^2 v^x \\
 & o x u \alpha \varphi \sigma \quad \Omega \sigma_3 \quad \partial \xi o \quad \tau^3 6 \quad \Pi^3 2 8 6 3 9 \quad 3 \tau \quad \Xi v^6 3 \quad - \phi^6 3 \rho^9 \pi^6 7 \quad \phi^3 0 0 9 8 \chi^2 s \quad \epsilon \quad \phi \Xi s \quad \alpha \chi^2 2 \chi^2 s \quad z i a w Z x \quad \Pi \varphi \chi^2 \xi \Theta \\
 & y u \quad P \sigma_4 \xi^6 8 1 \sigma^2 8 \quad 3 \tau \quad \Sigma^2 o \chi^6 3 2 1 \sigma^2 8 \quad \Sigma^2 v \chi^2 \sigma \sigma^6 \chi^2 v s \quad \alpha \chi^2 2 \chi^2 \quad \beta^2 \chi^6 \sigma^6 7 \chi^3 s \quad \alpha \chi^2 2 \chi^2 s \quad z i a w Z x \quad \Pi \varphi \chi^2 \xi \Theta \\
 & z u \quad \Phi \xi \chi \rho^2 \quad \delta \xi^8 \sigma^6 - \phi^9 \chi^6 \chi^2 v \quad \Sigma^2 v \chi^2 \sigma \sigma^6 \chi^2 v \quad \Pi^6 1 4 \xi^2 3 s \quad \Psi \xi^2 v 1 \sigma^2 s \quad \Upsilon^9 \xi^2 v \rho^3 2 v \quad \Pi \varphi \chi^2 \xi p \\
 & E o 7 8 6 \xi^8 \pi^8 \quad H \Xi \quad 7 8 6 \xi^2 \chi^2 \quad 3 \tau \quad 7 9 0 \tau \xi^8 \sigma - \phi \sigma \rho^9 \pi \chi^2 v \quad o \xi^8 \pi^6 \chi^2 o s \varrho O_i p \quad 6 \sigma^7 8 6 \xi^2 \chi^2 8 3 \quad 7 \sigma 1 \quad \xi v \sigma \quad \pi^3 2 8 \xi^2 \chi^2 v \quad \varphi \chi \varphi \quad \pi^3 2 \pi \sigma^2 8 6 \xi^8 \chi^2 2 \quad 3 \tau \quad 7 9 0 \tau \xi^8 \sigma \\
 & \tau^6 3 1 \quad 4 6 3 \rho^9 \pi \chi^2 v \quad 3 \sigma \xi^7 8 \quad 1 \xi^7 \quad \chi^3 0 \xi^8 \sigma \rho \quad o_3 \quad 3 4 8 \chi^1 \chi^1 \xi^8 \chi^3 2 \quad 3 \tau \quad \chi^2 \pi^9 o \xi^8 \chi^2 2 \quad \pi^3 2 \rho \chi^6 \chi^3 2 s \quad \xi^2 \rho \quad 9 8 \chi \chi^1 \xi^8 \chi^3 2 \quad \chi^2 \quad \xi \quad \rho^3 9 o^0 \sigma \quad \xi^2 \xi \sigma^6 3 o \chi \tau \quad 4 6 3 \pi \sigma^7 7 u \\
 & T^9 6 8 \sigma \sigma^6 1 3 6 \sigma s \quad 8 \varphi \sigma \quad o \xi^8 \pi^6 \sigma^0 \xi^6 \quad \xi^8 \pi^6 \chi^6 \chi^3 \quad 1 \xi^7 \quad 4 6 3 1 3 8 \sigma \rho \quad o_3 \quad 8 \varphi \sigma \quad \xi^2 \xi \sigma^6 3 o \chi \tau \quad 4 6 3 \pi \sigma^7 7 u \\
 & \Omega \sigma_3 1 3 6 \rho^7 \quad H^7 9 0 \tau \xi^8 \sigma - \phi \sigma \rho^9 \pi \chi^2 v \quad o \xi^8 \pi^6 \chi^2 s \quad \rho^3 9 o^0 \sigma - \mid \varphi \xi^7 \sigma \rho \quad \xi^2 \xi \sigma^6 3 o \chi \tau \quad 4 6 3 \pi \sigma^7 7
 \end{aligned}$$