

All-Sky Search for Individual Primordial Black Hole Bursts with LHAASO

การค้นหาทั่วท้องฟ้าเพื่อหาการระเบิดของหลุมดำดึกดำบรรพ์ด้วย LHAASO

Zhen Cao, the LHAASO Collaboration (including W. Mitthumsiri, P. Pattarakijwanich, D. Ruffolo and A. Sáiz),
Physical Review Letters 135, 181005 (2025)

Primordial black holes (PBHs) are hypothetical black holes with a wide range of masses that formed in the early Universe. As a result, they may play an important cosmological role and provide a unique probe of the early Universe. A PBH with an initial mass of approximately 10^{15} g is expected to explode today in a final burst of Hawking radiation. In this Letter, we conduct an all-sky search for individual PBH burst events using the data collected from March 2021 to July 2024 by the Water Cherenkov Detector Array of the Large High Altitude Air Shower Observatory (LHAASO). Three PBH burst durations, 10, 20, and 100 s, are searched in the gamma-ray energy range from about 1 to 15 TeV, with no significant PBH bursts observed. The upper limit on the local PBH burst rate density is set to be as low as $181 \text{ pc}^{-3} \text{ yr}^{-1}$ at 99% confidence level, representing the most stringent limit achieved to date.

หลุมดำดึกดำบรรพ์เป็นวัตถุในสมมติฐานที่มีมวลแตกต่างกันไป ซึ่งเกิดขึ้นในจักรวาลช่วงเริ่มแรก ดังนั้นข้อมูลเกี่ยวกับหลุมดำเหล่านี้จะช่วยให้เราเข้าใจการเริ่มต้นของจักรวาลได้ดีขึ้น หลุมดำดึกดำบรรพ์ที่มีมวลประมาณ 10^{15} กรัม ควรจะเกิดการระเบิดในปัจจุบันเนื่องจากการเปล่งรังสีแบบฮอว์คิง ในงานชิ้นนี้เราค้นหาสัญญาณการระเบิดนี้ด้วยข้อมูลรังสีแกมมาระหว่างช่วงเดือนมีนาคม 2021 ถึงกรกฎาคม 2024 ด้วยอุปกรณ์ LHAASO เราค้นหาการระเบิดที่ระยะเวลา 10 20 และ 100 วินาที ในย่านพลังงาน 1 – 15 TeV แต่ไม่พบสัญญาณที่มีนัยสำคัญ เราจึงตั้งขีดจำกัดบนของความหนาแน่นของการระเบิดไว้ที่ $181 \text{ pc}^{-3} \text{ yr}^{-1}$ ด้วยความมั่นใจ 99% ซึ่งเป็นขีดจำกัดบนที่ดีที่สุดที่เวลานี้

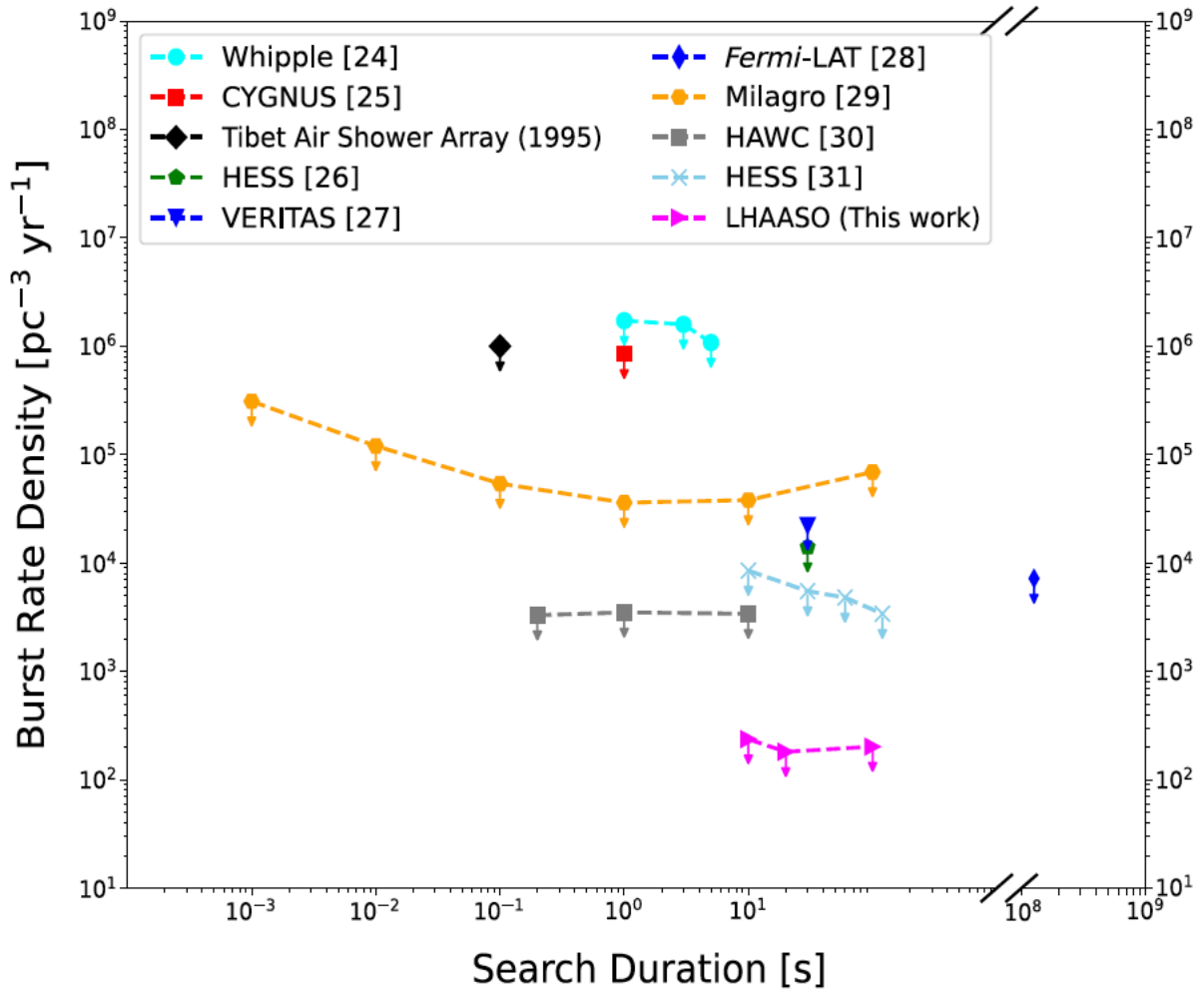


FIG. 2. The 99% CL upper limits on the PBH burst rate density from various experiments. LHAASO provides stringent upper limits on the probe burst timescales of 10, 20, and 100 s. The previous upper limits from Whipple [24], CYGNUS [25], HESS [26], VERITAS [27], *Fermi*-LAT [28], Milagro [29], HAWC [30], and HESS [31] are shown for comparison.