

大陸大瑤山鐵路隧道工程簡介

侯秉承

隨基礎建設之需求殷切,大陸近年推動大量之鐵公路、水電計畫,許多大型之隧道工程亦應運而生,隧道規模亦屢創記錄,其中已完工的大瑤山隧道全長 14.295km,是大陸目前最長的鐵路隧道,而施工中的秦嶺隧道為雙孔 18.4km 長隧道,預定明年底完成。茲彙整既有資料,簡要介紹大瑤山鐵路隧道,以供隧道工程界參考

大陸原京廣鐵路粵北的瑤山地區坪石至樂昌段原為單線鐵路,建于 1936 年,由於蜿蜒曲折,曲線多且半徑小,通車以來時有災損,雨季常出現坍塌,造成行車中斷,嚴重影響京廣鐵路運輸能力,1977 年大陸決定增建第二條線,大瑤山隧道計畫即應此而生。

隧道沿線附近區域的地層主要為震旦、寒武紀的淺變質岩系,隧道兩端的主要岩性為變質砂岩及板岩,隧道中段為泥盆系碎屑岩和碳酸岩類。隧道內所見岩脈有杆輝雲煌岩、花崗斑岩、長石岩脈、石英脈、方解石脈。大瑤山隧道總長 14.295km,其中軟弱圍岩(大型斷層帶、極風化鬆散帶以及呈散體結構、碎裂結構的岩體)佔 11%,單軸抗壓強度由 3~110Mpa。

在地質構造上,大瑤山南北向構造帶為影響隧道的主要構造,該構造帶在洞身範圍內主要由加里東期形成的大源倒轉向斜和印支期形成的瑤山復背斜、梅花一

大橋復向斜及相伴壓性斷裂組成。與隧道軸線相交的斷層共有 13 條,其中以 F9、F8、F5 斷層範圍最廣,影響最大,尤其 F9 斷層曾給施工帶來極大的困難。

本隧道在勘測階段,曾透過抽水實驗和分析,預計全隧道湧水量為 37,090m³/d,施工中實測的湧水量為 50,941m³/d,給施工帶來極大困難,曾淹沒深達 300 餘公尺的施工豎井。雖然施工中,以及後來曾採用多種堵水、治水措施,如今每到夏天仍有萬餘噸夾著泥砂的地下水,從洞內排水溝中流出,困擾隧道營運養護,對地表生態環境亦造成極大破壞。

大瑤山隧道是大陸迄今最長的雙線鐵路隧道,其路線縱斷面設計成人字坡,進口端為 0.3% 的上坡,坡長 4,500m,出口端(廣州方向)為 0.45% 下坡,坡長 9,696m。隧道採用新奧工法(NATM)施工,支撐工只是為防止開挖中坍塌事故而採取的岩石加固措施,並能隨圍岩特性的變化而改變支撐工的能力。大瑤山隧道支撐工是由岩栓和噴凝土組成,並在開挖後立即施作。噴凝土中加鋼筋網或鋼支保與否,端視圍岩特性而定。令為防止地下水侵入和承受圍岩所產生的後期壓力,在初期支護變形穩定或尚未穩定的情況下,于初期支護表面鋪設聚乙烯防水板,並澆注內襯混凝土,以形成複合式的襯砌結構。

大瑤山隧道斷面 86m^2 ，總開挖量達123萬立方米，而施工期限僅5年。為此，施工單位決定在隧道中段設置3個斜井和1個豎井，在隧道兩端局部設置平行導坑，以增加工作面。

大瑤山隧道的基本施工方法為台階開挖法和全斷面開挖法，只在洞口段採用上、下導坑先拱後牆法。為配合大斷面施工和加快施工速度，施工單位採用全套大型施工機具和重型運輸卡車，形成台階開挖法和全斷面開挖法的機械化生產作業線，全斷面掘進速度達 $205\text{m}/\text{月}$ ，成效頗佳，使隧道能於5年9個月打通，且工程品質良好，工安事故很少。

大瑤山隧道施工最困難的部份是穿越F9斷層帶。F9斷層位於大瑤山隧道中段，距隧道進出口分別為 6.445km 和 7.375km ，斷層走向與隧道軸線近乎正交，穿越斷層處的隧道岩覆為 $500\sim 700\text{m}$ ，斷層岩體為破碎散體結構，且地下水儲量豐富，水源補給充沛，估計靜水壓力達 4.0MPa 。施工單位共用9個月之時間穿越F9斷層，總湧水量達675萬噸，發生20餘次突發性大湧水。湧出泥砂

$1,400\text{m}^3$ 。加之斷層泥和破碎岩體遇水軟化，變形量大，極易坍塌，這些不良地盤都給施工帶來極大困難，因此穿越F9斷層就成為控制全隧道貫通和完工的關鍵。

為獲取有關F9斷層的準確地質資料，並為泄水和減壓，施工單位決定由出口端向F9斷層開挖小斷面的超前平行導坑。事實證明，由超前導坑中所取得的地質資料，基本準確率達95%；超前導坑共排水300萬噸(從1986年8月至1987年6月)，為F9斷層總湧水量的44%。

為防止斷層泥、湧砂及呈泥流狀態的塌方，上半斷面開挖前曾進行堵水和加固地層的預灌漿。經開挖後檢查，證實這種灌漿方法效果好，總堵水率達到84%以上，灌漿結石體有一定強度，可提高圍岩的穩定性，而且成本較低(當時人民幣 $3,500/\text{m}$)，灌漿工期短($5\text{h}/\text{m}$)。除上半斷面灌漿外，於上半斷面貫通後還曾進行下半斷面施工預灌漿。

大瑤山隧道自1982年8月29日開工，1988年11月26日正式通車，歷時6年3個月，平均每月完成 164m 。